

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA**



**MARCO GEOLÓGICO – ESTRATIGRÁFICO DEL VALLE DE
CUATRO CIENEGAS, COAHUILA, MÉXICO**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS GEOLÓGICAS

PRESENTA

J. GUADALUPE RAMÍREZ GUTIÉRREZ

LINARES, NUEVO LEÓN

ENERO DEL 2011



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN®



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA®

LA TESIS

**MARCO GEOLÓGICO – ESTRATIGRÁFICO DEL VALLE DE CUATRO
CIÉNEGAS, COAHUILA, MÉXICO**

ELABORADA POR

J. GUADALUPE RAMÍREZ GUTIÉRREZ

HA SIDO ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL GRADO
ACADÉMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS GEOLÓGICAS

Vo. Bo.
DIRECTOR DE TITULACIÓN

DR. DIRK MASUCH OESTERREICH

LINARES, NUEVO LEÓN

ENERO DEL 2011



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN®



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA®

LA TESIS

**MARCO GEOLÓGICO – ESTRATIGRÁFICO DEL VALLE DE CUATRO
CIÉNEGAS, COAHUILA, MÉXICO**

ELABORADA POR

J. GUADALUPE RAMÍREZ GUTIÉRREZ

HA SIDO ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL GRADO
ACADÉMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS GEOLÓGICAS

Vo. Bo.

COMITÉ DE REVISIÓN DE TITULACIÓN

DR. DIRK MASUCH OESTERREICH

DR. FERNANDO VELASCO TAPIA

DR. IGNACIO NAVARRO DE LEON

LINARES, NUEVO LEÓN

ENERO DEL 2011

Por este medio declaro bajo protesta, haber realizado esta tesis de manera personal y haber utilizado únicamente los medios, procedimientos y asesorías descritas en la misma.

*J. Guadalupe Ramírez Gutiérrez
Enero del 2011*

DEDICATORIA

El amor de mi vida

IRMA

Mi razón de ser

OMAR Y EDGAR

Me dieron la vida

RUTILIA Y J. GUADALUPE

Compañeros de mi infancia

***JOSE, ARCELIA, JUAN, DAVID,
ALICIA, JAIME, MIGUEL Y
EFRAIN***

AGRADECIMIENTOS

La realización de esta tesis fue posible gracias al Servicio Geológico Mexicano, a través del programa de Formación y Desarrollo del Recurso Humano.

A mi director de tesis el Dr. Dirk Masuch Oesterreich por la paciencia, dedicación, sugerencia y apoyo en la estructura y desarrollo de la tesis.

Al Dr. Fernando Velasco Tapia quien con sus valiosas sugerencias lograron que se llevara a cabo este estudio. Como subdirector de posgrado de la facultad, me atendió con gran gentileza en las diferentes etapas de mi paso por esa dependencia.

Al Dr. Ignacio Navarro de León, por la dedicación de su valioso tiempo a la revisión, comentarios y propuestas que contribuyeron a la mejora del presente estudio.

Al Dr. José Guadalupe López Oliva por su apoyo en el estudio paleontológico de las muestras realizadas en este estudio.

A los profesores y personal administrativo de la Facultad de Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Nuevo León, quienes contribuyeron de alguna forma, durante el programa de maestría.

Cada sacrificio en la vida tiene su recompensa

LISTA DE FIGURAS

Figura No. II.1.- Localización del área de estudio.

Figura No. II.2.- Provincias fisiográficas de México.

Figura No. II.3.- Climas del Estado de Coahuila.

Figura No. II.4.- Temperaturas del Estado de Coahuila.

Figura No. III.1.- Delineación del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

Figura No. III.2.- Panorámica del río Los Mezquites en donde se encuentra la poza mas grande "Las Playitas".

Figura No. III.3.- Red de drenaje del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

Figura No. III.4.- Dirección principal de la red de drenaje y ubicación de las principales pozas.

Figura No. III.5.- Canal La Becerra construido en 1966.

Figura No. IV.1.- a) Carta magnética del Estado de Coahuila con los elementos paleogeográficos mas importantes, b) y c) rocas de composición granítica de edad Triásica, d) cobertura de sedimentos clásticos, evaporíticos y carbonatados Mesozoicos, e) estructuras de la zona relacionadas con la Orogenia Laramide.

Figura No. IV.2.- Terrenos Tectono-Estratigráficos de México (Campa y Coney, 1983).

Figura No. IV.3.- Ilustración del Noreste de México mostrando la localización aproximada de: Paleogeografía, lineamientos y afloramientos del basamento en el Jurásico (Modificado de Padilla y Sánchez, 1982).

Figura No. IV.4.- Afloramientos del cinturón granítico permo-triásico de México que define al arco que existió en el borde oeste de Pangea (Torres et al., 1999). Nótese que se muestra la relación de este arco con respecto a la distribución de los terrenos tectónicos de acuerdo a Coney y Campa (1987).

Figura No. IV.5.- Columna estratigráfica del valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila (Inédito).

Figura No. IV.6.- Panorámica con detalle de la secuencia de conglomerado policrístico (a) hacia la base y areniscas (b) y limonitas (c) hacia la cima, correspondientes a la Formación San Marcos (Kn Cg-Ar).

Figura No. IV.7.- Afloramiento de lutita, caliza, limolitas, margas, calcarenitas y algunas areniscas, de color gris y café con tonalidades verdosas de la Formación Barril Viejo (Kvh Lu-Cz).

Figura No. IV.8.- Afloramiento de arenisca arcósica de la Formación Pátula (Khb Ar-Lu).

Figura No. IV.9.- Secuencia de lutita, arenisca conglomerática y limolita de la Formación La Mula (Khb Lu-Ar).

Figura No. IV.10.- Panorámica de calizas con intercalación de yeso de la Formación La Virgen (Khb Y-Cz), en contacto nítido con la Formación Cupido (Khap Cz).

Figura No. IV.11.- Secuencia de caliza gris oscuro, estratificación mediana a gruesa con nódulos de pedernal, fosilífera presentando líneas estilolíticas paralelas a la estratificación, intercaladas con horizontes de dolomía, correspondientes a la Formación Cupido (Khap Cz). Sierra la Madera.

Figura No. IV.12.- Panorámica con detalle de la secuencia estratigráfica en la Sierra La Madera (a) caliza masiva de la Formación Cupido (Khap Cz), (b) alternancia de caliza y lutita de la Formación La Peña (Kap Cz-Lu), (c) caliza masiva de la Formación Aurora (Ka Cz-Do).

Figura No. IV.13.- Panorámica de la secuencia de calizas masivas de la Formación Aurora (Ka Cz-Do).

Figura No. IV.14.- Panorámica de la secuencia evaporítica de la Formación Acatita (Ka Cz-Y) en contacto transicional con la Formación Treviño (Kace Cz).

Figura No. IV.15.- Panorámica con detalle de la secuencia estratigráfica en la Sierra La Madera (a) caliza masiva de la Formación Aurora (Ka Cz-Do), (b) alternancia de caliza y lutita de la Formación Kiamichi (Ka Lu-Cz), (c) caliza masiva de la Formación Georgetown (Ka Cz).

Figura No. IV.16.- Secuencia de calizas de estratos delgados a medianos, de color gris oscuro en roca fresca y gris claro en superficie intemperizada, con tonos amarillo paja, superficie rugosa, presentando pequeñas concreciones hematizadas y líneas estilolíticas de la Formación Buda (Kce Cz).

Figura No. IV.17.- Paquetes de lutitas con intercalaciones de caliza de estratificación mediana de la Formación Indidura (Kcet Lu-Cz).

Figura No. IV.18.- Paquetes de lutitas negras en roca fresca y tonalidad amarillenta por intemperismo intercaladas con horizontes delgados de arenisca, correspondiente a la Formación Parras (Kcoss Lu-Ar).

Figura No. IV.19.- Paquetes de arenisca de tonalidad verdosa en roca fresca y amarillenta por intemperismo, grano mediano a grueso, estratificación media a gruesa, intercalada con horizontes delgados de lutita, correspondiente a la parte basal del Grupo Difunta (Kc Ar-Lu).

Figura No. IV.20.- Brecha Oligomictica (Tmpl(?) Bro) constituida por fragmentos angulosos de caliza, mal clasificados y bien cementados en una matriz arcillosa.

Figura No. IV.21.- Mesetas de travertino (Qpt Tr) que han sido explotadas esporadicamente en el ejido Nuevo Atalaya . Sobreyace discordantemente a Lutitas de la Formación Kiamichi (Ka Lu-Cz).

Figura No. IV.22.- Dunas de yeso (Qho eo).

Figura No. IV.23.- Panorámica del anticlinal Nuevo Atalaya, sinclinal El Rincón y anticlinal San Marcos y Pinos.

Figura No. IV. 24.- Panorámica de la cabalgadura La Madera y el anticlinal Sierra La Madera.

Figura No. IV.25.- Panorámica del anticlinal San Vicente y sinclinal San Vicente en la sierra Chiquita, porción Este de la zona.

LISTA DE TABLAS

Tabla No. II.1.- Información meteorológica de la estación Cuatro Ciénegas, Coah. Servicio Meteorológico Nacional.

ANEXOS

Anexo No. 1.- Plano geológico-estructural del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

Anexo No. 2.- Resultados paleontológicos.

Anexo No. 3.- Plano estructural del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

Anexo No. 4.- Tabla de fracturamiento (Puerto Salado, Anticlinal de los Muertos y Anticlinal San Marcos y Pinos).

Anexo No. 5.- Tabla de datos estructurales.

Contenido

| | |
|--|------------------|
| RESUMEN. | <u>1</u> |
| ABSTRACT. | <u>4</u> |
| I.- GENERALIDADES. | <u>7</u> |
| I.1.- Introducción. | <u>7</u> |
| I.2.- Objetivos. | <u>8</u> |
| I.3.- Hipótesis. | <u>8</u> |
| I.4.- Trabajos Previos. | <u>8</u> |
| I.5.- Metodología de Trabajo. | <u>10</u> |
| II.- GEOGRAFÍA. | <u>12</u> |
| II.1.- Localización y Extensión del Área. | <u>12</u> |
| II.2.- Acceso y Vías de Comunicación. | <u>13</u> |
| II.3.- Fisiografía. | <u>14</u> |
| III.- CONDICIONES AMBIENTALES. | <u>15</u> |
| III.1.- Clima. | <u>15</u> |
| III.2.- Vegetación. | <u>17</u> |
| III.3.- Hidrografía. | <u>18</u> |
| Delineación del Valle de Cuatro Ciénagas. | <u>18</u> |
| Corrientes superficiales y pozas. | <u>19</u> |
| IV.- GEOLOGÍA | <u>27</u> |

| | |
|--|------------------|
| IV.1.- Marco Geológico Regional..... | <u>27</u> |
| IV.2.- Tectónica..... | <u>27</u> |
| IV.3.- Estratigrafía del Área de Estudio..... | <u>33</u> |
| <i>IV.3.1.- Unidades Sedimentarias.....</i> | <u>37</u> |
| Formación San Marcos..... | <u>37</u> |
| Formación Barril Viejo..... | <u>40</u> |
| Formación Pátula..... | <u>42</u> |
| Formación La Mula..... | <u>44</u> |
| Formación La Virgen..... | <u>46</u> |
| Formación Cupido..... | <u>49</u> |
| Formación La Peña..... | <u>52</u> |
| Formación Aurora..... | <u>55</u> |
| Formación Acatita..... | <u>57</u> |
| Formación Kiamichi..... | <u>60</u> |
| Formación Treviño..... | <u>62</u> |
| Formación Georgetown..... | <u>64</u> |
| Formación Del Rio..... | <u>65</u> |
| Formación Buda..... | <u>67</u> |
| Formación Eagle Ford..... | <u>69</u> |
| Formación Indidura..... | <u>70</u> |
| Formación Austin..... | <u>73</u> |
| Formación Upsón..... | <u>74</u> |
| Formación Parras..... | <u>76</u> |
| Grupo Difunta..... | <u>78</u> |
| Brecha Oligomíctica..... | <u>80</u> |
| Travertino..... | <u>82</u> |
| Coluvión..... | <u>82</u> |
| Aluvión..... | <u>82</u> |
| Eólico..... | <u>83</u> |
| <i>IV.3.2.- Rocas Ígneas.....</i> | <u>83</u> |
| Pórfido Diorítico..... | <u>83</u> |
| IV.4.- Geología Estructural..... | <u>85</u> |
| IV.4.1. Deformación Dúctil – Frágil..... | <u>85</u> |
| Pliegues y Cabalgaduras..... | <u>85</u> |
| VI.4.2. Deformación Frágil..... | <u>92</u> |
| Fallas..... | <u>92</u> |
| V.- CONCLUSIONES | <u>93</u> |
| BIBLIOGRAFÍA..... | <u>94</u> |

Anexos

Anexo No. 1.- Plano geológico-estructural del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

Anexo No. 2.- Resultados paleontológicos.

Anexo No. 3.- Plano estructural del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

Anexo No. 4.- Tabla de fracturamiento (Puerto Salado, Anticlinal de los Muertos y Anticlinal San Marcos y Pinos).

Anexo No. 5.- Tabla de datos estructurales

RESUMEN

El Valle de Cuatro Ciénegas se localiza en la porción centro del Estado de Coahuila, a 65 km al poniente de la Ciudad de Monclova, dentro del Municipio de Cuatro Ciénegas. Geográficamente se encuentra limitada por las coordenadas 26° 41' 06" y 27° 04' 55.2" de latitud norte 101° 43' 37.2" y 102° 29' 56.4" de longitud oeste, cubre una superficie aproximada de 2,188.5 km². Fisiográficamente, queda comprendido dentro de la provincia de Sierras y Cuencas, subprovincia Alto de Coahuila y Sierra Madre Oriental, subprovincia Sierra Norte. Paleogeográficamente la zona se ubica en el límite oriente de la Isla de Coahuila y límite poniente del Golfo de Sabinas. Dentro del terreno Coahuila.

Los climas predominantes son del Grupo de Climas Secos, principalmente del subtipo muy seco semicálido. La temperatura media anual es de 21.4° C., con temperaturas extremas de 44° C en verano y un mínimo de 0° C en invierno. La precipitación media anual de 233 mm, con máximos observados durante mayo y octubre, y una evaporación anual de 236 mm. Los tipos de vegetación de mayor distribución corresponden al tipo halófila, pastizal halófilo, matorral desértico rosetófilo, matorral subinermes y tipo chaparral.

El Valle de Cuatro Ciénegas, es una cuenca endorreica, con una red de drenaje de tipo dendrítico, paralelo y radial conformado, por una parte, por arroyos de régimen transitorio que bajan de las sierras circundantes, cuyos escurrimientos torrenciales de corta duración se infiltran en las márgenes del valle a través de los depósitos aluviales permeables que rellenan al valle, y por otra, por arroyos de régimen perenne que conducen las aguas descargadas por cientos de "pozas".

La columna estratigráfica está constituida por rocas cuyas edades varían del Neocomiano al Reciente, dividida en dos paleoelementos: el Golfo de Sabinas y la Isla de Coahuila. En el Golfo de Sabinas las rocas más antiguas están constituidas por una alternancia de arenisca, lutita y conglomerado polimíctico de la **Formación**

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

San Marcos (Kn Cg-Ar) del Neocomiano. Esta unidad cambia lateralmente de facies a una secuencia constituida por lutita, limolita y caliza arenosa, correspondiente a la **Formación Barril Viejo (Kvh Lu-Cz)** del Valanginiano-Hauteriviano. **La Formación Patula (Khb Ar-Lu)** del Hauteriviano-Barremiano sobreyace de manera concordante a la secuencia anterior. Está constituida por arenisca, conglomerado, lutita, arenisca conglomerática, lutita arenosa y limonita que en conjunto se puede clasificar como arcosa. **La Formación La Mula (Khb Lu-Ar)** consiste predominantemente de lutita con arenisca, limolita intercalada con horizontes de arenisca, caliza, dolomía y calcarenita oolítica de edad Hauteriviano – Barremiano. Esta unidad sobreyace transicionalmente a la Formación Pátula. **La Formación La Virgen (Khb Y-Cz)** sobreyace de manera nítida y concordante a la secuencia anterior. Está constituida por yeso, anhidrita y caliza del Hauteriviano-Barremiano. De manera concordante, tanto las formaciones **San Marcos (Kn Cg-Ar)**, **Pátula (Khb Ar-Lu)**, **La Virgen (Khb Y-Cz)** y **La Mula (Khb Lu-Ar)** están cubiertas por caliza delgada y dolomías arenosas ocasionalmente oolíticas de la **Formación Cupido (Khap Cz)**, de edad Hauteriviano-Aptiano. Su contacto superior, con la Formación La Peña (**Kap Cz-Lu**) del Aptiano, es concordante. Sobreyace caliza fosilífera de estratificación media con nódulos de pedernal, que pertenecen a la **Formación Aurora (Ka Cz-Do)**. En concordancia, se sobrepone la **Formación Kiamichi (Ka Lu-Cz)**, compuesta por lutita arcillosa que en su parte media presenta un miembro calcáreo de estratos medianos, la cual cambia transicionalmente de facies hacia la Isla de Coahuila a caliza, caliza dolomítica y yesos pertenecientes a la **Formación Acatita (Ka Y-Cz)** de edad Albiano. Sobreyaciendo concordantemente, aflora caliza y lutita de las formaciones que constituyen el **Grupo Washita (Georgetown (Ka Cz), Del Río (Kce Lu-Cz) y Buda (Kce Cz)**. Se le asigna una edad del Albiano al Cenomaniano. Este grupo cambia lateralmente de facies, al occidente, sobre la sierra La Fragua a caliza de la **Formación Treviño (Kace Cz)**. Subyace concordantemente a lutita calcárea interestratificada con caliza arcillosa con contenidos faunísticos índice (*Inoceramus labiatus*), los cuales lo ubican en el Cenomaniano - Turoniano perteneciente a la **Formación Eagle Ford (Kcet Lu-Cz)** y en la parte poniente a la

Formación Indidura (Kcet Lu-Cz). Transicionalmente la unidad está cubierta, en la porción occidental, por lutita calcárea de la **Formación Parras (Kcoss Lu-Ar)**, que cambia lateralmente de facies, hacia el oriente, a lutita intercalada con caliza arcillosa de la **Formación Austin (Kcoss Lu-Cz)**. La edad de estas formaciones, por posición estratigráfica, es Coniaciano-Santoniano. Se sobreponen, lutita y marga del Campaniano, pertenecientes a la **Formación Upson (Kc Lu-Lm)**. En cambio lateral de facies, con la formación anterior, aflora arenisca y lutita de las formaciones basales del **Grupo Difunta (Kc Ar-Lu)**. Intrusionando a las rocas sedimentarias antes descritas se registra un evento ígneo intrusivo de probable edad Paleógeno, que ocurren en forma de diques y pequeños troncos de composición **Diorítica (Tpg PD)**.

Para el Mioceno se depositó de forma discordante sobre toda la secuencia del Cretácico superior, y como resultado de la erosión de las unidades sedimentarias, **una brecha oligomíctica (Tmpl(?)Bro)**, conformada por fragmentos de rocas calcáreas moderadamente consolidadas. Una serie de depósitos Cuaternarios, de travertino, coluvión, aluvión y depósitos eólicos, cubren a toda la columna en la porción central de la zona.

En lo que se refiere al contexto estructural, se pueden distinguir dos dominios estructurales regionales bien marcados. El primero está representado por la sierra La Fragua, en la porción suroeste de la zona, el cual se caracteriza por presentar una deformación incipiente con estructuras ondulantes que no llegan a representar anticlinales y sinclinales bien definidos. Generalmente, este estilo de deformación se encuentra relacionado a un basamento somero. Las sierras La Madera, La Menchaca, Agua Chiquita, La Purísima y San Marcos y Pinos constituyen el segundo dominio estructural de la región. Se caracteriza por presentar principalmente anticlinales en rodilla, con vergencias tanto al sur como al poniente y son característicos de zonas compresivas en donde la capa sedimentaria tiene un espesor muy considerable. Ambos dominios estructurales definen una

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

deformación dúctil-frágil. Producto de la Orogenía Laramide durante el Cretácico superior y Terciario Temprano.

ABSTRACT

The Valley of Cuatro Cienegas is located in the central portion of the State of Coahuila, 65 km west of the city of Monclova, in the municipality of Cuatro Cienegas. Geographically it is limited by the coordinates 26° 41'06" and 27° 04' 55.2" north latitude, 101 ° 43 '37.2 "and 102 ° 29' 56.4" west longitude, covers an area of approximately 2188.5 km². Physiographically, is situated within the province of Sierras and Basin, Alto de Coahuila subprovince and Sierra Madre Oriental, Sierra Norte Subprovince. Paleogeographic area is located on the edge of the Isla east of Coahuila and west border of the Gulf of Sabinas. Within the Coahuila terrain.

The predominant weather is considered as the Dry Climates Group, mainly very dry warm subtype. The average annual temperature is 21.4° C., with extreme values of 44° C in summer and 0° C in winter. The average annual rainfall reaches 233 mm., with maximum values observed during May and October and an annual evaporation of 236 mm. The major types of vegetation distribution, corresponding type halófila, halophile grassland, desert scrub, scrub rosetófilo and chaparral type.

The Valley of Cuatro Cienegas, is a endorheic, with a drainage system of the type dendritic, parallel, and radial is made, first, a transitional regime by streams that flow from the surrounding mountains, whose short-term rainfall runoff infiltrate the margins of the valley through permeable alluvial deposits filled the valley, and the other by perennial streams leading regime waters discharged by hundreds of "pools."

The stratigraphic column is composed of rocks whose ages range from Neocomian to Recent, paleoelementos divided in two: the Gulf of Sabinas and the Island of

Coahuila. In the Gulf of Sabinas oldest rocks consist of alternating sandstone, shale, and polymictic conglomerate **San Marcos Formation (Kn Cg-Ar)** of the Neocomian. This unit facies changes laterally to a sequence consisting of shale, siltstone and sandy limestone, corresponding to the **Barril Viejo Formation (Kvh Lu-Cz)** of Valanginian-Hauterivian. **The Pátula Formation (Khb Ar-Lu)** of Hauterivian-Barremian overlies a manner concordant with the above sequence. Is constituted of sandstone, conglomerate, shale, conglomeratic sandstone, sandy shale and siltstone, which together can be classified as arkose. **The Mula Formation (Khb Lu-Ar)** consists predominantly of shale with sandstone, siltstone interbedded with horizons of sandstone, limestone, dolomite and oolitic calcarenite old Hauterivian – Barremian. This unit overlies transitionally the Patula Formación. **The Virgen Formation (Khb Y-Cz)** overlying clear and concordant manner to the previous sequence. Is consists gypsum, anhydrite and limestone of the Hauterivian-Barremian. In a manner concordant the formations **San Marcos (Kn Cg-Ar)**, **Pátula (Khb Ar-Lu)**, **La Virgen (Khb Y-Cz)** and **La Mula (Khb Lu-Ar)**, are covered with thin limestone and sandy dolomite occasionally oolitic **Cupido Formation (Khapa Cz)**, Hauterivian-Aptian age. Its upper contact with the **La Peña Formation (Kap Cz-Lu)** of the Aptian, is concordant. Overlie fossiliferous limestone médium stratification with nodules of flint belong to the **Aurora Formation (Ka Cz -Do)**. In line, overlaps **Kiamichi Formation (Ka Lu-Cz)**, consisting of shale clay in the middle part has a middle strata limestone member, which changes facies transitional to the Isle of Coahuila to limestone, dolomitic limestone and gypsum belonging the **Acatita Formation (Ka Y-Cz)** of Albian age. Overlying Conformably outcrop limestone and shale of the formations that make up the **Washita Group (Georgetown (Ka Cz), Del Rio (Kce Lu-Cz) and Buda (Kce Cz)**. Is assigned an Albian to Cenomanian age. This group of facies changes laterally to the west, on the sierra La Fragua Formation limestone Treviño (Kace Cz). Underlies conformably the calcareous shale interbedded with calcareous clay with faunal content index (*Inoceramus labiatus*), which place him at the Cenomanian – Turonian belonging to the **Eagle Ford Formation (Kcet Lu-Cz)** and on the west to the **Indidura formation (Kcet Lu-Cz)**. Transitionally the unit is

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciéneas, Coahuila, México.

covered, in the western portion, for calcareous shale **Parras Formation (Kcoss Lu-Ar)**, facies changes laterally, toward the east, argillaceous limestone interbedded with shales of the **Austin Formation (Kcoss Lu-Cz)**. The age of these formations, stratigraphic position is Coniacian-Santonian. Overlap Campanian shale and marl belonging to the **Upson Formation (Kc Lu-Lm)**. In lateral facies change, with the previous formation, outcrop sandstone and shale of the basal formations **Deceased Group (Kc Ar-Lu)**. Intruding the sedimentary rocks described above there is an intrusive igneous event probable Paleogene age, that occur as dikes and small trunks of **diorite composition (Tpg PD)**.

For the Miocene was deposited on a whole sequence unconformably on Upper Cretaceous and as a result of erosion of the sedimentary units, a **gap oligomíctica (tmpl (?) Bro)**, consisting of fragments of limestone moderately consolidated. A series Quaternary deposits, of travertine, colluvium, alluvium, aeolian deposits, covering the entire column in the central portion of the area.

As regards the structural context, there are two well-marked regional structural domains. The first is represented by the sierra La Fragua, in the southwestern portion of the area, which is characterized by an emerging strain undulating structures that fail to represent well defined anticlines and synclines. Generally, this style of deformation is related to a shallow basement. Saws wood, Menchaca, Agua Chiquita, La Purisima and San Marcos y Pinos constitute the second structural domain of the region. Is characterized by mainly anticlines knee, with convergences both south and west and are characteristic of compressive zone where the sedimentary layer has a considerable thickness. Both structural domains define a ductile-brittle deformation. Proceeds from the Laramide Orogeny during the Late Cretaceous and Early Tertiary.

I.- GENERALIDADES

I.1.-Introducción.

Desde el siglo pasado, el Valle de Cuatro Ciénegas ha sido motivo de diversos estudios de investigación y visitas de reconocimiento, enfocados principalmente a la paleontología, estratigrafía, minería, ambiental e hidrología de la zona. Dichas investigaciones han sido incentivadas en gran parte por el atractivo turístico que existe en la región y en menor proporción por las actividades económicas que se desarrollan como: agricultura, ganadería, minería, comercio e industria.

Con el propósito de actualizar el marco geológico – estratigráfico para el Valle de Cuatro Ciénegas, se ha realizado una cartografía geológica – estructural regional a escala 1:100,000, con el fin de poder establecer la estratigrafía que permita determinar el ambiente paleogeográfico, tectónico, estructural y de depósito en la región.

El presente estudio consistió en realizar una cartografía geológico-estructural y estratigráfica de 2,188.5 km²., escala 1:100,000, mapeando y describiendo unidades litológicas, midiendo datos estructurales y con apoyo de imágenes de satélite y fotografías aéreas.

El documento final de este trabajo, tanto en forma impresa como digital incluye 5 anexos (Plano geológica-estructural del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, Resultados paleontológicos, Plano estructural del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, Tabla de fracturamiento (Puerto Salado, Anticlinal de los Muertos y Anticlinal San Marcos y Pinos) y Tabla de datos estructurales. Utilizando el software SURFER 8 Y POWER POINT. Esta base geológica – estratigráfica será útil en un futuro para evaluar la disponibilidad de recursos de agua subterránea en la zona.

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

I.2.- Objetivos

General

Realizar una cartografía a escala 1: 100,000, basada primordialmente en información geológica estructural y con el fin de realizar un análisis general de la estratigrafía del Valle de Cuatro Ciénegas, y así definir su ambiente paleogeográfico, tectónico, estructural y de depósito, utilizando la información geológica, minera, estratigráfica e hidrológica que exista en dependencias públicas y privadas.

Particulares

- Delinear el Valle de Cuatro Ciénegas.
- Definir la estratigrafía de la zona.
- Analizar e interpretar las características estructurales de la zona.
- Generar un plano geológico-estructural, escala 1: 100,000.

I.3.- Hipótesis

Las condiciones geológico-estratigráficas de la zona indican que el Valle de Cuatro Ciénegas se encuentra en el límite paleogeográfico de la Isla de Coahuila y el Golfo de Sabinas, límite que estaría representado por una falla inversa que pondría en contacto tectónico al Cretácico superior (formaciones Indidura, Parras y Grupo Difunta) con el Cretácico inferior (Formación Cupido).

I.4.- Trabajos Previos

En la zona se ha desarrollado un gran número de estudios, enfocado tanto a los recursos hidráulicos, paleontología, geología, flora y fauna, así como de evaluación ambiental, aunque la mayoría de ellos contemplan un capítulo para geología, estos trabajos reportan la información geológica de forma general,

simplemente hacen referencia a características regionales. Entre los trabajos previos más importantes se encuentran:

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, a través de la empresa ININSA (1980) realizó un estudio geohidrológico en el Valle de Ocampo y en la parte norte del Valle de Cuatro Ciénegas, en el que se define un acuífero granular que rellena los valles y un acuífero calizo.

La Comisión Nacional del Agua (1998) llevó a cabo el estudio de reactivación de la red de monitoreo del Acuífero Cuatro Ciénegas-Ocampo, logrando establecer para la parte norte del valle una red de monitoreo para la obtención de información hidrogeológica-piezométrica del acuífero.

El Fondo Mundial para la Naturaleza (WWLF) y Protección de la Fauna Mexicana, A. C (1999) realizaron un estudio en el Valle de Cuatro Ciénegas con el objetivo de localizar el origen de las aguas superficiales y hacer un diagnóstico participativo de los niveles de aprovechamiento del agua.

La Comisión Nacional del Agua (2002) llevó a cabo el estudio “Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Cuatro Ciénegas, Estado de Coahuila”, en el que concluye que existe un volumen disponible de 2'300,000 metros cúbicos anuales para nuevas concesiones en el acuífero de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

Dentro de los trabajos importantes de geología regional se encuentra el realizado por McKee *et al* (1990), en el cual se concluye que cerca de 3,000 m de detritos del Jurásico Superior y Cretácico Inferior fueron derivados por actividad de la Falla San Marcos. Las areniscas marinas y eolinitas más recientes del Jurásico (Capas Tanque Cuatro Palmas y Colorado) registraron una subsecuente (Tithoniano) inactividad de la falla. Un rejuvenecimiento neocomiano de la falla produjo depósitos aluviales de la Formación San Marcos. Los sedimentos de grano fino y estratos marinos de la Formación La Mula, manifiestan el mismo fallamiento. La

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

interrupción del desplazamiento neocomiano es indicada por una lengua de carbonatos de las formaciones Padilla y Barril Viejo. Las fuentes principales de estos detritos fueron el flysch del Paleozoico Tardío, el arco proximal cuenca Las Delicias y las rocas plutónicas del Triásico que lo cortan. La Falla San Marcos pudo formar parte del sistema de fallas transformantes que conectaban las crestas de expansión del piso oceánico del Atlántico con aquellas del Pacífico.

Chavez-Cabello, en su tesis de doctorado (2005) “Deformación y Magmatismo Cenozoicos en el sur de la Cuenca de Sabinas, Coahuila, México” menciona en sus conclusiones que la deformación y el magmatismo Cenozoicos relacionados con la orogenia Laramide, estuvieron controlados ampliamente por la dinámica de las placas tectónicas en el Pacífico durante el Cretácico Tardío-Eoceno. La orogenia Laramide ocurrió en dos fases, la primer controlada por décollement y despegues sedimentarios y debió ocurrir antes de 46 Ma; la segunda involucró al basamento, ocurriendo entre 46 y 41 Ma. La Falla San Marcos corresponde a una falla de basamento vieja multi-reactivada, que debió acomodar principalmente extensión cortical más que desplazamientos laterales. El emplazamiento de los intrusivos Candela-Monclova ocurrió entre 45 y 35 Ma. Estuvo controlado por la reactivación de fallas de basamento, por lo que son sin-tectónicas (Cerro del Mercado y Soledad?) y post-tectónicas (Providencia, Carrizal, Cerro Boludo, Marcelinos, Pánuco e Iguana). Definen que la deformación Laramide debió culminar a los 41 Ma en Coahuila. Está compuesto por dos series magmáticas, una calci-alcalina de medio a alto-K y otra alcalina de subducción de entre 45 y 35 Ma, Las relaciones isotópicas de Sr, Nd y Pb, indican baja contaminación cortical y fueron generadas bajo diferentes condiciones en el manto por combinaciones de tres componentes principales: El MORB, el manto y sedimentos subducidos. La edad de cambio de fuente magmática ocurrió entre 32.5 y 30 Ma.

Otros estudios realizados en la zona incluyen las Cartas Geológico-Mineras escala 1:500,000 del Estado de Coahuila; El Venado, Cuatro Ciénegas y Reforma, escala 1:50,000; Monclova, Tlahualilo, Nueva Rosita y Ocampo, escala 1:250,000, todas

ellas elaboradas por el Servicio Geológico Mexicano (1998-2007). Así mismo, se debe mencionar la cartografía geológica e hidrológica escala 1:250,000 realizada por el INEGI (1985), que cubre las cartas geológicas Ocampo (G13-3), Tlahualilo de Zaragoza (G13-6), Nueva Rosita (G14-1) y Monclova (G14-4).

I.5.- Metodología de Trabajo

Trabajo de campo

Las actividades fueron enfocadas a realizar una cartografía geológico-estructural y estratigrafía de 2,188.5 km², a escala 1:100,000. Mediante la utilización de un sistema GPS, Garmin 12XL, se levantaron secciones geológicas, perpendiculares a la orientación preferencial de las sierras, en donde se ubicaron puntos de control, describiendo en cada uno de ellos la litología, color, textura, estructuras sedimentarias, características del estrato, características del afloramiento y edad de la roca. Al mismo tiempo se iba describiendo el aspecto estructural de la zona, mediante la toma de datos estructurales, fracturas, planos axiales, fallas, etc.

Trabajo de gabinete

Este se inició con la digitalización de toda la información geológico-estructural y estratigráfica generada utilizando el software SURFER 8, PowerPoint y Stereonet, complementada con interpretaciones de imágenes de satélite y fotografías aéreas. A partir de esta información se elaboró un plano geológico-estructural, escala 1:100,000 y se preparó una columna estratigráfica de la zona.

Finalmente, se confrontó la información geológica que se adquirió durante la recopilación bibliográfica con el trabajo de campo realizado, a fin de establecer el alcance del trabajo realizado y su utilidad para una investigación hidrológica futura.

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

II.- GEOGRAFÍA

II.1.- Localización y Extensión del Área

El Valle de Cuatro Ciénegas se localiza en la porción centro del Estado de Coahuila, a 65 km al poniente de la Ciudad de Monclova, dentro del Municipio de Cuatro Ciénegas. Geográficamente se encuentra limitada por las coordenadas 26° 41' 06" y 27° 04' 55.2" de latitud norte 101° 43' 37.2" y 102° 29' 56.4" de longitud oeste, cubre una superficie aproximada de 2,188.5 km².

Los límites topográficos de la zona incluyen al suroeste la sierra La Fragua, al sur y centro la sierra San Marcos y Pinos, al oriente las sierras La Purísima y Agua Chiquita, al norte y noreste la sierra Menchaca, y al noroeste por la sierra La Madera (**Figura No. II.1**).

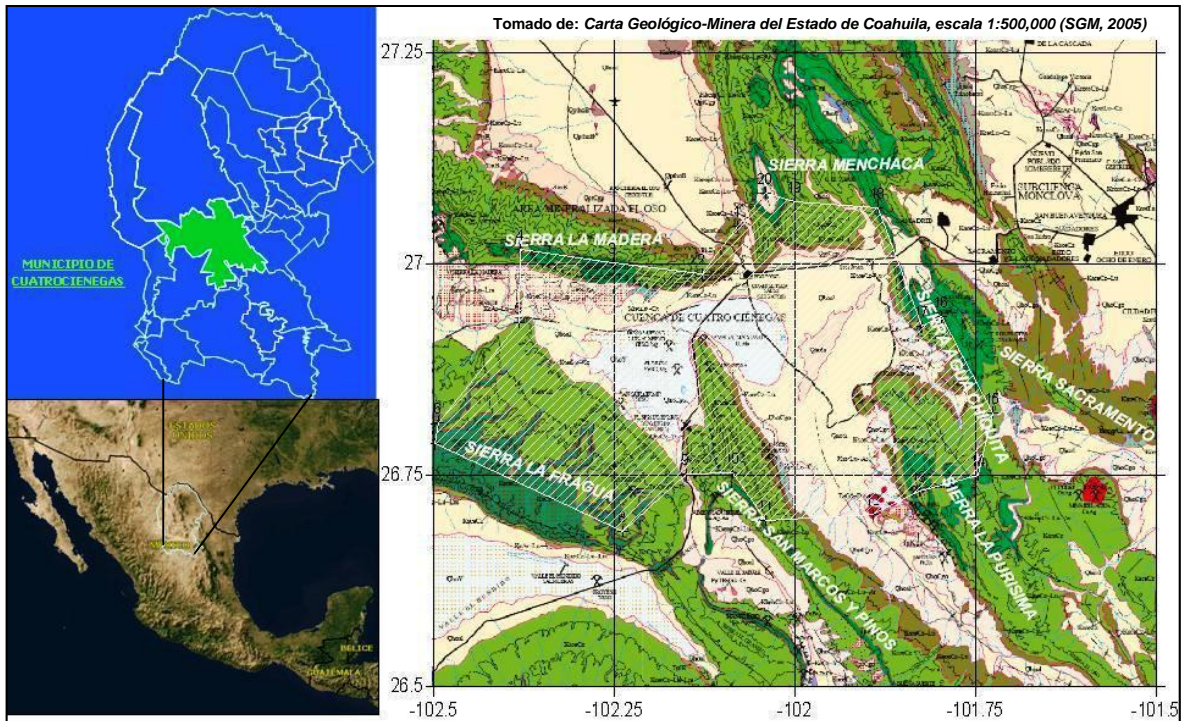


Figura No. II.1.- Localización del área de estudio.

II.2.- Acceso y Vías de Comunicación

Las vías de comunicación que existen en el área incluyen carreteras, caminos de terracería, brechas, veredas, ferrocarril y algunas pistas para aviones pequeños y avionetas.

Carreteras

Son el principal medio de acceso al área en estudio. Todas las cabeceras municipales se encuentran comunicadas por estos medios:

(a) Carretera Federal No. 30, en el tramo Monclova-San Pedro de las Colonias, cruza diagonalmente el área en su porción central.

(b) La carretera estatal No. 111, en el tramo Cuatro Ciénegas-Ocampo, que comunica la porción norte del área.

Se tienen además caminos de terracería y brechas que comunican a poblados y ranchos que se encuentran dentro del área. Estas vías son transitables casi todo el año, con excepción de las épocas de lluvias torrenciales esporádicas, que se presentan principalmente de mayo a octubre.

Ferrocarriles

La porción central del área es cruzada por la vía de ferrocarril Frontera, Coah. - Sierra Mojada, Coah.

Aeropuertos

En la población de Cuatro Ciénegas, Coahuila existe un aeropuerto estatal el cual es utilizado ocasionalmente por aviones pequeños y avionetas.

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

II.3.- Fisiografía

Fisiográficamente, el Valle de Cuatro Ciénegas queda comprendido dentro de la provincia de Sierras y Cuencas (subprovincia Alto de Coahuila) y Sierra Madre Oriental (subprovincia Sierra Norte) (Raisz, 1964; **Figura No.II.2**).

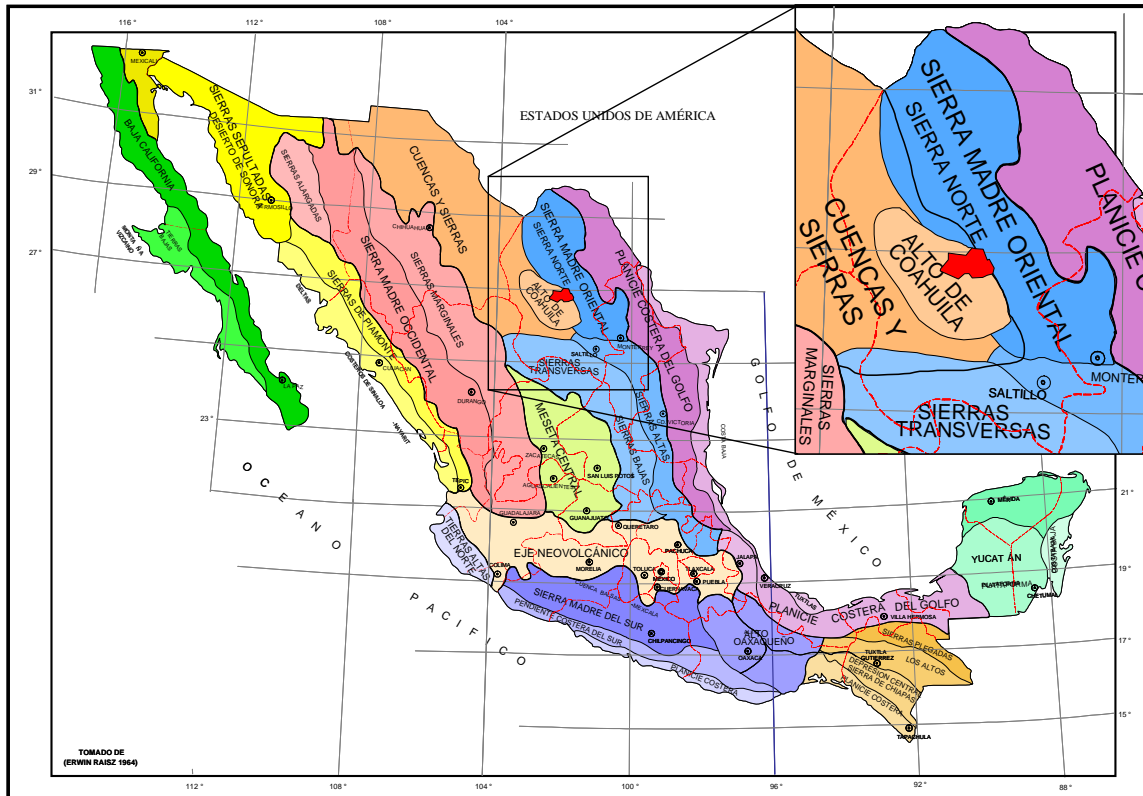


Figura No. II.2.- Provincias fisiográficas de México (Raisz, 1964).

La subprovincia Alto de Coahuila se caracteriza por sierras de configuración cómica con flancos de suave pendiente topográfica, como la sierra La Fragua, que alcanza una elevación máxima de 2,260 msnm.

La subprovincia de Sierra Norte (Raisz, 1964) se caracteriza por la presencia de sierras paralelas entre sí, estrechas y alargadas, con fuertes pendientes topográficas y grandes acantilados, las cuales separan a amplios valles con una suave pendiente. Las sierras que conforman la subprovincia, con alturas de su máxima elevación, y de orientación NW-SE incluyen: sierra San Marcos y Pinos con 2,620 msnm, sierra La Purísima con 2,280 msnm, sierra Agua Chiquita con 1,500 msnm, sierra Menchaca con 2,100 msnm y sierra Madera con 3,020 msnm.

III.- CONDICIONES AMBIENTALES

III.1.- Clima

De acuerdo a la Carta de Climas, escala 1: 1 000 000, revisada y complementada por INEGI (2000) y basada en la metodología de la clasificación de W. Köppen (1936), modificada para la República Mexicana por E. García (1964). En el área de estudio, los climas predominantes se encuentran incluidos dentro del grupo de Climas Secos (B). De estos, los de mayor distribución son los de tipo Muy Secos (BW) y, en la parte sureste se presentan climas de tipo Secos (BSo). De los climas secos, el de mayor cobertura es el subtipo Muy Secos Semicálidos (BWhw), el cual tiene su mayor precipitación en el verano (aproximadamente 350 mm) y un porcentaje variable de 5 % a 10.2 % (50 mm) de precipitación invernal (**Figura No. II. 3**). En la parte oriental el clima es del subtipo Muy Seco Semicálidos (BWhx'), con lluvias escasas durante el verano (40 mm) y su precipitación invernal es mayor al 18 % (72 mm) y muy seco BW(h')hw, con lluvias moderadas durante el verano (75 mm) y el % de precipitación invernal es variable entre el 5 % (20 mm) y 10.2 % (40 mm).

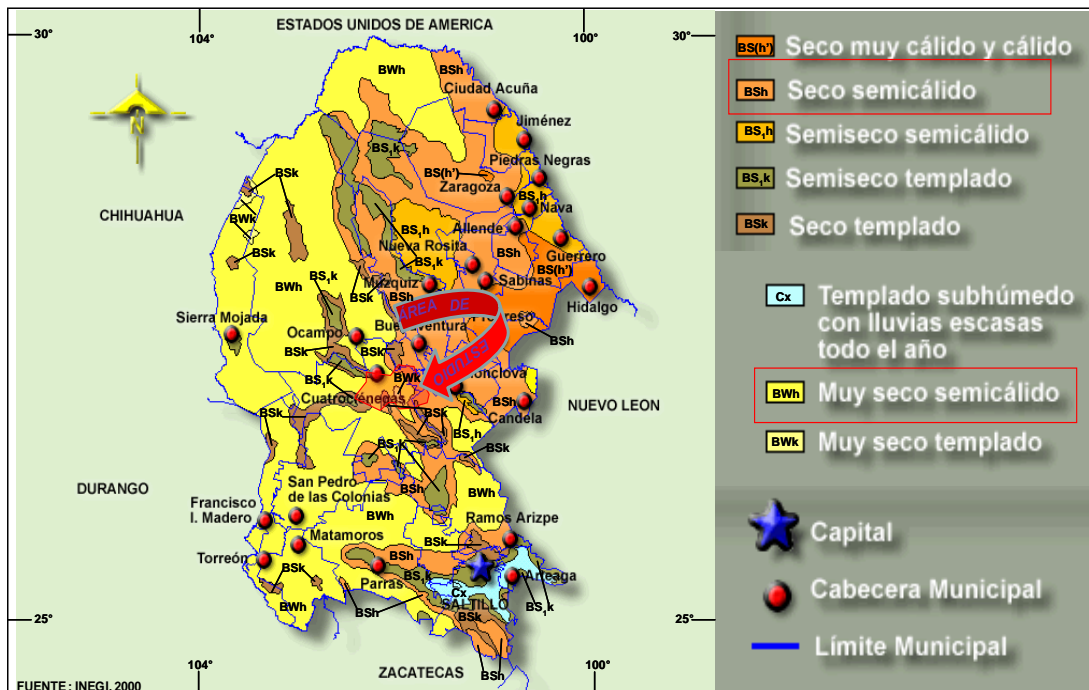


Figura No. II.3.- Climas del Estado de Coahuila (Carta de Climas, INEGI, 2000).

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

En menor proporción en la parte sureste, se tienen climas del subtipo secos semicálidos BSox' cuya lluvias escasas durante el verano (40 mm) y su porcentaje de lluvias durante el invierno es mayor al 18 % (80 mm) y del subtipo secos templado BSokw(x'), con importantes lluvias durante el verano (350 mm) y con un porcentaje mayor al 10.5 % (50 mm) durante el invierno, caracterizándose por la calidez de su verano.

| SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------------------|-----------|-----------|-------------------------|-----------|---------------------|-----------|-----------|---------|
| NORMALES CLIMATOLÓGICAS (1971-2000) | | | | | | | | | | | | | |
| ESTADO DE: COAHUILA | ESTACION: 00005009 CUATRO CIENEGAS (DGE) | | | | LATITUD: 26°58'00" N. | | | LONGITUD: 102°04'00" W. | | ALTURA: 750.0 MSNM. | | | |
| ELEMENTOS | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ANUAL |
| TEMPERATURA MÁXIMA (°C) | | | | | | | | | | | | | |
| NORMAL | 19.9 | 22.2 | 26.9 | 29.7 | 33.0 | 34.2 | 33.8 | 33.2 | 31.1 | 27.6 | 23.4 | 19.7 | 27.9 |
| MAXIMA MENSUAL | 24.0 | 25.3 | 30.0 | 34.6 | 36.4 | 41.4 | 36.9 | 35.7 | 34.3 | 30.4 | 27.5 | 23.4 | |
| AÑO DE MAXIMA | 1982 | 1976 | 1982 | 1972 | 1989 | 1998 | 1989 | 1981 | 1980 | 1991 | 1973 | 1977 | |
| MAXIMA DIARIA | 32.0 | 37.0 | 37.0 | 42.0 | 44.0 | 52.0 | 42.0 | 40.0 | 40.0 | 38.0 | 34.0 | 31.0 | |
| FECHA MAXIMA DIARIA | 22-ene-74 | 13-feb-89 | 23-mar-71 | 13-abr-72 | 25-may-89 | 05-jun-98 | 17-jul-89 | 03-ago-80 | 17-sep-80 | 03-oct-81 | 02-nov-73 | 14-dic-71 | |
| AÑOS CON DATOS | 22 | 23 | 23 | 24 | 25 | 25 | 22 | 24 | 24 | 24 | 24 | 23 | |
| TEMPERATURA MEDIA (°C) | | | | | | | | | | | | | |
| NORMAL | 12.7 | 14.6 | 19.0 | 22.5 | 26.4 | 28.3 | 28.3 | 25.7 | 21.5 | 16.7 | 12.9 | 21.4 | |
| AÑOS CON DATOS | 22 | 23 | 23 | 24 | 25 | 25 | 22 | 24 | 24 | 24 | 24 | 23 | |
| TEMPERATURA MÍNIMA (°C) | | | | | | | | | | | | | |
| NORMAL | 5.4 | 7.1 | 11.2 | 15.2 | 19.8 | 22.3 | 22.7 | 22.4 | 20.2 | 15.5 | 9.9 | 6.2 | 14.8 |
| MINIMA MENSUAL | 2.5 | 5.3 | 8.1 | 12.7 | 16.7 | 21.1 | 21.3 | 20.8 | 17.9 | 12.2 | 7.0 | 2.8 | |
| AÑO DE MINIMA | 1985 | 1985 | 1996 | 1997 | 1976 | 1971 | 1991 | 1971 | 1975 | 1976 | 1976 | 1989 | |
| MINIMA DIARIA | -6.0 | -6.0 | -2.0 | -3.0 | -10.0 | -13.0 | -14.0 | -14.0 | -10.0 | -0.0 | -2.0 | -6.0 | |
| FECHA MINIMA DIARIA | 13-ene-75 | 02-feb-85 | 02-mar-80 | 14-abr-80 | 02-may-76 | 14-jun-85 | 16-jul-92 | 14-ago-77 | 29-sep-83 | 31-oct-93 | 30-nov-76 | 22-dic-89 | |
| AÑOS CON DATOS | 22 | 23 | 23 | 24 | 25 | 25 | 22 | 24 | 24 | 24 | 24 | 23 | |
| PRECIPITACION (mm) | | | | | | | | | | | | | |
| NORMAL | 10.2 | 8.1 | 5.9 | 12.9 | 26.3 | 29.5 | 30.8 | 38.0 | 31.2 | 25.8 | 13.5 | 14.0 | 246.2 |
| MAXIMA MENSUAL | 68.0 | 65.0 | 38.0 | 79.0 | 78.0 | 94.0 | 150.0 | 138.0 | 102.0 | 125.0 | 64.0 | 53.0 | |
| AÑO DE MAXIMA | 1992 | 1973 | 1997 | 1981 | 1997 | 1997 | 1985 | 1971 | 1978 | 1981 | 1976 | 1991 | |
| MAXIMA DIARIA | 17.0 | 22.0 | 20.0 | 46.0 | 28.0 | 66.0 | 70.0 | 80.0 | 48.0 | 53.0 | 50.0 | 30.0 | |
| FECHA MAXIMA DIARIA | 05-ene-90 | 03-feb-92 | 10-mar-97 | 23-abr-81 | 07-may-77 | 19-jun-82 | 24-jul-85 | 10-ago-71 | 10-sep-90 | 05-oct-86 | 25-nov-82 | 26-dic-82 | |
| AÑOS CON DATOS | 22 | 23 | 21 | 23 | 25 | 25 | 22 | 24 | 24 | 24 | 24 | 23 | |
| EVAPORACION TOTAL (mm) | | | | | | | | | | | | | |
| NORMAL | 108.2 | 126.8 | 184.5 | 210.1 | 240.2 | 237.5 | 232.4 | 204.1 | 156.8 | 131.4 | 104.4 | 96.1 | 2,032.5 |
| AÑOS CON DATOS | 10 | 11 | 13 | 12 | 12 | 14 | 10 | 11 | 11 | 12 | 12 | 11 | |
| NUMERO DE DIAS CON | | | | | | | | | | | | | |
| LLUVIA | 1.5 | 1.1 | 1.1 | 1.5 | 3.6 | 2.8 | 2.6 | 3.2 | 3.3 | 2.7 | 1.6 | 2.1 | 27.1 |
| AÑOS CON DATOS | 22 | 23 | 21 | 23 | 25 | 25 | 22 | 24 | 24 | 24 | 24 | 23 | |
| NIEBLA | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | |
| AÑOS CON DATOS | 22 | 23 | 23 | 24 | 25 | 25 | 22 | 24 | 24 | 24 | 24 | 23 | |
| GRANIZO | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | |
| AÑOS CON DATOS | 22 | 23 | 23 | 24 | 25 | 25 | 22 | 24 | 24 | 24 | 24 | 23 | |
| TORRENTA E. | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.6 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.0 |
| AÑOS CON DATOS | 22 | 23 | 23 | 24 | 25 | 25 | 22 | 24 | 24 | 24 | 24 | 23 | |

Tabla No. II.1.- Información meteorológica de la estación Cuatro Ciénegas, Coah. (Servicio Meteorológico Nacional, 2000).

En la estación de Cuatro Ciénegas, la temperatura media anual es de 21.4° C, con temperaturas extremas de 44° C en verano y una mínima de 0° C en invierno (Minckley 1969). La precipitación promedio anual de 233 mm., sobre todo durante mayo y octubre (Shreve 1944), y una evaporación anual de 236 mm. (Comisión Nacional del Agua, 2002). **(Tabla No.II.1)**. Según INEGI en el 2000 reportó una temperatura para el Valle de Cuatro Ciénegas de mas de 20° C. **(Figura No. II.4)**

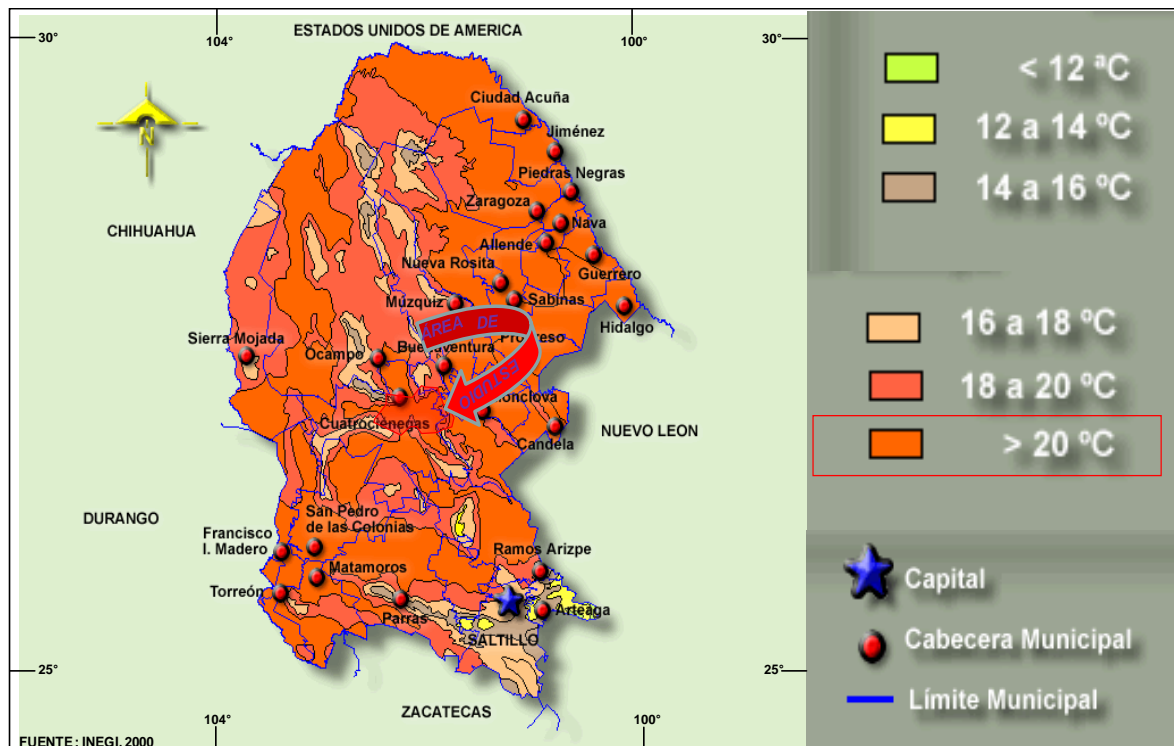


Figura No. II.4.- Temperaturas del Estado de Coahuila (INEGI, 2000).

III.2.- Vegetación

Los tipos de vegetación de mayor distribución dentro del área, corresponden al tipo de vegetación holófila y pastizal halófilo. En segundo orden de abundancia se tiene el matorral desértico rosetófilo y matorral subinerme, cubriendo las partes altas de la sierra San Marcos y Pinos. En la porción sur, se tiene vegetación del tipo chaparral. Entre las especies reconocidas se encuentran Gobernadora (*Larrea tridentata*), Huizache (*Acacia vernicosa*), Ocotillo (*Fouquieria splendens*), Mezquite (*Prosopis spp*), Gatuño (*Mimosa spp*), Nopal (*Opuntia macrocentra*) y Cenizo (*Leucophyllum spp*). En los huertos familiares es posible el cultivo de nogales, naranjos, limones, duraznos y otros tipos de árboles frutales.

En la región se pueden distinguir seis tipos de suelo:

Xerosol.- Suelo de color claro y pobre en materia orgánica y el subsuelo es rico en arcilla o carbonatos, con baja susceptibilidad a la erosión. Regosol.- No presenta

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

capas distintas, es claro y se parece a la roca que le dio origen. Su susceptibilidad a la erosión es muy variable y depende del terreno en el que se encuentre.

Litosol.- Suelos sin desarrollo con profundidad menor de 10 centímetros; tiene características muy variables según el material que lo forma. Su susceptibilidad a la erosión depende de la zona donde se encuentre, pudiendo ser desde moderada a alta.

Yermosol.- Tiene una capa superficial de color claro y muy pobre en materia orgánica, el subsuelo puede ser rico en arcilla y carbonatos. La susceptibilidad a la erosión es baja, salvo en pendientes y en terrenos con características irregulares.

Solonchak.- Presenta un alto contenido de sales de magnesio, cloro, potasio y sodio, que se originaron debido a la evaporación, sobresaturación y precipitación de los componentes de aguas marinas, existentes en cuencas cerradas o lagunas antiguas. Son poco susceptibles a la erosión.

Vertisol.- Presenta grietas anchas y profundas en la época de sequía. Es un suelo muy duro, arcilloso, masivo, negro, gris y rojizo. Su susceptibilidad a la erosión es baja.

III.3.- Hidrografía

Delineación del Valle de Cuatro Ciénegas.

El Valle de Cuatro Ciénegas, de acuerdo a la Carta Hidrológica de Aguas Superficiales escala 1:250,000: Ocampo G13-3, Nueva Rosita G14-1, Monclova G14-4 y Tlahualilo de Zaragoza G13-6, (INEGI, 1981), se encuentra en la Región Hidrológica Río Bravo-Conchos (RH-24), Cuenca Presa Falcón-Río Salado (D) y Subcuenca Río Salado de Nadadores (g1604). Los límites del valle son: al noroeste, la falla inversa La Madera que funciona como un barrera impermeable;

al noreste, el contacto entre los depósitos aluviales permeables y las rocas arcillosas de baja permeabilidad del Cretácico superior sobre las estibaciones de la sierra Menchaca; al oriente, la traza del Anticlinal Agua Chiquita; al sur el contacto entre la Formación Cupido y la Formación San Marcos sobre el flanco oriente del potrero estructural del Anticlinal San Marcos y Pinos; al sur, también el Anticlinal La Fragua y la falla inversa La Fragua; y al oeste, el parteaguas superficial sobre la sierra La Fragua y la Meseta Grande. **(Figura No. III.1).**

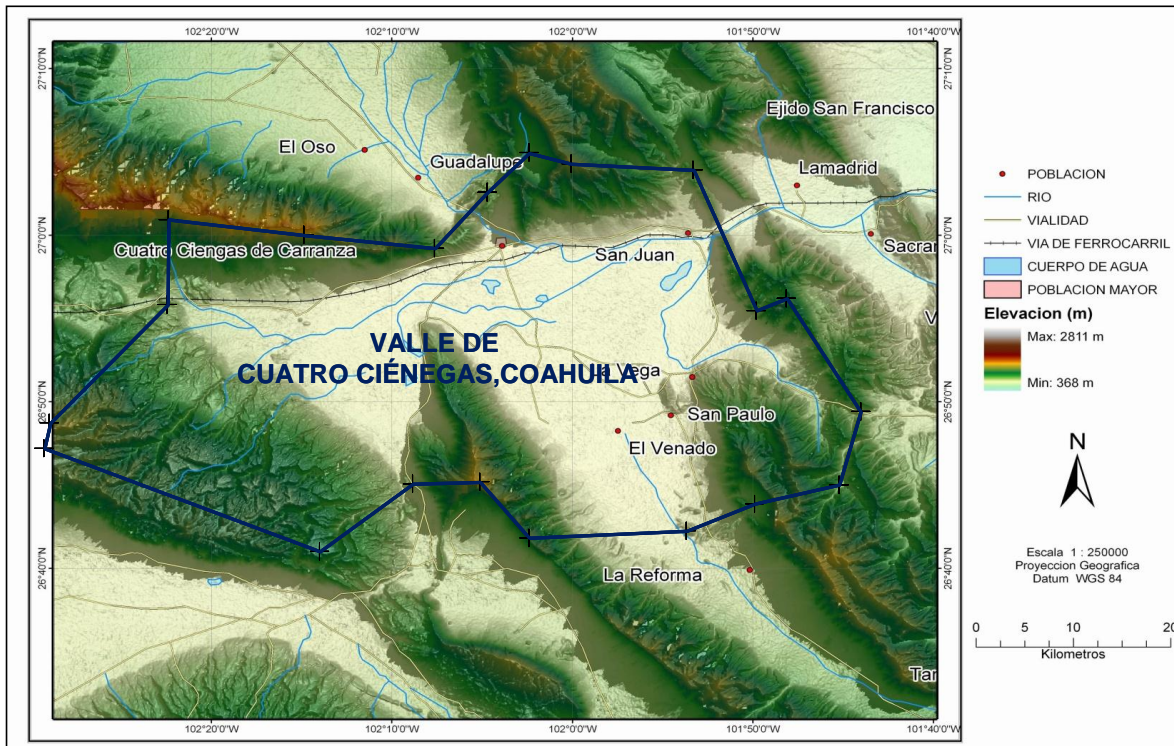


Figura No. III.1.- Delineación del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

Corrientes superficiales y pozas

Aunque las lluvias son escasas y el ambiente sea desértico, en el Valle de Cuatro Ciénegas existen alrededor de 200 cuerpos de agua, cuyo origen y génesis constituye hasta el día de hoy tema de debate. Se trata de unas 165 pozas cuyas aguas se drenan superficialmente del Río Mezquite **(Figura No. III.2)** a través de una estrecha red de canales naturales y artificiales, con un caudal aproximado de 5000 lps. Las dimensiones de las pozas varían entre los 3 y 25 metros de largo y su profundidad estimada supera, únicamente en dos casos, los 5 metros, aunque en muy pocas de ellas se han hecho inmersiones y de ninguna existe la topografía

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

subacuática. Algunas pozas están tapizadas de organismos llamados estromatolitos, que son particularmente frágiles y representan los primeros organismos terrestres que se desarrollan en ambientes extremos. Los conductos de alimentación y salida no son visibles en todos los casos, pero parece que algunos se pueden recorrer. Algunas pozas se abren de manera similar a los cenotes de Yucatán, con ventanas hacia cámaras subterráneas y con un nivel del agua de 6-7 metros de la superficie, mientras otras funcionan como embudo. En general, el flujo de drenaje parece proceder del oeste hacia el este. La mayoría de las pozas se ubican a los pies de la sierra de San Marcos y Pinos, algunas otras a los pies de las sierras La Madera, La Purísima y San Vicente.



Figura No. III.2.- Panorámica del río Los Mezquites en donde se encuentra la poza mas grande "Las Playitas".

El Valle de Cuatro Ciénegas es una cuenca endorreica. En general, la red de drenaje es de tipo dendrítica, paralela y radial, Está conformada, por una parte, por arroyos de régimen transitorio que bajan de las sierras circundantes, cuyos escurrimientos torrenciales de corta duración se infiltran en las márgenes del valle a través de los depósitos aluviales permeables que rellenan al valle, y por otra, por arroyos de régimen perenne que conducen las aguas descargadas en los sistemas de "pozas" (**Figura No. III.3**). Las "pozas" son manantiales que brotan de la roca caliza a través de oquedades naturales de diferentes dimensiones.

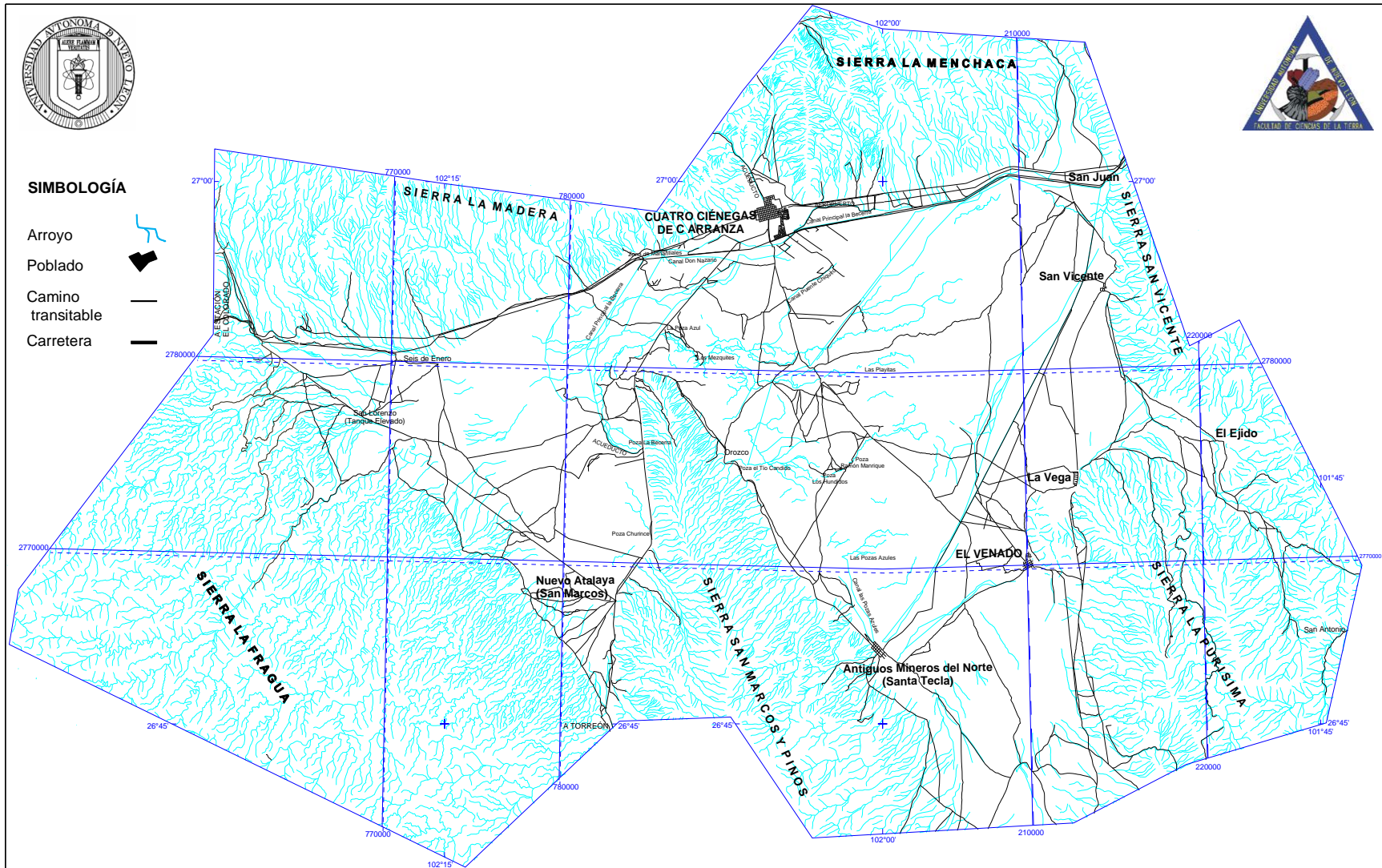


Figura No. III.3.- Red de drenaje del valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

En las “pozas” de mayor tamaño y en los humedales adyacentes se han formado ecosistemas que alojan gran variedad de especies como peces, tortugas, reptiles, algas y bacterias, algunas de ellas únicas en el mundo, de gran importancia ecológica y científica. Además, por su belleza natural tienen gran atractivo turístico y algunas de ellas, por su profundidad y la claridad de sus aguas, son especialmente propicias para la práctica del buceo. En el flanco occidental de la sierra de San Marcos y Pinos destaca la “poza” de La Becerra, representa un modelo típico de las pozas que se encuentran en el valle. También en la porción occidental del valle, es notable la llamada Laguna de Churince, que no es una “poza” sino una depresión topográfica natural con dimensiones aproximadas de 1 kilómetro de largo, medio kilómetro de ancho y profundidad menor que 1 m. Es alimentada por la descarga de la “poza” del mismo nombre, por el esporádico escurrimiento superficial del área adyacente y por el acuífero de la porción occidental de Cuatro Ciénegas, que tiene su descarga natural en esta depresión topográfica. El caudal de estas alimentaciones varía estacional y anualmente en respuesta a las variaciones de la lluvia. La laguna se encoge en los intervalos (meses o años) en que la cantidad de agua evaporada en ella es mayor que la alimentación que recibe, y se expande en caso contrario. En los años 2003 y 2004, la laguna se extendió porque la lluvia fue relativamente abundante, 600 mm, y 268 mm, respectivamente (INE, 2004). En cambio, en el año 2005 su extensión se redujo porque fue excepcionalmente seco (la lluvia anual fue apenas de unos 130 mm en la estación climatológica Cuatro Ciénegas, mientras que la media respectiva es de unos 219 mm/año). Variaciones análogas han sido documentadas de forma previa. En una fotografía incorporada a un informe de la Universidad de Texas se observa que en diciembre de 1964 la laguna (denominada Laguna Grande en el reporte correspondiente) tenía extensión significativa, lo cual se atribuye a que recibió una cuantiosa alimentación durante el ciclo lluvioso 1960-63; en cambio, otra fotografía aérea contenida en el mismo muestra casi seca, lo que se debe a que el ciclo 1964-68 fue muy seco (SEMARNAT, 2008). **(Figura No. III.4)**

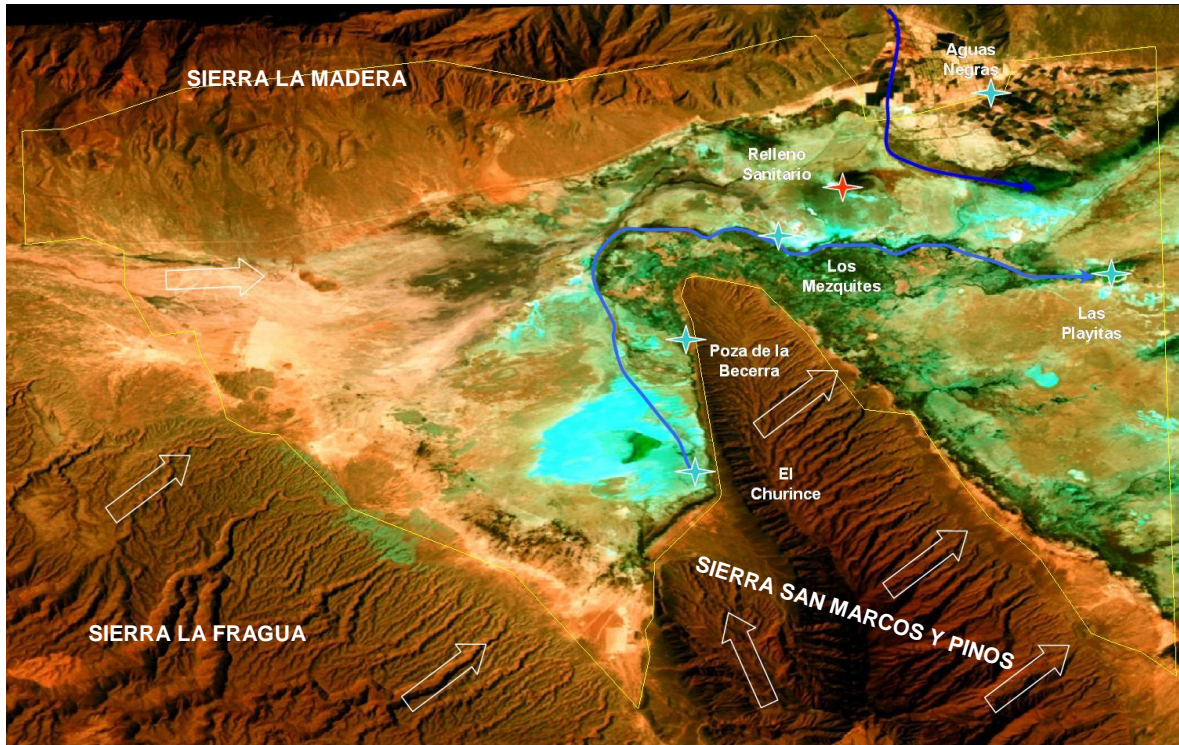


Figura No. III.4.- Dirección principal de la red de drenaje y ubicación de las principales pozas.

Cuando la cuenca estaba en su estado natural, “pozas” y arroyos descargaban a lagos localizados en la parte baja del valle, donde el agua se evaporaba. El mayor de ellos ocupaba la porción oriental del valle y vertía sus excedentes a la cuenca vecina Río Salado-Nadadores (zonas de Lamadrid y Sacramento), a través de un estrechamiento. Los extensos salitrales formados ahí por evaporación, son los vestigios de ese lago. Se supone que la mayor parte del agua retenida en éste se evaporaba, por lo que su descarga hacia la cuenca vecina era intermitente y de reducida magnitud.

A fines del siglo XIX se inició el drenado artificial de la cuenca de Cuatro Ciénegas, mediante la construcción de canales para conducir el agua de las “pozas” a las zonas agrícolas de Lamadrid y Sacramento (SMARNAT, 2008). Ya en el siglo XX, en la década de los años “60”, se construyeron canales de mayor capacidad, con lo cual se modificó drásticamente el ciclo hidrológico de la cuenca, se acentuó su drenado artificial y, con ello, se provocó la desecación de los principales lagos y humedales que existían en la condición natural. En esta

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

condición, casi la totalidad del agua se evaporaba dentro de la propia cuenca. En la actualidad, la distribución del agua por sectores es como sigue: al sector primario (agricultura y minería) se destinan cerca del 93% del volumen de agua utilizado; en el sector secundario (industria) corresponde cerca del 1%, y en el terciario (comercio y servicios) reciben un 6% del agua utilizada (SEMARNAT, 2008).

Los canales son alimentados por las “pozas” de mayor tamaño. Mediante compuertas se controlan el nivel del agua en la “poza”, el caudal descargado al canal y la cantidad de agua vertida al humedal adyacente. Un porcentaje significativo del caudal conducido se pierde por filtraciones en los canales no revestidos y en los revestidos mal conservados. Los datos generales (IMTA, 2005) de los canales principales son los siguientes:

El canal Santa Tecla fue construido en el año de 1966, cuenta con 52.3 km revestidos y 2.3 km sin revestimiento. Su caudal varía entre 220 y 320 lps y sus aguas son aprovechadas fuera del valle en el ejido Sacramento para el riego de 3,000 has.

El canal Saca Salada que tiene 65 km sin revestimiento y un caudal de 800 a 1,300 lps, también es aprovechado fuera del valle en el ejido La Madrid para el riego de 673 has .

El canal El Venado tiene 8 km revestidos y 1.9 km sin revestimiento. Su caudal varía de 66 a 98 lps e irriga los campos de cultivo del ejido El Venado dentro del valle.

El canal La Becerra fue construido en el año de 1966, está entubado 1,200 m y cuenta con 56 km sin revestimiento. Su caudal va de 580 a 645 lps y sus aguas son utilizadas en el riego de 772 has dentro del valle en el ejido Cuatro Ciénegas.

(Figura No. III.5)



Figura No. III.5.- Canal La Becerra construido en 1966.

El Canal de Antiguos Mineros del Norte tiene un caudal entre 30 a 80 lps y sus aguas se utilizan en el riego de los campos de cultivo del ejido Antiguos Mineros del Norte. Se encuentra sin revestir en su primer tramo, en donde toma el agua de los manantiales. El resto del canal está revestido hasta llegar a los campos de cultivo. No cuenta con datos de longitud ni fecha de construcción.

El Canal de El Agua Grande es utilizado por los ejidatarios de El Venado y por algunos pequeños propietarios. A pesar de que se encuentra muy deteriorado y que actualmente no es posible canalizar el agua hasta los campos de cultivo, los manantiales siguen siendo drenados. No cuenta con datos de longitud ni fecha de construcción.

El Canal de Julio Arredondo, que tiene una descarga entre 40 y 60 lps, es utilizado por pequeños propietarios del valle de Cuatro Ciénegas. No se encuentra revestido en ninguna de sus partes, y se encuentra muy alterado sobre todo por el

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

impacto que produce la formación de grandes abrevaderos. No cuenta con datos de longitud ni fecha de construcción.

Según datos obtenidos por la Comisión Nacional del Agua (2001), considerados como más confiables porque se prestó especial atención a la hidrometría, los canales conducen un caudal total medio superior a los 3,000 litros por segundo, dando un volumen del orden de 99.5 millones de metros cúbicos anuales, de los cuales unos 17.8 se utilizan para riego dentro del Valle de Cuatro Ciénegas y los restantes 81.7 son conducidos a las zonas de Lamadrid, Sacramento, San Buenaventura y Nadadores, a través de los canales Saca Salada y Santa Tecla. La diferencia entre el caudal brotante y el entregado por los canales a las parcelas, corresponde al agua vertida a los humedales adyacentes a las “pozas” y a las pérdidas por conducción en la red de canales. Dentro de la cuenca de Cuatro Ciénegas, las filtraciones en los canales sostienen a la vegetación natural adyacente y alimentan al relleno acuífero del valle.

A través de un estrechamiento, la cuenca de Cuatro Ciénegas está conectada también con el valle de Calaveras, porción sur de la zona de Ocampo, ubicada al norte y aguas arriba de aquella. Antes de que se iniciara la extracción de agua subterránea en la cuenca de Ocampo, el agua brotaba en el estrechamiento formando manantiales y un arroyo permanente, los cuales, a su vez, sostenían una densa cobertura vegetal y niveles freáticos someros en el área del poblado de Cuatro Ciénegas. Al incrementarse el bombeo de pozos en la cuenca de Ocampo, fue disminuyendo gradualmente su descarga a la de Cuatro Ciénegas, con la consiguiente reducción del caudal brotante, del escurrimiento y de la vegetación nativa en el estrechamiento, así como la consiguiente afectación a las norias, a las huertas y nogales existentes en el poblado referido y sus inmediaciones, con abatimientos de hasta 70 m.

IV.- GEOLOGÍA

IV.1.- Marco Geológico Regional

El área de estudio se localiza en el límite este de la Isla de Coahuila y en el límite poniente de el Golfo de Sabinas, por lo que el marco geológico ha sido definido por la evolución de estos elementos paleogeográficos. La Isla de Coahuila, con una cobertura sedimentaria marina, exhibe únicamente rocas del Cretácico inferior al superior, mientras que el Golfo de Sabinas exhibe rocas del Jurásico superior al Cretácico superior. La evolución sedimentológica y tectónica refleja exclusivamente los efectos geodinámicos ocurridos a partir de las edades antes mencionadas. Sin embargo, para definir el marco geológico de la zona de estudio, es necesario ubicar el área dentro del contexto geológico regional con el objetivo de establecer la mecánica de deformación de la carpeta sedimentaria mesozoica, así como el origen de las rocas suprayacentes constituidas por rocas ígneas y sedimentarias.

Dentro del contexto de terrenos tectono-estratigráficos de México (Campa y Coney, 1983) la zona se ubica en el terreno Coahuila, que tiene su posible origen en la orogenia Ouachita – Marathon, la que se debió a una colisión entre África - América del Sur y América del Norte durante el Pensilvánico-Pérmico (Graham et. al, 1975, en Barbosa, L. D., 1998). De acuerdo con estos autores, el terreno Coahuila está constituido por dos fracciones, una formada por rocas metamórficas de bajo grado, cuyo origen se relaciona con la porción interna del sistema Marathon-Ouachita (Flawn *et al.* 1961), el cual traslapó al terreno Chihuahua a lo largo de una zona de fallamiento. Las rocas de este terreno, dentro de las que destacan filitas, mármol y cuarcitas de facies esquistos verdes, se encuentran aflorando en las vecindades de la sierra del Carmen, en la región norte del estado de Coahuila (Flawn y Maxwell, 1958). La otra porción del terreno Coahuila, la una gruesa secuencia de sedimentos de tipo flysch, de edad Permo-Pensilvánico,

plegamientos anticlinales estrechos y alargados, doblemente buzantes y orientados preferencialmente en dirección NW-SE, todos ellos separados por amplios valles sinclinales. **(Figura No. IV.1)**

IV.2.- Tectónica

Paleogeográficamente, la zona se ubica en el límite oriente de la Isla de Coahuila y límite poniente del Golfo de Sabinas. Dentro del contexto de terrenos tectono-estratigráficos de México (Campa y Coney, 1983) la zona se ubica en el terreno Coahuila. **(Figura No. IV.2)**

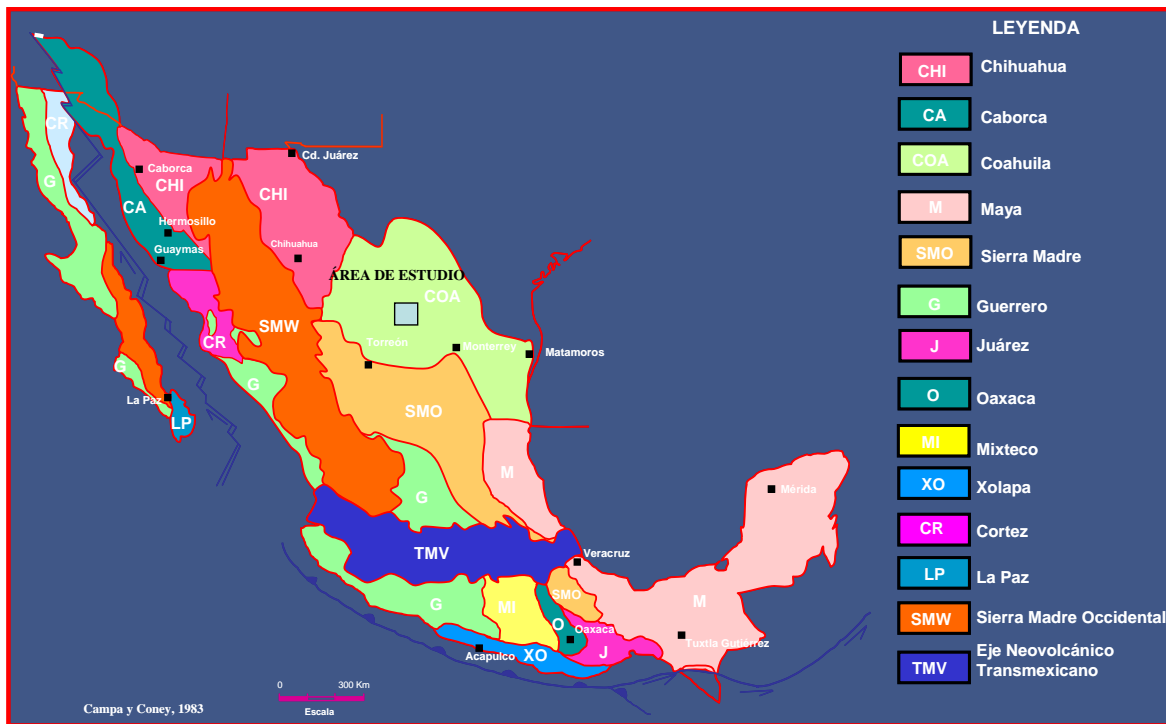


Figura No. IV.2.- Terrenos Tectono-Estratigráficos de México (Campa y Coney, 1983)

La evolución geológica en el valle está ligada a la tectónica de México y en sí, a la formación y evolución de los continentes. En el Precámbrico Tardío se inició la separación de los escudos Canadiense, Báltico y Africano, también llamada Paleoplaca Continental Báltica Canadiense-Africana, generando nuevo piso oceánico y formando el Proto-océano Atlántico, favoreciendo la depositación de sedimentos en los márgenes continentales desde el Cámbrico hasta el Pérmico.

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

De acuerdo a Campa y Coney (1983) quien se basó en un modelo tectónico concebido mediante el análisis de terrenos estratotectónicos, conjuntos tectónicos y la tectónica de placas, menciona que el este y sureste de México fué acrecionado contra el Cratón de América del Norte durante el Paleozoico tardío, el resultado fue el Cinturón Orogénico Ouachita-Marathon y su extensión en México. A la Orogenia Ouachita-Marathon que se continúa hacia el norte de México, se le identifican tres zonas diferentes de deformación.

La primera llamada zona interna, que es la de mayor deformación, en donde se originaron esquistos, gneisses, serpentinas, filitas, rocas ígneas intrusivas y extrusivas. La segunda sería la zona frontal que correspondería al frente orogénico y donde se formó la antifosa que posteriormente recibiría los depósitos flysh Pérmico - Triásico (?) y la tercera denominada zona de "Foreland" o miogeosinclinal con una deformación compresional moderada.

Estas zonas han sido reconocidas en México, la zona interna se piensa estén representadas por las formaciones Caopas y Rodeo en el Estado de Zacatecas, otras localidades corresponden a la sierra del Carmen al norte del estado de Coahuila, al noroeste de la Mina Puerto Rico (son 3 afloramientos). La edad absoluta determinada por el método K-Ar está entre 240 y 370 m.a. (Arias et. al, 1993), una localidad más se encuentra en la sierra del Fuste. **(Figura IV.3)**

En la zona frontal del Cinturón Ouachita-Marathon, se originó una cuenca intracratónica en el Centro de México, siendo esto la etapa prefinal del ciclo geotectónico depositándose en ésta, una secuencia flysh que se observa en la Serie Delicias (Formación Sardinas) fuera de la zona (Leyva, 1976).

La zona de foreland se localizaría posiblemente en las calizas de plataforma del Pensilvánico de la Serie Delicias (Formación Piloncillo) en la sierra de Acatita - Las Delicias (Vergara y Leyva, 1972). **(Figura No. IV.3)**

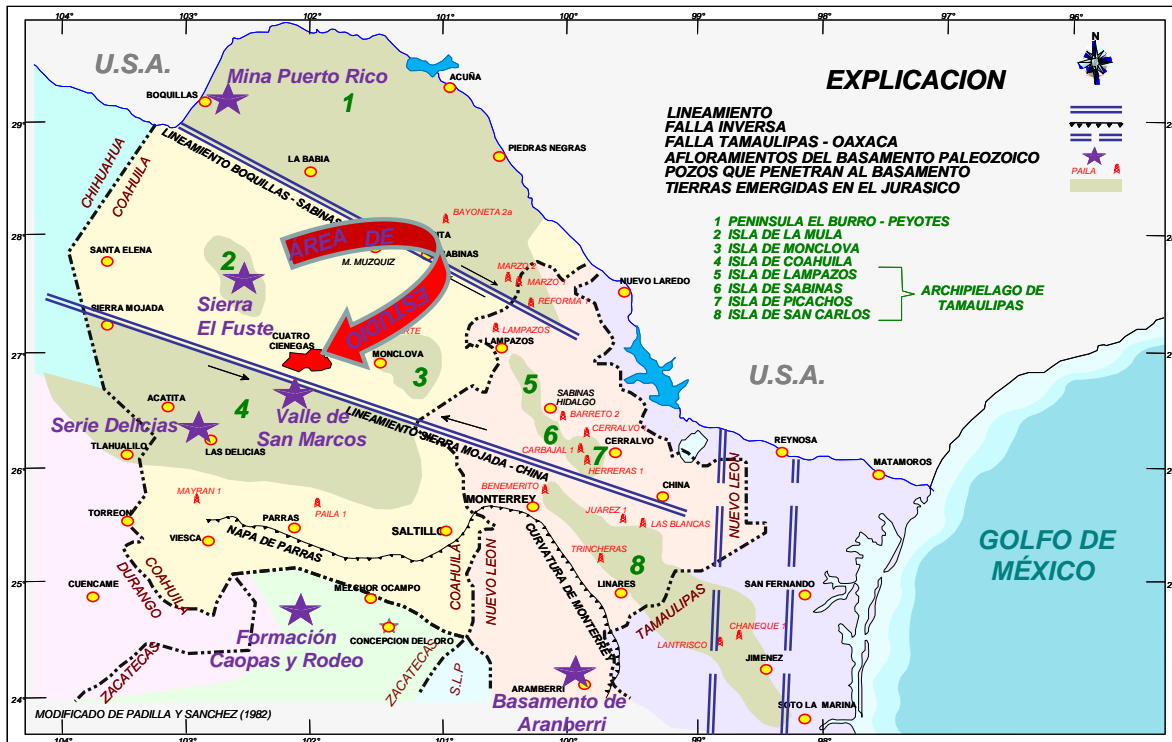


Figura No. IV.3.- Ilustración del Noreste de México mostrando la localización aproximada de: Paleogeografía, lineamientos y afloramientos del basamento en el Jurásico (Modificado de Padilla y Sánchez, 1982).

Para mediados del Triásico termina la Orogenia Apalachiana, dejando las rocas paleozoicas emergidas y plegadas. Para este tiempo el supercontinente formado (Pangea) se empieza a dividir nuevamente viajando América del Norte como la Placa Norteamericana, abriéndose el Océano Atlántico, el Golfo de México y el Paleocéano Caribeño. Debido al desplazamiento de la placa Norteamericana hacia el Oeste y la placa Farallón hacia el Este, el continente fue deformado por compresión principalmente en la costa occidental, originando el geoanticlinal Cordillerano.

En el Triásico Tardío-Jurásico Medio, se continúa separando América del Sur-África, y América del Norte, y el Atlántico Central y el Golfo de México siguen abriéndose al mismo tiempo, se formó un arco magmático a lo largo del margen pacífico desde el suroeste de E.U.A. hasta el noroeste de América del Sur (**Figura IV.4**). La discontinuidad Sonora-Mojave, que también se genera durante este tiempo, se interpreta como una falla transformante que cruzó México inició una

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

transgresión marina de traslape tipo terraza continental que cubrió a casi todo México durante el Cretácico.

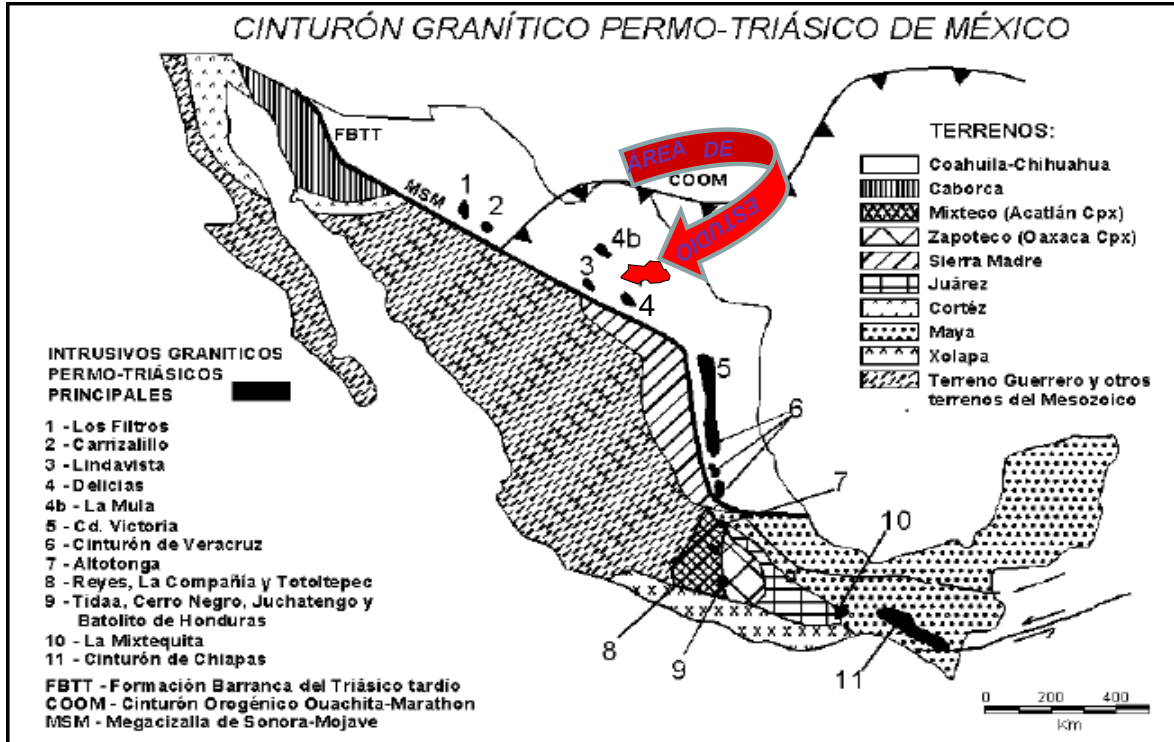


Figura No. IV.4.- Afloramientos del cinturón granítico permo-triásico de México que define al arco que existió en el borde oeste de Pangea (Torres et al., 1999). Nótese que se muestra la relación de este arco con respecto a la distribución de los terrenos tectónicos de acuerdo a Coney y Campa (1987).

El proceso de apertura en el Golfo de México terminó antes del Jurásico tardío. De igual forma concluyó el movimiento en la discontinuidad Sonora-Mojave (megashear). Todo esto parece coincidir con la acreción de los arcos submarinos contra América del Norte. Sin embargo la separación siguió en el Mar Atlántico y se supone que hubo un período de cambios en el régimen que finalmente separaron África de América del Sur, en el Atlántico Sur en el Cretácico Temprano.

La Orogenia Laramide que fué un evento masivo en toda la cordillera, incluyendo los Andes de América del Sur y las Antillas mayores en el Caribe, empezó en todas partes de México al finalizar el Cretácico, provocando un cambio notable en la polaridad de sedimentación en México y América del Sur representado por los flysch mexicanos. Según, Coney (1978), la deformación Laramide empezó con la acreción de los arcos submarinos contra los márgenes continentales pasivos. La

acreción fue seguida por un cambio de polaridad en la subducción, creando una fosa sobre el lado suroeste del arco.

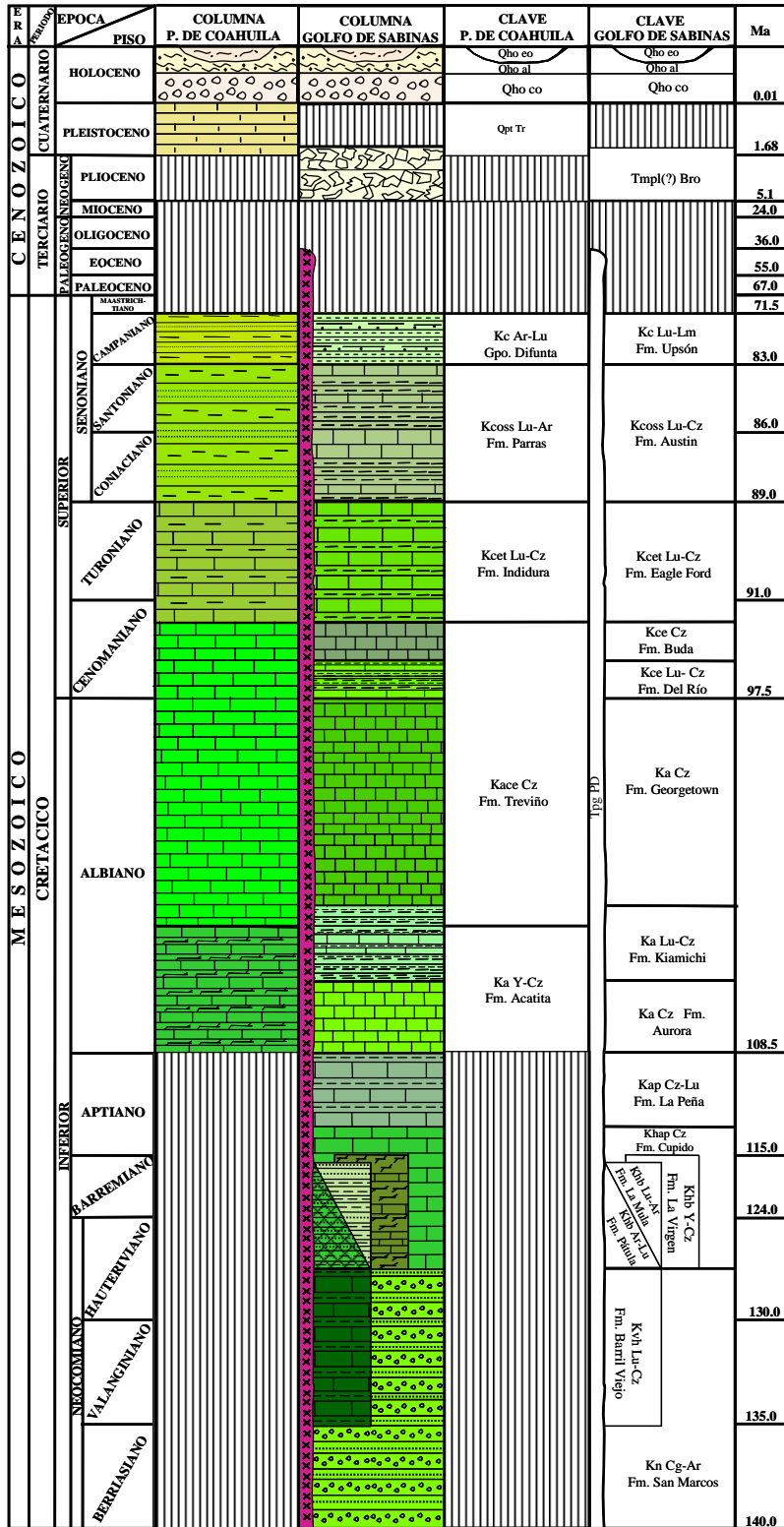
En el Caribe, el arco submarino entró en el espacio que continuaba abriéndose entre América del Norte y América del Sur. Parece ser que hubo dos fases, una al principio cuando quedó como un puente entre México y Venezuela, seguida por una segunda fase, cuando cambió su polaridad hacia el noreste y finalmente chocó con Florida y las Bahamas durante el Eoceno (Dickinson y Coney, 1980). Cuando chocó con América del Norte, en Florida, el arco desapareció. Por razones que no están claras, esta colisión coincidió con el fin de la Orogenia Laramide en toda la cordillera.

Durante la deformación Laramide hubo un desplazamiento hacia el este y noreste del arco magmático Laramide. En el caso de México, éste se inició cerca de la costa del Pacífico y finalmente llegó casi a la costa del Golfo de México. Al fin del Eoceno se detuvo y regresó al oeste, para construir, durante el Oligoceno-Mioceno, La Sierra Madre Occidental (Damon et., al. 1981).

IV.3.- Estratigrafía del Área de Estudio (Anexo No.1; Figura No. IV.5)

La base de la columna estratigráfica está constituida por una alternancia de arenisca conglomerática, con intercalaciones de lutita arenosa, que aflora en el núcleo del anticlinal de Barril Viejo, en la sierra La Purísima, y en la porción norte, sobre el anticlinal de Menchaca, la cual corresponde a la Formación San Marcos (Neocomiano). Esta unidad cambia lateralmente de facies a una secuencia constituida por lutita, limolita y caliza arenosa, que aflora en el núcleo del anticlinal de Barril Viejo, en la sierra de La Purísima, en la porción sureste del área, denominada Formación Barril Viejo del Valanginiano-Hauteriviano. La Formación Patula (Hauteriviano-Barremiano) sobreyace de manera concordante a la secuencia anterior. Está constituida por arenisca, conglomerado, lutita, arenisca conglomerática, lutita arenosa y limonita que en conjunto ha sido clasificada como

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.



SIMBOLOGÍA



No Depósito
o
No Aflora

Figura No. IV.5.- Columna estratigráfica del valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila (Inédito)

arcosa. Aflora en el núcleo del anticlinal de Barril Viejo, en la sierra La Purísima, en la porción sureste de la zona. La Formación La Mula (Imlay, 1940), que consiste predominantemente de lutita con arenisca, limolita intercalada con horizontes de arenisca, caliza, dolomía y calcarenita oolítica de edad Hauteriviano – Barremiano. Sobreyace transicionalmente a la Formación Pátula (Imlay, 1940), aflora de manera restringida al oriente de la sierra San Vicente y en el núcleo del anticlinal Los Bueyes, en la porción oriente del área. La Formación La Virgen sobreyace de manera nítida y concordante a la secuencia anterior. Está constituida por una secuencia de yeso, anhidrita y caliza del Hauteriviano-Barremiano, distribuida de manera restringida en el núcleo del anticlinal de Menchaca, en la porción norte del área de estudio.

De manera concordante, las formaciones San Marcos, Pátula, La Virgen y La Mula están cubiertas por caliza delgada y dolomía arenosa ocasionalmente oolítica, de la Formación Cupido (Hauteriviano superior-Aptiano inferior; Imlay, 1937). Aflora en la sierra La Purísima (Potrero Barril Viejo), sierra Agua Chiquita (Potrero de Agua Chiquita), sierra La Madera (anticlinal sierra La Madera) y sierra San Vicente (anticlinal San Vicente). Su contacto superior, con la Formación La Peña (Imlay, 1936) del Aptiano, es concordante, aflora ampliamente en las sierras de San Marcos y Pinos, La Purísima, Agua Chiquita, San Vicente, La Menchaca y La Madera., está constituida por calizas arcillosas de estratificación delgada en alternancia con lutitas calcáreas.

En contacto concordante sobreyace caliza fosilífera de estratificación media con nódulos de pedernal, las cuales afloran en gran parte del área. Pertenecen a la Formación Aurora (Burrows, 1910), la cual cambia transicionalmente de facies hacia caliza, caliza dolomítica y yesos pertenecientes a la Formación Acatita de edad Albiano (Humphrey, 1956). Aflora en las sierras de Los Alamitos y La Fragua. En concordancia sobre la Formación Aurora, se sobrepone la Formación Kiamichi (Hill, 1891), compuesta por una secuencia de lutita arcillosa que en su parte media presenta un miembro calcáreo de estratos medianos. Ésta formación

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

representa un cambio de facies de la cima de la Formación Acatita. Se le asigna una edad del Albiano.

Sobreyaciendo concordantemente aflora caliza y lutita de las formaciones que constituyen el grupo Washita (Georgetown, Del Río y Buda) (Humphrey, 1956). Se le asigna una edad del Albiano al Cenomaniano. Aflora en las porciones norte y oriente del área. Este grupo cambia lateralmente de facies, al occidente, sobre la sierra La Fragua a caliza de la Formación Treviño (Garza, 1973). Esta formación subyace concordantemente a lutita calcárea interestratificada con caliza arcillosa con contenido faunístico índice (*Inoceramus labiatus*), los cuales lo ubican en el Cenomaniano - Turoniano, pertenecen a la Formación Eagle Ford (Roemer, 1852) y en la parte poniente a la Formación Indidura. Transicionalmente está cubierta, en la porción occidental, por lutita calcárea de la Formación Parras (Imlay, 1936), que cambia lateralmente de facies, hacia el oriente, a lutita intercalada con caliza arcillosa de la Formación Austín (Shumard, 1860). La edad de estas formaciones, por posición estratigráfica, es Coniaciano-Santoniano.

Una serie de formaciones terrígenas se sobreponen concordante y transicionalmente entre sí, en el siguiente orden: lutita y margas del Campaniano, pertenecientes a la Formación Upson (Dumble 1892). En cambio lateral de facies, con la formación anterior, aflora arenisca y lutita de las formaciones basales de Grupo Difunta (Imlay, 1936).

Cortando a las rocas sedimentarias, antes descritas, se registra un evento ígneos intrusivos de probable edad Paleógeno, dando origen a diques y pequeños troncos de diorita, los cuales afloran en el sector oriente del área.

Para el Mioceno se depositó de forma discordante sobre toda la secuencia del Cretácico superior y como resultado de la erosión de las unidades sedimentarias, una brecha oligomítica (Tmpl(?)Bro), conformada por fragmentos de rocas calcáreas moderadamente consolidadas.

Para el Cuaternario, una serie de depósitos de travertino, coluvión, aluvión depósitos eólicos, cubren a toda la columna en la porción central de la zona.

IV.3.1.- Unidades Sedimentarias

Dentro de la zona de estudio, afloran las formaciones San Marcos, Barril Viejo, Pátula, La Mula, La Virgen, Cupido, La Peña, Aurora, Acatita, Kiamichi, Treviño, Georgetown, Del Río, Buda, Eagle Ford, Indidura, Austin, Upson, Parras y Grupo Difunta. Hacia el valle se encuentran depósitos de brechas, travertino, colusión, aluvión y sedimentos eólicos. En esta sección se reporta, con detalle, la definición, distribución, litología, relaciones estratigráficas, edad y correlación, y ambiente de depósito para cada una de ellas.

FORMACIÓN SAN MARCOS (Kn Cg-Ar) CONGLOMERADO-ARENISCA (Neocomiano)

Definición

Definida por Kane (en Imlay 1940). La localidad tipo se ubica en el potrero San Marcos, 30 kilómetros al Sureste de Cuatrociénegas, Coahuila. Originalmente Imlay (1940) la describe como: Arcosa "granítica" gruesa de color rojo, contiene cantos rodados de granito blanco pigmentado en color rojo de hasta 75 cm de diámetro. Posteriormente Santamaría et al. (1991) dice que en general puede dividirse en tres miembros: El inferior consiste de conglomerado arcósico u subarcósico con granos desde matatena pequeña hasta guijarros medios derivados de rocas ígneas intrusivas y sedimentarias, en estratos muy gruesos a gruesos, de color rojizo. Muestra relleno de canal y estratificación cruzada de gran escala. El miembro medio consta de arenisca (arcósica y subarcósica) de grano grueso, pobremente clasificadas, con granos angulosos, color rojizo, intercalados con subarcosa conglomerática. El miembro superior está formado por arenisca ligeramente conglomerática en estratos delgados a medios.

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

Distribución

Dentro de la zona de estudio ésta formación aflora de manera restringida, en el núcleo del anticlinal de Barril Viejo, en la sierra La Purísima, y en la porción norte, sobre el anticlinal de Menchaca.

Litología y espesor

De acuerdo a lo observado en campo, en una sección levantada en el flanco Este del cañón de San Marcos, en las inmediaciones de la loma El Cuervo, la Formación San Marcos se puede definir en tres miembros que, en general, muestran una tonalidad rojiza. El inferior consiste de conglomerado mal clasificado con clastos desde matatena, guijarros, gravas y arenas, derivados de rocas ígneas intrusivas y volcanosedimentarias, en estratos muy gruesos a gruesos, muestra relleno de canal y estratificación cruzada. El miembro medio consta de areniscas (arcosas y subarcosas) de grano grueso, pobremente clasificadas, con granos angulosos, intercaladas con horizontes conglomeráticos y un miembro superior constituido por limonitas conglomeráticas en estratos delgados a medios. El espesor medido en ésta localidad es de 802 m. **(Figura No. IV.6)**

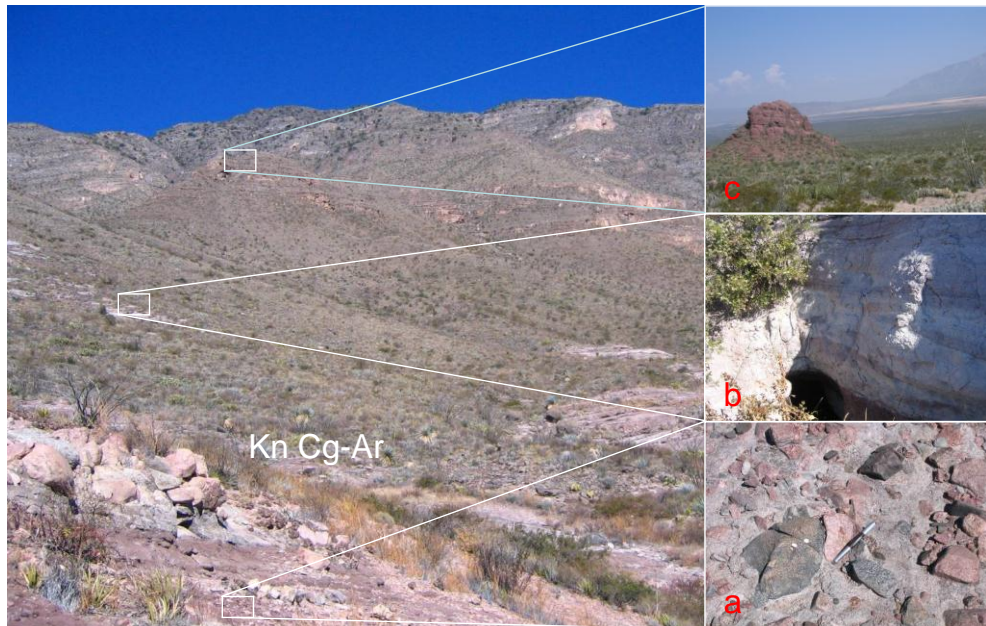


Figura No. IV.6.- Panorámica con detalle de la secuencia de conglomerado policlástico (a) hacia la base y areniscas (b) y limonitas (c) hacia la cima, correspondientes a la Formación San Marcos (Kn Cg-Ar).

Relaciones estratigráficas

Dentro de la zona, su contacto inferior no se pudo observar. Sin embargo, fuera del área, en el cañón de San Marcos, el contacto es transicional con las capas jurásicas de Tanque Cuatro Palmas (Mckee *et al.*, 1990). Su contacto superior es nítido y concordante con la Formación Barril Viejo en la sierra la Purísima, mientras que en el cañón de San Marcos se da de igual forma con la Formación Cupido y tectónico con la Formación Acatita. En el potrero de La Mula subyace a la Formación La Virgen.

Edad y correlación

Presenta un amplio intervalo de edad, que varía de acuerdo a su ambiente de depósito. Imlay, 1940; Imlay, 1944, menciona una edad del Valanginiano superior y Huateriviano inferior (ambas edades por posición estratigráfica). Cerca de la línea de costa presenta edades que van desde el Neocomiano hasta la base del Aptiano (Charleston, 1973), disminuyendo el intervalo de tiempo que abarca, en función de su acuñaamiento hacia el Golfo de Sabinas, dando lugar a la depositación de sus equivalentes mediante cambios de facie lateral con las formaciones Barril Viejo, Pátula, La Mula, La Virgen, Padilla y Menchaca.

Ambiente de depósito

Su litología, la pobre clasificación de sus sedimentos, la ausencia de fósiles y la alta oxidación que presenta, hace suponer que se depositó en un medio costero oxidante, con un gran aporte de sedimentos terrígenos, cuya transportación fue corta y rápida desde su origen hasta su depositación marina (Humprey y Díaz 1956). Continental – Litoral Somero (Charleston, 1973), depósitos de planicies aluviales y fluvial, desarrollados en una cuenca cratónica (Santamaría *et al.*, 1991).

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

FORMACIÓN BARRIL VIEJO (Kvh Lu-Cz) LUTITA-CALIZA (Valanginiano-Hauteriviano)

Definición

Es uno de los términos propuestos por William G. Kane y citado por Imlay, 1940, a una alternancia de lutitas y calizas, cuya localidad tipo se localiza en la parte central del Potrero de Barril Viejo, situado a 40 Km aproximadamente al sureste de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

Distribución

Dentro de la zona de estudio, la Formación Barril Viejo ha sido reconocida únicamente mediante un afloramiento que se encuentra en el núcleo del anticlinal de Barril Viejo, en la sierra de La Purísima, en la porción sureste del área.

Litología y espesor

Consiste de lutitas de color gris y café con tonalidades verdosas, limolitas, margas y calcarenitas, también contiene algunas areniscas arcósicas, calizas dolomitizadas y algunas lutitas carbonosas. En su localidad tipo se observa un espesor total de 135 metros y en la sierra La Gavia en una sección incompleta se midieron 210 metros. **(Figura No. IV.7)**

Relaciones estratigráficas

En el Potrero de Barril Viejo, el contacto inferior con la Formación San Marcos es concordante, mientras que el contacto superior con la Formación Pátula es transicional.



Figura No. IV.7.- Afloramiento de lutita, caliza, limolitas, margas, calcarenitas y algunas areniscas, de color gris y café con tonalidades verdosas de la Formación Barril Viejo (Kvh Lu-Cz).

Edad y correlación

Por su contenido faunístico, representado por *Leopoldía* y *Acanthodiscus* y *Leopoldía Victoriensis* se le asigna una edad del Valanginiano - Hauteriviano temprano. Es correlacionable al miembro superior de la Formación Taraises.

Ambiente de depósito

De acuerdo a la asociación faunística y su litología, se infiere que esta unidad fue depositada en un medio marino de litoral o de margen sujeto a los efectos de las olas y corrientes.

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

FORMACIÓN PATULA (Kbev Ar-Lu) ARENISCA-LUTITA (Hauteriviano-Barremiano)

Definición

Definida por Kane (en Imlay, 1940). Este nombre se aplica a un cuerpo de gran espesor de rocas sedimentarias clásticas de tipo arcosa y lutita roja que afloran en el Potrero de Patula de la sierra de la Gavia, justo al noroeste de La Muralla en el cruce de la carretera que une a Saltillo y Monclova, a 65 kilómetros hacia el sur de Monclova y 95 kilómetros al sureste de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

Distribución

Dentro de la zona de estudio, ésta formación aflora de manera restringida, en el núcleo del anticlinal de Barril Viejo, en la sierra La Purísima, situada en la porción sureste de la zona.

Litología y espesor

En su mayor parte, la Formación Patula está constituida por areniscas, conglomerados, lutitas, areniscas conglomeraticas, lutita arenosa y limonitas que en conjunto se puede clasificar como arcosa. En la localidad tipo el espesor medido fue de 535 metros. **(Figura No. IV.8)**

Relaciones estratigráficas

En la localidad tipo la Formación Pátula subyace a la caliza de la Formación Cupido y sobreyace a las lutitas, limolitas y calizas dolomíticas de la Formación Barril Viejo. Ambos contactos son transicionales. En la sierra La Purísima ésta formación subyace a la Formación Cupido y sobreyace a la Formación Barril Viejo.



Figura No. IV.8.- Afloramiento de arenisca arcósica de la Formación Pátula (Khb Ar-Lu).

Edad y correlación

Inicialmente, la edad determinada para esta unidad fue de Aptiano inferior. Posteriormente, Imlay (1944) determinó que la Arcosa Patula es del Berriasiano – Valanginiano y Humphrey y Díaz (1956) le asignaron una edad de Hauteriviano Tardío y Barremiano Temprano. Se correlaciona con las formaciones San Marcos, Padilla y La Mula.

Ambiente de depósito

Por las características litológicas y texturales que presenta, la Arcosa Pátula se depositó en un dominio nerítico, con un gran aporte de sedimentos transportados y depositados sobre la plataforma por las corrientes marinas formando un medio deltáico progradante y la presencia de canales submarinos con depósito de conglomerados hacia la cuenca (Charleston, 1973).

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciéneas, Coahuila, México.

FORMACIÓN LA MULA (Kh Lu-Ar) LUTITAS ARENISCAS (Hauteriviano-Barremiano)

Definición

El término "lutitas La Mula" fue propuesto inicialmente por Kane (Imlay, 1940). Humphrey y Díaz (1956) cambiaron este término al nombre general Formación La Mula para una unidad constituida principalmente por lutita y lutita arenosa, con menores cantidades de arenisca (arcósica gris-rosáceo y de grano grueso color rojizo oscuro-ocre), caliza, dolomía y calcarenita. La lutita es frecuentemente policroma, deleznable a fisil; forma puertos de erosión característicos. Posteriormente, PEMEX (1988b), indica que la base de la Formación La Mula está constituida por microdolomías de color gris verdoso, intercaladas en ocasiones con capas de grainstone arenoso; hacia la parte superior gradúa a sedimentos calcáreo y calcáreo arcillosos. Son frecuentes las intercalaciones de horizontes de anhidrita en toda la formación. Finalmente Santamaría et al. (1991), la describen como una secuencia predominantemente de lutita en la base, que gradúa en forma paulatina hacia la parte superior a caliza arcillosa. En su base se observan capas de microdolomías de color gris verdoso y rojizo. Normalmente existen en toda la secuencia horizontes de anhidrita y yeso. Su localidad tipo queda situada en el Potrero de La Mula a 20 Km al NNW de Ocampo, Coahuila.

Distribución

Regionalmente se distribuye en el Estado de Coahuila. En el subsuelo se distribuye en La Cuenca de Sabinas, cerca de su borde noroccidental (Santamaría et al., 1991). Dentro de la zona de estudio se encuentra distribuida en la porción oriente de la sierra San Vicente y en el núcleo del anticlinal Los Bueyes, en la porción oriente del área.

Litología y espesor

Esta unidad consiste principalmente de lutitas y microdolomías hacia su base, en menor proporción areniscas y limonitas. Su parte superior está constituida de lutitas rojas, arenosas y micáceas, con algunas intercalaciones de areniscas conglomeráticas y calizas arcillosas de color gris (**Figura No. IV.9**). Normalmente en toda la secuencia, se presentan horizontes de anhidrita y yeso. Tiene espesores de 95 m en su localidad tipo, 180 m en el Potrero de Padilla, 244 m en el Potrero Menchaca, 760 m en el Potrero de Oballos y 160 m en la Sierra de la Gavia (Humphrey y Díaz, 1956). Según Santamaría et al., (1991) sus espesores son: mínimo 100m, máximo 410 y promedio 300 m.



Figura No. IV.9.- Secuencia de lutita, arenisca conglomerática y limolita de la Formación La Mula (Khb Lu-Ar)

Relaciones estratigráficas

En el Potrero de Agua Chiquita, la Formación La Mula subyace a la Formación Cupido y sobreyace a la Formación Padilla. En la sierra La Gavia (La Muralla), ésta unidad subyace a la Formación Cupido y sobreyace a la Formación Patula y en el Potrero de Menchaca, sobreyace a la Formación Padilla y sobyace a los yesos y calizas de la Formación La Virgen (Humphrey y Díaz 1956; Charleston, 1973).

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

Edad y correlación

Por su posición estratigráfica se le considera una edad de la parte superior del Hauteriviano al Barremiano. Se correlaciona con la parte inferior de la Formación Cupido de la Sierra Madre Oriental, los yesos y calizas de la Formación La Virgen y los sedimentos clásticos de la Formación Pátula.

Ambiente de depósito

El carácter arcilloso de esta unidad denota que estos sedimentos se depositaron en ambientes de sabkha con gran flujo de terrígenos (generalmente finos), derivados de los elementos emergidos adyacentes (Isla de la Mula). Posteriormente, estas condiciones cambiaron y el aporte de terrígenos decreció considerablemente, propiciando el depósito de rocas calcáreas de ambientes de aguas someras y lagunares.

FORMACIÓN LA VIRGEN (KhbY-Cz) YESO – CALIZA (Hauteriviano-Barremiano)

Definición

Esta formación fue definida por Humphrey y Díaz (1956) y está constituida por una alternancia de capas de yeso granular con caliza fosilífera color gris, cuya característica principal, es el color amarillento por intemperismo y la presencia de cavidades observándose en la sección Potreros de Berrendo y Padilla, el yeso muestra coloraciones de gris a café amarillento; también contiene lutita en menor proporción. Eguiluz de Antuñano (2001) menciona que dicha unidad se divide en cinco paquetes, los tres primeros consisten de carbonatos dolomíticos separados por dos paquetes evaporíticos, la dolomita contiene de 6 a 8% de porosidad y la fase evaporítica tiene una superficie de roca potencial. Por su parte, CNA (2002) documenta la presencia de lentes de limolita, lutita y arcilla de colores café a gris,

con horizontes de caliza fosilífera con bivalvos y que, algunas son oolíticas con abundantes pellets, alternando con el yeso. Por otro lado, en el cañón de La Alameda, consiste de una alternancia de capas delgadas de caliza mudstone a packstone con fragmentos de conchas y horizontes de dolomía (Santiago et al., 2002). También contiene pedernal negro y desarrollo de líneas estilolíticas (Martínez R e Izaguirre R, 1996). Su localidad tipo se ubica en el Potrero de la Virgen en la sierra Las Ovejas, aproximadamente a 10 Km al noreste de Cuatro Ciénegas, Coah. Estos sedimentos habían sido reportados anteriormente en el Potrero de Menchaca (Imlay, 1940), considerando que los yesos expuestos eran equivalentes al miembro inferior de la Formación La Peña, de la sierra de Parras.

Distribución

En Coahuila, se observan en el Potrero de La Virgen, Potrero de Menchaca, Potrero de Padilla, Potrero de la Mula, Potrero de Berrendo y Sierra del Chapulin (Humphrey y Díaz, 1956 en Humphrey y Díaz, 2003) Dentro del área de estudio, está distribuida de manera restringida en el núcleo del anticlinal de Menchaca, en la porción norte del área de estudio.

Litología y espesor

De forma general, dentro del área de estudio se le puede dividir en tres unidades: una unidad inferior constituida por una alternancia de capas delgadas de yeso y caliza con fragmentos de conchas; una unidad intermedia predominantemente calcárea, constituida de caliza con fragmentos de molusco, grano medio a grueso y estratificación gruesa intercalada con horizontes de yeso y una unidad superior conformada predominantemente de yeso. El espesor de esta formación es muy variable, de acuerdo a su ambiente de depósito, ya que mientras que en el Potrero de la Virgen alcanza hasta 1,300 m; en el Potrero de la Mula sólo presenta 900 m; En el Fuste se han reportado 750 m y en la sierra de Padilla se determinaron 650 m.

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciéneas, Coahuila, México.

Relaciones estratigráficas

Su contacto inferior es nítido y concordante con la Formación La Mula y su contacto superior se da de forma similar con la Formación Cupido. **(Figura No. IV.10)**

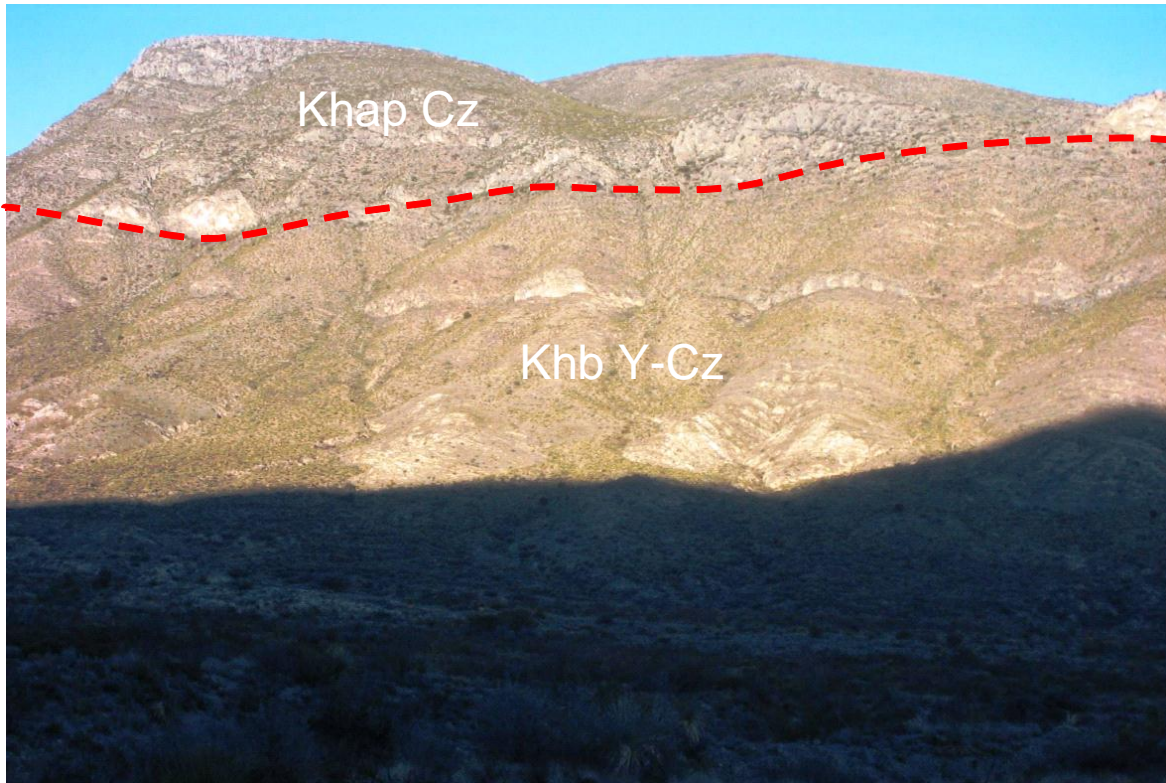


Figura No. IV.10.- Panorámica de calizas con intercalación de yeso de la Formación La Virgen (Khb Y-Cz), en contacto nítido con la Formación Cupido (Khap Cz).

Edad y correlación

La Formación La Virgen es más joven en Coahuila que hacia el estado de Chihuahua y transgrede la línea del tiempo. De acuerdo a su posición estratigráfica, se considera del Hauteriviano Tardío - Barremiano. Se correlaciona con la Formación Cuchillo de Chihuahua, con las formaciones Cupido y La Mula de Coahuila y con las formaciones Navarrete y el Complejo Oolítico Concordia de la Cuenca de Chihuahua. También puede ser correlacionable con la Formación Las Vigas o bien puede estar suprayaciéndola.

Ambiente de depósito

Los sedimentos de la Formación La Virgen presentan una secuencia de ciclos de sabhka, los cuales progradaron sobre lagunas de circulación restringida, en un ambiente sedimentario marino transicional de plataforma a lagunar, en una zona distensiva o cuenca intracontinental.

FORMACIÓN CUPIDO (Khap Cz) CALIZA (Hauteriviano-Aptiano)

Definición

Fue propuesta por Imlay (1937) para una secuencia de capas gruesas, medianas y delgadas de caliza gris, predominando las capas medianas, contiene concreciones de pirita y pedernal expuestas en la porción media de la sierra de Parras. La localidad tipo fue designado en la pared norte del cañón del Mimbres, aproximadamente a 60 Km., al sureste de Parras, Coahuila. Sin embargo, Humphrey y Díaz (1956) consideraron que la parte inferior calcárea de la Formación La Peña, definida por Imlay (1936), corresponde a la Formación Cupido y se restringe a la Formación La Peña a la secuencia calcáreo-arcillosa definida por la presencia de la *Amonita Dufrenoya*. Contiene capas con concreciones de pirita, una gran cantidad de nódulos y lentes de pedernal gris, que van siendo más abundantes hacia las capas superiores, algunos nódulos están compuestos de caliza macrocristalina, la unidad es homogénea y contiene algunas capas de limolita calcárea (Rogers et al., 1957).

Distribución

Dentro del área está expuesta en la sierra La Purísima (Potrero Barril Viejo), sierra Agua Chiquita (Potrero de Agua Chiquita), sierra La Madera (anticlinal sierra La Madera) y sierra San Vicente (anticlinal San Vicente).

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

Litología y espesor

La Formación Cupido consiste predominantemente de caliza de estratos gruesos a masivos, de color gris con tonalidades claras a oscuras, con nódulos y lentes de pedernal, concreciones de pirita-hematita y líneas estilolíticas. Sin embargo presenta tres facies bien determinadas: de plataforma, arrecifal y pelágica (Zwanziger, 1976, en Barbosa L. D., *et al*, 1997). Dichas facies se subdividen en una serie de subfacies formando un complejo sedimentario desde un dominio costero hasta uno de cuenca (Charleston, 1973). En la parte noroeste de la sierra Purísima presenta una serie de calizas oolíticas dolomitizadas, pasando a wackestone y mudstone con un desarrollo arrecifal biohermal (rudistas) de extensión limitada. En la sierra de San Marcos y Pinos, consiste de una secuencia de estratos delgados a medios de dolomías arenosas, asociados con algas, estromatolitos y grainstone oolítico, y en su parte superior consiste de estratos medianos a gruesos de textura mudstone y wackstone (**Figura No. IV.11**).



Figura No. IV.11.- Secuencia de caliza gris oscuro, estratificación mediana a gruesa con nódulos de pedernal, fosilífera presentando líneas estilolíticas paralelas a la estratificación, intercaladas con horizontes de dolomía, correspondientes a la Formación Cupido (Khap Cz). Sierra la Madera.

El espesor de la Formación Cupido es variable y depende de su ambiente de depósito, en la sierra San Marcos y Pinos se midió un espesor de 150 m., en el Potrero de Barril Viejo, se midió 105 m. de espesor, en la sierra de Pájaros Azules el espesor reportado es de 885 m. y en la sierra La Gavia (La Muralla) se reportó 370 m. (Humphrey, 1956).

Relaciones estratigráficas

En la sierra San Marcos y Pinos el contacto inferior de la Formación Cupido es nítido y concordante con los sedimentos clásticos de la Formación San Marcos, en el Potrero de Barril Viejo ésta formación sobreyace a la Formación Pátula, en la sierra La Gavia y el Potrero de Agua Chiquita sobreyace a la Formación La Mula, en todos los casos el contacto superior es nítido y concordante con la Formación La Peña.

Edad y correlación

Por su contenido faunístico y posición estratigráfica se le asigna una edad del Hauteriviano superior - Aptiano inferior. Se correlaciona en tiempo con las formaciones Tamaulipas Inferior de la Cuenca Tampico-Misantla, Santuario de la cuenca de Zimapán, Guaxcamá de la Plataforma Valles-San Luis Potosí, Fresnillo de la Cuenca del Centro de México, San Marcos, La Mula, La Virgen y Pátula en el Golfo de Sabinas.

Ambiente de depósito

Representa tres facies principales: lagunar, arrecifal y de pre-arrecife (PEMEX, 1988b). La plataforma Cupido al sur de la sierra de Parras tiene la morfología de una plataforma con bajo relieve y margen de barrera costera; cerca de Monterrey, Nuevo León; está dominada por arrecifes de rudistas con estromatoporoideos y corales, dicho margen arrecifal hacia la parte oriental estaba en contacto con el

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

mar abierto del Golfo de México. El margen sur se orientó perpendicular al Golfo de México; hacia el margen poniente con el bloque de Coahuila se depositaron carbonatos mezclados con limolita y arenisca derivadas del basamento expuesto (Lehman et al., 1999). La parte superior de la Caliza Cupido representa sistemas sedimentarios de una plataforma carbonatada que existió durante la transición Barremiano-Aptiano (Barragán, 2004).

FORMACIÓN LA PEÑA (Kap Cz-Lu) CALIZA-LUTITA (Aptiano)

Definición

Imlay (1936) fue quien propuso el término para definir dos miembros, el inferior constituido por sedimentos calcáreos y el superior arcilloso-calcáreo que se encuentran entre las formaciones Cupido (abajo) y Aurora (arriba). Después Humphrey, (1949) sugirió sólo se usara este nombre para la parte superior de esta unidad, Posteriormente Humphrey y Díaz, (1956) restringen a esta formación como un quiebre arcilloso-calcáreo fosilífero (*Dufrenoya Justinae*). Su localidad tipo se ubica en el flanco norte de la sierra de Taraises, a 4.8 Km al sureste de la Hacienda la Peña y a 40 Km. al SW de Parras, Coah., en la porción sur del estado de Coahuila.

Distribución

La Formación La Peña se encuentra ampliamente distribuida en el noreste de México, la cual es utilizada como un excelente horizonte estratigráfico índice debido a su homogeneidad litológica y a su contenido faunístico, principalmente amonites de la especie *Dufrenoyia* sp. (Lehmann et al., 1999). En el área se encuentra ampliamente expuesta en las sierras de San Marcos y Pinos, La Purísima, Agua Chiquita, San Vicente, La Menchaca y La Madera. **(Figura No. IV.12).**

Litología y espesor

En general, está constituida por una secuencia de caliza, marga y calizas arcillosas de color gris oscuro y café, con bandas de pedernal negro y algunas concreciones de hematita. Imlay (1936) dividió a esta formación en dos miembros y más tarde Humphrey (1949) restringió la definición, incluyendo únicamente la secuencia alternante de marga y caliza arcillosa al miembro superior descrito por Imlay (1936) donde los estratos en general van de delgados a laminares. Esta formación en su parte superior es sumamente fosilífera, distinguiéndose la amonita *Dufrenoya justinae*, además de abundantes pelecípodos y gasterópodos. El espesor es variable, en la sierra San Marcos y Pinos mide 30 metros, 26 metros en el Potrero Barril Viejo y en la sierra La Gavia presenta 40 metros. Humphrey, (1956).

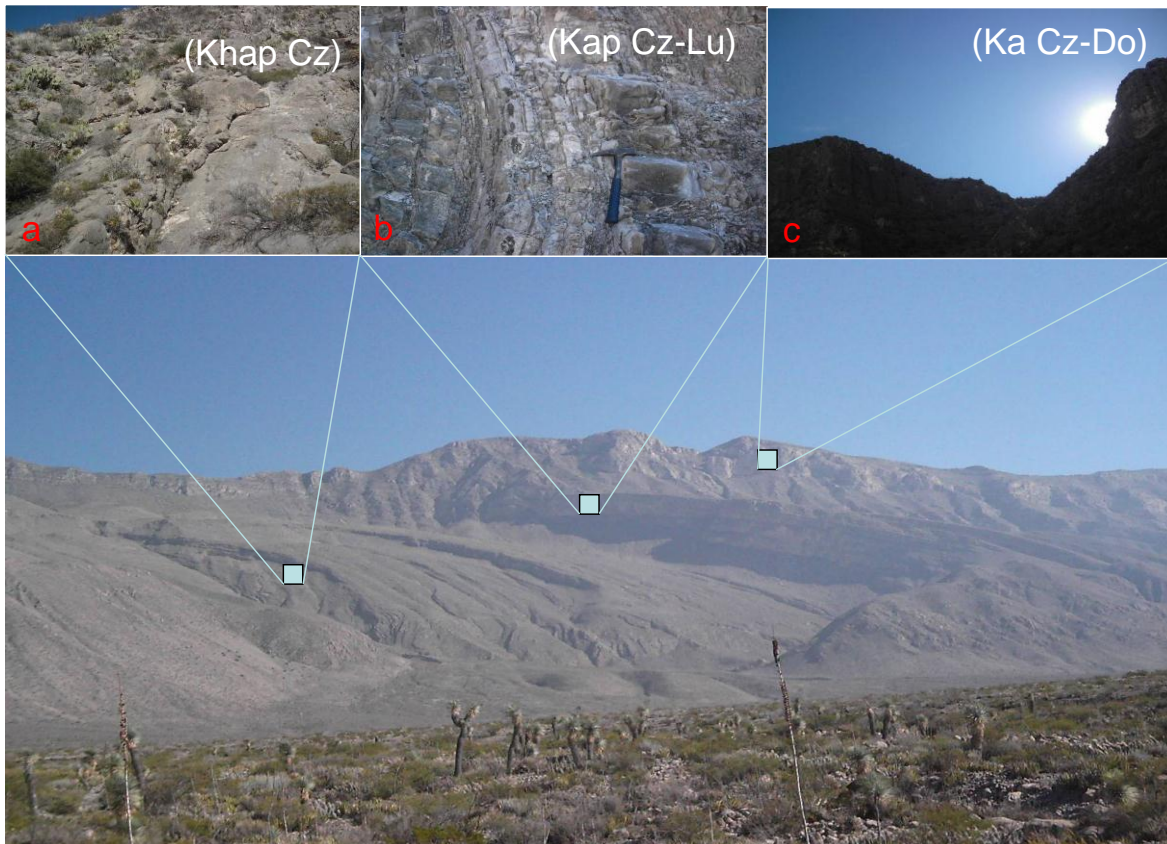


Figura No. IV.12.- Panorámica con detalle de la secuencia estratigráfica en la Sierra La Madera (a) caliza masiva de la Formación Cupido (Khap Cz), (b) alternancia de caliza y lutita de la Formación La Peña (Kap Cz-Lu), (c) caliza masiva de la Formación Aurora (Ka Cz-Do).

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

Relaciones estratigráficas

Su contacto inferior es nítido y concordante con la Formación Cupido. Su contacto superior es de igual forma, con la Formación Aurora (**Figura No. IV.12**). En el norte de México se ha reportado el contacto inferior en forma discordante con la Formación La Virgen. Sin embargo, esto no fue corroborado durante el presente estudio.

Edad y correlación

Por su contenido faunístico y posición estratigráfica, se le asigna una edad del Aptiano superior. Se correlaciona con las formaciones Otates de la Cuenca Tampico-Misantla, Ahuacatlán de la región de Xilitla, San Luis Potosí, Pearsal del sur de Estados Unidos, Plateros de la región de Zacatecas y Guaxcamá de la Plataforma Valles-San Luis Potosí y Las Uvas en la Plataforma de Coahuila.

Ambiente de depósito

De acuerdo a las características litológicas y contenido fosilífero, estos sedimentos arcillosos indican la máxima transgresión marina que se inició durante el Jurásico superior y que cubrió totalmente los elementos positivos. Esta formación se depositó en un medio de plataforma homogénea y cuenca con sedimentación pelágica y terrígena en aguas no muy profundas. Humphrey y Díaz, (1956). En base a su fauna y litología el ambiente de depósito es considerado generalmente como de aguas profundas de una zona batial a epibatial. Sin embargo, variaciones laterales debido a la distribución paleogeográfica de las diversas estructuras paleogeográficas del Cretácico Temprano que fueron transgredidas durante este tiempo, como la Isla de Coahuila al norte (González-Sánchez et al., 2007) y la incipiente Plataforma Valles-San Luis Potosí al sur-sureste (López-Doncel y Navarro-Moctezuma, 2007), permiten atribuirle un ambiente pericontinental de menor profundidad y con mayor influencia detrítica continental.

FORMACIÓN AURORA (Ka Cz) CALIZA (Albiano)

Definición

El término Formación Aurora fue introducido por Burrows (1910), para una secuencia predominantemente calcárea expuesta en la sierra de Cuchillo Parado, Chihuahua. Posteriormente Humphrey y Díaz, (1956), propusieron incluir dentro de este término formacional a todas las facies calcáreas del Noreste de México, comprendidas entre la Formación La Peña y sus equivalentes abajo, y la Formación Cuesta del Cura con sus equivalentes Kiamichi y el Grupo Washita arriba. PEMEX (1988b), considera que la caliza es de tipo wackestone – packestone y grainstone en estratos masivos, con macrofauna de rudistas (caprínidos y toucasias) y microfauna de miliólidos, así como fragmentos de algas. Su localidad tipo se ubica en la sierra de Cuchillo Parado, cerca de la Mina Aurora, a 4.8 km del asentamiento de Cuchillo Parado, Chihuahua (Humphrey yDíaz, 1956).

Distribución

Esta formación está ampliamente distribuida en todo el Noreste de México. En el área de estudio conforma la mayor parte de las sierras de San Marcos y Pinos, La Purísima, Agua Chiquita, San Vicente, La Menchaca y La Madera.

Litología y espesor

En general, está representada por calizas de grano fino de color gris con tonalidades oscuras, cremosas y azulosas, de estratificación mediana a masiva, fosilíferas y con líneas estilolíticas (**Figura No. IV.13**). Presenta además nódulos de pedernal negro y café. El concepto original del término Aurora con el tiempo experimentó fuertes deformaciones y, a criterio de cada autor se fue utilizando indiscriminadamente, sin apearse al concepto original de Burrows (1910). Su

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

espesor observado en la sierra La Gavia es de 505 m, de 300 a 600 m en la sierra de San Marcos y Pinos, en el Potrero de Barril Viejo 480 a 625 m y en la sierra de la Purísima 550 m, y finalmente en el Potrero de la Mula hasta 1,100 m.



Figura No. IV.13.- Panorámica de la secuencia de calizas masivas de la Formación Aurora (Ka Cz-Do).

Relaciones estratigráficas

En el Golfo de Sabinas, el contacto superior es nítido y concordante con la Formación Kiamichi y en la cuenca de México se da de igual manera con la Formación Cuesta del Cura. En ambos casos, el contacto inferior es nítido y concordante con la Formación La Peña.

Edad y correlación

Por su contenido de *Orbitolina texana* (Roemer), reportada en la base de la unidad (*Dicyclina schlumbergeri*, *Dictyoconus sp*, *Oxytropidoceras sp.*, *Lunatia sp.*, *Orbitolina sp*, *Colomiella recta* y *Colomiella mexicana*), se le asigna una edad del Albiano Inferior, Medio al Superior (PEMEX, 1988b), *Enallaster cf Böse brensis*,

Ostrea carinata Lamarck (Humphrey y Díaz, 1956), La presencia de *Pithonella ovalis*, *Stomiosphera sphaerica*, *Calcispherula walnutensis*, indican una edad del Albiano Tardío (Montañez C et al., 2000). Se correlaciona con la Formación Acatita en la Plataforma de Coahuila, Cuesta del Cura, Cerro Gordo y Fortuna de la Cuenca del Centro de México; El Abra y Tamabra de la Plataforma Valles-San Luis Potosí; Finlay, Coyame, El Bronce, Glen Rose, Benigno y Walnut de la Cuenca de Chihuahua; Tamaulipas Superior de la Cuenca Tampico - Misantla; Orizaba de la Plataforma de Córdoba; Morelos de la Plataforma Guerrero-Morelos y Sierra Madre de las Plataformas carbonatadas del sureste de México. La Formación Aurora en la Cuenca de Chihuahua adquiere la categoría de Grupo Aurora y se subdivide en cuatro unidades principales que son: Coyame, Benigno, El Bronce y Finlay, cada una con características propias de una formación.

Ambiente de depósito

Por su litología y contenido faunístico antes descrito, se sugiere un depósito en facies de plataforma somera.

FORMACIÓN ACATITA (KaCz-Y) CALIZA-YESO (Albiano)

Definición

El término Formación Acatita fue propuesto por Humphrey (1956) y Humphrey y Díaz (1956), como una unidad sedimentaria de facies lagunar, que ocurre sobre un área considerable del Sur - Centro de Coahuila y Noreste de Durango. Litológicamente está constituida por caliza dolomítica, dolomía y yeso, son comunes en la caliza depósitos de pedernal en forma de nódulos y lentes elongados, se observa predominancia de yeso (Garza, 1973). La localidad tipo fue designada al suroeste y frente a la sierra de Acatita, entre el cañón Grande y Las Uvas, Coahuila. La sección tipo, se considera la medida por Kelly (1936) justamente al oriente del cañón de Pezuña, aproximadamente a 3 Km del rancho Acatita.

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciéneas, Coahuila, México.

Distribución

Su distribución se restringe a la Plataforma de Coahuila. Dentro del área de estudio aflora ampliamente en la sierra La Fragua, en la porción suroeste.

Litología y espesor

Está constituida por estratos de color gris con tonalidad oscura de mudstone - wackestone, mudstone dolomitizado, dolomía y yeso, con cantidades subordinadas de pedernal en forma de nódulos y lentes. En general, se observa la predominancia de yeso en los escarpes de las sierras (**Figura No. IV.14**). El espesor reportado para esta unidad es variable y oscila entre 150 a 350 m.

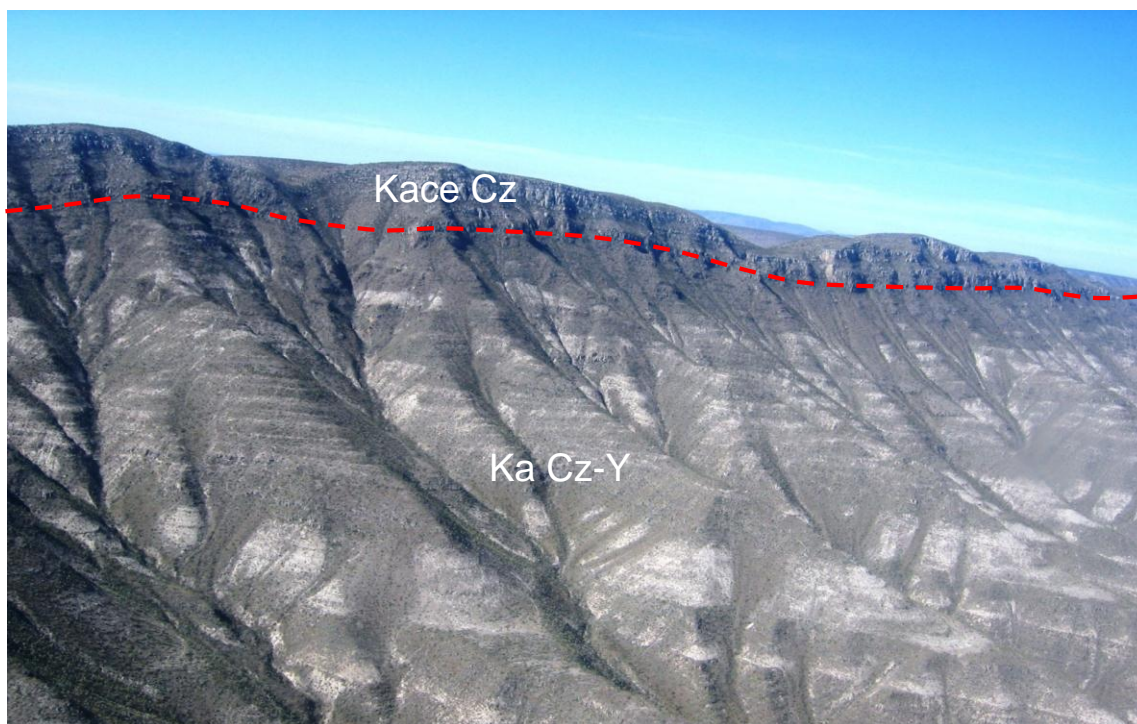


Figura No. IV.14.- Panorámica de la secuencia evaporítica de la Formación Acatita (Ka Cz-Y) en contacto transicional con la Formación Treviño (Kace Cz).

Relaciones estratigráficas

Sobreyace a la Formación Las Uvas y subyace a la Formación Treviño, ambos contactos se presentan concordantes. En la sierra El Granizo, el contacto de la Formación Acatita y la Formación San Marcos es tectónico.

Edad y correlación

De acuerdo a su posición estratigráfica y contenido fósil *Orbitolina texana* (Roemer, 1852) se le asigna una edad del Albiano Inferior Medio. Se correlaciona, hacia el norte con la Formación Glen Rose y con el Grupo Fredericksburgh, del centro de Texas, con el alineamiento arrecifal de la Formación Biseca (Garza, 1972), también es equivalente a la parte superior de la Formación Aurora del noreste de México (Humphrey, 1956).

Ambiente de depósito

Las calizas dolomitizadas y yesos de esta formación indican un ambiente de depósito en lagunas marginadas de aguas someras, aunado a una intensa evaporación y una lenta subsidencia de basamento. Bose, en Barbosa L.D., et. al 1998 opina que los yesos se depositaron en facies lagunares, cercanas a la línea de costa (en forma de sabkhas). La presencia de selenita, además de otras evaporitas que fueron depositadas por alta concentración de sales, así como su amplia distribución y la ausencia de material terrígeno, indica una amplia plataforma resguardada por arrecifes hacia sus bordes y una restringida e intermitente circulación de aguas marinas. La evaporación superaba el aporte de aguas, y es posible pensar que existió una inestabilidad marina manifestada por el depósito de caliza dolomitizada, que durante los periodos en que las aguas de mar transgredían las barreras, se veían favorecidos tanto el depósito de carbonatos de calcio, como el desarrollo de organismos marinos, a los cuales no les era posible sobrevivir bajo esas condiciones de salinidad (Kellum et al 1936, en Barbosa L. D., et al 1998) En cuanto a la presencia de sílice asociado a las evaporitas, (Folk, 1971, en Barbosa L. D., et al 1998) opina que es formado diagenéticamente posterior al depósito de sulfatos y carbonatos, donde el sílice en forma de gel, se va aglutinando conforme los procesos diagenéticos actúan, esto basado en estudios petrográficos de diferentes muestras y ambientes.

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

FORMACIÓN KIAMICHI (Ka Lu-Cz) LUTITA-CALIZA (Albiano)

Definición

La Formación Kiamichi se definió originalmente como arcillas Kiamita por Hill (1891), ubicando la localidad tipo en las planicies del Río Kiamichi cercano a Fort Towson Oklahoma (Sellards et al., 1966). Imlay (1944) considera que la unidad formada por sedimento arcilloso-calcáreo de estratificación delgada con la amonita *Oxytropidoceras* que aflora en el Norte de Nuevo León, Coahuila y Oriente de Chihuahua, ocupa la misma posición estratigráfica que la Lutita Kiamichi de Texas.

Distribución

La Formación Kiamichi está ampliamente distribuida dentro del Golfo de Sabinas, se reconoce porque forma pequeños puertos de erosión, dentro del área de estudio se encuentra en la parte oriente de las sierras La Madera y San Marcos y Pinos; sur de la sierra La Menchaca, poniente de las sierras Agua Chiquita y La Purísima.

Litología y espesor

Esta constituida esencialmente por tres miembros: el inferior que consiste de lutitas negras con tonalidades rojizas y violáceas, caliza margosas en estratos nodulares con pedacería de conchas formando lentes y horizontes de amonitas; el intermedio está integrado por una caliza de estratos medianos (0.3 a 0.4 m.) de grano fino a medio, gris con tonalidades claras y ligeramente arcilloso; y el superior consiste de lutita y caliza arcillosa gris con tonalidad clara y parda. Su espesor mínimo 3 m, máximo 200 m, y un promedio de 95 m. (Santamaría et al., 1991). Sus espesor varía de 30 a 60 metros en las áreas situadas al norte de la Sierra de la Madera y en la Sierra de Padilla, al nororiente de la carta Ocampo, centro occidente del Estado de Coahuila (Pérez, C. J. A., et al., 2000).

Relaciones estratigráficas

La Formación Kiamichi sobreyace a la Formación Aurora y subyace a la Formación Georgetown del Grupo Washita. Ambos contactos son nítidos y concordantes. **(Figura No. IV.15)**

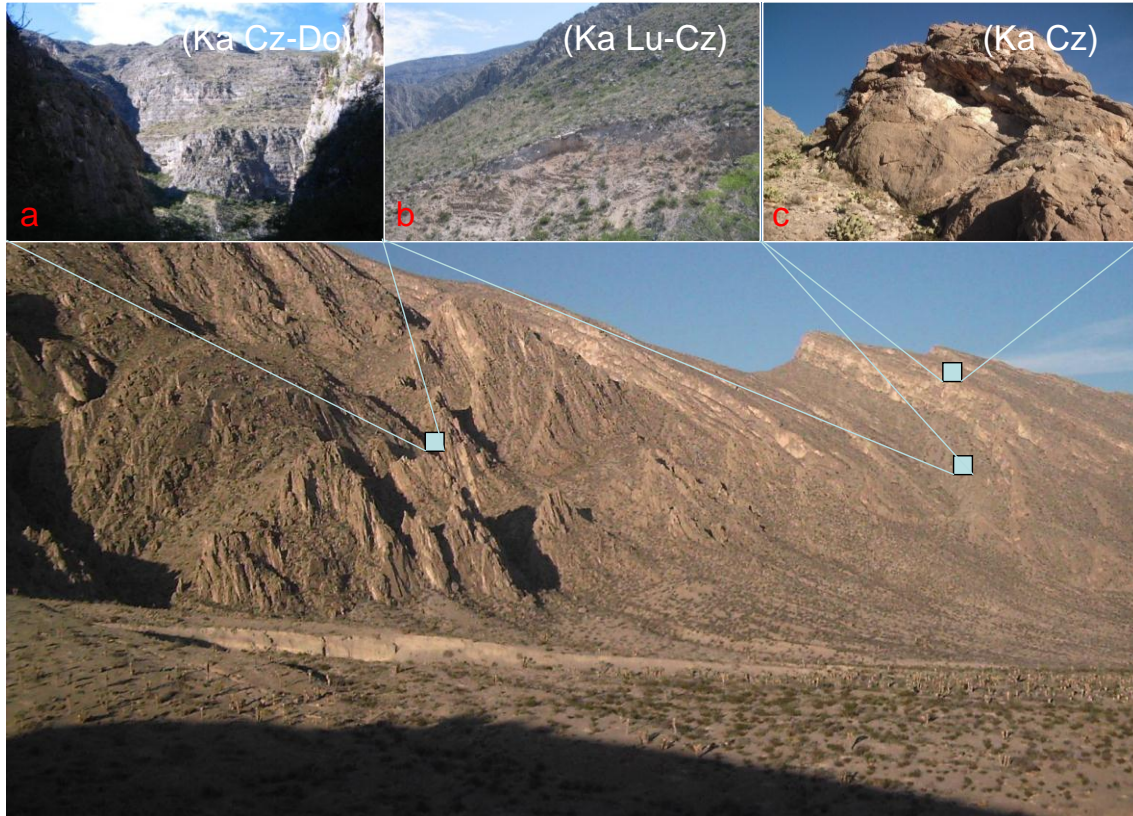


Figura No. IV.15.- Panorámica con detalle de la secuencia estratigráfica en la Sierra La Madera (a) caliza masiva de la Formación Aurora (Ka Cz-Do), (b) alternancia de caliza y lutita de la Formación Kiamichi (Ka Lu-Cz), (c) caliza masiva de la Formación Georgetown (Ka Cz).

Edad y correlación

Con base a su posición estratigráfica y a su contenido de foraminíferos planctónicos (hedbergélicos) muy abundantes, radiolarios y espículas. se le ha asignado una edad de fines del Albiano medio a principios del Albiano superior **(Anexo No. 2, muestra GC-021)**. Se correlaciona en tiempo con las formaciones Sobreretillo en el estado de Nuevo León; Benavides en la Cuenca de Chihuahua; Cuesta del Cura en la Cuenca Mesozoica del Centro de México y Aurora, Treviño, McNight, Glen Rose, Benavides, Tamaulipas Superior, Complejo Arrecifal El Burro y Acatitae en el norteste de México.

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

Ambiente de depósito

Su depósito ocurrió en una plataforma abierta, profunda, de pendiente suave, con un abundante aporte de terrígenos durante una etapa de inestabilidad tectónica y subsidencia relativamente lenta.

FORMACIÓN TREVIÑO (Kace Cz) CALIZA (Albiano- Cenomaniano)

Definición

Garza (1972) designó formalmente a la caliza gris con miliólidos en capas de estratificación gruesa a masiva, con restos biógenos y biostromas en ciertos intervalos y capas dolomitizadas sobre todo en su porción inferior, que sobreyacen a la Formación Acatita en la plataforma de Coahuila. PEMEX (1988b), La describe como packstone de miliólidos, de color gris, dispuestos en capas gruesas a masivas, que además presentan desarrollos arrecifales en forma de biostromos. Eguiluz (1991): En la Sierra Las Noas, Coahuila, la cima de la Formación Treviño está constituida por caliza de tipo packstone con conchas de toucasias y rudistas, que forman una calcarenita de 10 a 20 cm de espesor, esta superficie presenta efectos de exposición subaérea. Sobre esta superficie se presenta un conglomerado formado por fragmentos de packstone de conchas retrabajadas y derivadas de la caliza subyacente, incluidos en una matriz calcáreo-arcillosa, el conglomerado tiene fragmentos bien redondeados que varían desde 5 cm hasta 2 cm de diámetro. En la Sierra de Bermejillo, Durango., la Formación Treviño está constituida por caliza wackestone de bioclóstos bentónicos, su cima está dolomitizada. El contacto superior es una superficie irregular sobre la que se presenta una calcarenita de grano grueso de algunos centímetros de espesor, con clástos de dolomía negra y numerosos nódulos ferruginosos. La localidad tipo se encuentra en la parte norcentral de la sierra de Paila, aproximadamente a 19 km al W - SW de la hacienda de Guadalupe, Coahuila.

Distribución

Esta unidad al igual que la Formación Acatita se restringe al paleoelemento de la Isla de Coahuila. Afloran en las sierras: Los Alamitos, Las Delicias, Los Órganos, La Campana, La Candelaria, Tlahualilo, La Margarita y El Venado (Barboza et al., 1998) Las Dentro del área de estudio se encuentra ampliamente aflorando en la sierra La Fragua, en la porción Poniente.

Litología y espesor

En la localidad tipo consiste de una caliza de miliólidos de color gris, en capas gruesas a muy gruesas, grano medio, con restos biógenos en ciertos niveles parcialmente dolomitizados hacia la porción inferior. Su espesor varía de 20 a 175 m.

Relaciones estratigráficas

Esta formación sobreyace a la Formación Acatita de forma concordante y transicional y subyace a la Formación Indidura de la misma manera. Garza R. (1972) definió la Formación Baicuco entre la Formación Treviño e Indidura, aunque frecuentemente no se observa muy claro el contacto entre estas dos unidades debido a su espesor tan delgado, que apenas alcanza los 6 metros. Por tal razón se ha optado por manejar el contacto Indidura - Treviño.

Edad y correlación

Por su posición estratigráfica se considera de edad Albiano -Cenomaniano inferior y es correlacionable con la Formación Monclava y el Grupo Washita hacia la Cuenca de Sabinas y con la Formación Loma de Plata en la Cuenca de Chihuahua.

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

Ambiente de depósito

El ambiente de depósito corresponde a facies de plataforma somera con desarrollos arrecifales dentro de la misma, favoreciendo el florecimiento de vida característica de una plataforma interna, donde la oxigenación era bastante favorable. Se reporta la presencia de toucasias y rudistas, sin géneros o especies determinadas (Eguiluz, 1991).

FORMACIÓN GEORGETOWN (Ka Cz) CALIZA (Albiano)

Definición

Fue originalmente descrita por Shumard (1860), como caliza Washita al NE de Marshall, Oklahoma. Humphrey (1956) identificó como Grupo Washita a unidades de sedimentos finos y rocas carbonatadas del Albiano superior, que se encuentra al NE de México. El Grupo Washita tiene su localidad tipo en Fort Washita al NE de Marshall, Oklahoma y consta de las formaciones Georgetown, Del Río y Buda.

Distribución

Aflora comúnmente asociada con la Formación Kiamichi, con excepción de las localidades en donde ya ha sido erosionada. Por esta razón, puede afirmarse que se encuentra ampliamente distribuida en el área.

Litología y espesor

Esta constituida por caliza gris con tonalidad oscuro que intemperiza a gris con tonalidad claro a pardo, grano fino a medio, en estratos medianos y delgados, con lentes y nódulos de pedernal, en la cima presenta estilolitas paralelas a la estratificación. Se caracteriza por un espesor que varía de 35 a 60 m.

Relaciones estratigráficas

Sobreyace en forma concordante a la Formación Kiamichi y subyace de igual forma a la Formación Del Río.

Edad y correlación

Con base a su posición estratigráfica y por su contenido faunístico se le asigna una edad del Albiano superior. Se correlaciona con la Formación Treviño, Caliza Monclova y parte de las formaciones Cuesta del Cura y Tamaulipas Superior.

Ambiente de depósito

Los sedimentos se depositaron en aguas neríticas, con topografía irregular que permitió un escaso desarrollo de facies periarrecifales, en una zona de ligera pendiente entre el arrecife y el mar abierto. Otra posibilidad es que el depósito ocurrió en una plataforma de rampa, de pendientes suave con talud poco desarrollado.

FORMACIÓN DEL RÍO (Kce Lu-Cz) LUTITA-CALIZA (Cenomaniano)

Definición

Fue definida por Hill y Vaughan (1898), utilizaron el nombre de Río para los sedimentos arcillo - calcáreos situados en el valle del Río Grande, cerca del poblado Del Río, Texas. Humphrey, (1956). Identificó como Grupo Washita a unidades de sedimentos finos y rocas carbonatadas del Albiano superior, que se encuentra al NE de México. El Grupo Washita tiene su localidad tipo en Fort Washita al NE de Marshall, Oklahoma y consta de las formaciones Georgetown, Del Río y Buda.

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

Distribución

Aflora comúnmente asociada con la Formación Georgetown, a excepción en los lugares en donde ya ha sido erosionada, pero se encuentra ampliamente distribuida en el área.

Litología y espesor

Constituida por una intercalación de caliza y lutita de grano medio, de estratos delgados, gris con tonalidad claro a amarillento al intemperismo. Microscópicamente presenta más del 75% de peletoides esféricos a elípticos, con micrita criptocristalina relleno los huecos, en una proporción de 5 a 25 % y hematita en forma dispersa en la roca con menos del 5 %, fue clasificada como caliza de la variedad pelmicrita. Su espesor que varía de 20 a 40 m.

Relaciones estratigráficas

Tanto el contacto superior como el inferior, con las formaciones Georgetown y Buda respectivamente, son transicionales y concordantes.

Edad y correlación

Por su posición estratigráfica y contenido faunístico se le asigna una edad del Cenomaniano inferior. Se correlaciona con parte de la Formación Cuesta del Cura, Tamaulipas superior, Indidura y Monclova.

Ambiente de depósito

Por sus características litológicas y microfauna asociada, el ambiente de depósito fue en mares neríticos y someros, con abundante aporte de terrígenos finos y condiciones euxínicas de oxidación y reducción.

FORMACIÓN BUDA (Kce Cz) CALIZA (Cenomaniano)

Definición

Llamada inicialmente Burnt Limestone y Vola Limestone (Adkins, 1933 en Humphrey y Díaz, 2003), Hill en 1889 utilizó el término caliza "Shoal Creek" para designar un conjunto de calizas en Texas; posteriormente, éste autor reemplaza dicho término por el nombre Caliza Buda.

Distribución

Esta unidad ha sido reconocida en varios estados del norte de México; en Coahuila fue reconocida en el noreste (Böse, 1927 en Cobban et al., 2008), norte del estado (Cobban et al., 2008; Tiedemann, 2009) y en Múzquiz (Smith et al., 2003). En Nuevo León, Humphrey y Díaz (2003) la reportan en Lampazos y en Tamaulipas, se encuentra en la Serranía del Burro y Sierras Tamaulipecas. Dentro de la zona de estudio aflora en las partes centro, sureste y noroeste del área, en los flancos de las sierras San Marcos y Pinos, La Purísima, Agua Chiquita y la Madera.

Litología y espesor

Está constituida por una caliza de grano fino a medio, de color gris con tonalidad oscuro en roca fresca y clara por intemperismo, de estratos delgados a medianos (0.30 m.) con pequeñas concreciones hematizadas y delgadas intercalaciones de caliza arcillosa y lutita gris con tonalidad claro a pardo al intemperismo (Figura No. IV.16). PEMEX (1988) menciona que está formada por mudstone y wackestone arcillosos, que en ocasiones se intercalan con margas. Treviño et al. (2002), documentan la presencia de wackestone arcilloso bioturbado. Su espesor que varía de 30 a 65 m. Humphrey y Díaz (2003) registran un espesor de 23 m en la localidad tipo.

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciéneas, Coahuila, México.

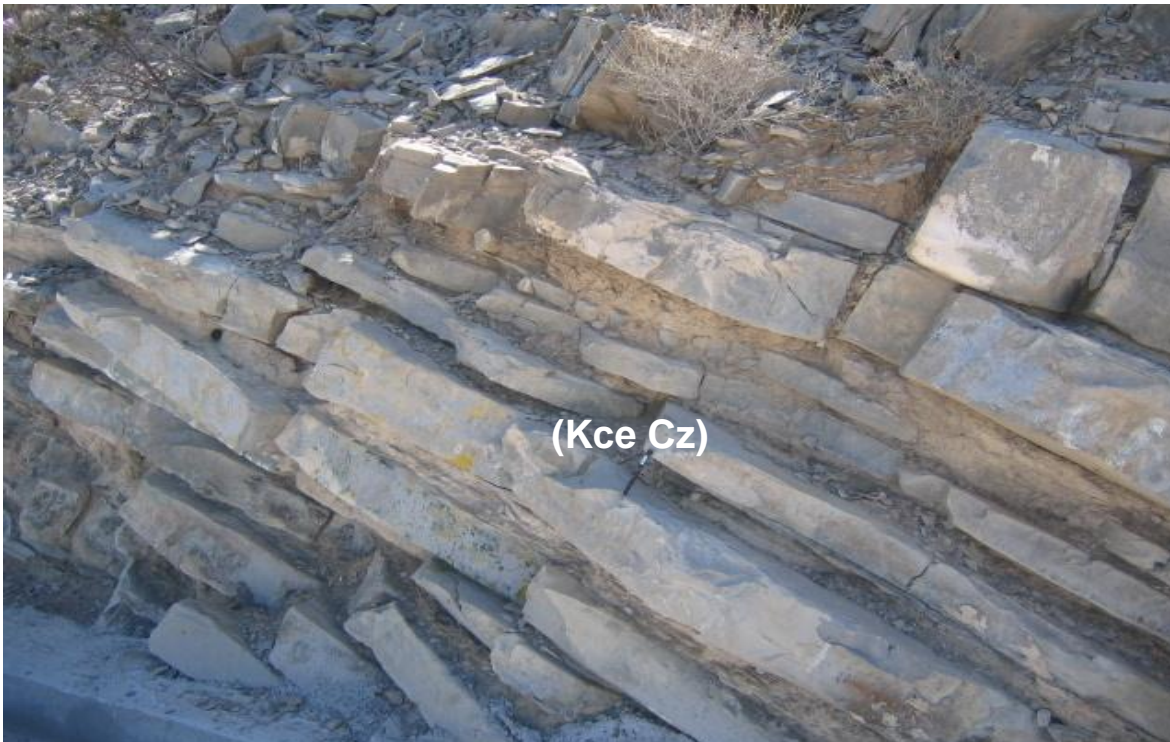


Figura No. IV.16.- Secuencia de calizas de estratos delgados a medianos, de color gris oscuro en roca fresca y gris claro en superficie intemperizada, con tonos amarillo paja, superficie rugosa, presentando pequeñas concreciones hematizadas y líneas estilolíticas de la Formación Buda (Kce Cz).

Relaciones estratigráficas

Subyace concordante y transicionalmente a la Formación Eagle Ford en la Cuenca de Sabinas, en la porción norte de la península de Tamaulipas y en el extremo noroeste de la Cuenca de Burgos (PEMEX, 1988), Boquillas, y Chispa Summit en Trans-Pecos, Texas (Cobban et al., 2008). El contacto inferior es concordante con la Formación Del Río.

Edad y correlación

Por su posición estratigráfica y contenido faunístico de la amonita *Budaiceras*, *Spathis Mantelliceratan* y otros moluscos como *Pecten roemeri Hill*, *Exogyra clarki Shattuck* (Humphrey y Díaz, 2003), se le asigna una edad del Cenomaniano inferior. Se correlaciona con partes de las formaciones Cuesta del Cura, Indidura y caliza Monclova.

Ambiente de depósito

Por su contenido faunístico y litología asociada a escasas concreciones de hematita, se considera que su depósito ocurrió en plataforma de mar abierto, de escasa energía y ambiente reductor.

FORMACIÓN EAGLE FORD (Kcet Lu-Cz) LUTITA-CALIZA (Cenomaniano-Turoniano)

Definición

Roemer (1852) mencionó los sedimentos de las lutitas negras Eagle Ford con restos de peces, en estudios realizados en la región de New Braunfels. Posteriormente Hill (1887), colocó dichos estratos en la base de las Series del Golfo. La localidad tipo está en Eagle Ford, condado de Dallas Texas a 9.65 km al oeste de Dallas, Texas, donde la parte superior de la unidad se encuentra expuesta (Sellards et al., 1966).

Distribución

La Formación Eagle Ford se encuentra ampliamente distribuida en el noreste de México, principalmente dentro del Golfo de Sabinas. Dentro del área se distribuye ampliamente en el flanco oriente de la sierra San Marcos y Pinos, poniente de las sierras La Purísima y Agua Chiquita, así como al sur de la sierra La Manchaca.

Litología y espesor

Consiste en delgadas calizas arcillosas gris con tonalidad claro que intemperiza a pardo amarillento interestratificadas con lutitas calcáreas gris con tonalidad oscuro que intemperiza ocre, hacia su cima presenta una facie de lutita gris, que intemperiza a tonalidad pardo oscuro a blanquecino. Contiene fósiles índice como

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

el *Inoceramus Labiatus*. El espesor medio para esta formación es aproximadamente de 120 a 320 m.

Relaciones estratigráficas

El contacto inferior de esta formación con la Formación Buda del Grupo Washita, es concordante y de igual forma subyace a la Formación Austin.

Edad y correlación

Por su posición estratigráfica, contenido faunístico y presencia del fósil índice *Inoceramus Labiatus* se le asigna una edad del Cenomaniano superior-Turoniano. Se correlaciona con las formaciones Agua Nueva e Indidura.

Ambiente de depósito

Dadas sus características litológicas y fosilíferas se considera que esta unidad se depositó en un ambiente marino relativamente somero de circulación restringida, probablemente con influencia de plataforma externa y asociada ambientes neríticos con gran aporte de material terrígeno.

FORMACIÓN INDIDURA (KcetLuCz) LUTITA-CALIZA (Cenomaniano-Turoniano)

Definición

Böse, 1906 en Imlay, 1936 describió brevemente a esta unidad en la sierra de Parras. Posteriormente, Kelly (1936) la define formalmente, en las sierras que bordean los valles de Acatita y Las Delicias, Estado de Coahuila, y su localidad tipo se encuentra en la sierra de Santa Ana sobre el flanco oriental del cerro de la

Indidura a unos 8 Km. al norte del Tanque Toribio y 19 km en dirección W - SW del poblado de Acatita, Coahuila.

Distribución

Esta formación se encuentra distribuida hacia la porción oriente del área, sobre la falda sur de la sierra La Madera.



Figura No IV.17.- Paquetes de lutitas con intercalaciones de caliza de estratificación mediana de la Formación Indidura (Kcet Lu-Cz).

Litología y espesor

La Formación Indidura está constituida por una alternancia de calizas, en partes ligeramente arcillosos; lutitas calcáreas, limolitas que hacia la base de los estratos se muestran gradadas a sedimentos arenosos de granulometría muy fina; horizontes de packstone de oolitas, pellets y fragmentos biógenos (**Figura No. IV.17**). También se observan delgados y continuos horizontes de yeso (selenita) intercalados en las lutitas. A lo largo de la columna es común encontrar gran

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

cantidad de restos de macrofauna, distinguiéndose por su abundancia los lamelibranquios del género *Inoceramus*, sp, las amonitas del tipo *Selwynoceras*, así como fragmentos y espículas de equinodermos y gasterópodos. El paquete sedimentario que constituye esta formación se considera en las localidades descritas con un espesor de 170 metros, tomando en cuenta que algunas veces se encuentra muy intemperizada y deformada debido a su constitución arcillosa.

Relaciones estratigráficas

Tanto el contacto inferior y superior son nítidos y concordantes con las formaciones Treviño y Parras respectivamente. Cabe mencionar que en la localidad tipo de la Formación Indidura la parte inferior corresponde a la Formación Baicuco, (Kelly, 1936).

Edad y correlación

De acuerdo a su posición estratigráfica y fósiles como *Inoceramus Sp*, *Inoceramus Labiatus* y *Acanthoceras*, se le asigna una edad de Cenomaniano superior al Santoniano (**Anexo No. 2, muestra GC-060**). Se correlaciona con la Formación Eagle Ford del Golfo de Sabinas.

Ambiente de depósito

Se considera que para esta formación imperó un ambiente de depósito característico de una sedimentación tipo pre - flysh. Si consideramos la presencia de los horizontes de lutitas y yesos esto nos lleva a un depósito de aguas someras lodosas y la presencia de margas y areniscas nos indican fluctuaciones del nivel del mar, debido probablemente a eventos isostáticos de acomodo de la plataforma de Coahuila. Se considera que la fuente de aporte de sedimentos estaba situada al NW - W del lugar del depósito (Tardy M. et al 1974).

FORMACIÓN AUSTIN (KcossLuCz) LUTITA-CALIZA (Coniaciano-Santoniano)

Definición

El nombre Caliza Austin fue usado por primera ocasión por B.F. Shummard en 1860, para designar a la caliza típicamente expuesta en Austin, y ubicada correctamente sobreyaciendo a la Formación Eagle Ford (capas con peces), pero incorrectamente subyaciendo a la Formación Comanche Peak. Estudio paleontológico (Sellards et al., 1966), McNulty (1976) realiza un análisis bioestratigráfico de la cima del Grupo Austin. Análisis estratigráfico (PEMEX, 1988b), cartografía 1:250,000 e importancia económica (Barboza et al., 1997; Santiago et al., 2000; Pérez de la C. et al., 2000; Martínez et al., 2000; Escalante et al., 2002; Sánchez et al., 2002; Santiago, 2003;), análisis estratigráfico (Santamaría et al., 1991), análisis estratigráfico y edad paleontológica (Eguiluz, 2001), cartografía a escala 1:500, 000 (Salinas et al., 2004; Montiel et al., 2005); análisis bioestratigráfico y contenido paleontológico (Stinnesbeck et al., 2005).

Distribución

La distribución de esta formación dentro del área de estudio es muy reducida, ya que normalmente se encuentra cubierta por depósitos aluviales. Pequeños remanentes se pueden observar al poniente de la sierra La Purísima.

Litología y espesor

En general está constituida por una alternancia cíclica de lutita y caliza, con aislados horizontes de caliza arcillosa en estratos delgados, de color gris con tonalidad oscuro a ocre por intemperismo, que en ocasiones se presentan carbonosos. Hacia la base presenta una caliza arcillosa de estratificación gruesa, con intemperismo nodular. Su espesor varía de 100 a 350 m (PEMEX, 1988b). Se reportan de 200 a 300 m en la Cuenca de Sabinas, Coahuila (Eguiluz, 2001).

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

Relaciones estratigráficas

La Formación Austin sobreyace de forma concordante y transicional a la Formación Eagle Ford y subyaciendo de forma nítida y concordante a la Formación Upson.

Edad y correlación

Por su posición estratigráfica y por sus fósiles índices *Inoceramus undulatoPLICATUS*, *Roemer* y *la Baculites sp.*; se ha considerado a esta formación del Coniaciano - Santoniano (Humphrey,1956). Se correlaciona hacia la parte occidental con la parte superior de la Formación Indidura, parte inferior de la Formación Parras, así como con las formaciones San Felipe y Ojinaga.

Ambiente de depósito

Analizando las características litológicas de esta formación, se considera que su depósito se efectuó en medios neríticos, con aporte de materiales terrígenos producto de las pulsaciones de la Orogenia Laramide, las cuales se intensificaron hacia el occidente, aportando mayores volúmenes de terrígenos hacia el oriente, con cierta inestabilidad tectónica durante su acumulación.

FORMACIÓN UPSON (KcLu-Lm) LUTITA-LIMONITA (Campaniano)

Definición

Denominación (Duble, 1892), análisis estratigráfico (Merrit, 1980), redefinición y análisis estratigráfico (Sellards et al.,1966), cartografía a escala 1:250,000 (Barboza et al., 1997; Martínez et al., 2000; Pérez de la C. et al., 2000; Santiago et al. 2003), redescrición y análisis estratigráfico (McBride y Caffey, 1979), análisis estratigráfico (Sohl et al., 1991) análisis estratigráfico (Eguiluz, 2001), análisis

estratigráfico (Eguiluz y Amezcua, 2003); cartografía a escala 1:500, 000 (Reyes et al., 2006). Fue denominada por Dumble en 1892 en la localidad aledaña a la antigua oficina postal Upson, ahora poblado Quemado sobre la carretera de Eagle Pass-Del Río en el Condado de Maverick, U.S.A. (Sellards et al., 1966). Santamaría et al (1991) señalan que la localidad tipo se ubica en el Rancho Lehman, Condado de Maverick, U.S.A., entre la carretera que comunica a Eagle Pass y Del Río, Texas. Se le llama así a una secuencia de limolitas calcáreas, lutitas calcáreas y calizas laminares arcillosas.

Distribución

La Formación Upson se encuentra distribuida de forma muy errática, en porciones situadas hacia el centro, sureste del área; como son la parte poniente de la sierra La Purísima.

Litología y espesor

Consiste principalmente en su parte inferior de limolitas calcáreas gris con tonalidad claro y oscuro, en su parte superior de lutitas calcáreas y lentes de caliza laminares arcillosas deleznales con esporádica y delgada interestratificación de areniscas calcáreas, es difícil determinar los planos de estratificación, por su contenido de arcillas también se le llama Arcillas Upson. PEMEX, 1988., menciona que está constituida principalmente por lutita deleznable y limolita, con esporádicas y delgadas interestratificaciones de arenisca calcárea con abundantes bioclástos. Su espesor varía mínimo 42 m, máximo 622 m y en promedio 164 m (Santamaría et al., 1991)

Relaciones estratigráficas

La Formación Upson se encuentra sobreyaciendo concordantemente a la Formación Austin y subyace de igual manera a la Formación San Miguel.

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

Edad y correlación

Por su posición estratigráfica y por el contenido de *Exogyra ponderosa*, *Cycadeoidea uddeni* Weland, *Ostra larva* (Sellards et al., 1966), *Globotruncana fornicata*, *G. lapparenti* y *G. stephensoni* se le asigna una edad del Campaniano Inferior (PEMEX, 1988). Se correlaciona con el Grupo Taylor que aflora en Texas y a la parte inferior de la Formación Méndez de la cuenca de Burgos.

Ambiente de depósito

Plataforma de aguas someras (Sohl et al., 1991) y prodelta durante un ciclo de inundación durante el desarrollo inicial en una cuenca “foreland” laramídica (Eguiluz, 2001).

FORMACIÓN PARRAS (Kcoss Lu-Ar) (Coniaciano-Santoniano)

Definición

Imlay (1936) aplicó el nombre de Parras, a una masa potente de lutitas calcárea carbonosa, de color gris oscuro a negro, físil a nodular, con capas delgadas de arenisca calcárea de grano fino color amarillo, comprendida entre la Formación Indidura y el Grupo Difunta. La localidad tipo está en las Lomas de San Pablo, aproximadamente a 6.4 Km. al oriente de Parras, Coahuila.

Distribución

La Formación Parras aflora en el Sector Transverso de la Sierra Madre Oriental y en la Plataforma de Coahuila. En el área de estudio aflora de manera restringida en el flanco sur de la sierra La Madera, en la porción norponiente.

Litología y espesor

Está constituida principalmente por lutitas calcáreas de color gris oscuro a negras carbonosas con algunas intercalaciones de areniscas de grano fino en capas delgadas (**Figura No. IV.18**). El espesor reportado para esta unidad es de 820 m (Imlay, 1936), 610-952 (PEMEX, 1988b); 700 m en el Sector Transversal de Parras (Tardy et al., 1974), 200 m (Montañez et al., 2000).



Figura No IV.18.- Paquetes de lutitas negras en roca fresca y tonalidad amarillenta por intemperismo intercaladas con horizontes delgados de arenisca, correspondiente a la Formación Parras (Kcoss Lu-Ar).

Relaciones estratigráficas

Tanto el contacto inferior como el superior con la Formación Indidura y Grupo Difunta (Formación Cerro del Pueblo) respectivamente son nítidos y concordantes.

Edad y correlación

Por su posición estratigráfica se le asigna una edad del Coniaciano-Santoniano. En la base de la formación Tardy (1972) y Tardy et al. (1974) reportan *Globotruncana fornicata* Plummer, *G. arca* (Cush.) y *G. gr. caliciformis* (De Lapp).

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

En la parte superior la asociación comprende *Globo truncana stuartiformis* Dalbiez, *G. elevata* (Brotz.), *G. fornicata* Plummer y *G. rosetta* (Carsey), de edad Campaniano (PEMEX, 1988b). Se correlaciona con la parte media de la “Lutita Papagayos”, es equivalente en tiempo a la parte superior de la Formación Austin (Imlay, 1936) San Felipe (De Santiago et al., 2000), parte inferior de la Formación Méndez (Barboza et al., 1997), y quizá con la parte inferior del Grupo Taylor (Imlay, 1938). La similitud litológica entre Parras y Méndez no ha sido explicada (Padilla y Sánchez, 1982).

Ambiente de depósito

Flysch de antefosa, en ambientes marinos relativamente someros con influencia de plataforma externa en facies de prodelta (PEMEX, 1988b).

GRUPO DIFUNTA (Kc Ar - Lu)

Definición

Murray et al. (1962) definieron siete formaciones para el Grupo Difunta en la cuenca de Parras (Cerro del Pueblo, Cerro de la Huerta, Cañón del Tule, Las Imágenes, Cerro Grande, Las Encinas y Rancho Nuevo). Consiste principalmente de arenisca calcárea de grano fino a medio, en menor proporción areniscas de grano grueso; limolita y lutita calcárea físil a nodular, gris a negra. Su carácter litológico es uniforme, solo en el área de Ramos Arizpe, Coahuila, la arenisca y limolita son lenticulares. La limolita-arenisca basal presenta gran extensión en la parte Este de la Cuenca de Parras. La Glauconita se encuentra localmente cerca de Benito Juárez, sobre la Carretera Saltillo-Torreón. Comúnmente en los estratos de arenisca muestra estratificación cruzada, ripples y estructuras sedimentarias asociadas. La localidad tipo se localiza al Oeste de la Carretera Saltillo-Torreón, en las inmediaciones de la Ciudad de Saltillo, Coahuila.

Distribución

Dentro del área de estudio se ha denominado como Grupo Difunta a una secuencia de areniscas y lutitas, de tonalidad amarillenta hacia la base y rojiza hacia la cima que afloran de una manera restringida al sur de la sierra La Madera, en la porción norte de la zona, y correspondería con la Formación Cerro del Pueblo.

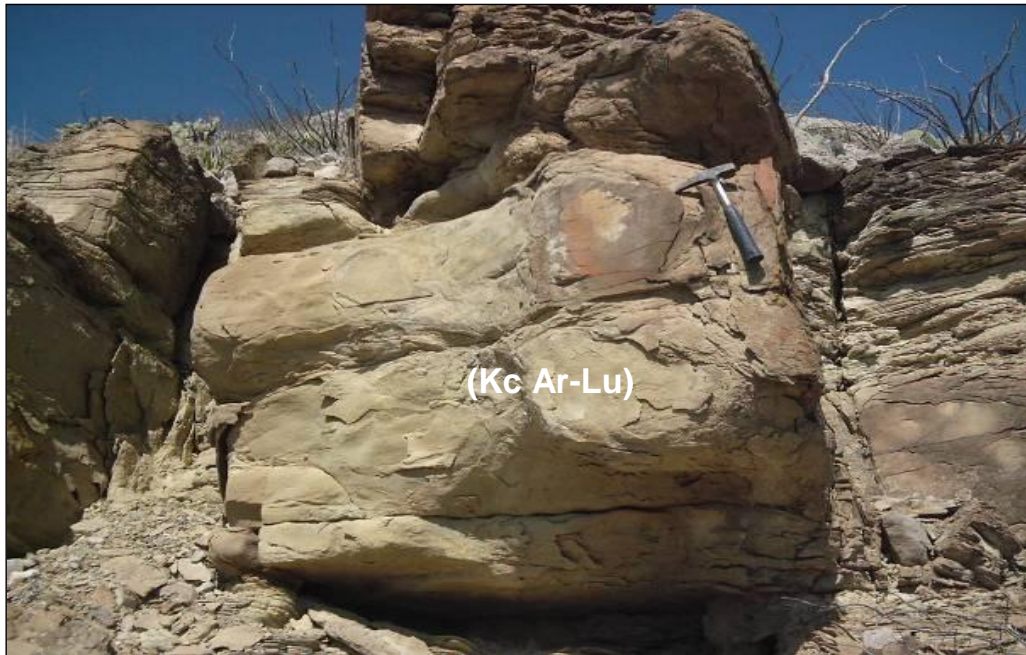


Figura No IV.19.- Paquetes de arenisca de tonalidad verdosa en roca fresca y amarillenta por intemperismo, grano mediano a grueso, estratificación media a gruesa, intercalada con horizontes delgados de lutita, correspondiente a la parte basal del Grupo Difunta (Kc Ar-Lu).

Litología y espesor

Esta constituida por una alternancia de areniscas ligeramente calcáreas, lutitas, limolitas y cuerpos lenticulares de conglomerado de fragmentos de calizas; en la que predominan los tonos cafés y rojizos (**Figura No. IV.19**). Petrográficamente las areniscas presenta un color gris claro, textura arcillosa, con minerales esenciales de calcita, cuarzo y plagioclasa en cristales angulosos, y biotita y minerales opacos como accesorios, cementados por una matriz calcárea, con incipiente oxidación, clasificada como calcarenita. La estratificación es variable desde capas delgadas a masivas. El espesor estimado para esta unidad en el área de estudio es de aproximadamente 1400 m.

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

Relaciones estratigráficas

Su contacto inferior con la Formación Parras es nítido y concordante, y aunque su contacto superior no se pudo observar, se puede inferir que es tectónico con las formaciones Cupido, Peña y Aurora, en la porción sur de la sierra la Madera.

Edad y correlación

En base a su relación estratigráfica se le ha asignado una edad del Campaniano, ya que se encuentra sobreyaciendo a la Formación Parras, se define como la base del Grupo Difunta (formaciones Cerro del Pueblo y Cerro Huerta) de la Cuenca de Parras, y se correlaciona con la Formación San Carlos de la Cuenca de Chihuahua y las formaciones San Miguel y Olmos de la Cuenca de Sabinas.

Ambiente de depósito

Su ambiente se considera un complejo deltáico relacionado con levantamientos orogénicos y subsidencia frontal a los primeros levantamientos provocados por la Orogenia Laramídica.

Brecha Oligomíctica (Tmpl(?) Bro)

Se ha denominado como brecha oligomíctica a una secuencia de sedimentos consolidados compuestos por fragmentos angulosos principalmente calcáreos que se encuentran sobreyaciendo de manera discordante a las formaciones cretácicas que se encuentran aflorando ampliamente al sur de la sierra de La Madera, en la porción norte de la zona, mientras que de una manera restringida al poniente de la sierra de San Marcos y Pinos, en la porción sur del área. Se le asigna una edad de finales del Mioceno hasta el Plioceno y se encuentran relacionados con zonas de fallamiento. **(Figura No. IV.20)**

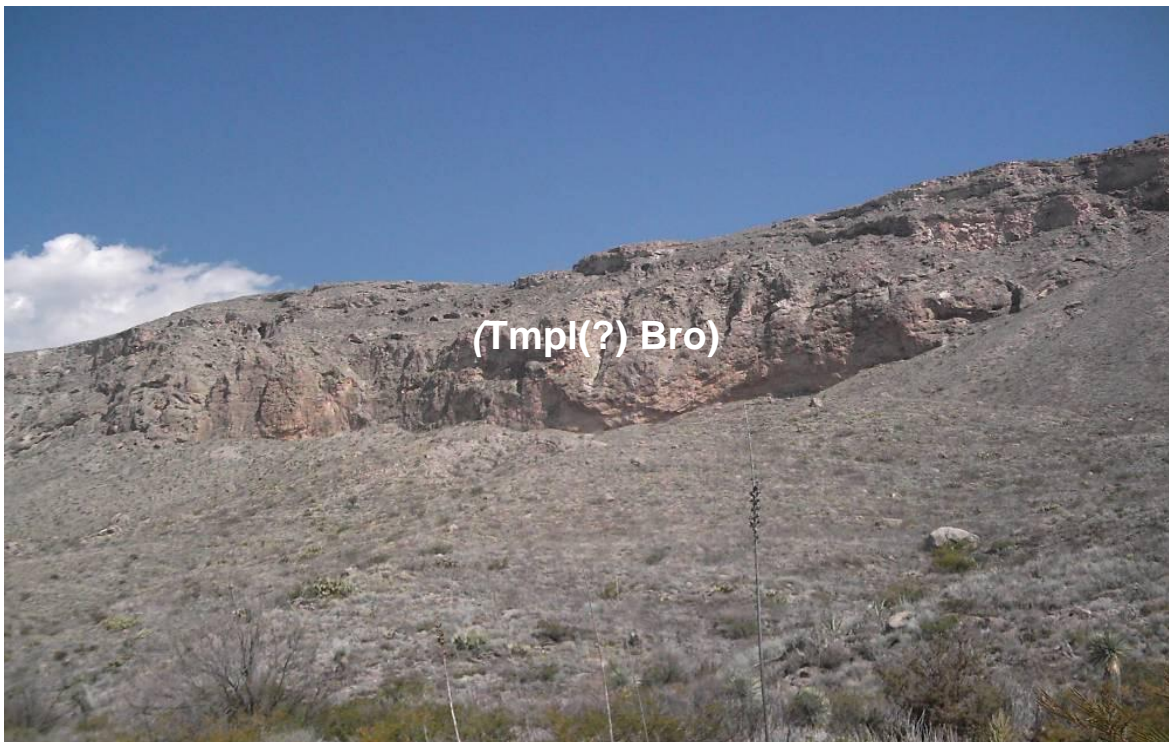


Figura No IV.20.- Brecha Oligomictica (Tmpl(?) Bro) constituida por fragmentos angulosos de caliza, mal clasificados y bien cementados en una matriz arcillosa.



Figura No. IV.21.- Mesetas de travertino (Qpt Tr) que han sido explotadas esporadicamente en el ejido Nuevo Atalaya . Sobreyace discordantemente a Lutitas de la Formación Kiamichi (Ka Lu-Cz)

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

Travertino (Qpt Tr)

Son depósitos continentales lacustres que se encuentran a manera de mesetas en las inmediaciones del ejido Atalaya, en la porción sur de la zona (**Figura No. IV.21**). Es una roca carbonatada muy fracturada en ocasiones con niveles conglomeraticos de 8.0 m de espesor aproximadamente que se encuentran sobreyaciendo de manera discordante a los sedimentos de la Formación Kiamichi. Se le asigna una edad del Pleistoceno, se correlaciona con la parte superior del Conglomerado Mayran y con el conglomerado Sabinas.

Los depósitos de Travertino son debido a procesos de precipitación de la calcita por evaporación del agua de manantiales, ríos o arroyos. La caliza lacustre es originada por precipitación química en cuencas lacustres sedimentarias continentales, dichas cuencas rejuvenecieron por efectos de fallamiento y plegamientos suaves posterior a su depósito.

Coluvión (Qho co)

Estos depósitos están constituidos principalmente por guijarros y grava de caliza que varían de subanguloso a subredondeado, débilmente cementados por arcilla y caliche depositados al pie de las sierras compuestas por rocas sedimentarias formando abanicos aluviales.

Aluvión (Qho al)

Depósito reciente que aflora en las partes más bajas y planas de la zona, especialmente en los valles en la porción norte y una parte de la porción suroeste.

Está constituido por una delgada capa de limo y arena, sin consolidar, de color café claro, ocre y gris amarillento. Cubren a la caliza y al coluvión, con espesores

que van de unos cuantos metros a decenas de metros. No tienen expresión topográfica alguna, y se le asigna edad del Holoceno.

Eólicos (Qho eo)

Se trata de dunas de yeso (**Figura No. IV.22**) que se encuentran depositadas principalmente sobre las partes bajas de los valles y son los depósitos más recientes depositados por el viento, producto de la erosión de las rocas evaporíticas de la Formación Acatita que afloran en el área



Figura No. IV.22.- Dunas de yeso (Qho eo)

IV.3.2.- Rocas Ígneas

PÓRFIDO DIORÍTICO (Tpg PD)

Definición

Se denominó como pórfido diorítico a los afloramientos de roca intrusiva, que se ubican al sur del área de estudio en forma de sills, diques o pequeños troncos.

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

Distribución

Dentro de la zona de estudio se ubican afloramientos en las localidades loma del Toro y loma Los Comales, al norte de la comunidad de Reforma.

Litología

Megascópicamente es de color gris con tonalidad oscuro y verdoso, de textura granular epidiorfita con transición a porfírica. Los minerales que se identifican en muestra de mano son: plagioclasa, hornblenda, cuarzo y mica. Microscópicamente se ha identificado como mineral esencial a la plagioclasa sódica y como accesorios a la hornblenda, muscovita, cuarzo, granate, hematita. Como minerales secundarios se han detectado sericita, calcita, clorita, limolita y minerales arcillosos.

Relaciones estratigráficas

Estos cuerpos ígneos se encuentran intrusionando a la columna estratigráfica desde las lutitas y areniscas afectadas por bajo grado de metamorfismo del Paleozoico, hasta las lutitas, lodolitas y areniscas del Eoceno del Grupo Difunta y de las formaciones clásticas de la porción sureste del Golfo de Sabinas.

Edad y correlación

Aunque estos Intrusivos no han sido datados, se consideran de edad Oligoceno y son correlacionables con otros cuerpos ígneos emplazados durante la segunda etapa del magmatismo ocurrido en el Terciario como cerro Real Viejo, cerro El Mercado, cerro Calabacillas, cerro Marcelinos, cerro Pánuco, cerro Colorado, cerro Providencia, Pico Candela, cerro Carrizal, cerro Boludo y loma Colorada, localidades que forman parte del denominado Cinturón Monclova-Candela.

Origen

Se considera que son de origen hipabisal y se infiere que son producto de las últimas pulsaciones de la Orogenia Laramide, la cual originó un proceso magmático, que dio como resultado el emplazamiento de una serie de Intrusivos de composición granodiorítica con diferenciación a cuarzomonzonita y diorita.

IV.4.- Geología Estructural

En lo que se refiere al contexto estructural, en la zona de estudio se pueden distinguir dos dominios estructurales regionales bien marcados. El primero está representado por la sierra La Fragua, en la porción suroeste de la zona, el cual se caracteriza por presentar una deformación incipiente con estructuras ondulantes que no llegan a representar anticlinales y sinclinales bien definidos, generalmente este estilo de deformación se encuentra relacionado a un basamento somero. Las sierras La Madera, La Menchaca, Agua Chiquita, La Purisima y San Marcos y Pinos constituyen el segundo dominio estructural de la región, el cual se caracteriza por presentar principalmente anticlinales en rodilla, con vergencias tanto al sur como al poniente y son característicos de zonas compresivas en donde la capa sedimentaria tiene un espesor muy considerable. Ambos dominios estructurales definen una deformación dúctil-frágil en la zona, como consecuencia de la deformación tectónica de la Orogenia Laramide durante el Cretácico superior y Terciario Temprano (**Anexo No. 3**).

IV.4.1.- Deformación Dúctil – Frágil

Pliegues y Cabalgaduras

Anticlinal San Marcos y Pinos.- Localizado en la porción centro - sureste del área, estructura regional de dirección NW 25° SE, con terminación periclinal en su extremo NW, con una longitud de aproximadamente de 19 km. Su núcleo está

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

constituido por caliza de la Formación Aurora, aflorando hacia sus flancos de manera restringida sedimentos arcillosos de la Formación Kiamichi. En el flanco oriente los echados son suaves (8 a 16°) mientras que en el flanco poniente los echados de los sedimentos tienden a ser más verticales (50 a 80°), dando la apariencia de una estructura en rodilla (**Figura No. IV.23**).

Sinclinal El Rincón.- Localizado en la porción sureste del área, en la sierra de San Marcos y Pinos, estructura de dirección NW 27° SE, con terminación periclinal en su extremo NW, con una longitud de 4 km. Armado en su núcleo por algunos remanentes la Formación Kiamichi y hacia sus flancos calizas masivas de la Formación Aurora. En su flanco noreste se observan echados más verticales (50 a 80°), mientras que en su flanco suroeste estos presentan una actitud más suave (23 a 26°), dando la apariencia de una estructura en rodilla (**Figura No. IV.23**).

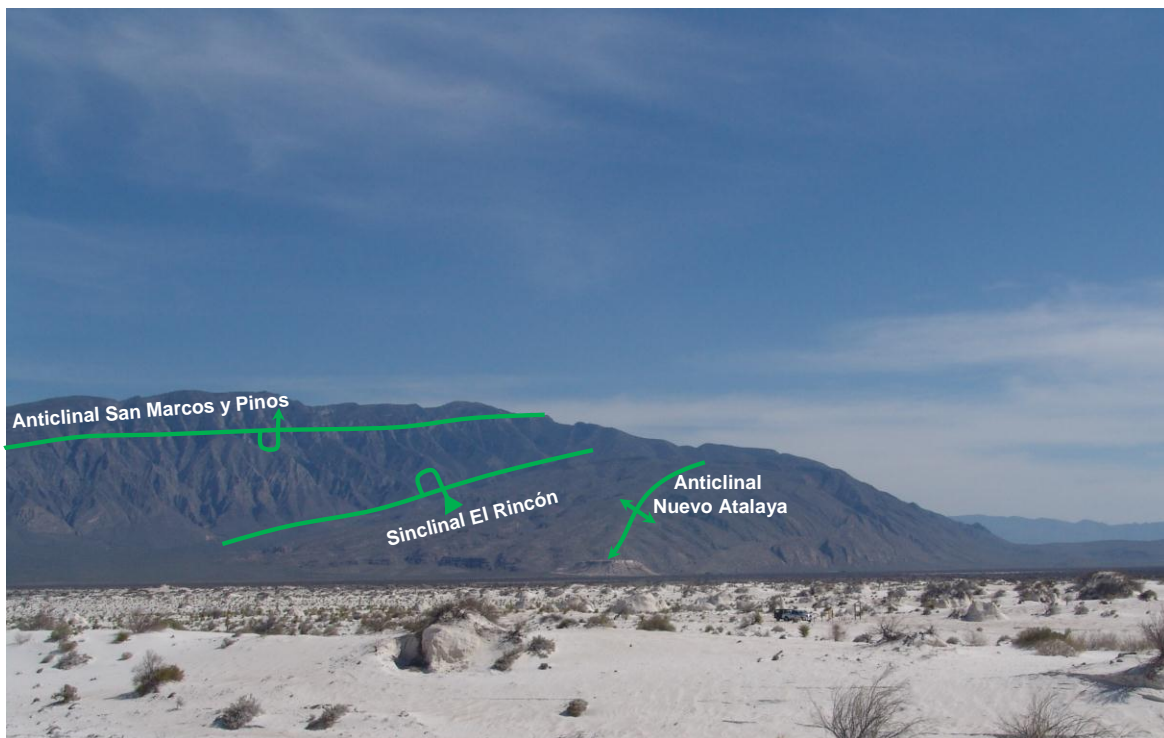


Figura No. IV.23.- Panorámica del anticlinal Nuevo Atalaya, sinclinal El Rincón y anticlinal San Marcos y Pinos

Anticlinal Nuevo Atalaya.- Localizado en la porción centro-sur del área, pequeña estructura simétrica de 3 km de largo, dirección NW 25° SE, con terminación periclinal en su extremo NW y truncado por una falla normal en su extremo SE. Aflorando en su núcleo caliza de la Formación Aurora y hacia sus flancos sedimentos arcillosos y calcáreos de las Formaciones Kiamichi y Georgetown. En su flanco noreste presenta echados más suaves, mientras que en su flanco suroeste su comportamiento tiende más hacia la vertical, se infiere que este flanco está cabalgando, poniendo a los sedimentos del Golfo de Sabinas sobre los sedimentos de la Isla de Coahuila (**Figura No. IV.23**).

Anticlinal El Límite.- Localizado en la porción centro-sur del área, pequeña estructura asimétrica de 3 km de largo, dirección NW 25° SE, con terminación periclinal y truncado en su extremo NW. Aflorando tanto en su núcleo como en sus flancos caliza masiva de la Formación Aurora. En su flanco noreste presenta echados más suaves (12 a 19°), mientras que en su flanco suroeste su comportamiento tiende más hacia la vertical (65°), se infiere que este flanco está cabalgando, poniendo a los sedimentos del Golfo de Sabinas sobre los sedimentos de la Isla de Coahuila.

Anticlinal Sierra La Madera.- Localizado en la porción norte del área, donde sólo se puede apreciar su flanco sur (**Figura No. IV.24**), correspondiendo a una estructura regional de dirección prácticamente este - oeste, con terminación periclinal hacia el oriente, presentando una longitud de aproximadamente de 25 km. Su núcleo está constituido por caliza de la Formación Cupido, su flanco sur se encuentra truncado poniendo en contacto discordante a los sedimentos del Golfo de Sabinas con los sedimentos de la Isla de Coahuila.

Cabalgadura La Madera.- En la porción norte del área, sobre el flanco sur de la sierra La Madera se encuentra una cabalgadura (**Figura No. IV.24**) que marca el límite paleogeográfico entre la Isla de Coahuila y el Golfo de Sabinas. Se trata de una estructura que se encuentra enmascarada por depósitos de coluvión pero que

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciéneas, Coahuila, México.

es muy evidente debido a la diferencia de estratigrafía y actitud que guardan las capas en uno y otro paleoelemento. Sobre el cañón la Madera existe un pequeño afloramiento en el que se pudo medir esta estructura. Presenta un rumbo general N 45° W, con 45° NE., pone en contacto discordante a calizas masivas de la Formación Georgetown sobre calizas arcillosas de la Formación Indidura, atravesando de oriente a poniente la zona y a la altura de la comunidad de la Poza Azul, cambia su dirección a un rumbo prácticamente norte-sur, para continuar sobre el flanco poniente de la sierra San Marcos y Pinos hasta salirse del área de estudio. Esta estructura podría corresponder a la traza de la Falla San Marcos. (Anexo No. 3)

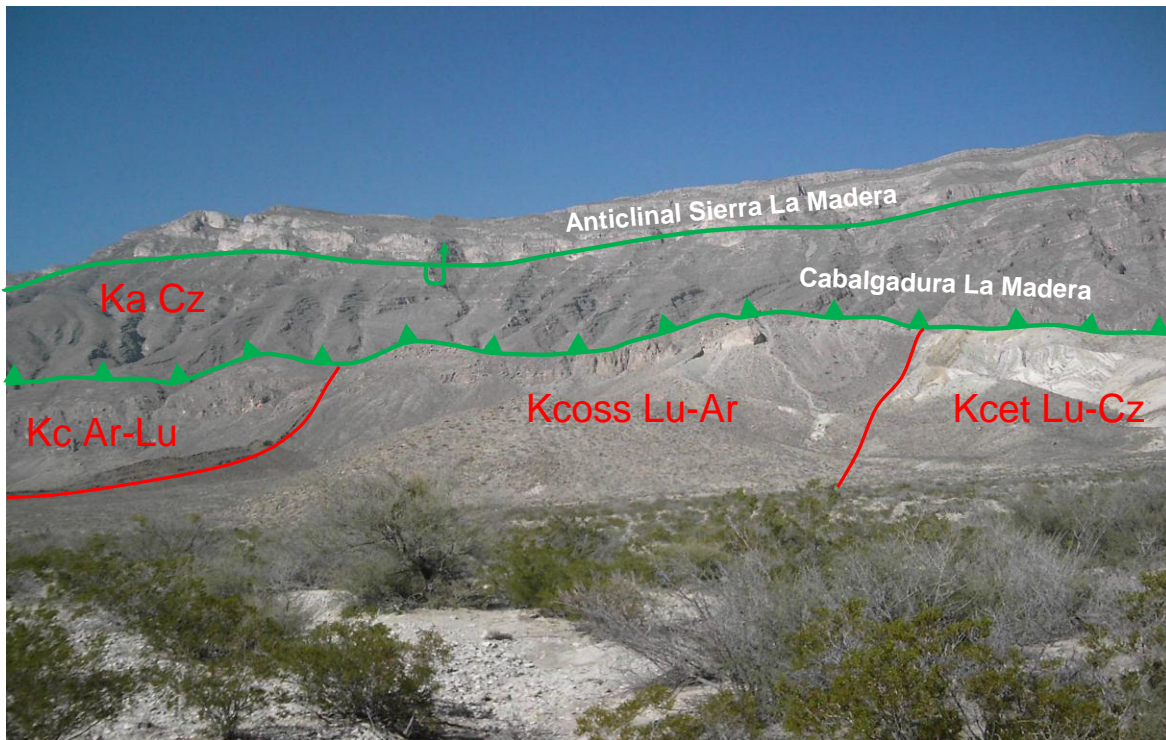


Figura No. IV. 24.- Panorámica de la cabalgadura La Madera y el anticlinal Sierra La Madera

Anticlinal de Menchaca.- Esta estructura es un pliegue anticlinal simétrico con un rumbo general NW-SE, aflorando en su núcleo erosionado de manera restringida la Formación La Mula y en sus flancos se tienen las formaciones La Virgen, Cupido, La Peña y Aurora. Esta estructura tiene continuidad hacia el NW fuera del área de estudio.

Anticlinal El Muerto.- Esta estructura es un pliegue anticlinal simétrico con un rumbo general N-S, aflorando en su núcleo rocas masivas de la Formación Aurora y en sus flancos se tienen las formaciones Kiamichi, Georgetown, Del Río y Buda. Esta estructura tiene cierre periclinal hacia el sur.

Anticlinal La Madera.- Se localiza sobre la sierra Agua Chiquita, en la porción oriente del área. Es un pliegue de rodilla cuyo eje tiene dirección NW-SE, 8 km de longitud y 1 km de ancho. El flanco poniente es el único que se encuentra dentro del área de estudio, está representado por capas con inclinaciones de 85° al SW de las formaciones Kiamichi, Georgetown, Del Río y Buda; mientras que en su núcleo afloran calizas masivas de la Formación Aurora.

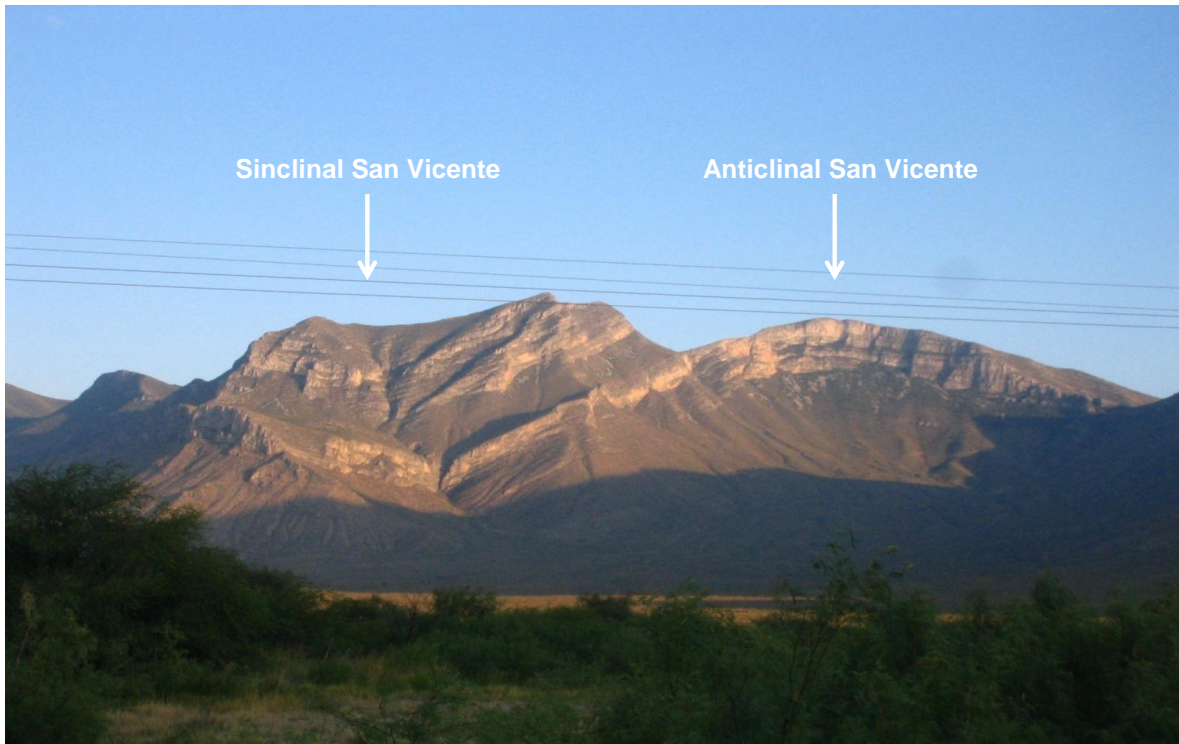


Figura No. IV.25.- Panorámica del anticlinal San Vicente y sinclinal San Vicente en la sierra Chiquita, porción Este de la zona.

Anticlinal San Vicente.- Localizado al oriente del anticlinal La Madera, sobre la sierra de Agua Chiquita. Se trata de un anticlinal simétrico que presenta una dirección NW-SE, 7 km de largo por 1 km de ancho. Tanto en su núcleo como en sus flancos afloran calizas masivas de la Formación Aurora. **(Figura No. IV.25)**

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

Anticlinal Barril Viejo.- Se localiza sobre la sierra La Purísima en la porción sureste del área. Se trata de una estructura anticlinal simétrica que expone solamente su parte norte, su parte sur se encuentra fuera del área de estudio. Presenta un rumbo general N-S con cierre periclinal al norte, más de 10 km de longitud y 3 km de ancho. En su núcleo aforan las formaciones San Marcos, Barril Viejo y Pátula; en su flanco poniente se encuentran aflorando las formaciones Cupido, Peña, Aurora, Kiamichi, Georgetown, Del Río y Buda, mientras que en su flanco oriente únicamente se pudieron identificar las formaciones Cupido, Peña y Aurora.

Anticlinal La Purísima.- Se localiza sobre la sierra La Purísima en la porción sureste del área. Se trata de una estructura anticlinal simétrica que expone solamente su parte norte, su parte sur se encuentra fuera del área de estudio. Presenta un rumbo general N-S con cierre periclinal al norte, más de 10 km de longitud y 3 km de ancho. En su núcleo aforan las formaciones Cupido y Peña, mientras que en sus flancos calizas masivas de la Formación Aurora.

Anticlinal San Antonio.- Se localiza al poniente de la sierra Agua Chiquita y al oriente de la sierra La Purísima, en la porción oriente del área. Se trata de un anticlinal simétrico con cierre periclinal al norte que presenta un rumbo general N-S, 7 km de largo y 3 km de ancho. En su núcleo parcialmente erosionado afloran las formaciones Cupido y La Peña, mientras que en sus flancos calizas masivas de la Formación Aurora.

Anticlinal Los Bueyes.- Se localiza al oriente del sinclinal Oriental, al poniente de la sierra Agua Chiquita y al oriente de la sierra La Purísima. Es una estructura recumbente al SW, de rumbo general NW-SE, 17 km de largo y 3 km de ancho. En su núcleo aflora las formaciones La Mula, Cupido y La Peña, mientras que en sus flancos las formaciones Aurora, Kiamichi y Georgetown, de estos el flanco poniente es el único que se encuentra dentro del área de estudio.

Sinclinal La Purísima.- Se localiza al oriente del anticlinal Barril Viejo y al poniente del anticlinal La Purísima, sobre la sierra La Purísima en la porción sureste del área de estudio. Se trata de un sinclinal simétrico en su parte norte y recumbente al SW en su parte sur, presenta una dirección general NW-SE, 8 km de largo por mas de 3 km de ancho. Su núcleo y flancos se encuentran constituidos por caliza de la Formación Aurora.

Sinclinal San Vicente.- Localizado al oriente del anticlinal San Vicente, sobre la sierra Agua Chiquita. Se trata de un sinclinal simétrico que presenta una dirección NW- SE, 8 km de largo y 1 km de ancho. Tanto en su núcleo como en sus flancos afloran calizas masivas de la Formación Aurora. Sus flancos presentan inclinaciones similares menores de 20°. **(Figura No. IV.25)**

Sinclinal Agua Nueva.- Se localiza al oriente del anticlinal La Purísima y al poniente del anticlinal San Antonio, al oriente de la sierra La Purísima en la porción sureste del área de estudio. Se trata de un sinclinal simétrico, presenta una dirección general N-S, 15 km de largo por más de 3 km de ancho. En aproximadamente 10 km se infiere su presencia porque la traza del eje se encuentra cubierta por aluvión. Tanto en su núcleo como en sus flancos afloran calizas masivas de la Formación Aurora, aunque en su parte norte se encuentra cubierto por aluvión.

Sinclinal Oscuro.- Se localiza al oriente del anticlinal San Antonio y al poniente del anticlinal Los Bueyes, en zona donde converge el extremo noreste de la sierra La Purísima con la esquina suroeste de la sierra Agua Chiquita. Es un pliegue muy apretado que se originó por el buzamiento del anticlinal San Antonio hacia el norte, se manifiesta recumbente al NE en la porción norte, normal en la parte central y recumbente al oriente en su porción sur. Su eje tiene una longitud aproximada de 7 km. La porción sur, que corresponde aproximadamente a un tercio de la estructura, sigue una dirección aproximada N-S, la otra parte sigue la dirección NW 40° SE. La inclinación de su flanco poniente varía de 17° a 72° al NE, en tanto

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

que en el flanco oriente la inclinación de las capas varía de 19° a 75° también al NE. En su núcleo aflora la Formación Del Río y en los flancos se encuentran las formaciones Georgetown, Kiamichi y Aurora.

IV.3.2.- Deformación Frágil

Fallas

Falla Nuevo Atalaya.- Se trata de una falla normal que se localiza en la porción centro-sur del área, presenta un rumbo general este - oeste, con 85° al sur, esta estructura divide a la sierra en dos anticlinales menores: Anticlinal Nuevo Atalaya y Anticlinal El límite, mientras que el primero presenta un drenaje paralelo el segundo es mas dendrítico a subparalelo. Aloja tanto en su núcleo calizas masivas de la Formación Aurora, su flanco poniente se encuentra cabalgando sobre los sedimento de la isla de Coahuila.

V.- CONCLUSIONES

- El Valle de Cuatro Ciénegas se ubica en la porción centro del estado de Coahuila, en el municipio de Cuatro Ciénegas de Carranza, Coahuila. Geográficamente se encuentra limitada por las coordenadas $26^{\circ} 41' 06''$ y $27^{\circ} 04' 55.2''$ de latitud norte, y los meridianos $101^{\circ} 43' 37.2''$ y $102^{\circ} 29' 56.4''$ de longitud oeste, cubre una superficie aproximada de 2188.5 km^2 .
- Fisiográficamente, se ubica dentro de la provincia de Sierras y Cuencas, subprovincia Alto de Coahuila y Sierra Madre Oriental, subprovincia Sierra Norte.
- La zona se encuentra en el límite paleogeográfico de la Isla de Coahuila y el Golfo de Sabinas, representado por una falla inversa denominada en este trabajo como Cabalgadura Sierra La Madera. Puede corresponder a la traza de la Falla San Marcos.
- La Columna estratigráfica para el Golfo de Sabinas esta representada por las formaciones: San Marcos, Barril Viejo, Pátula, La Mula, La Virgen, Cupido, La Peña, Aurora, Kiamichi, Georgetown, Del Río, Buda, Eagle Ford, Austin y Upsón. En general se constituye de una secuencia clástica en la base, una carbonatada intermedia y otra clástica en la cima.
- La Columna estratigráfica para la Isla de Coahuila esta representada por las formaciones: Acatita, Treviño, Indidura, Parras y Grupo Difunta (Formación Cerro del Pueblo). En general se constituye por una secuencia evaporítica en la base y una secuencia clástica en la cima.
- Las estructuras que se presentan en el valle, están relacionadas a la deformación compresiva de la Orogenia Laramide a finales del Cretácico y principios del Terciario.

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciéneas, Coahuila, México.

- Se pudieron identificar dos dominios estructurales, uno que involucra al basamento (Isla de Coahuila) con deformación incipiente y otra que solo incluye zonas de despegue en la cubierta sedimentaria (Golfo de Sabinas) con una intensa deformación.
- El aspecto estructural, especialmente el límite paleogeográfico (Cabalgadura Sierra La Madera) está muy involucrado con la presencia de agua en la región.

BIBLIOGRAFÍA.

Arias, G. M. A., Parga, P. J. J., Sánchez, S. E., Durán, M. H. A., (1993). Monografía Geológico-Minera del Estado de Coahuila, p. 18. Servicio Geológico Mexicano.

Barbosa, L. D., Santiago, C. B., Izaguirre, R. M. A., Martínez, R. C., Gracia, V. M., (1997). Carta Geológico-Minera Monclova, G14-4, Escala 1:250,000 Estados de Coahuila y Nuevo León, Informe técnico, inédito.

Barbosa, L. D., Santiago, C. B., Izaguirre, R. M. A., Martínez, R. C., Gracia, V. M., (1998). Carta Geológico-Minera Tlahualilo de Zaragoza, G13-6, Escala 1:250,000 Estados de Coahuila, Durango y Chihuahua, Informe técnico, inédito.

Barbosa, L. D., (1998). Carta Geológico-Minera Tanque Nuevo, G13-B69, Escala 1:50,000 Estado de Coahuila, Informe técnico, inédito.

Barragán-Manzo, R., Díaz-Otero, C, (2004). Análisis de microfacies y datos micropaleontológicos de la transición Barremiano-Aptiano en la Sierra del Rosario, Durango, Mexico: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 21(2), 247-259.

Burrows, R.H., (1910). Geology of northern Mexico: Bol. Soc. Geol. Mex., v.7, p. 85-103.

Campa, M. F., Coney, J. P., (1983). Terrenos Tectono - Estratigráficos y Distribución de los Recursos Minerales en México. Can. J. Earth Sci. 20, p.p.c 1040 - 1051, 1983.

Charleston, S.A., (1973). Stratigraphy, Tectonics and Hydrocarbon Potencial of the Lower Cretaceous, Coahuila series, Coahuila, México. A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy (Geology) in the University of Michigan, 268 p.

Chávez-Cabello, G., (2005). Deformación y magmatismo Cenozoico en el sur de la Cuenca de Sabinas, Coahuila, México: Juriquilla, Querétaro, Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias, Tesis doctoral, 226 p.

Chávez Ccabello, G., Aranda G. J. J., Molina G. R. S., Cossío T. T., Arvizu G. I. R., González N. G., (2005). La falla San Marcos: una estructura jurasica del basamento multireactivada del noroeste de México. Bol de la Sociedad Geológica Mexicana, vol 57, pp. 27-52.

Cobban, W.A., Hook, S.C., McKinney, K.C., (2008). Upper Cretaceous molluscan record along a transect from Virden, New Mexico, to Del Rio, Texas: New Mexico Geology, 30(3), 75-92.

Comisión Nacional del Agua (1998). Estudio de Reactivación de Redes de Monitoreo del Acuífero Cuatro Ciénegas-Ocampo.

Comisión Nacional de Agua (2001). Estudio Geohidrológico de Cuatro Ciénegas.

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

Comisión Nacional del Agua (2002). “Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Cuatro Ciénegas, Estado de Coahuila”.

Coney, P. J., (1978). Mesozoic-Cenozoic Cordilleran plate tectonics, In: Schmidt, R. B. y Eaton, G. P., eds., Cenozoic tectonics and regional geophysics of the western Cordillera. Geological Society of America Memoir 152, p. 33-50.

Coney, P. J., and Campa, U. M. F., (1987). Lithotectonic terrane map of México. United States of America, Geological Survey Miscellaneous Field Studies Map MF-1874-D. Sheet 1, scale 1:10,000,000.

Damon, P. E., Shafiqullah, M. and Clark, K. F., (1981). Age trends of igneous activity in relation to metallogenesis in the southern Cordillera. Arizona Geological Society Digests, v. 14, p. 137-154.

Dickinson, W. R. y Coney P. J., (1980). Plate Tectonic Constraints on the Origin of the Gulf of Mexico, in: Pilger R.H., ed., The Origin of the Gulf of Mexico and the Early Opening of the Central North Atlantic. Symposium, Baton Rouge, La., pp. 27-36.

Dietz y Holden, (1970). Reconstrucción preliminar de la historia de la fragmentación de Pangea.

Dumble, E. T., (1892). Notes on the geology of the valley of the middle Rio Grande: Geological Society of America Bulletin, v. 3, p. 219-230

Eguiluz de A. S., (1991). Discordancia Cenomaniana sobre la Plataforma de Coahuila, Bol. AMGP, vol. XLI, Núm. 1, p.1-17.

Eguiluz de A. S., (2001). Geologic Evolution and Gas Resources Resources of the Sabinas Basin in Northeastern Mexico, in Bartolini, C., Buffler, T., R., Cantú-

Chapa, A., eds., The western Gulf of Mexico Basin: Tectonics, sedimentary basins, and petroleum systems: The American Association of Petroleum Geologists Memoir 75, 241-270.

Eguiluz, A. S. and Amezcua, N., (2003). Coalbed methane resources of the Sabinas Basin, Coahuila, México, in C. Bartolini, R.T. Bluffer, and J. Blickede, eds., The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics: AAPG Memoir 79, p. 395-402.

Escalante M. J. C., Rocha, R. M., Chiapa, G.R.R., Bastida, J.R., (2002). Carta Geológico-Minera Ciudad Acuña, H14-7, Escala 1:250,000 Estado de Coahuila. Informe técnico.

Flawn, P. T. and Maxwell, R. A., (1958). Metamorphic rocks of the Sierra del Carmen, Coahuila, México: American Association of Petroleum Geologists, v. 12, p. 2245-2249.

Flawn, F. T., Goldstein, A. Jr., King, P. B., and Weaver, C. E., (1961). The Ouachita System: Texas University, Publication 6120, Austin, Texas, p. 401.

Flawn, P. T., (1961). Rocas metamórficas en el armazón tectónico de la parte septentrional de México: Bol. Asoc. Mex. Geólogos Petroleros, v. 13, p. 105-116.

Fondo Mundial para la Naturaleza y Protección de la Fauna Mexicana, A. C. (1999). Planeación del uso del agua en el Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

Freeze R. A., and J A. Cherry, (1979). Groundwater. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey 07632.

Garza, G. R., (1973). Estudio geológico prospecto San Pedro del Gallo, Dgo. y Coah. Informe NE-M 1240. Inédito. Petroleos Mexicanos.

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

González-Sánchez, F., Puente-Solís, R., González-Partida, E., Camprubí, A., (2007). Estratigrafía del Noreste de México y su relación con los yacimientos estratoligados de fluorita, barita, celestina y Zn-Pb. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Tomo LIX, Num. 1, 2007, P. 43-62.

Hill, R. T., (1887). The topography and geology of the Cross Timbers and surrounding regions in northern Texas, Am. Jour. Sc. (3), 33: 291-303, map, Rv. Am. Nat. 21:172.

Hill, R. T., (1891). Preliminary notes on the topography and geology of northern Mexico and southwest Texas and New Mexico, Amer. Geologist, V. 8., No.3, p. 133-141.

Hill, R.T. and Vaughn, T.W. (1898). The Lower Cretaceous Gryphæas of the Texas Region. United States Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Bulletin 151, 66 pp.

Humphrey, W. E., (1949). Geology of the Sierra de los Muertos area, Mexico (with description of Aptian cephalopods from La Peña Formation): Geological Society of America Bulletin, 60, 89-176.

Humphrey, W. E., and Diaz, G. T., (1956). Jurassic and Lower cretaceous stratigraphy and tectonics of northeast Mexico-Informe Geológico NE-M 799. Inédito. Petróleos Mexicanos.

Humphrey, W. E., (1956). Tectonic Frame work of Northeast of Mexico. Trans Gulf coast Assoc. Geol. Soc. Vol. VI.

Humphrey, W. E., Díaz, T., (2003). Jurassic and Lower Cretaceous Stratigraphy and Tectonics of Northeast Mexico: Bureau of Economic Geology, report of investigations 267, 141-144.

<http://www.ine.gob.mx/emc-cuatrocieneegas/471-emc-cuatrocieneegas-mediciones>

Instituto Nacional de Ecología (2004). Conservación, (in)sustentabilidad y agua: el caso de los valles de Cuatrociénegas y El Hundido.

Imlay, R. W., (1936). Evolution of the Coahuila Península, Mexico, part IV, geology of the western part of the sierra de Parras: Geological Society of America Bulletin, v. 47, p. 1091-1152.

Imlay, R. W., (1937). Geology of the middle part of the sierra de Parras, Coahuila, Mexico: Geological Society of America Bulletin, 48, 567-630.

Imlay, R. W., (1938). Studies o the Mexican Geosyncline, Bulletin of the Geological Society of America, 49 (1), 1651-1694.

Imlay, R. W., (1940). Lower Cretaceous and Jurassic Formations of Southern Arkansas and Their Oil and Gas Possibilities. Arkansas Geological Survey, Information Circular 12.

Imlay, R. W., (1944). Correlation of the Cretaceous formations of the Greater Antilles, Central America, and Mexico: Geological Society of America Bulletin, 55, 1005-1046.

Instituto Mexicano de Tecnología de Agua, (2005). Evaluación del funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos El Hundido y Cuatrociénegas, Instituto Mexican de Tecnología de Agua, México, D.F., 292 pp.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (1981). Cartas Hidrológicas de Aguas Superficiales, escala 1: 250,000: Ocampo G13-3, Nueva Rosita G14-1, Monclova G14-4 y Tlahualilo de Zaragoza G13-6.

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (1985). Cartas geológica, escala 1:250,000: Ocampo G13-3, Nueva Rosita G14-1, Monclova G14-4 y Tlahualilo de Zaragoza G13-6.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (1997). Mapas de climas 1:1,000,000 (clasificación Köppen (1936), modificada para la República Mexicana por E. García (1964))

ININSA, S. A., (1980). Estudio Geohidrológico Preliminar de la Zona Cuatrociénegas-Ocampo, Coahuila. Realizado para DGZA de SARH.

Kelly, W. A., (1936). Geology of the mountains bordering the Valleys of Acatita and Las Delicias: Geological Society of America Bulletin, 47, 1019-1047.

Lehmann, C., Osleger, D.A., Montañez, I.P., Sliter, W., Arnaud-Vanneau, A., Banner, J., (1999). Evolution of Cupido and Coahuila carbonate platforms, Early Cretaceous, northeastern Mexico: Geological Society of America Bulletin, 111(7), 1010-1029.

López-Doncel, R., Navarro-Moctezuma, A., (2007). Estudio estratigráfico-microfacial de los depósitos del Aptiano – Albiano inferior en la porción occidental de San Luis Potosí, centro-oriente de México y su relación con la incipiente Plataforma Valles – San Luis Potosí: GEOS, 27(1), p. 108.

Martínez, R. C. J., Izaguirre, R. M. A., (1996). Carta Geológico-Minera Llano El Guaje G13B15, escala 1:50,000: Pachuca, Hidalgo, México, Servicio Geológico Mexicano (Antes Consejo de Recursos Minerales), informe, 66 p

Martínez, R. L., Miranda, H. A., Sánchez, G. E., Pérez, V. M. A., (2000). Carta Geológico-Minera Nueva Rosita, G14-1, Escala 1:250,000 Estados de Coahuila y Nuevo León. Informe técnico, inédito.

McBride, E. F. and Caffey, K. C., (1979). Geologic report on Upper Cretaceous coal-bearing Rock, Rio Escondido Basin, Coahuila, Mexico, Bol. Soc. Geol. Mex. XL. no. 1 y 2, p. 21-47.

McKee, J. W., Jones, N. W., Long, L. E., (1984). History of recurrent activity along a major fault in northeastern Mexico: *Geology*, 12,103-107.

McKee, J. W., Jones, N. W., Anderson, T. H., (1988). Las Delicias Basin: a record of late Paleozoic arc volcanism in northeastern Mexico: *Geology*, 16, 37-40.

McKee, J. W., Jones, N. W., Long, L. E., (1990). Stratigraphy and provenance of strata along the San Marcos fault, central Coahuila, Mexico: *Geological Society of America Bulletin*, 102, 593-614.

McKee, J. W., Jones, N. W., Anderson, T. H., (1999). Late Paleozoic and early Mesozoic history of the Las Delicias terrane, Coahuila, México, en Bartolini, 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, 161-189.

Merrit, L., (1980). Sandstone diagenesis and porosity development in Olmos, San Miguel, and Upson Formations (Upper Cretaceous), northern Rio Escondido Basin, Coahuila, Mexico. *Transactions – Gulf Coast Association of Geological Societies* Vol. XXX, p. 259-264.

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

Minckley, W. L., (1969). Environments of the Bolsón of Cuatro Ciénegas, Coahuila, México, with special reference to the aquatic biota. University of Texas, El Paso. Science Series 2, 65 pp.

Montañez, C. A., Ramírez, G. J. G., Escalante, M. J. C., Luévano, P. A., López L. M., (2000). Carta Geológico-Minera Concepción del Oro, G14-10, Escala 1:250,000, Estados de Coahuila y Nuevo León, Informe técnico.

Montiel, J., Amezcua, N., Reyes, R. N. A., Maldonado, L. J. M., Aranda, O. J. N., Santiago, C. B., (2005). Servicio Geológico Mexicano, Carta Geológico-Minera Estado de Coahuila, Escala 1:500,000.

Murray, G. E., D. R Boyd, C. O. Durham, Jr., R. H. Forde, R. M. Lawrence, P. D. Lewis, K. G. ;Martin, Jr A. E. Weidie, Jr., W. P. Wilbert and Wolleben J. A., (1960). Stratigraphy of Difunta Group, Parras Basin, States of Coahuila and Nuevo Leon, Mexico. Copenage, International Geolical Congress, 21, part 5, The Cretaceous-Tertiary Bunday, p.82-96.

Murray, G. E., A. E. Weidie, Jr., D. R. Boyd, R. H. Forde, and P. D. Lewis, Jr. (1962). Formational divisions of Difunta Group, Parras Basin, Coahuila and Nuevo León, Mexico. Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., v.46, no.3, p. 374-383.

Padilla y Sánchez R. J.; (1986). Post-Paleozoic tectonics of northeast Mexico and its role on the evolution of the Gulf of Mexico; Revista de la Unión Geofísica Mexicana, auspiciada por el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México. Vol. 25 Número 1, pag. 157- 206. México, D.F. 1° de enero de 1986.

Padilla y Sánchez, (1982). Geologic Map of the Curvature of Monterrey, Mexico.

Padilla y Sánchez, (1982). Geology Evolution of the Sierra Madre Oriental between: Linares, Concepción del Oro, Saltillo and Monterrey, México. University of Texas at Austin.

Padilla, S. R., (1982). Geologic evolution of the Sierra Madre Oriental between Linares, Concepción del Oro, Saltillo and Monterrey, Mexico, The University of Texas at Austin, p.p. 205.

Pérez de la C. J. A., Arzabala, M. J., Tarín, Z. G., De los Santos, M. J., (2000). Geológico-Minera Ocampo, G13-3, Escala 1:250,000 Estado de Coahuila y Chihuahua. Informe técnico, inédito.

Petróleos Mexicanos, (1988). Estratigrafía de la República Mexicana, Mesozoico: México, D.F., Subdirección de Producción Primaria, Coordinación ejecutiva de Exploración, Informe inédito, 216 p.

Petróleos Mexicanos, (1988b). Estratigrafía de la República Mexicana: Mesozoico, Subdirección de Producción Primaria, Coordinación Ejecutiva de Exploración, p. 229.

Raiz, E., (1964). Provincias Fisiográficas de México.

Reyes, R. J. A., Maldonado, L. J. M., Amezcua, N., De la Calleja, M. A., (2006). Servicio Geológico Mexicano, Carta Geológico-Minera Estado de Nuevo León, Escala 1:500, 000.

Rodríguez, M. J. M., et al, (2002). Disponibilidad de recursos hídricos en el cañón de Las Calaveras como una alternativa de abastecimiento de agua para el municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila. Departamento de Biotecnología, Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Coahuila.

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

Roemer (Römer), F., (1852). Die Kreidebildungen von Texas, und ihre organischen Einschlüsse: il., Bonn, Adolph Marcus, 100 pp., 10 pls.

Rogers, C. L., De Cserna, Z., Tavera, A. E., Ulloa, S., (1957). Geología general y depósitos de fosfatos del Distrito de Concepción del Oro, Estado de Zacatecas: Instituto Nacional para la Investigación de Recursos Minerales, Boletín 38, 129 p.

Salinas P. J. C., Arriaga, M. H., Escalona, L. J., López, R. J. E., Montiel, E. J. E., Terán, O. L. A., Librado, F. J., Amezcua, T. N., (2004). Servicio Geológico Mexicano, Carta Geológica del Estado de Chihuahua, Escala 1:500, 000. Sánchez, B., G., Jiménez, H. A., Caballero M. J.A., 2002, Carta Geológico-Minera Manuel Benavides, H13-9, Escala 1:250,000 Estados de Coahuila y Chihuahua. Informe técnico.

Sánchez, B. G., Jiménez, H. A., Caballero, M. J. A., (2002). Servicio Geológico Mexicano, Carta Geológico-Minera Manuel Benavides, H13-9, Escala 1:250,000 Estados de Coahuila y Chihuahua. Informe técnico, inédito.

Santamaría, O. D., Ortuño, A. F., Adatte, T., Ortíz, U. A., Riba, R. A., Franco, N. S., (1991). Evolución geodinámica de la Cuenca de Sabinas y sus implicaciones petroleras del Estado de Coahuila, Tomo I CAO-3508, Instituto Mexicano del Petróleo, Subdirección de Tecnología de Exploración, Gerencia de Investigación Aplicada a la Exploración. 209 p.

Santiago, C. B., Martínez, R. C. J, Sánchez, B. G., Chiapa, G. R., Palacios, G. R., (2000). Carta Geológico-Minera Monterrey, G14-7, Escala 1:250,000, Estados de Coahuila, Nuevo León y Zacatecas, Informe técnico, inédito.

Santiago, C. B., Herrera, M. J. C., Ontiveros, E. E., Martínez, R. L., (2002). Carta Geológico-Minera Piedras Negras H14-10, escala 1:250,000: Pachuca, Hidalgo,

México, Servicio Geológico Mexicano (Antes Consejo de Recursos Minerales), informe, 44 p.

Santiago, C. B., Herrera, M. J. C., Ontiveros, E. E., Martínez, R. L., (2003). Carta Geológico-Minera Piedras Negras, H14-10, Escala 1:250,000 Estado de Coahuila y Chihuahua. Informe técnico.

Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1980). Estudio geohidrologico preliminar en la zona Cuatro Ciénegas, Coahuila.

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2008). Acuerdo por el que se dan a conocer los estudios técnicos del Acuífero 0528 Cuatro Ciénegas y se modifican los límites y planos de localización que respecto del mismo se dieron a conocer en el Acuerdo por el que se dan a conocer los límites de 188 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, los resultados de los estudios realizados para determinar su disponibilidad media anual de agua y sus planos de localización.

Sellards, E. H., Adkins, W. S., Plummer, F. B., (1966). The geology of Texas vol. I Stratigraphy, The University of Texas Bulletin, 5th printing, No. 3232, pp. 1007.

Servicio Geológico Mexicano (1998-2007). Cartas geológico-mineras: El Venado G14-A51, Cuatro Ciénegas G13-B59, Monclova G14-4, Ocampo G13-3, Tlahualilo G13-6 y Carta Estatal de Coahuila.

Servicio Meteorológico Nacional (2000). Normales climatológicas 1971-2000. Estación: 00005009 Cuatro Ciénegas, Coahuila.

Smith, B.D., Smith, D.V., Hill, P.L., Labson, V.F., (2003). Helicopter Electromagnetic and Magnetic Survey Data and Maps, Seco Creek Area, Medina and Uvalde Counties, Texas: Texas, EUA, United States Geological Survey-Edwards Aquifer Authority, Reporte técnico, 60 p.

Marco Geológico – Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.

Stinnesbeck, W., Ifrim, C., Schmidt, H., Rindfleisch, A., Buchy, M. C., Frey, E., González, G. A., Vega, V. F., Cavin, L., Keller, G., Smith, K. T., (2005). A new lithographic limestone deposit in the Upper Cretaceous Austin Group at El Rosario, county of Múzquiz, Coahuila, northeastern Mexico, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 22 (3), 401-418.

Shreve, F., (1944). Rainfall of northern Mexico. *Ecology* 25: 105–111.

Shumard, B. F., (1860). Observations upon the Cretaceous strata of Texas: *Academy of Science of St. Louis Transactions*, 1, 583-590.

Sohl, N. F., E. Martínez, P. Salmerón-Ureña, F. Soto-Jaramillo, (1991). Upper Cretaceous, *The Geology of North America*, vol. J, The Gulf of Mexico Basin, The Geological Society of North America, p. 205-242.

Tardy, M., (1972). Sobre la Estratigrafía de la Sierra Madre Oriental en el Sector de Parras Coahuila: Distinción de las Series Coahuilense y Parrense. *Bol.,332 Soc. Geológica Mexicana*, p. 51-70

Tardy, M., J. Sigal, G. Glacon, (1974). Bosquejo sobre la estratigrafía y paleogeografía de los flysch Cretácicos del sector transversal de Parras. *Sierra Madre Oriental, México.* ; Instituto de Geología, Serie de Divulgación, no. 2 , p. 12-28.

Tiedemann, N.S., (2009). Biostratigraphic age constraints of the Buda Limestone, Big Bend National Park, Trans-Pecos Texas: *EUA, Geological Society of America, Abstracts with Programs*, 41(4), p. 61.

Torres, R., J. Ruiz, P. J. Patchett, J. M. Grajales, (1999). Permo-Triassic continental arc in eastern Mexico: Tectonic implications for reconstructions of southern North America, in Bartolini, C., Wilson, J.L., and Lawton, T.F., eds.,

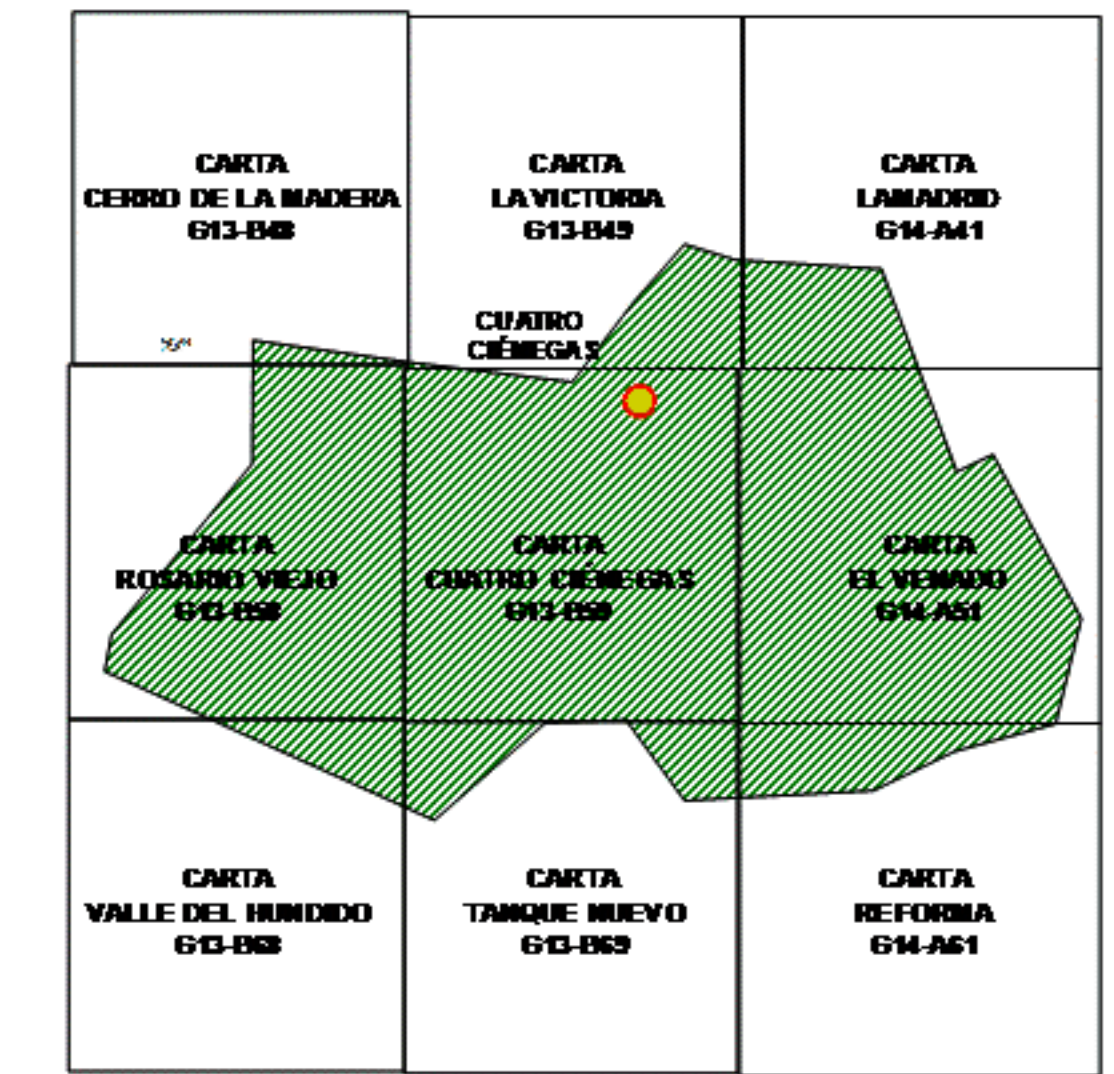
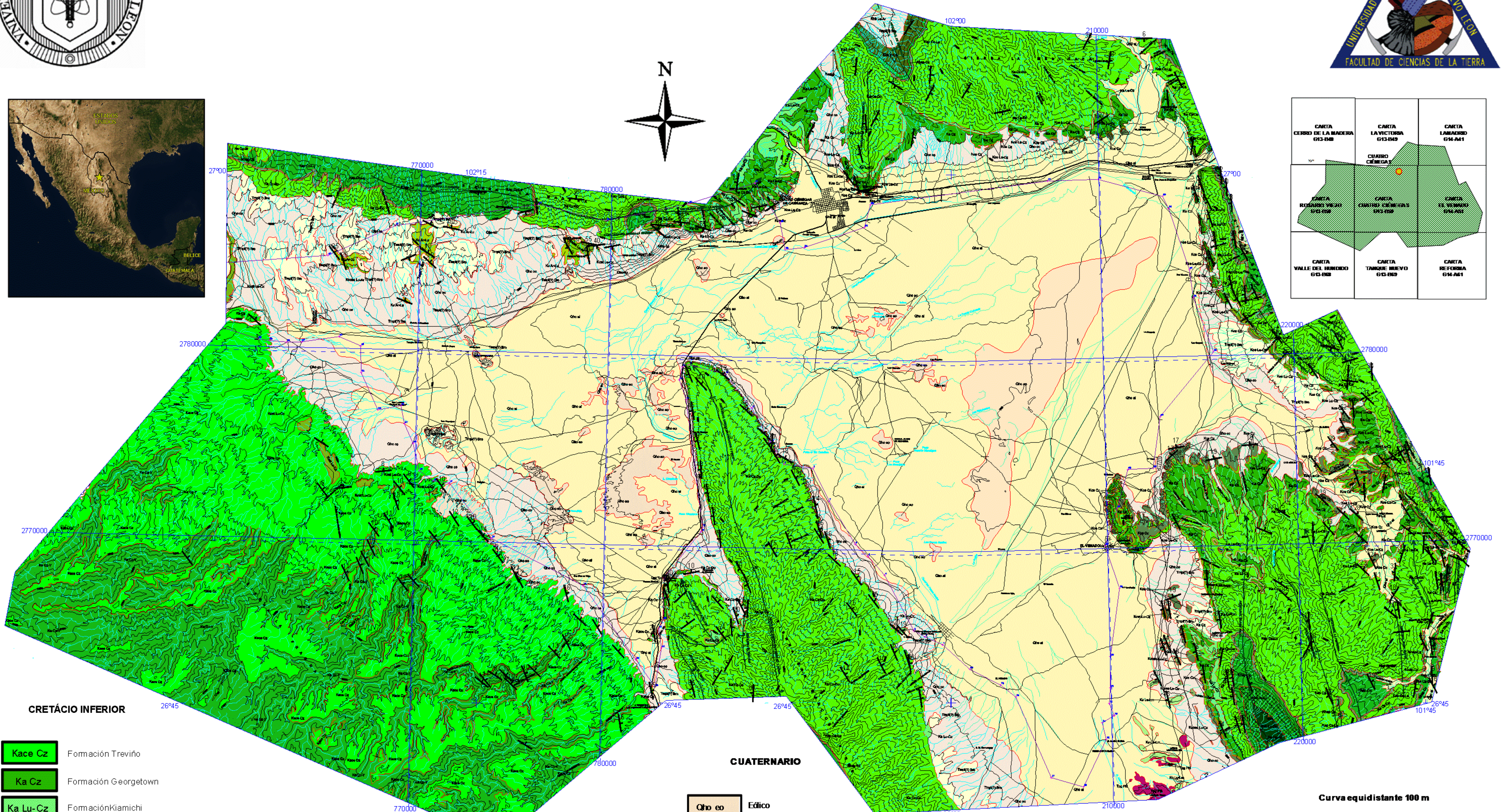
Mesozoic Sedimentary and Tectonic History of North-Central Mexico: Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper 340, p. 191-196.

Trevino, R. H., Smith, C. A., (2002). Facies and Depositional Environments of the Boquillas Formation (resumen), in American Association Petroleum Geologist Meeting, Houston, Texas: EUA, American Association Petroleum Geologist (ed.), p. 17.

Wardlaw, B. R., Furnish, W. M., y Nestell, M. K., (1979). Geology and paleontology of the Permian beds near Las Delicias. Coahuila, Mexico: Geological Society of America Bulletin, v. 90, p. 111-116.



Plano Geológico-Estructural del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México



CRETÁCIO INFERIOR

- Kace Cz** Formación Treviño
- Ka Cz** Formación Georgetown
- Ka Lu-Cz** Formación Kiamichi
- Ka Y-Cz** Formación Acatita
- Ka Cz-Do** Formación Aurora
- Kap Cz-Lu** Formación La Peña
- Khap Cz** Formación Cupido
- Khb Y-Cz** Formación La Virgen
- Khb Lu-Ar** Formación Mula
- Khb Ar-Lu** Formación Pátula
- Kn Lu-Cz** Formación Barril Viejo
- Kn Cg-Ar** Formación San Marcos

CRETÁCIO SUPERIOR

- Kc Ar-Lu** Gpo. Difunta
- Kc Lu-Lm** Formación Upsón
- Kcoss Lu-Ar** Formación Parras
- Kcoss Lu-Cz** Formación Austin
- Kcet Lu-Cz** Formación Indidura
- Kcet Lu-Cz** Formación Eagle Ford
- Kce Cz** Formación Buda
- Kace Lu-Cz** Formación Del Río

TERCIARIO

- Tmp(7)ro** Brecha Oligomíctica

ROCAS INTRUSIVAS

- Tpg PD** Pórfido diorítico

CUATERNARIO

- Qho eo** Eólico
- Qho al** Aluvión
- Qho co** Coluvión
- Qpt Tr** Travertino

ELEMENTOS ESTRUCTURALES

- Falla normal
- Anticlinal
- Sinclinal
- Contacto geológico
- Rumbo y echado

SÍMBOLOS TOPOGRÁFICOS

- Curva de nivel
- Arroyo
- Poblado
- Reserva de flora y fauna
- Camino transitable
- Carretera

Curva equidistante 100 m

ESCALA 1: 100,000



ANEXO No. 2

Ing. Guadalupe Ramírez G
Servicio Geológico Nacional
Saltillo, Coah.

Estimado Ing. Ramírez G., le envío los resultados de los análisis de las muestras, de las cuales se realizaron secciones delgadas para la determinación de edad.

Muestra GC 021

Esta muestra es una biomicrita, wackestone con foraminíferos planctónicos (hedbergélidos) muy abundantes, radiolarios y espículas.

Esta muestra tiene laminaciones finas y se observan intercalaciones de mayor a menor contenido de materia orgánica.

La abundancia de hedbergélidos sugiere una edad del Albiano. Esta edad puede ser también interpretada por la presencia de *Aff. Deflandronella veracruzana* (Fig. 1), que indica una edad del Aptiano Tardío al Albiano Temprano.

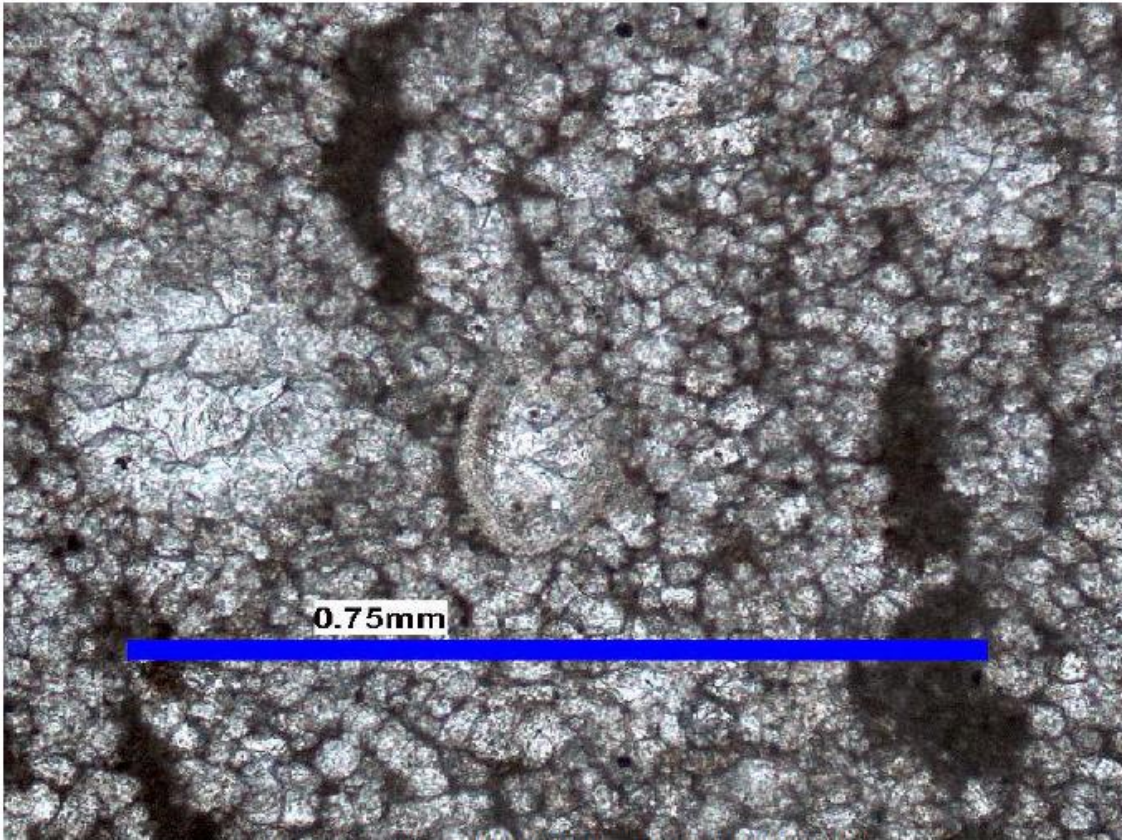


Fig. 1. CG 021. *Aff. Deflandronella veracruzana*

ANEXO No. 2



Fig. 2. GC 060. *Pithonella ovalis*

Muestra GC 060

Se trata de una biomicrita, wackestone a packestone con radiolarios, espículas, foraminíferos planctónicos (hedbergélidos, heterhelícidos y globigerínidos). Se observan fragmentos de lamelibranquiados, gasterópodos, ostrácodos y un alto contenido de cristales de hierro.

Se identificó *Pithonella ovalis* (Fig. 2), que indica una edad del **Albiano Medio al Turoniano Temprano**.

Nota: el informe original se editó para poder enviarlo en tres partes via correo electrónico, por lo que parecerá diferente en cuanto a formato, pero no en contenido.

Esperando que la información le sea de utilidad, lo saludo con afecto.

Hacienda de Guadalupe, Linares, N.L., a 1 de noviembre del 2007

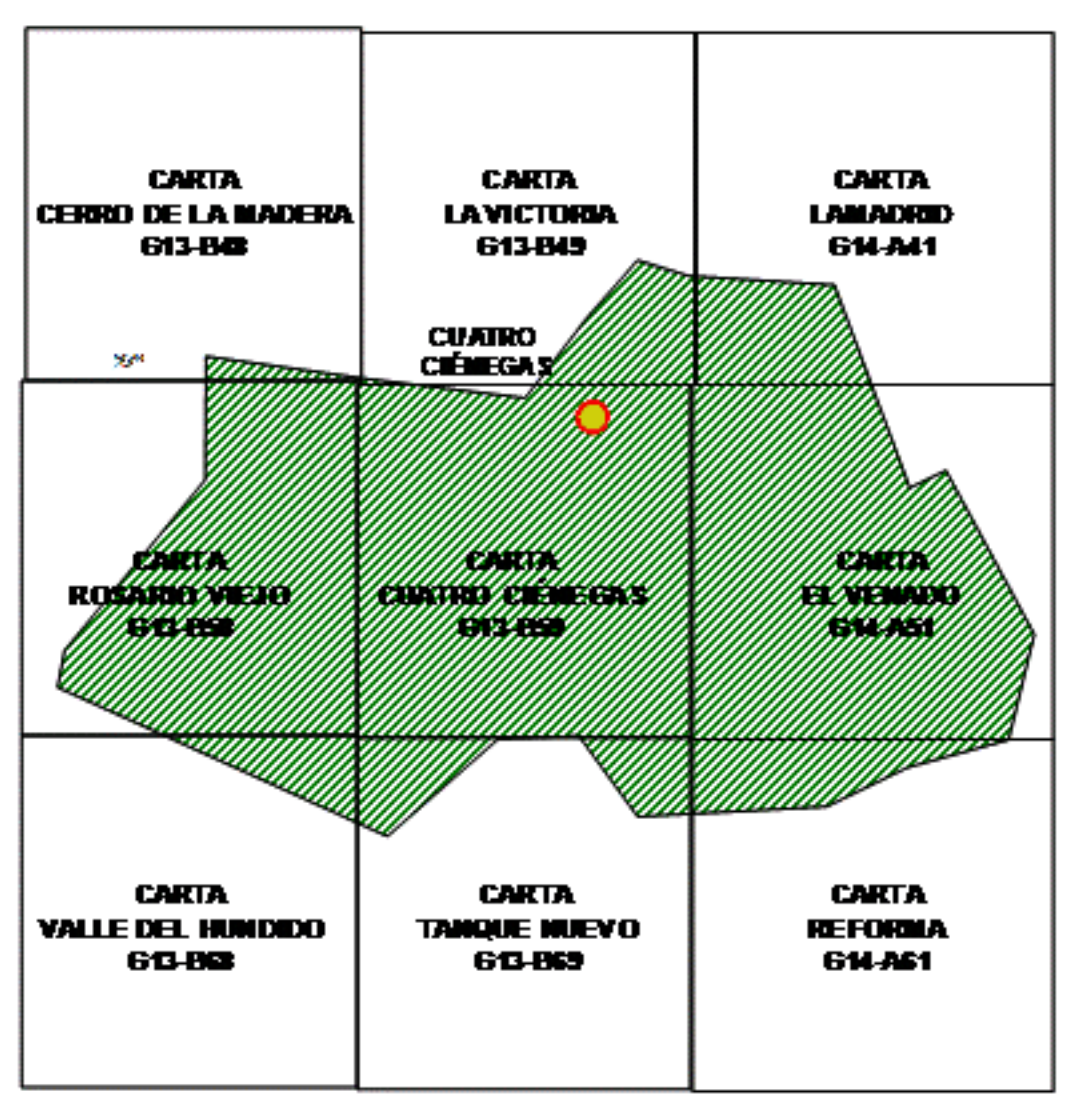
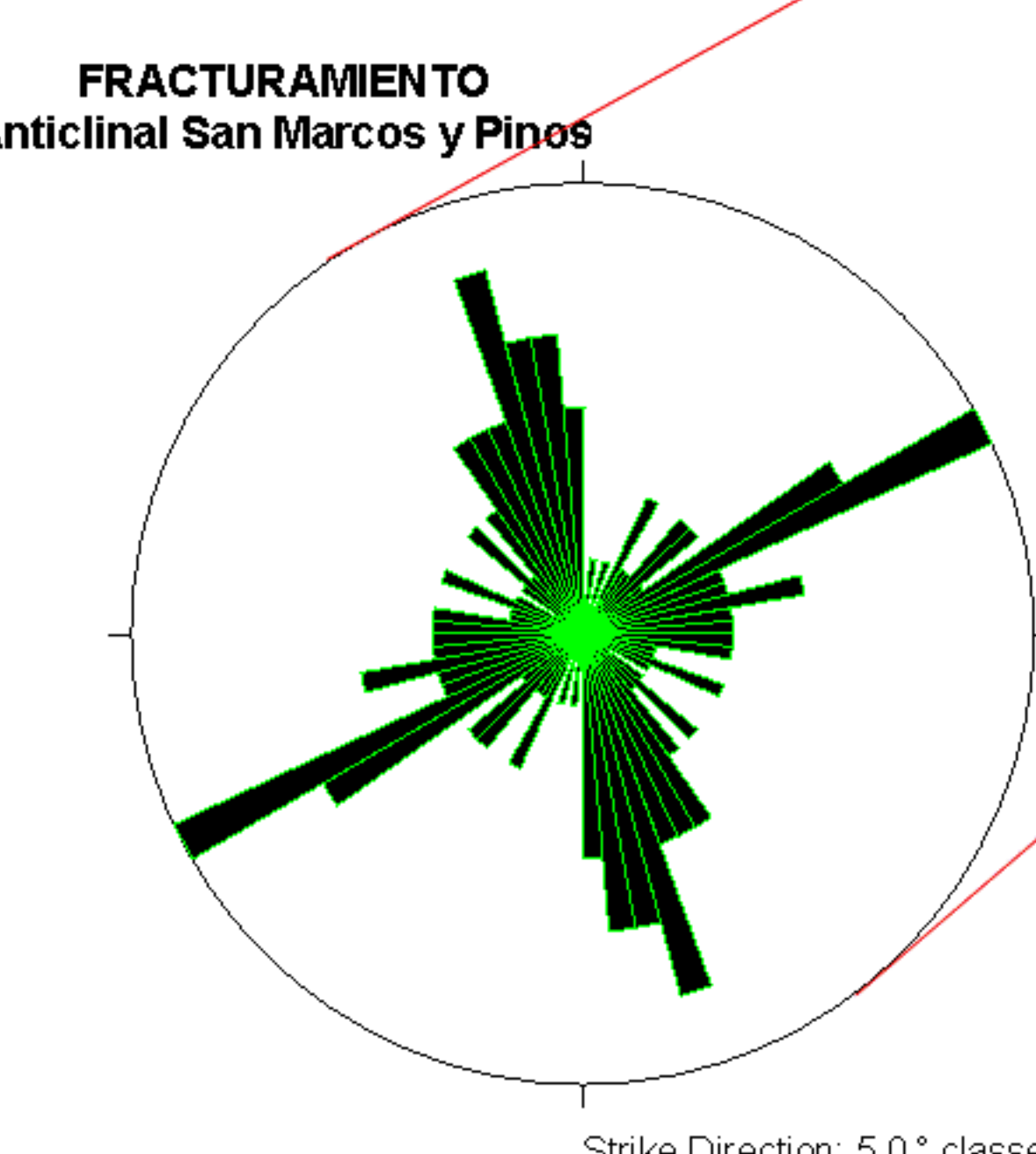
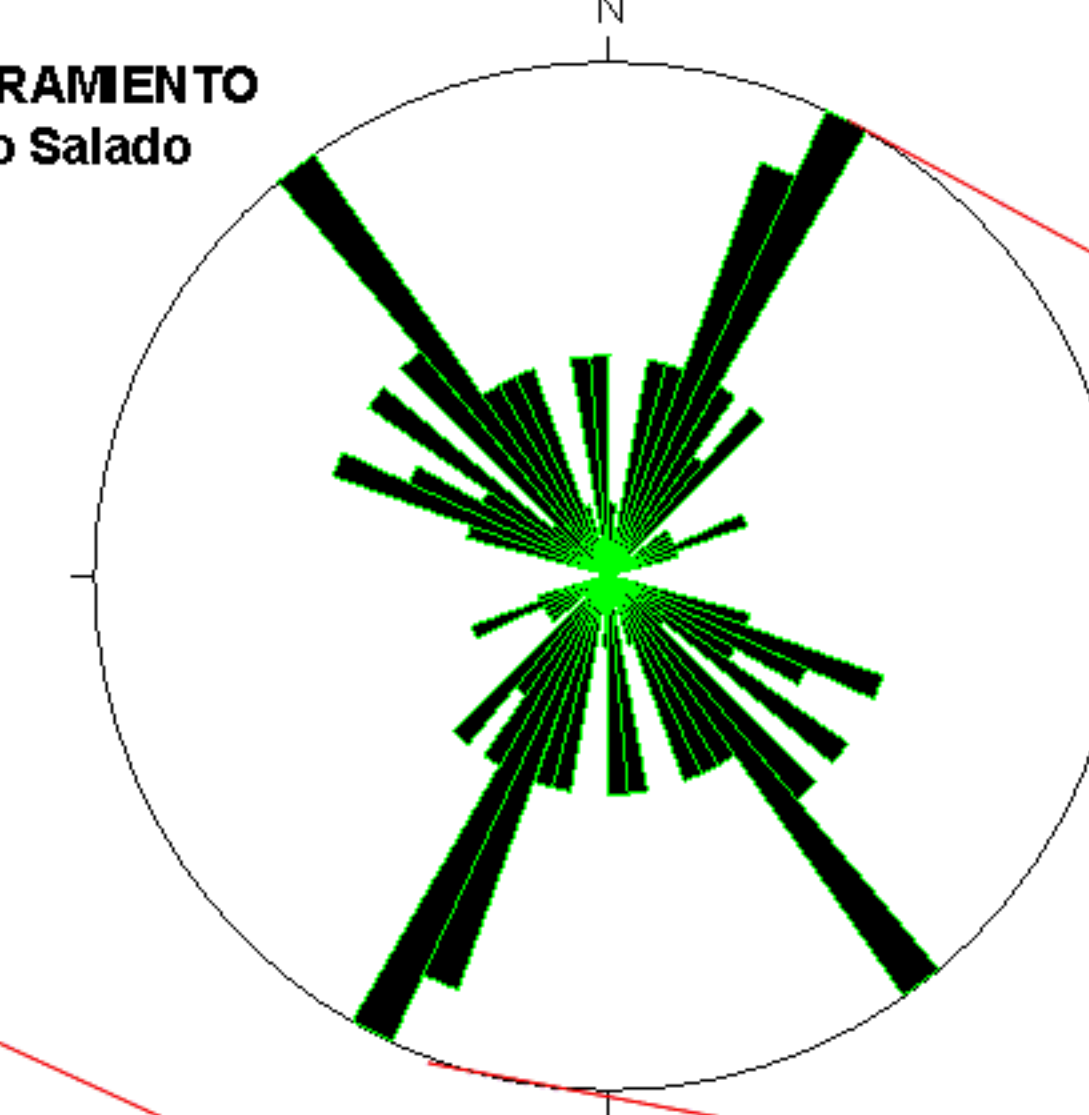
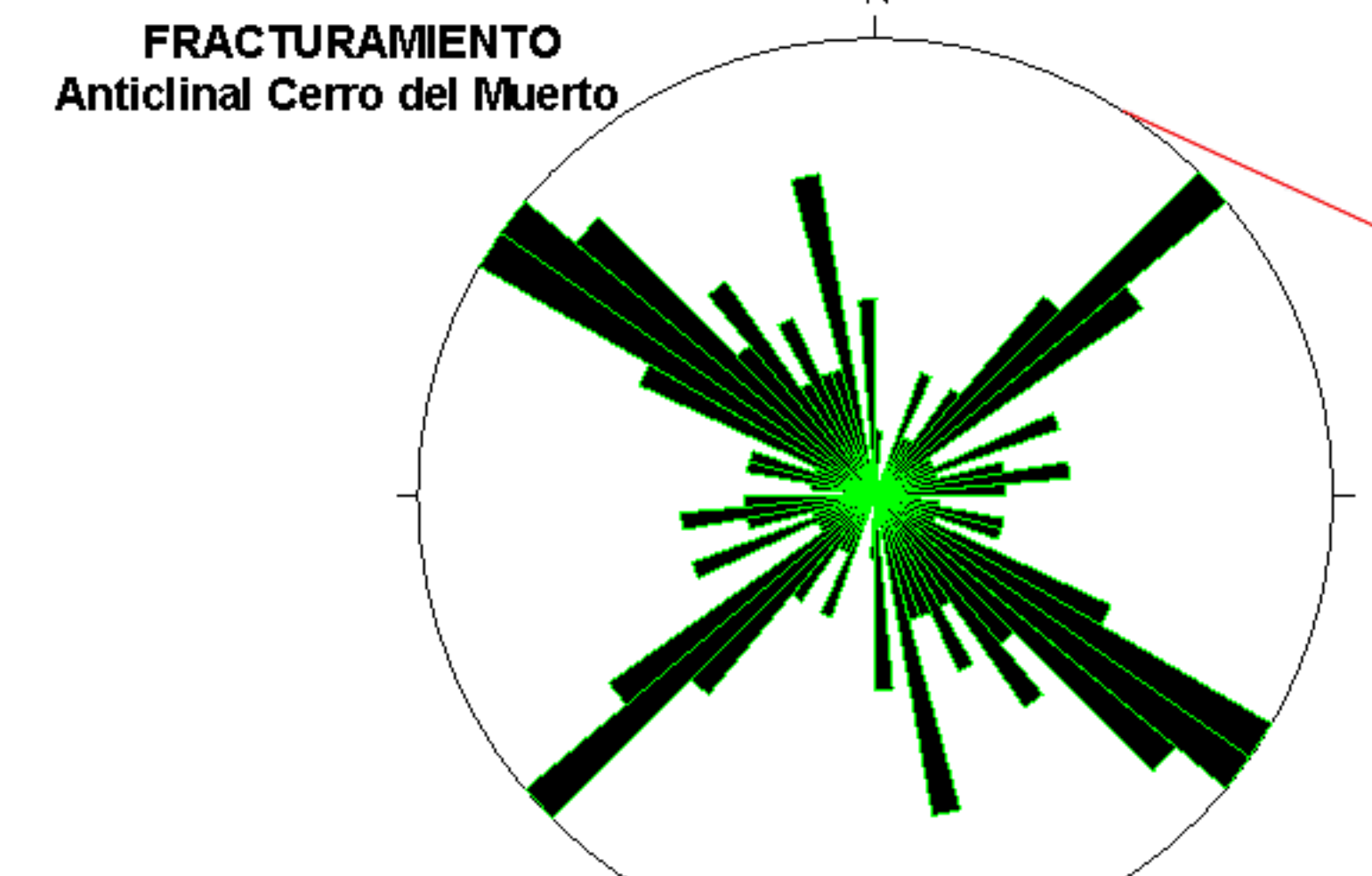
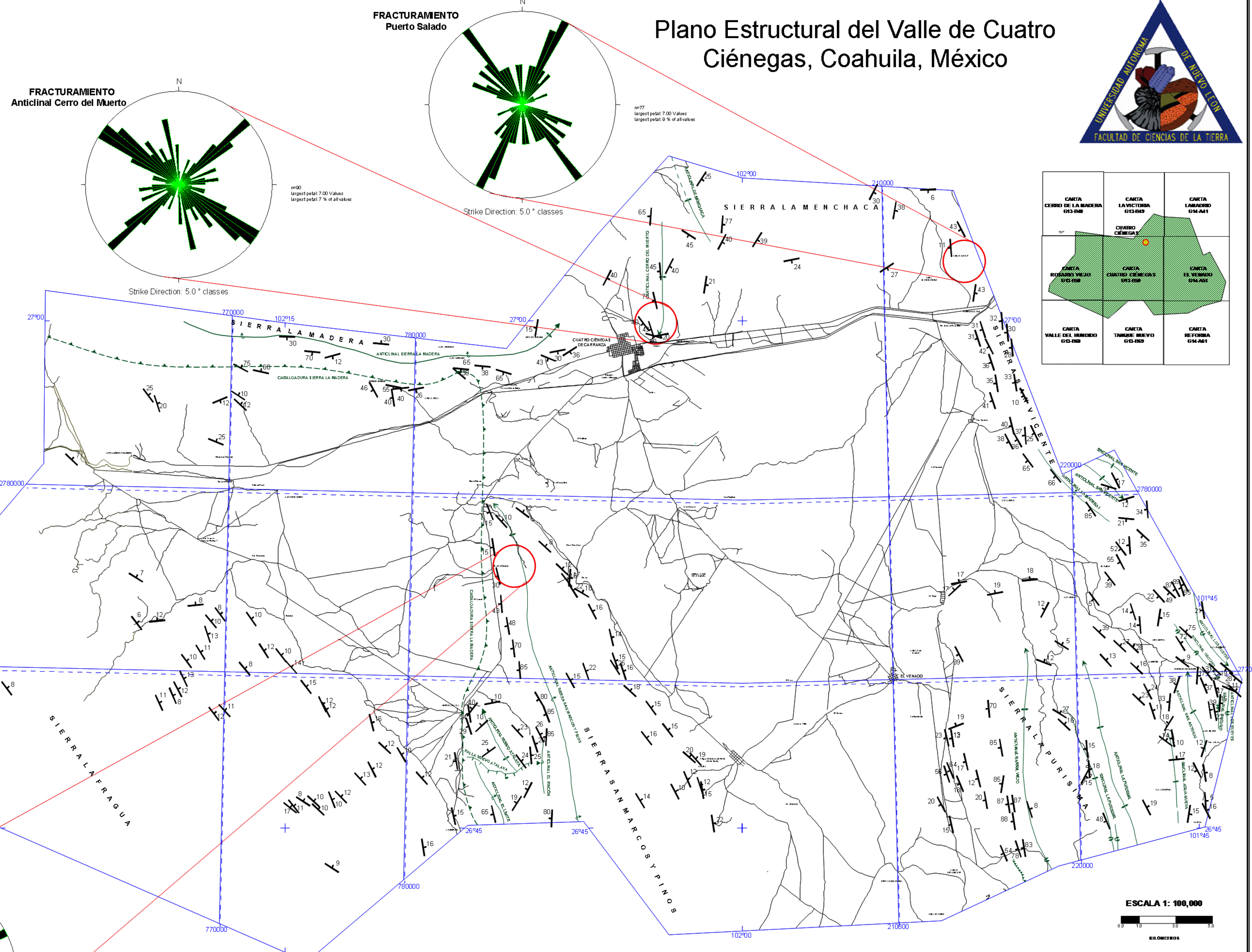
A handwritten signature in black ink, consisting of stylized initials and a surname, positioned above the printed name of the author.

Dr. José Guadalupe López Oliva
Profesor Titular C,
Investigador Nacional Nivel II

C.c.p. Archivo.



Plano Estructural del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México



ELEMENTOS ESTRUCTURALES

- Falla normal
- Cabalgadura inferida
- Anticinal
- Sincinal
- Rumbo y echado

SÍMBOLOS TOPOGRÁFICOS

- Poblado
- Camino transitable
- Carretera

ESCALA 1: 100,000

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
Facultad de Ciencias de la Tierra

Marco Geológico-Estratigráfico del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México

Anexo No.3 J.G.R.G., 2011

| PUNTO | X | Y | DATO | RUMBO | ECHADO | G=INTENSIDAD | H=DIRECCION | I=ECHADO | J=AZIMUT RUMBO (C.M.D) | K=AZIMUT BUZAM. (CLARK) | OBSERVACIONES |
|----------------------|----------------|---------------|----------|---------|--------|--------------|-------------|----------|------------------------------|-------------------------------|------------------|
| PUERTO SALADO | | | | | | | | | | | |
| 1 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 35° E | 26° NW | 35 | NE | NW | 215 | 305 | FORMACIÓN AURORA |
| 2 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 20° W | 40° SW | 20 | NW | SW | 160 | 250 | FORMACIÓN AURORA |
| 3 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 11° W | 47° SW | 11 | NW | SW | 169 | 259 | FORMACIÓN AURORA |
| 4 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 27° E | 30° NW | 27 | NE | NW | 207 | 297 | FORMACIÓN AURORA |
| 5 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 30° W | 74° SW | 30 | NW | SW | 150 | 240 | FORMACIÓN AURORA |
| 6 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 20° E | 60° SE | 20 | NE | SE | 20 | 110 | FORMACIÓN AURORA |
| 7 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 25° W | 54° SW | 25 | NW | SW | 155 | 245 | FORMACIÓN AURORA |
| 8 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 53° W | 82° NE | 53 | NW | NE | 307 | 37 | FORMACIÓN AURORA |
| 9 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 43° E | 74° SE | 43 | NE | SE | 43 | 133 | FORMACIÓN AURORA |
| 10 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 13° W | 60° SW | 13 | NW | SW | 167 | 257 | FORMACIÓN AURORA |
| 11 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 36° W | 50° NE | 36 | NW | NE | 324 | 54 | FORMACIÓN AURORA |
| 12 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 48° E | 66° SE | 48 | NE | SE | 48 | 138 | FORMACIÓN AURORA |
| 13 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 80° E | 72° NW | 80 | NE | NW | 260 | 350 | FORMACIÓN AURORA |
| 14 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 01° E | 47° NW | 1 | NE | NW | 181 | 271 | FORMACIÓN AURORA |
| 15 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 49° E | 65° SE | 49 | NE | SE | 49 | 139 | FORMACIÓN AURORA |
| 16 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 80° E | 72° SE | 80 | NE | SE | 80 | 170 | FORMACIÓN AURORA |
| 17 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 63° W | 48° NE | 63 | NW | NE | 297 | 27 | FORMACIÓN AURORA |
| 18 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 85° W | 75° SW | 85 | NW | SW | 95 | 185 | FORMACIÓN AURORA |
| 19 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 54° E | 85° SE | 54 | NE | SE | 54 | 144 | FORMACIÓN AURORA |
| 20 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 45° E | 60° SE | 45 | NE | SE | 45 | 135 | FORMACIÓN AURORA |
| 21 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 48° W | 50° NE | 48 | NW | NE | 312 | 42 | FORMACIÓN AURORA |
| 22 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 43° W | 52° NE | 43 | NW | NE | 317 | 47 | FORMACIÓN AURORA |
| 23 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 54° W | 51° NE | 54 | NW | NE | 306 | 36 | FORMACIÓN AURORA |
| 24 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 54° E | 50° NW | 54 | NE | NW | 234 | 324 | FORMACIÓN AURORA |
| 25 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 53° W | 54° NE | 53 | NW | NE | 307 | 37 | FORMACIÓN AURORA |
| 26 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 49° W | 55° NE | 49 | NW | NE | 311 | 41 | FORMACIÓN AURORA |
| 27 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 53° E | 62° SE | 53 | NE | SE | 53 | 143 | FORMACIÓN AURORA |
| 28 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 53° W | 57° NE | 53 | NW | NE | 307 | 37 | FORMACIÓN AURORA |
| 29 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 51° E | 61° SE | 51 | NE | SE | 51 | 141 | FORMACIÓN AURORA |
| 30 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 60° W | 50° NE | 60 | NW | NE | 300 | 30 | FORMACIÓN AURORA |
| 31 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 02° W | 74° SW | 2 | NW | SW | 178 | 268 | FORMACIÓN AURORA |
| 32 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 70° E | 66° SE | 70 | NE | SE | 70 | 160 | FORMACIÓN AURORA |
| 33 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 48° E | 76° SE | 48 | NE | SE | 48 | 138 | FORMACIÓN AURORA |
| 34 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 65° W | 50° NE | 65 | NW | NE | 295 | 25 | FORMACIÓN AURORA |
| 35 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 50° W | 50° NE | 50 | NW | NE | 310 | 40 | FORMACIÓN AURORA |
| 36 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 05° W | 85° SW | 5 | NW | SW | 175 | 265 | FORMACIÓN AURORA |
| 37 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 12° W | 40° SW | 12 | NW | SW | 168 | 258 | FORMACIÓN AURORA |
| 38 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 65° E | 76° SE | 65 | NE | SE | 65 | 155 | FORMACIÓN AURORA |
| 39 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 45° E | 60° SE | 45 | NE | SE | 45 | 135 | FORMACIÓN AURORA |
| 40 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 50° W | 50° NE | 50 | NW | NE | 310 | 40 | FORMACIÓN AURORA |
| 41 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 40° E | 65° SE | 40 | NE | SE | 40 | 130 | FORMACIÓN AURORA |
| 42 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 35° W | 48° NE | 35 | NW | NE | 325 | 55 | FORMACIÓN AURORA |

| PUNTO | X | Y | DATO | RUMBO | ECHADO | G=INTENSIDAD | H=DIRECCION | I=ECHADO | J=AZIMUT RUMBO (C.M.D) | K=AZIMUT BUZAM. (CLARK) | OBSERVACIONES |
|-------|----------------|---------------|----------|---------|--------|--------------|-------------|----------|------------------------------|-------------------------------|------------------|
| 43 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 60° W | 65° NE | 60 | NW | NE | 300 | 30 | FORMACIÓN AURORA |
| 44 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 55° W | 50° NE | 55 | NW | NE | 305 | 35 | FORMACIÓN AURORA |
| 45 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 50° W | 40° NE | 50 | NW | NE | 310 | 40 | FORMACIÓN AURORA |
| 46 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 37° W | 45° NE | 37 | NW | NE | 323 | 53 | FORMACIÓN AURORA |
| 47 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 20° E | 60° NW | 20 | NE | NW | 200 | 290 | FORMACIÓN AURORA |
| 48 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 40° E | 60° SE | 40 | NE | SE | 40 | 130 | FORMACIÓN AURORA |
| 49 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 50° E | 55° SE | 50 | NE | SE | 50 | 140 | FORMACIÓN AURORA |
| 50 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 20° W | 68° NE | 20 | NW | NE | 340 | 70 | FORMACIÓN AURORA |
| 51 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 30° W | 67° NE | 30 | NW | NE | 330 | 60 | FORMACIÓN AURORA |
| 52 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 60° W | 55° NE | 60 | NW | NE | 300 | 30 | FORMACIÓN AURORA |
| 53 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 65° E | 70° SE | 65 | NE | SE | 65 | 155 | FORMACIÓN AURORA |
| 54 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 35° E | 60° SE | 35 | NE | SE | 35 | 125 | FORMACIÓN AURORA |
| 55 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 15° W | 35° NE | 15 | NW | NE | 345 | 75 | FORMACIÓN AURORA |
| 56 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 35° W | 35° NE | 35 | NW | NE | 325 | 55 | FORMACIÓN AURORA |
| 57 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 55° E | 55° SE | 55 | NE | SE | 55 | 145 | FORMACIÓN AURORA |
| 58 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 15° W | 36° NE | 15 | NW | NE | 345 | 75 | FORMACIÓN AURORA |
| 59 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 05° W | 45° NE | 5 | NW | NE | 355 | 85 | FORMACIÓN AURORA |
| 60 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 25° W | 38° NE | 25 | NW | NE | 335 | 65 | FORMACIÓN AURORA |
| 61 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 65° E | 30° SE | 65 | NE | SE | 65 | 155 | FORMACIÓN AURORA |
| 62 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 45° E | 35° SE | 45 | NE | SE | 45 | 135 | FORMACIÓN AURORA |
| 63 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 80° E | 38° SE | 80 | NE | SE | 80 | 170 | FORMACIÓN AURORA |
| 64 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 40° E | 45° SE | 40 | NE | SE | 40 | 130 | FORMACIÓN AURORA |
| 65 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 85° E | 50° SE | 85 | NE | SE | 85 | 175 | FORMACIÓN AURORA |
| 66 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 75° W | 59° NE | 75 | NW | NE | 285 | 15 | FORMACIÓN AURORA |
| 67 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 80° W | 56° NE | 80 | NW | NE | 280 | 10 | FORMACIÓN AURORA |
| 68 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 74° W | 47° NE | 74 | NW | NE | 286 | 16 | FORMACIÓN AURORA |
| 69 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 68° W | 58° NE | 68 | NW | NE | 292 | 22 | FORMACIÓN AURORA |
| 70 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 77° W | 62° NE | 77 | NW | NE | 283 | 13 | FORMACIÓN AURORA |
| 71 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 85° E | 47° NW | 85 | NE | NW | 265 | 355 | FORMACIÓN AURORA |
| 72 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 79° E | 56° NW | 79 | NE | NW | 259 | 349 | FORMACIÓN AURORA |
| 73 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 40° W | 48° NE | 40 | NW | NE | 320 | 50 | FORMACIÓN AURORA |
| 74 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 49° W | 52° NE | 49 | NW | NE | 311 | 41 | FORMACIÓN AURORA |
| 75 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 57° W | 48° NE | 57 | NW | NE | 303 | 33 | FORMACIÓN AURORA |
| 76 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 56° W | 48° NE | 56 | NW | NE | 304 | 34 | FORMACIÓN AURORA |
| 77 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 60° E | 62° NW | 60 | NE | NW | 240 | 330 | FORMACIÓN AURORA |
| 78 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 30° E | 54° NW | 30 | NE | NW | 210 | 300 | FORMACIÓN AURORA |
| 79 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 75° E | 32° SE | 75 | NE | SE | 75 | 165 | FORMACIÓN AURORA |
| 80 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 47° E | 38° NW | 47 | NE | NW | 227 | 317 | FORMACIÓN AURORA |
| 81 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 64° W | 48° NE | 64 | NW | NE | 296 | 26 | FORMACIÓN AURORA |
| 82 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 52° W | 34° NE | 52 | NW | NE | 308 | 38 | FORMACIÓN AURORA |
| 83 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 59° W | 46° NE | 59 | NW | NE | 301 | 31 | FORMACIÓN AURORA |
| 84 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 42° W | 38° NE | 42 | NW | NE | 318 | 48 | FORMACIÓN AURORA |
| 85 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 30° W | 32° NE | 30 | NW | NE | 330 | 60 | FORMACIÓN AURORA |

| PUNTO | X | Y | DATO | RUMBO | ECHADO | G=INTENSIDAD | H=DIRECCION | I=ECHADO | J=AZIMUT RUMBO (C.M.D) | K=AZIMUT BUZAM. (CLARK) | OBSERVACIONES |
|----------------------------------|----------------|---------------|----------|---------|--------|--------------|-------------|----------|------------------------------|-------------------------------|------------------|
| 86 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 44° W | 41° NE | 44 | NW | NE | 316 | 46 | FORMACIÓN AURORA |
| 87 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 39° W | 45° NE | 39 | NW | NE | 321 | 51 | FORMACIÓN AURORA |
| 88 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 58° W | 34° NE | 58 | NW | NE | 302 | 32 | FORMACIÓN AURORA |
| 89 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 55° W | 40° NE | 55 | NW | NE | 305 | 35 | FORMACIÓN AURORA |
| 90 | 101° 52' 14.9" | 27° 00' 33.1" | Fractura | N 62° W | 36° NE | 62 | NW | NE | 298 | 28 | FORMACIÓN AURORA |
| ANTICLINAL DE LOS MUERTOS | | | | | | | | | | | |
| 1 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 24° E | 77° NW | 24 | NE | NW | 204 | 294 | FORMACIÓN BUDA |
| 2 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 66° W | 70° NE | 66 | NW | NE | 294 | 24 | FORMACIÓN BUDA |
| 3 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 20° W | 76° SW | 20 | NW | SW | 160 | 250 | FORMACIÓN BUDA |
| 4 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 35° W | 59° NE | 35 | NW | NE | 325 | 55 | FORMACIÓN BUDA |
| 5 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 67° W | 80° NE | 67 | NW | NE | 293 | 23 | FORMACIÓN BUDA |
| 6 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 63° E | 51° NW | 63 | NE | NW | 243 | 333 | FORMACIÓN BUDA |
| 7 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 11° E | 72° NW | 11 | NE | NW | 191 | 281 | FORMACIÓN BUDA |
| 8 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 44° W | 52° NE | 44 | NW | NE | 316 | 46 | FORMACIÓN BUDA |
| 9 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 50° E | 57° SE | 50 | NE | SE | 50 | 140 | FORMACIÓN BUDA |
| 10 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 42° W | 58° NE | 42 | NW | NE | 318 | 48 | FORMACIÓN BUDA |
| 11 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 28° E | 74° NW | 28 | NE | NW | 208 | 298 | FORMACIÓN BUDA |
| 12 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 43° E | 64° NW | 43 | NE | NW | 223 | 313 | FORMACIÓN BUDA |
| 13 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 10° E | 80° NW | 10 | NE | NW | 190 | 280 | FORMACIÓN BUDA |
| 14 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 38° W | 72° NE | 38 | NW | NE | 322 | 52 | FORMACIÓN BUDA |
| 15 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 35° E | 64° NW | 35 | NE | NW | 215 | 305 | FORMACIÓN BUDA |
| 16 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 65° E | 50° NW | 65 | NE | NW | 245 | 335 | FORMACIÓN BUDA |
| 17 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 67° E | 53° NW | 67 | NE | NW | 247 | 337 | FORMACIÓN BUDA |
| 18 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 30° W | 53° NE | 30 | NW | NE | 330 | 60 | FORMACIÓN BUDA |
| 19 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 23° E | 64° SE | 23 | NE | SE | 23 | 113 | FORMACIÓN BUDA |
| 20 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 40° W | 64° NE | 40 | NW | NE | 320 | 50 | FORMACIÓN BUDA |
| 21 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 23° E | 60° NW | 23 | NE | NW | 203 | 293 | FORMACIÓN BUDA |
| 22 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 41° E | 68° SE | 41 | NE | SE | 41 | 131 | FORMACIÓN BUDA |
| 23 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 13° E | 58° NW | 13 | NE | NW | 193 | 283 | FORMACIÓN BUDA |
| 24 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 38° W | 68° NE | 38 | NW | NE | 322 | 52 | FORMACIÓN BUDA |
| 25 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 35° E | 70° NW | 35 | NE | NW | 215 | 305 | FORMACIÓN BUDA |
| 26 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 30° E | 78° NW | 30 | NE | NW | 210 | 300 | FORMACIÓN BUDA |
| 27 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 33° E | 68° NW | 33 | NE | NW | 213 | 303 | FORMACIÓN BUDA |
| 28 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 22° W | 75° NE | 22 | NW | NE | 338 | 68 | FORMACIÓN BUDA |
| 29 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 28° W | 78° NE | 28 | NW | NE | 332 | 62 | FORMACIÓN BUDA |
| 30 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 40° W | 53° NE | 40 | NW | NE | 320 | 50 | FORMACIÓN BUDA |
| 31 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 45° W | 57° NE | 45 | NW | NE | 315 | 45 | FORMACIÓN BUDA |
| 32 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 10° W | 68° NE | 10 | NW | NE | 350 | 80 | FORMACIÓN BUDA |
| 33 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 02° E | 85° SE | 2 | NE | SE | 2 | 92 | FORMACIÓN BUDA |
| 34 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 30° W | 72° NE | 30 | NW | NE | 330 | 60 | FORMACIÓN BUDA |
| 35 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 02° W | 84° SW | 2 | NW | SW | 178 | 268 | FORMACIÓN BUDA |
| 36 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 52° W | 55° NE | 52 | NW | NE | 308 | 38 | FORMACIÓN BUDA |
| 37 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 25° E | 52° NW | 25 | NE | NW | 205 | 295 | FORMACIÓN BUDA |

| PUNTO | X | Y | DATO | RUMBO | ECHADO | G=INTENSIDAD | H=DIRECCION | I=ECHADO | J=AZIMUT RUMBO (C.M.D) | K=AZIMUT BUZAM. (CLARK) | OBSERVACIONES |
|--------------------------------------|----------------|---------------|----------|---------|--------|--------------|-------------|----------|------------------------------|-------------------------------|------------------|
| 38 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 25° E | 66° NW | 25 | NE | NW | 205 | 295 | FORMACIÓN BUDA |
| 39 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 10° W | 67° NE | 10 | NW | NE | 350 | 80 | FORMACIÓN BUDA |
| 40 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 05° W | 75° SW | 5 | NW | SW | 175 | 265 | FORMACIÓN BUDA |
| 41 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 25° W | 76° NE | 25 | NW | NE | 335 | 65 | FORMACIÓN BUDA |
| 42 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 20° E | 86° NW | 20 | NE | NW | 200 | 290 | FORMACIÓN BUDA |
| 43 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 24° W | 71° NE | 24 | NW | NE | 336 | 66 | FORMACIÓN BUDA |
| 44 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 16° E | 80° NW | 16 | NE | NW | 196 | 286 | FORMACIÓN BUDA |
| 45 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 50° W | 72° NE | 50 | NW | NE | 310 | 40 | FORMACIÓN BUDA |
| 46 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 35° W | 75° NE | 35 | NW | NE | 325 | 55 | FORMACIÓN BUDA |
| 47 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 08° W | 88° NE | 8 | NW | NE | 352 | 82 | FORMACIÓN BUDA |
| 48 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 58° E | 58° NW | 58 | NE | NW | 238 | 328 | FORMACIÓN BUDA |
| 49 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 70° E | N5° NW | 70 | NE | NW | 250 | 340 | FORMACIÓN BUDA |
| 50 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 35° W | 80° NE | 35 | NW | NE | 325 | 55 | FORMACIÓN BUDA |
| 51 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 38° W | 75° SW | 38 | NW | SW | 142 | 232 | FORMACIÓN BUDA |
| 52 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 55° W | 70° NE | 55 | NW | NE | 305 | 35 | FORMACIÓN BUDA |
| 53 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 05° W | 74° SW | 5 | NW | SW | 175 | 265 | FORMACIÓN BUDA |
| 54 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 24° E | 72° SE | 24 | NE | SE | 24 | 114 | FORMACIÓN BUDA |
| 55 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 55° W | 58° SW | 55 | NW | SW | 125 | 215 | FORMACIÓN BUDA |
| 56 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 20° E | 46° NW | 20 | NE | NW | 200 | 290 | FORMACIÓN BUDA |
| 57 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 32° E | 54° NW | 32 | NE | NW | 212 | 302 | FORMACIÓN BUDA |
| 58 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 28° E | 36° NW | 28 | NE | NW | 208 | 298 | FORMACIÓN BUDA |
| 59 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 15° E | 32° SE | 15 | NE | SE | 15 | 105 | FORMACIÓN BUDA |
| 60 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 44° E | 56° SE | 44 | NE | SE | 44 | 134 | FORMACIÓN BUDA |
| 61 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 15° E | 72° SE | 15 | NE | SE | 15 | 105 | FORMACIÓN BUDA |
| 62 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 25° E | 72° SE | 25 | NE | SE | 25 | 115 | FORMACIÓN BUDA |
| 63 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 28° E | 65° SE | 28 | NE | SE | 28 | 118 | FORMACIÓN BUDA |
| 64 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 58° W | 64° SW | 58 | NW | SW | 122 | 212 | FORMACIÓN BUDA |
| 65 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 63° W | 72° SW | 63 | NW | SW | 117 | 207 | FORMACIÓN BUDA |
| 66 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 74° W | 62° SW | 74 | NW | SW | 106 | 196 | FORMACIÓN BUDA |
| 67 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 36° W | 58° SW | 36 | NW | SW | 144 | 234 | FORMACIÓN BUDA |
| 68 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 42° W | 67° SW | 42 | NW | SW | 138 | 228 | FORMACIÓN BUDA |
| 69 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 56° W | 62° SW | 56 | NW | SW | 124 | 214 | FORMACIÓN BUDA |
| 70 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 26° E | 42° NW | 26 | NE | NW | 206 | 296 | FORMACIÓN BUDA |
| 71 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 40° W | 72° NE | 40 | NW | NE | 320 | 50 | FORMACIÓN BUDA |
| 72 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 51° W | 68° NE | 51 | NW | NE | 309 | 39 | FORMACIÓN BUDA |
| 73 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 66° W | 62° SW | 66 | NW | SW | 114 | 204 | FORMACIÓN BUDA |
| 74 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 65° W | 74° SW | 65 | NW | SW | 115 | 205 | FORMACIÓN BUDA |
| 75 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 72° W | 71° SW | 72 | NW | SW | 108 | 198 | FORMACIÓN BUDA |
| 76 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 62° W | 59° SW | 62 | NW | SW | 118 | 208 | FORMACIÓN BUDA |
| 77 | 102° 02' 40.6" | 26° 59' 29.1" | Fractura | N 68° W | 63° SW | 68 | NW | SW | 112 | 202 | FORMACIÓN BUDA |
| ANTICLINAL SAN MARCOS Y PINOS | | | | | | | | | | | |
| 1 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 88° E | 70° NW | 88 | NE | NW | 268 | 358 | FORMACIÓN AURORA |
| 2 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 60° E | 66° SE | 60 | NE | SE | 60 | 150 | FORMACIÓN AURORA |

| PUNTO | X | Y | DATO | RUMBO | ECHADO | G=INTENSIDAD | H=DIRECCION | I=ECHADO | J=AZIMUT RUMBO (C.M.D) | K=AZIMUT BUZAM. (CLARK) | OBSERVACIONES |
|-------|----------------|---------------|----------|---------|--------|--------------|-------------|----------|------------------------------|-------------------------------|------------------|
| 3 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 60° E | 59° SE | 60 | NE | SE | 60 | 150 | FORMACIÓN AURORA |
| 4 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 35° W | 59° NE | 35 | NW | NE | 325 | 55 | FORMACIÓN AURORA |
| 5 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 22° W | 56° NE | 22 | NW | NE | 338 | 68 | FORMACIÓN AURORA |
| 6 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 30° W | 62° NE | 30 | NW | NE | 330 | 60 | FORMACIÓN AURORA |
| 7 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 30° W | 64° NE | 30 | NW | NE | 330 | 60 | FORMACIÓN AURORA |
| 8 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 75° E | 75° NW | 75 | NE | NW | 255 | 345 | FORMACIÓN AURORA |
| 9 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 25° W | 64° NE | 25 | NW | NE | 335 | 65 | FORMACIÓN AURORA |
| 10 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 06° W | 67° NE | 6 | NW | NE | 354 | 84 | FORMACIÓN AURORA |
| 11 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 65° W | 82° NE | 65 | NW | NE | 295 | 25 | FORMACIÓN AURORA |
| 12 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 40° E | 80° SE | 40 | NE | SE | 40 | 130 | FORMACIÓN AURORA |
| 13 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 75° E | 55° SE | 75 | NE | SE | 75 | 165 | FORMACIÓN AURORA |
| 14 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 45° W | 42° NE | 45 | NW | NE | 315 | 45 | FORMACIÓN AURORA |
| 15 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 05° W | 45° NE | 5 | NW | NE | 355 | 85 | FORMACIÓN AURORA |
| 16 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 88° W | 84° SW | 88 | NW | SW | 92 | 182 | FORMACIÓN AURORA |
| 17 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 85° E | 56° NW | 85 | NE | NW | 265 | 355 | FORMACIÓN AURORA |
| 18 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 70° W | 56° NE | 70 | NW | NE | 290 | 20 | FORMACIÓN AURORA |
| 19 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 84° E | 70° NW | 84 | NE | NW | 264 | 354 | FORMACIÓN AURORA |
| 20 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 88° W | 76° NE | 88 | NW | NE | 272 | 2 | FORMACIÓN AURORA |
| 21 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 82° W | 46° NE | 82 | NW | NE | 278 | 8 | FORMACIÓN AURORA |
| 22 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 05° E | 58° SE | 5 | NE | SE | 5 | 95 | FORMACIÓN AURORA |
| 23 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 25° E | 60° SE | 25 | NE | SE | 25 | 115 | FORMACIÓN AURORA |
| 24 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 56° E | 82° SE | 56 | NE | SE | 56 | 146 | FORMACIÓN AURORA |
| 25 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 70° W | 43° NE | 70 | NW | NE | 290 | 20 | FORMACIÓN AURORA |
| 26 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 35° W | 88° NE | 35 | NW | NE | 325 | 55 | FORMACIÓN AURORA |
| 27 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 12° W | 55° NE | 12 | NW | NE | 348 | 78 | FORMACIÓN AURORA |
| 28 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 15° W | 60° NE | 15 | NW | NE | 345 | 75 | FORMACIÓN AURORA |
| 29 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 80° W | 58° NE | 80 | NW | NE | 280 | 10 | FORMACIÓN AURORA |
| 30 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 65° E | 65° SE | 65 | NE | SE | 65 | 155 | FORMACIÓN AURORA |
| 31 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 75° W | 80° NE | 75 | NW | NE | 285 | 15 | FORMACIÓN AURORA |
| 32 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 50° E | 56° SE | 50 | NE | SE | 50 | 140 | FORMACIÓN AURORA |
| 33 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 55° W | 56° NE | 55 | NW | NE | 305 | 35 | FORMACIÓN AURORA |
| 34 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 20° W | 52° NE | 20 | NW | NE | 340 | 70 | FORMACIÓN AURORA |
| 35 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 48° E | 80° SE | 48 | NE | SE | 48 | 138 | FORMACIÓN AURORA |
| 36 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 35° W | 40° NE | 35 | NW | NE | 325 | 55 | FORMACIÓN AURORA |
| 37 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 70° E | 85° NW | 70 | NE | NW | 250 | 340 | FORMACIÓN AURORA |
| 38 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 40° W | 50° NE | 40 | NW | NE | 320 | 50 | FORMACIÓN AURORA |
| 39 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 30° W | 77° NE | 30 | NW | NE | 330 | 60 | FORMACIÓN AURORA |
| 40 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 55° E | 70° SE | 55 | NE | SE | 55 | 145 | FORMACIÓN AURORA |
| 41 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 50° W | 85° NE | 50 | NW | NE | 310 | 40 | FORMACIÓN AURORA |
| 42 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 55° E | 60° SE | 55 | NE | SE | 55 | 145 | FORMACIÓN AURORA |
| 43 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 15° E | 80° SE | 15 | NE | SE | 15 | 105 | FORMACIÓN AURORA |
| 44 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 15° W | 80° NE | 15 | NW | NE | 345 | 75 | FORMACIÓN AURORA |
| 45 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 10° W | 62° NE | 10 | NW | NE | 350 | 80 | FORMACIÓN AURORA |

| PUNTO | X | Y | DATO | RUMBO | ECHADO | G=INTENSIDAD | H=DIRECCION | I=ECHADO | J=AZIMUT RUMBO (C.M.D) | K=AZIMUT BUZAM. (CLARK) | OBSERVACIONES |
|-------|----------------|---------------|----------|---------|--------|--------------|-------------|----------|------------------------------|-------------------------------|------------------|
| 46 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 20° W | 46° NE | 20 | NW | NE | 340 | 70 | FORMACIÓN AURORA |
| 47 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 60° E | 82° SE | 60 | NE | SE | 60 | 150 | FORMACIÓN AURORA |
| 48 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 64° E | 56° SE | 64 | NE | SE | 64 | 154 | FORMACIÓN AURORA |
| 49 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 30° E | 66° SE | 30 | NE | SE | 30 | 120 | FORMACIÓN AURORA |
| 50 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 28° E | 68° SE | 28 | NE | SE | 28 | 118 | FORMACIÓN AURORA |
| 51 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 10° W | 60° NE | 10 | NW | NE | 350 | 80 | FORMACIÓN AURORA |
| 52 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 55° E | 70° SE | 55 | NE | SE | 55 | 145 | FORMACIÓN AURORA |
| 53 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 20° W | 50° NE | 20 | NW | NE | 340 | 70 | FORMACIÓN AURORA |
| 54 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 10° W | 52° NE | 10 | NW | NE | 350 | 80 | FORMACIÓN AURORA |
| 55 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 22° W | 45° NE | 22 | NW | NE | 338 | 68 | FORMACIÓN AURORA |
| 56 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 80° E | 80° SE | 80 | NE | SE | 80 | 170 | FORMACIÓN AURORA |
| 57 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 05° W | 45° NE | 5 | NW | NE | 355 | 85 | FORMACIÓN AURORA |
| 58 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 40° W | 40° NE | 40 | NW | NE | 320 | 50 | FORMACIÓN AURORA |
| 59 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 35° E | 75° SE | 35 | NE | SE | 35 | 125 | FORMACIÓN AURORA |
| 60 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 70° E | 88° NW | 70 | NE | NW | 250 | 340 | FORMACIÓN AURORA |
| 61 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 75° E | 76° NW | 75 | NE | NW | 255 | 345 | FORMACIÓN AURORA |
| 62 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 15° W | 60° NE | 15 | NW | NE | 345 | 75 | FORMACIÓN AURORA |
| 63 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 85° W | 80° NE | 85 | NW | NE | 275 | 5 | FORMACIÓN AURORA |
| 64 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 20° W | 40° NE | 20 | NW | NE | 340 | 70 | FORMACIÓN AURORA |
| 65 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 20° W | 52° NE | 20 | NW | NE | 340 | 70 | FORMACIÓN AURORA |
| 66 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 60° E | 88° NW | 60 | NE | NW | 240 | 330 | FORMACIÓN AURORA |
| 67 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 45° E | 50° SE | 45 | NE | SE | 45 | 135 | FORMACIÓN AURORA |
| 68 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 50° W | 65° NE | 50 | NW | NE | 310 | 40 | FORMACIÓN AURORA |
| 69 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 65° E | 85° NW | 65 | NE | NW | 245 | 335 | FORMACIÓN AURORA |
| 70 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 40° E | 75° NW | 40 | NE | NW | 220 | 310 | FORMACIÓN AURORA |
| 71 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 05° W | 73° SW | 5 | NW | SW | 175 | 265 | FORMACIÓN AURORA |
| 72 | 102° 08' 09.3" | 26° 53' 17.7" | Fractura | N 60° E | 50° SE | 60 | NE | SE | 60 | 150 | FORMACIÓN AURORA |

TABLA DE DATOS ESTRUCTURALES**VALLE DE CUATRO CIENÉGAS****1:100,000**

| PUNTO | ZONA | W | N | X | Y | DATO | RUMBO | ECHADO | ROCA | UNIDAD | OBSERVACIONES |
|--------|------|------------|----------|--------|---------|-----------------|---------|--------|-----------------|------------|--|
| MA-001 | 13R | -102.32462 | 26.96366 | 765581 | 2985223 | Estratificación | N 40° W | 25° NE | Arenisca-Lutita | Kc Ar-Lu | SECUENCIA DE ARENISCAS DE APROXIMADAMENTE 10 M DE ESPESOR, LE SOBREYACE UNA UN PAQUETE DE LUTITAS DE APROXIMADAMENTE 100 M. POSIBLEMENTE CORRESPONDA A LA PARTE BASAL DE LO QUE EN LA REGION DE SALTILLO SE LE DENOMINA COMO FORMACIÓN CERRO DEL PUEBLO |
| MA-002 | 13R | -102.27567 | 26.96377 | 770442 | 2985340 | Estratificación | N 60° W | 10° NE | Arenisca-Lutita | Kc Ar-Lu | SECUENCIA DE ARENISCAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIANA A DELGADA, DELEZNABLES CON HORIZONTES CONGLOMETATICOS Y PRESENCIA DE IGNOFÓSILES, PRESENTAN UNA TONALIDAD ROJIZA, POSIBLEMENTE CORRESPONDA A LO QUE EN LA REGION DE SALTILLO SE DENOMINA FORMACIÓN CERRO HUERTA |
| MA-003 | 13R | -102.27425 | 26.97731 | 770551 | 2986843 | Estratificación | N 65° W | 75° NE | Arenisca-Lutita | Kc Ar-Lu | SECUENCIA PREDOMINANTEMENTE DE LUTITA ROJA CON HORIZONTES DE ARENISCA, CERCA DEL CONTACTO DISCORDANTE CON CALIZAS DE LA FORMACION AURORA. LITOLÓGICAMENTE CORRESPONDERIA A LA PARTE SUPERIOR DE LO QUE EN LA REGION DE SALTILLO SE DENOMINA FORMACIÓN CERRO HUERTA |
| MA-004 | 13R | -102.26338 | 26.97555 | 771634 | 2986672 | Estratificación | N 79° W | 60° NE | Arenisca-Lutita | Kc Ar-Lu | SECUENCIA PREDOMINANTEMENTE DE ARENISCAS DE COLOR ROJIZO HACIA LA PARTE SUPERIOR Y AMARILLENTAS HACIA LA BASE. GRUPO DIFUNTA |
| MA-005 | 13R | -102.24916 | 26.99145 | 773008 | 2988465 | Estratificación | N 89° W | 30° SW | Caliza | Khap Cz | SECUENCIA DE CALIZAS MASIVAS DE LA FORMACIÓN CUPIDO |
| MA-006 | 13R | -102.23544 | 26.98409 | 774388 | 2987679 | Estratificación | N 85° W | 70° SW | Caliza | Khap Cz | SECUENCIA DE CALIZAS MASIVAS DE LA FORMACIÓN CUPIDO |
| MA-007 | 13R | -102.22418 | 26.98209 | 775511 | 2987481 | Estratificación | N 77° E | 12° SE | Caliza-Lutita | Kap-Cz-Lu | SECUENCIA DE LUTITAS Y CALIZAS CON BANDAS DE PEDERNAL NEGRO. FORMACIÓN LA PEÑA |
| MA-008 | 13R | -102.20242 | 26.96567 | 777712 | 2985709 | Estratificación | N 32° W | 46° SW | Arenisca-Lutita | Kc Ar-Lu | SECUENCIA PREDOMINANTEMENTE DE ARENISCAS INTERCALADAS CON HORIZONTES DELGADOS DE LUTITA. POSIBLEMENTE DE LA FORMACIÓN CERRO DEL PUEBLO |
| MA-009 | 13R | -102.19767 | 26.98933 | 778126 | 2988342 | Estratificación | N 85° W | 30° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS MASIVAS AL NORTE DEL ANTICLINAL LA MADERA. FORMACIÓN AURORA |
| MA-010 | 13R | -102.19197 | 26.96195 | 778759 | 2985320 | Estratificación | N 10° W | 40° SW | Caliza-Lutita | Kcet Cz-Lu | SECUENCIA DE CALIZAS ARCILLOSAS DE LA FORMACIÓN INDIDURA |
| MA-011 | 13R | -102.19104 | 26.96695 | 778839 | 2985876 | Estratificación | N 80° W | 55° SW | Caliza-Lutita | Kcet Cz-Lu | SECUENCIA DE CALIZAS ARCILLOSAS DE LA FORMACIÓN INDIDURA |
| MA-012 | 13R | -102.18666 | 26.96613 | 779276 | 2985795 | Estratificación | N 85° E | 40° SE | Caliza-Lutita | Kcet Cz-Lu | SECUENCIA DE CALIZAS ARCILLOSAS DE LA FORMACIÓN INDIDURA |
| MA-013 | 13R | -102.17846 | 26.96565 | 780092 | 2985760 | Estratificación | N 80° E | 26° SE | Caliza-Lutita | Kcet Cz-Lu | SECUENCIA DE CALIZAS ARCILLOSAS DE LA FORMACIÓN INDIDURA |
| MA-014 | 13R | -102.1546 | 26.97455 | 782439 | 2986800 | Estratificación | N 53° W | 30° NE | Caliza-Lutita | Kcet Cz-Lu | SECUENCIA DE CALIZAS ARCILLOSAS INTERCALADAS CON PAQUETES DE LUTITAS DE LA FORMACIÓN INDIDURA |
| MA-015 | 13R | -102.15403 | 26.97567 | 782493 | 2986925 | Estratificación | N 85° W | 65° SW | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIANA A GRUESA DE LA FORMACIÓN AURORA |
| MA-016 | 13R | -102.14218 | 26.97692 | 783667 | 2987090 | Estratificación | N 85° W | 38° SW | Lutita-Caliza | Ka Lu-Cz | SECUENCIA DE CALIZAS Y LUTITAS DE LA FORMACIÓN KIAMICHI |
| MA-017 | 13R | -102.13077 | 26.97414 | 784807 | 2986808 | Estratificación | N 75° W | 65° SW | Caliza | Ka Cz | SECUENCIA DE CALIZAS DE LA FORMACIÓN GEORGETOWN |
| MA-018 | 13R | -102.11329 | 26.99653 | 786486 | 2989329 | Estratificación | N 10° E | 15° NW | Caliza | Kace Cz | SECUENCIA DE CALIZAS MASIVAS DE LA FORMACIÓN TREVIÑO |
| MA-019 | 13R | -102.10643 | 26.98098 | 787207 | 2987621 | Estratificación | N 70° W | 43° SW | Lutita-Caliza | Ka Lu-Cz | SECUENCIA DE CALIZAS Y LUTITAS DE LA FORMACIÓN KIAMICHI |

| | | | | | | | | | | | |
|--------|-----|------------|----------|--------|---------|-----------------|---------|--------|-----------------|------------|---|
| MA-020 | 13R | -102.10099 | 26.98443 | 787738 | 2988016 | Estratificación | N 80° E | 30° SE | Caliza | Ka Cz | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIANA DE LA FORMACIÓN GEORGETOWN. |
| MA-021 | 13R | -102.09405 | 26.98447 | 788427 | 2988036 | Estratificación | N 60° E | 36° SE | Lutita-Caliza | Ka Lu-Cz | SECUENCIA DE CALIZAS Y LUTITAS DE LA FORMACIÓN KIAMICHI |
| MA-022 | 13R | -102.05462 | 26.99827 | 792307 | 2989657 | Estratificación | N 40° W | 40° SW | Caliza | Kee Cz | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIANA DE LA FORMACIÓN BUDA. |
| MA-023 | 13R | -102.0504 | 26.99553 | 792733 | 2989363 | Estratificación | N 20° W | 43° SW | Caliza | Ka Cz | CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIANA A GRUESA DE LA FORMACIÓN GEORGETOWN |
| MA-024 | 13R | -102.04883 | 26.99204 | 792898 | 2988980 | Estratificación | N 75° W | 50° SW | Caliza | Kee Cz | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIANA DE LA FORMACIÓN BUDA. |
| MA-025 | 13R | -102.04456 | 26.99237 | 793321 | 2989026 | Estratificación | N 80° E | 20° SE | Lutita-Caliza | Kee Lu-Cz | SECUENCIA DE CALIZAS ARCILLOSAS DE LA FORMACIÓN DEL RIO |
| MA-026 | 13R | -102.31972 | 26.95942 | 766078 | 2984764 | Estratificación | N 20° W | 20° NE | Arenisca-Lutita | Kc Ar-Lu | SECUENCIA DE ARENISCAS DE APROXIMADAMENTE 10 M DE ESPESOR, LE SOBREYACE UNA UN PAQUETE DE LUTITAS DE APROXIMADAMENTE 100 M. POSIBLEMENTE CORRESPONDA A LA PARTE BASAL DE LO QUE EN LA REGION DE SALTILLO SE LE DENOMINA COMO FORMACIÓN CERRO DEL PUEBLO |
| MA-027 | 13R | -102.28576 | 26.96036 | 769448 | 2984940 | Estratificación | N 70° E | 12° SE | Arenisca-Lutita | Kc Ar-Lu | SECUENCIA DE ARENISCAS DE APROXIMADAMENTE 10 M DE ESPESOR, LE SOBREYACE UNA UN PAQUETE DE LUTITAS DE APROXIMADAMENTE 100 M. POSIBLEMENTE CORRESPONDA A LA PARTE BASAL DE LO QUE EN LA REGION DE SALTILLO SE LE DENOMINA COMO FORMACIÓN CERRO DEL PUEBLO |
| MA-028 | 13R | -102.2879 | 26.94101 | 769282 | 2982791 | Estratificación | N 70° W | 25° NE | Arenisca-Lutita | Kc Ar-Lu | SECUENCIA PREDOMINANTEMENTE DE ARENISCAS INTERCALADAS CON HORIZONTES DELGADOS DE LUTITA, POSIBLEMENTE DE LA FORMACIÓN CERRO DEL PUEBLO |
| MA-029 | 13R | -102.27435 | 26.95915 | 770584 | 2984830 | Estratificación | N 50° W | 12° NE | Arenisca-Lutita | Kc Ar-Lu | SECUENCIA DE ARENISCAS DE APROXIMADAMENTE 10 M DE ESPESOR, LE SOBREYACE UNA UN PAQUETE DE LUTITAS DE APROXIMADAMENTE 100 M. POSIBLEMENTE CORRESPONDA A LA PARTE BASAL DE LO QUE EN LA REGION DE SALTILLO SE LE DENOMINA COMO FORMACIÓN CERRO DEL PUEBLO |
| MA-030 | 13R | -102.3316 | 26.87404 | 765097 | 2975276 | Estratificación | N 60° W | 07° NE | Caliza-Lutita | Kcet Cz-Lu | BANCO DE MATERIAL (LAJAS) DENTRO DE LA FORMACIÓN INDIDURA |
| MA-031 | 13R | -102.13879 | 26.90557 | 784183 | 2979189 | Estratificación | N 24° W | 15° SW | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA A MASIVA DE LA FM. AURORA. CON MANIFESTACIONES DE FLUORITA |
| MA-032 | 13R | -102.13136 | 26.90155 | 784931 | 2978761 | Estratificación | N 45° W | 10° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | OBRAS ABANDONADAS |
| MA-033 | 13R | -102.13685 | 26.8883 | 784419 | 2977279 | Estratificación | N 10° W | 15° SW | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA A MASIVA DE LA FM. AURORA. CON MANIFESTACIONES DE FLUORITA |
| MA-034 | 13R | -102.13429 | 26.87403 | 784709 | 2975704 | Estratificación | N 15° W | 30° SW | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA A MASIVA DE LA FM. AURORA. CON MANIFESTACIONES DE FLUORITA |
| MA-035 | 13R | -102.11995 | 26.906 | 786054 | 2979280 | Estratificación | N 56° W | 12° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA A MASIVA DE LA FM. AURORA. |
| MA-036 | 13R | -102.10762 | 26.88915 | 787322 | 2977440 | Estratificación | N 50° W | 08° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA A MASIVA DE LA FM. AURORA. CON MANIFESTACIONES DE FLUORITA |
| MA-037 | 13R | -102.09822 | 26.87802 | 788284 | 2976227 | Estratificación | N 50° W | 12° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA A MASIVA DE LA FM. AURORA. CON MANIFESTACIONES DE FLUORITA |
| MA-038 | 13R | -102.0956 | 26.87258 | 788558 | 2975630 | Estratificación | N 40° W | 16° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA A MASIVA DE LA FM. AURORA. CON MANIFESTACIONES DE FLUORITA |
| MA-039 | 13R | -102.09374 | 26.87327 | 788742 | 2975711 | Estratificación | N 05° E | 17° SE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | MANIFESTACIÓN MINERAL DE FLUORITA |

| | | | | | | | | | | | |
|--------|-----|------------|----------|--------|---------|-----------------|---------|--------|----------------|----------|---|
| MA-040 | 13R | -102.33101 | 26.85147 | 765209 | 2972776 | Estratificación | N 40° W | 06° NE | Caliza | Kace Cz | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIANA A GRUESA DE LA FORMACIÓN TREVIÑO |
| MA-041 | 13R | -102.32035 | 26.85271 | 766265 | 2972936 | Estratificación | N 85° E | 12° NW | Caliza | Kace Cz | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA A MASIVA DE LA FM. TREVIÑO, CORONADAS POR CALIZA ARCILLOSA DE LA FM. INDIDURA |
| MA-042 | 13R | -102.30378 | 26.83264 | 767960 | 2970746 | Estratificación | N 40° W | 10° NE | Caliza | Kace Cz | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIANA A GRUESA DE LA FM. TREVIÑO |
| MA-043 | 13R | -102.29933 | 26.86054 | 768337 | 2973848 | Estratificación | N 85° E | 08° NW | Caliza | Kace Cz | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA A MASIVA DE LA FM. TREVIÑO, CORONADAS POR CALIZA ARCILLOSA DE LA FM. INDIDURA |
| MA-044 | 13R | -102.29606 | 26.83701 | 768717 | 2971247 | Estratificación | N 35° W | 11° NE | Caliza | Kace Cz | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIANA A GRUESA DE LA FM. TREVIÑO |
| MA-045 | 13R | -102.29209 | 26.84573 | 769091 | 2972222 | Estratificación | N 20° W | 13° NE | Caliza | Kace Cz | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIANA A GRUESA DE LA FM. TREVIÑO |
| MA-046 | 13R | -102.29036 | 26.8523 | 769248 | 2972954 | Estratificación | N 42° W | 10° NE | Caliza | Kace Cz | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIANA A GRUESA DE LA FM. TREVIÑO |
| MA-047 | 13R | -102.28537 | 26.85569 | 769736 | 2973340 | Estratificación | N 40° W | 08° NE | Caliza | Kace Cz | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA A MASIVA DE LA FM. TREVIÑO, CORONADAS POR CALIZA ARCILLOSA DE LA FM. INDIDURA |
| MA-048 | 13R | -102.27192 | 26.82899 | 771136 | 2970410 | Estratificación | N 42° W | 08° NE | Caliza-Yeso | Ka Cz-Y | ZONA TRANSICIONAL ENTRE CALIZAS DOLOMITIZADAS DE LA FM. ACATITA Y CALIZAS MASIVAS DE LA FM. TREVIÑO. |
| MA-049 | 13R | -102.26826 | 26.85343 | 771442 | 2973126 | Estratificación | N 38° W | 10° NE | Caliza | Kace Cz | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA A MASIVA DE LA FM. TREVIÑO. |
| MA-050 | 13R | -102.2614 | 26.83774 | 772162 | 2971402 | Estratificación | N 35° W | 12° NE | Caliza | Kace Cz | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIANA A GRUESA DE LA FORMACIÓN TREVIÑO |
| MA-051 | 13R | -102.25193 | 26.83554 | 773108 | 2971179 | Estratificación | N 40° W | 10° NE | Caliza | Kace Cz | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIANA A GRUESA DE LA FORMACIÓN TREVIÑO |
| MA-052 | 13R | -102.24644 | 26.82974 | 773668 | 2970547 | Estratificación | N 45° W | 14° NE | Caliza-Yeso | Ka Cz-Y | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIA A GRUESA, DOLOMITIZADA CON NÓDULOS DE PEDERNAL NEGRO, POSIBLEMENTE DE LA FM. ACATITA. |
| MA-053 | 13R | -102.13251 | 26.86041 | 784920 | 2974198 | Estratificación | N 05° W | 43° SW | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA A MASIVA DE LA FM. AURORA. CON MANIFESTACIONES DE FLUORITA |
| MA-054 | 13R | -102.12897 | 26.84948 | 785299 | 2972995 | Estratificación | N 10° W | 48° SW | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA A MASIVA DE LA FM. AURORA. CON MANIFESTACIONES DE FLUORITA |
| MA-055 | 13R | -102.12581 | 26.83846 | 785641 | 2971780 | Estratificación | N 08° W | 70° SW | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA A MASIVA DE LA FM. AURORA. CON MANIFESTACIONES DE FLUORITA |
| MA-056 | 13R | -102.12246 | 26.82775 | 786001 | 2970601 | Estratificación | N 05° W | 85° SW | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA A MASIVA DE LA FM. AURORA. CON MANIFESTACIONES DE FLUORITA |
| MA-057 | 13R | -102.09213 | 26.86749 | 788916 | 2975074 | Estratificación | N 35° W | 22° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | CATA DE EXPLORACIÓN SOBRE UN CUERPO OXIDADO TIPO MANTO. |
| MA-058 | 13R | -102.08738 | 26.86643 | 789391 | 2974968 | Estratificación | N 62° W | 18° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA A MASIVA DE LA FM. AURORA. CON MANIFESTACIONES DE FLUORITA |
| MA-059 | 13R | -102.08504 | 26.82752 | 789723 | 2970660 | Estratificación | N 22° W | 22° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS MASIVAS DE LA FORMACIÓN AURORA |
| MA-060 | 13R | -102.08151 | 26.85704 | 789999 | 2973940 | Estratificación | N 30° W | 16° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA A MASIVA DE LA FM. AURORA. CON MANIFESTACIONES DE FLUORITA |
| MA-061 | 13R | -102.07104 | 26.84406 | 791073 | 2972526 | Estratificación | N 15° W | 14° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA A MASIVA DE LA FM. AURORA. CON MANIFESTACIONES DE FLUORITA |
| MA-062 | 13R | -102.06892 | 26.83256 | 791313 | 2971256 | Estratificación | N 21° W | 15° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA DE LA FORMACIÓN AURORA. |

| | | | | | | | | | | | |
|--------|-----|------------|----------|--------|---------|-----------------|---------|--------|----------------|----------|---|
| MA-063 | 13R | -102.06911 | 26.82958 | 791302 | 2970925 | Estratificación | N 35° W | 25° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA A MASIVA DE LA FM. AURORA. CON MANIFESTACIONES DE FLUORITA |
| MA-064 | 13R | -102.06452 | 26.82744 | 791764 | 2970698 | Estratificación | N 20° W | 16° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA DE LA FORMACIÓN AURORA. |
| MA-065 | 13R | -102.3187 | 26.81202 | 766525 | 2968430 | Estratificación | N 27° W | 11° NE | Caliza-Yeso | Ka Cz-Y | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIA A GRUESA, DOLOMITIZADA CON NÓDULOS DE PEDERNAL NEGRO, POSIBLEMENTE DE LA FM. ACATITA. |
| MA-066 | 13R | -102.31113 | 26.81549 | 767269 | 2968830 | Estratificación | N 25° W | 08° NE | Caliza-Yeso | Ka Cz-Y | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIA A GRUESA, DOLOMITIZADA CON NÓDULOS DE PEDERNAL NEGRO, POSIBLEMENTE DE LA FM. ACATITA. |
| MA-067 | 13R | -102.3084 | 26.81872 | 767533 | 2969194 | Estratificación | N 30° W | 12° NE | Caliza-Yeso | Ka Cz-Y | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIA A GRUESA, DOLOMITIZADA CON NÓDULOS DE PEDERNAL NEGRO, POSIBLEMENTE DE LA FM. ACATITA. |
| MA-068 | 13R | -102.30521 | 26.82388 | 767838 | 2969772 | Estratificación | N 28° W | 13° NE | Caliza-Yeso | Ka Cz-Y | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIA A GRUESA, DOLOMITIZADA CON NÓDULOS DE PEDERNAL NEGRO, POSIBLEMENTE DE LA FM. ACATITA. |
| MA-069 | 13R | -102.28869 | 26.80677 | 769522 | 2967911 | Estratificación | N 40° W | 12° NE | Caliza-Yeso | Ka Cz-Y | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIA A GRUESA, DOLOMITIZADA CON NÓDULOS DE PEDERNAL NEGRO, POSIBLEMENTE DE LA FM. ACATITA. |
| MA-070 | 13R | -102.28293 | 26.80835 | 770091 | 2968099 | Estratificación | N 45° W | 11° NE | Caliza-Yeso | Ka Cz-Y | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIA A GRUESA, DOLOMITIZADA CON NÓDULOS DE PEDERNAL NEGRO, POSIBLEMENTE DE LA FM. ACATITA. |
| MA-071 | 13R | -102.23832 | 26.81999 | 774499 | 2969484 | Estratificación | N 40° W | 15° NE | Caliza | Kace Cz | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIA A GRUESA DE LA FM. TREVIÑO, ENMASCARADAS POR DEPÓSITOS DE YESO |
| MA-072 | 13R | -102.22925 | 26.81133 | 775422 | 2968544 | Estratificación | N 28° W | 12° NE | Caliza | Kace Cz | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIA A GRUESA DE LA FM. TREVIÑO, ENMASCARADAS POR DEPÓSITOS DE YESO |
| MA-073 | 13R | -102.22731 | 26.80871 | 775621 | 2968258 | Estratificación | N 30° W | 12° NE | Caliza | Kace Cz | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIA A GRUESA DE LA FM. TREVIÑO. |
| MA-074 | 13R | -102.20229 | 26.80211 | 778126 | 2967581 | Estratificación | N 16° W | 16° NE | Caliza | Kace Cz | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIANA A GRUESA DE LA FM. TREVIÑO |
| MA-075 | 13R | -102.19531 | 26.78999 | 778850 | 2966253 | Estratificación | N 50° W | 12° NE | Caliza | Kace Cz | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA A MASIVA DE LA FM. TREVIÑO. |
| MA-076 | 13R | -102.18605 | 26.7865 | 779779 | 2965887 | Estratificación | N 34° W | 10° NE | Caliza | Kace Cz | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIANA A GRUESA DE LA FM. TREVIÑO |
| MA-077 | 13R | -102.15729 | 26.78291 | 782649 | 2965553 | Estratificación | N 10° W | 21° SW | Caliza | Kace Cz | SECUENCIA DE CALIZAS MASIVAS DE LA FORMACIÓN TREVIÑO |
| MA-078 | 13R | -102.15036 | 26.79991 | 783296 | 2967452 | Estratificación | N 20° W | 29° SW | Caliza | Ka Cz | SECUENCIA DE CALIZAS MASIVAS DE LA FORMACIÓN GEORGETOWN. |
| MA-079 | 13R | -102.15004 | 26.80617 | 783312 | 2968147 | Estratificación | N 10° W | 34° SW | Lutita-Caliza | Ka Lu-Cz | SECUENCIA DE CALIZAS Y LUTITAS DE LA FORMACIÓN KIAMICHI |
| MA-080 | 13R | -102.14833 | 26.80899 | 783475 | 2968463 | Estratificación | N 40° E | 40° NW | Caliza | Kace Cz | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIANA A DELGADA DE LA PARTE SUPERIOR DE LA FORMACIÓN TREVIÑO |
| MA-081 | 13R | -102.14308 | 26.80082 | 784018 | 2967569 | Estratificación | N 50° E | 10° NW | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS MASIVAS DE LA FORMACIÓN AURORA |
| MA-082 | 13R | -102.1391 | 26.78807 | 784446 | 2966165 | Estratificación | N 57° E | 25° NW | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS MASIVAS DE LA FORMACIÓN AURORA |
| MA-083 | 13R | -102.13695 | 26.81237 | 784599 | 2968863 | Estratificación | N 80° E | 10° NW | Caliza | Kace Cz | SECUENCIA DE DEPÓSITOS RECIENTES SEMICONSOLIDADOS COMPUESTOS POR GRAVAS Y BOLEOS (COLUVIÓN), EN CONTACTO CON CALIZAS DE LA FM. TREVIÑO. |
| MA-084 | 13R | -102.12262 | 26.79823 | 786060 | 2967328 | Estratificación | N 45° W | 23° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS MASIVAS DE LA FORMACIÓN AURORA |
| MA-085 | 13R | -102.1206 | 26.78329 | 786298 | 2965677 | Estratificación | N 40° W | 24° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS MASIVAS DE LA FORMACIÓN AURORA |
| MA-086 | 13R | -102.11515 | 26.78588 | 786834 | 2965976 | Estratificación | N 05° W | 25° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA DE LA FORMACIÓN AURORA. |

| | | | | | | | | | | | |
|--------|-----|------------|----------|--------|---------|-----------------|---------|--------|----------------|----------|---|
| MA-087 | 13R | -102.11287 | 26.79158 | 787046 | 2966613 | Estratificación | N 20° W | 20° NE | Caliza | Kace Cz | SECUENCIA DE CALIZAS MASIVAS DE LA FORMACIÓN TREVIÑO |
| MA-088 | 13R | -102.11019 | 26.79636 | 787301 | 2967149 | Estratificación | N 30° W | 26° NE | Lutita-Caliza | Ka Lu-Cz | SECUENCIA DE CALIZAS Y LUTITAS DE LA FORMACIÓN KIAMICHI |
| MA-089 | 13R | -102.10791 | 26.79487 | 787531 | 2966989 | Estratificación | N 04° E | 85° NW | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | CUERPOS DOLOMITIZADOS DE 60 M DE ESPESOR Y MAS DE 3 KM DE LARGO, DENTRO DE LA FORMACIÓN AURORA. |
| MA-090 | 13R | -102.10784 | 26.80587 | 787510 | 2968208 | Estratificación | N 23° W | 85° SW | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS MASIVAS DE LA FORMACIÓN AURORA |
| MA-091 | 13R | -102.11172 | 26.81312 | 787106 | 2969003 | Estratificación | N 33° W | 80° SW | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS MASIVAS DE LA FORMACIÓN AURORA |
| MA-092 | 13R | -102.09364 | 26.82313 | 788879 | 2970154 | Estratificación | N 32° W | 15° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS MASIVAS DE LA FORMACIÓN AURORA |
| MA-093 | 13R | -102.06107 | 26.81802 | 792131 | 2969662 | Estratificación | N 50° W | 18° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA DE LA FORMACIÓN AURORA. |
| MA-094 | 13R | -102.04944 | 26.80962 | 793309 | 2968758 | Estratificación | N 38° W | 15° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA DE LA FORMACIÓN AURORA. |
| MA-095 | 13R | -102.05186 | 26.79476 | 793107 | 2967105 | Estratificación | N 40° W | 16° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS MASIVAS DE LA FORMACIÓN AURORA |
| MA-096 | 13R | -102.04032 | 26.79858 | 794245 | 2967555 | Estratificación | N 40° W | 15° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA DE LA FORMACIÓN AURORA. |
| MA-097 | 13R | -102.02859 | 26.7854 | 795446 | 2966122 | Estratificación | N 52° W | 20° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS FOSILÍFERAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA DE LA FORMACIÓN AURORA. |
| MA-098 | 13R | -102.02512 | 26.78444 | 795794 | 2966023 | Estratificación | N 45° W | 19° NE | Lutita-Caliza | Ka Lu-Cz | SECUENCIA DE CALIZAS Y LUTITAS DE LA FORMACIÓN KIAMICHI |
| MA-099 | 13R | -102.2471 | 26.76049 | 773769 | 2962871 | Estratificación | N 55° W | 17° NE | Caliza-Yeso | Ka Cz-Y | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIA A GRUESA, DOLOMITIZADA CON NÓDULOS DE PEDERNAL NEGRO, POSIBLEMENTE DE LA FM. ACATITA. |
| MA-100 | 13R | -102.24507 | 26.76109 | 773969 | 2962942 | Estratificación | N 42° W | 11° NE | Caliza-Yeso | Ka Cz-Y | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIA A GRUESA, DOLOMITIZADA CON NÓDULOS DE PEDERNAL NEGRO, POSIBLEMENTE DE LA FM. ACATITA. |
| MA-101 | 13R | -102.24005 | 26.7637 | 774463 | 2963242 | Estratificación | N 60° W | 08° NE | Caliza-Yeso | Ka Cz-Y | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIA A GRUESA, DOLOMITIZADA CON NÓDULOS DE PEDERNAL NEGRO, POSIBLEMENTE DE LA FM. ACATITA. |
| MA-102 | 13R | -102.23422 | 26.76363 | 775043 | 2963247 | Estratificación | N 51° W | 10° NE | Caliza-Yeso | Ka Cz-Y | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIA A GRUESA, DOLOMITIZADA CON NÓDULOS DE PEDERNAL NEGRO, POSIBLEMENTE DE LA FM. ACATITA. |
| MA-103 | 13R | -102.23176 | 26.7596 | 775297 | 2962805 | Estratificación | N 50° W | 10° NE | Caliza-Yeso | Ka Cz-Y | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIA A GRUESA, DOLOMITIZADA CON NÓDULOS DE PEDERNAL NEGRO, POSIBLEMENTE DE LA FM. ACATITA. |
| MA-104 | 13R | -102.22404 | 26.76417 | 776054 | 2963329 | Estratificación | N 24° W | 10° NE | Caliza-Yeso | Ka Cz-Y | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIA A GRUESA, DOLOMITIZADA CON NÓDULOS DE PEDERNAL NEGRO, POSIBLEMENTE DE LA FM. ACATITA. |
| MA-105 | 13R | -102.21929 | 26.76578 | 776523 | 2963517 | Estratificación | N 48° W | 12° NE | Caliza-Yeso | Ka Cz-Y | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIA A GRUESA, DOLOMITIZADA CON NÓDULOS DE PEDERNAL NEGRO, POSIBLEMENTE DE LA FM. ACATITA. |
| MA-106 | 13R | -102.2087 | 26.77461 | 777555 | 2964519 | Estratificación | N 46° W | 13° NE | Caliza | Kace Cz | ZONA TRANSICIONAL ENTRE CALIZAS DOLOMITIZADAS DE LA FM. ACATITA Y CALIZAS MASIVAS DE LA FM. TREVIÑO. |
| MA-107 | 13R | -102.20216 | 26.77916 | 778195 | 2965038 | Estratificación | N 30° W | 12° NE | Caliza | Kace Cz | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA A MASIVA DE LA FM. TREVIÑO. |
| MA-108 | 13R | -102.17504 | 26.77502 | 780903 | 2964639 | Estratificación | N 45° W | 12° NE | Caliza | Kace Cz | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIA A GRUESA DE LA FM. TREVIÑO. |
| MA-109 | 13R | -102.15748 | 26.75599 | 782697 | 2962568 | Estratificación | N 14° W | 15° NE | Caliza | Kace Cz | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIANA A DELGADA DE LA PARTE SUPERIOR DE LA FORMACIÓN TREVIÑO |
| MA-110 | 13R | -102.13679 | 26.75671 | 784754 | 2962694 | Estratificación | N 15° W | 65° SW | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS MASIVAS DE LA FORMACIÓN AURORA |
| MA-111 | 13R | -102.12398 | 26.76248 | 786014 | 2963363 | Estratificación | N 35° E | 19° NW | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS MASIVAS DE LA FORMACIÓN AURORA |

| | | | | | | | | | | | |
|--------|-----|------------|----------|--------|---------|-----------------|---------|--------|----------------|----------|--|
| MA-112 | 13R | -102.11787 | 26.76904 | 786605 | 2964104 | Estratificación | N 30° E | 12° NW | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS MASIVAS DE LA FORMACIÓN AURORA |
| MA-113 | 13R | -102.10496 | 26.75476 | 787926 | 2962550 | Estratificación | N 02° E | 80° NW | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS MASIVAS DE LA FORMACIÓN AURORA |
| MA-114 | 13R | -102.05539 | 26.76384 | 792835 | 2963670 | Estratificación | N 35° W | 14° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS MASIVAS DE LA FORMACIÓN AURORA |
| MA-115 | 13R | -102.03624 | 26.76821 | 794729 | 2964198 | Estratificación | N 30° W | 10° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | BANCO ABANDONADO DE DOLOMITA DENTRO DE LA FORMACIÓN AURORA. |
| MA-116 | 13R | -102.02952 | 26.77427 | 795382 | 2964886 | Estratificación | N 25° W | 12° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS DOLOMITIZADAS CON NÓDULOS DE PEDERNAL DE LA FORMACIÓN AURORA. |
| MA-117 | 13R | -102.02254 | 26.77121 | 796085 | 2964563 | Estratificación | N 20° W | 12° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA DE LA FORMACIÓN AURORA. |
| MA-118 | 13R | -102.02132 | 26.76885 | 796212 | 2964304 | Estratificación | N 10° W | 15° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA DE LA FORMACIÓN AURORA. |
| MA-119 | 13R | -102.01545 | 26.75236 | 796839 | 2962490 | Estratificación | N 10° W | 22° NE | Caliza-Dolomía | Ka Cz-Do | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN GRUESA DE LA FORMACIÓN AURORA. |
| MA-120 | 13R | -102.36669 | 26.93208 | 761476 | 2981636 | Estratificación | N 50° W | 07° NE | Caliza | Kace Cz | SECUENCIA DE CALIZAS DE ESTRATIFICACIÓN MEDIA A GRUESA DE LA FM. TREVIÑO. |

| ERA | EPOCA | COLUMNA | | CLAVE | | Ma | | | | |
|--------------|--------------|------------|----------------|------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------|-------|
| | | PISO | P. DE COAHUILA | GOLFO DE SABINAS | P. DE COAHUILA | | GOLFO DE SABINAS | | | |
| CENOZOICO | CUATERNARIO | HOLOCENO | | | Qho eo Qho al | Qho eo Qho al | 0.01 | | | |
| | | | PLEISTOCENO | | | Qho co | | Qho co | | |
| | TERCIARIO | PALEOGENEO | PLIOCENO | | | | Tmpl(?) Bro | 5.1 | | |
| | | | MIOCENO | | | | | 24.0 | | |
| | | | OLIGOCENO | | | | | 36.0 | | |
| | | | EOCENO | | | | | 55.0 | | |
| | | | PALEOCENO | | | | | 67.0 | | |
| | MESOZOICO | CRETACICO | SUPERIOR | CAMPANIANO | | | Kc Ar-Lu Gpo. Difunta | Kc Lu-Lm Fm. Upsón | 83.0 | |
| | | | | | SANTONIANO | | | Kcoss Lu-Ar Fm. Parás | Kcoss Lu-Cz Fm. Austin | 86.0 |
| | | | | CONIACIANO | | | | | 89.0 | |
| | | | | TURONIANO | | | Kcet Lu-Cz Fm. Indidura | Kcet Lu-Cz Fm. Eagle Ford | 91.0 | |
| | | | | CENOMANIANO | | | | | Kce Cz Fm. Buda | 97.5 |
| | | | | | | | | | Kce Lu-Cz Fm. Del Río | |
| | | | | ALBIANO | | | Kace Cz Fm. Treviño | Ipg PD | Ka Cz Fm. Georgetown | 108.5 |
| | | | | | | | Ka Y-Cz Fm. Acatita | | Ka Lu-Cz Fm. Kianichi | |
| | | | | | | | | | Ka Cz Fm. Aurora | |
| | | | | INFERIOR | APTIANO | | | | Kap Cz-Lu Fm. La Peña | 115.0 |
| | BARREMIANO | | | | | Khap Cz Fm. Cupido | | | | |
| | HAUTERIVIANO | | | | | | Khb Y-Cz Fm. La Virgen | 124.0 | | |
| | | | | | | Khb Lu-Cz Fm. La Virgen | | | | |
| VALANGINIANO | | | | | | Kvh Lu-Cz Fm. Baril Viejo | 130.0 | | | |
| BERRIASIANO | | | | | Kn Cg-Ar Fm. San Marcos | 140.0 | | | | |