



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLAS DE HIDALGO**



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES METALURGICAS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA Y MINERALOGÍA

Maestría en Geociencias y Planificación del Territorio

**Estudio Estratigráfico, Sedimentológico y Paleontológico de la
región de Indaparapeo-Charo, Paleolago de Cuitzeo, Mich.,
México.**

**TESIS QUE PARA OPTAR POR EL TITULO DE
MAESTRO EN CIENCIAS**

PRESENTA:

J. Ramón López García

ASESOR DE TESIS

Dr. Víctor Hugo Garduño Monroy

CO-ASESORES:

Dr. Joaquín Arroyo Cabrales

Dra. María Luisa García Zepeda

MORELIA, MICHOACAN, FEBRERO 2008

Dedicatoria

A **mi esposa Carina**, gracias por compartir conmigo todos este tiempo, por tu amor, tu cariño, respeto, comprensión y apoyo incondicional, y gracias a Dios por ponerte en mi vida, te amo.

A **mi hija Cosette**, por llenar mi vida de esperanza, alegría, deseos de vivir y despertar en mí la grandeza de ser padre, y por tus sonrisas y esa vocecilla llena de ternura con las que cada día pronuncias papá.

A mi esposa y a mi Hija a quienes amo y son mi más grande motivo, gracias por estar aquí conmigo.

A mis padres: Sr. Ramón López Soria y Sra. Oliva García Martínez, con mi más profundo amor y agradecimiento, a quienes debo todo lo que soy.

A mis hermanas Elizabeth, Gloria, Ruth y Oliva, y a mis hermanos Pedro, Cuauhtémoc, Alfredo, Israel y Gerardo, mis cuñados y cuñadas, que aunque la vida nos a separado de ciertas maneras, siempre están presentes en mi corazón, en mi pensamiento y en mis oraciones.

A todos mis sobrinos y sobrinas a quienes me gustaría algún día poder ser un pequeño ejemplo de trabajo y superación.

Y ante todo a mi Dios, en quien he depositado toda mi confianza, al que día con día ofrezco mi vida, trabajo y esfuerzo con una simple oración y quien me ha permitido seguir adelante con mis sueños.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Michoacán de San Nicolás de Hidalgo, quien por medio de sus autoridades me ha apoyado en todo momentos para mi formación académica. A la Facultad de Biología, quien me ha brindado todo el apoyo necesario por medio de las diferentes autoridades durante mi formación en la maestría, a la C. Directora M.C. Tohtli Zubieta Rojas y su equipo de colaboradores.

Al Dr. Víctor Hugo Garduño Monroy, asesor de tesis, no solo por sus enseñanzas, conocimientos, tiempo y espacio compartidos, si no por su amistad, a quien admiro, estimo y respeto grandemente.

Gracias Doctor por ser esa persona tan humana y tan humilde, por estar siempre pendiente y en los momentos más difíciles de mi trabajo en esta tesis.

A los miembros de la mesa sinodal, Dr. Víctor Hugo Garduño Monroy, Dra. Ma. Luisa García Zepeda, Dra. Isabel Israde Alcántara, Dr. Joaquín Arroyo Cabrales, Dr. Mikhail Oustroumov Fink, Dr. Víctor Manuel Hernández Madrigal, quienes, no solo han compartido su tiempo y conocimientos, si no que, sin escatimar nada, me han apoyado durante todo el desarrollo de mi trabajo, y no solo eso, de quienes siempre he aprendido algo nuevo y aplicable, gracias por sus comentarios y sugerencias para el enriquecimiento de esta tesis.

A un apersona muy estimada, el Dr. Amadeo Sánchez Castillo, como agradecer su apoyo y comprensión, gracias por esas clases de Física que tanto me servirían, al Dr. Joaquín Arroyo Cabrales que sin conocerme, me ha tendido su mano sin distinciones y me abrió las puertas de tan maravilloso y fantástico mundo, el INAH en la Cd. De México, a los profesores que colaboraron en mi formación Dra. Isabel Israde Alcantara, Dra. María Luisa García Zepeda, Dr. Víctor Hugo Garduño Monroy, Dr. Manuel Mendoza Cantú, Dr. Pedro Corona Chávez, a mi único compañero y gran amigo de la maestría el Ing. Jorge Calderón Muñoz, a quien gracias a él, logré comprender muchos problemas relacionados con ecuaciones matemáticas y física y quien siempre me apoyo en los trabajos rudos del campo y en los análisis sedimentológicos, a mis compañeros y amigos Chícharo, Ponce, Carrillo, Tena, Mundo, Vic, Alejandro, Arcaloca, Magda, Neftalí, Chava, Víctor Hugo, Mónica, José, Víctor Manuel, a mis eternos amigos Víctor Samuel Mondragón Noguéz quien de manera absurda, siempre imprimía animo a mis pesados momentos, a Ismael Fernández Martínez mi amigo de la infancia, con quien he compartido incontables y emocionantes aventuras a quien considero mi gran amigo de todos los tiempos y al gran Ramón Plata Ramírez el amigo que tanto estimo y quien en los verdaderos y más difíciles momentos se dio un tiempo para ayudarme.

A todos y cada uno de mis compañeros y amigos, de quienes he recibido su apoyo incondicional, muchas gracias.

En mi opinión y concepto muy pero muy personal, después de haber terminado este trabajo, nunca más volveré a ver una roca, una montaña o un fósil, sin querer interpretar su historia, quizá no lo logre, pero lo intentaré aún sin pensarlo.

J. Ramón 2008

“Estudio Estratigráfico, Sedimentológico y Paleontológico de la región de Indaparapeo-Charo, Paleolago de Cuitzeo, Mich., México”.

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó un Estudio Estratigráfico, Sedimentológico y Paleontológico de la región de Indaparapeo-Charo, Paleolago de Cuitzeo, Mich., México. Para lo que se requirió de la elaboración de un mapa geológico en el que se generaron los diferentes polígonos litológicos además de la ubicación de los sitios de levantamiento de columnas estratigráficas y colecta de las muestras para realizar el análisis sedimentológico y de los restos fósiles de vertebrados que forman parte de la presente investigación.

Con un estudio estratigráfico de ocho localidades se establecen las principales unidades estratigráficas conformadas de secuencias terrígenas tipo conglomerado, arenas, limo y arcillas. En la estratigrafía destacan tres unidades, en la parte de parte intermedia un nivel de diatomitas, erosionado por secuencias granulares de pequeños deltas ricos en fósiles y finalmente la secuencia se combina con depósitos volcánicos que terminan con la paleocuenca de Charo.

La sedimentología se realizó de manera manual utilizando los tamices indicados, para lo que las muestras motivo de análisis, con anterioridad fueron secadas en una estufa, pesadas y tamizadas, obteniéndose como resultado una serie de gráficas sedimentológicas relacionadas principalmente con el tamaño del sedimento, y el ambiente de energía en que estas fueron depositadas, con dichas gráficas se procedió a elaborar otro tipo de gráficas general en la que se determinaba e interpretaba el ambiente, para tal acción se procedió a la elaboración de un diseño de software con el programa de Office 2007 en el paquete Exel 2007 de Microsoft.

En cuanto a los fósiles colectados, se procedió a su limpieza y determinación para después ubicarlos en la columna estratigráfica correspondiente y basándose en la literatura existente así como en la datación radiométrica tomadas con anterioridad en una de las localidades del área de estudio, determinar la edad del mencionado material.

1. En cuanto a la estratigrafía, de un total de 5 localidades se levantaron y muestrearon a detalle 8 columnas estratigráficas las que presentan una edad que va del Mioceno tardío al Plioceno (7- 3.5 Ma.), tiempo en el que se dio la evolución de la paleocuenca de Charo, en la que se tiene la presencia de 7 secuencias estratigráficas:

SECUENCIA I evento de tipo transgresivo comprobado por las facies proximales, inicio del Lago (7 Ma, Mioceno).

SECUENCIA II depósitos de diatomitas, propios de ambientes de baja energía, un lago de aguas tranquilas y bien con ausencia de depósitos volcánicos (7-2 Ma, Plioceno-Mioceno).

SECUENCIA III predominio de un ambiente de alta energía, como resultado del fallamiento E-W, y de la actividad tectónica, por lo que aumenta intensidad del basculamiento de los bloques hacia el sur, presentándose deltas de alta energía (facies de regresión) y "Slump" (estructuras características de actividad sísmica). O bien el origen de esta secuencia se da a partir de un régimen climático húmedo, que trae consigo el establecimiento de grandes pastizales o sabanas y un aumento de la precipitación pluvial,

SECUENCIA IV se presenta la actividad volcánica apoyada por el registro de los depósitos de cenizas volcánicas "sacaroides" (Plioceno 3.6 Ma.) evento que cambiaría la historia del Lago.

SECUENCIA V con una edad Plioceno-Pleistoceno el registro de brechas diatomíticas (posible origen sísmico) y una serie de eventos de una posible época de sequía, lo que se deduce del registro de pequeños cuerpos de agua que lograron su estabilidad (constatado por los depósitos diatomíticos).

SECUENCIA VI la secuencia es coronada casi totalmente por material pumítico con fragmentos líticos de tamaño milimétrico, que recibe el nombre de "Alegría" encontrándose en depósitos sedimentarios ya sea en condiciones subacuáticas o por lo generalmente de manera subarrial, producto de periodo de actividad volcánica reciente (700-500, 000 años)

SECUENCIA VII culminación la historia evolutiva de la paleocuenca de Charo con la presencia de Flujos de Detritos (Holoceno),

Los restos fósiles, solamente se encontraron en 3 de las 5 localidades, su estado de conservación muy aceptable, reportándose 3 géneros de mamíferos fósiles los que pertenecen a 3 ordenes y 3 familias de la clase mammalia, con una posible edad Rancholabreano del Pleistoceno superior (500.000–10.000 años BP)

Solo se menciona la presencia de impresiones de hojas y tallos de vegetales tanto de hábitat acuático como terrestre.

Desde el punto de vista sedimentológico, se logran realizar estudios granulométricos que ayudan a encontrar o corroborar los ambientes lacustres o fluviales o bien definir claramente la energía que ayudó a caracterizar los deltas de esta paleocuenca.

Por primera vez y en un estrato constituido por ceniza volcanica datadas en 3.5 Ma, se tiene el registro para esta región, de los restos fosilizados de un Pez.

Desde el punto de vista Tectónico-Vulcánicos y como resultado de los análisis del registro estratigráfico de detalle, se da a conocer, por vez primera la presencia de un "Hiatus" volcánico en el periodo comprendido de 7 a 2 Ma, (Mioceno-Plioceno).

López García J. Ramón 2007 Estudio Estratigráfico, Sedimentológico y Paleontológico de la región de Indaparapeo-Charo, Paleolago de Cuitzeo, Mich., México.

Tesis de Grado. Maestría en Geociencias y Planificación del Territorio, Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Departamento de Geología y Mineralogía, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Palabras clave:

CONTENIDO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	
LISTA DE FIGURAS	
I. INTRODUCCIÓN	
A. Localización Geográfica	1
B. Hidrología	3
a. Cuenca del Río Lerma	
b. Cuenca de de Cuitzeo-Morelia	
Encuadramiento geológico regional	8
C. Geología	
a). Secuencia Sedimentaria de Tzitzio	
b). Secuencia Volcánica de la Sierra de Mil Cumbres	
c). Lacustres	
d). Vulcanismo monogenético y lacustres actuales	
e). Lacustres del Pleistoceno-Holoceno	
D. Clima	10
E. Edafología	11
F. Vegetación	11
G. Fauna	12
2. Objetivos	13
3. Metas	13
4. Justificación	14
II. Estudios Previos	16
Paleontológicos	
Geológico-Estratigráficos	29
III. Metodología	36
1. Análisis de la Bibliografía y estado del arte	
2. Análisis Cartográfico y Fotogeológico (Mapa Fotogeológico 1: 20,000)	37
3. Trabajo de Campo (Selección de Sitios)	37
a. Medir y muestrear columnas (Litología, facies, unidades, fósiles)	38
b. Cartografía con verificación de polígonos y estructuras encontradas en fotogeología	40
c. Recolección de restos fósiles (Macro y Microvertebrados)	41
Trabajo de campo	
Material	
d. Estudio Granulométrico	42
Cantidad de muestra tomada	
Preparación de la muestra	
Tamizado	43
4. Clasificación de fósiles	46
5. Establecimiento de grandes unidades y correlación	46
6. Relación entre estructuras y depósito	47

IV. Resultados	47
1. Marco geológico regional	47
2. Los lagos del Cinturón Volcánico Mexicano	47
3. La cuenca de Cuitzeo	48
4. Estratigrafía	53
A. Columnas levantadas	55
a. Zona Industrial	55
a. 1. Parte Inferir Cd. Industrial	
a. 2. Parte Superior Cd. Industrial	56
b. Columna de Fco. J. Mújica, La Goleta	59
Estudio de dirección de transporte en clastos	62
c. Columna El Paredón, La Goleta	63
d. Columna La Vía, La Goleta	64
e. Columna Charo, El Pirúl	66
f. Columna Charo, El Puente (Parte Inferior y Parte Superior)	68
Estudio de dirección de transporte en clastos	70
g. Columna Cañada de los 4 Vientos	71
Estudio de dirección de transporte en clastos	72
h. Columna Las Encinillas	73
B. Sedimentología	76
Resultados de correlación entre las distintas columnas estratigráficas (secuencia I, II, III IV, V, VI y VII)	86-88
1. Estudio Paleontológico	89
7. Evolución Tectonoestratigráfica	95
Fases de Evolución de la Cuenca	100
8. Discusiones	104
Literatura citada	110

LISTA DE FIGURAS	
Figura No. 1 Localización del área de estudio.	2
Figura No. 2 Ubicación del área de estudio	3
Figura No. 3 Región hidrológica de la cuenca del Balsas	5
Figura No. 4 Ubicación y extensión de la subcuenca lago de Cuitzeo	6
Figura No. 5 Hidrología del lago de Cuitzeo	6
Figura No. 6 Carta geológica de la zona del lago de Cuitzeo	9
Figura No. 7 Principales sistemas lacustres del Centro de México	10
Figura No. 8 Correlación entre las columnas propuestas	29
Figura No. 9 Diagrama del probable flujo ancestral hacia el río Lerma	30
Figura No. 10 Morfología del lago de Cuitzeo	35
Figura No. 11 El área de estudio forma parte de la conjunción de 4 cartas topográficas	38
Figura No. 12 Parámetros y actividades registrados durante el levantamiento de columnas	39
Figura No. 13 Análisis cartográfico y verificación de polígonos y estructuras asociadas	40
Figura No. 14 Tamices en orden	44
Figura No. 15 Agitador mecánico Ro-tap	44
Figura No. 16 Las dos subcuencas asimétricas	49
Figura No. 17 Esquema de la morfología que caracteriza a la región de Cuitzeo	50
Figura No. 18 Migración del lago de la parte sur a la parte norte como producto del fallamiento	51
Figura No. 19 Estructuras geológicas características del área de estudio, sitios de levantamiento, toma de muestras en la columna estratigráfica.	
Figura No. 20 Columna estratigráfica Parte Superior y Parte Inferior de Cd. Industrial	58
Figura No. 21 Columna estratigráfica sitio de levantamiento y toma de muestras Fco. J. Mújica, La Goleta	61
Figura No. 22 Relación presente entre la dirección de transporte de clastos y su forma Fco. J. Mújica, La Goleta	62
Figura No. 23 Columna estratigráfica sitio de levantamiento y toma de muestras parte Superior El Paredón y parte Inferior La Vía (el más antiguo)	65
Figura No. 24 Columna estratigráfica sitio de levantamiento y toma de muestras en la localidad El pirúl, Charo	67
Figura No. 25 Columna estratigráfica sitio de levantamiento y toma de muestras Charo, A. El Puente (Parte Base) y B. El Puente (Parte	69

Superior)	
Figura No. 26 Relación presente entre la dirección de transporte de clastos y su forma El Puente (Parte Superior)	70
Figura No. 27 Columna estratigráfica sitio de levantamiento y toma de muestras Cañada de los 4 Vientos, Charo	72
Figura No. 28 Relación presente entre la dirección de transporte de clastos y su forma Cañada de los 4 Vientos, Charo	73
Figura No. 29 Columna estratigráfica sitio de levantamiento y toma de muestras Las Encinillas, Indaparapeo	75
Figura No. 30 Columna estratigráfica de la Parte Superior de CD. Industrial, su relación con cada una de las gráficas sedimentológicas y la gráfica general resultado de todas ellas	79
Figura No. 31 Columna estratigráfica de la Parte Inferior de CD. Industrial, su relación con cada una de las gráficas sedimentológicas y la gráfica general resultado de todas ellas	80
Figura No. 32 Columna estratigráfica de Fco. J. Mújica, La Goleta, su relación con cada una de las gráficas sedimentológicas y la gráfica general resultado de todas ellas	81
Figura No. 33 Columna estratigráfica del Paredón y de la Vía, La Goleta, su relación con cada una de las gráficas sedimentológicas y la gráfica general resultado de todas ellas	82
Figura No. 34 Columna estratigráfica del Pirúl, Charo, su relación con cada una de las gráficas sedimentológicas y la gráfica general resultado de todas ellas	83
Figura No. 35 Columna estratigráfica de el Puente de Charo, Parte Superior y del Puente de Charo, Parte Inferior, su relación con cada una de las gráficas sedimentológicas y la gráfica general resultado de todas ellas	84
Figura No. 36 Columna estratigráfica de las Encinillas, Indaparapeo, su relación con cada una de las gráficas sedimentológicas y la gráfica general resultado de todas ellas	85
Figura No. 37 Correlación estratigráfica en la que se muestran las 7 principales secuencias relacionadas con la evolución de la paleocuenca de Charo	88
Figura No. 38 Mola de <i>Equus</i> posiblemente perteneciente a un ejemplar joven	90
Figura No. 39 Fragmento d una vértebra de <i>Equus</i>	90
Figura No. 40 Matatarso derecho y molar de camello, posiblemente <i>Megatylopus</i> ?	91
Figura No. 41 Defensa derecha y 2 molares de <i>Rhynchotherium</i>	93
Figura No. 42 Ejemplar de pez, conservado en ceniza volcánica en la localidad de El Pirúl, Charo	94
Figura No. 43 Origen y formación de la paleocuenca de Charo	100

Figura No. 44 Origen del depocentro de charo	101
Figura No. 45 Aumento en la intensidad del basculamiento	102
Figura No. 46 Fin de la paleocuenca de Charo	103
Figura No. 47 Correlación estratigráfica de las columnas propuestas por los diferentes autores	105

I. INTRODUCCION

El estudio de cuencas lacustres en el centro de México representa la apertura de un libro donde se han escrito al menos la historia de los últimos 5 Ma. Es decir se nos da la oportunidad de hacer una buena lectura y extraer de él cambios de muchos tipos, como podrían ser los de restablecer las variaciones en los ambientes sedimentarios y que son una respuesta a los cambios climáticos y a la dinámica vulcano-tectónica del Cinturón Volcánico Mexicano.

La cuenca de Charo-Indaparapeo nos brinda una secuencia lacustre que por los trabajos precedentes, ha registrado una historia desde el Mioceno superior hasta el Pleistoceno tardío.

En este trabajo se realizará un estudio estratigráfico sedimentológico sistemático, que estará apoyado con nuevos datos paleontológicos y no descuidando obviamente el estado del arte de la información precedente. En la última parte del estudio se elaborará la reconstrucción paleogeográfica de esta cuenca donde se observará la evolución de la cuenca en espacio y tiempo.

1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

A. Localización Geográfica.

Al norte del Estado de Michoacán se localiza el Municipio de Charo, coordenadas $19^{\circ}46'00''$ de latitud norte y $101^{\circ}04'30''$ de longitud oeste, altitud de 1900 m.s.n.m., superficie total de 174.59 km^2 , colinda hacia el norte con los municipios de Tarímbaro y Alvaro Obregón, al sur con Tzitzio, al este con Indaparapeo y al oeste y suroeste con la Cd. de Morelia (Fig. 1).

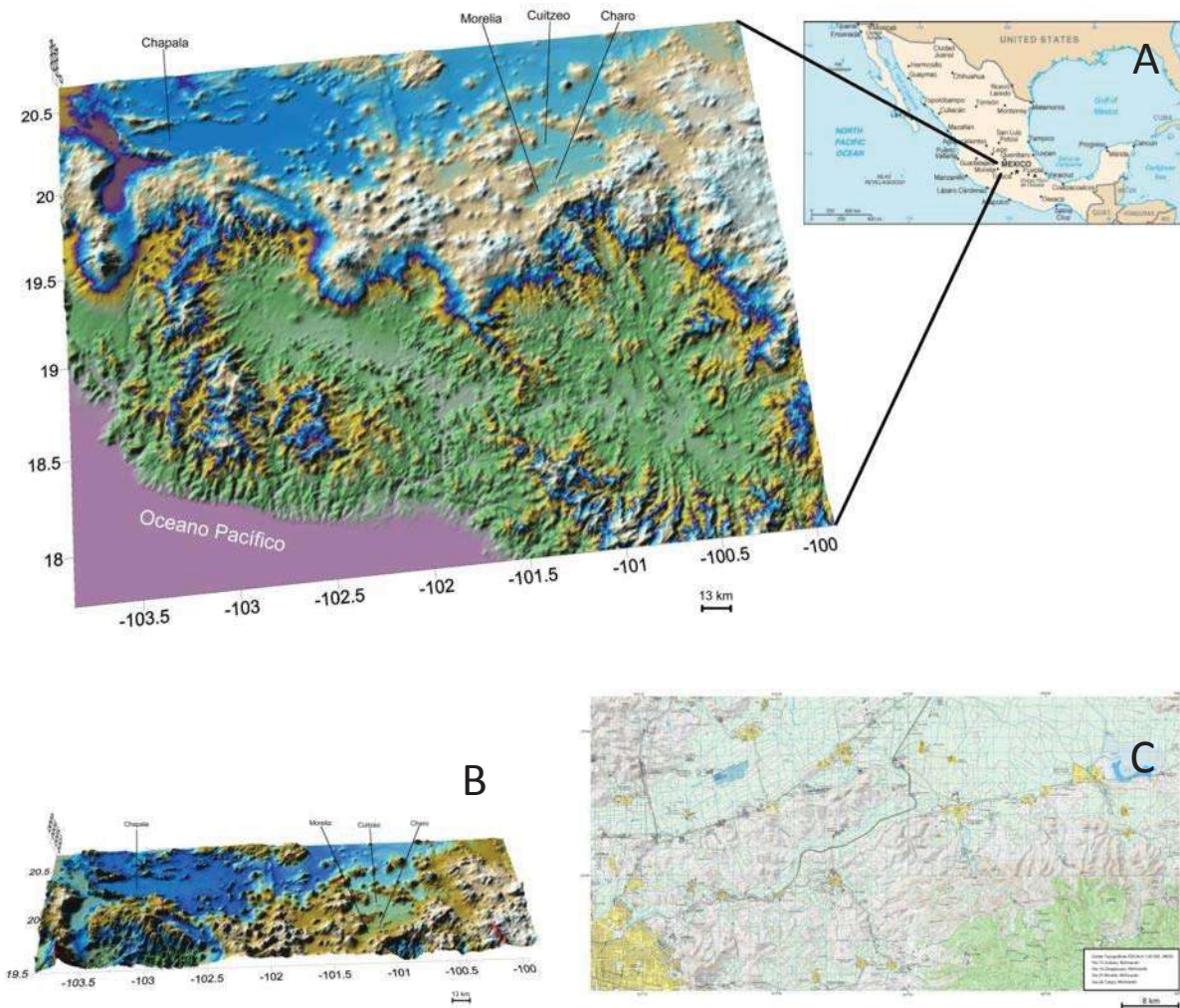


Fig. 1. A. Mapa de la República Mexicana que muestra el Cinturón Volcánico Transmexicano y la localización del área de estudio, B. vista en otro plano en la que se aprecia la morfología de la zona, C. mapa topográfico en el que se ubica geográficamente el área de estudio.

El paleolago de Charo se localiza en el sector central del Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM) en la ladera sur del margen meridional, con dirección ENE-OSO a unos 15 km al este de la Cd. de Morelia (Israde y Garduño, 1999), formando parte del sistema de fallas Morelia-Acambay.

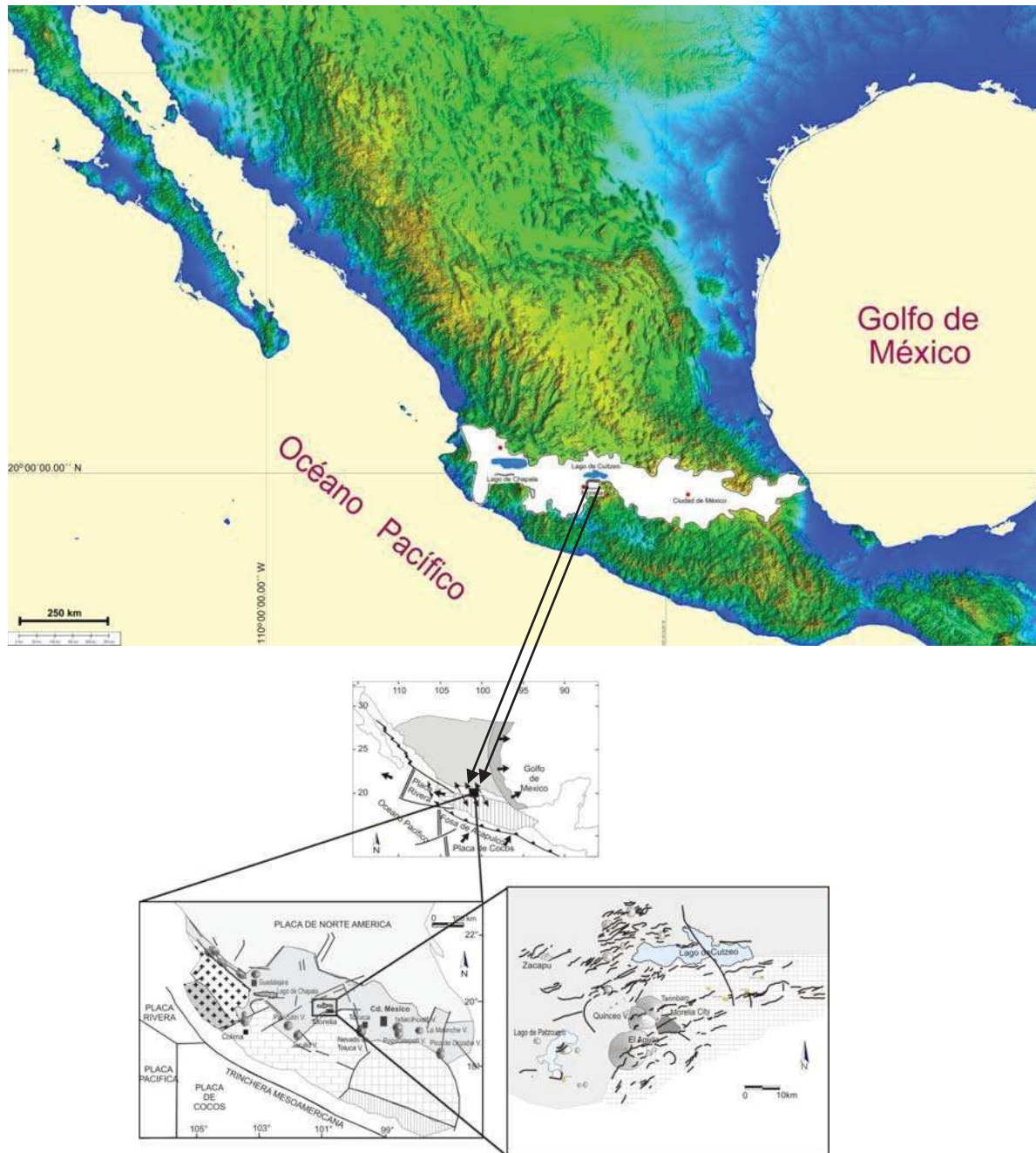


Fig. 2. Figura que muestra la ubicación el área de estudio como parte de la estructura del Cinturón Volcánico Transmexicano, el cual jugó un papel importante en el desarrollo y evolución de las cuencas del Centro de México.

B. Hidrología.

a. Cuenca del Río Lerma

Geográficamente está comprendida entre los paralelos 19° 03' y 21° 32' de latitud norte y los meridianos 99° 18' y 103° 46' de longitud oeste, se localiza en el centro-oeste de México, ocupa parte de los estados de México (sureste), Querétaro (este), Guanajuato (centro sur), Michoacán (sur) y Jalisco (oeste).

La cuenca del río Lerma se extiende por 123,000 Km². Con un área correspondiente en el estado de Michoacán de 9,118 km² aproximadamente (Medina-Nava, 2003).

Medina-Nava 2003, divide la región Lerma-Chapala en cinco subcuencas intermedias, dos de tipo endorreico Río Grande de Morelia-Cuitzeo y Lago de Pátzcuaro, tres exorreicas: Lerma-Toluca, Río Angulo y Río Duero.

Moncayo *et al.*, 2000, basado en criterios ictiofaunísticos, subdivide a la región hidrológica Lerma-Chapala en subprovincias ictiogeográficas o subregiones, clasificándolas de la siguiente manera: Alto Lerma: Subcuenca Lerma- Toluca, Medio Lerma: Subcuenca Río Grande de Morelia y Subcuenca río Angulo y la subcuenca endorreica de Pátzcuaro Bajo Lerma: Subcuenca río Duero (en Medina-Nava, 2003).

La historia geológica de la región del Lerma-Chapala es el resultado de de la actividad volcánica, caracterizada por la presencia de diversos tipos de rocas volcánicas constituidas en una gran masa, acumulada a partir de mediados del Terciario y hasta el presente, resultado de numerosos y sucesivos episodios volcánicos, responsables del origen de la cadena de grandes estrato-volcanes que atraviesa el país casi en línea recta, conformando el Cinturón Volcánico Transmexicano, en el que presentan un gran número de estructuras volcánicas (conos cineríticos, volcanes complejos, domos riolíticos y andesíticos, coladas de lava basáltica y depósitos piroclásticos), cuyo relieve estructural, se constituye de manera principal de rocas volcánicas jóvenes del Cenozoico Superior (Medina-Nava, 2003).

Uno de los rangos característicos y de gran importancia de Michoacán, lo constituyen las zonas lacustres (Pátzcuaro, Cuitzeo y Zirahuén), considerados como amplias cuencas de tipo cerrado o endorreicas, que se presentan alineadas a lo largo de una gran franja E-O (Medina-Nava, 2003).



Fig. 3. Región Hidrológica de la Cuenca del Río Balsas.

b. Cuenca de Cuitzeo-Morelia

La subcuenca Lago de Cuitzeo, se encuentra en la porción central del Cinturón Volcánico Transmexicano y pertenece a la Provincia del Eje Neovolcánico (Garduño-Monroy *et al.*, 1999), se incluye en las subprovincias Sierras y Bajíos Michoacanos en el norte y la Subprovincia

de Mil Cumbres al sur, se localiza en la cordillera del sistema Tarasco-Náhuatl, entre los paralelos $19^{\circ} 30'$ y $20^{\circ} 05'$ de latitud norte y $100^{\circ} 30'$ y $101^{\circ} 35'$ de longitud oeste, con una extensión de 4003 km^2 aproximadamente, que comprende los municipios de Huandacareo, Cuitzeo, Santa Ana Maya, Copándaro, Chucándiro, Tarímbaro, Alvaro Obregón, Indaparapeo, Queréndaro, Zinapécuaro, Charo, Morelia, Acuitzio del Canje, Lagunillas, parte de Villa Morelos, Huaniqueo y Tzitzio en el estado de Michoacán (Medina-Nava, 2003), (Fig. 4).

Se caracteriza por ser una cuenca cerrada o endorreica, en cuya parte baja ubica el lago de Cuitzeo, la constituyen importantes estructuras como la sierra del Zirate al oeste y del Tigre al sureste, al sur la Sierra de Oztumatlán o Sierra de Mil Cumbres (Medina-Nava, 2003).

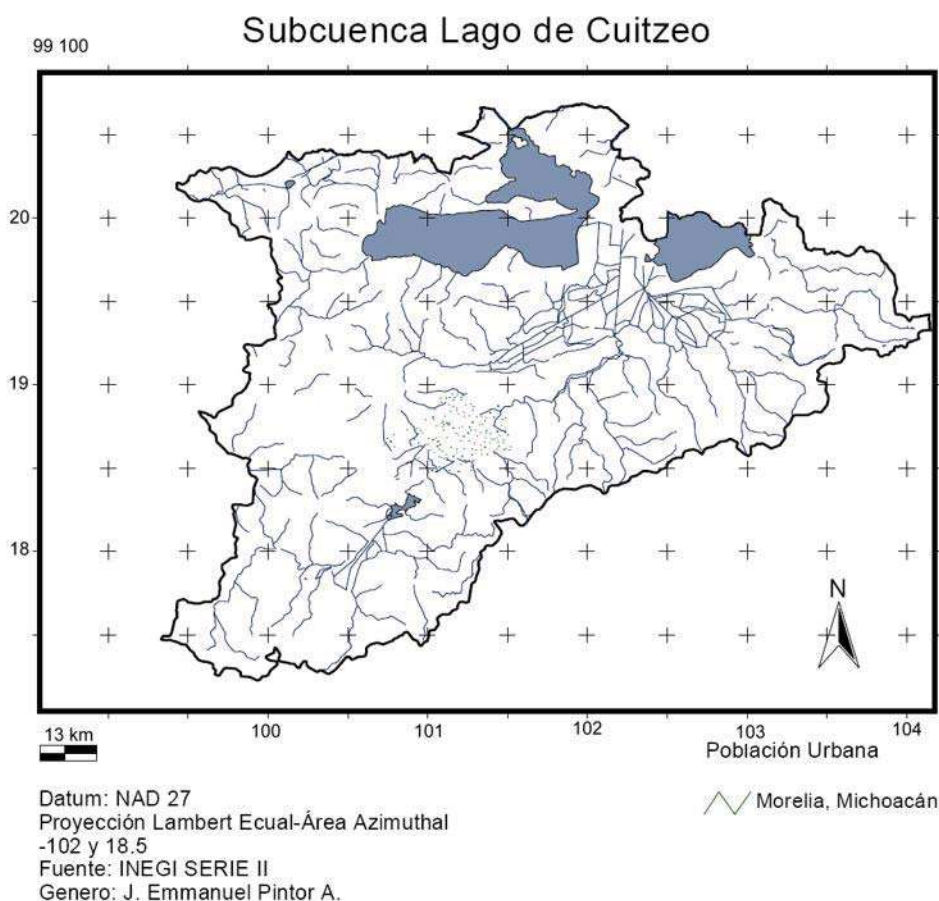


Fig. 4. Figura en la que se muestra la ubicación y extensión de La subcuenca Lago de Cuitzeo, además de la hidrología característica de la región (Medina-Nava 2003).

El Río Grande de Morelia, se considera como el principal afluente que de manera permanente alimenta el depósito del lago de Cuitzeo, a este río se une el "Río Chiquito" de Morelia del cual se derivan el "Río Viejo" y el "Rectificado" los que también desembocan en el mencionado lago, proveniente de Chiquimitio se tiene el "Arroyo San Marcos", el que por el lado oeste y después de cruzar el valle de Tarímbaro, se une al "Río Viejo" de Morelia. Al este como resultado de la presencia del río Queréndaro el que origina primeramente a la presa de "Mal País" y posteriormente desemboca en la parte sur del lago, donde también lo hace el río de Zinapécuaro (Secretaría de Gobernación, 1988) (Fig. 5).

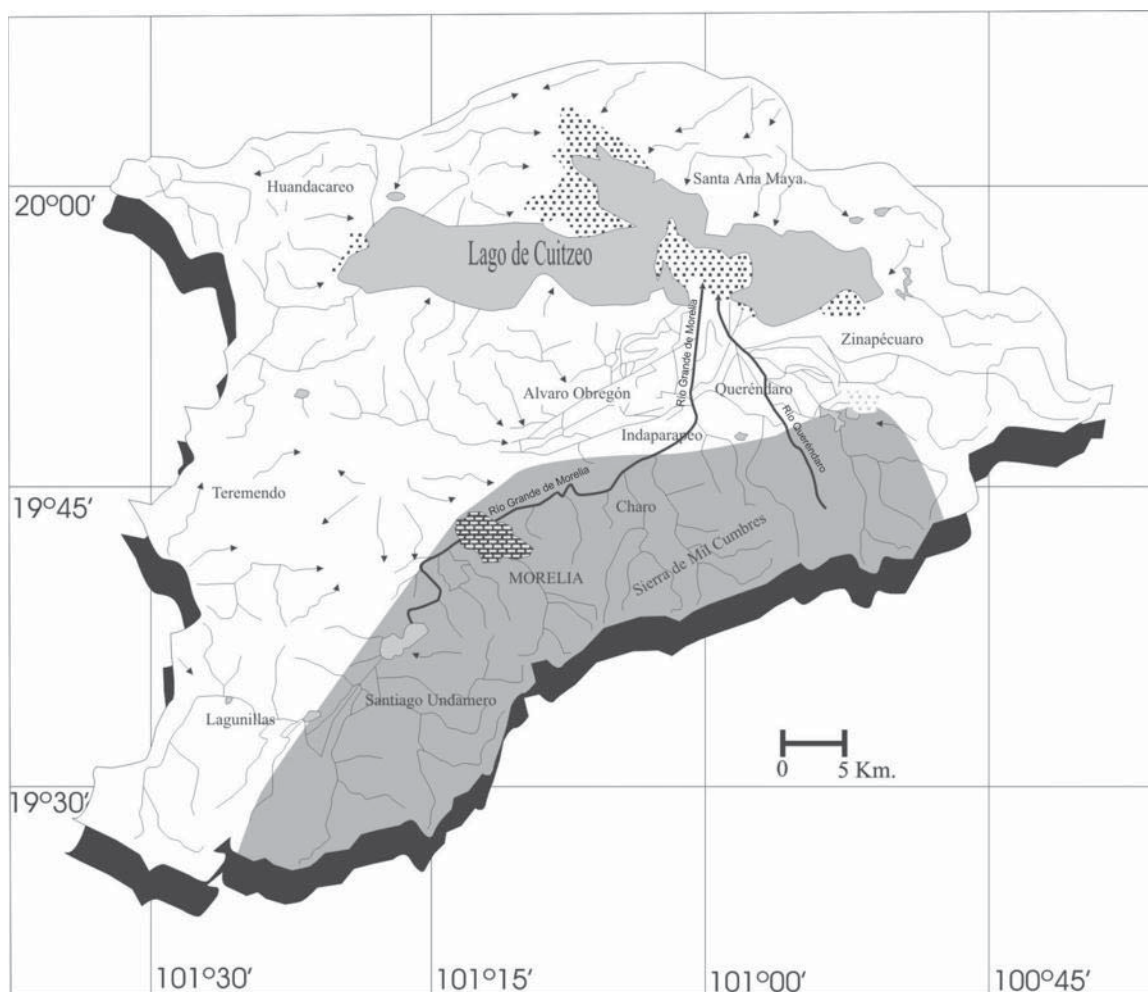


Fig. 5. Hidrología del Lago de Cuitzeo, Michoacán (Israde, 1994), en donde se muestran 2 de los principales afluentes del lago de Cuitzeo el río Grande de Morelia y el río Queréndaro

En la región que constituye la cuenca de Cuitzeo, existen un total de 3,637 corrientes superficiales, siendo solamente seis de ellas permanentes o perennes; el resto son efímeras e intermitentes durante el tiempo de lluvias, que va de junio a septiembre (Pompa, 1995) (Fig. 5).

Ceballos *et al.*, 1994, después de realizar los análisis limnológicos y dadas las características que presenta el lago de Cuitzeo concluyen que dicha cuenca forma parte de la región Hidrológica Lerma-Chapala-Santiago, considerándose como una cuenca de tipo endorreica, la cual fue modificada durante la época de la colonia mediante la construcción de un canal que comunica el lago de Cuitzeo con la laguna de Yuriria (Mendivil et al., 1980), convirtiéndose así en una cuenca exorreica al desembocar en el río Lerma, actualmente este canal se modifico y recibe el nombre de Dren La Cinta.

De manera general, el tipo drenaje que se presenta en el área de estudio se considera como mixto y es el resultado de la combinación de tres modelos diferentes: dendrítico, subparalelo y radial, el dendrítico, resulta de la alteración de las rocas que presentan poca resistencia a la erosión (andesitas del Mioceno), el subparalelo producto del sistema de fracturamiento de las rocas a nivel regional y el radial que caracteriza los volcánicos y el que se encuentra en menor proporción (Secretaría de Gobernación, 1988).

El patrón de drenaje en la porción norte presenta escurrimientos escasos, con la presencia de una red de drenaje poco desarrollada. La Porción sur es la porción más elevada de la cuenca y es aquí donde se presentan la mayor densidad de escurrimientos con un patrón de tipo dendrítico o subdendrítico. La porción centro-oriental, que se caracteriza por la presencia de un vulcanismo reciente y debido a ello presenta un patrón de drenaje poco desarrollado.

De manera marcada hacia la parte sur del lago y en la parte plana de la cuenca, se observa un patrón de drenaje fuertemente alterado como producto de la actividad agrícola de riego (Mendoza, 2002).

Encuadramiento geológico regional

C. Geología

Se caracteriza por las siguientes unidades:

a). Secuencia Sedimentaria de Tzitzio:

Se trata de una alternancia de rocas terrígenas formada por un conglomerado basal con fragmentos de cuarzo preferencialmente que sobreyacen discordantemente a una secuencia metasedimentaria. Esta unidad terrígena de color rojo, se le denomina Lechos Rojos y ha sido considerada del Cretácico superior (Garduño *et al.*, 1999).

b). Secuencia volcánica de la Sierra de Mil Cumbres:

Aflora al sur de la zona de estudio y se trata de una serie de rocas volcánicas formada de conglomerados en su base seguidos de derrames y brechas volcánicas andesíticas muy alteradas y coronadas por masas de flujos piroclásticos fechados del Oligoceno. La secuencia se sigue con brechas y derrames andesíticos y dacíticos del Mioceno y que en la zona de estudio llegan hasta el Mioceno superior (8 Ma) (Fig. 6).

c). Lacustres: (Fig. 7).

Los principales sistemas lacustres del Centro de México, son el resultado de la constante actividad y reorganización de las placas tectónicas en la parte Sudoeste de la República Mexicana, a partir del Mioceno medio. Como resultado de esta tectónica se originó un fallamiento transtensivo y normal, al que se le sumó la abundante actividad volcánica, favoreciendo de esta manera primero la formación y posterior entrapamiento de los lagos en esta región.

d). Vulcanismo monogenético y lacustres actuales:

Quinceo Las Tetillas con derrames andesítico-basal, volcanes escudo y derrames históricos con impresiones de mazorcas. Volcanes de ceniza y derrames de 700 mil años de Queréndaro-Indaparapeo.

e). Lacustres del Pleistoceno-Holoceno

Los eventos tectónicos y magmáticos durante la construcción del Cinturón Volcánico Mexicano generados en la época Plio-Cuaternario, trajeron como consecuencia que los lagos de Zirahuén y Pátzcuaro fueran represados, mientras que los lagos de Chapala y Cuitzeo, han sido el resultado principal de fenómenos de tipo tectónico. Ambos, presentan una gran similitud morfoestructural, así como un basamento de edad Miocénica (mayor a 8 Ma).

Existe una conclusión sustentada tanto por la tectónica como por la cronología de los edificios volcánicos encargados de establecer la distribución de las cuencas, que define la conexión que existió entre Cuitzeo y Pátzcuaro mediante la evidencia de canales o drenes fluviales, mientras que no existe prueba alguna de la conexión entre Zirahuén y Cuitzeo.

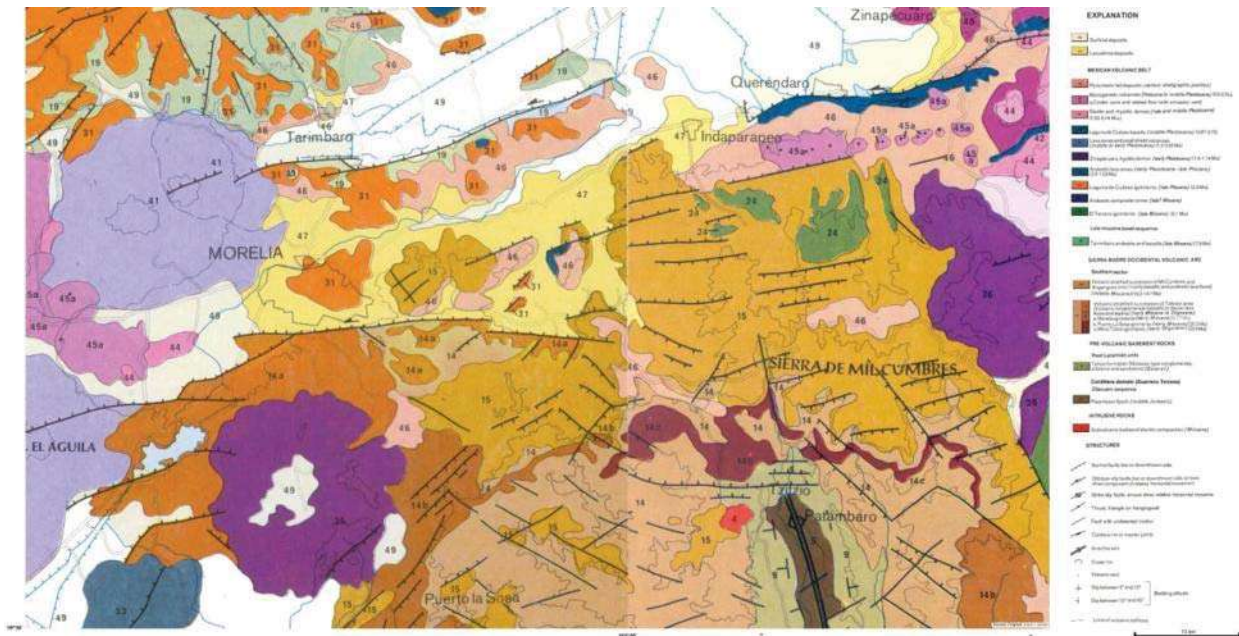


Fig. 6. Carta Geología de la Zona del Lago de Cuitzeo (modificado de Pasquaré *et al.*, 1991)

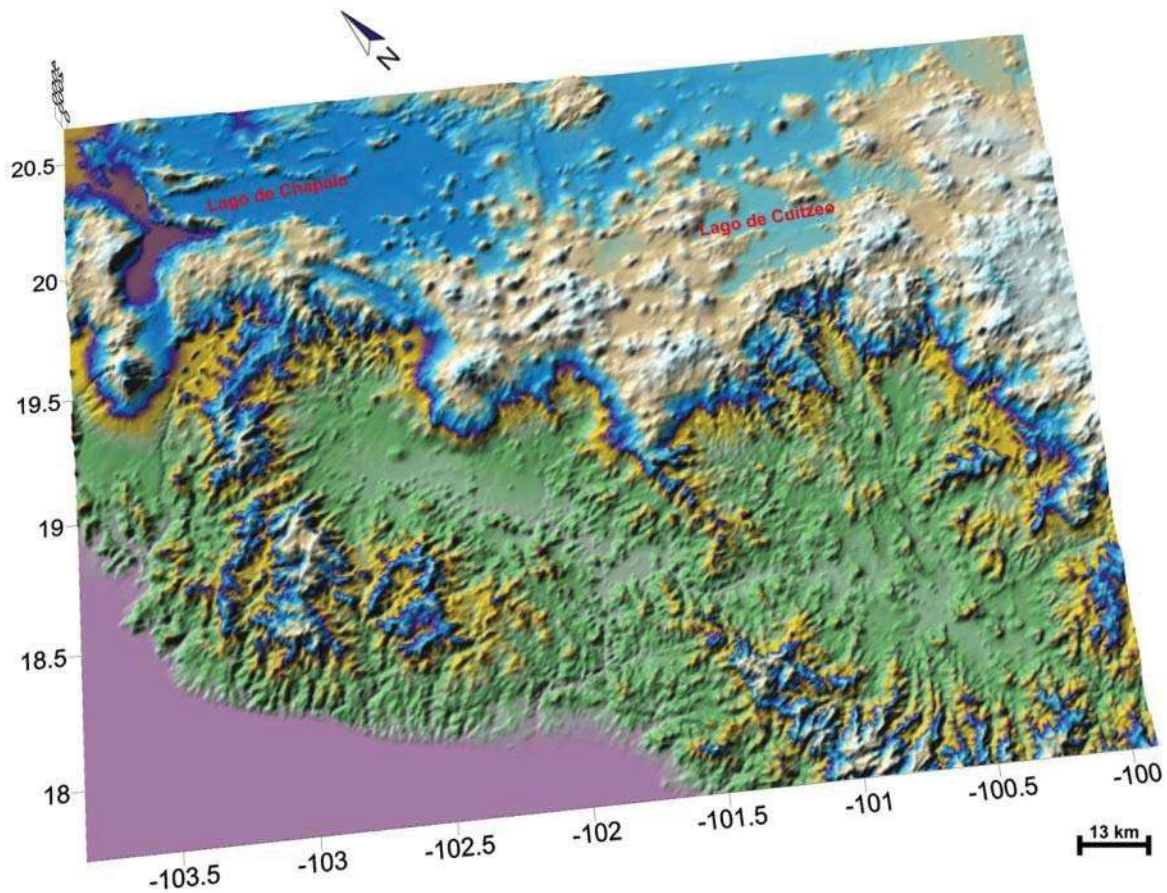


Fig. 7. Figura que muestra los principales sistemas lacustres del Centro de México, resultado de la constante actividad y reorganización de las placas tectónicas.

D. Clima

La Cuenca de Cuitzeo presenta un clima predominante de tipo templado con lluvias en verano; pero la distribución espacial de la precipitación, así como de la temperatura, indica que la cuenca pertenece a una zona transicional entre los climas templados secos y climas templados húmedos, variación que corresponde a un incremento en la amplitud de relieve de la cuenca.

La precipitación media anual es muy variable pero los registros son del orden de los 841.9 ml, y la temperatura media anual de 17.3 °C (Mendoza, 2002).

De acuerdo con la carta de climas del INEGI (1985), y las estaciones meteorológicas presentes en la cuenca, también se da la existencia de

subtipos climáticos pertenecientes al tipo o régimen templado subhúmedo (García, 1988; Antaramián, 1992).

La localidad de Charo, presenta un clima de tipo templado con lluvias en verano, con una precipitación pluvial de 1455 mm y temperaturas que oscilan de 4.5 °C a 36.4°C (Secretaría de Gobernación, 1988). A demás de presentar un sub tipo predominante considerado como el más seco de los templados subhúmedos Cb (Wo) (W) (i') g, (García, 1988).

E. Edafología

De acuerdo a la DETENAL (ahora INEGI) Carta uso del suelo y vegetación, 1981 y la DETENAL Carta Edafológica, 1978, los diferentes tipos de suelo que caracterizan a la región son los Feozem, y se clasifican como suelos de tipo Residual, Aluvial, Lacustre, Palustre, Litoral, Eólico.

Son suelos destinados principalmente para la agricultura de riego y de temporal.

F. Vegetación

Los resultados de Bocco y Mendoza (1999), mediante la utilización de técnicas de cartografía concluyen que la distribución de la cobertura vegetal existente en el año de 1993, alrededor del 20% de la cuenca está constituida por Bosques Templados, principalmente de Pino y Encino, alrededor del 15% de matorrales subtropicales; menos del 15% los pastizales inducidos y alrededor del 40% de los cultivos ocupan de la cuenca para ambos años (Mendoza, 2002).

En la actualidad el área de estudio se caracteriza por un marcado crecimiento urbano, la presencia de la actividad humana en particular encaminada a la actividad agrícola hace que la vegetación registrada en los archivos de la Secretaría de Gobernación 1988 y la DETENAL, carta del uso del suelo y vegetación 1981, la cual consistía en bosque de Coníferas (oyamel, pino y junípero); bosque Mixto (encino, pino, aile y sauce); Pradera (huisache, nopal y diversos matorrales), además de plantaciones de vegetación introducidas como el caso del eucalipto

utilizado en las últimas reforestaciones hayan sido objeto de un mal uso, manejo y sobre explotación por lo que la vegetación que se encuentra y se puede observar actualmente ha quedado reducida solo a la presencia de huisache, mezquite, pirul, nopal, yuca y algunos pastizales constituidos por pastos estacionales (característicos de las épocas del año), así como varias especies introducidas como el caso del eucalipto, cedro, casuarina y la variedad de cultivos agrícolas propios de la región (maíz, frijol y algunas leguminosas de tipo forrajeras).

G. Fauna

Camacho y López, 1995, Presentan un registro de la fauna de la región en el que corroboran la presencia de: Ardilla (*Sciurus aureogaster*), Coyote (*Canis latrans*), Conejo (*Sylvilagus floridanus*) y Mapache (*Porción lotor*), hacia las partes más altas y en las partes bajas lo que comprende hacia las localidades de Charo y Alvaro Obregón se encuentran: Tlacuache (*Didelphys marsupiales*), Tejon (*Nasua Larica*), Armadillo (*Dasybus novemcinctus*) y Zorrillo (*Mephitis macroura*) de los reptiles algunas lagartijas y serpientes. Cabe mencionar que la gran mayoría de estos organismos, se encuentran en escasas cantidades, dado que es muy evidente el cambio de uso de suelos que se ha acentuado en la región, debido al extenso crecimiento de los asentamientos humanos y de la creciente urbanización en los últimos años.

2. OBJETIVOS

- Realizar un estudio Estratigráfico, Sedimentológico y Paleontológico de los sedimentos que componen las secuencias lacustres y fluviolacustres de la región de Indaparapeo-Charo, para conocer los paleoambientes de la zona durante el Mioceno-Pleistoceno.
- Determinar los procesos tafonómicos a los que estuvieron sujetos los organismos.

3. METAS

- a). Mapeo y levantamiento detallado de columnas de las secuencias lacustres de la región de Indaparapeo-Charo.
- b). Establecer edades relativas de los sedimentos a través de los macro y microvertebrados.
- c). Obtener las características sedimentológicas de las secuencias lacustres y fluviolacustres de la zona de estudio.
- d). Realizar fechamientos absolutos de cenizas volcánicas y lavas, ya que solo existen hasta la fecha dos fechamientos.

4. JUSTIFICACION

La Estratigrafía es la llave de la historia de la Tierra, es la “portadora” del tiempo en Geología.

“Es el arte del descubrimiento y la ordenación”, sobre todo temporal.

Para Selley, 1970 un medio sedimentario es una parte de la superficie terrestre que se diferencia de otras zonas adyacentes mediante factores de tipo físicos, químicos y biológicos los que se relacionan de tal manera que si uno de ellos llegara a cambiar, afectaría directamente a cualquiera de los otros, iniciándose así la serie de procesos encargados del transporte y depósito de los sedimentos.

Los sedimentos se acumulan en depresiones de tamaño variable que reciben el nombre de cuencas sedimentarias, las que en su relleno se encargan de registrar su evolución paleogeográfica. Dicho relleno se forma básicamente de sedimentos, superficies de omisión (etapas de no deposición y discordancias), el registro de etapas de erosión o su ausencia y evidencias o no de actividad tectónica.

El análisis de cuencas resulta de gran importancia puesto que se encarga de reconstruir en el tiempo la historia detallada del relleno, las razones de tipo tectónico, climático y en general de todos los parámetros y fenómenos que la controlaron, dándole menor importancia a la evolución de las rocas sedimentarias desde su deposición hasta la actualidad.

Por lo anterior, se ha considerado el análisis de cuencas como parte de la Sedimentología, en la actualidad se ha demostrado que es su continuación, con un sentido temporal mucho más marcado, y un carácter integrador de informaciones diversas mucho mayor (Hallam, 1981; Miall, 1984, y Reading, 1986), (en Arche, 1992).

Dentro de un análisis de cuencas, se debe de hacer notar que es imposible separar a la Geología Histórica, de la Estratigrafía y de la paleogeografía las cuales se soportan mutuamente. La estratigrafía estudia las sucesiones rocosas, las ordena en el tiempo y las correlaciona, la sedimentología interpreta los procesos y ambientes sedimentarios en los que se formaron y la paleogeografía recopila,

integra y sistematiza la información y presenta los resultados para un momento de la historia de la tierra (Arche, 1992).

Debido a ello se concluye que un análisis sedimentológico queda incompleto con la pura interpretación de facies (Arche, 1992).

En la región entre Morelia y Queréndaro existe una serie de evidencias de lagos antiguos con columnas litológicas que comprenden diferentes facies lacustres y fluviolacustres, las que parcialmente han sido motivo de investigaciones estratigráficas y paleontológicas.

Existen pocos trabajos realizado para el área de estudio, los existentes son los que se relacionan de manera directa con estudios de tipo vulcanotectónicos auxiliados de análisis estratigráficos (Israde y Garduño, 1999), otro, los relacionado con la evolución de la cuenca lacustre enfatizando los aspectos estratigráficos, geológicos y micropaleontológicos, obteniendo resultados relacionados con su estructura sedimentaria, vulcanotectónica y evolución climática (Onida, 1995), los de corte limnológico que referencian las condiciones paleoecológicas actuales con base en la presencia de diferentes organismos (Ceballos *et al.*, 1994).

No obstante los estudios sedimentológicos formales, de manera completa integralmente hablando, así como los trabajos de taxonomía de Macro y Microvertebrados son casi inexistentes y los reportados para esta área presentan carencia de análisis sedimentológicos.

El presente trabajo pretende un sentido integrativo en el que se realice un análisis tanto de los aspectos estratigráfico, sedimentológico y paleontológico del área de estudio en cuestión, que hasta ahora no han sido abordados en conjunto, ni con un control estratigráfico estricto.

II. ESTUDIOS PREVIOS

Para este análisis tan importante del trabajo hemos dividido los estudios de la siguiente forma:

Paleontológicos.

Arellano y Azcón (1949), Se encargan de realizar las primeras colectas de material fosilífero para el Estado de Michoacán en la localidad del Rancho la Goleta y la región de la paleocuenca de Charo, haciendo mención de los basamento lacustre constituidos de grandes afloramientos de diatomitas de espesores que van desde los 30 a 40 m, lo que indica que este depósito fue colmatado durante las épocas del Plioceno para posteriormente sufrir una disecación a partir del Pleistoceno inferior. Entre el material fósil colectado se cuentan restos de proboscídeos y molares de caballo, material que fue estudiado por El Dr. C. L. Gazin quien lo identificó como molares de *Nannipus cf. montezuma* (Leidy) y *Plesippus sp.*, para los que sugirió una edad de Blancano, al mismo tiempo el Dr. A. R. Stirton corrobora la identificación del género *Nannipus cf. montezuma* (Leidy) y con relación al género *Plesippus sp.*, propone, pertenece al género *Pliohippus (Astrohippus) cf. osborni* Frick asignándolo a un nivel más probable del Henfiliano.

Por otro lado el Dr. C. W. Hibbard, precisa que los dos géneros de caballos *Nannipus cf. montezuma* (Leidy) y *Plesippus sp.* pertenecen al rango del Pleistoceno temprano por lo que no se pueden considerar géneros diagnóstico del Plioceno. Posteriormente los autores basados en la evidencia estratigráfica infieren una edad Plioceno o Pleistoceno temprano para esta serie.

Los autores opinan que debido al poco registro de fósiles del Plioceno en la parte del centro y sur de la altiplanicie Mexicana, para determinar las edades del material de Charo-La Goleta, se han toman como base los registros existentes, como por ejemplo el caso de un mastodonte y caballos (Tehuichila, o Zacualtipan), un rinoceronte (valle de Toluca), y las plantas (Texuantla, Real del Monte), con edades que van del Henfiliano al Blancano.

Repenning (1962), Describe de manera parcial la fauna de la Goleta tomando como base los trabajos de Arellano y Ascón, además describe un espécimen de ardilla gigante de tierra *Paenemarmota barbouri*, a la que se le considera índice de la edad Blancano, y debido a la estrecha relación que existe entre los géneros, la compara con un ejemplar de *Paenemarmota mexicana* descrita por Wilson y encontrada en la localidad de Yapómera en el estado de Chihuahua a la cual se le asigna una edad del Henfiliano tardío, lo que posibilita una correlación de ambas localidades así como de otras más que comparten faunas similares como lo son: La fauna de Comosi y el Valle de San Rafael en Arizona, Rancho La Goleta en Michoacán, Yepómera, Rincón, Río Rapigóchic y Miñaca en Chihuahua, tomando como base el material colectado: aves, mastodontes, pecaríes, caballos, tapires, conejos, antilocapridos, camellos y roedores.

En 1976 Carranza-Castañeda, con el hallazgo en el Rancho La Goleta, Michoacán, México, por primera vez de un cráneo y mandíbula completa de *Rhynchotherium Falconeri* Osborn, 1923, realiza una correcta descripción, así como la correlación de este ejemplar, con la formación Blanco del Llano Estacado de Texas, con una edad asignada al Plioceno tardío. Los datos aportados por este fósil, así como los aportados por la mastofauna encontrada y reportada por el autor, entre la que se encuentran: roedores, lagomorfos, artiodáctilos, perisodáctilos y proboscídeos, en los sedimentos continentales Pliocénicos del rancho la Goleta, servirán de apoyo para enfatizar la importancia y ausencia del los fósiles índice en el Terciario continental de México.

Ferrusquía-Villafranca y Carranza-Castañeda (1981), reportan la presencia de mamíferos sudamericanos en el Henfiliano (*Megalonix sp* y *cf Paramylodon sp.*) y Blancano (*Paramylodon sp. nov.*, *Nechoerus sp. nov.* A. y N. *sp. nov.* 3) de Guanajuato, México Central. El registro de *Megalonix* es el más austral de Norte América para esta edad y amplía considerablemente la distribución conocida. *Paramylodon sp. nov.*, *Nechoerus sp. nov.* A. y N. *sp. nov.* B, constituyen los registros más antiguos y australes de ambos géneros en Norteamérica. En conjunto estos registros, sugieren que la conexión terrestre norte-sudamericana,

debió quedar establecida durante el Blancano tardío-Irvingtoniano temprano, con ese trabajo se documenta la existencia de mamíferos sudamericanos en el Cenozoico tardío de México, apoyando así el modelo de intercambio faunístico para explicar el origen y evolución de la mastofauna continental de la época.

Miller y Carranza-Castañeda (1982), reporta para México cuatro géneros y cinco especies de lagomorfos, considerando nuevo a uno de tres géneros y dos especies, además incluyen a *Hypolagus*, *Pratilepus? kansanensis* y *Notologus* cf. *velox*, del Plioceno, enfatizando en las condiciones estratigráficas presentes que imposibilitan dar nombre a las formaciones y las condiciones paleontológicas desfavorables, ya que los fósiles se encuentran desarticulados y con un alto grado de erosión debido a que los sedimentos que los contienen se encuentran re TRABAJADOS.

Ferrusquía-Villafranca (1984), Incluye el registro de cinco faunas locales, dos faunas y cuatro registros aislados de los mamíferos terrestres del Terciario temprano y medio de México, abarcando del Paleoceno tardío al Mioceno tardío, e involucra 10 órdenes, 24 familias y 36 géneros (todos ellos determinados e inferidos), a partir del estudio realizado en varias localidades de ocho estados del territorio nacional. El registro realizado muestra una mezcla de formas endémicas y no endémicas, como resultado del papel que jugó el norte de México y Mesoamérica.

En 1984 Miller y Carranza-Castañeda, ofrecen una explicación a cerca del papel e importancia del Centro de México ya que se ubica entre dos cadenas montañosas, La Sierra Madre Occidental al oeste y la Sierra Madre Oriental al este lo que dio origen a un gran número de valles y altiplanicies. El centro de México está definido por una vasta planicie orientada E-O que es donde se ubica el registro y la presencia de las faunas ancestrales, de ello se concluye que la región del Centro de México y de manera especial en la época del Pleistoceno es en la que se da la mayor ocurrencia del registro fósil, debido a que formó parte de un

gran centro de intercambio activo, fenómeno que se puede corroborar con la presencia del registro fósil tanto de Norte América como de Sur América, durante el Plioceno tardío a causa de los numerosos "corredores" y "filtros, los que posteriormente en el Pleistoceno y debido quizá a la presencia de cambios climáticos significativos aminoró esta migración.

Carranza-Castañeda y Miller (1987), publican el redescubrimiento de cuatro especímenes tipo, entre los que figuran los restos de *Glyptodon mexicano*, *Mastodon oligobunis*, *Equus conversidens* y *Equus (Hesperohippu) mexicanus*, y tres especímenes no tipo *Arctodus simus*, *Euceratherium collinum* y *Bison antiquus*. Asignándoles una edad del Pleistoceno algunos de estos especímenes fueron colectados en varias localidades del Centro de la Ciudad de México a lo largo de un lapso de tiempo de 120 años.

Carranza-Castañeda y Miller (1988), describen los roedores caviomorfos en los que se encuentra el género más antiguo de América del Norte *Nechoerus* encontradas en la localidad Rancho Viejo, en el estado de Guanajuato. Se realiza el análisis de dos especies *Nechoerus cordobai* sp. nov., y *Nechoerus sp.* las que presentaron diferencia significativas entre si, su distribución paleogeográfica va desde Guanajuato hasta la Mesa Central de México y su alcance estratigráfico del Blancano temprano al Pleistoceno.

En Rancho Viejo el material más abundante lo constituyen los équidos como *Equus (Dolichohippus) simplicidens* y en especial *Nannippus peninsulatus*, distribuidos en toda la secuencia sedimentaria, la presencia de este tipo de material permite establecer una edad Plioceno tardío (Blancano temprano) lo que se corrobora con la presencia de los lagomorfos previamente identificados. Otras de las formas colectadas las constituyen carnívoros (cánidos, úrsidos y mustélidos), antilocápridos, camélidos, proboscídeos, roedores, reptiles y aves.

En 1989 Carranza-Castañeda, reporta el material fósil de rinoceronte *Teleoceras fossiger* colectado en sedimentos fluviales y lacustres al norte de San Miguel Allende Guanajuato, en el estrato basal del arroyo La Carreta de la fauna local Rancho el Ocote determinándolo como la misma especie característica de las grandes llanuras de América del Norte.

Se reporta también la presencia de *Nannippus minor*, *Neohipparion eurystyle*, *Astrohippus stockii*, *Osteoborus sp.*, *Machairodus sp.* y *Teleoceras fossiger*, sugieren una edad Mioceno tardío (Henfiliano tardío) para la fauna mencionada.

Carranza-Castañeda (1991) en los sedimentos continentales del Centro de México, recolectó material de *Equus (Dolichohippus) simplicidens* considerado como índice estratigráfico del Blancano, en los estratos superiores materiales como *Mammuthus* y *Equus* cf. *conversidens* considerado indicador estratigráfico del Pleistoceno, y en los estratos inferiores, el mismo autor, recolectó *E. (D). Simplicidens*, el estrato que contenía este tipo de material se encuentra caracterizado por la presencia de abundantes lentes de ceniza volcánica, fechados por el método de K-Ar (Subvención NGS Núm. 3446-86), para los que se obtuvo una edad de 3.6 Ma, asignándose al Blancano inferior (Plioceno inferior). La finalidad del presente trabajo es la de poder establecer la correlación estratigráfica de las faunas del Terciario tardío; Tehuichila, Hidalgo, La Goleta, Michoacán y la fauna de Yepómera, Chihuahua, con la localidad de San Miguel Allende, Guanajuato, constituida por una serie de sedimentos continentales (fluviales y lacustres), en los que se encuentra presente una secuencia bioestratigráfica del Mioceno tardío (Henfiliano temprano y tardío); Plioceno (Blancano temprano) y Pleistoceno temprano (Irvingtoniano).

El autor también enfatiza que tanto las faunas locales del Rancho La Goleta, Michoacán y de Tehuichila, Hidalgo, presentan deficiencia significativa en su información estratigráfica por lo que la edad que se les ha asignado no es la correspondiente con su contenido fósil.

En 1992 Carranza-Castañeda y Walton, realizan un estudio en el que concluyen que el conjunto de roedores contenidos en el estrato Henfiliano tardío del Rancho el Ocote en el Centro de México, comparte características con la fauna de la localidad de Yapómera al norte del país. En el Rancho el Ocote se tiene la presencia del roedor primitivo *Paraneotoma* el cual está considerado como uno de los registros más australes, por lo que no se tiene más registro de la presencia de otros roedores de origen sudamericano, los primeros registros para América del Norte de los géneros *Megalonyx* y *Glossotherium* de origen sudamericano, se encuentran en el Rancho el Ocote, lo que indica el establecimiento de un "puente filtrante" entre los continentes hace 4.5 Ma.

Carranza-Castañeda (1992), menciona que en la Villa de Tehuichila y otras localidades en Zacualtipan en el estado de Hidalgo, México, Leidy and Cope en 1880 realizaron varias investigaciones sobre los mamíferos vertebrados del Terciario continental de los que no se reporta con exactitud ni los sitios de colecta ni su posición estratigráfica y solo reportan la presencia de cuatro especies de équidos de una pobre lista de la fauna, *Prolohippus castilli*, *Hippotherium montezumae*, *H. rectidens*, y *H. peninsulatum* (= *Nannippus peninsulatus*), de estos, los tres últimos son considerados nuevas especies, además, se menciona el registro de *Mastodon serridens* y de *Agriotherium*, por lo que la presencia de todos estos fósiles indica una edad entre el Plioceno y/o Mioceno.

En excavaciones posteriores a unos 4 km al Norte de Tehuichila a Zietla, se encuentran expuestos unos 80 m de sedimento formados de capas de arcilla y arcillas carbonosas, con vetas de lignita, en las que se tiene el registro fósil de un anfibio, *Prosthenops sp.* y *Neohipparion sp.* en las unidades más bajas, y quelonio, cocodrilo,? edentados,? *Borophagus* y *Equus sp.* en las capas sobrepuestas, por lo que los fósiles presentes indican las edades, tanto del Henfiliano tardío como del Blancano, todos los trabajos anteriormente mencionados, presentan datos geográficos y estratigráficos que acompañan a los vertebrados colectados.

Mientras que, por otro lado el autor reporta que los estudios preliminares de polen sugieren las edades Mioceno y Plioceno para la flora.

Carranza-Castañeda (1992), reporta una nueva localidad denominada Rinconada, al noreste de San Miguel de Allende, Guanajuato, donde se presenta una fauna compuesta de los équidos *Neohipparion eurystyle*, *Astrohippus stockii* y *Dinohippus mexicanus*, además de los carnívoros *Agríotherium* cf. *schneideri*, *Ousteoborus* cf. *cyonoides* y *Machairodus* sp. Con base en la asociación faunística, se le asigna una edad Henfiliano tardío, esta asociación faunística, permite ser correlacionada con la fauna del estrato basal de la localidad del Rancho El Ocote, que se encuentra a unos pocos kilómetros de la Rinconada, y con la fauna de Yepómera, en Chihuahua, dado que comparten las especies de équidos.

Tomando como base los diversos taxa presentes en las localidades Henfilianas de Guanajuato el autor ha podido determinar La edad de las faunas del Terciario tardío de la Mesa Central de México.

Carranza-Castañeda *et al.*, (1994), menciona que la región de San Miguel de Allende Guanajuato, desde el punto de vista geológico es prácticamente desconocida, se ubica en un graben con bordes de falla lo que define su expresión topográfica, dicho graben se encuentra constituido por depósitos sedimentarios Cretácicos y Cenozoicos y una secuencia volcánica de andesita en su mayor parte con piroxeno. El vulcanismo con edades que van del Oligoceno al Mioceno. Las unidades sedimentarias consisten de unidades turbidíticas marinas del Cretácico, sobre la que de manera discordante se presentan sedimentos fluviales y aluviales del Mioceno tardío y del Pleistoceno temprano. Los sedimentos del Cenozoico tardío son los que contienen los fósiles de vertebrado. El área de San Miguel Allende está involucrada con la orogenia en el Terciario temprano. Durante el Mioceno tardío y el Pleistoceno temprano, se produce un dislocamiento tensional acompañado de flujos basálticos, que de manera intermitente han continuado hasta el presente.

Carranza-Castañeda y Espinoza-Arrubarrena (1994), en la cuenca de Zacualtipán, Hidalgo, revisan taxonómicamente las especies de équidos del Terciario tardío, conocidas hasta la fecha, por lo que se incluye el material de équidos correspondiente a la fauna Tehuichila, así como a las especies *Calippus (Grammohippus) castilli* y *Dinohippus interpolatus*, recolectadas (*in situ*) en la localidad de Zietla, dichas especies permiten la asignación de una edad Henfiliano temprano para esta localidad. Una vez realizado el análisis, se concluye que los caballos de Tehuichila correspondieron a dos edades diferentes, no obstante que fueron descritas como una sola asociación faunística contemporánea. Finalmente, en relación con la revisión taxonómica de los équidos de Tehuichila, se tiene que *Neohipparion rectidens*, es equivalente a *Neohipparion eurystyle*, especie ampliamente representada en las faunas del Henfiliano tardío de México, y *Nannippus montezuma* y *Nannippus peninsulatus* dos especies del Blanco que aún requieren de un estudio más completo.

Miller y Carranza-Castañeda (1996), en la localidad La Rinconada en el Estado de Guanajuato, encontraron bien preservadas la dentición superior e inferior de un úrsido de la especie *Agrotherium schneideri*, lo que ha ayudado a conocer más de este organismo, además de considerarlo como un activo predador carroñero, se le atribuye la particularidad de ser un importante marcador biocronológico del Henfiliano.

Carranza-Castañeda y Miller (1996), en su trabajo sobre los Carnívoros del Terciario Tardío menciona que son raramente reportados en el registro fósil de México, en las localidades de Guanajuato se tiene un registro en el que los grupos taxonómicos representados incluyen a *Machairodus cf. M. coloradensis*, *Pseudaelurus? intrepidus*, y *Felis cf. F. studeri*, este último no está reconocido para el Terciario de México, ni existe su reporte en áreas cercanas al sur. Los félidos por si solos pueden ser usados como indicadores cronoestratigráficos.

Miller y Carranza-Castañeda (1998), escriben que las cuencas sedimentarias del centro de México en la actualidad, se han estudiado de manera intensa, de ello a resultado el descubrimiento de cientos de fósiles de mamíferos, representantes de las edades Henfiliano y Blancano, estos organismos proporcionan una gran cantidad de información de las condiciones ambientales durante el Terciario tardío en el centro de México. Las localidades que contienen los dos grupos, carnívoros y équidos, se encuentran desde la parte meridional de Baja California Sur hasta el estado de Hidalgo, representando las localidades más meridionales en América del Norte.

Los géneros de carnívoros determinados hasta ahora para el Henfiliano son: *Osteoborus*, *Canis*, *Agriotherium*, *Machairodus*, *Pseudaelurus*. En las localidades del Blancano, *Borophagus*, *Cerdocyon*, cf. *Trigonictis* cf. *Mustela*, y *Felis* (Blancano).

Los équidos que han sido descritos para el Henfiliano de México son *Calippus*, *Dinohippus*, *Meohipparion*, *Astrohippus* y *Nannippus*. En las localidades del Blancano, se han determinado *Nannippus* y *Equus*.

Los autores exponen la posibilidad de encontrar en estas localidades del centro de México, los primeros registros de *Canis* y *Equus*, mientras que los últimos registros para América del Norte de los géneros *Osteoborus*, *Agriotherium*, *Machairodus*, *Pseudaelurus*, *Calippus*, *Dinohippus* y *Astrohippus*, provienen del centro de México. De los taxa descubiertos, los más importantes y útiles como índices estratigráficos son los carnívoros y de manera especial los équidos.

Israde-Alcantara (1999), realizó un estudio Bioestratigráfico en la sub-cuenca de Charo, Michoacán, en el que además de analizar sus aspectos paleobiogeográficos y paeloambientales, utiliza los fósiles de la flora de diatomeas encontrados como referencia para determinar el ambiente en el que vivieron, así como de su ubicación estratigráfica, por lo que con base en el registro, al contenido del material fósil encontrado y los trabajos de investigación existentes, se asigna la edad para la sub-cuenca de Charo, del Blancano (Plioceno temprano), debido a que en los depósitos fluviolacustres de la parte superior en la sección la Goleta se reporta la presencia de restos fósiles de *Equus* (*Dolichohippus*)

simplicidens (Plioceno temprano) Arellano y Azcón (1949), género considerado muy buen índice estratigráfico de la edad Blancano.

Miller y Carranza-Castañeda (2001) en los trabajo sobre las cuencas sedimentarias del centro de México que comprende gran parte de la Mesa Central, realizan un análisis de las faunas de vertebrados del Cenozoico Tardío, además de mencionar las localidades con abundante material de mamíferos fósiles, las cuales representan la mayor y más importante diversidad de mamíferos que se conocen para el Centro de México

En la opinión del autor, la mayoría del material de mamíferos fósiles, se ha recolectado con un estricto control estratigráfico tomando como base algunos fechamientos radiométricos y estudios paleomagnéticos, con los que se ha establecido una importante base de información, para definir con mayor precisión los límites entre las edades de los mamíferos del Henfiliano-Blancano.

La colección está formada por varios miles de especímenes, los que representan la mayor diversidad de mamíferos que se conocen en México, siendo las más importantes faunas del Henfiliano y del Blancano. El material descrito ha contribuido de sobre manera para explicar los diferentes fenómenos relacionados con el inicio del intercambio de faunas en el continente Americano durante el Henfiliano tardío, así como los cambios ambientales y extinciones durante el Cenozoico tardío.

Carranza-Castañeda y Miller (2004), Los descubrimientos de últimos mamíferos terciarios se han realizado en la parte central de México durante los últimos 25 años, estos registros en su mayoría provienen de las cuencas lacustres situados en el Cinturón Volcánico Transmexicano. Que según el autor, se ha tenido cuidado de colocarlos de manera cuidadosa en su contexto estratigráfico.

Gracias a la presencia de una serie de capas de cenizas volcánicas asociadas, utilizadas para realizar varios fechamientos radiométricos, se

pudo ubicar a los mamíferos terrestres de Norteamérica dentro de los límites Henfiliano-Blancano.

Los taxa que proporcionan datos relevantes con respecto a este acontecimiento son los perezosos de tierra *Megalonyx* y *Glossotherium*, el glyptodonte *Glyptotherium*, el Monstruo de la Pampa *Pletina*, y el capybara *Neochoerus*.

De manera general se acepta que el puente terrestre panameño, se formó entre 2.5 y 3 millones de años, posteriormente las determinaciones radiométricas y paleomagnéticas así como las asociaciones de los inmigrantes suramericanos, determinaron que el puente terrestre pudo haberse originado hace más de un millón años atrás, propuesta que hace difícil la predicción cronológica de la formación del puente terrestre así como del intercambio biótico resultante, aunado a todo lo anterior, el movimiento activo de la placa en Centro América durante el Terciario tardío, el volcanismo, los cambios insulares, los cambios eustáticos y de composición vegetal, lo complican de cierta forma.

Flynn *et al*, (2005) en este trabajo obtienen nuevos datos geocronológicos: magnetostratigráficos, radioisotópicos trasas de fisión y $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ y biostratigráficos, se contrastó la edad de tres secuencias por separado de una sección compuesta en la localidad de Guanajuato, México. Estos datos permiten que sea una de las secuencias más completas y con una calibración de la edad con mayor exactitud para el estudio de los mamíferos terrestres en Norteamérica, en particular en los límites del Henfiliano/Blancano, lo que hace más lejana la sincronización del patrón del gran intercambio biótico Americano.

Con un total de 196 muestras de 77 sitios Las fechas radioisotópicas y las correlaciones magnetostratigráficas, indican que el límite de Henfilianon/Blancano en Guanajuato, México central es ~4.7-4.8 Ma, por lo que se concluye que una variedad de "invasores" (los taxa con ascendencia suramericana, incluyendo *Megalonyx*, *Glossotherium*, y *Plaina*) ya estaba presentes hace más de 4,7-4,8 Ma. en las latitudes más baja de América Central, y solo en algunas partes más temporales

de Norteamérica. Otros como *Nechoerus* y *Glyptotherium*, se encontraba presentes en latitudes más altas con anterioridad.

Por ello concluyen que la influencia de formas de Norte América sobre América del Sur se acentuó en los últimos 1.5-2 Ma., anterior al principio del gran intercambio biótico americano registrado previamente en Norteamérica (principios del Blancano, ~2.7 Ma), y sugiriendo que, las provincias faunísticas y la llegada y dispersión escalonadas de inmigrantes suramericanos se dio por secuencias temporales.

Aquí se anexan la tabla 2, extraídas del artículo en cuestión en las que se incluyen los nuevos datos geocronológicos: magnetostratigráficos, radioisotópicos trasas y $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, resultados del trabajo mencionado.

Table 2. Radioisotopic Dating, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and Fission-Track Analyses

Sample	Date
$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sample (lab no.; n = grains averaged):	Weighted mean age (Ma) \pm SE (mean \pm SD (SEM)):
GTO.2D (#50436, n = 12)	4.747 \pm .032 (4.736 \pm .141 (\pm .041))
GTO.5A (#50430, n = 8)	3.361 \pm .11 (3.357 \pm .044 (\pm .016))
HGO.12C (#50432, n = 11)	4.591 \pm .007 (4.593 \pm .011 (\pm .003))
TECO.20 (#50433, n = 1)	4.938 \pm .160
Fission-track sample no. (grains averaged):	Weighted mean age (Ma) \pm 1 σ SE (youngest age populations):
GTO.2A (5 youngest grains)	5.7 \pm .4
GTO.2C (all 12 grains)	4.8 \pm .2
GTO.2D (15 youngest grains)	4.6 \pm .3
GTO.5B (no mean calculated)	...
GTO.11 (no mean calculated)	...
GTO.12B (12 youngest grains)	3.9 \pm .3
GTO.43 (9 youngest grains)	4.4 \pm .3
GTO.55 (3 youngest grains)	3.8 \pm .5
HGO.12C (6 youngest grains)	4.2 \pm .3

Note. For analytical details, including full data tables, standards, and irradiation parameters, see supplementary data (figs. 7–11; tables 5–7 in the online edition of the *Journal of Geology* and also available from the Data Depository in the *Journal of Geology* office upon request)

tomada de Flynn *et al.*, (2005)

Tabla en la que se muestran los datos radioisotópicos trasas de fisión, así como las edades determinadas mediante este método.

Son pocos los trabajo de corte Paleontológico que se han realizado de manera particular para Michoacán, esto quizá, debido al escaso conocimiento que existe entre la población para concientizarse de la importancia y aplicación que tiene el material fósil al momento de ser encontrado, o tal vez a la escasez y falta de registro de dicho material constituido por vertebrados fósiles, por lo que el poco material existente para poder ser estudiado, ha aportado importante información Paleontológica, Bioestratigráfica, Paleoecológica, Paleoclimática, entre otra, a cerca de la fauna de mamíferos vertebrados del Centro de México.

Los estudios de tipo paleontológico concluyen la importancia que representa el Centro de México a lo largo del tiempo geológico y en particular durante el Mioceno (Henfiliano), Plioceno (Blancano) y Pleistoceno (Irvingtoniano), dado que es en estas épocas en las que el registro fósil se presenta de manera regular, aunque muy escasa. El registro del material fósil de vertebrados terrestres, se encuentra ubicado por lo general en las cuencas sedimentarias de manera particular en los estratos de origen fluviolacustres, ya que es en ellos en los que se dieron las condiciones biogeoquímicas precisas para su conservación.

Con relación a los trabajos realizados a los que fue posible tener acceso para su consulta se tiene que, entre los de mayor importancia, que de alguna manera se relacionan con el área de estudio en cuestión, se encuentran los de Carranza-Castañeda y Miller, (1987, 1988, 1996, 1996, 1998, 2004), trabajos en los que solo uno de ellos, hace mención de la localidad de La Goleta, Carranza-Castañeda y Miller, (1998), y de los que solo dos presentan columna estratigráfica, Carranza-Castañeda y Miller, (1996, 2004).

Los de Miller y Carranza-Castañeda, (1982, 1984, 1996, 1998, 1998, 2001), se menciona a la Goleta en dos, Miller y Carranza-Castañeda, (1984, 1998) y solo uno presenta columna estratigráfica, Miller y Carranza-Castañeda, (1984).

Los de Carranza-Castañeda, (1976, 1989, 1991, 1992), dos de los cuales mencionan la localidad La Goleta, Carranza-Castañeda, (1976, 1991), y solo tres de ellos con columna estratigráfica, (1976, 1989, 1992).

Carranza-Castañeda y Espinosa Arrubarrena, (1994), en su trabajo en el que además de hacer mención de la localidad La Goleta, incluyen la columna estratigráfica de esta localidad.

Cabe mencionar que de manera particular la columna estratigráfica de la localidad La Goleta, Michoacán., solamente se encuentra presente en una de las publicaciones antes mencionadas Miller y Carranza-Castañeda (1984), por lo que para realizar una correlación que relacione las edades de las faunas deberá realizarse con una de las columnas estratigráficas más completas y actuales que se presenten en los

trabajos de los autores anteriores, por lo que la comparación se realizó con la columna contenida en el trabajo de Miller y Carranza-Castañeda (2004), ya que esta resulta de la implementación de diferentes métodos y técnicas de los que se obtuvieron nuevos datos magnetostratigráficos, radioisotópicos trasas de fisión y $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ y biostratigráficos, resultando la correlación siguiente.

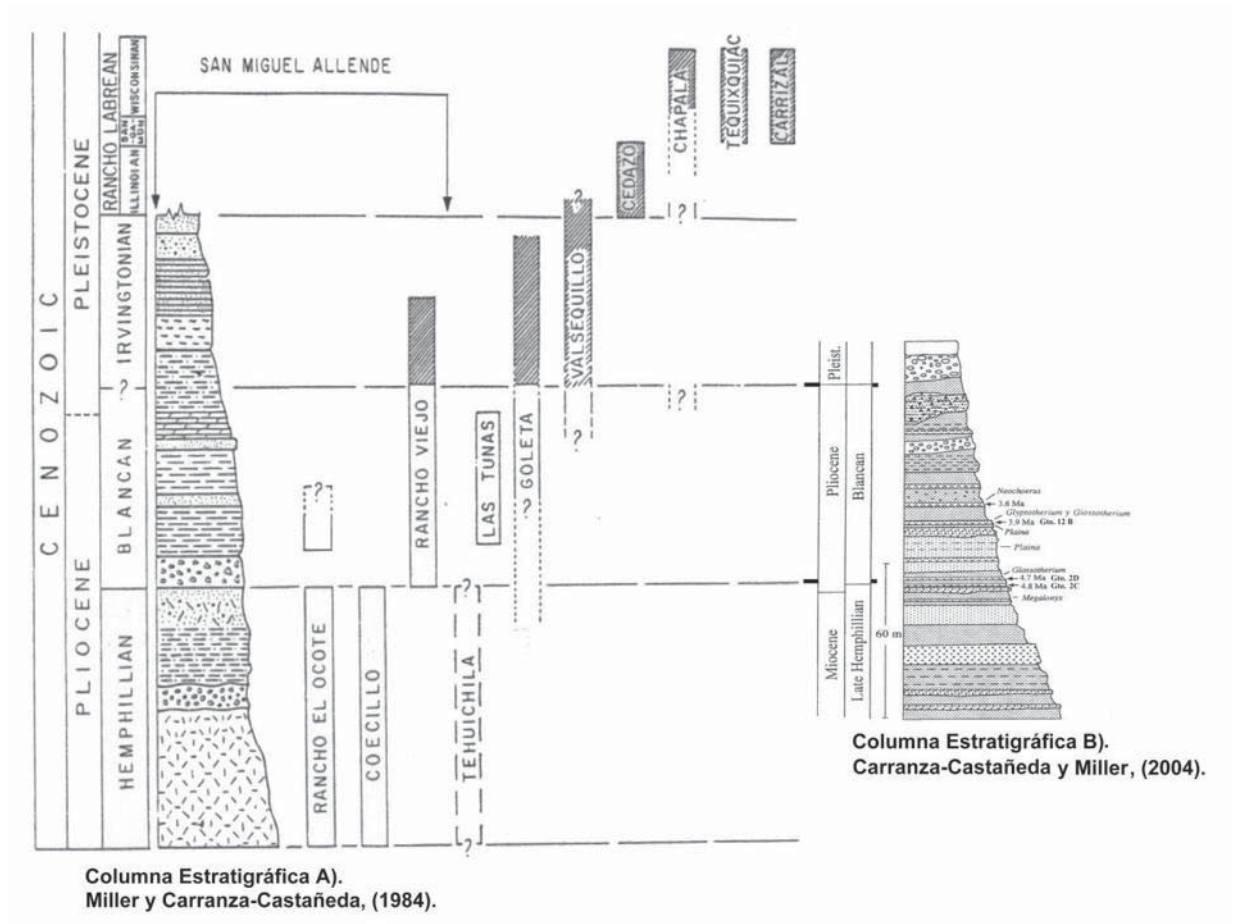


Fig. 8. Figura en la que se presenta la correlación entre las columnas propuestas, para ubicar estratigráficamente y determinar la edad de la fauna de vertebrados fósiles de la localidad de la paleocuenca de Charo, Michoacán.

Geológico-Estratigráficos

De Buen (1943), Tomando como base los criterios de la repartición geográfica, la altitud (disposición escalonada) y la fauna ictiológica, supone que los lagos de Zirahuén, Pátzcuaro y Cuitzeo, formaron parte de un cuenca fluvial que desembocaba hacia el río Lerma y que posteriormente sufrieron una separación mediante la formación de sucesivas barreras de origen volcánico.

En relación con la altitud, sobre el nivel del mar se deduce el posible camino de las aguas, de Zirahuén pasando por Pátzcuaro y finalmente el lago de Cuitzeo, que es altitudinalmente el más bajo, además de encontrarse más próximo del río Lerma.

Álvarez (1972) propone la posible existencia de una corriente a partir de las cercanías de Uruapan hacia Zacapu, pasando por Zirahuén y Pátzcuaro, la que debido al desarrollo de procesos tectónicos iniciados hace 1 Ma se truncó, cerrándose hace aproximadamente 700 mil años, dando origen a los diferentes lagos (en Moncayo 2001).

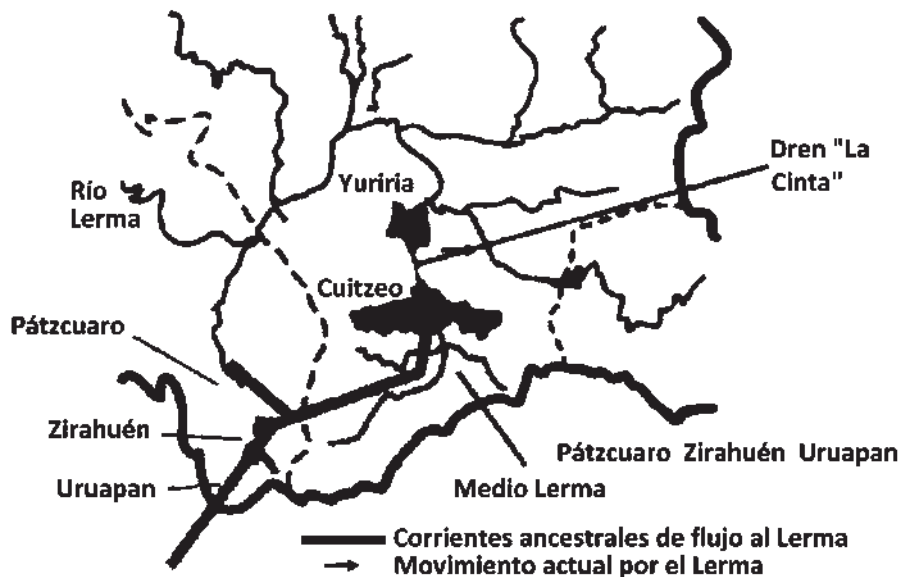


Fig. 9. Diagrama en el que se representa el probable flujo ancestral hacia el río Lerma, por donde están los lagos en esta región, según De Buen (1940) y Álvarez (1972).

Onida *et al.*, 1995, presenta los resultados de estudios estratigráficos, geológicos y micropaleontológicos sobre la cuenca de Charo, lo que permite realizar la reconstrucción estratigráfica, sedimentológica y vulcanotectónica, así como la evolución climática de esta cuenca.

Además de inferir cómo palaeogeográficamente el área cambió de fluvial a un medio ambiente lacustre, como resultado de los rápidos niveles de fluctuación del lago y de cómo la evolución de la cuenca de Charo estuvo estrictamente controlada por la tectónica, asociado a la actividad del CVTM, o por la influencia de cambios climáticos.

Por otro lado mediante el estudio de la comunidad de diatomeas se concluye su paleoecología y con ello la bioestratigrafía característica del lago.

De los estudios realizados por los autores, se reconoce la presencia de cinco eventos principales en la evolución del lago:

1. Abertura del lago en el Mioceno tardío resultado de la fase tectónica "Basin and range" (a lo largo de la tendencia de alineamiento N-S);
2. El inicio de la actividad del CVTM del que se derivó la tectónica transtensional lateral izquierda controlada por ENE-WSO y el deslizamiento de las fallas normales.
3. Un período significativo de clima seco (nivel oxidado).
4. La máxima extensión del lago (Mioceno tardío-Plioceno temprano), documentado por una gruesa capa de diatomeas;
5. La colmatación del lago atribuible a un suministro enorme de sedimentos fluviales producido por la reactivación tectónica del CVTM (Plioceno tardío-Pleistoceno), y la abertura de una nueva depresión.

Onida *et al.*, 1995, también realiza el enfoque geológico estructural de la localidad de Charo, concluyendo que el área de estudio se encuentra constituida por una base de un espesor hasta de 3000 m de vulcanismo Terciario originado posiblemente en el dominio de la Sierra Madre Occidental, constituido básicamente de: coladas andesíticas, domos

dacíticos y un reciente depósito de flujo piroclástico datado con un cristal de plagioclasa, en 17. 7 millones por Pasquaré *et al.*, en 1991.

La Unidad Charo se ubicada en la parte superior, y los sedimentos que en esta paleocuenca se depositaron presentan una edad Mioceno superior-Pleistoceno?, los cuales se caracterizan por una alternancia de litofácies de ambientes lacustres (arcilla, limo y diatómata) y litofácies de ambientes fluviales (arena y grava) con espesores de hasta 80 m en la parte central, que se reducen gradualmente hacia los márgenes, colmatados por un depósito de caída predominantemente ácido, atribuible a la actividad Pliocuaternaria del Arco Volcánico Mexicano AVM.

En la parte superior, solo existe escasas evidencia de las antigua lava de la Sierra Madre Occidental, mientras que las lavas de las secuencias inferiores del Arco Volcánico Mexicano AVM (Mioceno Superior); se encuentran presentes constituyendo el sustrato del sedimento de las demás cuencas lacustres (lago de Cuitzeo y de Chapala) así como a lo largo del desarrollo del Arco Volcánico Mexicano AVM.

A través de la foto interpretación, la observación directa en el terreno y la literatura existente, se observó la presencia un antiguo sistemas de fallas regionales (Pasquaré *et al.*, 1991), la más antigua con una orientación NNO-SSE, con lineamiento en dirección normal, debido a la tectónica "Basin and Range" en el México central se manifiestan en el Mioceno superior (Colletta *et al.*, 1983; Pasquaré *et al.*, 1988) (en Israde y Garduño, 1999).

Pasquaré *et al.*, (1991) realiza un estudio del análisis estructural que controla las diferentes estructuras geológicas relacionadas con la evolución de la paleocuenca de Charo, en la que se observó la presencia de tres principales sistemas de fallas regionales, dando como resultado los diferentes sistemas sucesivos como producto de la imposición de un ciclo transtensivo, activo durante el Mioceno Superior al Holoceno, el que se caracteriza primeramente por la presencia de un impulso transcurrente izquierdo, que cambia de forma sucesiva de una transtensión izquierda con estructuras ENE-OSO y NE-SO; secundada

por una fase final puramente distensiva, con dirección N-S y generando estructuras E-O.

Israde-Alcantara y Garduño-Monroy 1999, escriben que en la subcuenca de Charo-Morelia se distinguen tres grandes unidades estratigráficas: a). el complejo volcánico de la Sierra de Mil Cumbres, Mioceno tardío, b). La secuencia Charo, Mioceno tardío-Plioceno y Pleistoceno y c). Los sistemas volcánicos y aluviales del Cuaternario tardío.

La subcuenca Charo-Morelia se ubica dentro del sistema semigraben de Cuitzeo, está localizada al sur del lago y a una altitud de 1880 msnm, la mencionada subcuenca es el resultado de la actividad del sistema de fallas Morelia-Acambay (Suter *et al.*, 1992), originada por el basculamiento de los bloques hacia el sur y por el levantamiento de los bordes de la subcuenca. Los depósitos lacustres y fluviolacustres de la secuencia Charo afloran por decenas de kilómetros, sobre el complejo volcánico Mil Cumbres con orientación E-O.

Por otro lado se tiene que a partir de datos gravimétricos, se puede observar que entre las subcuencas de Charo-Morelia y la de Cuitzeo existe un semigraben que presenta un relleno de rocas sedimentarias y epiclásticas de más de 1,500 m (Arredondo 1983, Israde *et al.*, 1992).

Mendoza (2002), comenta que desde el punto de vista Geológico el relieve está conformado por materiales volcánicos de composición intermedia a básica, con edades que varían desde el Mioceno hasta el Cuaternario.

Por medio del análisis Geomorfológico Regional se puede diferenciar la cuenca en 6 grandes unidades, dando como resultado que la unidad hidrológica es conformada principalmente por colinas, lomeríos altos y planicies, mientras que las formas de relieve presentes pueden ser descritas como laderas suaves y muy suaves, laderas inclinadas, escarpadas y planicies que llegan a cubrir hasta el 65 % de la cuenca.

En el área de estudio de manera particular y de acuerdo con los resultados obtenidos por ese autor, está formada principalmente por las siguientes estructuras Geomorfológicas: (Fig. 10)

Las planicies que cubren el 18.6 % de la cuenca cubriendo una superficie de 727 km², se encuentran en altitudes menores a los 1900 m.s.n.m y con pendientes menores a 3°, se conforman por depósitos superficiales y lacustres recientes, el tipo de suelos que en ellas se desarrollan son: Vertisol, Feozem y Zolonchak. Predomina un coeficiente de escurrimiento de entre 10 y 20% con presencia de materiales no consolidados con bajas posibilidades de almacenar agua.

Los Piedemontes se conforman principalmente por conos de lava y cenizas del Pleistoceno, así como por depósitos superficiales recientes, ocupando el 1.2 % de la superficie, lo que equivale a unos 449 km², que se encuentran a una altitud que varía entre los 1900 a 2500 m.s.n.m, sus pendientes menores a 10°, en ellos se desarrollan principalmente suelos de tipo Vertisol, Luvisol y Andosol, con un coeficiente de escurrimientos que va de 10 a 20%, en los materiales consolidados el almacenamiento de agua es bajo.

Las colinas se presentan sobre depósitos superficiales del reciente, volcanes monogenéticos del Holoceno-Pleistoceno y depósitos de caída del cuaternario de épocas diferentes, ocupan el 23.6 % de la cuenca lo que representa una superficie de 9943 km², se ubican en altitudes menores a los 1900 a 2300 m.s.n.m, con pendientes menores de 3° hasta los 20°. Los tipos de suelos que las caracterizan son: Vertisoles, Feozem, Luvisol, Acrisol y Andosol, con un coeficiente de escurrimiento que va del 10 al 20%, en materiales consolidados lo que le da bajas posibilidades de almacenar agua.

Los lomeríos altos, desarrollados sobre las ignimbritas, los conos andesíticos, de lava y cenizas y derrames de andesitas y basaltos, representan el 22.5%, cubriendo una superficie de 899 km², ubicados entre los 2100 y 2500 m.s.n.m, cuyas pendientes oscilan entre los 6° y 20°. Los caracterizan por la presencia de suelos del tipo de los Vertisoles, Luvisoles, Andosoles y Acrisoles, con un coeficiente de escurrimiento de entre 5 y 20% y bajas posibilidades para almacenar agua.

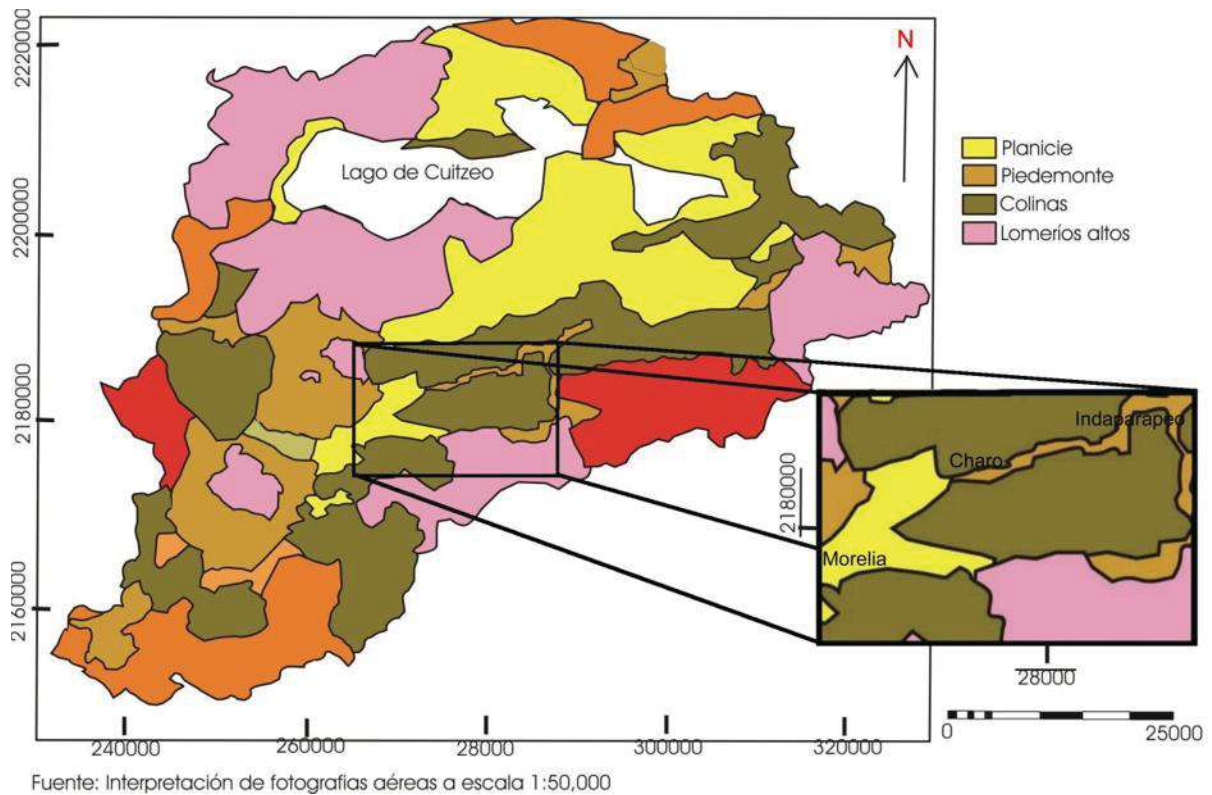


Fig. 10 Morfología del lago de Cuitzeo, en la que de manera particular se caracteriza el área de estudio resaltada en el recuadro (modificado de Mendoza, 2002).

García Zepeda (2005), realizó un estudio paleontológico y estratigráfico en la zona Norte de la Cuenca de Cuitzeo "La Cinta", con el propósito de recabar nuevos datos sobre la evolución de poblaciones de mamíferos del centro de México, tomando como base la distribución de los restos fósiles reportados con los que apoya la evidencia de su atribución cronológica, determinando que los restos más antiguos encontrados (*Rhynchotherium*) pertenecen a la zona sur (Paleocuenca de Charo), y los de edad más reciente pertenecientes al Pleistoceno superior y Holoceno que son los que constituyen la asociación faunística principal; los niveles con *Mammuthus columbi* y restos arqueológicos caracterizan a la zona Norte de "La Cinta".

Además presenta la estratigrafía de la zona norte de la Cuenca de Cuitzeo "La Cinta", en la que se observan 4 facies lacustres y fluviolacustres que se alternan, de la base a la cima.

De lo anterior el autor concluye que en la cuenca lacustre de Cuitzeo se tiene la presencia de restos fósiles de mamíferos de: 6 órdenes, 10

familias, 13 géneros y 6 especies de la Clase Mammalia todos de origen Norteamericana. De éstos 12 de los géneros son señalados por vez primera para las localidades de La Cinta, Indaparapeo y Cuto del Porvenir, 5 especies y 4 géneros son registro nuevos para la Cuenca y el estado de Michoacán.

Toda la mammalofauna registrada, documenta una edad del Pleistoceno superior (Rancholabreano).

Solo el género *Rhynchotherium sp.* con una edad Blancano (Plioceno superior). Lo que hace de su presencia un buen indicador cronológico para la localidad de la zona sur de la cuenca de Cuitzeo (Paleocuenca de Charo).

Hacia la zona norte (La Cinta) afloran sedimentos del Pleistoceno-Holoceno, disposición debida al basculamientos de los bloques a partir del Mioceno que se inclinan hacia el sur lo que impide que las secuencias del Mioceno en esta zona de la Cinta no afloren, sino que se encuentren sepultados.

La distribución de la fauna fósil del Cinturón Volcánico Mexicano se asocia siempre a las cuencas lacustres y fluviolacustres con tendencia direccional E-O, por ello la distribución de estas cuencas han funcionado como posibles refugios para la fauna de vertebrados terrestres.

III. METODOLOGIA

1. Análisis de la bibliografía y estado del arte

Como punto de partida, uno de los pasos que se realizó fue el de darse a la tarea de la consecución de la bibliografía, para lo que se recurrió a las diferentes instituciones y dependencias calificadas que tuvieran en su acervo la literatura relacionada con geología, estratigrafía, sedimentología y paleontología, en México en ocasiones resulta complicado la obtención de estas fuentes, y debido a ello se concluye que las Ciencias de la Tierra en el estado, se encuentran en vías de desarrollo, por lo que se requiere acudir a los artículos y literatura que sea posible y los sitios de mayor accesibilidad para obtenerla fueron básicamente el Instituto de Geología de la UNAM, en los que la información que se adquirió fue la relacionada con aspectos de Geología

General, Estratigrafía, Sedimentología y Paleontología, La Universidad de Milán, donde se obtuvo la información relacionada con trabajos más específicos del área de estudio relacionados con la Geología Estructural, Estratigrafía, Sedimentología, Vulcanismo y Tectónica en el Instituto de Investigaciones Metalúrgicas de UMSNH se logró obtener una cantidad significativa de artículos relacionados con Geología General, Vulcanismo y Tectónica, Estratigrafía, Sedimentología y Micropaleontología, así como los directamente relacionados con los Lagos Michoacanos, artículos de suma importancia. Además de los adquiridos en el Instituto Politécnico Nacional entre otros, y los diversos sitio de consulta en Internet

2. Análisis Cartográfico y Fotogeológico (Mapa Fotogeológico 1: 20,000)

El área de estudio se delimito mediante la utilización de cartas topográficas escala 1:50,000 publicadas por INEGI así como por la Carta Geológica de Michoacán (Garduño-Monroy *et al.*, 1999), y con la ayuda de las fotografías aéreas correspondientes a la línea 07 con los números 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172 de GeoAir 1999, escala de 1:37000 pertenecientes a La Cuenca del Lago de Cuitzeo (propiedad del Instituto de Geología de UNAM), además de la utilización de un estereoscopio de espejos. Con ello se procedió a realizar un análisis geomorfológico con la finalidad de identificar y realizar los polígonos geológicos, para posteriormente continuar con la cartografía de campo y con ello verificar y comprobar la validez de cada uno de los polígonos, así como de los tipos de contacto y estructuras encontradas en las diferentes unidades geológicas ubicadas en el área de estudio, los que más tarde se contrastaron mediante la utilización de cartas topográficas con escala 1:50 000 del INEGI, correspondientes: 14a 13 Cuitzeo, Michoacán, 14a 14 Zinapécuaro, Michoacán, 14a 23 Morelia, Michoacán, 14a 24 Tzitzio, de las que se realizó una ampliación 1. 25 000.

3. Trabajo de Campo (selecciones de sitios)

Los sitios de muestreo se seleccionaron y ubicaron de acuerdo no solo a la accesibilidad sino a su disponibilidad ya que cada sitio, se encontraba en los lugares donde con anterioridad habían servido para la extracción de material, que se utilizó como relleno de caminos y carreteras,

dejando así al descubierto los sitios representativos de las secuencias lacustres, para posteriormente proceder a ubicarlos geográficamente en las cartas topográficas correspondientes, mediante la utilización de una flecha de color azul, la que indica el sitio correcto donde se levantaron las columnas y se tomaron las muestras. Además se debe mencionar que varios de estos sitios reunían un común denominador que consistía en la presencia de restos fósiles, lo que le proporcionó el carácter especial de integración que se estaba buscando.

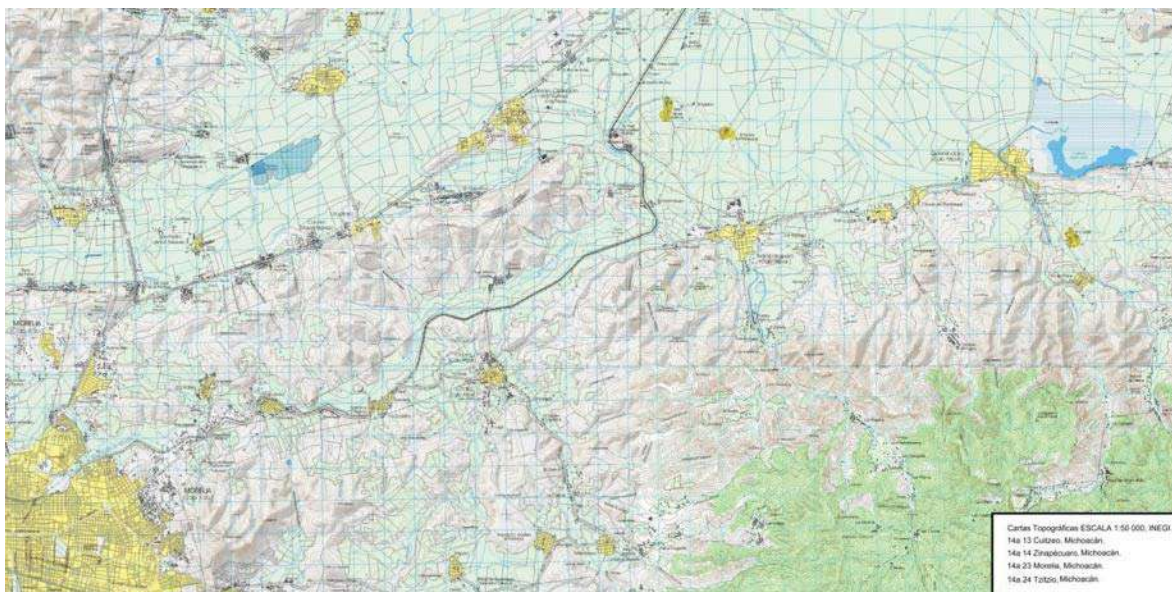


Fig. 11. Figura en la que se muestra la manera en que el área de estudio forma parte de la conjunción de las cuatro cartas topográficas con escala 1:50 000 del INEGI: 14a 13 Cuitzeo, Michoacán, 14a 14 Zinapécuaro, Michoacán, 14a 23 Morelia, Michoacán, 14a 24 Tzitzio, Michoacán.

a. Medir y muestrear columnas (Litologías, facies, unidades, fósiles)

El trabajo de campo no solo requirió de ubicación geográfica de los sitios de muestreo, si no que también se complementó con el levantamiento de columnas, que consistió en la realización de dibujos en hojas de tipo milimétrico, con el fin de conservar el patrón de escala, se tomaron fotografías, para ello se utilizó un flexómetro especializado (MINIROD Mod. W-2002RD) para sacar las referencias de la escala de la fotografía con relación a cada uno de los estratos previamente dibujados.

Los datos registrados y anotados durante el levantamiento de las columnas consistieron en: color y litología, tipo de contacto, granulometría, espesores, orientación de clastos, diámetro de clastos, geometría de clastos, composición de líticos, se anoto en la libreta de campo junto al dibujo correspondiente, la descripción de cada uno de los estratos. (Fig. 13)

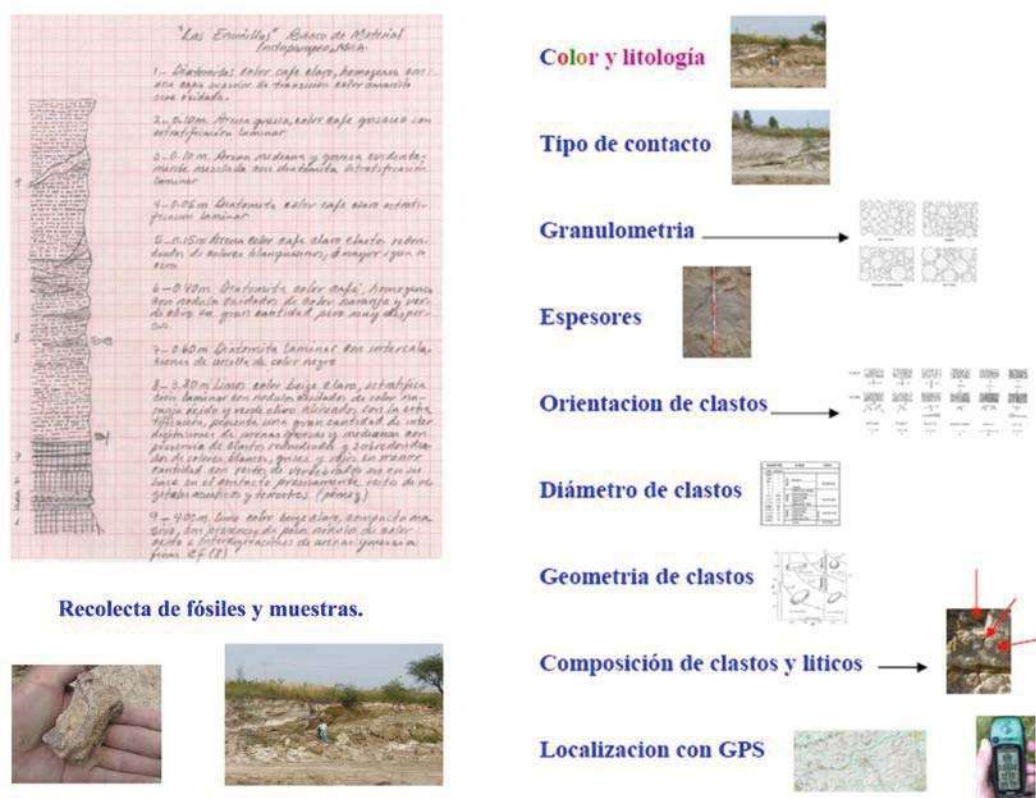


Fig. 12. Figura en la que se muestran los parámetros y actividades registrados durante el levantamiento de columnas estratigráficas en el campo.

Posteriormente se procedió a su localización espacial mediante un GPS Garmin Mod. GPS III PLUS, con el que se obtuvieron las coordenadas de referencia de cada uno de los sitios de muestreo

Además se aprovecho el momento del levantamiento de las columnas para la toma y colecta de las muestras que se utilizarían en el análisis sedimentológico, cada muestra que se colectó de aproximadamente 2 kg, se colocó en una bolsa de plástico en la que se anotaron los datos correspondientes: Nombre de la localidad y número de muestra de acuerdo al estrato correspondiente y se colocaron en cajas de cartón para su posterior transporte.

b. Cartografía con verificación de polígonos y estructuras encontrados con fotogeología.

Una vez realizado el análisis cartográfico y fotogeológico, se procedió a su verificación en el campo obteniendo los diferentes tipos de roca de los que se encuentran formados cada uno de los polígonos. (Fig. 15)

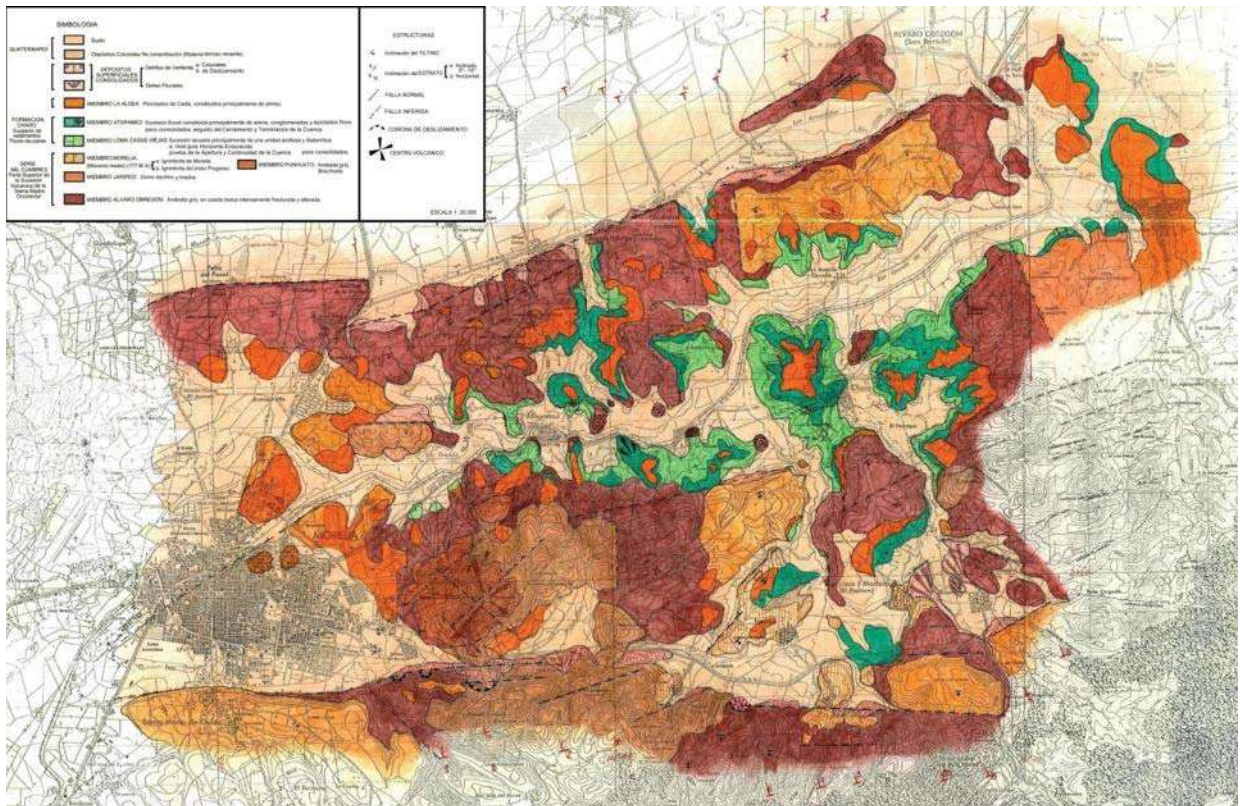


Fig. 13. Figura que resulta del Análisis Cartográfico y la verificación en campo de los polígonos y estructuras geológicas asociadas, encontradas en el área de estudio (Tomado y modificado de Israde-Alcantara 1999).

c. RECOLECCION DE RESTOS FOSILES (Macro y Microvertebrados).

Trabajo de Campo

Material

El material para el muestreo, extracción y la preservación del material fósil colectado fue el utilizado de manera clásica.

En la mayoría de los sitios de muestreo se encontró por lo menos la evidencia de material fósil o fragmentos de este, material que fue colectado y para ellos se procedió de la manera siguiente: para el caso de material de macrovertebrados, este material, por lo regular se encontraba o bien a flor de tierra o una parte de él expuesta lo que facilitó de cierta forma su localización, aunque se debe mencionar que el material en el área de estudio si existe, pero que es poco frecuente su presencia.

En algunos casos para poder localizar el material se requirió de varias visitas y recorridos a pie para su ubicación, posteriormente el material fue extraído del sitio, mediante la utilización de martillo, cinces, espátulas brochas y pinceles, una vez fuera del sedimento, o bien en el momento de su extracción, se utilizó pegamento (Resistol blanco 850 diluido en agua) con la finalidad de evitar o bien el fracturamiento o la disgregación del material, no fue necesario la utilización de otro tipo de técnicas dado que el material se encontró en un estado de conservación aceptable, y que el único problema que había que enfrentar era su fracturamiento lo que se evitó con el uso del pegamento.

Una vez que el material se encontraba extraído se colocó sobre un papel suave (tollas de cocina) y periódico, con los que se envolvió, para en seguida colocarse en el interior de una bolsa de plástico.

El registro del material consiste en la utilización de una etiqueta ya sea de colgar o de pegar, con los datos siguientes: No. De Catálogo, Posición en la columna estratigráfica, Localidad, Edad, Formación, Estudiado por, Fecha.

Para el caso de los Microvertebrados, se analizó material de aproximadamente 22 hormigueros, el análisis de este material se realizó colectando entre 1 y 2 kg de tierra de hormiguero los que se colocaron en bolsas de plástico con su respectiva etiqueta, al que contenía los datos del nombre de la localidad y el número del hormiguero así como la fecha correspondiente, después en el laboratorio mediante la utilización de una lupa estereoscópica, se analizó su contenido, obteniéndose resultados negativos ya que en ninguno los material analizados, se corroboró la presencia de microvertebrados fósiles conservados.

d. ESTUDIOS GRANULOMETRICOS

Cantidad de muestra tomada

La cantidad de muestra que se colecto en el campo para realizar el estudio granulométrico fue de aproximadamente 2 kg, se colocó en una bolsa de plástico con su respectiva etiqueta (Fecha, Localidad y No. De estrato).

Preparación de la muestra

Se procedió a la preparación de la muestra para el análisis granulométrico, para lo que se siguieron los siguientes pasos:

1. Para seleccionar la muestra se realizó el cuarteo, procedimiento que consiste en depositar alrededor de 1 kg de la muestra sobre una hoja de papel liso y brillante, formar un cono; aplasta el cono y forma un disco, el cual se divide, con ayuda de una espátula, en cuatro cuartos; se desechan dos de los cuartos y se conservan los restantes. Se repite el procedimiento con el material hasta obtener 600 g de muestra.
2. Se verifica mediante el uso de la lupa, que los granos de la muestra se encuentren completamente disgregados.
3. Una vez seleccionado, cuarteado y disgregado el material es secado en el horno o en una estufa a una temperatura promedio de 90°C, con el fin de eliminar el exceso de humedad, para posteriormente pesarla y obtener la cantidad de 500 g, cantidad de la muestra utilizada para realizar el presente trabajo.
4. Con el material a temperatura ambiente, se rectifica el peso de 500 g y para evitar la presencia de algún tipo de agregados en la muestra, se colocan los sedimentos en suspensión hasta que los materiales se desintegren por completo, lo que puede durar de uno a varios días o hasta semanas.
5. Una vez disgregado completamente el material se lava, para ello se requiere de la utilización del tamiz No. 200 (0.074 mm) en el que se colocan los sedimentos, y se les agrega agua completamente limpia, con la finalidad de que los sedimentos menores a este diámetro (arcillas) pasen a través de este tamiz, y en el queden contenidas las partículas de diámetro mayor a este, las que en este tipo de análisis son

consideradas como arenas, por lo que en este paso, se hace la separación entre los materiales que son considerados como "finos" (arcillas) de los que son considerados como arenas, este caso es considerado como una de los pasos fundamentales.

6. Dado que los sedimentos obtenidos presentan un exceso de agua, se colocan en un recipiente y se dejan reposar para que se sedimenten, después se retira el exceso de agua y se proceder al secado de la muestra ya sea en un horno o en una estufa a una temperatura promedio de 90°C. para eliminar el exceso de humedad.

7. Ya con la muestra seca se pesa en una balanza, y por diferencia se saca el peso y porcentaje retenido y perdido de los materiales de arenas y de arcillas.

Tamizado

1. Se pesa la muestra en una balanza de alta precisión (0.01 g recomendable) y se registra el peso en la Tabla No. 1, para nuestro análisis, se utilizaron 500 g "Peso Inicial" de muestra.

Tabla No. 1

Localidad: _____

No. de Muestra y/o estrato: _____

Peso Inicial: _____ g.

No. De Tamiz	Peso retenido en gramos	No. De Tamiz	Peso retenido en gramos	Total de Peso retenido en gramos
1 (4)		6 (40)		
2 (10)		7 (50)		
3 (16)		8 (60)		
4 (20)		9 (100)		
5 (30)		10 (200)		

Tabla No. 1. Tabla en la que se registro el peso en gramos retenido en cada uno de los tamices después realizar el tamizado.

2. Se deposita la muestra sobre la columna de tamices (ordenados de mayor a menor graduación) y se agitan por aproximadamente 10 minutos, ya sea manualmente o con ayuda de un agitador mecánico.



Fig. 14. Columna de tamices en orden, utilizados para el Análisis Granulométrico

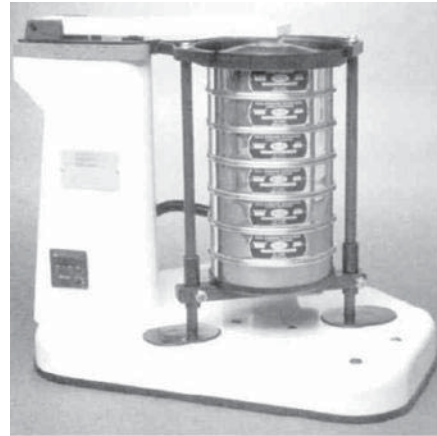


Fig. 15. Agitador mecánico (Ro-tap)

3. Se retiran los tamices del agitador mecánico y la cantidad de muestra retenida en cada tamiz, se deposita de manera cuidadosa sobre una hoja limpia de papel liso y suave (lo que ayuda a reducir la pérdida de material por adhesión producto de electricidad estática).

4. Se limpia la malla de cada tamiz invirtiéndolo rápidamente y golpeándolo suavemente sobre cada hoja de papel. El tamiz se puede limpiar además con un cepillo o brocha mientras está invertido sobre el papel. Se recomienda evitar dañar el tamiz.

5. Se pesa por separado la fracción retenida en cada uno de los tamices y se anota en la Tabla 1 para posteriormente determina el peso, porcentaje y pérdida del material, lo que se realiza mediante la utilización de una Tabla de Cálculo realizada en Microsoft Office Excel 2007 Con el nombre de "Base para Granulometría"

6. Determinación de los parámetros granulométricos.

a). Ingresa los datos obtenidos del análisis anterior en la plantilla de cálculo "Base para Granulometría" (Tabla 2).

Tabla 2.

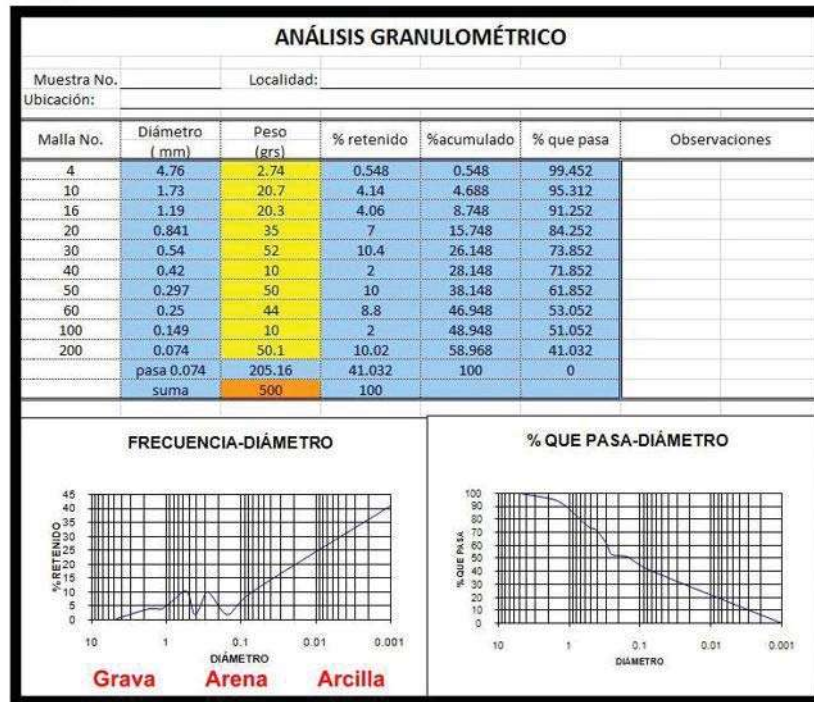


Tabla 2. Plantilla de cálculo “Base para Granulometría” resultado del diseño del Software utilizado para realizar el análisis granulométrico.

- b). Determina la curva de frecuencia acumulativa relativa a la distribución de tamaños.
- c). Determina manualmente los parámetros granulométricos (promedio, media, curtosis, asimetría, etc) característicos de la muestra.

4. CLASIFICACION DE FOSILES

La descripción e Identificación del material fosilífero encontrado, se realizará con la ayuda coordinada de Dr. Joaquín Arroyo-Cabrales en las instalaciones de INAH en la Cd. De México, quien además de su experiencia en al campo de la paleoantropología, nos facilitará la bibliografía correspondiente, así como el material biológico de comparación necesario, propiedad del mismo Instituto para poder realizar la descripción e identificación del material fósil colectado en el área de estudio.

Otra de las dependencias en las que se corroboraran los resultados del material colectado será la UMSNH por medio del laboratorio de paleontología a cargo de la Dra. María Luisa García Zepeda quien coordina esta área y quien de igual manera con su experiencia y la bibliografía proporcionada en coordinación con el Dr. Arroyo revisarán los resultados obtenidos relacionados con los aspectos taxonómicos del material fósil estudiado.

5. ESTABLECIMIENTO DE GRANDES UNIDADES Y CORRELACION

Con relación a los resultados estratigráficos obtenidos se concluirán las principales unidades estratigráficas y se realizará su correlación para concluir como es que se llevó a cabo la evolución de la cuenca del paleo lago de Charo, y se tomaran como base los diferentes tipos de facies presentes lo que ya de por si nos proporcionara la información del ambiente correspondiente así como de las condiciones geológicas en el que se dio el proceso de su formación.

6. RELACIÓN ENTRE ESTRUCTURAS Y DEPÓSITOS

Con los estudios litológicos y granulométricos, de las diferentes unidades, con el estudio estructural y con la distribución espacial y temporal de ellos, realizaremos una evolución de estos factores.

IV. RESULTADOS

1. MARCO GEOLOGICO REGIONAL

El CVM es el resultado de la subducción de la placa de Cocos desde hace 12 Ma. El CVM tiene una dirección general E-W y aloja a los volcanes más recientes de México. Como respuesta a esta dinámica de margen activo-Arco volcánico, se generan depresiones con tendencias paralelas al CVM. Destacan de poniente a oriente, la de Chapala, Zacapu, Cuitzeo, Maravatio y Acambay.

2. LOS LAGOS DEL CINTURON VOLCÁNICO MEXICANO

De Buen (1943), basado en la repartición geográfica, la distribución altitudinal y la fauna ictiológica contenida en sus aguas, le permiten suponer que el lago de Cuitzeo estaba unido a los lagos de Pátzcuaro, Zirahuén y Chapala, durante el periodo Mioceno-Plioceno y los considera como la evidencia de una cuenca fluvial que desembocaba en el río Lerma, la que posteriormente, sufrió una separación debido a la aparición de barreras de origen volcánico durante el Plioceno, que aisló los lagos en su posición actual. Aunado a lo anterior, y tomando como base la altitud sobre el nivel del mar, el autor infiere, la posible ruta seguida por las aguas, de la parte más alta a la más baja, se encuentra el lago de Zirahuén, Patzcuaro y finalmente Cuitzeo, siendo éste el más próximo al río Lerma.

Con el apoyo de la tectónica y de la cronología de los edificios volcánicos que establecen la distribución de las cuencas, se ha podido definir la existencia de una conexión entre Cuítzeo y Pátzcuaro, solo mediante canales o drenes fluviales. La edad de los aparatos volcánicos que rodean las cuencas de Zirahuén y Pátzcuaro, entre las que no existió conexión alguna (Garduño e Israde, 1998; Israde 1999 en Garduño *et al.*, 1999; Moncayo *et al.*, 2001), reafirma que en el Plio-Cuaternario y durante la construcción del Cinturón Volcánico Mexicano, dichos lagos fueron represados por los eventos tectónicos y magmáticos generados (Pasquaré *et al.*, 1991, Garduño y Negrín, 1992) (en Israde-Alcantara 2002).

Los lagos de Cuitzeo y el de Chápala se formaron como producto de una serie de fenómenos predominantemente tectónicos, una de las características que comparten es la presencia de un basamento de edad Miocénica (superior a 8 M.a) Garduño *et al.*, 1993, Rosas *et al.*, 1997), así como una gran similitud entre ambas provincias morfoestructurales (Israde y Garduño 1999).

Además existen evidencia de tipo ictiofaunística observadas en ambos lagos que sugiere la existencia de antiguos drenes fluviales entre Pátzcuaro y Cuitzeo (De Buen 1943, Moncayo *et al.*, 2001).

Álvarez (1972), sugiere una corriente a partir de las cercanías de Uruapan hacia Zacapu, pasando por Zirahuen y Pátzcuaro, la cual se truncó debido a procesos tectónicos iniciados hace 1 Ma, dando como resultado su cierre hace ca. 700 mil años A.P.

La unión entre los lagos de Zacapu y Zirahuén resulta imposible dado que la edad de los eventos tectono-magmáticos que formaron a Zirahuén es Cuaternaria (Pasquaré *et al.*, 1992) y los que generaron la depresión de Zacapu es Mio-Plioceno (Pasquaré *et al.*, 1991, Moncayo *et al.*, 2001), (en Israde-Alcantara, 2002).

3. LA CUENCA DE CUITZEO

Después de la de Chápala la Cuenca de Cuitzeo, es la más extensa a nivel regional.

En el límite septentrional de la cuenca de Cuitzeo, al norte de Michoacán, se localiza el lago de Cuitzeo que actualmente ocupa una gran depresión dividida en dos subcuencas de forma asimétrica. (Fig. 18)

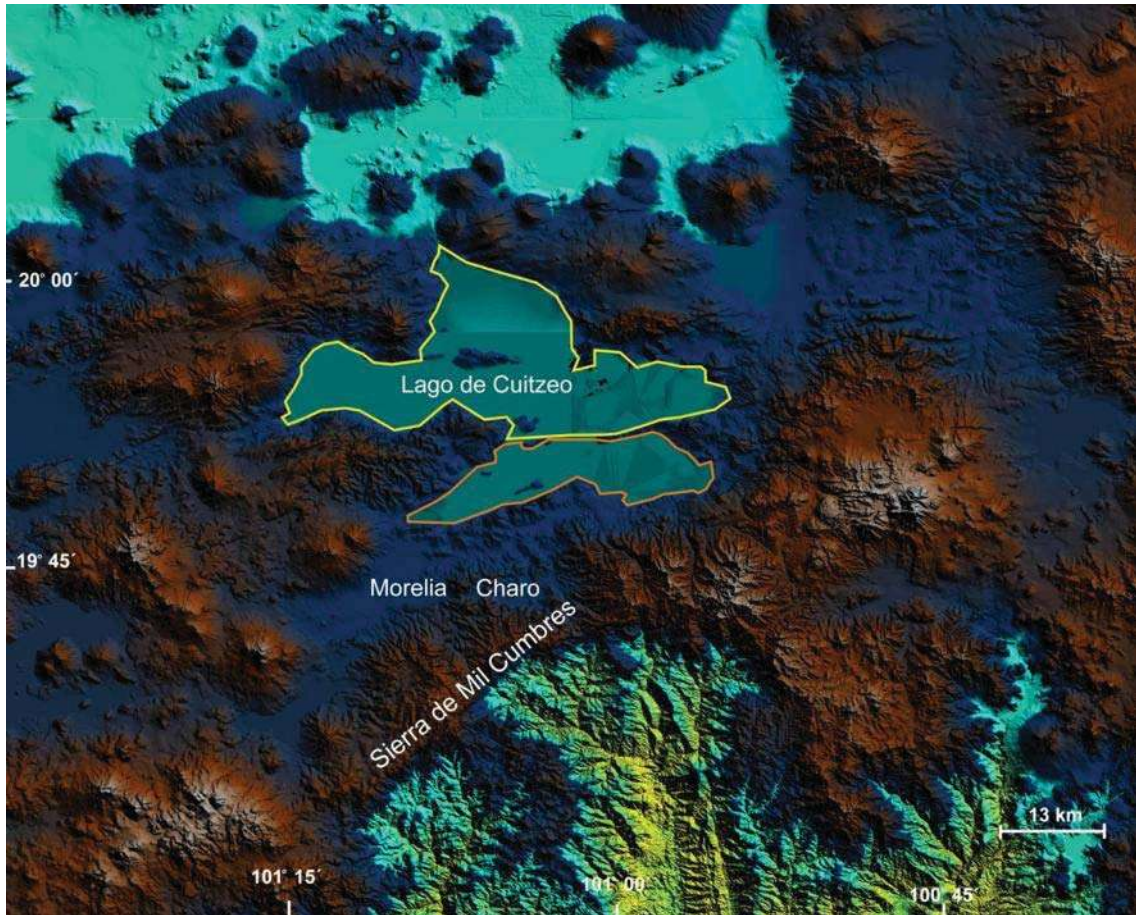


Fig. 16. Figura que muestra las dos subcuencas asimétricas que determinan la morfología del lago de Cuitzeo.

El lago está tectónicamente delimitado por semigrabens constituidos principalmente de rocas volcánicas y productos fluviolacustres que tienden a depositarse hacia el lago, el cual presenta en su sector oriente espejos de agua permanentes, mientras que en la zona occidental el desecamiento es más continuo.

La región de Cuitzeo se caracteriza por mostrar una morfología donde alternan altos y fosas tectónicas E-O y NE-SO en las que por geofísica se han observado espesores de hasta 1,500 m de sedimentos lacustres (Arellano, 1983 en en Israde-Alcantara, 1999).

Presenta una longitud aproximada de 20 km y un salto por falla de más de 200 m.

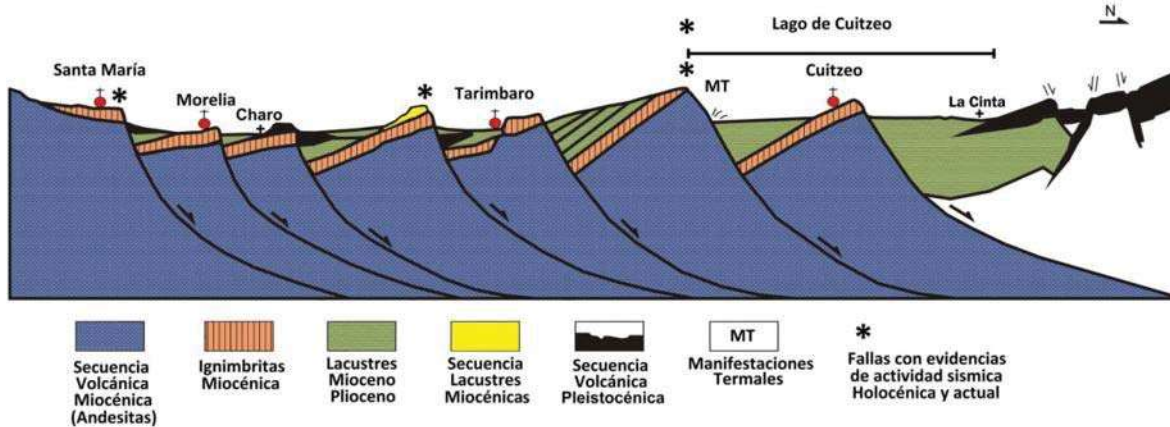


Fig. 17. Esquema que muestra la morfología que caracteriza la región de Cuitzeo en la que se observa la alternancia de altos y fosas tectónicas con dirección E-O y NE-SW.

La región se encuentra dentro del sistema de fallas orientadas NE-WSO que cortan en gran parte el sector central del CVTM (Israde *et al.*, 1992), en particular en la zona de Cuitzeo se puede observar la sucesión lacustre que se apoya en discordancia directa sobre un substrato volcánico, configurando un semigraben de 15 km de largo con desniveles de hasta 200 m.

A lo largo del margen meridional del lago se observan depósitos lacustres recientes, al E y O se encuentran domos riolíticos y volcanes de edad Pliocuaternaria, mientras que al sur aflora el basamento constituido por andesitas, ignimbritas y algunas dacitas del Mioceno medio (Israde-Alcantara, 1999).

En el actual lago de Cuitzeo se observa otro semigraben que presenta un relleno de rocas sedimentarias y epiclásticas de más de 1,500 m observado a partir de los datos gravimétricos (Arredondo, 1983, Israde *et al.*, 1992) (en Garduño-Monroy *et al.*, 1999).

Basándose en depósitos lacustres que sobreyacen basaltos fechados entre 0.75-0.87 Ma (Pasquaré *et al.*, 1991) concluye que la actividad tectónica relacionada con la extensión y sucesivo básculamiento de los bloques, permite un mayor desarrollo del lago hacia la parte norte (en tiempos posiblemente Pleistoceno inferior) tal y como se puede observar en la actualidad (Israde-Alcantara, 1999). (Fig 20).

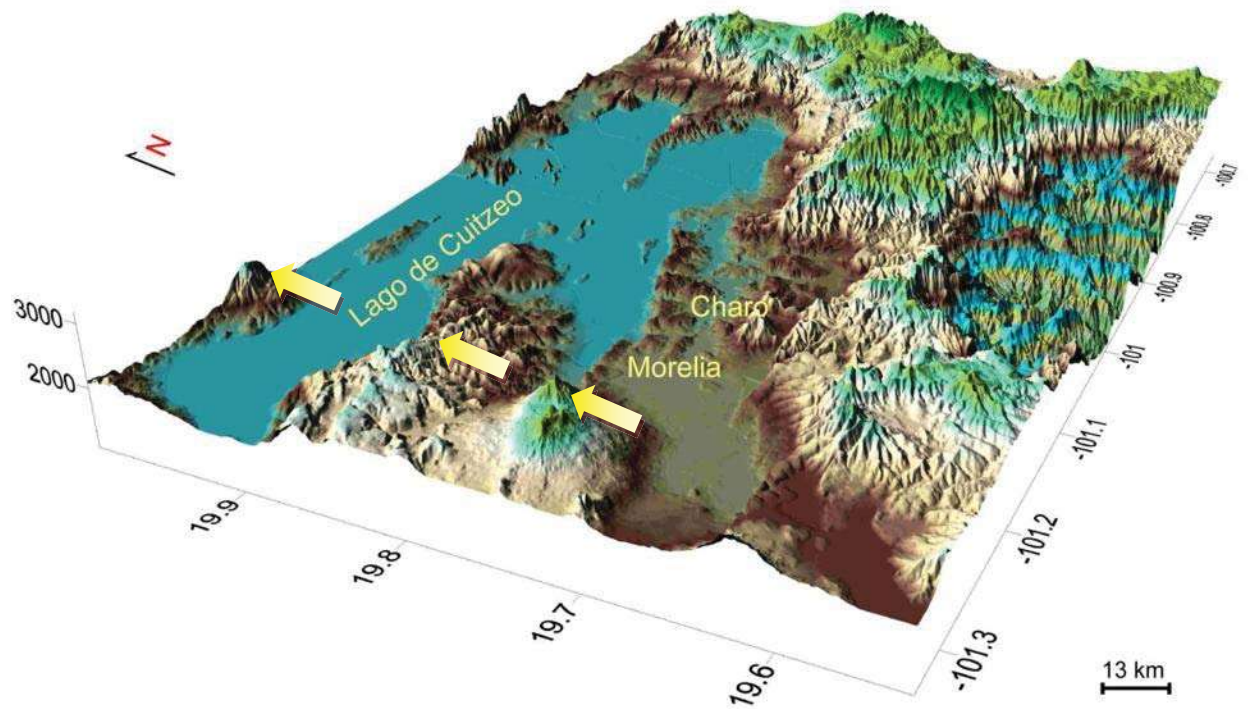


Fig. 18. Figura en la que se puede observar como se ha presentado la migración del lago de la parte sur hacia la parte norte, debido a la presencia del fallamiento y basculamiento de los bloques.

El paleolago de Cuitzeo se localiza en el sector central del Cinturón Volcánico TransMexicano (CVTM) en la ladera sur del margen meridional, con dirección ENE-OSO a unos 15 km al Este de la Cd. de Morelia. Se origina a partir de un régimen distensivo característico de la evolución estructural durante el Mioceno-Pleistoceno de esta región de México, fase en la que el vulcanismo predominantemente ácido de la Sierra Madre Occidental (SMO) es sustituido de manera gradual por los productos lávicos del CVTM (Ferrari *et al.*, 1994), su basamento forma parte de la sucesión de Mil Cumbres la que se interrumpe bruscamente por la intersección de un segmento del sistema activo de la falla Morelia-Acambay (Israde y Garduño, 1999).

La actual cuenca está limitada al oriente, por productos basálticos calco-alcalinos Plio-Cuaternarios de la región de Queréndaro fechados en 700,000 años A.P (Pradal y Robin, 1995) y el sistema geotérmico que

conforma la caldera de Los Azufres; que ha sufrido diferentes períodos de reactivación en los últimos 20,000 años, generando grandes depósitos de flujos piroclásticos (Garduño, 1987; Pradal y Robin, 1995) que seguramente se depositaron dentro del Lago de Cuitzeo (en Garduño-Monroy *et al.*, 1999).

Al oeste está limitado por el volcán Quinceo, con edades menores a 570,000 años (Suter, *et al.*, 2001), en sus productos efusivos se observan impresiones de mazorcas con edades inferiores a 3,500 años (Martínez y Hobson, 1907) (en Garduño-Monroy *et al.*, 1999).

Al sur, lo limita la secuencia volcánica del Oligoceno-Mioceno de Mil Cumbres (24 a 7 M. a. IMP, 1986), y al norte el vulcanismo del Plioceno-Mioceno de Santa Ana Maya y de Huandacareo.

Desde el punto de vista estructural, existe una serie de semigraben con una dirección NE-SO y E-O, y un basculamiento hacia el sur de hasta 30° que son los que limitan la cuenca de Cuitzeo, y que debido a ellos, se originaron dos sistemas lacustres, que han migrado en el espacio y tiempo. El primero en el periodo Mioceno superior-Plioceno tardío que se encarga de originar el lago en la paleocuenca de Charo (Israde, 1995;) y el segundo en el Cuaternario durante el Pleistoceno-Reciente como resultado de la extensión Pliocuaternaria y del sucesivo basculamiento de los bloques lo que permitió el desplazamiento del lago hacia la parte norte (posición actual) (Israde-Alcantara, 1999, García-Zepeda, 2005).

El sistema de semigrabens de Cuitzeo incluye la paleocuenca de Charo (Rico *et al.*, 1995), que se localiza al sur del actual Lago de Cuitzeo a 1,880 m.s.n.m. Esta subcuenca se formó por la actividad de un segmento del sistema de fallas de Morelia-Acambay (Sutter *et al.*, 1992) que causó el basculamiento de los bloques hacia el sur y su sucesivo levantamiento. Este fenómeno también fue generado por la reactivación de las fallas NE-SO (en Garduño-Monroy *et al.*, 1999).

El paleolago de Charo se debe en gran parte a la sedimentación terrígena proveniente del desmantelamiento de antigua roca volcánica de la Sierra de Mil Cumbres?, por lo que se puede considerar que el depósito fluviolacustre del paleolago de Charo, se constituye de un cuerpo sedimentario generalmente con influencia volcánica (Onida *et al.*, 1995).

4. Cartografía

Una vez realizado el análisis cartográfico y fotogeológico, se procedió a su verificación en el campo con lo que se obtuvieron los polígonos del tipos de roca y las diferentes estructuras geológicas que los forman y que caracterizan el área de estudio, generándose así la carta geológica (Fig. 19).

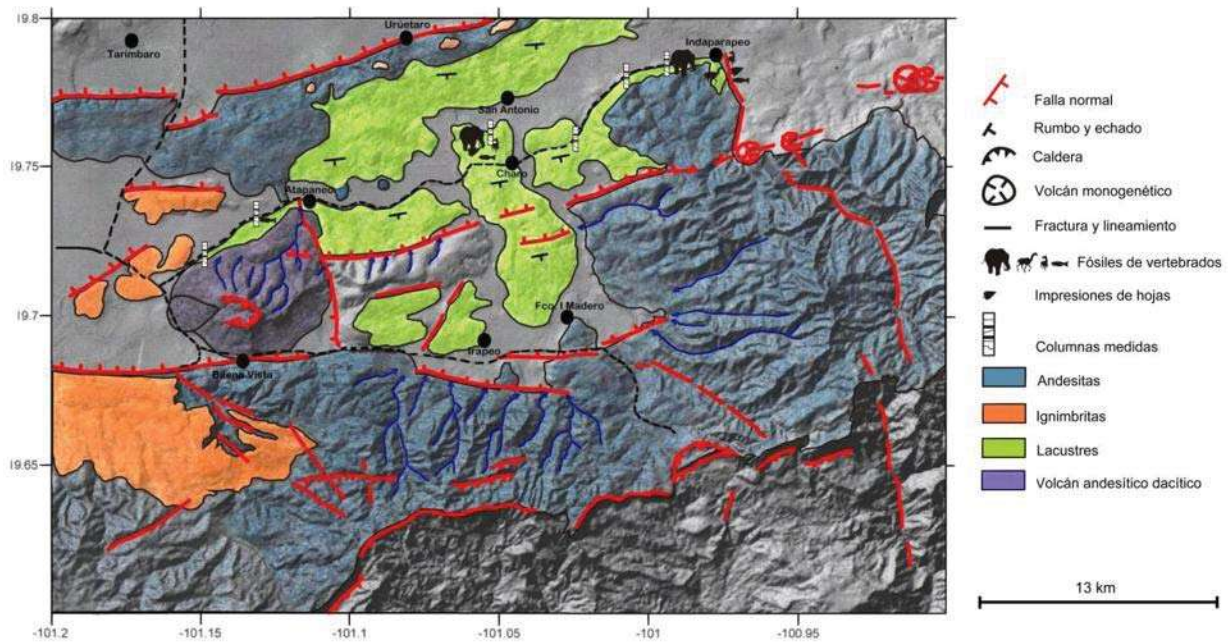


Fig. 19 En esta figura se muestran las principales unidades litoestratigráficas, estructuras geológicas características del área de estudio, los sitios en los que se realizó el levantamiento de columnas estratigráficas, la toma de muestras sedimentológicas y el contenido fósil registrado.

5. Estratigrafía

El registro estratigráfico más antiguo del paleolago de Cuitzeo está delimitado hacia el sur por la falla de Morelia y la secuencia de Mil Cumbres, mientras que hacia el norte no es tan claro debido a la falta de afloramientos resultado de la acumulación de depósitos aluviales a si como de la actividad agrícola. Sin embargo, los depósitos de la zona de Tzintzimeo presentan una gran similitud con los existentes en la región sur del paleolago, lo cual permite inferir que posiblemente formaba parte de un solo cuerpo de agua.

Apoyados de estudios de tipo estructural, estratigráficos (secciones aflorantes) y micropaleontológicos (Garduño *et al.*, 1992; Israde, 1993; Israde, 1995; Israde, 1997; Israde y Garduño 1998), se dieron a la tarea de reconstruir la geometría inicial del lago de Cuitzeo, así como la de establecer la cronología de los eventos tectónicos relacionados con la evolución del sistema lacustre (en Garduño *et al.*, 1999).

Israde-Alcantara (1999) sugieren una edad para la formación de la cuenca lacustre del Mioceno superior (7 ± 2 Ma.), tomando como base las lavas andesíticas que subyacen los depósitos lacustres en contacto concordante, así como el reporte de la diatomea *Thalassiosira cuitzeonensis* nuevo género marker para el límite Mioceno superior.

La secuencia vulcanosedimentaria presenta espesores aflorantes de hasta 50 m y se reduce gradualmente hacia los márgenes donde las variaciones laterales, obviamente son comunes (Onida *et al.*, 1995).

Los ambientes de sedimentación varían de costeros de aguas bajas a profundas en pocos kilómetros.

Los elementos que conforman la depresión están caracterizados, de la base a la cima; por un basamento relativo constituido por andesitas Miocénicas (13.6 a 8 ± 2 Ma., IMP 1986; CFE 1986), las cuales se presentan muy fracturadas.

En varios casos sobre de estas andesitas se observan algunas secuencias de ignimbritas Miocénicas de tipo calcoalcalina (Silva Mora, 1979) que forman parte de la "Piedra de Cantera" de Morelia; a estas secuencias las sobreyacen depósitos lacustres que presentan alternancias de diatomita pura depositada durante periodos de calma vulcanotectónica, interestratificada con eventuales depósitos piroclásticos como flujos y cenizas que testimonian la actividad intermitente de los volcanes durante todo el episodio lacustre.

En menor cantidad se tienen niveles fluviolacustre de tipo conoide aluvional como arenas, en los que se observan estructuras primarias como estratificación cruzada, marcas de rizaduras (*ripple marks*), laminación convoluta, etc., que evidencian la ubicación y energía de la línea de costa, así como también gravas propias de alta energía.

Sobre las secuencias lacustres se encuentran depósitos fluviales de tipo tempestivo (tempestitas) caracterizados por macroconglomerados con matriz volcánica cuyo diámetro de los clastos alcanzan entre 10 y 40 cm.

En relación a la edad asignada a la cima de la secuencia, Miller y Carranza (1984), fecharon un nivel cinerítico en 3.6 Ma. (Blancano-Plioceno medio) y en dicho nivel, en la zona de La Goleta se encontraron restos de un proboscídeo al que se le asignó una edad Blancano.

Por otra parte Silva Mora (1995) considera que los materiales que componen la secuencia lacustre iniciaron su acumulación en el Plioceno tardío y los cartografía como QTI (depósitos de lacustres Pliocénicos Cuaternarios).

(Serieyssol *et al.*, 1998) considera que la edad mencionada, se encuentra en la base de la secuencia lacustre lo que infiere que el desarrollo de la secuencia se dio a partir del Mioceno superior, tomando como base las lavas andesíticas que subyacen los lacustres así como la presencia de las diatomeas.

Estos depósitos son coronados en discordancia angular por andesitas basálticas Pliocuaternarias con edades de 2.8 Ma. (Pasquaré *et al.*, 1991) y en ocasiones por lavas cuyas emisiones han sido históricas (Martínez y Hobson 1907).

Con el análisis de los estudios realizados en la zona desde el punto de vista estratigráfico, se puede concluir que la paleocuenca de Charo, inicia a formarse desde el mioceno tardío (7 Ma), dicha cuenca se genera en bloques basculados hacia el sur que van configurando a esta cuenca.

Sin embargo, y como ya se mencionó en los antecedentes de Paleontología, no existe un verdadero control cronoestratigráfico de esta paleocuenca. Así mismo no existen estudios sedimentológicos detallados que ayuden a mejor entender los ambientes de depósito y sus fuentes de aporte.

A. Columnas levantadas

Con la finalidad de tener un mejor control sobre la litología, sus cambios verticales y laterales, así como sus facies y restos paleontológicos, se seleccionaron varios sitios de los que a continuación se describen.

- a. Zona Industrial. En la salida a Charo y de la zona industrial de Morelia y debido a las obras actuales se descubrió una secuencia lacustre que se localiza a una altitud 1918 m.s.n.m., y en las coordenadas UTM 14Q0277295 y 2183352.

a.1. PARTE INFERIOR Cd. Industrial. De la base a la cima se encontró (Fig. 20).

1. 2.00 m de espesor de diatomita laminar de de color café claro, con depósitos de óxido a manera de nódulos y con venas de color amarillo limón, el contacto superior con presencia de ligera erosión, el inferior no se observó.

2. 0.25 m Arenas volcánicas mediana color café grisáceo claro, de tipo fluvial e intercaladas a los depósitos de diatomita, el contacto superior medianamente erosionado.

3. 4.50 m Limos de color café claro, homogéneos y consolidados con presencia de grietas de oxidación y su contacto superior transicional.

4. 0.70 m Limos color café claro amarillento, homogéneo con gran cantidad de nódulos pequeños oxidados pero con menor grado general de oxidación que el anterior, presencia de vestigios vegetales (raíces) y materia orgánica, contacto superior transicional.

5. 0.04 m Ceniza volcánica de mediana a gruesa, color blanco cremoso, contacto superior medianamente erosionado.

6. 0.11 m de ceniza volcánica fina color blanco, textura sacaroide, contacto superior medianamente erosionado.

7. 0.65 m Limo arenoso, color café claro, homogéneo pero de baja densidad, frágil, con grietas presentes en las que se acumulan óxidos en poca cantidad, contacto superior con ligera erosión

8. 1.40 m Arcilla color café oscuro a verde oliváceo, muy deleznable y muy erosionable, contacto superior con erosión muy aparente.

9. 1.30 m Limos de color café Claro, homogéneo, deleznable con el contacto inferior erosionado.

a. 2. PARTE SUPERIOR Cd. Industrial. De la base a la cima (Fig. 20).

10. 1.40 m Arcilla color café verdoso, homogénea, con presencia de óxidos con láminas color amarillo óxido, contacto superior transicional.

11. 0.02 m Capa de óxidos muy consolidados con ligera erosión en los contratos tanto inferior como superior.

12. 0.45 m Arena de color grisáceo, grano mediano con estratificación laminar y contacto superior erosionado.

13. 1.15 m Arena de color café con gran presencia de oxidación color naranja semejando vetas, con lente de arena más gruesa y contactos fuertemente erosionados.

14. 0.85 m Limo color beige, homogénea, ligeramente consolidada, contacto superior con mediana erosión.

15. 0.55 m Arcillas de color café, depositación laminar, en su parte superior se presenta una capa de 5-10 cm con presencia de óxidos de color amarillo óxido, fuertemente erosionados en sus contactos.

16. 0.45 m Cf. (15), color café oscuro.

17. 0.35 m Cf. (15, 16), más homogénea con inclusiones de óxido color verde olivo oscuro a amarillo óxido.

18. 0.02 m Ceniza volcánica blanca muy fina (sacaroide) con su contacto superior muy erosionado.

19. 0.02 m Brechas diatomítica color rosado blanquecino con inclusión de color blanco cremoso contacto superior erosionado.

20. 2.00 m Limo color beige, homogénea con presencia de concreciones aisladas de óxidos amarillos, con erosión ligera en el contacto inferior y la presencia de un canal en el contacto superior.

21. Canal con una matriz preferentemente arcillas, de color café oscuro con presencia de rocas predominantemente de color crema a grises

claros y en menor porcentaje rocas color rosado, cuyo diámetro máximo es de 30 cm.

22. 1.20 m Arena fina de color café grisáceo, homogénea y compacta, con presencia de materia orgánica el contacto superior bruscamente erosionado.

23. Suelo actual, predominantemente arcilloso

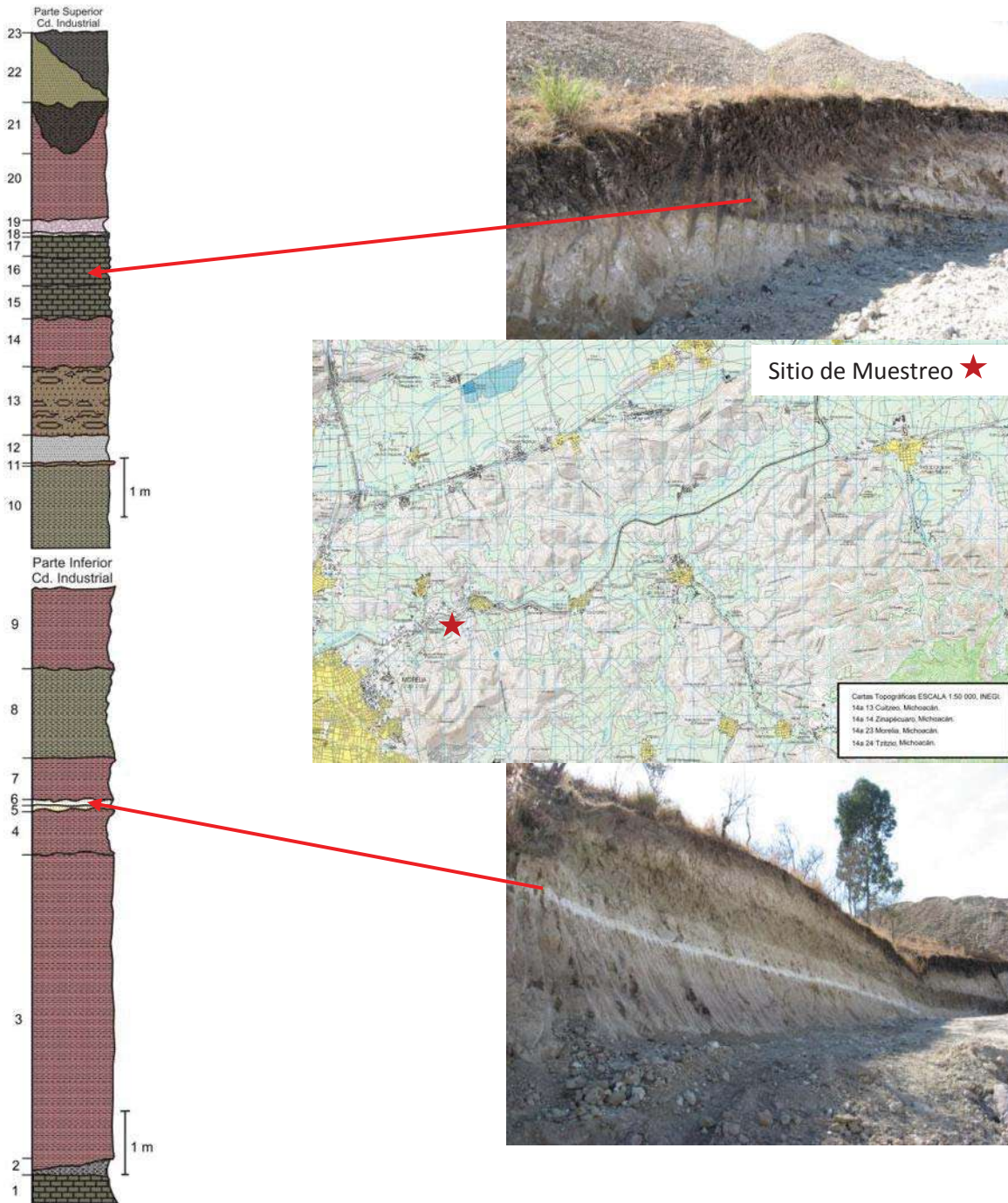


Fig. 20. Columna estratigráfica, sitio de levantamiento y toma de muestras de la parte superior y parte inferior de Cd. Industrial en la que se muestra la estratigrafía de detalle con los eventos más significativos de este sitio de muestreo, en los que se puede ver, hacia la parte superior, la presencia de depósitos de diatomita, mientras que en la parte inferior, se muestra el registro de cenizas volcánicas.

b. **Columna de Fco. J. Mujica, La Goleta**, secuencia lacustre descubierta hace algunos años como resultado de la excavación de un banco de material que se localiza a una altitud de 1901 m.s.n.m., y en las Coordenadas UTM 14Q0280724 y 2183588. De la base a la cima (Fig. 21).

1. Diatomita laminar color café claro blanquecino, textura homogénea, con nódulos oxidados visibles, baja densidad, muy deleznable, contacto superior fuertemente erosionado.
2. 1.20 m arena fina color café claro, homogénea, estratificación laminar, con presencia de nódulos oxidados de color naranja alineados con la estratificación, semiconsolidada, contacto superior ligeramente erosionada.
3. 0.15 m arcilla color beige claro, homogénea, con nódulos color verde olivo, muy deleznable, contacto transicional.
4. 0.10 m arena mediana, color amarillo verdoso con estratificación laminar, contacto superior transicional.
5. 0.15 m limo arcilloso color beige claro, homogénea con menor cantidad de nódulos color del olivo, muy erosionable, contacto superior transicional.
6. 0.10 m arena color café verdoso claro, con estratificación laminar predominantemente al centro y entrecruzadas a los lados en los que se hace más ancha (base del canal), contacto superior fuertemente erosionado.
7. 0.30 m arenas de finas a medianas color café amarillento muy intenso, con estratificación entrecruzadas con presencia de lentes de arena de diferente tamaño (canal).
8. 0.25 m Cf (5).
9. 0.40 m arenas medianas a finas color declaró verdoso, con estratificación mixta (laminar, entrecruzada y algunos lentes), contacto superior transicional.
10. 0.40 m arenas finas color café grisáceo con estratificación entrecruzada, contacto superior erosional.

11. 0.40 m Cf (6).

12. 0.45 m Limos color café claro base de soporte de un canal de mayor tamaño, contactos fuertemente erosionado.

13. 0.25 m Conglomerados constituidos de clastos de tamaños variados, cuyo diámetro máximo de 10 cm, constituidos básicamente de rocas de andesita, cuarzo y calcedonia de colores claros, que van del gris claro, el verdoso y gris oscuro, así como de colores rojos claros, oscuros y rosados. También se observan acuñamientos de arenas y limos de color café blanquecino rosado, clastos redondeados y semiredondeados, matriz arenosa ligeramente soldada y con presencia de calcedonia hasta en un 15%, contacto inferior fuertemente erosionado.

14. 0.25 m similar que el anterior, cambie el color de la matriz a café grisáceo, muy deleznable, con clastos redondeados con un diámetro mayor de 5 cm, contacto inferior fuertemente erosionado.

15. 0.35 m Arena de textura "sacaroide", color blanco cremoso, estratificación laminar con presencia de nódulos redondeados de color café blanquecino de diámetro mayor de 1.5 cm, contacto inferior fuertemente erosionado.

16. 1.05 m Arenas y limos café deformados formando un "Slump" con estratificación laminar intercaladas con arenas de color más claro, limos de color café oscuro rosado, con presencia de "Flames" hacia la parte superior del "Slump", contacto inferior fuertemente erosionado.

17. 0.40 m Arenas gruesas finas color café claro, su parte inferior presentan "Flames" y en su parte superior estratificación laminar, contacto superior transicional.

18. 0.30 m Arenas finas color café oscuro, estratificación laminar, altamente consolidada, contacto superior transicional.

19. 4.00 m Arenas gruesas de pómez blanca arenas medianas y en menor cantidad arenas finas, color café grisáceo claro con estratificación cruzada muy bien definida, contacto inferior erosivo, con presencia de restos fósiles. De acuerdo a la información proporcionada por el Dr. Carranza-Castañeda (1976), se infiere que fue en este nivel donde se encontró los restos fosilizados de un *Rhynchotherium falconery* Osborn, (1923).

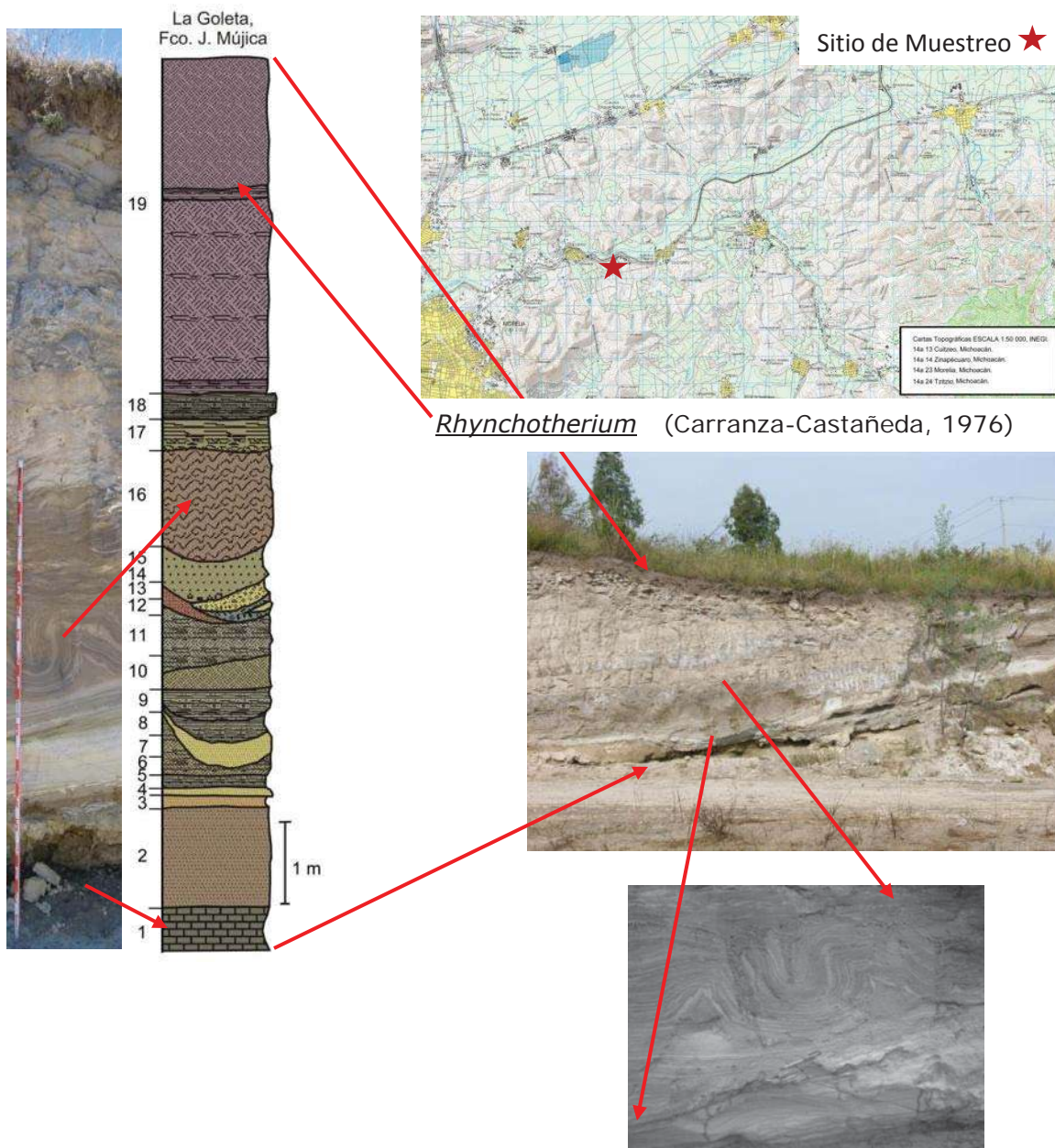


Fig. 21. Columna estratigráfica, sitio de levantamiento y toma de muestras, Francisco J. Mújica, La Goleta, imagen en la que se puede observar la estratigrafía de detalle de este sitio, hacia la parte central de la columna la presencia de un depósito de "Slump", mismo que en su parte inferior muestra estructuras "Flames". Además en el estrato superior de esta columna el Dr. Carranza-Castañeda en 1976 encontró el registro fósil de un *Rhynchotherium falconeri* Osborn. 1923.

Estudio de Dirección de transporte en clastos

Desde el punto de vista sedimentológico se estudiaron los clastos de la unidad 13, los cuales tienen dimensiones que van de 10 cm a 2 cm, muy redondeados y se trata de rocas andesitas, dacitas y riolitas, acompañadas de fragmentos de calcedonia rojo, amarillo, blanco lechoso, fragmentos de cuarzo. Todos en una matriz arenosa.

Encontrándose que la fuente de origen de ellos proviene del SE corresponde a un depósito fluvial. Es decir que por su geometría de sentido de corriente y por la presencia del canal, se podría tratar del paleo cauce del río Grande de Morelia (Fig. 22).

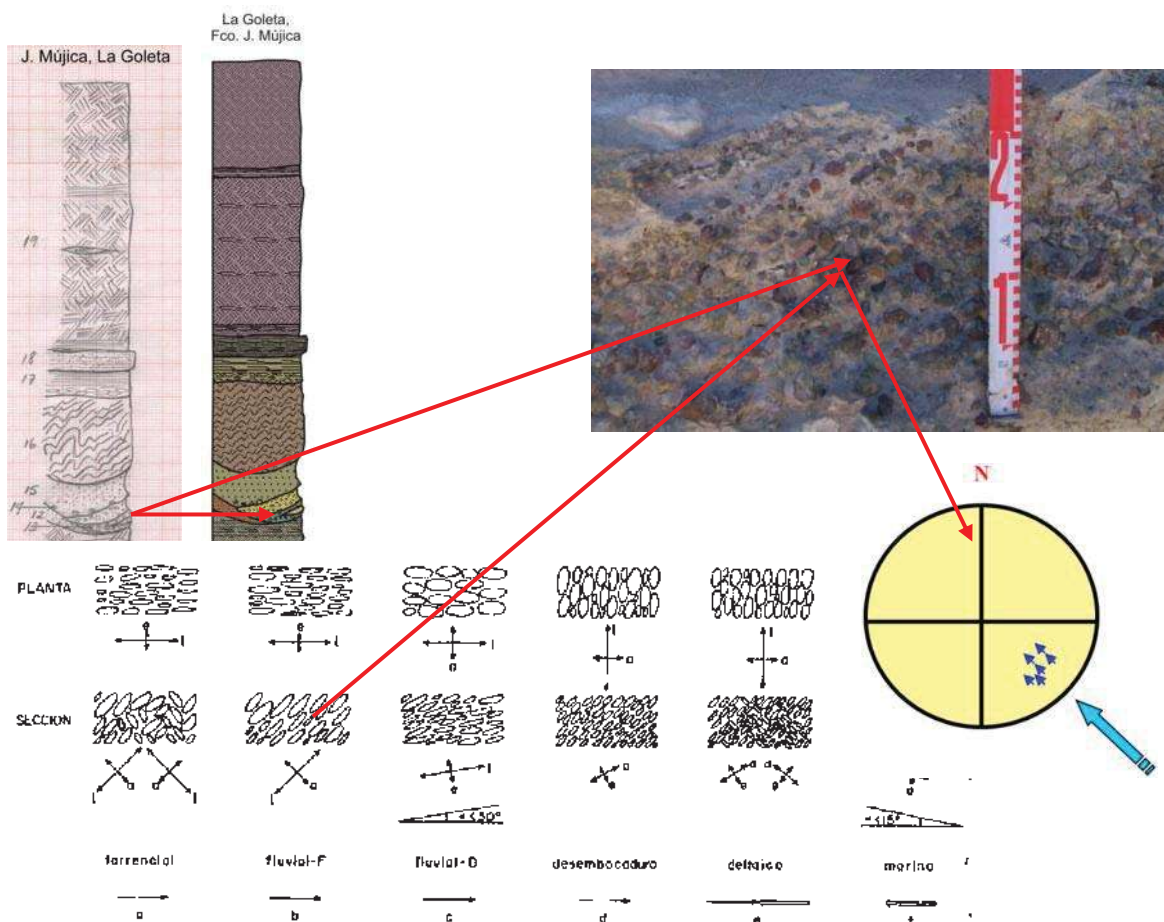


Fig. 22. Figura que muestra la relación presente entre la dirección de transporte en clastos, así como de la forma que presentan, en la localidad de La Goleta, Francisco J. Mújica.

c. **Columna El Paredón, La Goleta**, secuencia lacustre descubierta hace alguno años como resultado de la excavación de un banco de material que se localiza a una altitud de 1911 m.s.n.m., y en las Coordenadas UTM 14Q0281414 y 2183490. De la base a la cima (Fig. 23).

1. 0.55 m Diatomitas de color café claro amarillento, homogénea con abundantes marcas de oxidación, baja densidad y muy deleznable, contacto superior transicional.

2. 1.20 m Limos color beige, homogénea con inclusiones de materia orgánica, nódulos oxidados en abundancia, muy compacto pero de fácil fracturación, contacto superior transicional.

3. 2.20 m Limo color café claro con abundancia de nódulos oxidados color amarillo verdoso y verde olivo oscuro, evidencia de raíces, muy deleznable, contacto superior erosional.

4, 5A, 5´, 5B y 6. 3.30 m Alternancia de Limo color café blanquecino rosado, con abundancia de nódulos oxidados color amarillo verdoso y verde olivo oscuro, evidencia de raíces, estratificación laminar, con mayor grado de compactación, muy ligero, contacto superior erosional

7. 0.50 Arena color gris oscuro con lente de limo, ligeramente deleznable, contacto superior erosional.

8. 1.00 m Limos color café blanquecino, homogénea de baja densidad.

d. **Columna La Vía, La Goleta** (Parte más antigua del Paredón) secuencia lacustre descubierta hace alguno años como resultado de la excavación para la construcción de la vía del Ferrocarril que se localiza a una altitud de 1870 m.s.n.m., y en las Coordenadas UTM 14Q0281608 y 2183719. De la base a la cima (Fig. 23).

1. Arenas de color café grisáceo oscuro, semicompactas, con presencia de clastos de color gris y rojo oscuro, con un diámetro mayor de 2.5 cm, contacto superior erosionable.

2. 0.10 m Arenas de grano fino a mediano, de color gris oscuro y con los contactos erosionable.

3. 0.30 m Arenas de grano grueso color café grisáceo oscuro con clastos con diámetro mayor a 1 cm, contactos erosionable.
4. 0.05 m Arenas de grano fino a mediano, de color gris oscuro y con el contactos superior fuertemente erosionado.
5. 0.25 m arenas de grano fino medio de color café grisáceos oscuro con gran cantidad de clastos hacia la parte inferior del estrato, los clastos redondeados con diámetro mayor hasta de 4 cm, contacto inferior muy erosionado y el superior transicional.
6. 0.45 m Arenas finas de color rosado oscuro con estratificación entrecruzada, contacto superior transicional.
7. 0.35 m Limo color rosado claro, homogéneo, contacto superior transicional.
8. 1.20 m Limo color rosado claro, homogéneo, contacto superior fuertemente erosionado.

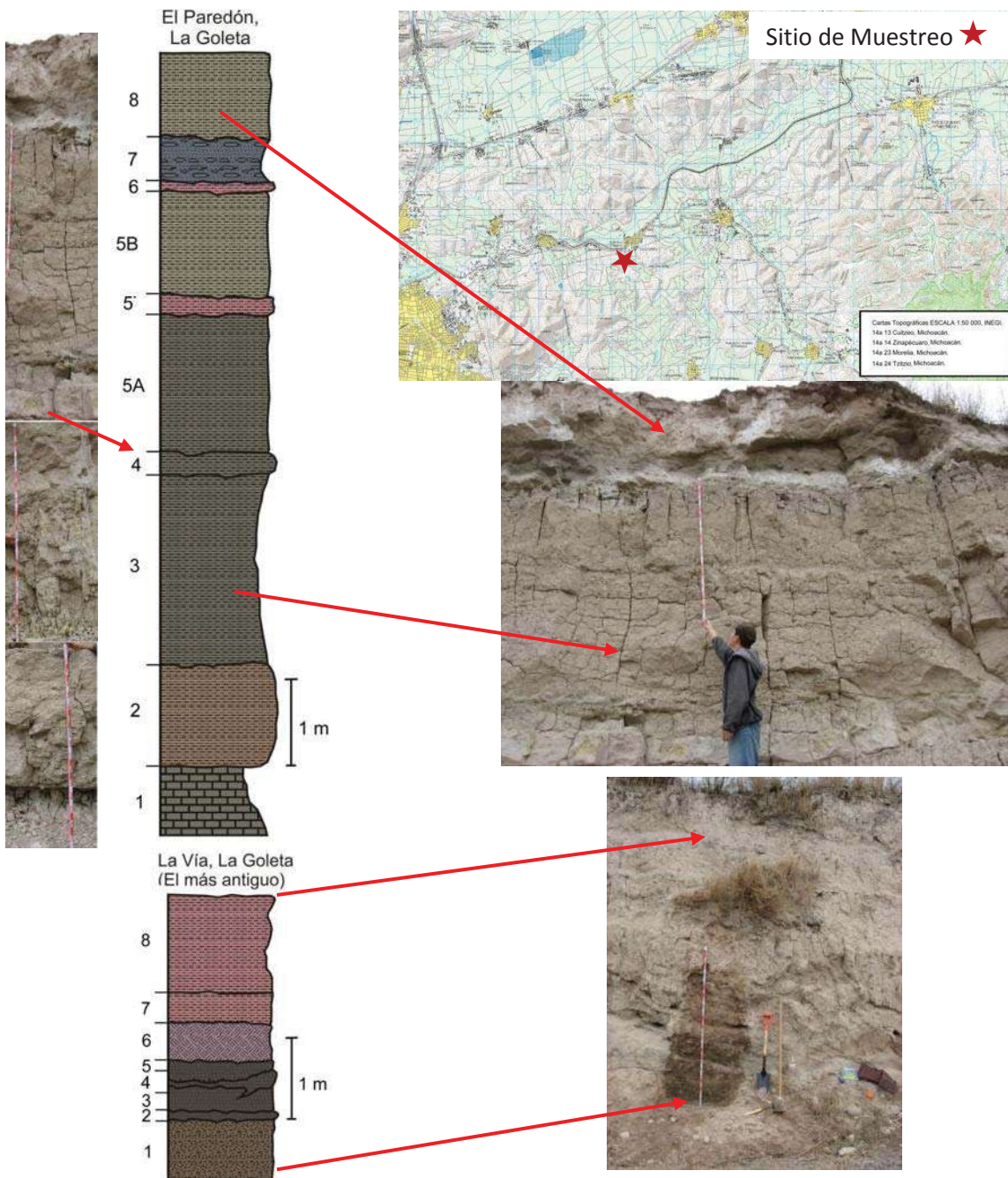


Fig. 23. Columna estratigráfica, sitio de levantamiento y toma de muestras, parte superior El Paredón y parte inferior La Vía (el más antiguo), La Goleta. Esta figura hace referencia a la parte más antigua de los depósitos sedimentarios de la región, presentes en la Columna de la parte inferior, La Vía, La Goleta.

e. **Columna Charo, El Pirúl**, secuencia lacustre descubierta hace algunos años como resultado de la excavación de un antiguo banco de material que se localiza a una altitud de 1910 m.s.n.m., y en las Coordenadas UTM 14Q0285402 y 2186176. De la base a la cima (Fig. 24).

1. Arcilla color café oscuro con presencia de óxidos en disposición horizontal formando capas de color amarillo óxido, con una pequeña capa de arena de color gris claro interdigital a 8 cm de la superficie del estrato, de unos 0.015 m de espesor.

2. 0.05-0.10 m Nivel oxidado arenoso en la parte superior de este estrato presenta una alta oxidación, muy deleznable, contacto superior erosionado.

3. 4.00 m Arcilla diatomítica de café claro blanquecino, homogénea, sin estratificación aparente, deleznable, con un contacto superior fuertemente erosionado por la presencia de depósitos de arena.

3. 0.80 m Arena color gris verdoso de grano fino a grueso redondeados y redondeados con un diámetro aproximado de un cuarto de pulgada, en la parte más superior del estrato se presentan en poca cantidad pómez ovaladas, rocas de colores verdoso claros y de rojos a rosados con estratificación laminar presente así como lente de arena de color amarillo óxido, el contacto superior fuertemente erosionado (presencia de restos fósiles de équidos (vertebras y costillas), mastodontes (defensa), quelonios (caparazón).

4. 4.00 m Limo de color café claro, homogéneos, deleznales, muy erosionados y muy fragmentados con el contacto superior erosional.

5. 2.00 m Arenas finas a medianas, predominantemente arenas finas que en presencia de humedad son muy deleznales pero en estado seco muy resistente, contacto superior fuertemente erosionado.

6. 2.50 m Arenas muy finas color blanco, textura "sacaroide", con estratificación laminar, contacto inferior erosional (Presencia de restos fósiles de peces).

7. 3.50 m Formando un paleocanal, limo de color café claro, homogéneos, muy compacto, con abundante fracturación, contacto inferior erosional, con presencia de impresiones de hojas y tallos

carbonizados principalmente de vegetales terrestres como Lauráceas y algunas compuestas.

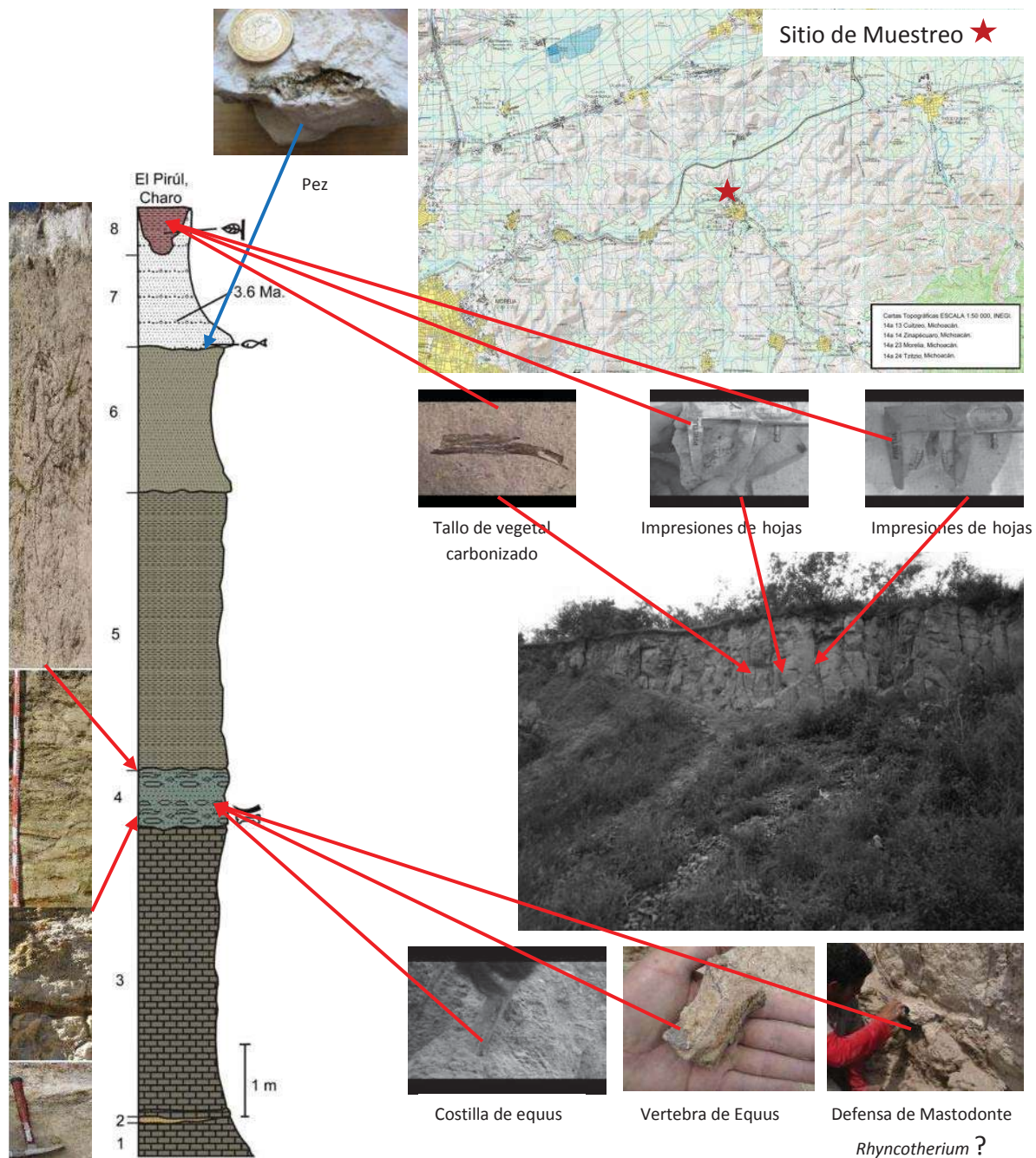


Fig. Fig. 24. Columna estratigráfica, sitio de levantamiento y toma de muestras, esta imagen muestra la evidencia de restos fósiles (Equus, Rhynchotherium?, quelonios e impresiones de vegetales acuáticos y terrestres) en la localidad de El Pirúl, Charo.

- f. **Columnas Charo, El Puente** (Parte Inferior y Parte superior), secuencias lacustres descubiertas hace algunos años como resultado del corte para construcción de un camino vecinal que atraviesa la carretera Morelia-México a la altura de la población de Charo, Mich., se localiza a una altitud de 1910 m.s.n.m., y en las Coordenadas UTM 14Q0286530 y 2185914.

Charo, El Puente (Base). De la base a la cima (Fig. 25 A).

1. 0.30 m Limo color café claro blanquecino, homogéneo, compacto y en su contacto superior transicional.
2. 0.10 m arena muy fina de color café claro, estratificación laminar y contactos erosional.
3. 0.40 m Arena fina a mediana de color café grisáceo con presencia de lentes de arena mediana y gruesa, con inclusiones de algunos nódulos de color verde oliváceo, estratificación muy heterogénea, incluye material del estrato anterior a manera de fragmentos mezclados, el contacto superior fuertemente erosionado.
4. 5.00 m Limo de color café claro blanquecino, homogéneo, con presencia de nódulos de color rojo óxido en poca cantidad, contacto superior erosional.
5. 0.80 m Conglomerados poligmítico (paleocorriente) con rocas de colores variados que van de blanco a lechoso, gris claro, gris oscuro y verdoso hasta colores rojos y rosados, la matriz constituida de arenas finas medianas y gruesas, con un grado regular de compactación, con presencia de pedernal calcedonia de colores variados (blancos, ocres y rojizos). Tanto la parte inferior como la superior de los contactos fuertemente erosionados.
6. 2.00 m Limo color café claro rosáceo, homogéneo y de fácil fracturación, muy deleznable, contacto inferior erosional.

Charo, El Puente (Parte Superior). De la base a la cima (Fig. 25 B).

1. Diatomitas color café grisáceo con estratificación laminar con intercalación el de arcilla de color gris oscuro, contacto superior medianamente erosionado.

2. 0.75 m Conglomerados Poligmítico (paleocorriente), con rocas de colores variados que van de blanco a lechoso, gris claro, gris oscuro y verdoso hasta colores rojos y rosados, la matriz constituida de arenas finas medianas y gruesas, con un grado medio de compactación, con presencia de pedernal calcedonia de colores variados (blancos, ocre y rojizos). Tanto la parte inferior como la superior de los contactos fuertemente erosionados con presencia de clastos con un diámetro mayor de 10 cm.

3. 1.15 m limos color café claro rosáceo, homogéneo, muy compacto y fracturado, con restos de vegetales conservados (hojas y algunos tallos).

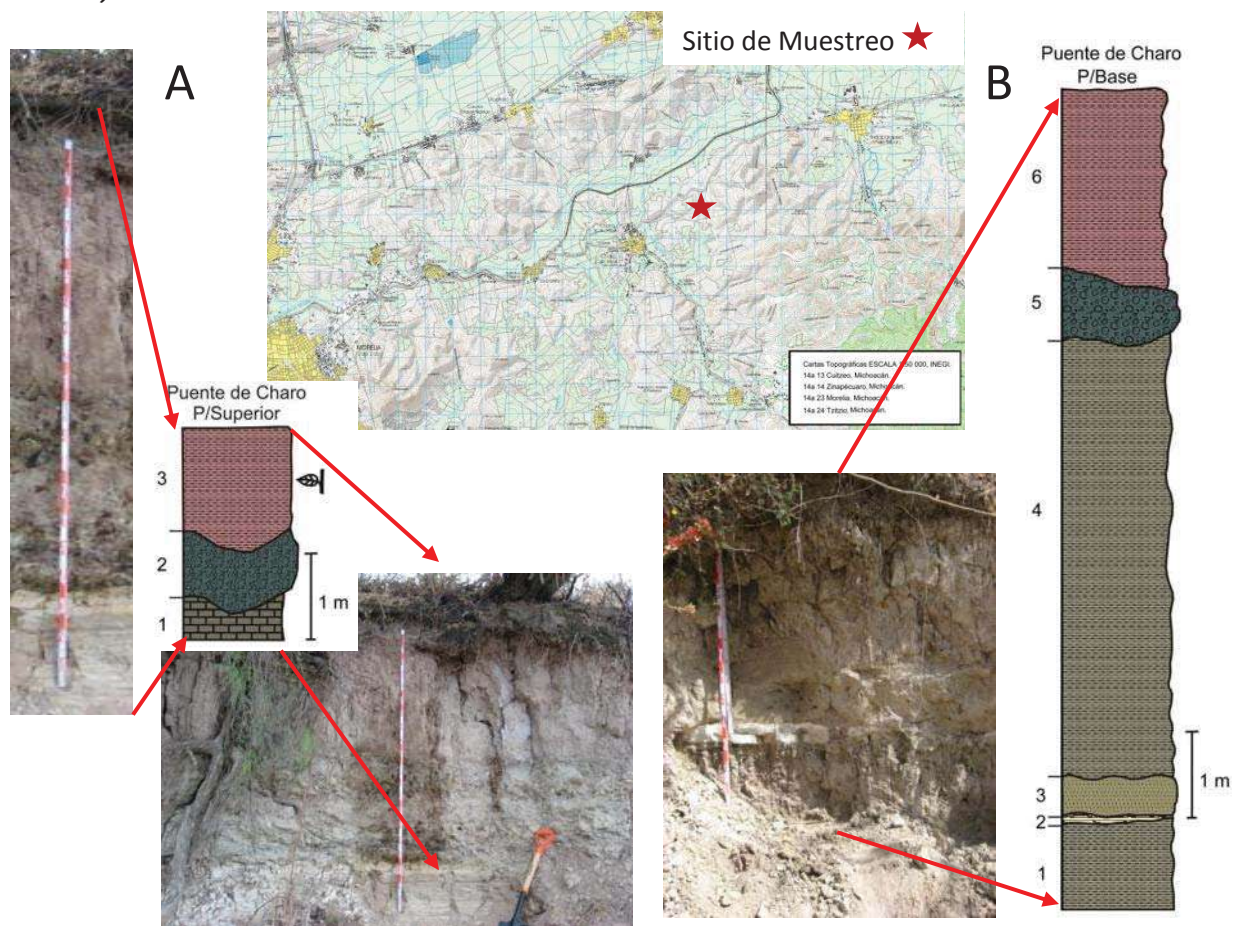


Fig. 25. Columna estratigráfica, sitio de levantamiento y toma de muestras, Charo, A. El Puente (Parte Base) y B. El Puente (Parte Superior) y en el que se muestran los conglomerados poligmítico, evidenciando la presencia de las paleocorrientes afluentes de la paleocuenca de Charo.

Estudio de Dirección de transporte en clastos

Desde el punto de vista sedimentológico se estudiaron los clastos de la unidad 2, (similares con los clastos estudiados de la unidad 13) tienen dimensiones que van de 10 cm a 2 cm, muy redondeados, se trata de rocas andesitas, dacitas y riolitas, acompañadas de fragmentos de sílice rojo, amarillo, blanco lechoso, fragmentos de cuarzo. Todos en una matriz arenosa.

Encontrándose que la fuente de origen que ellos presentan proviene tanto del SE como del SO y corresponden a un depósito de tipo fluvial (Fig. 26).

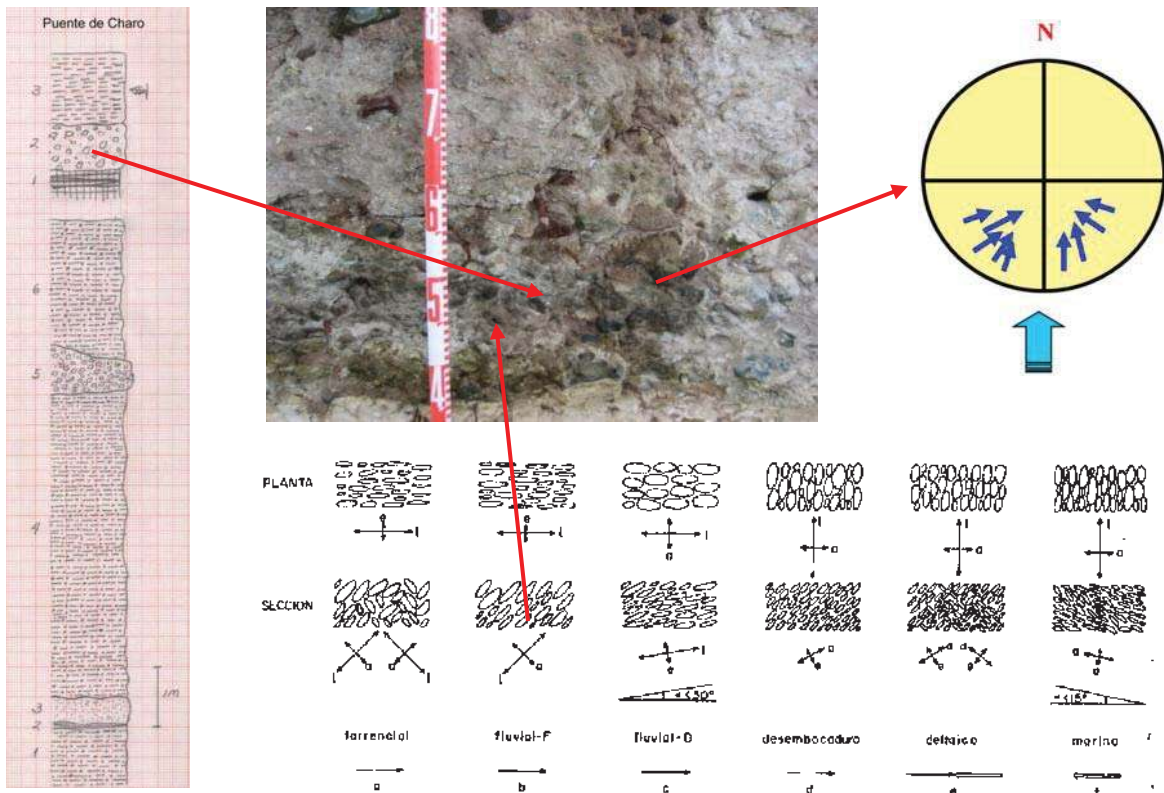


Fig. 26. Figura que muestra la relación presente entre la dirección de transporte en clastos, así como de la forma que presentan, en la localidad de Charo, El Puente (Parte Superior).

g. **Columna Cañada de los 4 Vientos**, Mpio. de Charo, Mich. (Lahar) secuencia lacustre descubierta hace algunos años como resultado del corte para construcción de la carretera Morelia-México a la altura del km 17, que se localiza a una altitud de 1914 m.s.n.m., y en las Coordenadas UTM 14Q0288568 y 2187413. De la base a la cima (Fig. 27).

1. 0.15 m Arena fina color café rosado pálido, homogénea, semicompacta contacto superior transicional.
2. 0.45 m Arena fina y mediana color café rosado pálido más claro, homogénea y con mayor grado de compactación que la anterior comparecencia de pómez de color café claro con un diámetro mayor de 1.5 cm contacto superior transicional, con presencia de restos fósiles (un fragmento de 25 cm de una costilla de camello *Megatylopus* ?)
3. 0.05 m Diatomitas color blanco a café claro con estratificación predominantemente laminar, contacto superior transicional.
4. 0.55 m Arena de tamaño fino a mediano de tipo fluvial color café grisáceo claro, con estratificación mixta (entre cruzaran, lámina y con presencia de lentes de arena de tamaño mediano grueso y de color café grisáceo más obscuro, contacto superior fuertemente erosionado.
5. 3.00 m Lahar con una matriz de color gris oscuro constituida perfectamente de arcilla y en menor cantidad arenas de finas a gruesas con la presencia de bloques muy redondeados y subredondeados con un diámetro mayor de 80 cm y colores predominante mente grises claros, oscuros y verdosos y con poca presencia de rocas de color rojo y rosado.

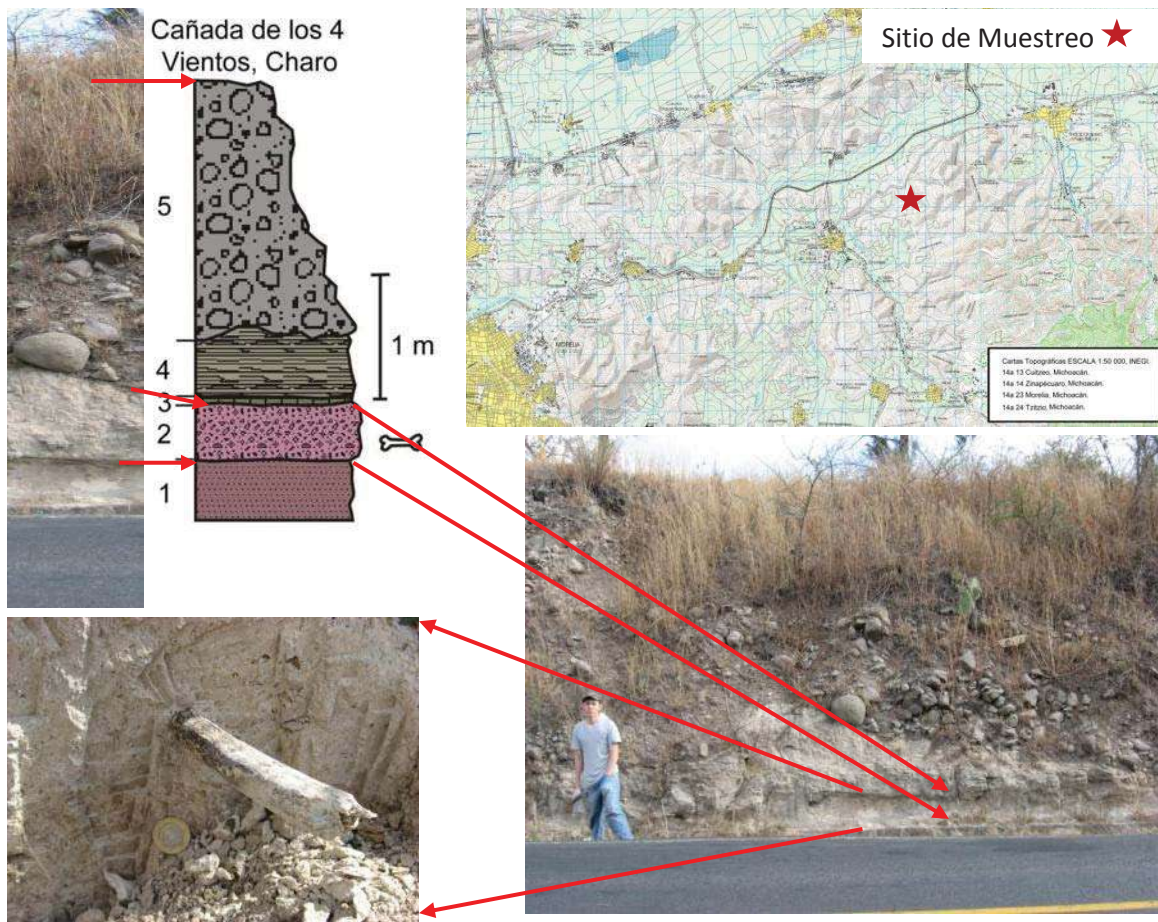


Fig. 27 Columna estratigráfica, sitio de levantamiento, Cañada de los 4 Vientos, Charo, en la que se puede observar la estructura característica de una Lahar y en un estrato de la parte inferior un fragmento de costilla fosilizado posiblemente de un camello del género *Megatylopus* ?

Estudio de Dirección de transporte en clastos

Desde el punto de vista sedimentológico se estudiaron los clastos de la unidad 5. Característicos de un Lahar con una matriz de color gris oscuro formada preferentemente por arcilla y en menor cantidad arenas finas y gruesas, presentan bloques muy redondeados y subredondeados con un diámetro mayor de 80 cm, las rocas predominantes son andesitas, y en poca cantidad dacitas y riolitas, acompañadas de

fragmentos de sílice rojo, amarillo, blanco lechoso, fragmentos de cuarzo.

Encontrándose que la fuente de origen que ellos presentan proviene tanto del SE, SO, NE y NO, corresponden a un depósito de tipo torrencial. (Fig. 28)

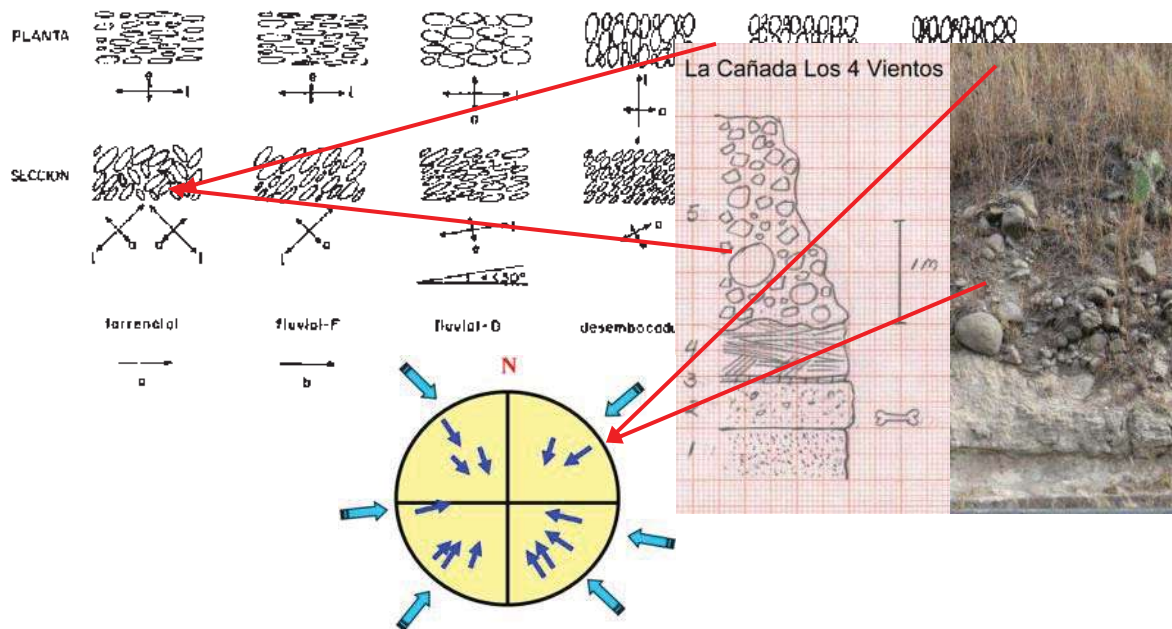


Fig. 28. Figura que muestra la relación presente entre la dirección de transporte en clastos, así como de la forma que presentan, en la localidad de Cañada de los 4 Vientos, Charo.

h. **Columna Las Encinillas** (Antiguo Banco de Material, Mpio. de Indaparapeo, Mich.) secuencia lacustre descubierta hace alguno años como resultado de la excavación de un banco de material que se localiza a una altitud de 1882 m.s.n.m., y en las Coordenadas UTM 14Q0290814 y 2188847. De la base a la cima (Fig. 29).

1. Arcilla color café claro, homogénea, con una capa superior de transición color amarillo ocre oxidada, contacto erosional.

2. 0.10 m Arena gruesa de color café grisáceo con estratificación laminar, contacto superior ligeramente erosionado.

3. 0.10 m Arena mediana y gruesa evidentemente mezclada con diatomita, estratificación laminar, contacto superior transicional.
4. 0.05 m Diatomita color café claro con estratificación laminar contacto superior transicional.
5. 0.5 m Arena color café claro con presencia de clastos redondeados de colores blanquecinos con un diámetro mayor o igual a 1 cm.
6. 0.40 m Diatomita color café, homogénea con inclusión de nódulos oxidados de color naranja y verde olivo en gran cantidad pero dispersos, contacto superior transicional, con presencia de restos y escamas de pez.
7. 0.60 m Diatomita laminar con intercalaciones de arcilla de color negro, contactos transicional.
8. 3.80 m Limo color café claro, con estratificación laminar, con nódulos oxidados de color naranja óxido y verde olivo alineados con la estratificación, presenta una gran cantidad de canales interdigitados de arena gruesa, mediana y fina, en la que se incluyen clastos redondeados y su redondeados de colores blancos (pómez), grises y en menor cantidad rojos, con un diámetro mayor o igual de 4 cm, este tipo de sedimentos son los que en su parte inferior (hacia la base de estos canales), se encuentran depositados restos fósiles de vertebrados (Mastodontes, Camélidos y *Equus*). El contacto inferior es transicional y presenta gran cantidad de impresiones de vegetales acuáticos (*Typha*) y algunos terrestres (hojas y fragmentos de tallos de Lauráceas, compuestas y monocotiledoneos).
9. 4.00 m Limo color café claro, compacto y masivo, con presencia de poco nódulos de color óxido y canales interdigitados compuestos de arenas gruesas a fina, con presencia de clastos redondeados y su redondeados de colores blancos (pómez), grises y en menor cantidad clastos de color rojo.

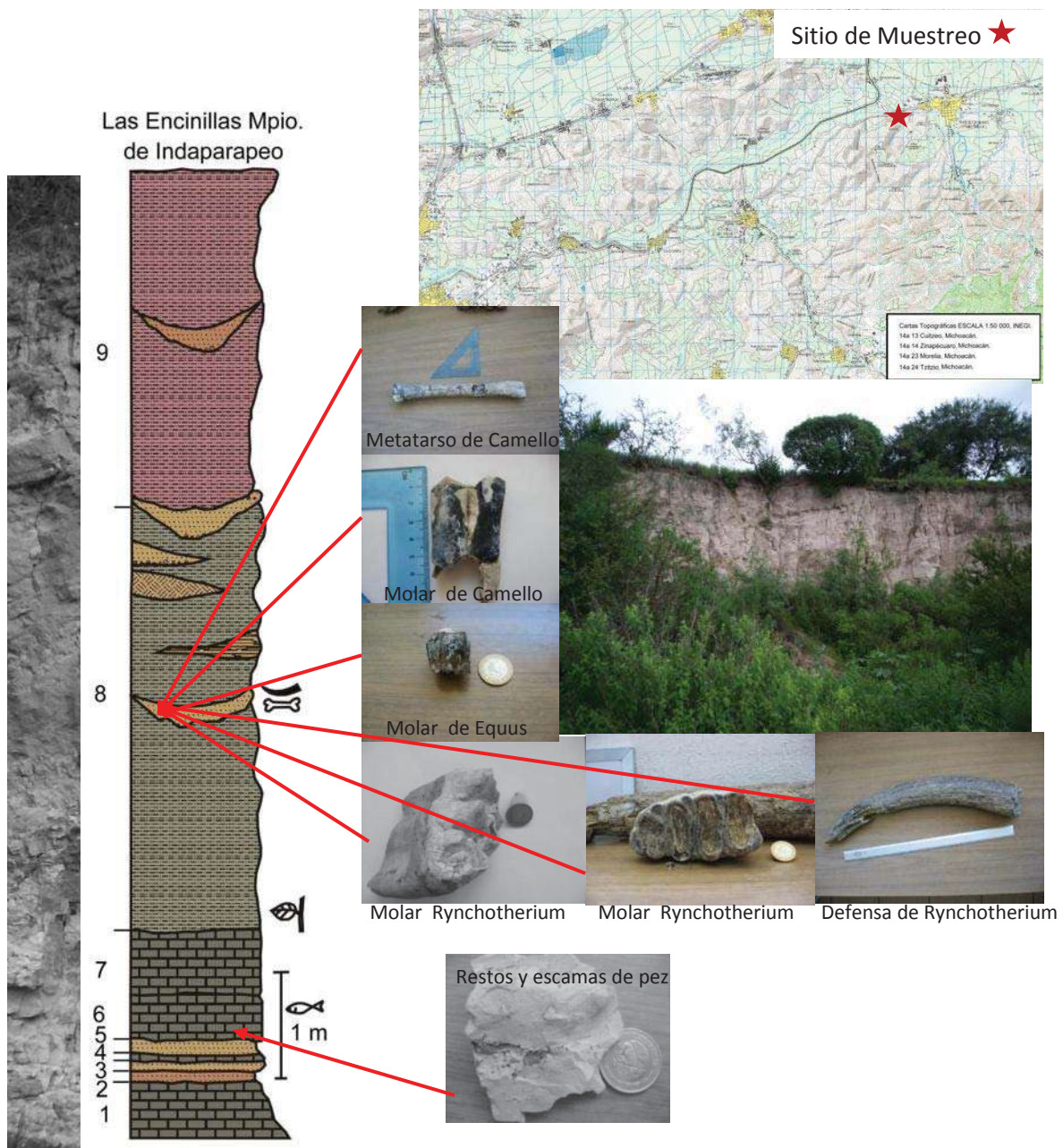


Fig. 29. Columna estratigráfica, sitio de levantamiento y toma de muestras, así como la evidencia de restos fósiles, Las Encinillas, Indaparapeo. Hacia la base de los canales, se encuentran depositados restos fósiles de vertebrados (Mastodontes, Camélidos y Equus), en el contacto inferior se encuentran gran cantidad de impresiones de vegetales acuáticos (*Typha*) y algunos terrestres (hojas y fragmentos de tallos de Lauráceas, compuestas y monocotiledoneas).

B. Sedimentología.

Del estudio granulométrico se lograron identificar las condiciones de energía en el momento del depósito, fue claro que en la zona de estudios se combinaron dos ambientes principales, ligados a un medio lacustre de baja energía y otro más fluvial.

Para realizar una interpretación más correcta de este análisis sedimentológico, se vaciaron los resultados en una gráfica que simplifica dichos resultados en tres aspectos, alta energía para aquellos depósitos granulares gruesos, como arenas, gravas y conglomerados o aglomerados, media energía para depósitos de arenas finas, muy finas y limos. Y finalmente baja energía para depósitos de finos de arcillas. Obviamente se consideró en este análisis el tipo de estructura sedimentaria.

En la primera gráfica (Fig. 30) de la zona industrial (Parte Superior de Cd. Industrial), podemos apreciar cambios continuos en el tipo de energía que permitió en la base del depósito la acumulación de arcilla, es decir se trató de un cuerpo de agua de aguas tranquilas. Este lago tranquilo (niveles 10, 12, 14, 15, 16, 17, 20 y 22) fue interrumpido por ambientes de alta y media energía (niveles 11, 13, 18, 19 y 21) que se relacionan con llegadas repentinas de material grueso asociado con deltas que ingresaron al lago durante periodos de humedad. Destaca en el nivel 18 en el que se hace presente una capa de ceniza volcánica que erosiona la unidad precedente, seguido de una brecha diatomítica (nivel 19) estructuras que por lo general indican la posible presencia de un evento sísmico, que generó un derrumbe en los taludes del lago.

La segunda gráfica Parte Inferior de Cd. Industrial, (Fig. 31), muestra hacia la base un depósito de diatomitas (nivel 1) representativo de un cuerpo de aguas tranquilas que posteriormente es interrumpido por un ambiente de alta energía como lo confirma el depósito de conglomerados (nivel 2) el que en su parte inferior, erosiona fuertemente el nivel de las diatomitas, mientras que a partir de los niveles 3, 4, 7 8 y 9, el cuerpo de agua vuelve a tomar un tendencia casi constante hacia el nivel de baja energía, energía propia de un cuerpo de agua semiestable. Los niveles 6 y 7 también tienden a una baja energía pero se diferencian de los demás por el hecho de que se constituyen básicamente por cenizas volcánicas de tipo sacaroides. La forma de su contacto inferior erosivo y su granulometría fina indican una fuente lejana del lago cuyos productos se depositan y posteriormente son erosionados y transportados dentro del lago.

La tercera gráfica correspondiente a la localidad de Francisco J. Mújica (Fig. 32) es una columna muy completa desde el punto de vista de los ambientes, ya que en ella podemos distinguir desde ambientes de muy baja energía hasta de muy alta energía. La base de la columna se caracteriza por depósitos de arcilla y arcillas distomíticas que marcan un ambiente muy tranquilo de lago abierto (1, 2), posteriormente se observa un periodo de oscilaciones de energía (3, 4, 5, 6, 7) que serán interrumpidos por la llegada de un nivel de alta energía que marca un cambio drástico en la sedimentación, la cual se convierte en más inestable con niveles que caracterizan depósitos deltaicos (7 a la 16). En todas estas últimas secuencias se ven excelentes estructuras sedimentarias como estratificación cruzada, slumps, huellas de corriente, etc. FOTOS

En la columna de esta localidad se hace evidente la tendencia hacia su parte media inferior en la que se da un aumento constante y de cierta manera gradual relacionada con el aumento de energía, hasta llegar al nivel medio en el que se estabiliza y mantiene.

Es entre los niveles 17 al 19 de la parte superior de esta columna formados principalmente por arenas, limos y algunos conglomerados en los que Carranza-Castañeda, 1976, reporta la presencia de un ejemplar fósil de *Rhynchotherium falconeri* Osborn, 1923

La cuarta gráfica nos muestra en primer lugar la localidad de El Paredón, La Goleta A (Fig. 33) en el que tanto la tendencia de la energía así como del ambiente sedimentario tienden hacia los niveles de de baja energía (niveles 1, 2, 3, 4, 5^a, 5´5B y 6) seguidos por un nivel (nivel 7) en el que el ambiente se dispara hacia los niveles de media energía para posteriormente en la parte terminal regresa al nivel de baja energía el cual es característico y predominante en esta columna estratigráfica.

Hacia la parte inferior en lo que pertenece a la zona denominada La Vía, La Goleta B (Fig. 33), considerada como la parte más antigua, el ambiente se mantiene casi estable dentro del los niveles de media energía (niveles 1, 2, 3, 4 y 8), aunque se puede observar la presencia de pequeñas variantes, sin grandes cambios significativos (niveles 5, 6 y 7).

Es importante mencionar que aunque lo niveles del 1 al 5 presentan arenas gruesas y conglomerados su comportamiento en cuanto al ambiente de energía de que son objeto los mantiene en los términos de media energía.

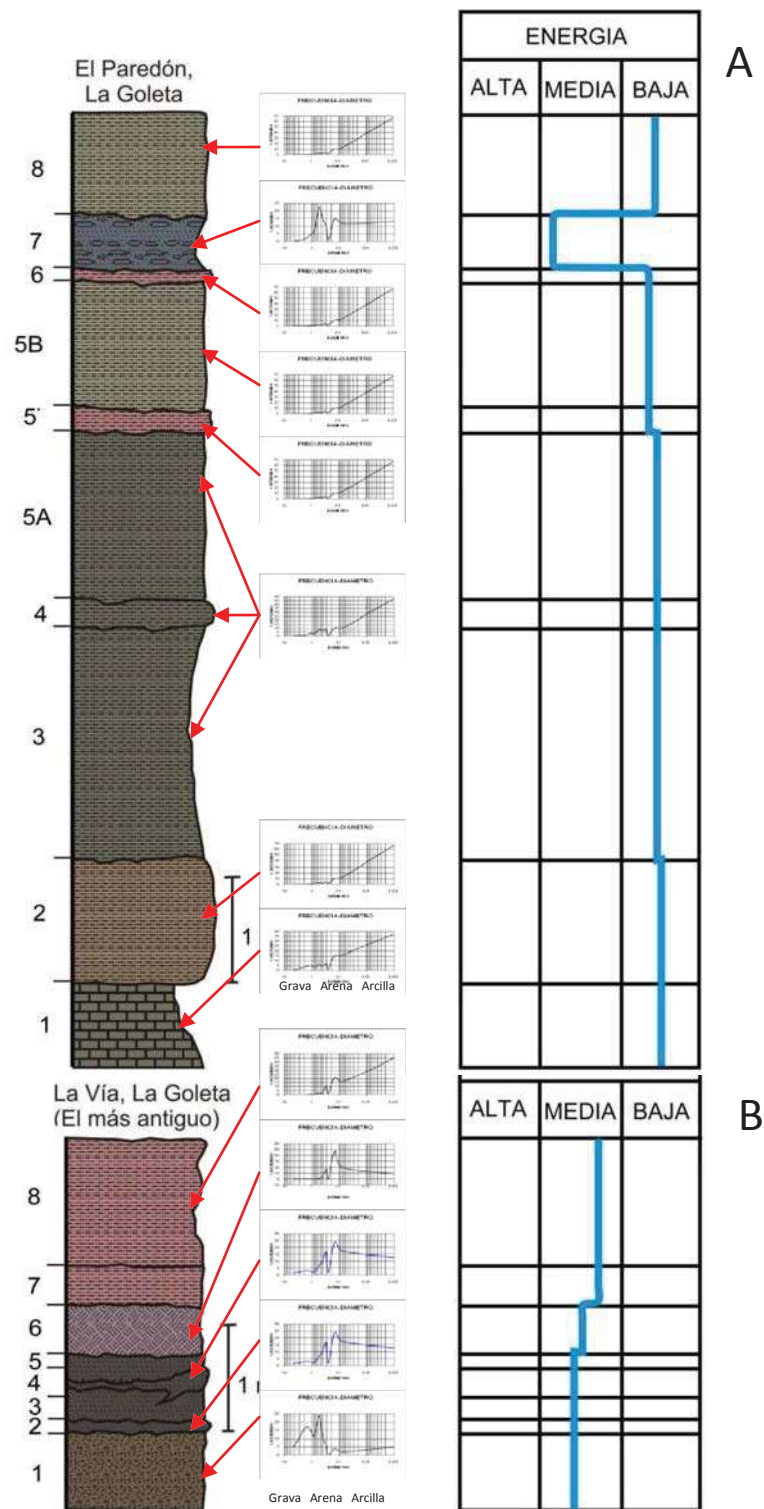


Fig. 33 Figura que muestra la columna estratigráfica de el Paredón, La Goleta, y de La Vía, La Goleta, la parte más antigua, su relación con cada una de las gráficas sedimentológicas y la grafica general resultado de todas ellas, donde se muestra el comportamiento de los sedimentos en relación con el tamaño y la intensidad de la energía de la corriente de la que fueron objeto.

La quinta gráfica en la localidad EL Pirúl, Charo (Fig. 34), presenta en la parte inferior de la columna estratigráfica, un gran depósito de diatomitas (nivel 1 y 3) sinónimo de un ambiente de baja energía de aguas tranquilas, cabe señalar que el nivel 2, aunque cambia en su composición litológica (a arenas muy finas), se puede diferenciar objetivamente de las diatomitas, es un nivel que guarda la misma intensidad de energía por lo que se mantiene en el mismo ambiente.

Hacia el nivel 4, se hace evidente un ambiente de alta energía, que además de erosionar fuertemente el nivel superior de las diatomitas, resulta de gran interés e importancia puesto que lo constituyen arenas y conglomerados de tamaños diferentes (característicos de deltas erosivos) y es precisamente en estos niveles en los que se tiene la presencia y registro del material fósil en esta localidad.

El nivel 5 mantiene un ambiente de baja energía, el que se incrementa en el nivel 6 hasta lograr un nivel de energía medio el que posteriormente en el nivel 7 regresa al ambiente de baja energía.

El nivel 7 también resulta de gran significancia, principalmente por dos motivos, el primero porque está formado casi en su totalidad por material piroclástico de caída libre (ceniza volcánica de textura sacaroide), el cual se deposita en un ambiente acuoso, como lo hace constar la presencia de los restos fósiles de un pez. El mismo nivel 7, en su parte superior se encuentra erosionado muy fuertemente por la presencia de un canal (nivel 8) formado básicamente de material limo-arcilloso muy compacto en el que se encuentran incluidas impresiones de hojas y tallos de diferentes especies vegetales.

La sexta gráfica Fig. 35 B, perteneciente a la localidad de El Puente de Charo P/Superior presenta tres ambientes relacionados con los niveles de energía presentes, en la base, el nivel 1 formado por un depósito de diatomita se ubica en el ambiente de baja energía, el nivel 2, erosiona fuertemente al nivel diatomítico debido a un gran aumento en la intensidad de la energía, lo que lo sitúa en los niveles de más alta energía, dada su conformación principalmente de arenas y conglomerados poligmíticos, mientras que el nivel 3 tiende a mantenerse en un nivel de energía medio-alto.

El Puente de Charo P/Base (Fig. 35 A) inicia con un ambiente de baja energía (nivel 1 y 2) posteriormente tomar fuerza y el nivel 3 sube hasta los límites entre la media y alta energía, erosionado al nivel anterior, el nivel 4 y 6 se mantienen estable dentro del ambiente de baja energía, pero en el nivel 5 se presentan una fuerte aumento en cuanto a la intensidad de la energía, lo que lo mantiene en el nivel de alta energía, formando parte de los deltas erosivos, como lo constatan los materiales que forman el depósito (arenas y conglomerados poligmíticos).

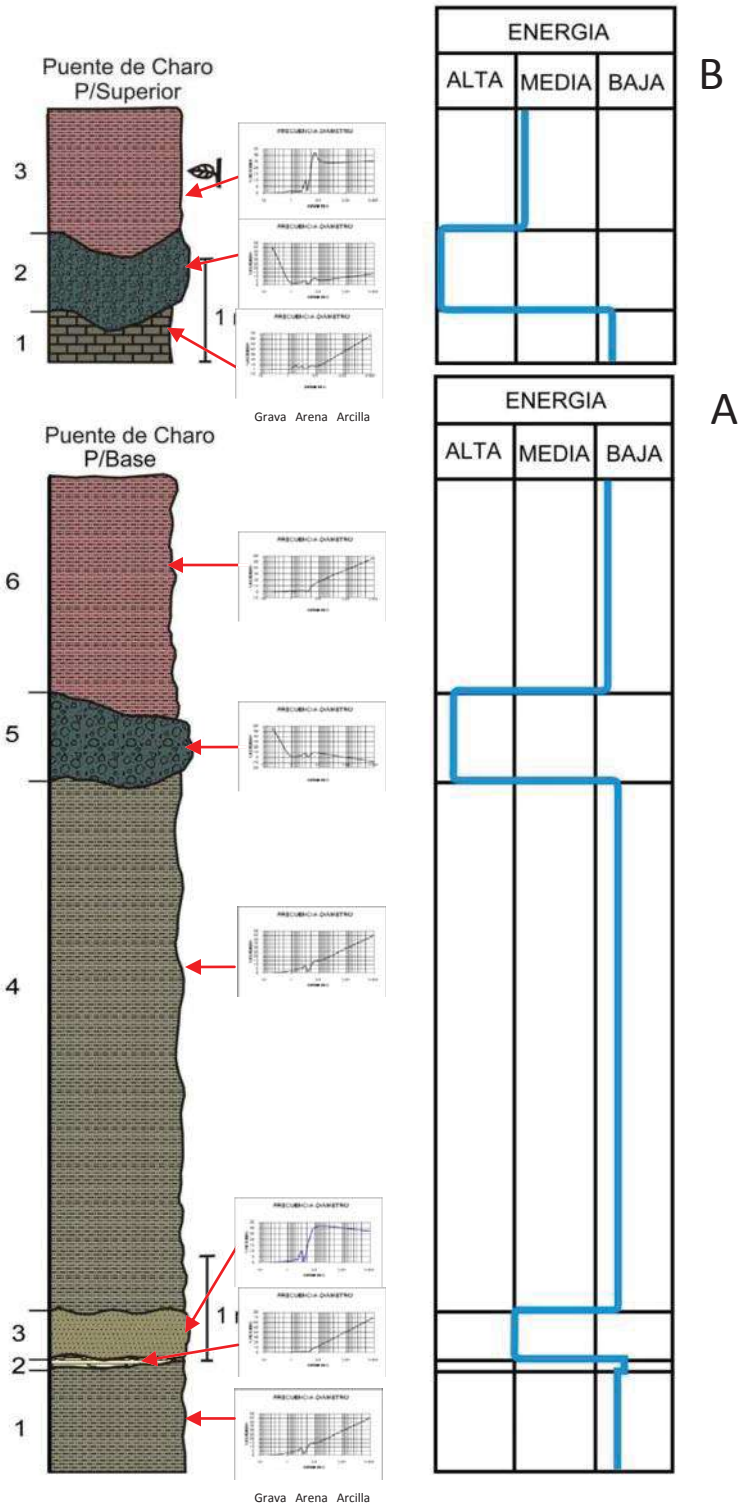


Fig. 35 Figura que muestra la columna estratigráfica de el Puente de Charo, Parte superior y Puente de Charo, parte inferior, su relación con cada una de las gráficas sedimentológicas y la grafica general resultado de todas ellas donde se muestra el comportamiento de los sedimentos en relación con el tamaño y la intensidad de la energía de la corriente de la que fueron objeto.

La séptima gráfica en la localidad de Las Encinillas, Indaparapeo, Fig. 36, inicia en la parte de la base con un ambiente de energía baja (nivel 1) seguido de un ambiente de energía medio representado por una secuencia de inestabilidad muy marcada (niveles 2, 3, 4 y 5) que favorecen la llegada de materiales más gruesos (propiedades arenas de diferentes tamaños) para posteriormente recobrar la estabilidad con una tendencia de energía baja (niveles 7 y 8) y energía media (nivel 9) con frecuentes y marcados eventos intermitentes propiciados por ambientes de alta energía que favorecen la presencia de canales formados por arenas y conglomerados de diferente tamaño en uno de los cuales se tiene el registro de material fósil de vertebrados.

Hacia la parte superior en el nivel 7, en la zona de contacto con la parte inferior del nivel 8 se presentan una gran cantidad de impresiones de vegetales en su mayoría de hábitat acuático y en menor cantidad de vegetales terrestre.

C. CORRELACIONES ESTRATIGRAFICAS

El resultado de la correlación entre las distintas columnas estratigráficas de detalle (Fig. 37) muestra 7 principales secuencias responsables de la historia evolutiva desarrolladas en la paleocuenca de Charo.

SECUENCIA I

Caracterizada por la alternancia de limos, arenas y conglomerados, denotando un ambiente de alta a mediana energía, y haciendo referencia a un evento de tipo transgresivo representado por la presencia de facies proximales responsables del inicio del Lago (Antiguos deltas), con una edad de 7 Ma. (Mioceno), se encuentra presente en las columnas estratigráficas de las localidades de La Vía, La Goleta y Puente de Charo P/Inferior

SECUENCIA II

Evidencia la presencia de depósitos de diatomitas, lo que denota un ambiente con baja energía (aguas tranquilas) de un lago bien establecido. Este evento también se caracteriza por la marcada ausencia de depósitos volcánicos, con una edad Plioceno-Mioceno (7-2 Ma) representado en las columnas estratigráficas en las localidades de la Parte Inferior Cd. Industrial, Fco. J. Mújica, La Goleta, El Paredón, La Goleta, El Pirúl, Charo y Las Encinillas, Mpio. Indaparapeo.

SECUENCIA III

Caracterizada por una marcada alternancia de conglomerados, arenas y limos, denotando un ambiente predominantemente de alta energía, propiciado por la actividad tectónica encargada de una marcada intensidad en el basculamiento de los bloques hacia el sur, como resultado del fallamiento E-W, en el que se hacen evidentes deltas de alta energía característicos de las facies de regresión, aunado a lo anterior, la presencia de un régimen climático tipo húmedo con tendencias a grandes pastizales o sabanas y un aumento considerable de la precipitación pluvial. Por otro lado existen las evidencias de pequeños espejos de agua, sinónimos de intentos de recuperación del Lago, y apoyándose en los diferentes tipos de fósiles colectados, se concluye un ambiente superficial característico de un clima subtropical

conformado de praderas y bosque cercanos como ha quedado registrado.

Además, en el registro estratigráfico se tienen evidencias marcadas de posibles sismos relacionados de manera directa con la presencia de "Slump", con una edad Plioceno-Pleistoceno, en las columnas estratigráficas de las localidades de Parte Inferior Cd. Industrial, Fco. J. Mújica, La Goleta, El Paredón, La Goleta, El Pirúl, Charo Puente de Charo P/Superior, La Cañada de los 4 Vientos (parte de la base) y Las Encinillas, Mpio. Indaparapeo.

SECUENCIA IV

Uno de los eventos considerados como parte esencial de la culminación del Lago, está representado por la presencia de cenizas volcánicas "sacaroides" datadas del Plioceno (3.6 Ma.) depositadas en la parte superior de la columna estratigráfica de El Pirúl, Charo, localidad en la que este fenómeno es más evidente, debido que este tipo de material llega alcanzar un espesor hasta de 2.50 m y en la columna estratigráfica de parte inferior Cd. Industrial, 0.15 m evidenciando una etapa fuertemente significativa de actividad volcánica, que cambiaría la historia del Lago.

SECUENCIA V

Durante el Plioceno-Pleistoceno en la parte más alta de la columna estratigráfica de la Parte Superior Cd. Industrial, en donde se encuentra el registro de brechas diatomíticas posiblemente originadas por algún eventos sísmicos, además de la evidencia de una serie de eventos que representan una posible época de sequía local y una posible recuperación del lago localizado en esta región, lo que se deduce de la presencia de pequeños cuerpos de agua que llegaron a mantenerse estables por periodos de tiempo significativo, para que la flora de diatomeas, pudieran estabilizarse y dejar su registro, como se puede observar en este caso.

SECUENCIA VI

El registro estratigráfico de la secuencia de Charo es coronado por una secuencia volcánica reciente (700-500, 000 años), compuesta casi en su totalidad del material pumítico con fragmentos líticos de tamaño

milimétrico, los que en algunos sectores de la zona Charo-Morelia se encuentran evidencias como registros sedimentarios en condiciones subacuáticas, pero por lo general, su depositación se dio de manera subarrial, y que reciben el nombre de "Alegría".

SECUENCIA VII

Finalmente la presencia de Flujos de Detritos (Holoceno), fenómenos atribuido a tiempos recientes, eventos considerados como parte de la culminación de la historia evolutiva de la paleocuenca de Charo.

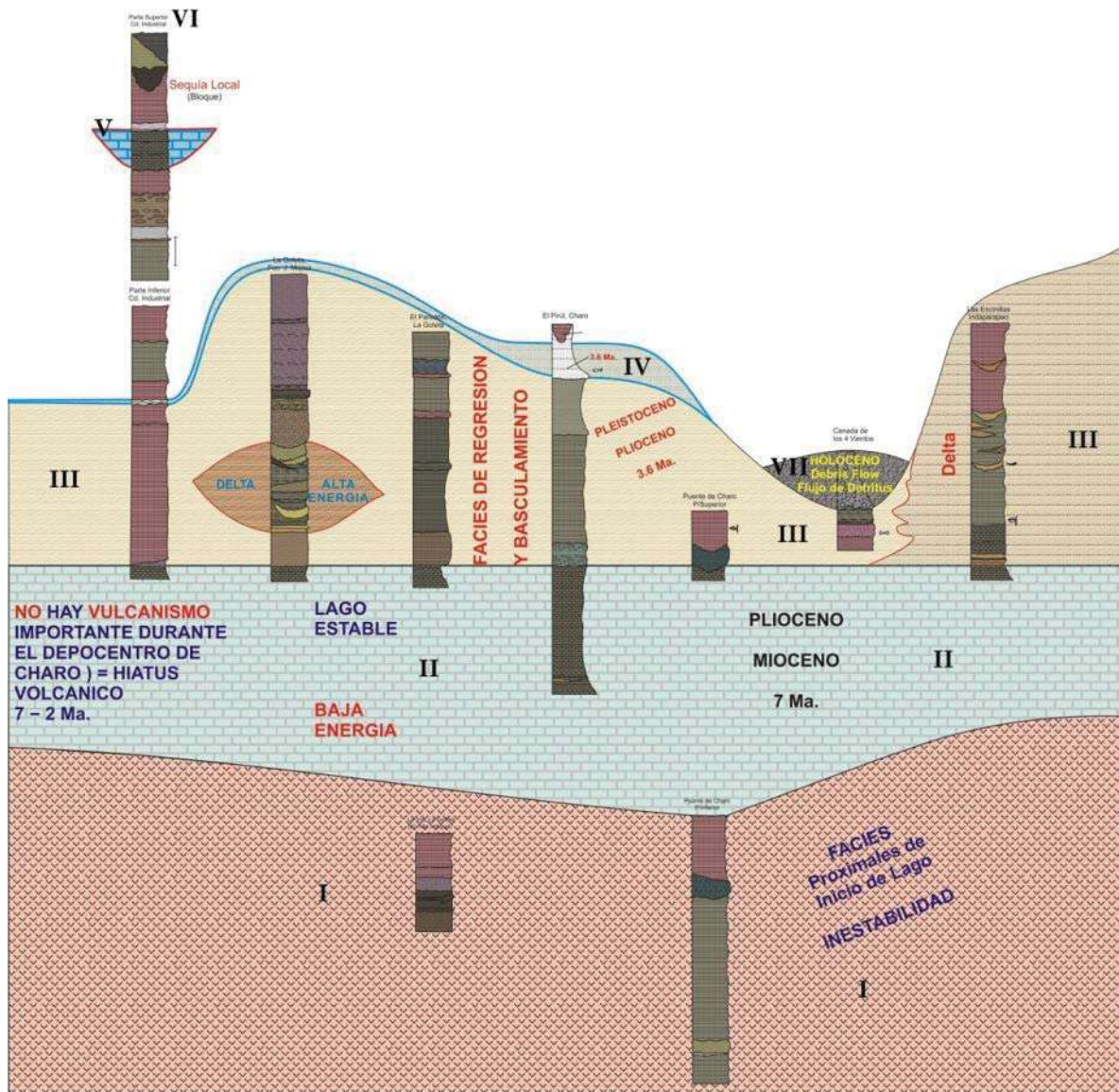


Fig. 37. Correlación Estratigráfica en la que se muestran las 7 principales secuencias relacionados con la evolución de la paleocuenca de Charo.

1. Estudio Paleontológico

Con relación al material fósil encontrado en la región de Indaparapeo-Charo, Paleolago de Cuitzeo, Mich., México, solo se encontró de manera significativa en 3 de las 9 columnas levantadas, su estado de conservación es muy aceptable aunque algunos ejemplares presentan signos evidentes de intemperización y erosión.

Se tiene el registro y descripción de tres géneros y solo se hace mención de la presencia de impresiones de hojas y algunos tallos de vegetales tanto de hábitat acuático como terrestre, además por primera vez, en la localidad de El Pirúl, Charo y en particular para toda esta región, se tiene el registro de un espécimen de Pez fosilizado con un estado de conservación aceptable.

Los géneros reportados pertenecen a 3 ordenes y 3 familias de la clase mammalia, posiblemente correspondan a una edad Rancholabreano del Pleistoceno superior (500.000–10.000 años BP) (Kurten y Anderson, 1980), con excepción de los vegetales y el pez que no forman parte del análisis y estudio en este trabajo

Clase: Mammalia Linnaeus, 1758

Orden: Perissodactyla Owen, 1848

Familia: Equidae Gray, 1821

Subfamilia: Equinae Steinmann y Doderlein, 1890

Género: *Equus* sp. Linnaeus, 1758.



Fig. 38. Molar de *Equus* posiblemente perteneciente a un ejemplar joven.



Fig. 39. Fragmento de una vértebra de *Equus*.

Equus es el género dominante en los sedimentos del Blancano y llega hasta el Pleistoceno tardío. Existe un desacuerdo entre los diversos autores respecto al número actual de especies (Azzaroli, 1995, 1998 in Miller & Carranza-Castañeda, 2001). *Equus simplisidens* parece ser solamente la especie válida para el Blancano. El segundo género de équido del Blancano conocido para México es *Nannippus*, con solo una especie reconocida *N. Peninsulatus*, taxón muy extenso pero mucho menos numeroso, excepto en el Estado de Guanajuato donde se han encontrado muchos especímenes (Miller y Carranza-Castañeda, 2001).

Las especies de caballo del Hemfiliano incluyen *Calippus castilli*, *Neohipparion eurystyle*, *Nannippus minor*, *Astrohippus stockii*, *Dinohippus interpolatus* y *D. mexicanus*. La última especie aparentemente da lugar al género *Equus* (Azzaroli y Voorhies, 1993 in Miller y Carranza-Castañeda, 2001). Es importante mencionar que un gran número de especímenes encontrados en el Centro de México muestran caracteres intermedios entre *D. mexicanus* y *E. simplisidens*, a los que no ha sido posible asignarles un taxón confiable. Estos especímenes han sido encontrados en depósitos transicionales entre Hemfiliano y Blancano. Para México, la mayoría de las especies mencionadas con anterioridad se encuentran en depósitos del Hemfiliano tardío y desaparecen del registro fósil (Miller y Carranza-Castañeda, 2001).

Edad: *Equus* se encuentra en sedimentos del Blancano hasta el Pleistoceno tardío (Azzaroli, 1995, 1998 en Miller y Carranza-Castañeda, 2001).

Orden: Artiodactyla Owen, 1848

Familia: Camelidae Gray, 1821

Subfamilia: Camelinae Zittel, 1893

Género: *Megatylopus* Matthew and Cook, 1909



Fig. 40. Metatarso derecho y molar de Camello posiblemente *Megatylopus* ?

Para México, la mayoría de los registros de camellos, se localizan en la región del Centro y pertenecen principalmente a las faunas del Pleistoceno. Freudenberg, (1922) realiza el primer reporte de camellos para México, el *Procamelus* de Tehuichila, Hidalgo. Lance (1950) reporta por la fauna local de Yepómera del Henphiliano Tardío de Chihuahua la presencia de *Hemiauchenia* y posiblemente *Megatylopus*.

Ferrusquía-Villafranca y Torres (1980) y Miller (1980), reportan para la fauna local de las Tunas, Baja California, Blancano temprano, Pleistoceno medio la presencia de *Hemiauchenia*.

Mooser y Dalquest (1975) realizan el reporte de *Hemiauchenia* en la fauna local del Cedazo en Aguascalientes.

Carranza y Ferrusquía (1978) en reportes preliminares de la fauna local del Rancho el Ocote, Guanajuato, reportan la presencia de *Hemiauchenia* y *Megatylopus*.

Montellano-Ballesteros (1989) en la fauna local del Rancho el Ocote, Guanajuato, reporta cinco especies de camellos del Henfiliano incluye dos formas de *Hemiauchenia* (*H. Vera* y una pequeña, anónima especie), un camélido grande *Lamini* (cf. *Hemiauchenia*), una forma corta y robusta (cf. *Alforjas*), y un *camelini* (*Megatylopus* cf. *M. matthewi*).

Arroyo-Cabrales *et al.*, (2002) reporta para el Cuaternario tardío de México 4 especies extintas del género *Camelops*: *C. hesternus*, *C. minidokae*, *C. mexicanus*, *C. traviswhitei*.

Edad: Pleistoceno tardío (Rancholabreano) al Holoceno temprano (Kurten y Anderson, 1980).

CLASE Mammalia

ORDEN Proboscídeo

FAMILIA Gomphotheriidae

GENERO *Rhynchotherium*



Fig. 41. Defensa derecha y 2 molares de *Rhynchotherium*

FAMILIA Gomphotheriidae

Familia constituida por los géneros *Rhynchotherium*, *Gomphotherium*, y *Cuvieronius*, los que aparecen desde el Henfiliano temprano al Rancholabreano (8-0.01 Ma).

El material se comparo con los ejemplares depositados y conservados en la Colección paleontológica Instituto Nacional de Antropología e Historia, (INAH) México, con la asesoría del Dr. Arroyo-Cabrales (INAH) y en la Colección Paleontológica de la Facultad de Biología de la UMSNH, con la asesoría de la Dra. García-Zepeda (UMSNH), además se reviso la bibliografía siguiente: Webb, 1965, Lundelius, 1972, Mooser *et al.*, 1975; Khan, 1970; Hillson, 1996, Dalquest, 1980 y Montellano-Ballesteros, 1989.

Por vez primera para la localidad de El Pirúl, Charo y en particular para toda esta región, se encuentra el registro de un espécimen de Pez fosilizado, que posteriormente sera motivo de estudio.



Fig. 42. Ejemplar de pez conservado en ceniza volcánica en la localidad de El pirúl, Charo.

7. EVOLUCIÓN TECTONOESTRATIGRAFICA

De acuerdo con Israde, 1999 y con los resultados de este estudio, los escenarios paleogeográficos dominante durante el Mioceno superior están directamente relacionados con la actividad tectónica observada a lo largo de los sistemas de fallas NW-SE; NE-SE y E-W, característicos y presentes en la región, lo que resulta de la serie de estudios litoestratigráfico y bioestratigráfico relacionados con la evolución de la cuenca de Cuitzeo, de los que se determina la siguiente serie de eventos:

Evento A (Fig. 43).

a). El basamento andesítico del Mioceno superior (miembro basal), es sujeto de un régimen transtensional izquierdo a partir del cual se producen pequeñas cuencas con las que se inicia las depositaciones lacustres, que se genera de manera particular en la zona central del paleolago siguiendo un patrón direccional con lineamientos NE-SW. Desde el punto de vista estratigráfico, este horizonte se caracteriza de manera general por una alternancia de limos y arcillas con finos niveles de flora de diatomeas de tipo epifítico litoral, mientras que en el extremo norte del lago se registra el contacto con las lavas Miocénicas (8-13 Ma), y registra una alternancia de periodos de aguas oligotróficas a eutróficas (Israde-Alcantara com. Pers).

b). Un nivel oxidado presente en la mayoría de las secciones que evidencia un periodo de desecación debido a un cambio climático o bien a un levantamiento tectónico, responsable de la acumulación de materiales que bajo ciertas condiciones fueron susceptibles a la oxidación quedando registrados de esa manera, o posiblemente este nivel haga referencia al registro de una etapa de lago en un fondo reductor.

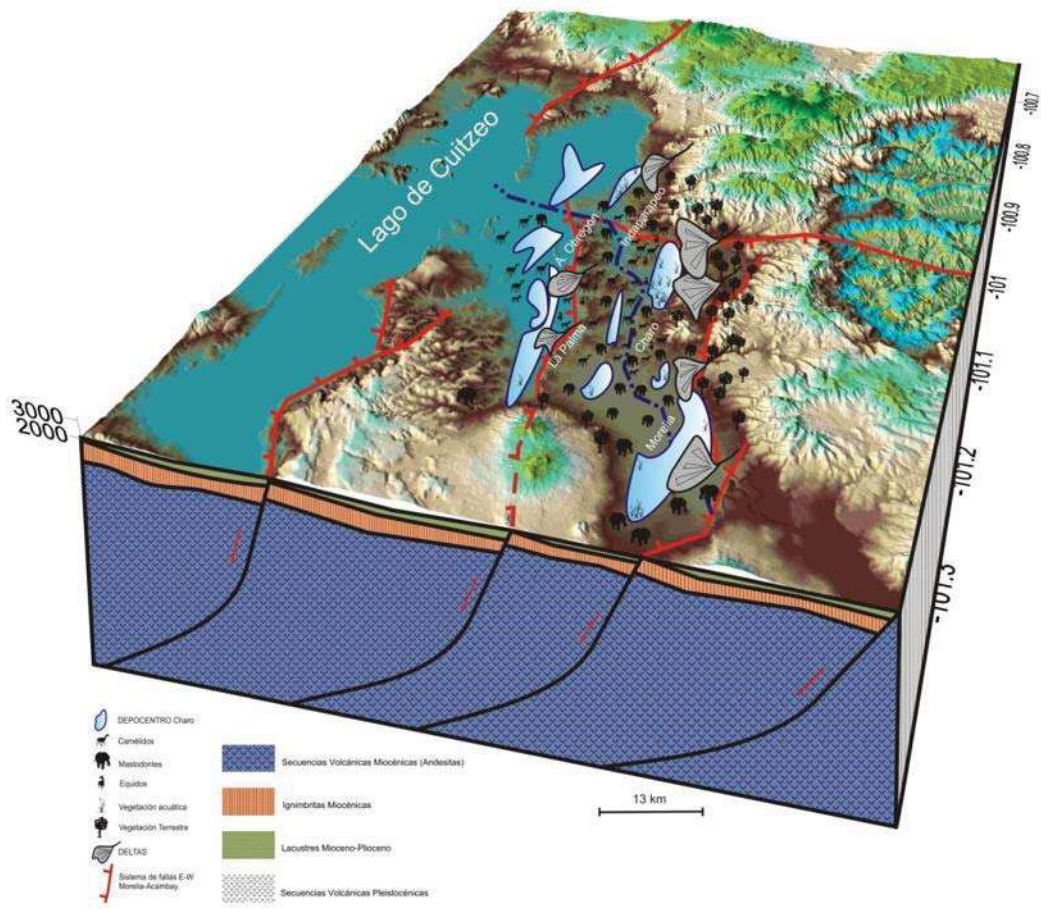


Fig. 43. Origen del fallamiento E-W (Acambay-Morelia-Pátzcuaro), 7-8 Ma, la característica determinante relacionada con el origen y formación de la paleocuenca de Charo, hace 7-8 Ma., está caracterizada por la presencia y el inicio de la actividad tectónica relacionada con la falla Acambay-Morelia-Pátzcuaro, con dirección E-W, la que en un inicio, da origen a la presencia de pequeños espejos de agua hacia la parte norte de la región (La Palma- Alvaro Obregón), así como a la presencia de deltas originados principalmente en la parte sur, que se encargaban de alimentar el Río Grande de Morelia.

Evento B. (Fig. 44)

Se presenta un lago de aguas bajas pero con una tendencia al aumento en su profundidad, lo que se comprueba con la presencia y desarrollo de los depósitos de diatomita pura, material característico y representativo de ambientes estables y/o profundos, por lo que, se puede deducir la presencia de un aumento en la humedad del medio ambiente, propia de un clima húmedo, acompañado de un aumento significativo en el basculamiento de los bloques resultantes del sistema de fallas NW-SE; NE-SE y E-W, presentes en la región, se extiende el lago profundo.

El desarrollo de las diatomeas es más evidente ya que así lo constata el registro de los depósitos presentes en la mayoría de las columnas estratigráficas, quizá debido a la presencia de la sílice resultante de la serie de procesos erosivos a los que estuvieron sujetas las rocas que constituían el basamento, facilitándose con ello, el desarrollo de las diatomeas, ya que para ello, requieren de una solución con grandes cantidades de sílice (Onida 1995). En esta fase, se presenta un lago con aguas que van de mesotróficas a eutróficas y con un mayor grado de turbidez (Israde-Alcantara com. Pers).

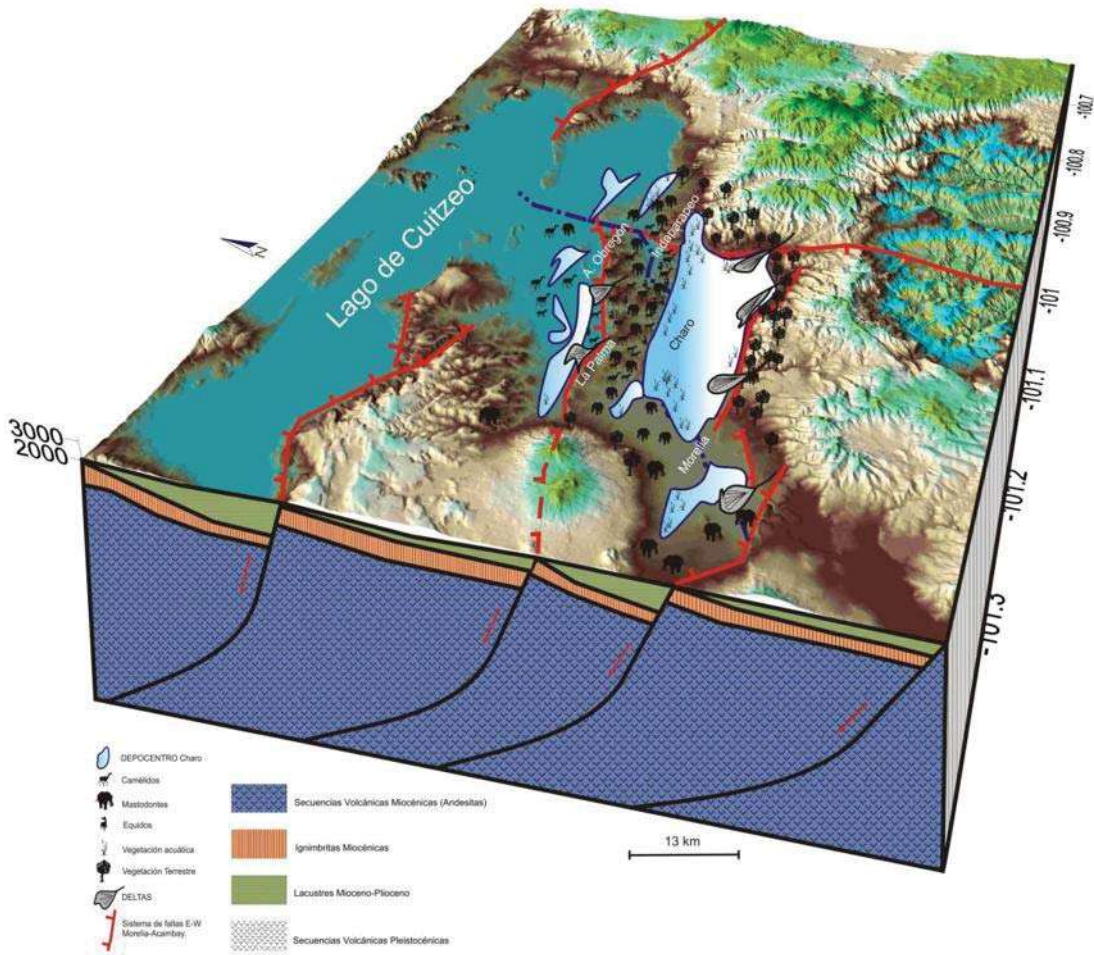


Fig. 44. Se incrementa el fallamiento E-W y se establece el depocentro de Charo, con el incremento del fallamiento E-W producto de la continuidad de la actividad tectónica, se origina el depocentro de Charo, debido a que los bloques producto de dicho fallamiento, se desplazan más hacia el norte como resultado del inicio del basculamiento de los bloques hacia el sur, lo que permite la formación del Lago, se presenta una gran afluencia de corrientes fluviales provenientes del sur, manteniéndose un lago estable.

Evento C.

Etapa en la que como resultado de una fase tectónica de gran importancia o bien atribuido a un cambio climático, se presenta un depósito de nivel fluvial erosivo (miembro superior) que erosiona fuertemente los sedimentos con facies diatomíticas subyacentes y que se encuentra presente en la mayoría de las secciones estratigráficas.

El lago tiende a reformarse, debido quizá al basculamiento o a un cambio en el régimen climático presente, solo se da el desarrollo de pequeños espejos de agua con asociaciones de tipo deltaico que cubren toda la zona, por lo que la presencia y análisis de las diatomeas, solo indican ambientes de aguas bajas con cierto grado de salinidad. (Fig. 45)

Los sedimentos de tipo deltaico presentes se relacionan directamente con el basculamiento tectónico Pliocuaternario que evita el desarrollo de grandes espejos de agua en la zona, fenómeno al que también se le atribuye y responsabiliza de la migración de las cuencas lacustres hacia la parte norte de la región, posición que ocupan actualmente.

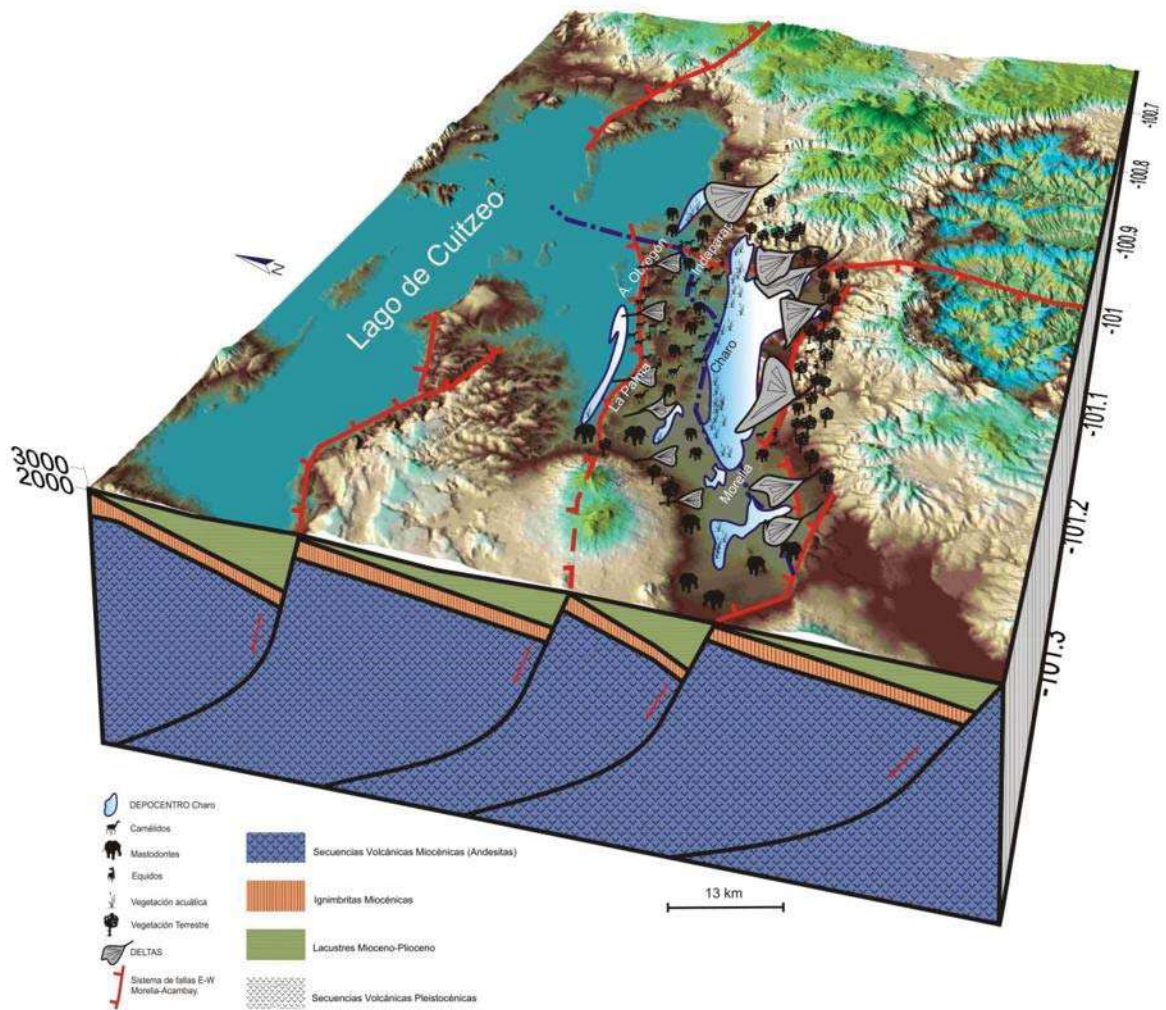


Fig. 45. Basculamiento de mayor intensidad del fallamiento E-W, con el aumento en la intensidad del basculamiento, se inicia una fase en la que el depocentro de Charo, recibe aporte de sedimentos tanto de la región norte como de la región sur (siendo más evidentes los aportes de la región sur), como resultado de un basculamiento más pronunciado que le da un mayor desnivel (espejo de Falla) en la región sur y un mayor levantamiento en la región norte, lo que favorece la formación de deltas de aporte resultado de los afluentes que alimentaba el Lago durante su mejor época.

Evento D. (Fig 46)

Es precisamente en los niveles descritos anteriormente en los que en los que Carranza-Castañeda (1976), encuentra material de vertebrados fósiles a los que a parte de considerar indicadores biostratigráficos del Pleistoceno, les asigna una edad Blancano (Plioceno inferior). Como el caso de un *Rhynchotherium falconeri* (proboscideo), índice estratigráfico del Blancano (Plioceno inferior), encontrado por el mencionado autor, precisamente en la localidad de La Goleta, además de mencionar el hallazgo de ejemplares fósiles de lagomorfos, roedores, perisodáctilos y *Equus*, y tomando como base todas estas características, se deduce que el ambiente característico de esta época y para esta región en particular, se defina por grandes sabanas con espejos de agua y pequeños deltas.

Aunado al registro estratigráfico de los deltas, se hacen presentes los vestigios de antiguos causes (Paleocorrientes) con una tendencia direccional sur-norte, que desde el punto de vista sedimentológico están formados por clastos muy redondeados, de rocas andesitas, dacitas y riolitas, con fragmentos de sílice rojo, amarillo, blanco lechoso, fragmentos de cuarzo, con una matriz arenosa que en algunas ocasiones actúa como cementante para mantener unidos a estos conglomerados.

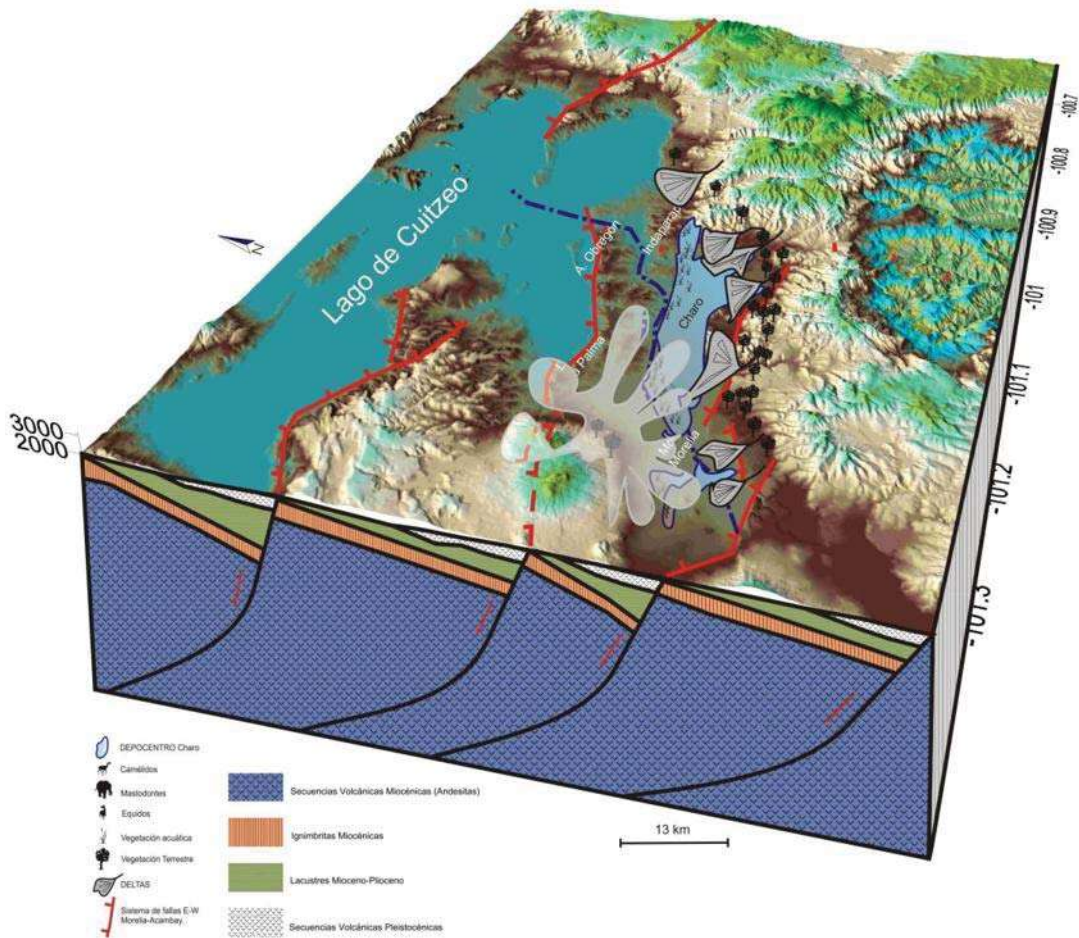


Fig. 46. La paleocuenca de Charo es coronada por los depósitos de caída piroclástica (Basaltos Plio-Cuaternarios de 2.8 Ma), producto del vulcanismo con el que se inicia el CVTM, proceso en el que la paleocuenca de Charo concluye la parte principal de su historia evolutiva.

8. DISCUSIONES.

Resulta de gran interés enfatizar la importancia y repercusión que conlleva una adecuada planeación y sistematización lo más técnicamente posible, en cuanto al levantamiento de columnas estratigráficas, con la respectiva descripción de cada uno de los estratos, su composición litológica y la utilización de escalas de referencia, que nos permitan realizar una correcta correlación entre las diferentes columnas estratigráficas, levantadas en la zona de estudio, con el propósito de inferir las fácies, sus cambios y el medio ambiente que prevalecía en el momento de su formación, todo esto, solo con el fin de obtener un verdadero control estratigráfico, que además nos permita ubicar en el tiempo y en el espacio el materia fósil encontrado en cada sitio de manera más fácil y con la mayor precisión posible.

El estudio estratigráfico sistemático de la cuenca de Charo-Indaparapeo, hace resaltar del pasado dos grandes periodos. El primero caracterizado de grandes hallazgos paleontológicos, pero faltantes de levantamiento y control estratigráfico que hacen difícil la ubicación en el tiempo de los registros fósiles encontrados (Arellano, A., y Azcón, E. 1949, Repenning, C. 1962, Carranza-Castañeda 1976, 1991, Carranza-Castañeda y Miller 1998, Miller y Carranza-Castañeda 1984, 1998, Carranza-Castañeda y Espinosa-Arrubarrena 1994). No obstante logra ubicar a toda el área en un margen de tiempo más concreto, es decir en el Henfiliano-Blancano. Realizando una síntesis de las columnas publicadas por Miller y Carranza-Castañeda (1984, 2004), podemos observar que la mayor parte de las columnas de Charo corresponden al Blancano.

El segundo periodo involucra más estudios sistemáticos de la estratigrafía (Onida *et al.*, 1995, Israde-Alcantara 1995, 1999, 1999, Israde-Alcantara y Garduño-Monroy 1999, Garduño-Monroy *et al.*, 1997, 1999), donde logran reconstruir los ambientes principales ligados al paleolago.

Con los estudios de diatomeas Israde-Alcantara, 1995, concluye que el lago inició hace 7 Ma y se continúa hasta los 3.5 Ma, es decir, del Mioceno tardío al Plioceno.

Con el presente estudio se logra definir claramente y con apoyo de la sedimentología, los tipos de ambientes de depósito, observando de

dichas secuencias que responden tanto a las condiciones del clima como a los aspectos tectónicos.

Carranza-Castañeda (1991) al pretender establecer la correlación estratigráfica de las faunas del Terciario tardío; Tehuichila, Hidalgo, La Goleta, Michoacán y la fauna de Yepómera, Chihuahua, con la localidad de San Miguel Allende, Guanajuato, constituida por una serie de sedimentos continentales (fluviales y lacustres), en los que se encuentra presente una secuencia bioestratigráfica del Mioceno tardío (Henfiliano temprano y tardío); Plioceno (Blancano temprano) y Pleistoceno temprano (Irvingtoniano), enfatiza que tanto las faunas locales del Rancho La Goleta, Michoacán y de Tehuichila, Hidalgo, presentan deficiencia significativa en su información estratigráfica por lo que la edad que se les ha asignado no es la correspondiente con su contenido fósil.

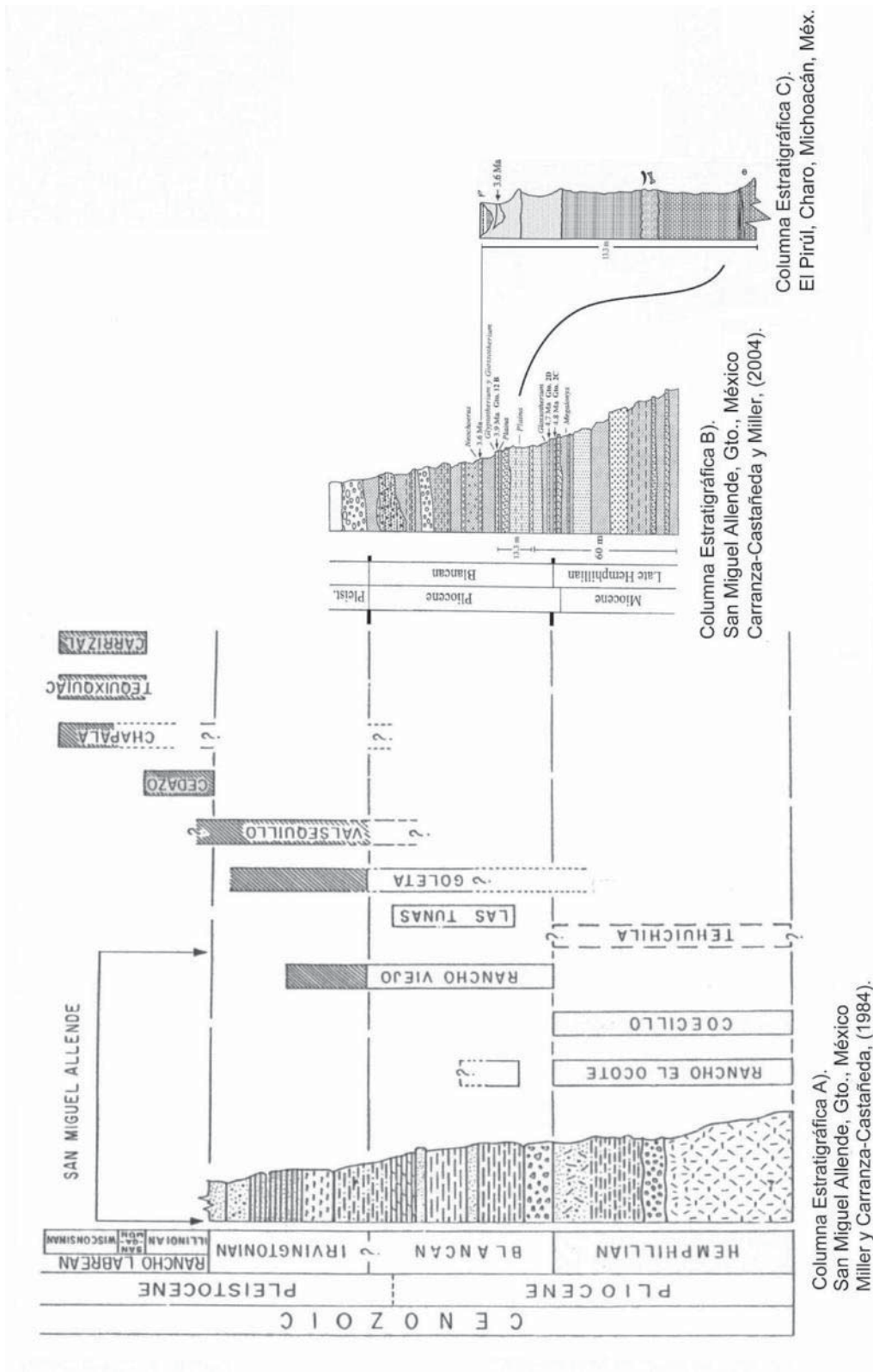


Fig. 47 Figura en la que se presenta la correlación entre las columnas propuestas por Miller y Carranza-Castañeda, 1984, Carranza-Castañeda y Miller, 2004, y la utilizada como referencia para ubicar estratigráficamente y determinar la edad de la fauna de vertebrados fósiles de la localidad de la paleocuenca de Charo, Michoacán, México.

Por otro lado, se puede decir que el origen, composición, estructura y evolución de la paleocuenca de Charo es el resultado de una serie de procesos, principalmente de tipo tectónico constituido por un sistema de fallas orientadas en dirección E-W y NNW-SSE encargados de fragmentar la corteza terrestre en esta región, y de propiciar el control de la geometría del lago (Onida *et al.*, 1995, Israde-Alcantara 1999, 1999, Israde-Alcantara y Garduño-Monroy *et al.*, 1999, Garduño-Monroy *et al.*, 1999), el que a partir de su origen y dinámica a través del tiempo, inició su migración, con dirección hacia el N, como producto del basculamiento de los bloques resultantes del mencionado fallamiento, lo que también trajo como resultado que el lago de Cuitzeo se haya desplazo en esa misma dirección, quedando solo en la parte sur, los vestigios de antiguas cuencas como la paleocuenca de Charo, en la que se ubican y afloran las secciones representativas de la serie de eventos estratigráficos que las formaron a lo largo del tiempo geológico (Onida *et al.*, 1995, Israde-Alcantara 1999, 1999), además de registrar el origen de los sedimentos terrígenos que la constituyen, considerando que una de las principales fuentes del origen de los sedimentos es la Sierra de Mil Cumbres (Onida *et al.*, 1995, Israde-Alcantara 1999, 1999, Israde-Alcantara y Garduño-Monroy *et al.*, 1999, Garduño-Monroy *et al.*, 1999), con un aporte de sedimentos terrígenos volcánicos más andesíticos mientras que de los bloques basculados los sedimentos aportados son sedimentos volcánicos de tipo más ignimbrítico, además se registran los diferentes procesos y fenómenos de que fueron objeto para ser parte de estas formaciones (Istrade-Alcantara 1999, 1999, Israde-Alcantara y Garduño-Monroy *et al.*, 1999, Garduño-Monroy *et al.*, 1999).

Con relación al fenómeno del vulcanismo de la zona, esta se encuentra formando parte del Cinturón Volcánico Transmexicano, lo que la etiqueta dentro de las zonas con la actividad volcánica más reciente en relación al resto de la República Mexicana (Garduño-Monroy *et al.*, 1999).

El vulcanismo terciario con origen posiblemente en el dominio de la Sierra de Mil Cumbres, se constituye básicamente por coladas andesíticas, domos dacíticos y un depósito de flujo piroclástico más reciente, ellos son la base de esta unidad, destacando la Unidad Charo la cual es cubierta por un depósito volcánico de caída de tipo más ácido, resultado de la actividad volcánica Pliocuaternaria del CVTM

(Onida *et al.*, 1995, Israde-Alcantara 1999, 1999, Israde-Alcantara y Garduño-Monroy *et al.*, 1999, Garduño-Monroy *et al.*, 1999).

A partir del levantamiento de las columnas estratigráficas, así como del análisis del registro estratigráfico de detalle en el área de estudio, se tiene la presencia de un marcado y bien definido "Hiatus" volcánico (con una duración que va de los 7 a 2 Ma. durante el Mioceno-Plioceno), como se puede observar en la correlación de las columnas estratigráficas de la Figura 37, el que se dio durante el origen y conformación del depocentro de Charo.

9. CONCLUSIONES

■ Cartográficas

Se generó una carta geológica con las principales unidades litológicas, estructuras geológicas y sitios de levantamiento y muestreo del material fósil y para los análisis sedimentológicos.

■ Estratigráficas

En 5 localidades se levantaron y muestrearon a detalle un total de 8 columnas estratigráficas con base en la evidencia del material fósil y a una datación radiométrica, presentan una edad que va del Mioceno tardío al Plioceno (7- 3.5 Ma.), lapso de tiempo en el que se origina y desarrolla la paleocuenca de Charo, la que según los resultados de este estudio se sujeta a acción y presencia de 7 secuencias estratigráficas:

SECUENCIA I hace referencia a un evento de tipo transgresivo comprobado por la presencia de las facies proximales, inicio del Lago (fecha con el registro de la diatomea *Thalassiosira cuitzeonensis* en 7 Ma, Mioceno).

SECUENCIA II la presencia de depósitos de diatomitas, característicos de ambientes de baja energía, aguas tranquilas de un lago bien establecido y con una marcada ausencia de depósitos volcánicos (7-2 Ma, Plioceno-Mioceno).

SECUENCIA III con una edad Plioceno-Pleistoceno predomina un ambiente de alta energía, producto de la actividad tectónica,

responsable de una marcada intensidad en el basculamiento de los bloques hacia el sur, resultado del fallamiento E-W, (caracterizado por "Slump" estructuras representativas de actividad sísmica) presencia de deltas de alta energía (facies de regresión), posible indicio de un régimen climático húmedo, vegetación de grandes pastizales o sabanas y aumento de la precipitación pluvial,

SECUENCIA IV la actividad volcánica se hace presente en la parte superior de la columna estratigráfica, el depósito de cenizas volcánicas "sacaroides" (Plioceno 3.6 Ma.) atestiguan una de las etapas más significativa que cambiaría la historia del Lago.

SECUENCIA V en la parte más alta de la columna estratigráfica, se tiene el registro de brechas diatomíticas (posible origen sísmico) así como de una serie de eventos representativos de una posible época de sequía, esto se deduce del registro estratigráfico de pequeños cuerpos de agua que llegaron a mantenerse estables (constatado por los depósitos diatomíticos presentes), edad el Plioceno-Pleistoceno.

SECUENCIA VI la secuencia estratigráfica de Charo es coronada casi en su totalidad por material pumítico con fragmentos líticos de tamaño milimétrico, consecuencia de un periodo de actividad volcánica reciente (700-500, 000 años) dicho material se encuentra en depósitos sedimentarios (en condiciones subacuáticas, y por lo general, de manera subarrial, recibiendo el nombre de "Alegría".

SECUENCIA VII finalmente la presencia de Flujos de Detritos (Holoceno), con los que culminación la historia evolutiva de la paleocuenca de Charo.

Sedimentológicas

Por primera vez se realiza el análisis sedimentológico de los sedimentos y la correlación que constituyen las secuencias estratigráficas de cada una de las zonas donde se levantaron y muestrearon las columnas estratigráficas, obteniéndose las diferentes curvas granulométricas de cada estrato, con las que se reconstruyen los diferentes ambientes tomando como base la cantidad de energía de la que fueron objeto los

sedimentos durante su deposición, así como los diferentes eventos que dieron origen a la paleocuenca Charo.

■ **Paleontológicos**

Los resultados paleontológicos y los resultados de esta investigación arrojan que en cuanto al material fósil encontrado en la región de Indaparapeo-Charo, Paleolago de Cuitzeo, Mich., México, se encontró de manera significativa en 3 de 5 localidades, su estado de conservación es muy aceptable. Se reportan 3 géneros de mamíferos fósiles los que pertenecen a 3 órdenes y 3 familias de la clase mammalia, posiblemente correspondan a una edad Rancholabreano del Pleistoceno superior (500.000–10.000 años BP) (Kurten y Anderson, 1980).

Se menciona la presencia de impresiones de hojas y tallos de vegetales tanto de hábitat acuático como terrestre.

Por primera vez, se tiene el registro para toda esa región, de un espécimen de Pez fosilizado incluido en ceniza volcánica, con un estado de conservación aceptable, encontrado en la localidad de El Pirúl, Charo.

■ **Tectónico-Vulcánicos**

Del análisis del registro estratigráfico de detalle en el área de estudio, se da a conocer la presencia de un "Hiatus" volcánico en el periodo comprendido de 7 a 2 Ma, es decir del Mioceno-Plioceno, fenómeno que se dio durante la conformación y evolución del depocentro de Charo.

LITERATURA CITADA.

- Antaramián, Hurutunián, E. 1992. Climas de Michoacán, Ciencia Nicolaita Vol. 1 pp 90-102.
- Alvarez, J. 1972 Ictiología Michoacana V. Origen y distribución de la Ictiofauna dulceacuícola de Michoacán, An. Esc. Nac. Cienc. Biol., México, D. F., 19 (1-4) pp 155-161.
- Arche, A. 1992. Sedimentología. Volumen I, nueva edición. Análisis de facies y de cuencas sedimentarias. Instituto de Geología Económica, Consejo Superior de Investigación Científica. Facultad de Ciencias Geológicas, Madrid. pp 13-50
- Arellano, A., y Azcón, E. 1949. Pre-*Equus* Horses from Goleta, (Morelia) Michoacán. Geological Society of America. Bulletin 60 .1871. (11) (Abstrac).
- Arroyo-Cabrales, J., Polaco, O. J., Jhonson, E. (2002) La mastofauna del Cuaternario tardío de México un Avances en los estudios paleomastozoológicos. Colección Científica. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Editores: Arroyo-Cabrales J. y Montellano-Ballesteros M. pp 103-123.
- Camacho, y López. 1995. Estudio estratigráfico y paleontológico de la zona paleolacustre de Cuitzeo, Michoacán, México. Tesis U.M.S.N.H. Facultad de Biología.
- Carranza-Castañeda, O. 1976. *Rhyncotherium falconeri* del Rancho La Goleta, Michoacán, México. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Congreso latinoamericano de Geologia, 3, Memoria 3. 28 pp.
- Carranza-Castañeda, O. 1987. Rediscovered Type Specimens and Other Important Published Pleistocene mammalian Fossils From Central México. Journal of Vertebrate Paleontology Vol. 7, N° 3. pp 335-341.
- Carranza-Castañeda, O., y Miller, W. E., 1988. Roedores Caviomorfos de la Mesa Central de México, Blancano temprano (Plioceno tardío de la Fauna Local Rancho Viejo, Estado de Guanajuato. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología. Revista, v. 7, pp. 182-199.
- Carranza-Castañeda, O. 1989. Rinocerontes de la Fauna Local Rancho El Ocote, Mioceno Tardío (Henfiliano tardío) del Estado de Guanajuato. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. Rev. Vol. 8. N° I. pp 88-99

- Carranza-Castañeda, O. 1991. Faunas de Vertebrados Fósiles del Terciario tardío del Centro de México. Sociedad Mexicana de Paleontología, A. C. HI Congreso Nacional de paleontología. Curso-Conferencia. UNAM. Resúmenes, pp 20-25.
- Carranza-Castañeda, O. 1992. Reinvestigation of late tertiary fossil bearing sediments from the state of Hidalgo, México. *Journal of Vertebrate Paleontology*, Abstracts of papers Fifty-Second annual meeting Society of Vertebrate Paleontology. Royal Ontario Museum Toronto, Ontario.
- Carranza-Castañeda, O. 1992. Una Nueva Localidad del Henfilliano tardío en la Mesa Central de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología. *Revista*, Vol. 2. N° 10, pp 179- 196.
- Carranza-Castañeda, O. and A. H. Walton. 1992. Cricetid Rodents From The Rancho el Ocote Fauna, Late Henphillian (Pliocene), State of Guanajuato. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. *Rev.* Vol. 10. N° 1. pp 71-93.
- Carranza-Castañeda, *et al.*, 1994. Preliminary Investigation of Geology of the Northern San Miguel de Allende Área, Northeastern Guanajuato, México. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. México. pp 1-9.
- Carranza-Castañeda y Espinoza-Arrubarrena. 1994. Late tertiary equids from the state of Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. México, D.F. Volumen II, Número 2. pp 182-192.
- Carranza-Castañeda, O. y Ferrusquía-Villafranca, I. (1978) Nuevas investigaciones sobre la fauna rancho el Ocote, Plioceno medio de Guanajuato, México. Informe preliminar. Universidad Autónoma de México, Instituto de Geología. México. *Revista*, 2, (2). pp 163-166.
- Carranza-Castañeda y Miller. 1996. Henphillian and Blancan Felid from Central Mexico. *Journal of Paleontology*, the Paleontological Society. Instituto de Geología Departamento de Paleontología Universidad Nacional Autónoma de México y Department of Geology, Brigham Young University, Provo, Utah. 70 (3) pp 509-518.
- Carranza-Castañeda y Miller. 2004. Late tertiary terrestrial Mammals from Central Mexico and their relationship to south american

- immigrants. *Revista Brasileira de paleontología*. Sociedad Brasileira de Paleontologia 7 (2). pp 249-261.
- Ceballos, C, J. A., R. Ortega M, M. Medina N., M. Martínez T., S. Rodríguez J., y S. González S. 1994. Análisis limnológico del lago de Cuitzeo, Michoacán, México. Secretaría de Difusión Cultural., Edit. Univ. Univ. Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, México. 45 pp.
- Dalquest, W. W. (1980) Camelidae from the coffee Ranch local fauna (Henphillian age) of Texas. *Journal of Paleontology*, No. 54, pp 109-117
- De Buen, F. 1943. Los lagos Michoacanos, I Caracteres Generales el lago de Zirahuén. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. Tomo IV. Nos. 3 y 4
- DETENAL, Carta Edafológica. Charo. 1978 (a). E14A23. México, D.F., Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informatica. escala 1:50 000.
- DETENAL, Carta Geológica Cuitzeo. 1978 (b). E14A13 México D. F., Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, escala 1:50 000.
- DETENAL, Carta Geológica Morelia. 1978.(c) E14A23 México D. F., Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, escala 1:50 000.
- DETENAL, Carta Geológica. Tzitzio. 1978 (d) E14A13 México D. F., Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, escala 1:50 000.
- DETENAL, Carta Geológica Zinapecuaro. 1978 (e). E14A14 México D. F., Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, escala 1:50 000.
- DETENAL, Carta Uso del Suelo y Vegetación. Charo. 1981. E14A23. México D. F, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, escala 1:250 000.
- Ferrusquía-Villafranca I. y Carranza-Castañeda 1981. Mamíferos sudamericanos en el Cenozoico tardío de México y su significación paleontológica. *Anais Do II Congreso latinoamericano de Paleontología, Porto Alegre Volumen II*. pp 697-708.
- Ferrusquía-Villafranca I. 1984. A Review of the Early and Middle Tertiariy, Mammal Faunas of México. *Journal of Vertebrate Paleontology* 4(2): pp 187-198.

- Flyn, J. J. 2005 Geochronology of Henphillian-Blancan Aged Strata, Guanajuato, Mexico, and implication for Timing of the Great American Biotic Interchange. *The Journal of Geology*, The University of Chicago, Volumen 113, pp 287-307
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de Clasificación Climática de Köeppen. Instituto de Geografía, UNAM, México 243 pags.
- García-Zepeda, M. L., 2006, Nuovi dati paleontologici dalla depressione lacustre di Cuitzeo, Michoacán, México: Università degli studi di Firenze, Italia, tesis doctoral, 115 pp.
- Garduño-Monroy V. H., Israde, I, Francalanci, L., Carranza, O., Chiesa, S., Corona, P., Arreyge, E. 1997. Sedimentology, Volcanims, And Tectonics Of The Southern Margin Of The Lacustrine Basins Of Maravatio And Cuitzeo, Michoacán, México. General Assembly IAVCEI, Puerto Vallarta, México, 23 pp.
- Garduño-Monroy, V. H., Corona-Chávez P., Israde-Alcántara I., Mennella L., Arreygue, E., Bigioggero B. Y Chiesa S. 1999. Carta Geológica de Michoacán, Escala 1:250 000. UMSNH. Instituto de Investigaciones Metalúrgicas. Morelia. 111 pp.
- Hillson, S. (1996) *Teeth*. University of London Institute of Archaeology. University Collage London. Cambridge University Press. 375 pp.
- I.N.E.G.1 1985. Carta Climática. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Michoacán, México.
- Israde-Alcantara, I. 1995 Bacini lacustri dal settore centrale dall´arco vulcanico messicano. Estratigrafia ed evoluzione vulcanotettonica basata sulle diatomme. PhD dissertation. Università degli Studi di Milano 254 pp.
- Israde-Alcantara, I. 1999. Los Lagos Tectónicos y Volcánicos de Michoacán. En "La Carta Geológica de Michoacán, escala 1:250,000. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. pp 45-73.
- Israde-Alcantara, I. (1999) El Terciario tardío, de la Sub-Cuenca de Charo, Michoacán, México Paleoambientes y Vertebrados Fósiles. Tesis de Licenciatura. Fac. de Biología de la UMSNH. Morelia, Mich. México. 113 pp.
- Israde-Alcántara, I. Garduño-Monroy V. H. 1999. Lacustrine Record in a Volcanic Intra-Arc Setting: The evolution of the Late Neogene Cuitzeo Basin System (Central Western México). Vol. 151 N° 1-3. pp 209-227. Special Issue. Ancient and Recent lacustrine systems

- in convergent margins. Edit. By L. Cabrera and A. Saez. Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. Publicación Internacional.
- Israde-Alcantara, I. *et al.*, 2002. Paleoambiente lacustre del Cuaternario tardío en el centro del lago de Cuitzeo. *Hidrología* 2002, 12 (1). pp 61-78.
- Khan, E. (1970) Biostratigraphy and Paleontology of a Sangamon Deposit at Fort Qu´Apple, Saskatchewan. *Publications de Paléontologie*, No. 5 National Museums of Canada, National Museum of Natural Sciences. pp 1-82.
- Kurten, B. y Anderson E. (1980) *Pleistocene Mammals of North America*: New York, Columbia University Press, 442 pp.
- Lundelius, E. L. Jr. (1972) Fossil Vertebrate from the late Pleistocene Ingleside Fauna, San Patricio County, Texas. *Bureau of Economic Geology the University of Texas at Austin*. No. 77. pp 71.
- Martínez S. M. y Hobson, B. 1907 "Restos de plantas en basaltos". *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*. Tomo III. 15. pp 19-141
- Medina-Nava, M. 2003 Utilización del Índice de Integridad Biótica (IIB) para determinar áreas de conservación de peces en la cuenca Lerma-Chapala en Michoacán. Tesis de Grado. Maestría en Conservación y Manejo de Recursos Naturales. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 102 pp.
- Mendivil R. O. R. Cortés A. C. Cuevas G. y J. L. García C. 1980. Algunos Aspectos Físicoquímicos y Consideraciones Sobre la Pesca en el Lago de Cuitzeo, Michoacán (Estudio trimestral 1976- 1977), *Mem. Segundo Simposio Latinoamericano de Acuicultura*. T. III, pp 1747- 1782.
- Mendoza C. M. E. (2002) Implicaciones del cambio de cobertura y uso del suelo en el Balance hídrico a nivel regional. El caso de la cuenca del lago de Cuitzeo. Tesis de Doctorado Universidad Nacional Autónoma de México Posgrado en Ciencias de La Tierra. Instituto de Geofísica. 186 pp.
- Miller, W. E., and Carranza-Castañeda, O. 1982. New Lagomorphs from the Pliocene of Central México. University, Provo Utah. Department of Geology. Universidad Nacional Autónoma de

- México. Instituto de Geología. *Journal of Vertebrate Paleontology* 2 (1) pp 95-10.
- Miller, W. E., and Carranza-castañeda, O. 1984. Late Cenozoic Mammals From Central México. University, Provo Utah. Departamento of Geology. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. *Journal of Vertebrate Paleontology*. 4 (2) pp 216-23
- Miller, W. E., and Carranza-Castañeda, O. 1996. *Agriotherium schneideri* from the Hemphillian of Central México. *Journal of Mammalogy*. U.S. A. 77 (2). pp 568-577.
- Miller, W. E., and Carranza-Castañeda, O. 1998. Importance of late tertiary carnivores and equids from the transmexican Volcanic Belt *Revista mexicana de Ciencias Geológicas Universidad Nacional Autónoma de México*. México D.F. Instituto de Geología. Vol 15, Número 2. pp 161-166
- Miller, W. E., and Carranza-Castañeda, O. 2001. Late Cenozoic mammals fhe basins of Central Mexico. *Bollettino della Societá Paleontologica Italiana*. 40 (2). pp 235-242
- Moncayo-Estrada, R., Israde-Alcántara, I., y Garduño-Monroy, V. H. 2001 La cherehuita *Hubbsina turneri* De Buen (1941) (Pisces, Goodeidae). Origen, distribución y uso en la regionalización de la cuenca del Lerma. *Hidrobiologica* 11. pp 1-13
- Montellano-Ballesteros, M. (1989) Pliocene Camelidae of Rancho el Ocote, Central, Mexico. *J. Mammalogy* Vol. 70, No. 2, American Society of Mammalogists. pp 359-369
- Mooser, O. y Dalquest, W. W. (1975) A New Species of Camel (Genus *Camelops*) From the Pleistocene of Aguascalientes, México. *The Southwestern Naturalist* 19 (49), pp 341-345
- Onida M., Sabatini D., Israde-Alcantara I., Garduño V.H. (1995) - Evoluzione del Bacino Lacustre Neogenico di Charo (Michoacan, Messico). *Rendiconti. Istituto Lombardo, Academia di Scienze e Lettere*. Vol. 129. Fasc. 2. pp 325-341.
- Pasquarè G., Ferrari L., Garduño V.H., Tibaldi A., Vezzoli L. (1991). *Geologia of the Central sector of Mexican Volcanic Belt, States of Guanajuato and Michoacan: Geological society of America Map and series, MCH 072, 22 pp.*
- Pompa, L. Y. 1995. Impacto del deterioro ambiental del lago de Cuitzeo en organizaciones de Pescadores de la rivera. Tesis. Universidad Autónoma de Chapingo.

- Repenning, C. 1962. The Gigant Ground Squirrel *Paenemarmota*.
Journal of Paleontology: Vol. 36, No 3. pp 540-556.
- Secretaría de Gobernación, Gobierno del Estado de Michoacán., Centro Nacional de Estudios Municipales. Centro Estatal de Estudios Municipales. 1988. Los Municipios de Michoacán. Colección: Enciclopedia de los Municipios de México. Michoacán.
- Serieyssol, K., Israde, I Gasse, F. 1998. *Thalassiosira* Dispar comb. nov. and *T. cuitzeucensis* spec nov, Bacillariophyceae, found in Miocene Sediments from France and México. Vol.66, pp 177-186. Nova Hedwigia, Stuttgart. Publicación Internacional.
- Silva-Mora, L. 1995. Carta Geológica de México escala 1:100,000. Hoja Morelia, 14 Qg (2). Resumen de la Geología de la Hoja Morelia. Estado de Michoacán y Guanajuato. Instituto de Geología de la UNAM. pp 1-25.
- Webb, S. D. (1965) The osteology of *Camelops*. Bull. Los Angeles County Museum Science, Number 1. pp 1-54.