



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS DE LA TIERRA
MAESTRÍA EN GEOCIENCIAS Y PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO

**ESTUDIO PALEONTOLÓGICO Y RECONSTRUCCIÓN
PALEOAMBIENTAL PARA EL PLEISTOCENO TARDÍO EN
LOCALIDADES FOSILÍFERAS DE LA MIXTECA ALTA,
OAXACA, MÉXICO.**

TESIS PROFESIONAL

que presenta:

BIÓL. ANDREA VILLEGAS CHAPA

Como requisito parcial para poder obtener el título

profesional de:

**Maestra en Ciencias con especialidad en Geociencias y
Planificación del Territorio.**

Directora interna: **Dra. Isabel Israde Alcántara.**

Director externo: **Dr. Eduardo Jiménez Hidalgo.**

Morelia Michoacán; febrero de 2017



Gracias por enseñarme que el camino de la vida está lleno de tropiezos, que por cada vez que me caiga me tengo que levantar, aprender de ello, confiar en mí y seguir. Porque a pesar de tener derrotas, no seguir intentando se convertiría en un fracaso. Que por cada esfuerzo pequeño durante todos los días vividos, llevarán al éxito. Gracias por todo, les dedico esta tesis por su gran apoyo: A mi madre, Carmen; mi padre, Israel; hermanos: Claudia, César y Monica; Marcelo, Dra. Isabel y Dr. Eduardo.

Muchas gracias, Andrea V.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, al Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra y al posgrado en Geociencias y Planificación del Territorio por todo el apoyo brindado; el cual ha permitido llevar a cabo de forma satisfactoria mi proyecto.

- Al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico y la Beca Mixta otorgada para realizar una estancia durante estos dos años dentro de la Maestría en Geociencias y Planificación del Territorio.
- Al proyecto CONACyT con la clave: 257647; "Evidencias de un impacto cósmico durante el Younger Dryas (YD) en cuatro sectores de la República Mexicana y sus repercusiones en el cambio ambiental".
- Un reconocimiento a todo aquel que me apoyo con asesorías, co-asesorías, material y equipo de laboratorio:
- A la **Dra. Isabel Israde**, mi directora interna, por todo el apoyo brindado, por los conocimientos, amor y pasión transmitidos. Por haberme abierto las puertas a esta hermosa área que es la geología.
- Al **Dr. Eduardo Jiménez**, mi director externo, por cada uno de sus conocimientos, paciencia y apoyo durante este tiempo. Por hacerme ver mis errores y enseñarme que con dedicación se llega a cualquier meta.
- Al **Dr. Mikhail Ostrooumov**, por transmitir su conocimiento en mineralogía y apoyar en la realización de la tesis.
- Al **Dr. Ángel Gregorio Figueroa Soto**, por sus enseñanzas y aporte a este trabajo para que se pudiera llevar a cabo.
- Al **Dr. Gabriel Vázquez Castro**, por transmitir su conocimiento y aporte para la finalización de esta tesis.
- A la **Dra. Erna Martha López Granados**, por su constante apoyo dentro de la coordinación, por su conocimiento y apoyo en la finalización de ésta investigación.

- A todos **mis maestros**, los cuales me enseñaron muchísimas cosas maravillosas en el área de ciencias de la tierra, aquellos que con sus conocimientos mantienen la pasión en mí.
- A la **M. en C. Irma Fabiola Mendiola López**, por su apoyo en la elaboración del análisis granulométrico y de partículas finas dentro del Instituto de Geofísica, Unidad Morelia, UNAM; la proporción de las escalas granulométricas y por permitirme un espacio en el laboratorio para llevar a cabo mi proyecto.
- Al el **M. en C. Felipe García Tenorio**, por su ayuda y proporción de material para la elaboración de láminas delgadas de sedimentos.
- Al laboratorio de Difracción de Rayos X por realizar el Análisis.
- Al laboratorio del Instituto de Metalurgia **por** su apoyo en la realización del Análisis de Infrarrojo.
- Quiero agradecer a quienes llevaron a cabo la recolecta del material fósil y el apoyo en salidas al campo.

También quiero agradecer a todas esas personas que me apoyaron profesionalmente y moralmente durante este tiempo: a Marcelo, Romel, Rosa, Jonathan, Omar, Luis, Zareth, Roberto, Joaquín, Ana, Adriana, Ariadna L., Gabriela, Ariadna, Karla, Silvestre, Miguel, Noemí, Luis O., Adrián.

ÍNDICE

CONTENIDO

Pág.

RESUMEN

ABSTRACT

1. INTRODUCCIÓN	9
I.1 ANTECEDENTES	11
I.1.1 GEOLOGÍA REGIONAL	11
I.1.2 PALEONTOLOGÍA	13
JUSTIFICACIÓN	15
OBJETIVOS	16
CAPITULO II	17
II.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	17
II.1.1. CLIMA Y GEOLOGÍA	18
II.1.2. HIDROGRAFÍA	20
II.1.3. VEGETACIÓN	20
CAPITULO III	21
III.1. MÉTODO	21
III.1.1. TRABAJO DE GABINETE	21
III.1.2. TRABAJO DE CAMPO	21
III.1.2.1. Descripción de las columnas estratigráficas:	21
III.1.2.2. Recolecta fósil	21
III.1.3. TRABAJO DE LABORATORIO	22
III.1.3.1. Análisis granulométrico.	22
III.1.3.2. Control cronológico	23
III.1.3.3. Mineralogía	23
III.1.3.4. Limpieza del material fósil	24
III.1.3.5. Taxonomía cuantitativa	25
III.1.3.6. Mesodesgaste	27
III.1.3.7. Tafonomía	28

CAPITULO IV	29
IV.1. RESULTADOS	29
IV.1.1. COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS	29
IV.1.2. GRANULOMETRÍA Y PARTÍCULAS FINAS	40
IV.1.3. MINERALOGÍA	47
IV.1.3.1. Difracción de rayos x	47
IV.1.3.2. Infrarrojo	54
IV.1.3.3. Fechamiento – Carbono 14	55
IV.1.4. Paleontología sistemática	56
IV.1.4.1..MPresencia de invertebrados fósiles	85
IV.1.5.MESODESGASTE	86
IV.1.6. TAFONOMÍA.....	89
CAPÍTULO V	90
V.1. DISCUSIÓN.....	90
V.2. CONCLUSIONES.....	100
V.3. RECOMENDACIONES.....	102
BIBLIOGRAFÍA.....	103
ANEXOS	109

RESUMEN

El área de estudio está ubicada dentro de la porción noroeste del Estado de Oaxaca en la Mixteca Alta, donde se han recolectado ejemplares fósiles que conforman la Fauna Local Viko Vijin. Las localidades estudiadas son Cañada del Misterio, Llano de Hueso y Morelos, las cuales cuentan con una edad de 40,400 +/- 480 años a.P a 6,000 +/- 30 a.P obtenida de un caracol asociado a la pelvis de un perezoso y carbones encontrados en capas asociadas, respectivamente. Dicha edad es de las más antiguas para las localidades del Rancholabreano en México, en conjunto con la localidad de Terapa, Sonora y San Josecito, Nuevo León, al norte de México.

La fauna encontrada consta de seis familias de mamíferos (Equidae, Cervidae, Elephantidae, Gomphotheriidae, Tapiridae y Megatheriidae) y tres familias de invertebrados (Lymnaeidae, Zonitidae y Planorbidae) dentro de la localidad Cañada del Misterio y Llano de Hueso.

La estratigrafía detallada en los sitios en donde se encuentran los fósiles, consiste en una secuencia fluvial donde se presentan episodios de facies cenagosas asociadas. La mineralogía característica de los estratos fosilíferos consta de arenas finas a arcillas medias compuestas de cuarzo, andesina, vermiculita, magnetita, calcita y montmorillonita.

A través de un análisis de mesodesgaste de molares en *Equus conversidens* y *E. mexicanus*, la asociación faunística y la caracterización de la estratigrafía a detalle de cinco columnas estratigráficas se infiere que el sitio en donde convivió la fauna pleistocénica estuvo caracterizado por zonas abiertas, donde predominaban las ciénegas conectadas por sistemas fluviales de baja a media energía (confirmado por la presencia de las familias de caracoles mencionadas anteriormente); mientras que en las zonas altas la vegetación era más cerrada.

Esta investigación aportó información sobre la composición faunística, estratigráfica, paleoclimática y paleoambiental en el que convivieron estos numerosos mamíferos y ayudó a comprender los procesos de geodispersión en el Intercambio Biótico entre las Américas.

Palabras clave: Rancholabreano, fósil, estratigrafía, mineralogía y paleoambiental.

SUMMARY

The study area is located within the northwestern portion of the State of Oaxaca in the Mixteca Alta, where fossil specimens have been collected and belongs to the Local Fauna Viko Vijin. The localities to study are Cañada del Misterio, Llano de Hueso and Morelos, which have an age of 40,400 +/- 480 years a.P to 6,000 +/- 30 a.P; obtained from a snail associated with the hip of sloth and coals found in associated layers respectively. This age is the oldest for Rancholabrean in Mexico, in conjunction with the towns of Terapa, Sonora and San Josecito, Nuevo Leon, in northern Mexico.

The fauna found consists of six families of mammals (Equidae, Cervidae, Elephantidae, Gomphotheriidae, Tapiridae and Megatheriidae) and three invertebrate families (Lymnaeidae, Zonitidae and Planorbidae) within the locality Cañada del Misterio and Llano de Hueso.

The detailed stratigraphy where the fossils are found, consists of a fluvial sequence where episodes of associated swamp facies occur. The mineralogy characteristic of the fossiliferous strata consists of fine sands to medium clays composed of quartz, andesine, vermiculite, calcite and montmorillonite minerals.

The analysis of mesowear of molars in *Equus conversidens* and *E. mexicanus*, and the characterization of the stratigraphy in detail of the five columns, shows that the site, where the Pleistocene fauna lived, was characterized by open areas, connected by low to medium energy river systems (confirmed by the presence of the families of snails mentioned above); while in the high mountain areas the vegetation was more closed.

This research provided information on the faunistic, stratigraphic, paleoclimatic and paleoenvironmental composition in which these mammals coexisted and also helped to understand the processes of geodispersion in the Biotic Interchange between the Americas.

1. INTRODUCCIÓN

Los yacimientos fosilíferos presentes en México abarcan desde el periodo Precámbrico hasta inicios del Holoceno o Reciente (Arroyo-Cabrales *et al.*, 2008). Una de las épocas mejor representada es el Pleistoceno (2.5 a 0.11 Ma.) donde se encuentran taxones de mamíferos de 13 órdenes, 44 familias, 14 géneros y 280 especies. Sin embargo, la mayoría de la megafauna se extinguió al final de esta época (Ferrusquía-Villafranca *et al.*, 2010). Dicha época está representada por tres NALMAs (Edades de Mamíferos Terrestres Norteamericanos), el Blancano, Irvingtoniano y Rancholabreano (Bell *et al.*, 2004).

Dentro del Pleistoceno tardío se incluye al Rancholabreano (160 y 9.5 ka), este último caracterizado por la presencia del género *Bison* ubicado geográficamente desde los 55° de latitud norte hasta Centroamérica (Bell *et al.*, 2004). Ésta NALMA se caracterizó por grandes cambios climáticos en lapsos breves afectando la composición y estructura biótica de las especies (Ceballos *et al.*, 2010).

Existen hasta ahora 776 sitios fosilíferos del Pleistoceno en todo el país y la mayor cantidad se encuentran ubicados en el centro del país, sin embargo Oaxaca está representada por 20 localidades, las cuales representan el 2.58% a nivel nacional (Arroyo-Cabrales *et al.*, 2002). El registro fosilífero para el Pleistoceno tardío Oaxaqueño consta de 39 especies, 35 géneros, 21 familias, 10 órdenes (Pérez-Crespo *et al.*, 2008). Varias de las localidades representadas por ésta época se encuentran ubicadas en la parte noroeste del estado en la región Mixteca Alta. Al conjunto faunístico recolectado en las localidades ubicadas entre los 17° 35" – 17° 55" N y los 97° 20" – 97° 40" O, se les denominó Fauna Local Viko Vijin (periodo frío en la Lengua Mixteca) (Jiménez-Hidalgo y Guerrero-Arenas, 2012).

En la Fauna Local de Viko Vijin existe la presencia de *Bison antiquus* lo que permite restringir la edad de la fauna de 60 ka. a 11.7 ka. (Jiménez-Hidalgo y Guerrero-Arenas, 2012). En esta zona se han llevado a cabo estudios de mamíferos de gran y mediano tamaño así como de microfósiles.

Para vertebrados ésta se encuentra representada por las familias Pampatheriidae, Glyptodontidae, Megatheriidae, Lagomorpha, Cricetidae, Camelidae, Cervidae, Bovidae, Equidae, Gomphoteridae y Elephantidae, así como roedores (*Peromyscus difficilis*, *Microtus mexicanus* y *Reithrodontomys meglotis*), y el lepórido (*Sylvilagus floridanus*). En cuanto a invertebrados se caracteriza por la presencia de gasterópodos terrestres (planórbidos), gasterópodos dulceacuícolas (Lymnaeidae, Planorbidae, Physidae y Succineidae), y bivalvos pisididos. La presencia de estos taxa permite inferir que la vegetación presente en éste rango de tiempo era heterogénea (bosques, matorrales y pastizales) con presencia de cuerpos de agua permanentes y semipermanentes (Jiménez-Hidalgo y Guerrero-Arenas, 2012).

La columna tipo fue obtenida a partir de cinco columnas en tres sitios, fechadas entre el rango de 40 y 6 ka. Dentro de la columna realizada en la localidad Cañada del Misterio (40,400 +/- 480 años a.P) se encontraron los fósiles (in situ) dentro de facies arcillosas y limo arenosas. Por otro lado en la localidad Llano de Hueso, los fósiles se encuentran en un estrato limoso color negro con alto contenido de materia orgánica, mientras que en Morelos las edades reportadas en niveles carbonosos son de 16,590 +/- 50 años a.P y 6,080 +/- 30 a.P, sobreyaciendo y subyaciendo respectivamente un estrato limoso donde se encuentra el material fósil. Es muy importante conocer el tipo de ambiente y los cambios que han ocurrido durante ésta época (representada por el último máximo glacial) ya que se ha mantenido en equilibrio durante miles de años; ayudando a comprender los mecanismos responsables del cambio climático y como éste afecta los sistemas ambientales (Mix *et al.*, 2001).

CAPÍTULO I. GENERALIDADES

I.1 ANTECEDENTES

I.1.1 GEOLOGÍA REGIONAL

La historia geológica de México y en particular el estado de Oaxaca es bastante compleja, debido a esto, los estudios realizados en esta zona son escasos.

El estado de Oaxaca se encuentra dividido en tres zonas, siendo una de ellas La Mixteca, al Oeste del estado, el sur colinda con Puebla y noreste con Guerrero; ésta región se divide en dos sectores (Mixteca alta y baja). Dicha región ha sido estudiada como la posibilidad de ser un desprendimiento de la porción sur-occidental del Cratón de Norteamérica y los Apalaches, durante el rompimiento del Cratón de la Guyana (Campa, 1984, a, b). La Mixteca alta está ubicada dentro del Complejo Oaxaqueño (González-Leyva, 2007) y está regida por fallas laterales activas en dirección N-S y NO-SE (Campa, 1984, a, b).

En esta región una de las investigaciones más completas (Santamaría Díaz *et al.*, 2008) construye una columna estratigráfica, donde se presentan varias formaciones. El basamento está formado por los complejos Acatlán y Oaxaqueño. En la base aparece la Formación Yanhuatlán del Eoceno fechada en 43.0 ± 1.2 y 40.5 ± 1.7 M.a. (obtenidas por fechamientos de plagioclasa y hornblenda respectivamente) sobreyaciendo a ésta y en discordancia se encuentra la Formación Teotongo del Oligoceno, constituida por una secuencia de areniscas con influencia volcánica e intercalaciones de tobas líticas con una edad que va de 31.6 ± 1.0 M.a. a 26.2 ± 0.5 M.a. obtenido de biotitas y plagioclasas en la localidad Tamazulapan y Tequixtepec.

Ésta zona se encuentra regida estructuralmente por la falla Las Pilas con rumbo E-O, la cual delimita las rocas de la Formación Teposcolula y está en contacto con la Formación Volcanoclástico Teotongo; la falla Tamazulapam con un rumbo N-S y la falla Cieneguilla con rumbo N-S, para la

porción norte ésta falla corta la Formación Toba Llano de Lobos y al volcánico Teotongo y al sur la Formación Yanhuatlán.

Sobreyaciendo estas formaciones se encuentran depósitos fluviales del Pleistoceno tardío (Jiménez - Hidalgo *et al.*, 2011) estos han sido descritos por medio de cuatro columnas estratigráficas dentro de las localidades:

- a) Oax-2 El Pedernal: Su base está compuesta por una toba vítrea cubierta discordantemente por un estrato masivo de arenas finas y medias, con presencia de fragmentos de caliche de 2 a 10 cm de diámetro, sobreyaciendo a éste, se distinguen cuatro estratos de arena fina y media, con lentes de grava;
- b) Oax-3 La Pedrera: el estrato base está compuesto por arenas finas, cubierto discordantemente por una brecha conformada por clastos de basalto con una matriz arenosa, le sobreyace un estrato limo-arcilloso con lentes de grava y arena fina dentro del cual se encuentran fragmentos de caliche de hasta ocho centímetros.
- c) Dentro de las localidades de Oax-4 Río Salado, Oax-5 Llano de Hueso, Oax-6 Cañada del Misterio: la columna está constituida por un paquete areno-limoso con contenido de lentes de arena fina y media, sobreyaciendo a este una sucesión masiva de composición areno-limosa la cual se diferencia por su coloración y
- d) Oax-7 Tejupam donde determinan secuencias similares a la anterior, difiriendo que en esta columna estratigráfica son más comunes los lentes de arcilla que se intercalan con otros de grava.

Por otro lado, la cartografía realizada por el Servicio Geológico Mexicano (SGM) en el año 2000, a escala 1:250,000 está representada para la localidad de Cañada del Misterio y Llano de Hueso. En ambas localidades la secuencia más representativa incluye una secuencia de conglomerados polimícticos y areniscas, mientras que en la localidad de Morelos estos vienen sustituidos por depósitos de aluvión.

Durante el Pleistoceno tardío , dentro del Valle de Nochixtlán, la tectónica ha producido distintos deslizamientos que son comunes en diferentes sectores del valle (Mueller *et al.*, 2012). Se puede observar erosión en que destacan distintas terrazas, en su base depósitos fluviales que a su vez fueron cubiertos por depósitos aluviales y paleosuelos. Destacando paleosuelos de color café oscuro a negro por efecto de la abundante materia orgánica que se han representado como depósitos de planicie de inundación.

I.1.2 PALEONTOLOGÍA

Los estudios realizados en México con respecto a caracterización estratigráfica y sedimentológica a detalle en relación con el registro fósil entre los 40,000 y 6,000 años son escasos.

En el norte de México, en la localidad de San Josecito, Nuevo León, con una edad de 44,640 años tomado de sedimentos orgánicos (Arroyo - Cabrales *et al.*, 1995). En la localidad de Terapa, Sonora, se llevaron a cabo fechamientos de Carbono14 en fragmentos de carbón que dio una edad de 41.7+/-1.0 cal Ka. Otro fechamiento sucesivo de un molusco del género *Anodonta* arrojó una edad de 39.2+/-0.4 cal Ka, acotando la región al Pleistoceno tardío donde se encontró material fósil del género *Bison* (Jordon Bright *et al.*, 2010).

En el área de estudio y sus alrededores Jiménez - Hidalgo y Guerrero – Arenas (2011) realizaron columnas estratigráficas generales en seis localidades fosilíferas en donde determinan que los sedimentos que conforman estos ambientes fluviales contienen paquetes de arenas limosas incluyendo lentes de arenas gruesas y lentes limosos, con alto contenido de fósiles tanto de vertebrados como de invertebrados y caliche. Dentro de estos estratos se han encontrado diversos organismos dentro de la familia Pupillidae, Orthalicidae, Urocoptidae, Succineidae, Polygyridae, Physidae, Lymnaeidae, Planorbidae, Pisidiidae, Orden Squamata, Familia Glyptodontidae, Cricetidae, Camelidae, Cervidae, Bovidae, Equidae, Gomphotheriidae, y Elephantidae.

Jiménez - Hidalgo y Guerrero - Arenas, (2012) llevaron a cabo estudios, dentro de la Fauna Local Viko Vijin, de mamíferos de gran y mediano tamaño así como de microfósiles; para vertebrados ésta se encuentra representada por las familias Pampateriidae, Glyptodontidae, Megatheriidae, Lagomorpha, Cricetidae, Camelidae, Cervidae, Bovidae, Equidae, Gomphoteridae y Elephantidae, así como roedores (*Peromyscus difficilis*, *Microtus mexicanus* y *Reitbrodontomys meglotis*), y el lepórido (*Sylvilagus floridanus*). En cuanto a invertebrados se caracteriza por la presencia de gasterópodos terrestres (planórbidos), gasterópodos dulceacuícolas (Lumnaeidae, Planorbidae, Physidae y Succineidae), y bivalvos pisididos. La presencia de estos taxa permite inferir que la vegetación presente en éste rango de tiempo era heterogénea (bosques, matorrales y pastizales) con presencia de cuerpos de agua permanentes y semipermanentes.

Para el sur de México, Jiménez - Hidalgo *et al.*, (2013) realizan el primer reporte de la especie *Bison Antiquus*, ubicada dentro de la Fauna Local Viko Vijin. En su estudio de mesodesgaste obtuvieron un resultado de 1.44, comparable con lo publicado de la misma especie en otras localidades, lo que indica una preferencia alimentaria mixta, que permite una distribución más amplia. Ésta especie permitió restringir el área de estudio entre los 60 y 11.7 Ka.

Las evidencias obtenidas en cuanto a reconstrucción paleoambiental a partir de estudios de mesodesgaste en équidos, se localizan en su mayoría en el Arco Volcánico Transmexicano y Sierra Madre del Sur. Por medio del análisis de mesodesgaste de la zona oclusal de los premolares y molares -determinado por forma-función de las estructuras- se definen las adaptaciones alimentarias que tenían los organismos y por lo tanto el tipo de vegetación presente en la zona donde convivieron con otros organismos (MacFadden, 1986; Kaiser y Solounias, 2003; Fortelius y Solounias, 2000)

JUSTIFICACIÓN

Existe una gran cantidad de localidades fosilíferas en la zona noroeste del estado de Oaxaca; éstas cuentan con restos fósiles de las familias Pampatheriidae, Glyptodontidae, Megatheriidae, Lagomorpha, Rodentia, Camelidae, Cervidae, Bovidae, Equidae, Gomphoteriidae y Elephantidae (Jiménez - Hidalgo y Guerrero - Arenas, 2012). A pesar de la diversidad por la que está representada, la mayoría de los estudios que se han realizado se enfocan en la megafauna sin un control estratigráfico a detalle ni datos cronológicos. La estratigrafía es de importancia ya que disminuye el sesgo en la información paleoambiental, a sí mismo con la ayuda de la tafonomía se generará información más precisa sobre el sitio.

Localidades reportadas al noreste (San Josecito, Nuevo León) y noroeste (Terapa, Sonora) con edades asignadas de 44,640 años (Arroyo - Cabrales *et al.*, 1995) y 42.9 ± 3.3 ka (Bright *et al.*, 2010) respectivamente asociadas al Rancholabreano representan las localidades más antiguas en el país.

Para la zona sur de México no se han realizado estudios multidisciplinarios a detalle por lo que esta investigación paleontológica y estratigráfica detallada representará el primer trabajo para el Rancholabreano con un rango de edad entre los 40 ka. y 6 ka. siendo un complemento, en conjunto con las otras dos localidades en el norte de México.

OBJETIVOS

Objetivo general: Llevar a cabo la caracterización estratigráfica y paleontológica en dos localidades fosilíferas del Pleistoceno tardío en la región Mixteca Alta, Oaxaca, México.

Objetivos específicos:

1. Realizar la estratigrafía a detalle, así como el estudio mineralógico y correlación estratigráfica de las localidades La Cañada del Misterio, el Llano de Huesos y Morelos.
2. Identificar los fósiles al nivel taxonómico más inclusivo y elaborar un listado de la fauna presente en los yacimientos fosilíferos.
3. Reconstruir el ambiente con base en la estratigrafía, los estudios mineralógicos y la fauna encontrada.
4. Realizar un estudio tafonómico para determinar el grado de autoctonía de los fósiles.
5. Determinar el tipo de hábitat con base en la asociación faunística y un análisis de mesodesgaste en équidos.

CAPITULO II

II.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio está ubicada dentro de la Mixteca Alta, en el estado de Oaxaca. Al norte de la Sierra Madre del Sur (Fig. 1). En las coordenadas $17^{\circ} 44' 50.90''\text{N}$ y $97^{\circ} 29' 34.86''\text{W}$ localidad llamada Oax-6 Llano de Hueso, $17^{\circ} 45'' 0.28'\text{N}$ Y $97^{\circ} 29'' 20.06'\text{W}$ para la localidad Cañada del Misterio, ubicadas al Norte de San Antonio Acutla y $17^{\circ} 35'' 40.86'\text{N}$ y $97^{\circ} 26'' 29.02'\text{N}$ la localidad Morelos, ubicada al Norte de la población Refugio de Morelos.

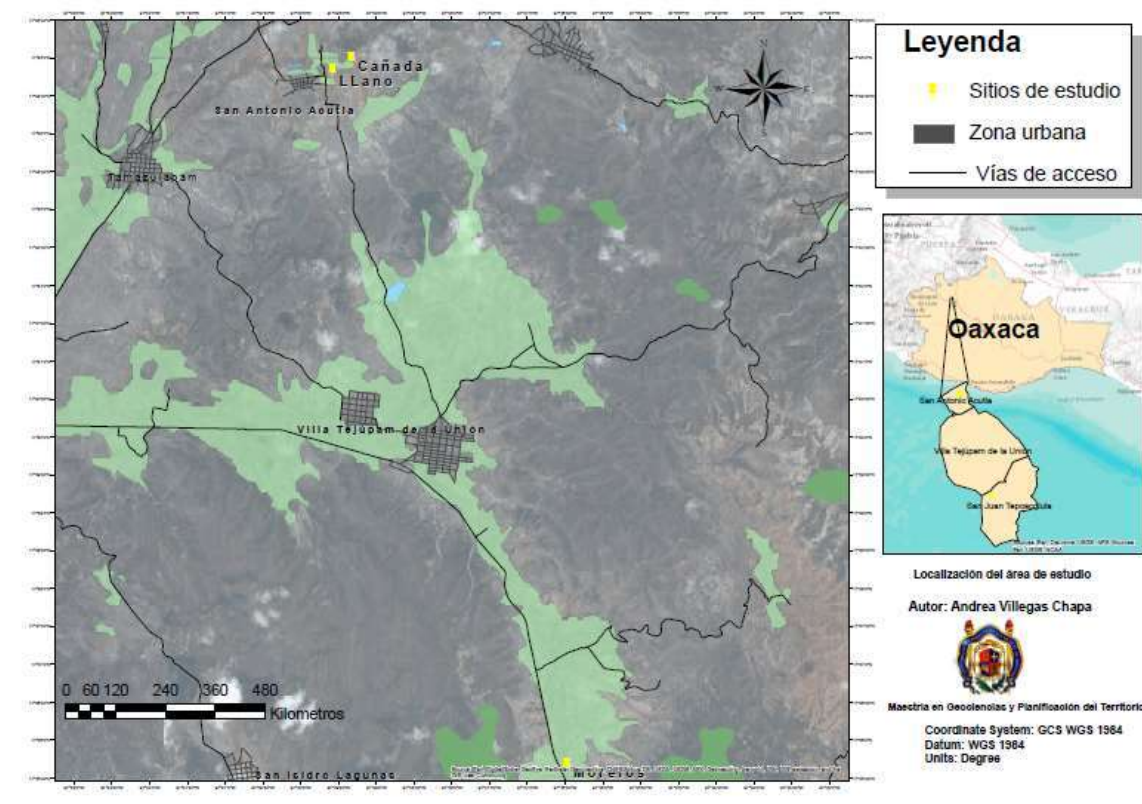


Figura. 1. Localización del área de estudio (Cañada del Misterio, Llano de Hueso y Morelos).

II.1.1. CLIMA Y GEOLOGÍA

El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano (100%) con un rango de temperatura entre los 14° y los 18° C y una precipitación anual de 600 -700 mm.

En cuanto a la geología (Fig. 2), la zona de estudio está representada por limolitas y areniscas (80.49%) y calizas (6.64%) de origen marino así como por andesitas en menor proporción (8.89%) cubiertos por materiales aluviales (3.98%). La edafología comprende suelos dominantes son: Regosol (91.65%), Leptosol (7.56%), Luvisol (0.62%) y Phaeozem (0.17%) (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, 2010).

En esta región el basamento está formado por los complejos Acatlán y Oaxaqueño. Dentro de estos, se encuentra la formación Chilapa constituida por una basamento calcáreo y la formación Teotongo formada por una secuencia de areniscas con influencia volcánica e intercalaciones de tobas líticas (Santamaría Díaz *et al.*, 2008); que se sobreponen en discordancia erosiva secuencias fluviales con espesores que van de los 150 cm hasta los 250 cm. Hacia el sur, Dentro del Valle de Nochixtlán, por encima del basamento se han reconocido distintas terrazas compuestas por depósitos fluviales, cubiertos por depósitos aluviales y paleosuelos con abundante materia orgánica (Mueller *et al.*, 2012).

La zona de estudio para la localidad de Cañada del Misterio y Llano de Hueso la cartografía realizada por el SGM (2000), a escala 1:250,000 identifica una secuencia de conglomerados polimícticos interestratificadas con areniscas, mientras que la localidad de Morelos los materiales cartografiados consisten exclusivamente de aluvión.

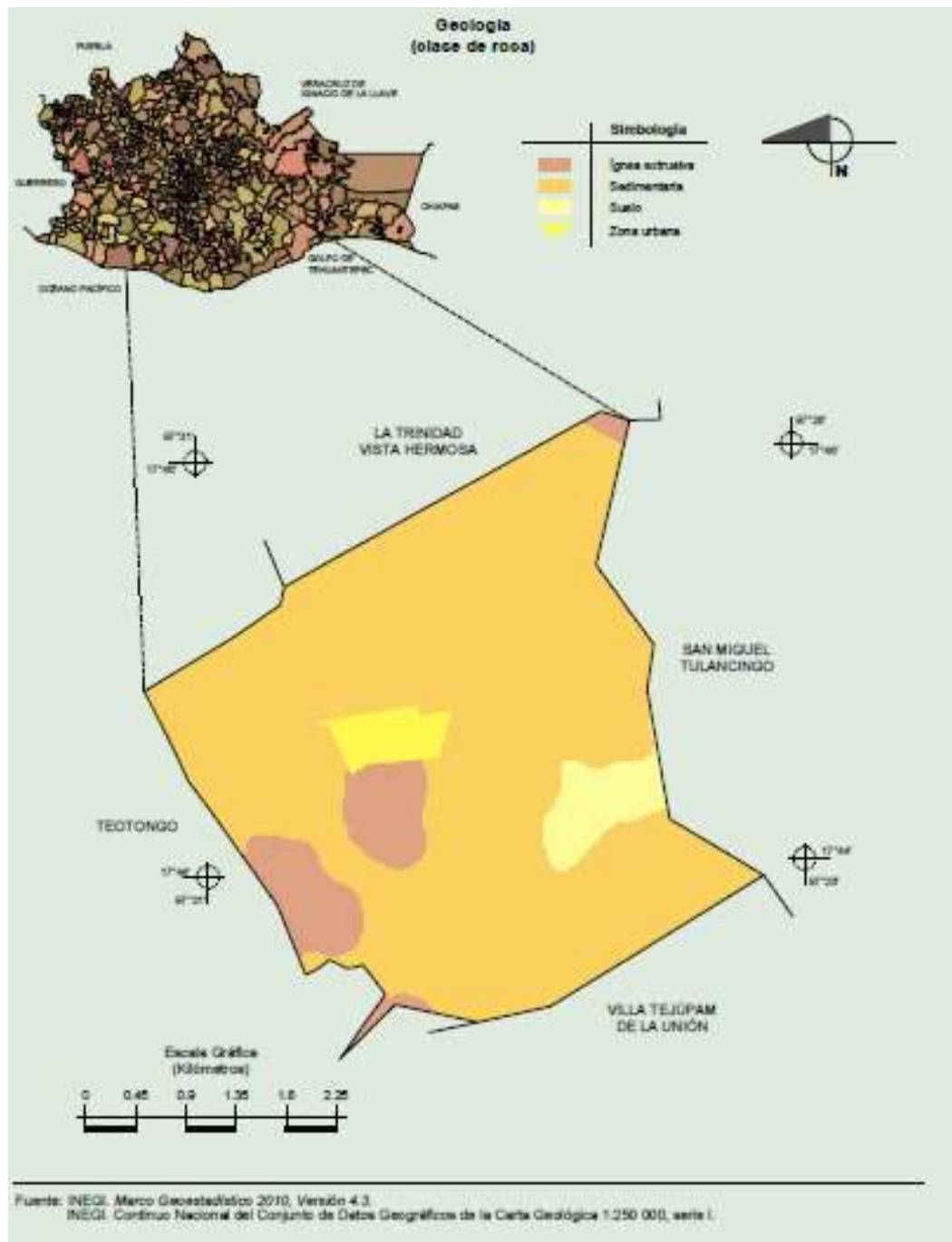


Figura. 2. Geología del área de estudio. Tomado del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010.

II.1.2. HIDROGRAFÍA

El sitio de estudio se encuentra dentro de la región hidrológica del Balsas (100%) en la cuenca de R. Atoyac (100%) y subcuenca R. Mixteco (100%). Las corrientes de agua asociadas a esta subcuenca son intermitentes y son: Río Salado y Río Grande (Fig. 3). (INEGI, 2010).

II.1.3. VEGETACIÓN

Dentro del polígono de la localidad San Antonio Acutla la vegetación actual está conformada por pastizales inducidos (6.48%), chaparral (2.42%) y bosque (0.29%) (INEGI, 2010).

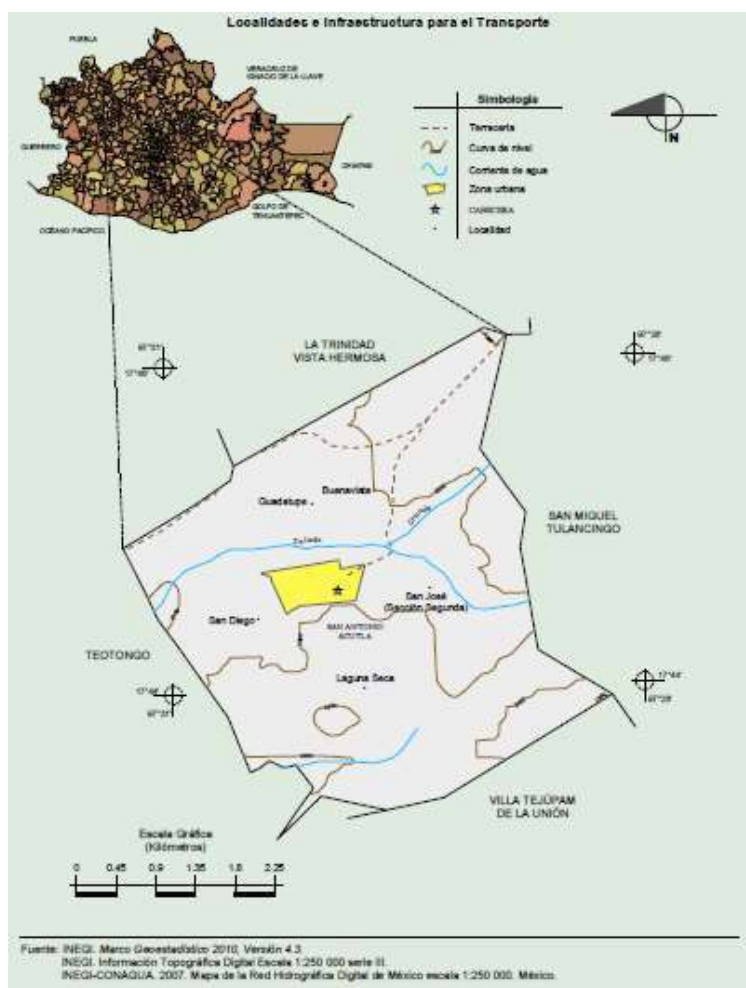


Figura.3 Hidrografía del área de estudio. Tomada de Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010.

CAPITULO III

III.1. MÉTODO

III.1.1. TRABAJO DE GABINETE

La geología, edafología, hidrología y geomorfología se reconoció dentro de dos cartas topográficas escala 1: 50, 000 que abarca la zona (Tepelmeme Villa de Morelos, (E14D15) y Villa de Tamazulapam del Progreso (E14D25). La vegetación se obtuvo de la información generada por INEGI.

III.1.2. TRABAJO DE CAMPO.

III.1.2.1. Descripción de las columnas estratigráficas:

A través de la prospección de la zona, se procedió a la selección de las columnas estratigráficas; donde la mayor cantidad de características litológicas fueran visibles. Para las columnas con mejor exposición en campo se tomaron en cuenta las características físicas internas y externas de cada estrato la forma de los estratos; tipo de contacto entre ellos; tipo forma de capas internas; espesor de los estratos (por litología) para determinar tipos de ambientes y facies asociadas.

La separación de los estratos se llevó a cabo de acuerdo a la diferencia de litología, espesores y la relación de contactos presentes; el tamaño de grano, características de los granos, textura, color de las capas y láminas y su distribución. Se obtuvieron cinco columnas dentro de las tres localidades a estudiar. Se realizó la identificación de estratos de la base a la cima y se midió el espesor de cada estrato identificado.

III.1.2.2. Recolecta fósil

Una vez ubicado el estrato fosilífero dentro de las columnas estratigráficas realizadas, se procedió a una búsqueda y recolecta manual del material fósil. Los ejemplares como molares o astas se colocaron en bolsas de plástico, mientras que los caracoles fósiles en cápsulas de plástico, ambos, con datos de la localidad, nivel estratigráfico, estado del fósil, colector y la fecha.

En el caso del material fósil de mayor tamaño, como mandíbulas, molares y pelvis se les construyó un “jacket” a base de vendas de yeso. Se esperó a que se secara y se retiró del sedimento.

III.1.3. TRABAJO DE LABORATORIO

III.1.3.1. Análisis granulométrico.

El análisis granulométrico se realizó solo en dos de las columnas estratigráficas; con la finalidad de conocer los cambios en las fluctuaciones de energía en el rango de edad estudiado. Se llevó a cabo el análisis con la finalidad de obtener el tamaño de partícula presente en cada estrato, una de la localidad Cañada de Misterio y otra de la localidad Morelos, ambas con un control cronológico.

Se utilizaron mallas de diferentes aberturas, las cuales proporcionaron el contenido de agregados según su diferente tamaño.

Esta técnica se realizó a través del análisis por tamizado en seco, que consta de un sistema de cilindros paralelos que incluyen una malla metálica interior con agujeros cuadrados de diferentes tamaños que llegan a medir agregados desde Φ 6 (63mm) a Φ 5 (0.06mm) para poder obtener una distribución en peso de cada muestra.

Las características que se tomaron en cuenta fueron: el tamaño, forma y densidad. La cuantificación de los resultados se efectuó de acuerdo con el peso total de las muestras y el peso de cada porción retenida en la malla. Posteriormente se calculó el porcentaje del peso, volumen acumulativo y su porcentaje para finalmente graficar los datos para su interpretación.

Para conocer los porcentajes de agregados finos, se utilizó un granulómetro láser SPECTREX; contador de partículas, que hace incidir un haz de láser en el interior de la muestra midiendo las distribuciones del tamaño de partícula a partir de la intensidad de luz dispersada cuando el rayo láser pasa a través de una muestra de partículas con distintas variaciones angulares.

Las partículas grandes dispersan la luz en ángulos pequeños, en relación al rayo láser; mientras que las partículas pequeñas dispersan la luz en ángulos grandes. Se registra en un software y los resultados rondan entre los 7° y 10° .

III.1.3.2. Control cronológico

Para éste análisis se tomaron tres muestras, de aproximadamente 200 gr. Dos de ellas, corresponden a fragmentos de carbón y otro a un fósil invertebrado, incluido dentro de los sedimentos que se encontraban en la pelvis de un perezoso terrestre (Fig. 24). Estas muestras están ubicadas dentro de los estratos fosilíferos, se depositaron dentro de una bolsa de plástico previamente rotuladas con el nombre del sitio, tipo de material, fecha y ubicación del estrato.

Posteriormente las muestras fueron enviadas al laboratorio “Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory”, Florida, EEUU, donde fueron fechadas durante la técnica de Carbono 14 por Espectrometría de Masas (AMS)

III.1.3.3. Mineralogía

III.1.3.3.1 Análisis de difracción de rayos x (DRX)

La aplicación de este método se llevó a cabo principalmente en las arcillas de seis muestras, ubicadas dentro de las columnas “Cañada del Misterio - *Nothrotheriops* y Morelos”; para determinar la presencia de minerales secundarios y así poder definir los minerales que tienden a transformarse por procesos de óxido-reducción bajo diferentes condiciones ambientales.

Se colocó la muestra de aproximadamente 0.5gr en un mortero de ágata y se trituro hasta obtener una muestra final del material, el mortero se lavó antes de procesar cada una de las muestras para evitar la contaminación entre estas. Se introdujo en un difractómetro de rayos X Siemens D5000, que tomó la medición obteniendo un difractograma y con el software Eva se identificaron las fases mineralógicas presentes en las muestras procesadas (Ostrooumov, 2009).

III.1.3.3.2. Infrarrojo

Se realizó el análisis de seis muestras en el Infrarrojo (EIR) para corroborar, en conjunto con el análisis de difracción de rayos, la presencia de minerales arcillosos. Las muestras fueron tomadas de los estratos más representativos (horizonte fosilífero). Se trituraron las muestras en un mortero de agata hasta obtener 0.03 gr con la finalidad de tener un tamaño de partícula menor a 40Mm. Dicha muestra se mezcló con 0.03 gr de Bromuro de Potasio.

La mezcla se introdujo en un dado metálico, el cual se prensa a 20 toneladas durante un minuto para formar una pastilla, posteriormente se llevó a un espectrómetro de infrarrojo, el cual nos da como resultado un espectrograma con correcciones de H₂O y CO₂ (Ostrooumov, 2009).

III.1.3.4. Limpieza del material fósil

La limpieza de los restos fosilíferos se llevó a cabo de manera mecánica, la cual consistió en quitar el sedimento con la utilización de cepillos de fibras suaves, palillos de madera con punta fina y agua para desestabilizar el sedimento y poder retirarlo. Durante el proceso de limpieza se colocó un producto llamado 5x1 diluido 20ml por 10 partes de agua utilizado como endurecedor, para solidificar el material fósil que se encontraba fragmentado.

En caso de ser necesario se colocó resistol 800 diluido al 50% en la superficie del fósil como protección o bien se utilizó como restaurador. Todos los fósiles fueron rotulados con 4 letras iniciales correspondientes a Universidad del Mar - Puerto Escondido (UMPE) y se enumeró correspondiente al catálogo de fósiles de la Colección del Laboratorio de Paleobiología de la mismas universidad.

III.1.3.5. Taxonomía cuantitativa

La determinación taxonómica se realizó con base en la literatura correspondiente a cada especie encontrada en el sitio. En el caso de los ejemplares de la especie *Equus conversidens*, se realizó una comparación morfológica de los molariformes estudiados con los preservados en dos cráneos de la localidad Oax-5 Llano de huesos (*Equus conversidens*, UMPE-77) y la localidad Oax-17 Río El Sabinal (*Equus mexicanus* UMPE-521), los cuales se encuentran dentro de la Colección del Laboratorio de Paleobiología de la Universidad del Mar.

La comparación de tamaño se incluyó la base de datos de Campos – Camacho, (2012) y la base de datos de Alberdi *et al.*, (2014). Se llevó a cabo análisis bivariantes en el cuál se consideró la longitud transversal y la longitud anteroposterior de la zona oclusal de los molares. Se realizaron dos análisis, uno donde se incluyeron los premolares tres y cuatro y un segundo análisis con los molares superiores uno y dos.

En el caso de la especie *Equus mexicanus* se utilizaron los siguientes parámetros de identificación y diferentes análisis estadísticos:

Se llevaron a cabo dos análisis bivariantes para el premolar y el molar (superiores) (UMPE-483, P4 derecho y UMPE 011, MI derecho), tomando la longitud transversal y longitud anteroposterior.

Para la determinación de *Odocoileus virginianus* se hizo un análisis bivalente con las dos especies del género *Odocoileus* (*O. virginianus* y *O. hemionus*). En el análisis se tomó en cuenta la longitud de la roseta y la longitud de la parte basal de la rama principal, con el fin de obtener la relación que existe entre ambas y determinar a qué especie pertenece el material referido.

En el caso del género *Cuvieronius* se realizaron comparaciones morfológicas con ejemplares de dos localidades diferentes (Tapia - Ramírez *et al.*, 2013; Spencer G. Lucas, 2008), para la especie *Nothrotheriops shastensi* se realizó una comparación morfológica con un ejemplar encontrado en una localidad cerca de Los Angeles, California (Stock, 1925) y la los incisivos y colmillo de

Tapirus haysii se compararon con los ejemplares encontrados dentro del Museo de Florida e imágenes de “Digital Morphology Library” de la Universidad de Texas.

La identificación de la mandíbula de *Mammuthus columbi* se llevó a cabo de acuerdo al manual de Agenbroad y Brunelle (1992) y se realizó una comparación por medio de un análisis cluster, donde se incluyeron datos de medidas de molares de las especies de *M. columbi* y *M. meridionalis* de Maglio (1973), McDaniel y Jefferson (2006), Arroyo–Cabrales (2003), García–Zepeda (2006), Agostini *et al.*, (2010) y ejemplares de la colección paleontológica de la UMAR.

II.1.3.6. Mesodesgaste

La reconstrucción de paleodietas se realizó con base en el método de mesodesgaste (Fortelius y Solouinas, 2000). Consta de la observación del grado de profundidad de los valles entre cúspides y si éstas son romas, redondeadas o aguzadas en los molares superior e inferior (P4-M1), producidas por el contacto entre diente-diente (desgaste) como diente-alimento (abrasión) (Fig. 4).

Se compararon dos especies de caballos (*Equus conversidens* y *Equus mexicanus*) con 27 especies típicas (Fortelius y Solouinas, 2000). Se llevó a cabo un análisis cluster en el programa PAST versión 1.0.

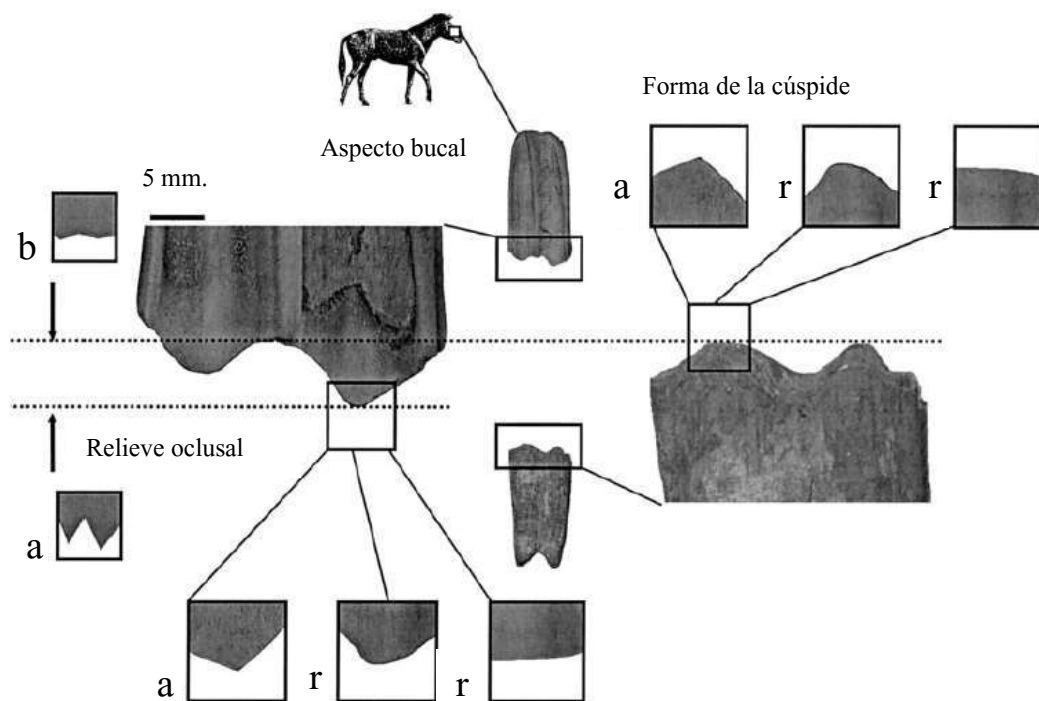


Figura. 4. Variables que se utilizan para llevar a cabo el método de mesodesgaste. Molariformes superior e inferior en vista labial. Relieve oclusal; a: *alto*, b: *bajo*; forma de la cúspide; a: *aguda*, r: *redondeada* y r: *roma*. Tomado de Kaiser y Fortelius (2003).

III.1.3.7. Tafonomía

Para la determinación de la autoctonía de los fósiles se realizó la observación de los mismos con la finalidad de obtener información sobre el grado de conservación por medio de mecanismos de alteración tafonómica (Fig. 5); por ejemplo su descomposición, el relleno sedimentario, la mineralización, su abrasión, la distorsión (acción gravitatoria, pisoteo, etcétera), su desarticulación, entre otras (Fernández - López, 1999 y 2001).

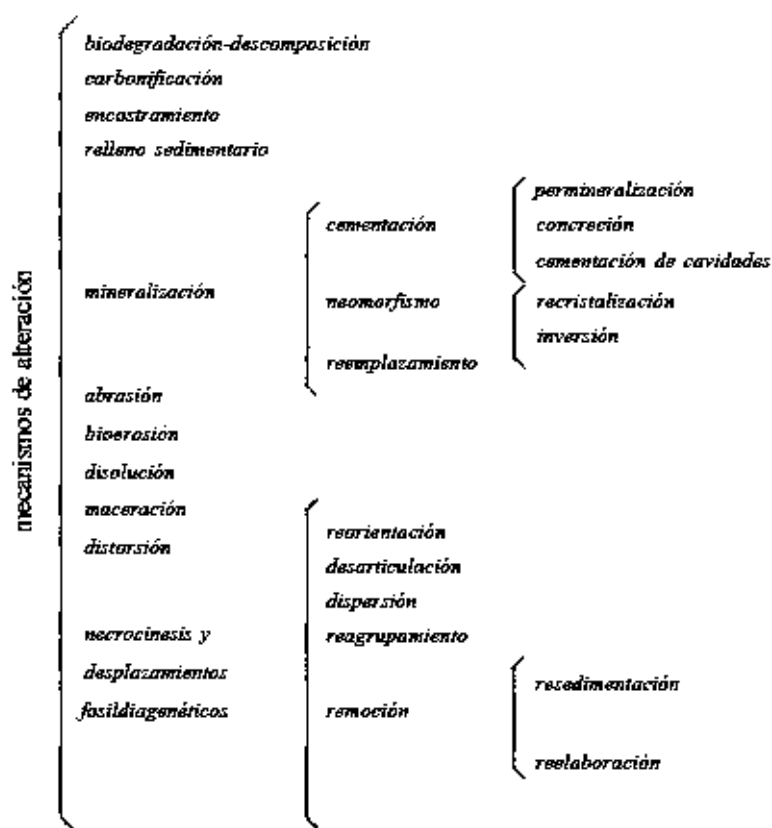


Figura. 5. Mecanismos de alteración tafonómica. Tomado de Fernández – López (1999).

CAPITULO IV

IV.1. RESULTADOS

IV.1.1. COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

Se reconstruyeron cinco columnas estratigráficas que se encuentran en discordancia con rocas paleogénicas, tres de ellas en la localidad Cañada del Misterio, una en Llano de Hueso y una en Morelos. De acuerdo a las características sedimentológicas presentes, éstas se encuentran divididas en paquetes bien definidos; donde se pueden observar desde arenas gruesas conglomeráticas hasta arcillas medias con alto contenido fósil. Dichas unidades serán descritas detalladamente a continuación:

COLUMNA UNO

CAÑADA DEL MISTERIO - *Notrotheriops*

Con respecto a sus características litológicas y sedimentológicas se encuentra dividida en seis unidades (Fig. 6); la descripción de la base a la cima se observa la primera unidad se caracteriza por un estrato color pardo oscuro compuesto por arcillas, la parte aflorante del estrato en la base del río mide aproximadamente 50 cm., a lo largo y ancho de éste estrato existe un gran contenido de carbones intercalados, que no sobrepasan los cinco cm. de longitud.

La unidad dos, con 65 cm. de espesor está conformada por material limo–arcilloso de color pardo medio. Ésta unidad predomina dentro de la columna y es muy característica debido a tres intercalaciones de material más oscuro, sobrepasan los cinco cm. de espesor, la tonalidad efecto de concentración de carbones. Estas intercalaciones no sobrepasan los cinco centímetros de espesor. En la base de esta unidad se puede observar dos estratos con alto contenido de invertebrados fósiles, predominando las familias Lymnaeidae, Zonitidae y Planorbidae. En la cima de esta unidad (los últimos 20 cm.) se encuentra el estrato fosilífero de interés.

De manera discordante sobreyace la unidad tres, constituida por tres estratos bien definidos. El primero, con un espesor de 12 cm., de color café rosáceo compuesto por material arenoso medio no consolidado, dentro de éste estrato existe una gran cantidad de invertebrados fósiles; mismas familias anteriormente mencionadas. La cima de este estrato aumenta el tamaño de grano en relación positiva pasando de pequeños conglomerados a arenas medias, que indican pulsaciones de energía ligeramente más elevadas que en el resto de la columna.

El segundo le sobreyace en contacto discordante un estrato de 11 cm., constituido por material limo-arenoso masivo de color pardo claro.

El tercer estrato de esta unidad tiene un espesor de 16 cm., compuesto por un material de arenas medias masivas de color café rosáceo; esta presenta un estrato de cinco cm. de espesor, de un color grisáceo; que se intercala en la parte media, que consiste de arenas finas con un alto contenido de carbón no orientado con tamaño que van de uno a tres cm.

Coronando la columna estratigráfica de manera discordante se presentan paleosuelos con un espesor aproximado de 63 cm., con un color de pardo oscuro.

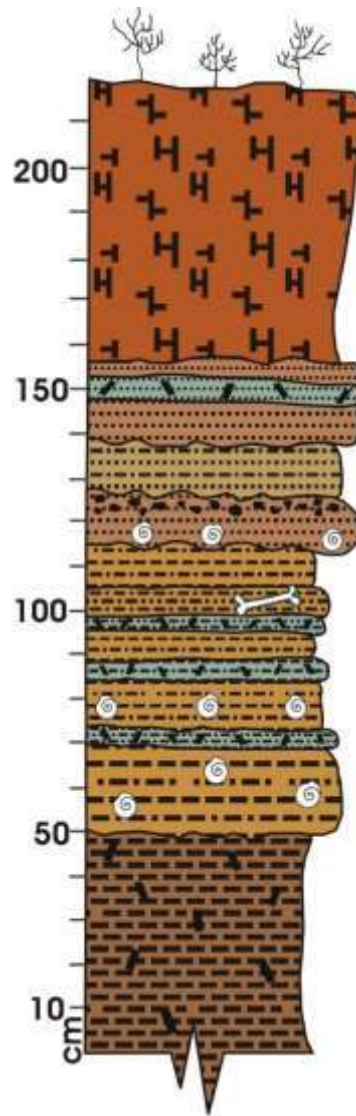


Figura. 6 Columna estratigráfica de la localidad Cañada de Misterio – *Notrotheriops*.

COLUMNA DOS

CAÑADA DEL MISTERIO-*Bison*

De acuerdo a su sedimentología y diferenciación litológica la columna se puede dividir en 8 unidades (Fig. 7). Comenzando de la base a la cima se puede observar la primera unidad de 14 centímetros visibles en la base del arroyo compuesta por arcillas gruesas de color café medio, con presencia de carbones en la cima; estos carbones no presentan una orientación preferente, con un tamaño de uno a cuatro cm. Por encima de ello se encuentra un estrato de dos centímetros compuesto por arcillas más finas.

De manera erosiva se sobrepone la unidad dos, con un espesor de siete cm., compuesta por dos estratos, uno de material limo arcilloso y otro estrato sobreyaciendo de composición limo arenoso de tres centímetros de espesor.

La unidad tres de material arcilloso, con 21 cm. de espesor, color café medio, éste contiene clastos redondeados con una dirección preferencial de no más de dos centímetros de diámetro.

La unidad cuatro está compuesta por un material limo arcilloso, de color pardo suave, con un espesor de nueve cm. Estrato fosilífero.

La unidad cinco de 27 cm. de espesor está representada por un material limo arenoso, con dos intercalaciones de capas que no llegan a láminas en el centro y cima de la unidad. Estas intercalaciones no tienen más de cuatro cm. y son limosas. La segunda intercalación contiene lentes de arena fina, dispuestos unidireccionalmente.

La unidad seis se encuentra en contacto discordante con la unidad precedente, y consiste de un estrato de cinco cm. de espesor de material limo arcilloso masivo, con un color pardo claro.

Sobreyaciendo de manera concordante la unidad siete de 10 cm. de espesor de arcillas medias.

De manera abrupta le sobreyace a la anterior la unidad ocho, compuesta por dos estratos. El primero consiste de arenas gruesas con presencia de clastos que van de dos cm. a cuatro cm. de diámetro y

un segundo estrato representado por arenas medias, conteniendo clastos de entre un centímetro a cuatro centímetros de diámetro; así como lentes de arenas finas, que incluyen clastos menores a un centímetro.

Coronando la columna estratigráfica en discordancia se observan suelos, con nueve cm. de espesor medidos.

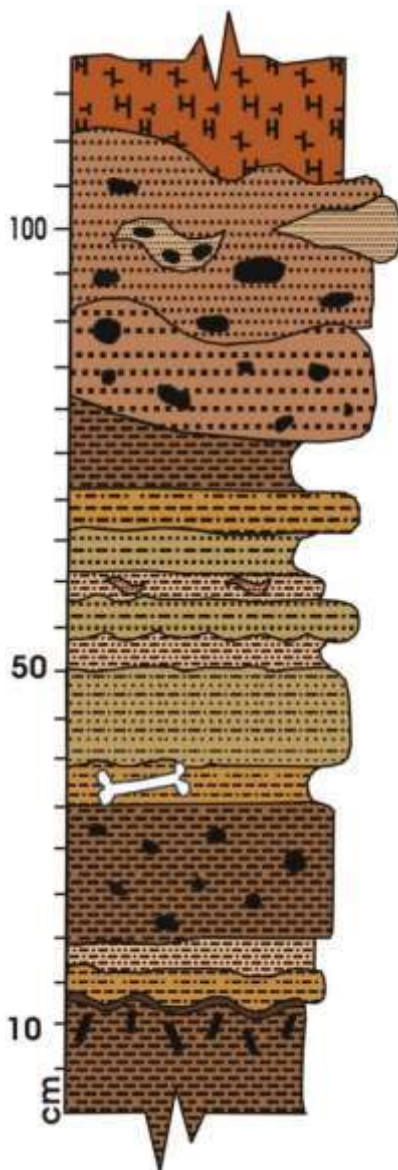


Figura. 7 Columna estratigráfica de la localidad Cañada del Misterio-*Bison*.

COLUMNA TRES

CAÑADA DEL MISTERIO-*Equus*

De acuerdo a su diferenciación litológica dentro de la columna estratigráfica se pueden observar siete estratos bien representados (Fig. 8). Describiendo de la base a la cima se puede observar un estrato de 12 cm. de espesor visibles, compuesto por un material limo arcilloso. Sobreyaciendo a éste aparece un estrato masivo de 36 centímetros de espesor, color rosáceo de composición arenosa media.

De manera transicional le sobreyace un estrato de 36 cm. de espesor, de material limo arenoso de color pardo claro con lentes de arenas finas.

Le sobreyace concordantemente un estrato de 11 cm. de espesor, compuesto de arena gruesa, con clastos de aproximadamente tres cm. de diámetro. El horizonte fosilífero está ubicado entre este estrato y el que sobreyace a este, el cual consiste de limos finos masivos de color negro con un gran contenido de carbones.

En contacto discordante angular y erosivo aparecen arenas gruesas tiltadas, con un espesor de 10 cm. que pasan en brusco contacto formando canales compuestos de arenas medias con clastos de entre uno a tres cm. de diámetro acomodadas en una estratificación cruzada. Éste parece un evento de alta energía ya que forma canales que erosionan abruptamente la secuencia previa.

Sucesivamente y de forma erosiva, se puede observar un estrato de 16 cm. de espesor de limos arenosos color pardo claro.

Coronando la columna estratigráfica se encuentran los paleosuelos de 44 cm. de espesor.

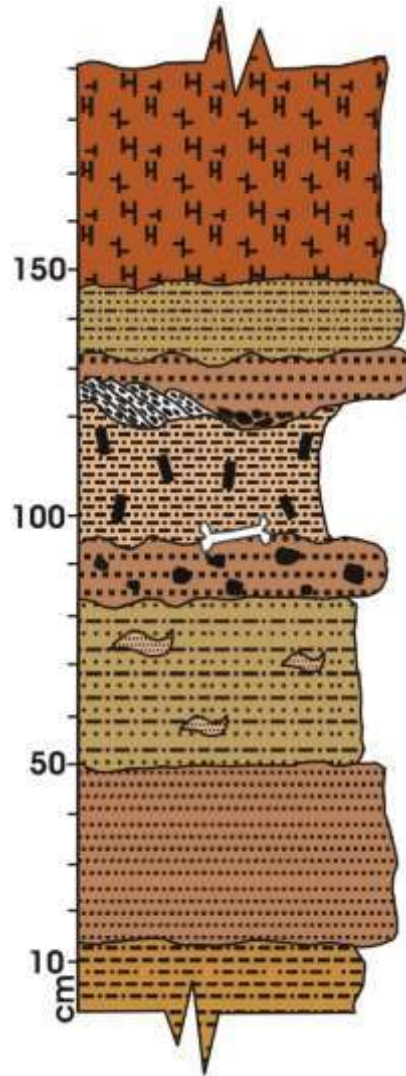


Figura. 8 Columna estratigráfica, Cañada del Misterio - *Equus*.

COLUMNA CUATRO

LLANO DE HUESO

Litológicamente se pueden observar dos unidades estratigráficas (Fig. 9); de la base a la cima la primera unidad está representada por un estrato de 59 centímetros visibles con clastos de material volcánico. Le sobreyace de forma erosiva una unidad compuesta por cuatro estratos claramente diferenciables: a) el estrato uno con un espesor de 21 cm. está compuesto por arenas medias, con lentes imbricados de arenas finas; en la cima de este estrato se presentan microconglomerados menores a un centímetro de diámetro. b) el estrato dos con un espesor de 30 cm. está compuesto por arenas medias conteniendo paleocanales de arenas gruesas que sobresalen en la morfología de la columna. c) El estrato tres está representado por arenas mal clasificadas que incluyen paleocanales de arenas medias. d) de manera erosiva le sobreyacen arenas medias con clastos de entre dos y ocho cm. de diámetro. Entre el tercer y cuarto estrato se encuentra el horizonte fosilífero incluido dentro de un capa limosa negra.

Coronando la columna estratigráfica se encuentran los suelos con 31 cm. de espesor.

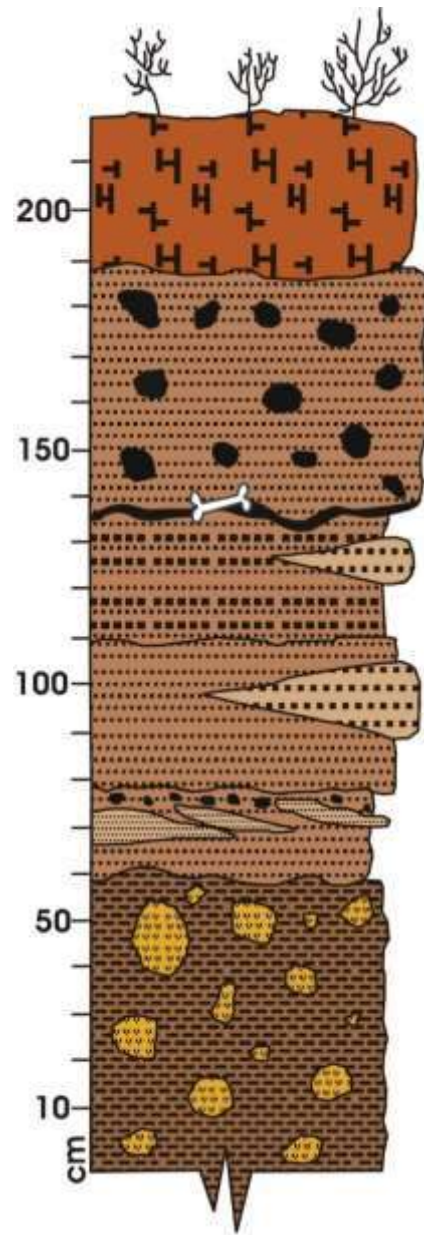


Figura. 9 Columna estratigráfica - Llano de Hueso.

COLUMNA CINCO

MORELOS

De acuerdo a su litología se pueden contemplar seis unidades diferenciabiles (Fig. 10). La primera unidad con un espesor de 98 cm. de un material arcilloso color café medio, presenta una intercalación de nueve centímetros de arenas medias, color rosáceo.

La unidad dos se encuentra en contacto erosivo muy ondulado y consiste de tres niveles limo arcillosos: a) en el primer nivel se encuentra el material fosilífero contenido en una capa de color negro. Tiene una espesor de 25 cm. b) el estrato dos se caracteriza por la presencia de grietas de desecación orientadas verticalmente y paralela una de otra con un espesor de 23 cm. c) el tercer estrato, masivo limo arcilloso, con un espesor de 22 cm.

En contacto erosivo sobreyace la unidad tres, con un espesor de 36 cm. de composición arenosa que se encuentra interrumpida por dos paleocanales de nueve y cinco centímetros de espesor con microconglomerados agradacionales. Se intercala un nivel limoso de 16 cm. de espesor, con presencia de carbones polidireccionales.

La unidad cuatro está constituida por un estrato de 27 cm. de espesor, compuesto por un material limo arenoso de color pardo claro.

De manera erosiva le sobreyace la unidad cinco compuesta por tres estratos; el primer estrato, con un espesor de ocho cm. en promedio, es un lente de arenas gruesas con clastos en la base que no sobrepasan los cinco cm. de diámetro. La unidad dos y tres están representadas por un material limoso, la diferencia entre estos es la presencia de clastos subredondeados presentes en la unidad tres.

Coronan paleosuelos, con un espesor medido de 17 cm.

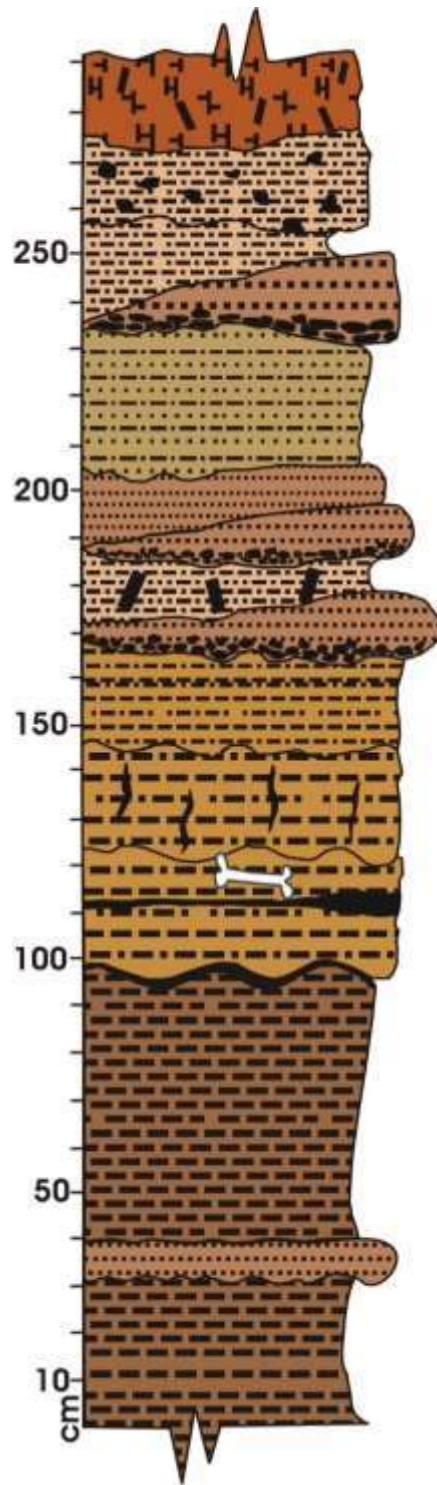


Figura 9 Columna estratigráfica de la localidad Morelos.

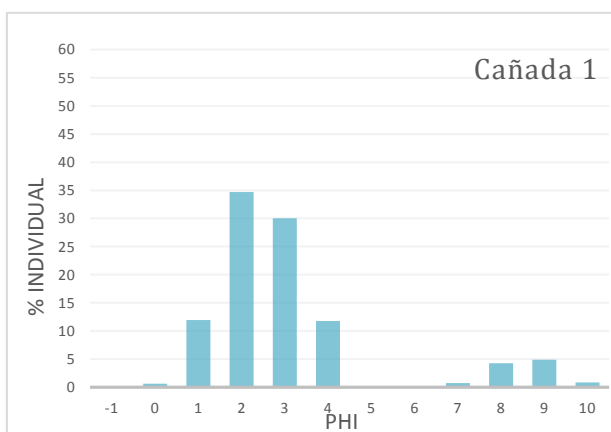
IV.1.2. GRANULOMETRÍA Y PARTÍCULAS FINAS

Para este análisis se seleccionaron los estratos de dos columnas estratigráficas, se realizaron los análisis de 22 muestras (14 de la columna ubicada en la localidad Cañada del Misterio y 8 de la localidad Morelos). Los tamaños de partículas corresponden a diámetros que van de un Φ -3 a un Φ 10.

Uno de los resultados obtenidos en éste análisis es el porcentaje individual de cada Phi, el cual se obtiene en gramos. Todas las gráficas descritas a continuación presentan una tendencia bimodal inclinándose mayormente hacia los Φ 3 y 4 correspondientes a arenas finas y muy finas y con un menor porcentaje pero significativo, de limo fino y arcilla gruesa. Se excluye el estrato “Morelos 7”, donde se presenta una gráfica con un mayor porcentaje con tendencia hacia partículas de Φ 2 y 3.

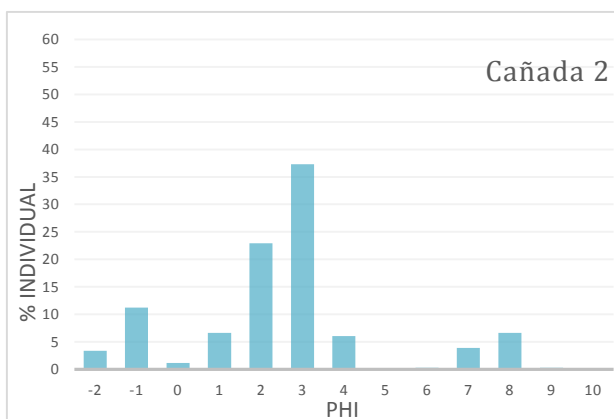
Cada estrato presenta variaciones simples (no dejando por un lado la bimodalidad de la misma) yendo la mayoría de -2 (gránulo) Φ hasta 4 Φ y de 7 a 10 (arcilla media).

Las tablas con los datos están incluidas dentro de los anexos, donde se especifica el tamaño de partícula presente en cada estrato con respecto a su porcentaje individual y la representación del porcentaje acumulado.



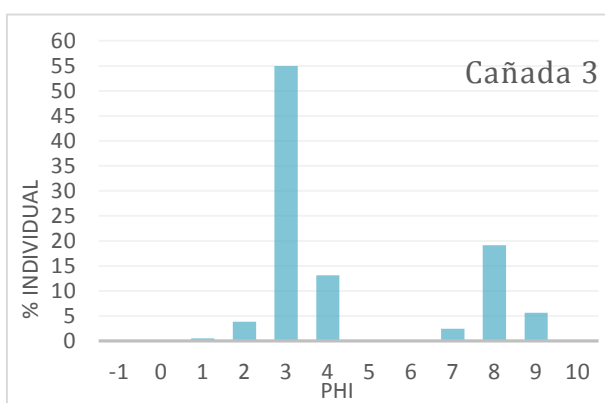
Cañada del Misterio (Estrato 1- basal)

Gráfica bimodal, constituida por un tamaño de partícula que va de un Φ -1 a 10; desde grava a arcillas medias. Predominando arena media y fina con arcillas gruesas.



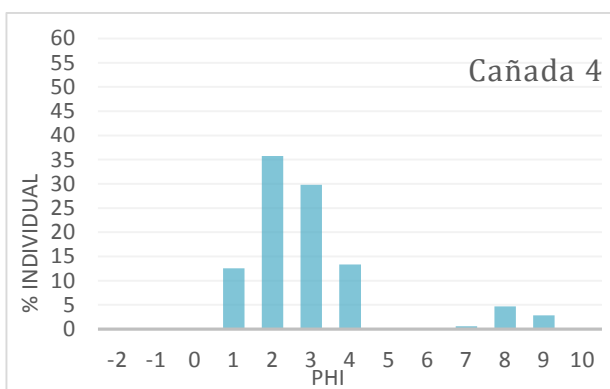
Cañada del Misterio (Estrato 2)

Gráfica bimodal, representada por un Φ -2 a 10, de las cuales predominan las arenas medias y limos finos. Contiene un alto contenido de gasterópodos fósiles.



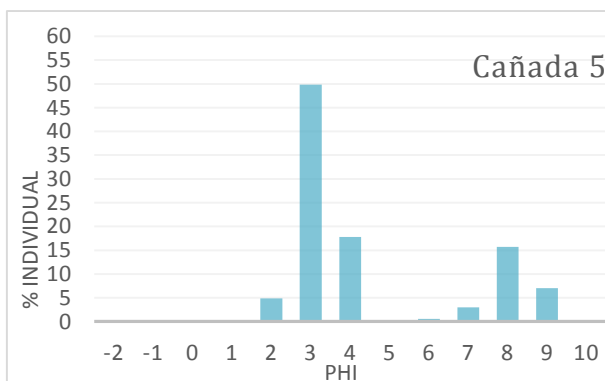
Cañada del Misterio (Estrato 3)

Gráfica bimodal, que va de un tamaño de partícula de -1 a 10 Φ ; de los cuales las arenas medias y limos medios son los mayormente representados para este estrato. Éste tiene un alto contenido en carbón.



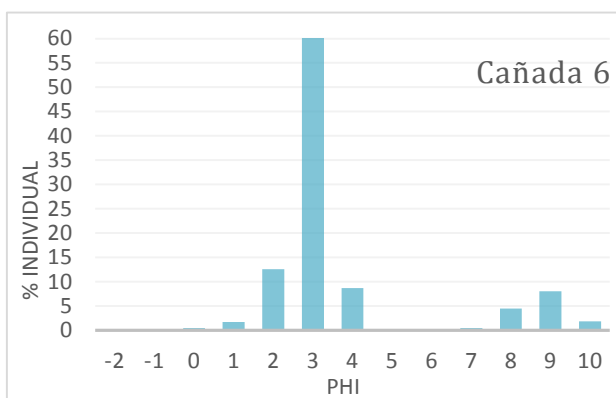
Cañada del Misterio (Estrato 4)

Gráfica bimodal con Φ de -2 a 10 con una predominancia en Φ 2, 3 y 8, correspondiente a arenas finas y muy finas con limo muy fina y arcillas gruesas.



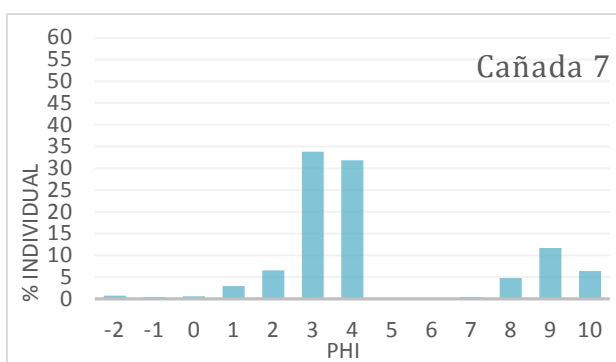
Cañada del Misterio (Estrato 5)

Gráfico representado bimodalmente, mayormente representado por un Φ 3 (arenas muy finas) y un Φ 8 y 9 (limo muy fino a arcillas gruesas.). Alto contenido de carbón.



Cañada del Misterio (Estrato 6)

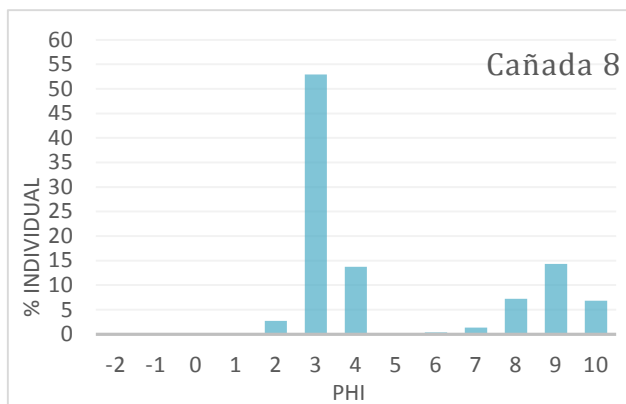
Gráfica bimodal con una mayor concentración de arenas muy finas y arcillas gruesas (Φ 3 y 9), la cual va de un Φ -2 a 10.



Cañada del Misterio (Estrato 7)

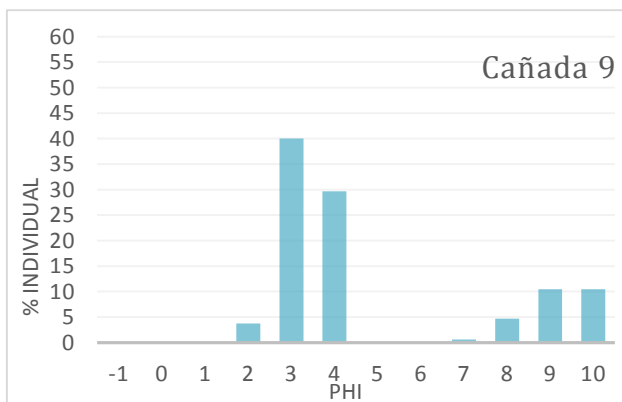
Los resultados obtenidos de este gráfico bimodal van de un Φ -2 a 10, de los cuales los más representativos son 3 - 4 (arena fina y muy fina) y 9 - 10 (arcilla gruesa y media).

A diferencia de las demás esta presenta alto contenido en carbón.



Cañada del Misterio (Estrato 8)

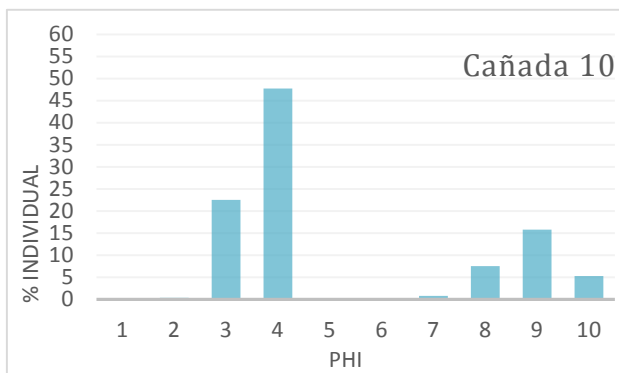
EL gráfico está mayormente representado por arena fina (Φ 3) y limo muy fino a arcilla media (Φ 8 a 10). Éste abarca, con un menor porcentaje individual, desde grava fina- a arcilla media (Φ -2 a 10).



Cañada del Misterio (Estrato 9)

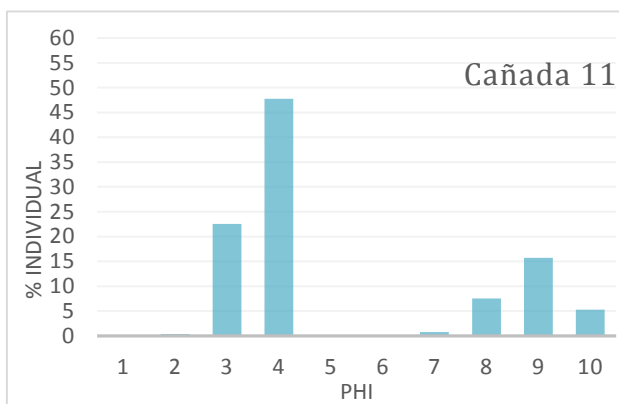
Dicha gráfica está representada desde un Φ -1 hasta un Φ 10 dentro de los cuales los más representativos son 3 - 4 (arena fina y muy fina) y 9 - 10 (arcilla gruesa y media).

Estrato fosilífero.



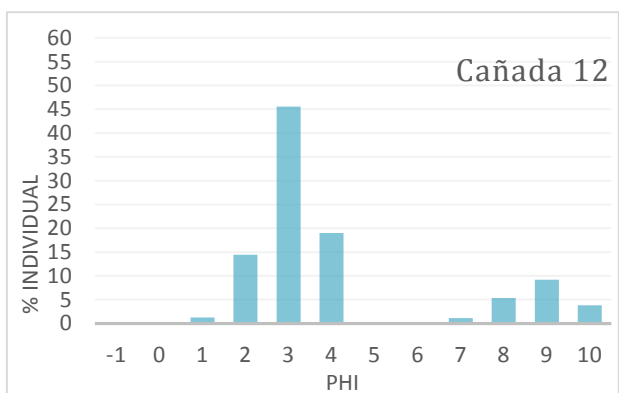
Cañada del Misterio (Estrato 10)

El contenido en porcentaje individual de este estrato está mayormente constituido por arenas finas- muy finas y por arcillas gruesas (Φ 3,4 y 9). Dicho gráfico se comporta bimodalmente desde un Φ 1 hasta un Φ 10.



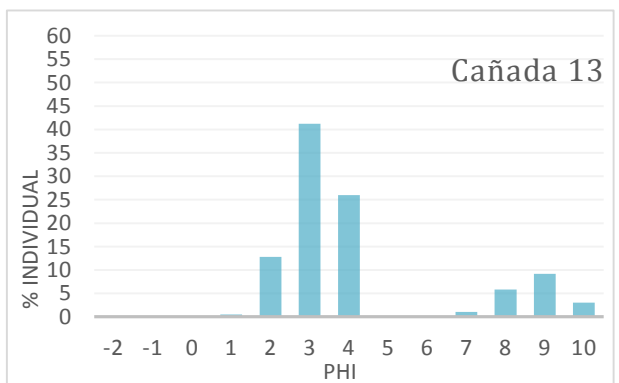
Cañada del Misterio (Estrato 11)

Gráfica bimodal, que va de un Φ 1 hasta un Φ 10 (arena gruesa a arcilla media). Éste representado por arenas finas y arcillas gruesas (Φ 4 y 9).



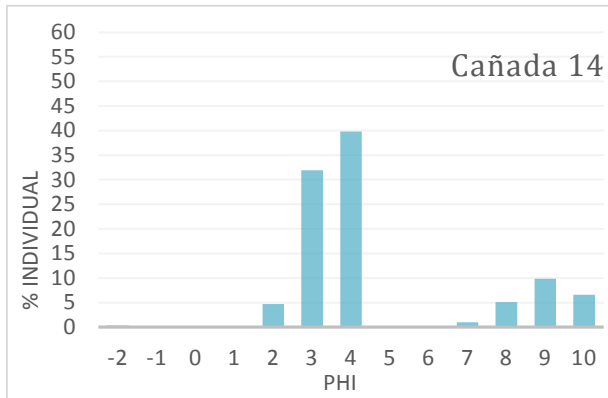
Cañada del Misterio (Estrato 12)

Los resultados obtenidos se encuentran dentro de un gráfico bimodal, el cual va de un Φ -1 hasta un Φ 10, Éste está representado por un porcentaje individual mayor en el 3 y 9 (arena fina y arcillas medias).



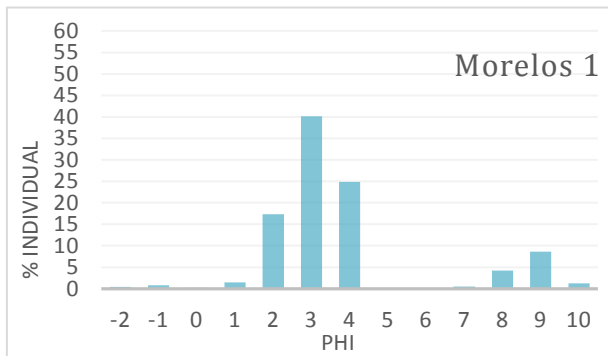
Cañada del Misterio (Estrato 13)

Éste gráfico se presenta de manera bimodal donde son predominantes los Φ 3 – 4 y 8 – 9 los cuales están representados por arenas finas a muy finas, limos muy finos y arcilla gruesa, respectivamente.



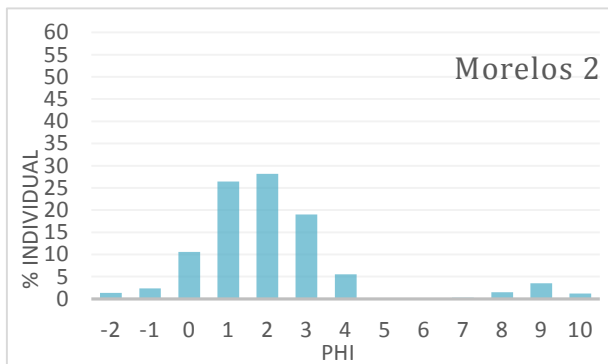
Cañada del Misterio (Estrato 14)

Al igual que el estrato anterior este está mayormente dominado por los Φ 3 y 4 (aumentado ligeramente el porcentaje en este tamaño de partícula) y en Φ 8 y 9, los cuales están asociados a limos muy finos y arcillas gruesas.



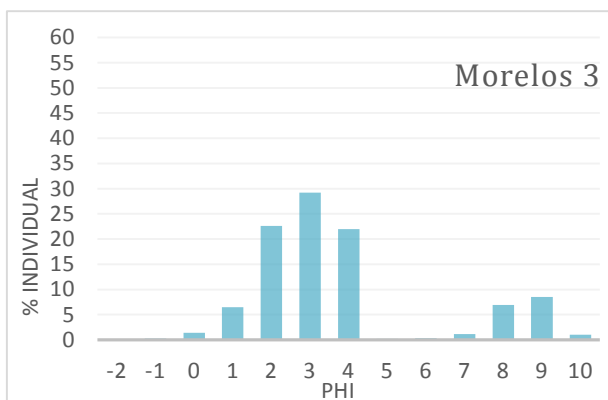
Morelos (Estrato 1-basal)

La mayoría de los estratos, están representados por el mismo tamaño de partícula. Predominan por arenas finas a muy finas (Φ 3 y 4) y arcillas medias (Φ 9)



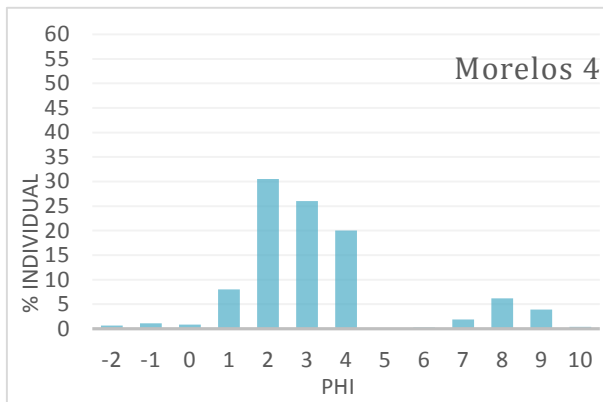
Morelos (Estrato 2)

El estrato 2 de esta columna contiene una mayor concentración de partículas con mayor tamaño que van de un Φ -2 a 10, grava media a arcilla media, respectivamente. Con una mayor concentración de arena media y gruesa (Φ 1 y 2).



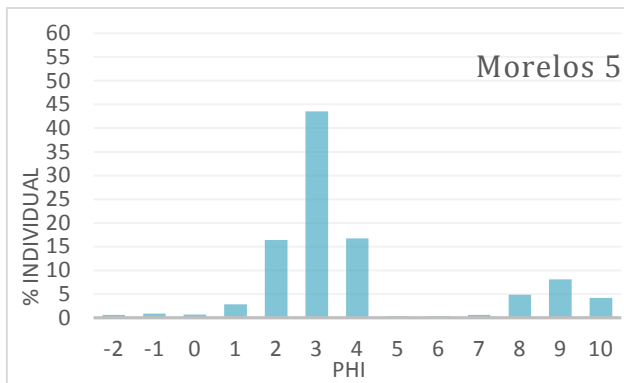
Morelos (Estrato 3)

Gráfica con tendencia bimodal mayormente representado por arenas finas (Φ 3) y arcillas gruesas (Φ 9).



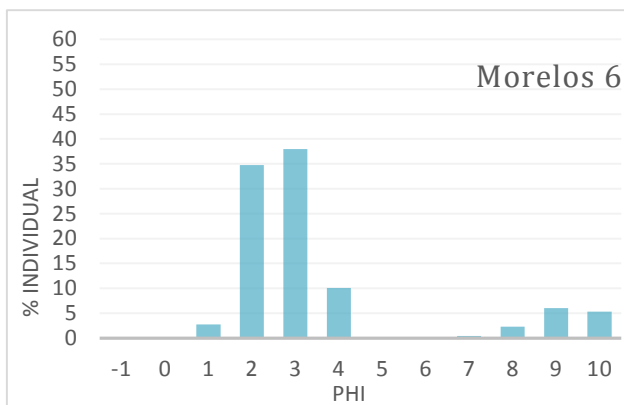
Morelos (Estrato 4)

Gráfica bimodal representada por Φ 2 (arena media) y limo muy fino.



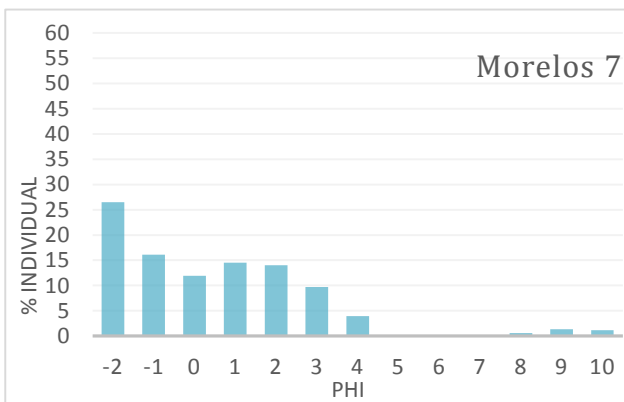
Morelos (Estrato 5)

El estrato cinco está representado por partículas de un Φ -2 a un Φ 10; con una mayor concentración de arena fina (Phi 3) y arcilla gruesa (Φ 9).



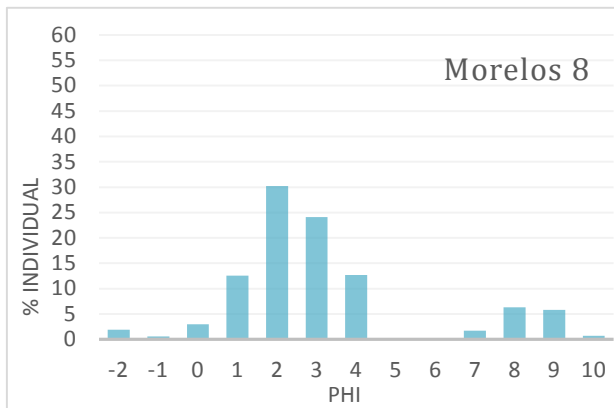
Morelos (Estrato 6)

Estrato seis representado en una gráfica bimodal con partículas de Φ -1 a Φ 10; con un mayor porcentaje en partículas de Φ 2 y 3 (arena media y fina) y Φ 9 y 10 (arcilla gruesa y media).



Morelos (Estrato 7)

El estrato siete está compuesto por un tamaño de partícula que va desde un Φ -2 a 10 (grava media a arcilla media), en el cual dominan las gravas medias.



Morelos (Estrato 8)

Dentro del estrato caracterizado, se obtiene una gráfica bimodal con una mayor tendencia a partículas con Φ 2 (arena media) y en el caso de las partículas de menor tamaño los Phi 8 y 9, arcilla gruesa y limo muy fino, respectivamente.

Gráficas completas de granulometría y partículas finas

Los resultados de los análisis de granulometría y partículas finas nos dan como resultado una gráfica bimodal donde podemos observar fluctuaciones de energía similares, manteniendo como mayor porcentaje de arenas medias a arenas muy finas (Φ 3, 4 y 5) y de arcillas gruesas a arcillas medias (Φ 8 y 9) como se puede observar en la figura 29 (Anexos).

IV.1.3. MINERALOGÍA

IV.1.3.1. Difracción de rayos x

Se realizaron análisis de difracción de rayos X e infrarrojo de cuatro estratos de la Cañada del Misterio de dos columnas diferentes y uno de la localidad de Morelos, de los niveles más representativos, dentro de los que se incluyen dos niveles fosilíferos de vertebrados y los restantes con un alto contenido de gasterópodos.

Son comunes los siguientes minerales a lo largo de las columnas: Cuarzo, vermiculita, calcita, montmorillonita, y andesina, exceptuando la magnetita, la cual está presente solamente en el análisis de “Cañada del misterio – *Notrotheriops*” (Fig. 13). Se puede observar un patrón muy similar en cuanto a las fases minerales presentes en cada estrato.

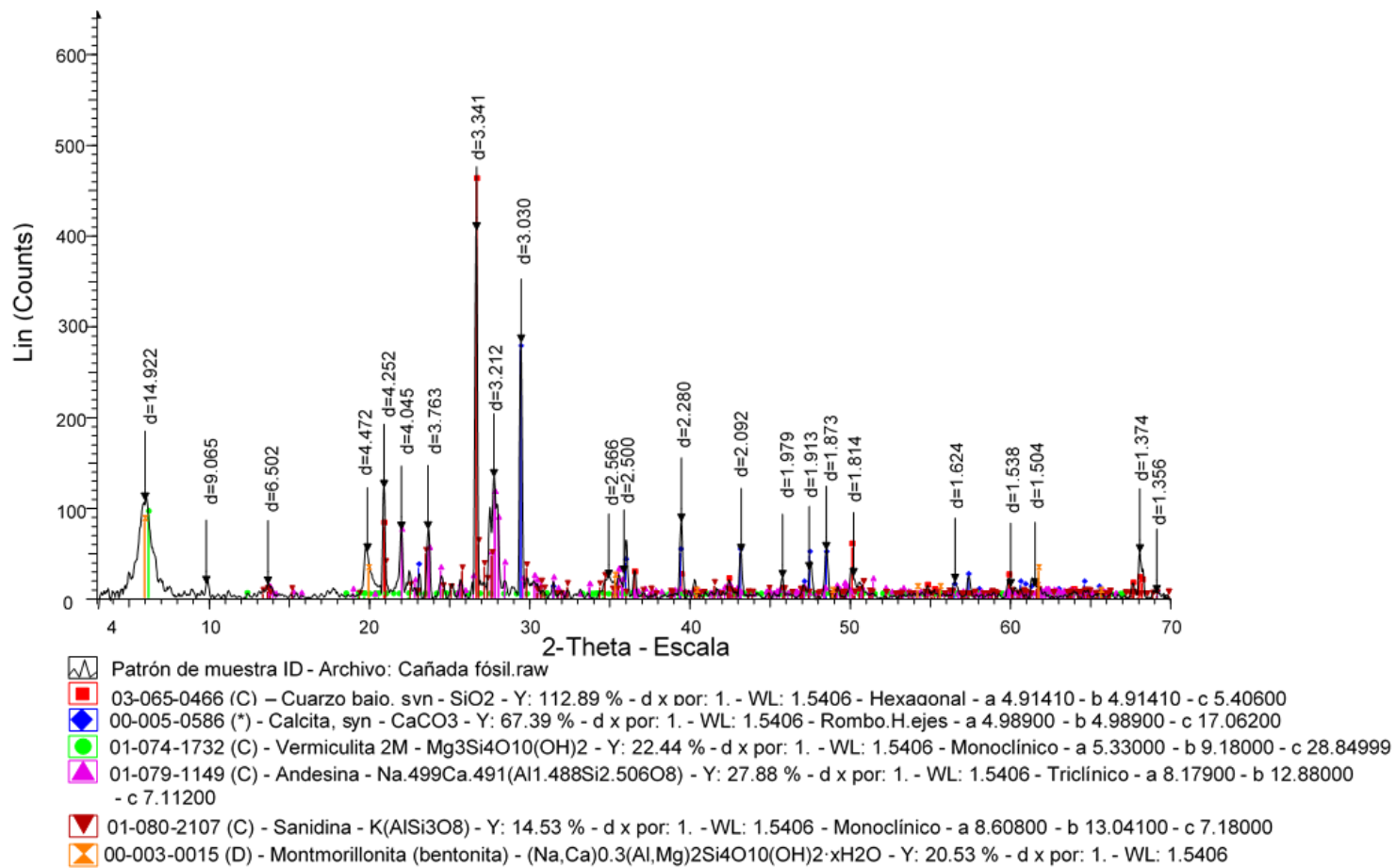


Figura. 10 Estrato donde se sitúa la pelvis del género *Nothrotheriops* en la localidad Cañada del Misterio

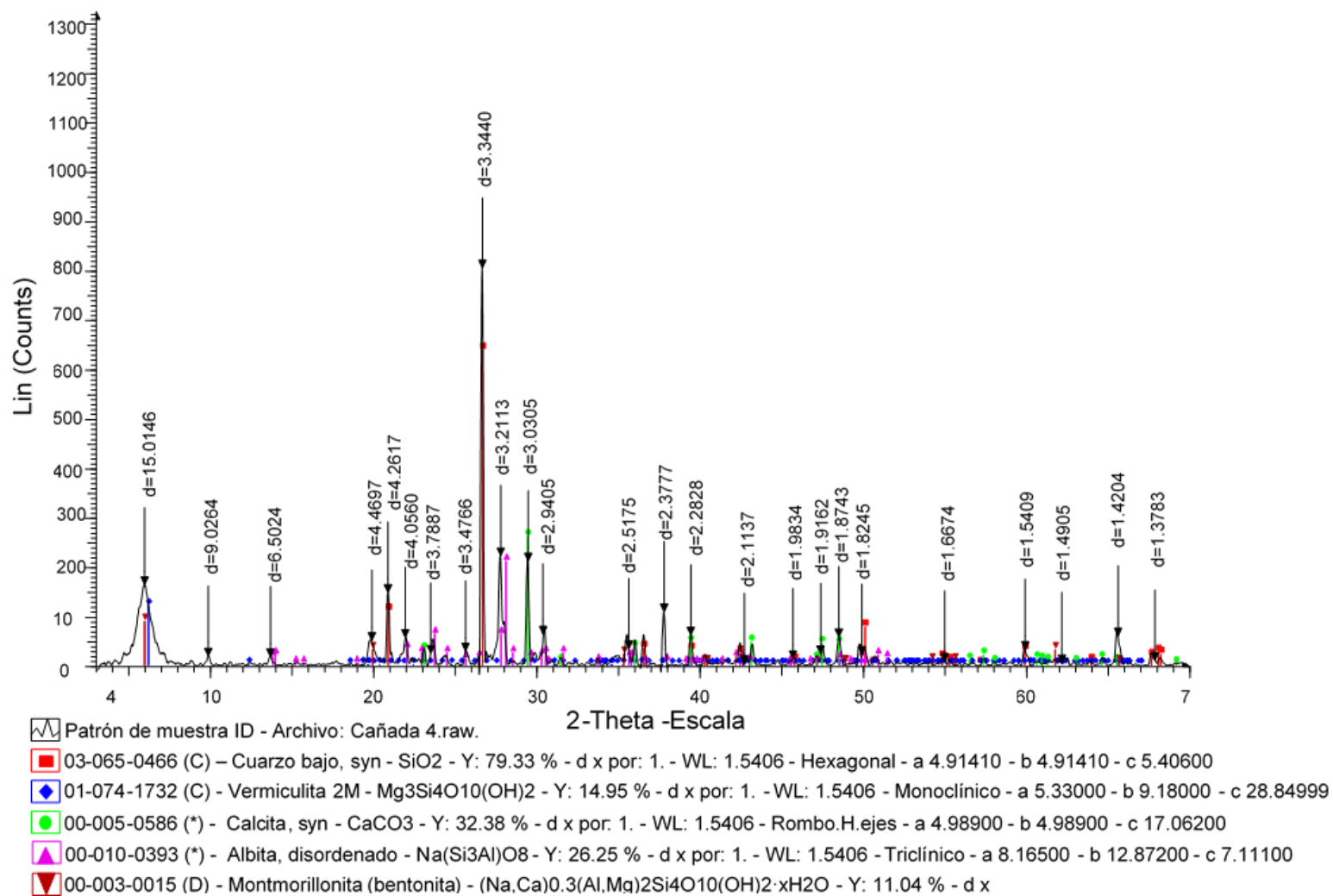


Figura. 11a Estrato cuatro de la columna donde se encuentra la pelvis del género *Nothrotheriops* en la localidad Cañada del Misterio.

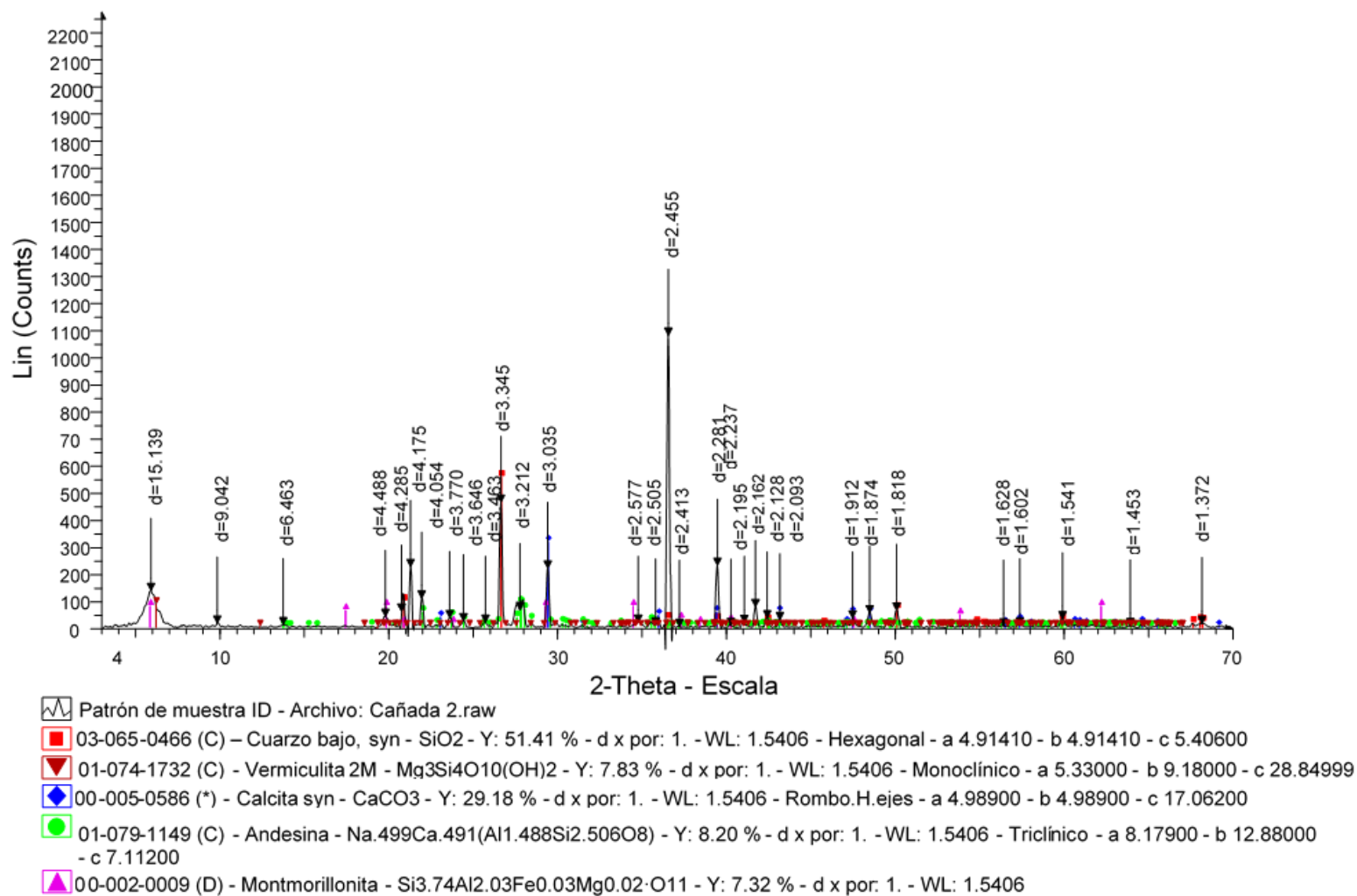


Figura. 11b Estrato dos de la columna donde se encuentra la pelvis del género *Nothrotheriops* en la localidad Cañada del Misterio.

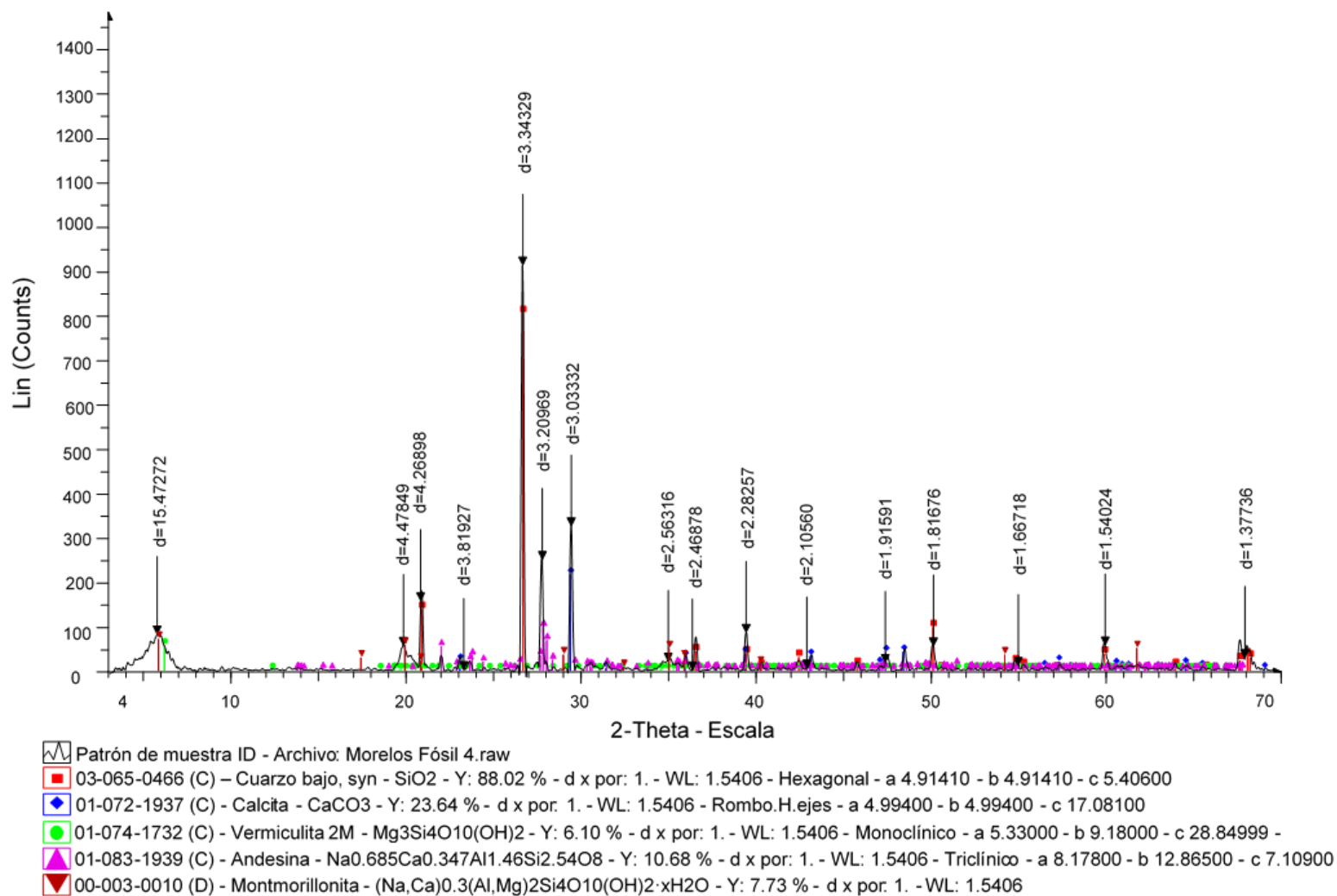


Figura. 12 Estrato cuatro de la columna “Morelos” en la localidad Morelos.

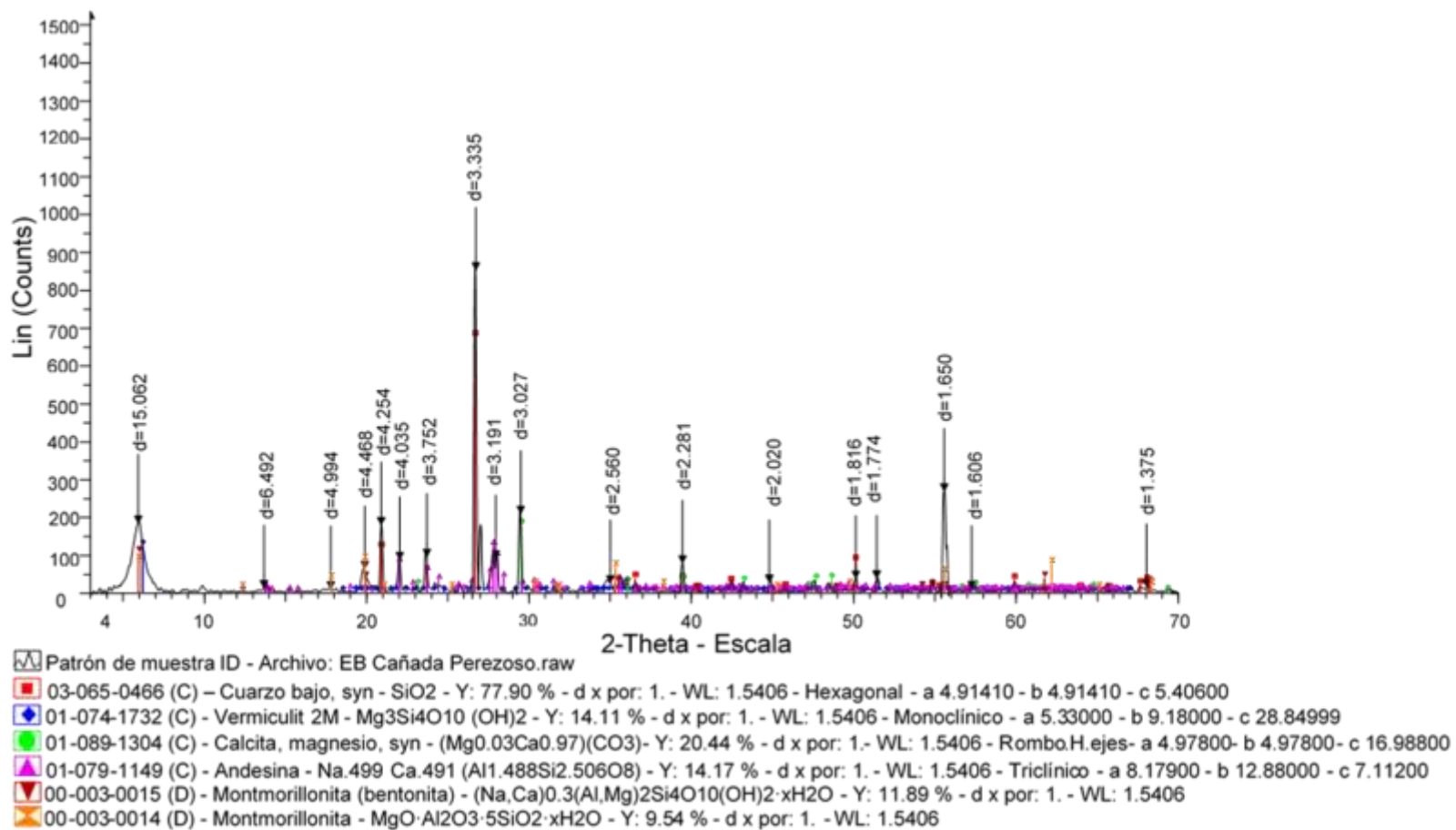


Figura. 13 Estrato dos de la columna “Cañada del Misterio – *Bison*” en la localidad Cañada del Misterio.

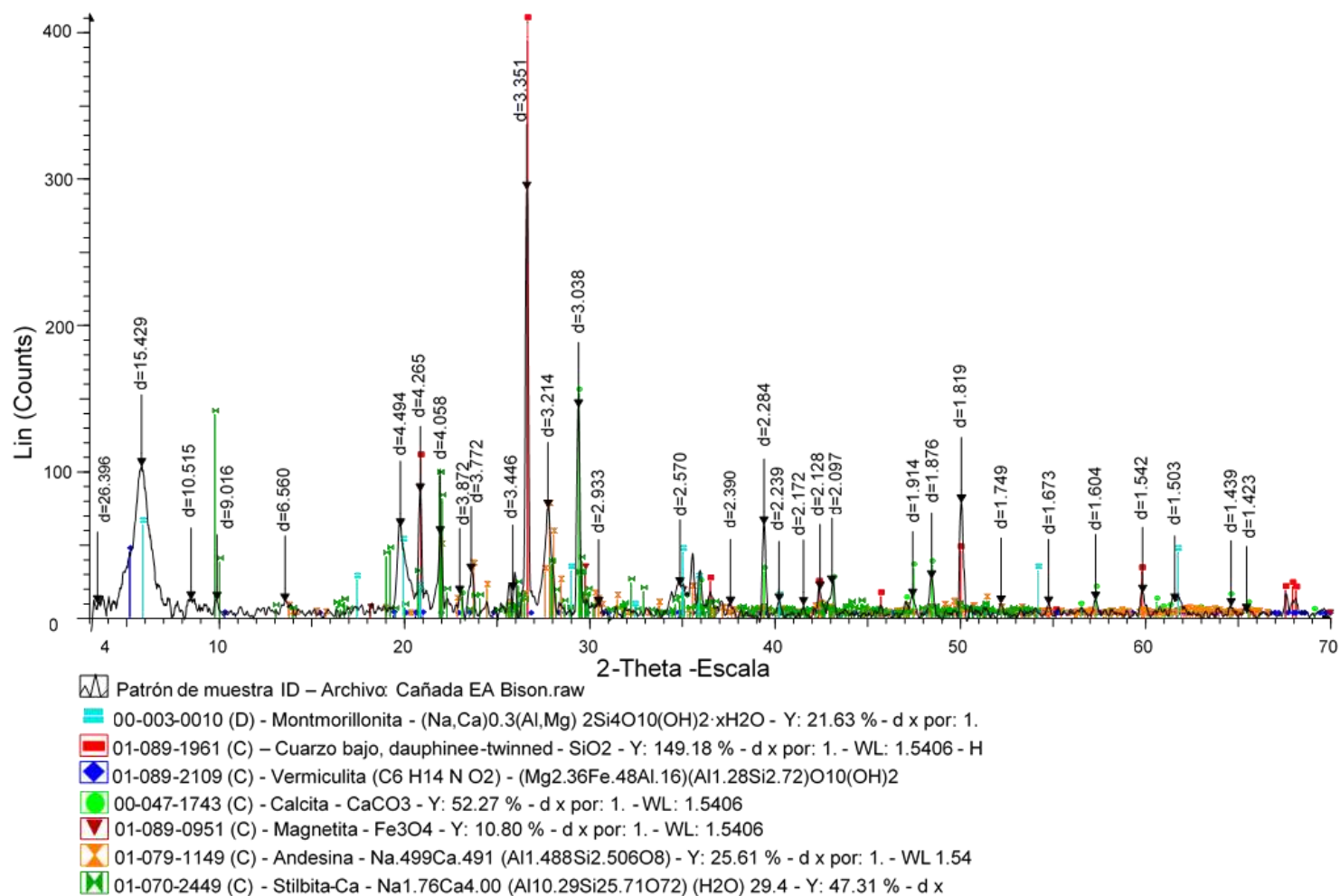


Figura. 14 Estrato cinco de la columna “Cañada del Misterio – *Bison*” en la localidad Cañada del Misterio

IV.1.3.2. Infrarrojo

Se realizó un análisis de infrarrojo (Fig. 15) para corroborar los resultados de difracción de rayos X, con respecto a la presencia de minerales asociados a la monmorillonita dentro de los mismos estratos. Este mineral se presenta dentro de los 3500 onda.

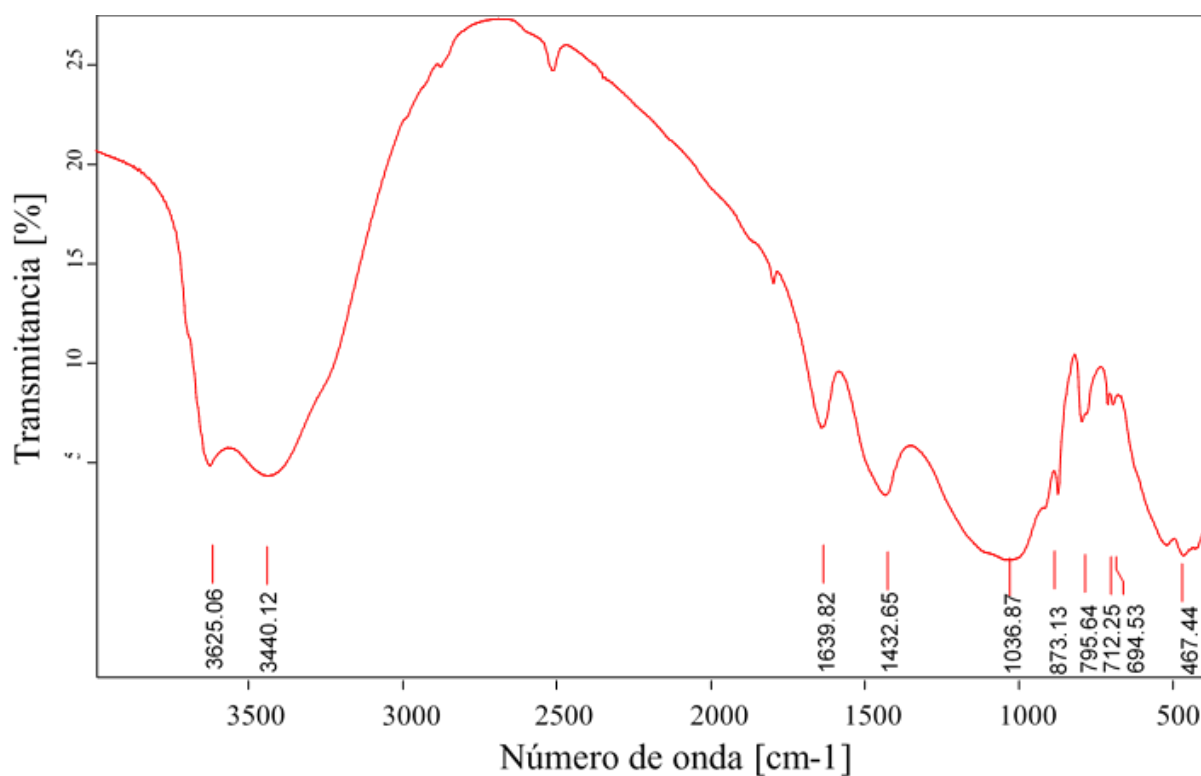


Figura. 15 Análisis de Infrarojo del estrato cinco en la columna “Cañada del Mistero - *Bison*”

IV.1.3.3. Fechamiento – Carbono 14

Se mandaron a fechar tres muestras al laboratorio “Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory”, dos de ellas carbón (materia orgánica) y la otra se obtuvo de un gasterópodo que se encontraba asociado a la pelvis de un perezoso terrestre (del género *Nothrotheriops*). Las fechas obtenidas están calibradas y se muestran en la Tabla 1. Una de las fechas pertenece a la localidad Cañada del Misterio y las dos restantes a la localidad de Morelos (Fig. 16).

Tabla 1. Edades cronológicas realizadas con C^{14} para dos de las localidades estudiadas.

Muestra	BETA	Localidad	Edad
Caracol en cadera de perezoso	390617	Cañada del Misterio	40,400 +/- 480 a. P
Materia orgánica		Morelos	16,590 +/- 50 a. P
Materia orgánica	383276	Morelos	6080 +/- 30 a. P

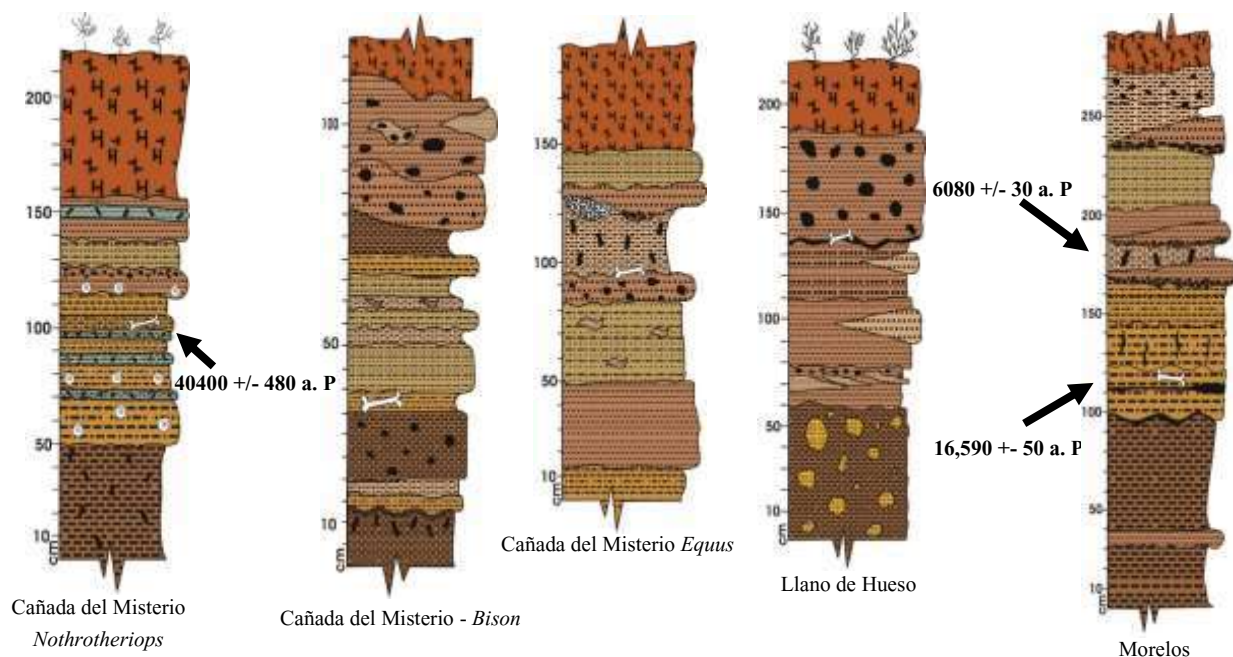


Figura. 16 Ubicación de los fechamientos en las columnas estratigráficas.

Los fósiles vertebrados encontrados dentro de la columna Cañada de Misterio – *Nothrotheriops*, se identificaron por medio de la comparación con otros ejemplares de distintas localidades dentro y fuera del país. Éstos se describen y discuten a continuación:

IV.1.4. Paleontología sistemática

Orden Perissodactyla Owen, 1848

Familia Equidae Gray, 1821

Subfamilia Equinae Steinmann y Döderlein, 1890

Tribu Equini Gray, 1821

Género *Equus* Linnaeus, 1758

Equus conversidens Owen, 1869

Material referido

Localidad Oax-6, Cañada del misterio. Premaxilar: UMPE 625-9; premolares y molares superiores: UMPE 625-1, P2 derecho, UMPE 625-2, P2 izquierdo, UMPE 625-3, P3 derecho, UMPE 625-4, P3 izquierdo, UMPE 625-5, P4 derecho, UMPE 625-6, P4 izquierdo, UMPE 535, M1 derecho, UMPE 625-7, M1 izquierdo, UMPE 625-8, M3 izquierdo; premolares y molares inferiores: UMPE 542, p4 derecho, UMPE 508, m1.

Alcance biocronológico y distribución geográfica

La especie *Equus conversidens* tiene un alcance cronológico desde el Irvingtoniano hasta el Rancholabreano. En Norteamérica se ha registrado en el Norte de Estados Unidos en: Crystal Ball Cave, Utah (Heaton, 1985); Fauna local Moore Pit cerca de Dallas (Slaughter, 1966), los Condados Lubbock, Hardeman y Randall, Texas (Dalquest y Hughes, 1965); Papago Springs, Arizona (Skinner, 1942); La Brea, Condado Los Ángeles y el desierto de Mojave, Condado San Bernardino,

California (Scott, 1996; Lamber y Holling, 1998); y para México esta especie se ha registrado en: San Clemente de Térapa, Sonora (Carranza-Castañeda y Roldán-Quintana, 2007); Cueva de San Josecito, Nuevo León (Arroyo - Cabrales y Johnson, 2003); El Cedral, San Luis Potosí (Alberdi *et al.*, 2003); Cedazo, Aguascalientes (Mooser y Dalquest, 1975); Ameca, Chapala y Zacoalco, Jalisco (Lucas, 2008a; Lucas, 2008b); Cuitzeo, Michoacán (Marín - Leyva *et al.*, 2016; San Agustín Tlaxiaca y Epazoyucan, Hidalgo (Bravo - Cuevas *et al.*, 2011); Valle de Tequixquiac, Estado de México (Hibbard, 1955); Santa Cruz Nuevo, Puebla (Tovar *et al.*, 2007); San Clemente de Térapa, Sonora (Carranza - Castañeda y Roldán - Quintana, 2007); Mixteca Alta, Noroeste de Oaxaca (Jiménez - Hidalgo *et al.*, 2012); Villaflores, Chiapas (Gómez - Pérez y Carbot - Chanona, 2012); Loltún, Yucatán (Vázquez - Domínguez y Arita, 2010). En Centroamérica en La Majadita y Yeroconte, Honduras (Jackson y Fernández, 2005; Lucas, 2008c); Río Tomayate, El Salvador (Cisneros, 2005); Aguascalientes de Cartago, Costa Rica (Valerio - Zamora y Laurito Mora, 2004).

Descripción

UMPE 625-1, P2D: Tiene forma triangular, la parte mesial está fragmentada por lo que no se puede observar el parastilo, la prefoseta y posfoseta son alargadas con nueve pliegues poco profundos y uno profundo; protocono ovalado, el valle postprotoconal va de ancho a estrecho conforme se acerca al plicaballín, éste es alargado y profundo.

UMPE 625-2, P2I: Tiene una forma triangular con el eje mayor en dirección mesiodistal, la porción anterior tiene forma triangular con su ápice mesial redondeado; el mesostilo es ancho con contorno cuadrangular, la prefoseta y la postfoseta son alargadas mesiodistalmente y están deprimidas, tienen de uno a tres pliegues, de los cuales al menos dos son profundos. El protocono es alargado, el valle postprotoconal es estrecho y profundo, y el plicaballín está bien desarrollado.

UMPE 625-3, P3D: Tiene forma cuadrangular, el parastilo y el metastilo tienen forma cuadrada. La prefoseta y la postfoseta están alargadas mesiodistalmente, estas tienen 10 pliegues, de los cuales solo cuatro son más profundos y uno de estos es más ancho (pliposfoseta). El surco

hipoconal tiene forma triangular y es estrecho. El protocono es alargado con una concavidad en la porción lingual y está ligeramente lanceolado. Plicaballín bien desarrollado.

UMPE 625-4, P3I: Forma cuadrangular. El mesostilo es ancho con forma cuadrangular; la prefoseta y la postfoseta se encuentran comprimidas mesiodistalmente, presentan nueve pliegues de las cuales cuatro son más profundos; el protocono es alargado con forma ovoide y con una ligera concavidad en la parte lingual; el valle postprotoconal profundo y estrecho y el plicaballín está muy desarrollado.

UMPE 625-5, P4D: Presenta un mesostilo y parastilo con forma cuadrangular; prefoseta y posfoseta alargadas mesiodistalmente; estas presentan 10 pliegues de los cuales cuatro son más alargados y profundos, dos de estos (pliprotocónulo y plihipostilo) son estrechos con el ápice en forma triangular, mientras que los otros dos (pliprotolofo y pliposfoseta) son mayormente profundos y anchos con el ápice redondeado. El protocono se encuentra plegado en dos partes de la porción lingual. El surco postprotoconal está ligeramente estrecho; el plicaballín consta de dos pliegues.

UMPE 625-6, P4I: Presenta un mesostilo y parastilo con forma cuadrangular; prefoseta y posfoseta alargadas mesiodistalmente con siete pliegues, cuatro de ellos más profundos con el ápice redondeado. El protocono se encuentra plegado en dos partes de la porción lingual. El surco postprotoconal se encuentra ligeramente estrecho; el plicaballín se encuentra plegado.

UMPE 535, M1D: El mesostilo tiene forma cuadrada y el parastilo es redondeado del ápice. La prefoseta y postfoseta están deprimidas, éstas presentan cuatro pliegues de los cuales solo dos (pliprotocónulo y pliposfoseta) son profundos. El protocono es ovoide. El plicaballín está poco desarrollado y el valle postprotoconal muy estrecho.

UMPE 625-7, M1I: El mesostilo y el parastilo tienen forma circular. La prefoseta y la posfoseta están comprimidas, tienen cuatro pliegues y solo dos (pliprotocónulo y pliposfoseta) son profundos

con el ápice con forma triangular. El surco hipoconal estrecho en su ápice, valle porstprotoconal estrecho y plicaballin poco desarrollado.

UMPE 625-8, M3I: El mesostilo está redondeado, mientras que el parastilo es cuadrado. La prefoseta está alargada mesiodistalmente y la postfoseta se encuentra comprimida con ocho pliegues, solo el pliprotocónulo es profundo. El protocono alargado mesiodistalmente y angosto labio-lingualmente, el cual presenta dos plegamientos. El surco preprotoconal es profundo, angosto de la parte mesial y ovalada de la parte distal con ápice redondeado; el surco hipoconal es profundo con forma semicircular, éste es estrecho. El plicaballín no está desarrollado.

UMPE 542, p4D: Tiene forma rectangular. El metacónido es ovalado y el metastilido es triangular en su ápice. Linguafléxico poco profundo con la base redondeada y no penetra el istmo. El metafléxico tiene una ligera concavidad en la porción labial; el entofléxico es alargado mesiodistalmente y está lanceolado. El entocónido es ovalado. El istmo está muy estrecho. El hipocónido es más amplio que el protocónido. El plicaballínido está bien desarrollado.

UMPE 508, m1D: Tiene forma rectangular. El metacónido es ovalado y el metastilido es triangular en su ápice. El linguafléxico es profundo y no penetra el istmo. El metafléxico y el entofléxico están alargados y estrechos mesiodistalmente y solo el metafléxico tiene forma lanceolada en el esmalte. El istmo es ancho. Tanto el hipocónido como el protocónido tienen forma rectangular.

UMPE 611, m2I: Tiene forma rectangular. El metacónido y el metastilido tienen forma ovoide; con el ápice redondeado y triangular, respectivamente. El linguafléxico es profundo y no penetra el istmo. Entocónido ovalado; el istmo es amplio. El metafléxico es alargado con una profunda concavidad en la porción lingual y el entofléxico es alargado mesiodistalmente y está lanceolado. El protocónido tiene forma rectangular y está deprimido, el hipocónido no se puede observar debido a la fragmentación de esa porción del molar. El plicaballínido está bien desarrollado.

UMPE 625-9, Premaxilar: Solo preserva el cuerpo de la premaxila y los procesos premaxilares. El premaxilar derecho carece del primer incisivo, pero se observa el alveolo con contorno ovalado; el segundo incisivo está fragmentado de la porción lateral; el tercer incisivo se encuentra fragmentado de la porción apical. El premaxilar izquierdo carece de incisivos, pero se observan los alveolos con forma ovalada. Los caninos están ligeramente fragmentados de la porción apical. La presencia de caninos grandes indica que se trata de un ejemplar macho (Fig. 17).

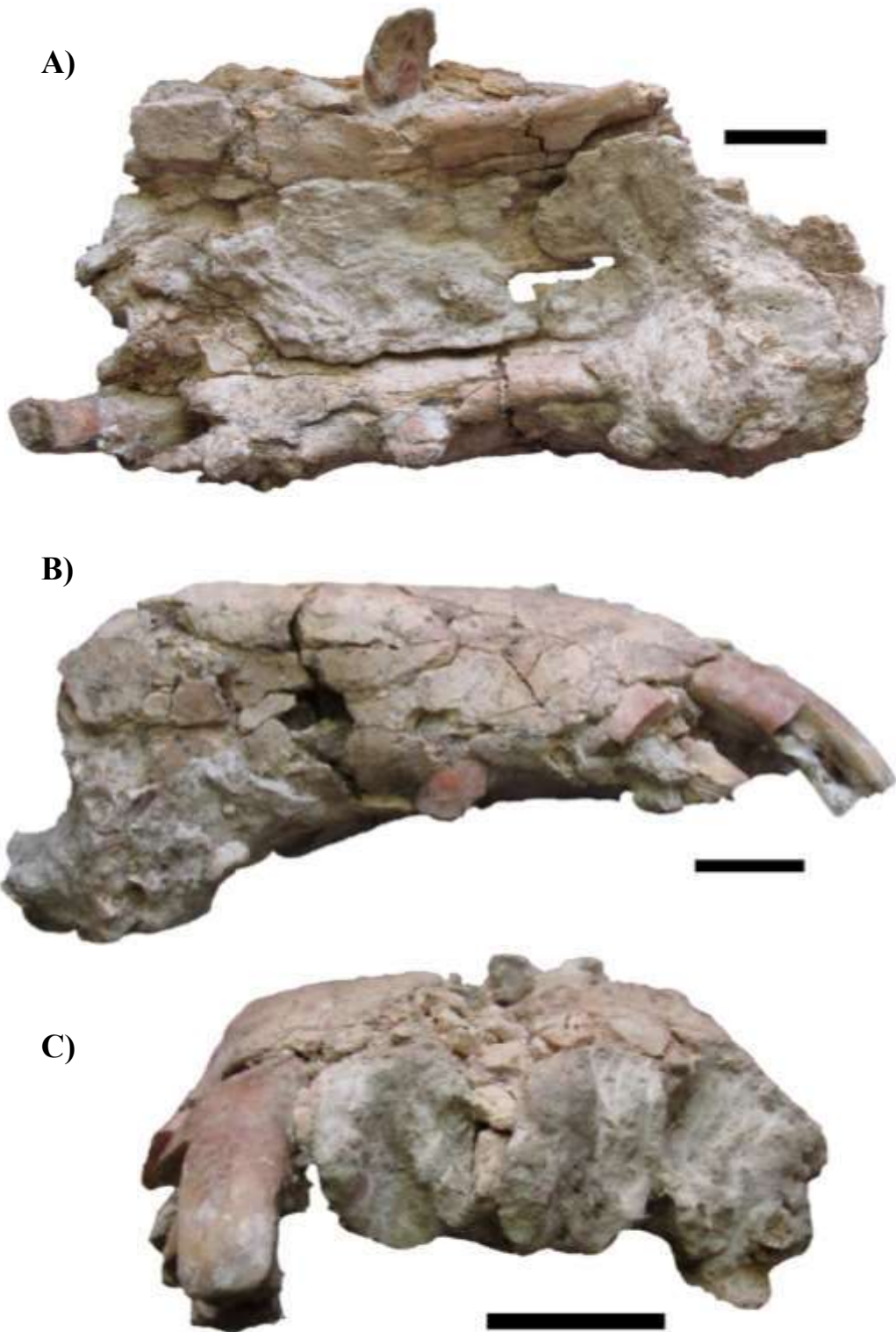


Figura. 17 Premaxilar de *Equus conversidens*– A) Vista Oclusal, B) Vista lateral y C) Vista Frontal. Escala 2 centímetros.

Discusión

Se realizó una comparación morfológica de los molariformes estudiados con los molariformes de dos cráneos de la localidad Oax-5 Llano de huesos (*Equus conversidens*, UMPE-77) y la localidad Oax-17 Río El Sabinal (*Equus mexicanus* UMPE-521). Los molariformes se identificaron como *Equus conversidens* debido a que presentan forma cuadrangular, el parastilo y el metastilo tienen forma cuadrada, la prefoseta y la postfoseta están alargadas mesiodistalmente y tiene pliegues que van desde los 3 a los 10. Y el plicaballín bien desarrollado. Ésta especie presenta molariformes con una cobertura amplia de cemento y son de menor tamaño que los molariformes de *Equus mexicanus* (Bravo - Cuevas *et al.*, 2011).

Para la comparación de tamaño se incluyó la base de datos de Campos – Camacho, (2012) y la base de datos de Alberdi *et al.*, (2014); se llevó a cabo un análisis bivariante en el cuál se consideró la longitud transversal y la longitud anteroposterior de la zona oclusal de los molares. Se realizaron dos análisis, uno donde se incluyeron los premolares tres y cuatro, se obtuvo como resultado una mayor similitud con los ejemplares de Dry Cave, Nuevo México (UTEP 22-1609, UTEP 31-47 y UTEP 54-1212) (Harris y Porter, 1980) y Viko Vijin (UMPE 77 izq.) (Campos-Camacho, 2012) (Fig 18) y un segundo análisis con los molares superiores uno y dos, éstos se agrupan con los demás ejemplares restantes de *Equus conversidens* (Fig. 19); corroborando así, que los molares aquí descritos pertenecen a dicha especie.

Para la identificación del fragmento premaxilar UMPE 625-9 se realizó una comparación cualitativa con los ejemplares UMPE 521 (*E. mexicanus*) y UMPE 077 (*E. conversidens*), se identificó como *E. conversidens* debido a la anchura del cuerpo incisivo, estos son ligeramente más anchos que *E. mexicanus*, lo cual se puede atribuir a que el ejemplar tiene un grado de fragmentación elevado y no se encuentra compacto. Sin embargo, se le atribuye esta especie ya que estos se encontraron asociados a los premolares y molares UMPE 625-1 a UMPE 625-8 de esta especie en el sitio fosilífero.

Figura 19- Análisis bivalente. Medidas de la longitud transversal y longitud anteroposterior de los molares (M1 y M2) del género *Equus*.

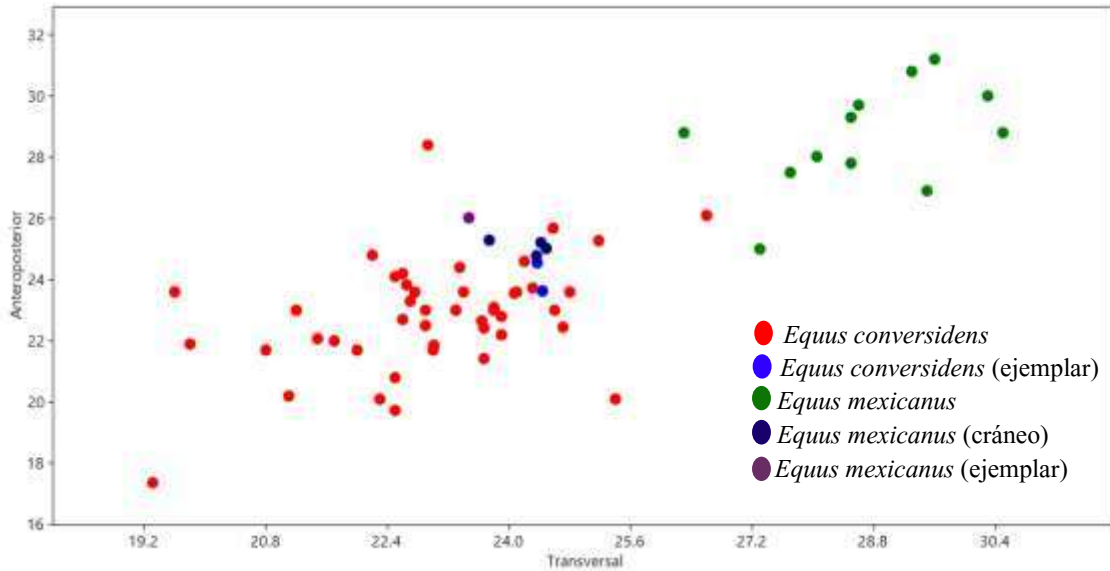
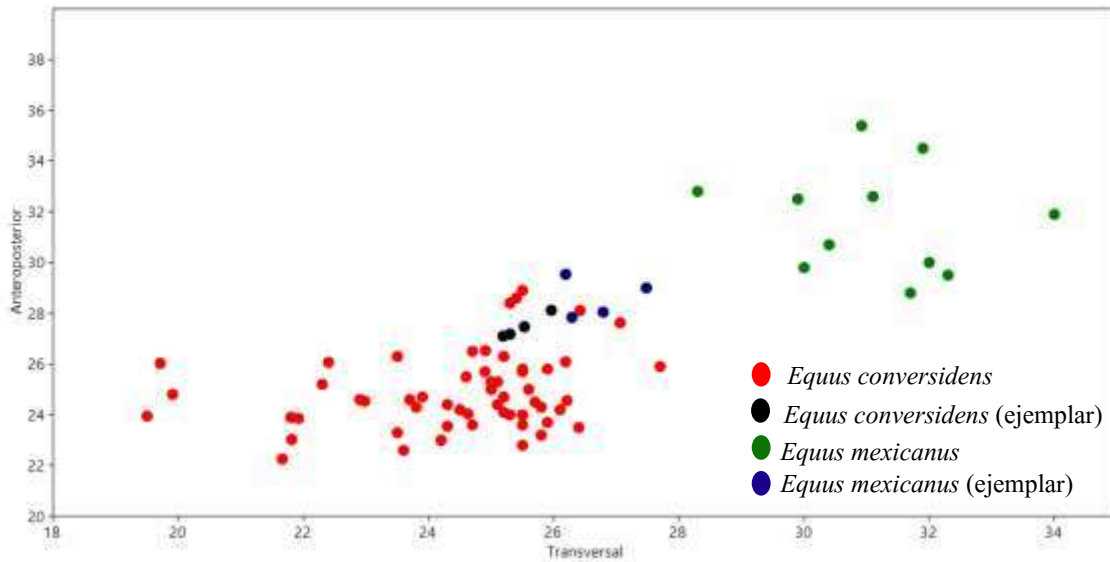


Figura. 18 Análisis bivalente. Medidas de la longitud transversal y longitud anteroposterior de los premolares (P3- P4) del género *Equus*.



Orden Perissodactyla Owen, 1848

Familia Equidae Gray, 1821

Subfamilia Equinae Steinmann y Döderlein, 1890

Tribu Equini Gray, 1821

Género *Equus* Linnaeus, 1758

Equus mexicanus Hibbard, 1955

Material referido

Localidad Oax-6 Cañada del misterio, Premolar y molar superiores: UMPE 011, M1 derecho; UMPE-483, P4 derecho; premolar inferior: UMPE-546, p3 derecho. UMPE 643 Mandíbula.

Alcance biocronológico y distribución geográfica

Esta especie tiene un alcance cronológico desde el Irvingtoniano hasta el Rancholabreano (1.8 a 0.011 Ma.). Su distribución en México incluye El Cedral, San Luis Potosí (Alberdi *et al.*, 2003); Cedazo, Aguascalientes (Mooser y Dalquest, 1975); Ameca y Zacoalco, Jalisco (Lucas, 2008b); La Cinta-Portalitos y La Piedad-Santa Ana, Michoacán (Marín - Leyva, *et al.*, 2016); Tajo de Tequixquiac, Estado de México (Hibbard, 1955); Teposcolula, Oaxaca (Doutt y Black, 1962;) y Mixteca Alta, noroeste de Oaxaca (Campos - Camacho, 2012).

Descripción

UMPE 483, P4D: El premolar está fragmentado en la porción lingual, por lo que no se aprecia desde el metacónulo hasta el protocono. El mesostilo y el parastilo son cuadrangulares. La prefoseta y la postfoseta son alargadas mesiodistalmente, tienen cuatro pliegues de los cuales tres son más profundos.

UMPE 011, M1D: El mesostilo es ancho y tiene forma cuadrada y el metastilo tiende más a ser semi-redondeado. La parte del parastilo se encuentra fragmentada. Tanto la prefoseta como la postfoseta se encuentran alargadas tanto mesiodistalmente como linguolabialmente, sólo se le pueden observar dos pliegues debido al grado de fragmentación que presenta. El protocono es aplanado en la porción labial y se encuentra plegado de la porción lingual; el plicaballín está poco desarrollado. El valle posprotoconal es ancho y el surco preprotoconal es circular y profundo.

UMPE 546, p3D: Tiene forma rectangular. El metacónido es redondo, mientras que el metastilido tiende a ser ovalado con el ápice rectangular. El linguafléxico es profundo con forma triangular en la base y no penetra el istmo. El paralóxico es cóncavo en la porción distal y en la mesial es recto. El istmo es estrecho. El entocónido es grande y redondeado. Entofléxico está lanceolado y deprimido labiolingualmente. El hipocónido es más ancho que el protocónido; el plicaballínido está poco desarrollado.

UMPE 643, mandíbula con molariformes: La mandíbula se encuentra preservada casi en su totalidad, presenta ambos dentarios. El derecho está casi completo (Fig. 20a) se encuentra ligeramente fragmentado del diastema. El hueso mandibular izquierdo (Fig. 20b) se encuentra más fragmentado de la porción proximal que de la distal, preservando solo la parte de los premolares y molares. La mandíbula preserva parte de la sínfisis, la porción derecha se encuentra más conservada que la izquierda, presenta 3 incisivos completos de la parte derecha, uno de ellos está fragmentado (Fig. 20c). El premolar dos y el molar tres son alargados mesiodistalmente, el entofléxico es alargado, lanceolado y se encuentra comprimido, el istmo es estrecho, el ectofléxico es profundo y ancho y el linguafléxico es poco profundo. Los premolares tres y cuatro son rectangulares, el metacónido es ovalado y el metastilido tiene el ápice alargado, el istmo es estrecho y el ectofléxico es muy profundo y ligeramente estrecho, éste casi se conecta con el istmo, el plicaballínido está poco desarrollado y el entofléxico es alargado y lanceolado. Los molares uno y dos son rectangulares pero de menor tamaño que los premolares, el metacónido está ovalado y el

metastílido es alargado en dirección al ápice, el istmo está ligeramente amplio y es penetrado por el ectofléxido, el plicaballínido está poco desarrollado.



Figura 20a Hemimandíbula derecha de *Equus mexicanus* . Escala cinco centímetros.

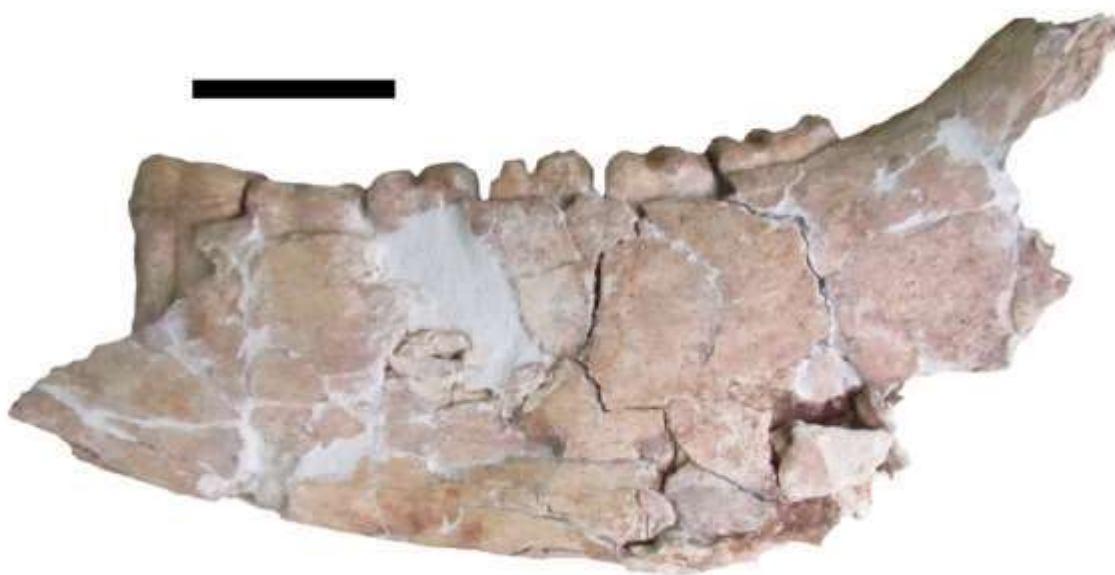


Figura 20b Mandíbula derecha de *Equus mexicanus*. Escala cinco centímetros.



Figura. 20c Sínfisis mandibular. Escala cinco centímetros.

Discusión

El material se identificó como *Equus mexicanus* ya que estos son de mayor tamaño comparándolos con *Equus conversidens*, el mesostilo es ancho y con forma cuadrada, metastilo cuadrado a semiredondeado. La prefoseta y postfoseta son alargadas tanto mesiodistalmente como linguolabialmente, y son más profundas que las de *Equus conversidens*. El protocono está aplanado de la porción labial y elongado mesiodistalmente y los valles entre los estilos son más profundos que en *E. conversidens* (Azzaroli, 1998; Hibbard, 1955).

Se llevaron a cabo dos análisis bivariantes para el premolar y el molar (superiores) (UMPE-483, P4 derecho y UMPE 011, MI derecho), tomando en cuenta la longitud transversal y longitud anteroposterior (Fig. 18 y Fig. 19). El premolar se encuentra fragmentado de la porción lingual, por lo que solo se tiene la longitud anteroposterior, lo cual provoca un sesgo en los resultados. Sin embargo, éste se localiza en el límite del rango de medidas para *E. mexicanus*. Los molariformes tienden a adelgazarse de la parte oclusal hacia la raíz y debido al grado de desgaste que presenta el premolar (UMPE-483), en comparación con otros premolares menos desgastados, su longitud es menor. Al final, se obtuvo una mayor similitud con el premolar UMPE 451 y los premolares: UMPE- 521, P3 izquierdo y UMPE- 521, P3 derecho; UMPE- 521, P4 izquierdo y UMPE- 521, P4 derecho, los cuales pertenecen a un cráneo de *Equus mexicanus*; además, presenta las características típicas de la especie, por lo que se puede determinar con mayor precisión que el premolar UMPE 483 pertenece a dicha especie.

Para el caso del molar (UMPE 011 MI derecho), éste tiene una mayor similitud con UMPE-521 M1 izquierdo; UMPE-521, M1 derecho; UMPE-521, M2 izquierdo y UMPE-521, M2 derecho, los cuales pertenecen al cráneo de *Equus mexicanus* anteriormente mencionado, por lo que UMPE 011 M1 también se considera que pertenece a ésta especie.

La mandíbula UMPE 643 se identificó como *E. mexicanus* debido a que presenta características típicas de ésta especie. Los huesos mandibulares son grandes y anchos; los molariformes son

robustos y rectangulares, tienen un mayor tamaño que *E. conversidens* (Hibbard, 1955); el premolar dos y molar tres son alargados mesiodistalmente, no cortos como en *E. conversidens* (Azaroli, 1998); tanto el hipocónido como el protocónido de los premolares y molares tiene forma rectangular; el entofléxido es alargado mesiodistalmente y se encuentra lanceolado. Presenta el linguafléxido muy profundo. El istmo es estrecho en la mayoría y en otros es penetrado por el ectofléxido. El ectofléxido es más profundo en esta especie que en *E. conversidens* (Azzaroli, 1998).

Se realizó la comparación cualitativa con el ejemplar UMPE 610 (*E. conversidens*) y UMPE 554 (*E. mexicanus*) observando una mayor similitud con el ejemplar UMPE 554, con respecto a la dimensión de los huesos mandibulares y los molariformes son más robustos que en el ejemplar UMPE 610.

Orden Artiodactyla Owen, 1848

Familia Cervidae Goldfuss, 1820

Subfamilia Odocoileinae Pocock, 1923

Tribu Odocoileini Pocock, 1923

Género *Odocoileus* Rafinesque, 1832

Odocoileus virginianus Zimmermann, 1780

Material referido

Localidad Oax-6 Cañada del Misterio, fragmentos de asta UMPE 073 y UMPE 556.

Alcance biocronológico y distribución geográfica

En México *O. Virginianus* se registra en el Pleistoceno tardío de: Cuatro Ciénegas, Coahuila (Gilmore, 1947); Laguna de la Media Luna y Cueva la Presita, San Luis Potosí (Hernández - Junquera, 1977); La piedad Santa-Ana y La Cinta-Portalitos, Michoacán- Guanajuato (Díaz - Sibaja, 2013) y Villa Flores, Chiapas (Gómez - Pérez y Carbot - Chanona, 2012). En el Valle de México, la mayoría de los registros pertenecen a fauna rancholabreana (Montellano - Ballesteros y Carbot - Chanona, 2010).

Descripción

En el fragmento de asta UMPE 073 (Fig. 21), la rama principal está conservada solo de la parte basal, la cual tiene una forma ligeramente espiralada en dirección a la porción anterior. La roseta y el pedicelo están bien conservados. Tiene la punta basal corta. Presenta púas o espinas entre la roseta y la primera punta. Por su parte, el ejemplar UMPE 556, conserva la región basal de la rama principal por encima de la punta basal; ésta también tiene forma ligeramente espiralada. La punta

basal es larga y está fragmentada de la parte media. No se alcanza a observar la roseta ni el pedicelo debido al desgaste que presenta.



Figura 21 Astas de venado. Escala: 2 centímetros.

Discusión

Se hizo un análisis bivariante con las dos especies del género *Odocoileus* (*O. virginianus* y *O. hemionus*) (Fig. 22). Para llevar a cabo el análisis se tomó en cuenta la longitud de la roseta y la longitud de la parte basal de la rama principal, con el fin de obtener la relación que existe entre ambas y determinar a qué especie pertenece el material referido.

El material referido se encuentra dentro del rango de medidas para *Odocoileus virginianus*. En el análisis, los datos se encuentran entre los individuos más pequeños (Fig. 22), lo cual puede atribuirse a que éstos eran individuos juveniles, o bien, a que existió variación geográfica en ésta especie.

Odocoileus virginianus se caracteriza por presentar la rama principal en forma helicoidal, una punta basal corta y espinas o púas por encima de la roseta, a diferencia de otras especies como *Mazama* y *Cervus*. Estos rasgos se observan en el material estudiado, por lo que puede ser confidentemente asignado a esta especie de venado.

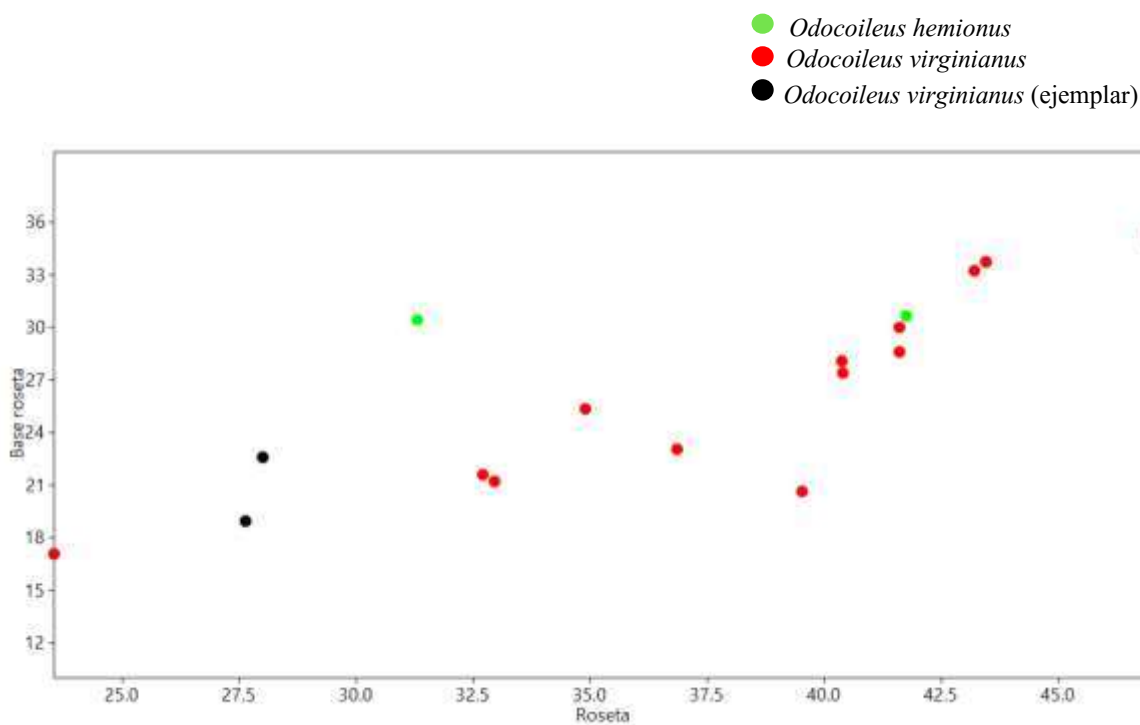


Figura 22 Análisis bivalente de dos especies del Género *Odocoileus* tomando en cuenta la longitud de la roseta y de la base de la misma.

Orden Proboscidea Illiger, 1811

Familia Gomphotheriidae Cabrera, 1929

Género *Cuvieronius* Osborn, 1923

Cuvieronius hyodon Fischer de Waldheim, 1814

Material referido

Localidad Oax-6, La Cañada del misterio. Fragmento distal de defensa, UMPE 557.

Alcance biocronológico y distribución geográfica

El género *Cuvieronius* tiene un alcance cronológico desde el Blancano hasta el Rancholabreano (Lambert, 1996). Para el Pleistoceno, en México, su distribución era amplia desde los 14° de latitud y 22° de longitud, se encuentra en 12 de los 31 estados, ubicados la mayoría de ellos en el centro y sureste del país (Jiménez-Hidalgo y Pérez-Cruz, 2014). *Cuvieronius hyodon* se ha registrado en el Lago de Chapala, Jalisco (Aguilar R. H., 2011); Guayabilla, Colima (Tapia- Ramírez *et al.*, 2013); en San Mateos Huexoyucán, Tlaxcala (Sánchez – Salinas *et al.*, 2016); en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca (Jiménez-Hidalgo y Pérez-Cruz, 2014) y Tzintzuntzan, Michoacán (Robles – Camacho *et al.*, 2010).

Descripción

UMPE 557, fragmento distal de defensa: Solo se preserva la porción distal de la defensa de forma cilíndrica; presenta la impresión de una banda de esmalte (Fig. 23). Ésta es acuminada en dirección al ápice. Su curvatura no es amplia y en dirección al ápice su diámetro se mantiene casi al mismo tamaño.



Figura 23 Fragmento distal de defensa. Escala: 5 centímetros.

Discusión

Se llevó a cabo una comparación morfológica con los ejemplares de la localidad La Guayabilla, Colima (Tapia-Ramírez *et al.*, 2013) y de Florida (Spencer, 2008); presentan la porción terminal de la defensa, conforme se extiende hacia el ápice se va acuminando. La curvatura de la defensa no es amplia y su diámetro no varía de manera significativa hacia la punta terminal. Éstas características en comparación con el ejemplar UMPE 557 indican que puede ser identificado como *Cuvieronius hyodon*.

Orden Xenarthra Cope, 1889

Familia Megalonychidae P. Gervais, 1855

Subfamilia Nothrotheriinae Ameghino, 1920

Género *Nothrotheriops* Lydekker, 1889

Nothrotheriops shastensis Sinclair, 1905

Material referido

Localidad Oax-6, La Cañada del misterio. Pelvis UMPE 079

Alcance biocronológico y distribución geográfica

La especie *Nothrotheriops shastensis* tiene un alcance cronológico desde el Irvingtoniano medio (McDonald *et al.*, 2013) hasta el Rancholabreano (De Iuliis *et al.*, 2015) y su distribución se restringe al oeste de Estados Unidos en Madera County, California (McDonald *et al.*, 2013); Gypsum Cave, Nevada (Gill *et al.*, 2009); en el estado de Arizona: Rampart Cave (Hansen, 1978); Deadman Cave, Pima; Kartchner Cavern, Cochise; Muav Caves, Mohave; Nichols Site, Maricopa; Pyeatt Cave, Cochise; Ventana Cave, Pima y Whitewater Draw, Cochise; en Arkansas: Lower Mississippi River Valley; dentro del estado de California se encuentran ubicados en: Campbell Hill, Chino Hills, Fort Irwin, Lake Manix, Ludlow Cave, Mitchell Caverns, Newberry Cave en San Bernardino; Diamond Valley y Pauba Mesa, Riverside; Forster Ranch, Newport Bay Mesa, en Orange; Hawver Cave, El Dorado; Potter Creek Cave y Samwell Cave, Shasta; Rancho La Brea y San Pedro Hill 48, Los Angeles; Route 54 West Dire Wolf Quarry, San Diego y Salton City, Imperial. En el estado de Nevada: Devil Peak Cave, Las Vegas Wash y Tule Springs, Clark. En Nuevo México: Aden Crater, Conkling Cavern y Shelter Cave, Dona Ana; Algerita Blossom Cave, Carlsbad Caverns, Dark Canyon Cave, Dry Cave y Lechuguilla Cave, Eddy; Sandia Cave, Sandoval y U-Bar Cave, Hidalgo. En Oregon: Merrill, Klamath. En Texas: Dust Cave, Lower Sloth

Cave, Upper Sloth Cave y Williams Cave, Culberson. Y Utah: Bechan Cave, Kane y Cowboy Cave, Wayne. (McDonald y Jefferson, 2008).

Para México esta especie se ha registrado en: Las cuevas: Bustamante, Cerro de la Silla, Mina y San Josecito en Nuevo León; en la localidad el Cedazo, en Aguascalientes; Comondu, Baja California Sur; Lago de Chapala, Jalisco; Cueva La Presita, San Luís Potosí; Rancho Las Ollas, Michoacán y en el Valle de México (McDonald y Jefferson, 2008).

Y Actun Lak en el distrito de Cayo, Belice (De Iuliis *et al.*, 2015).

Descripción

UMPE 079, pelvis: Se encuentra preservada casi en su totalidad, excepto la porción de la cresta iliaca (Fig. 24). La parte inferior correspondiente al Ilion está preservada en su totalidad y es profundamente cóncava en la porción adyacente al sacro y con una baja depresión en la zona exterior al mismo. En la parte superior del Ilion izquierdo se puede percibir uno de los tres orificios de forma circular. La parte inferior del Ilion se encuentra curvada hacia el mismo, teniendo como terminación las cavidades articulares para la cabeza femoral, con una ligera concavidad; las cuales se preservan en su totalidad.

Los ejes que descienden de las cavidades articulares están formando los dos orificios obturadores; de los cuales solo se encuentra totalmente preservado, el izquierdo, mientras que en el derecho está ausente la porción del Isquion. Estos dos orificios están conectados formando el pubis y la apertura pélvica.

El sacro está conservado en su mayoría, presenta ocho orificios sacrales con una forma ovalada y dos superficies articulares en la parte superior.



Figura 24 Pelvis de la especie *Nothrotheriops shastensi*. Escala 30 centímetros.

Discusión

Para llevar a cabo la identificación del material se procedió a realizar una comparación con la descripción de un ejemplar de una localidad cerca de Los Angeles, California (Stock, 1925).

Ambos ejemplares presentan la superficie interior del Ilium profundamente cóncava en la porción más próxima al sacro. La parte inferior del Ilium está curvada y tiende a converger en el acetábulo. Dentro de esta zona, descienden dos ejes de las cavidades articulares que van en dirección a los orificios obturadores, éstos se conectan para formar la parte del pubis y la apertura pélvica.

En el ejemplar de los Angeles, California, el ángulo de apertura en la sínfisis del pubis es de 80° y tiene una forma semitriangular, mientras que en el ejemplar estudiado su ángulo es ligeramente mayor y tiende a ser semiredondeado; esto podría ser atribuido al sexo del organismo o bien, a los procesos tafonómicos.

El sacro presenta dos crestas laterales, estas se encuentran al costado de los ocho orificios sacrales y en la parte posterior a estos, se puede observar dos superficies articulares.

Todas las características descritas coinciden con lo reportado para *Nothrotheriops shastensis*.

Orden Perissodactyla Owen, 1848

Suborden Ceratomorpha

Familia Tapiridae

Género *Tapirus* (Brisson, 1762)

Tapirus haysii (Leidy, 1859)

Material referido

Localidad Oax-6, La Cañada del misterio. Incisivo UMPE 573-1; UMPE 573-2: Colmillo UMPE 573-3

Alcance biocronológico y distribución geográfica

La especie *Tapirus haysii* tiene un alcance biocronológico desde el Mioceno medio (Hulbert, 1995). al Pleistoceno (Rancholabreano) (Álvarez *et al.*, 2012). En Norteamérica se ha registrado en Florida (Hulbert, 1995), al norte de Carolina (Sanders, 2002), en la península de Florida, al oeste de Nebraska, en Colorado y Arizona (Ray y Sanders 1984). Para la parte de México, éste se ubicaba en El Cedral, San Luis Potosí (Álvarez *et al.*, 2012).

Descripción

Los incisivos UMPE 573-1 y UMPE 573-2 (Fig. 25), están preservados casi en su totalidad, con fracturas en la zona oclusal en dirección a la raíz. Los ápices de las fracturas están semiredondeadas. La zona oclusal tiene forma cóncava, ésta se pronuncia hacia la porción labial derecha e izquierda. El incisivo se va adelgazando de la zona oclusal hacia la raíz, ésta formada por una bifurcación presentando un extremo más largo y afilado que el otro.

El canino UMPE 573-3 (Fig. 25), tiene una buena preservación, con algunas fracturas en la zona oclusal que van en dirección a la parte media de la raíz y otra que atraviesa la misma. La zona

oclusal aún conserva parte del esmalte y tiene forma de gota; su ápice formado hacia la porción labial y el centro está en forma cóncava. Su raíz es delgada y larga y se va adelgazando más hacia la parte final, donde se dobla y forma una pequeña curvatura en forma de gancho.

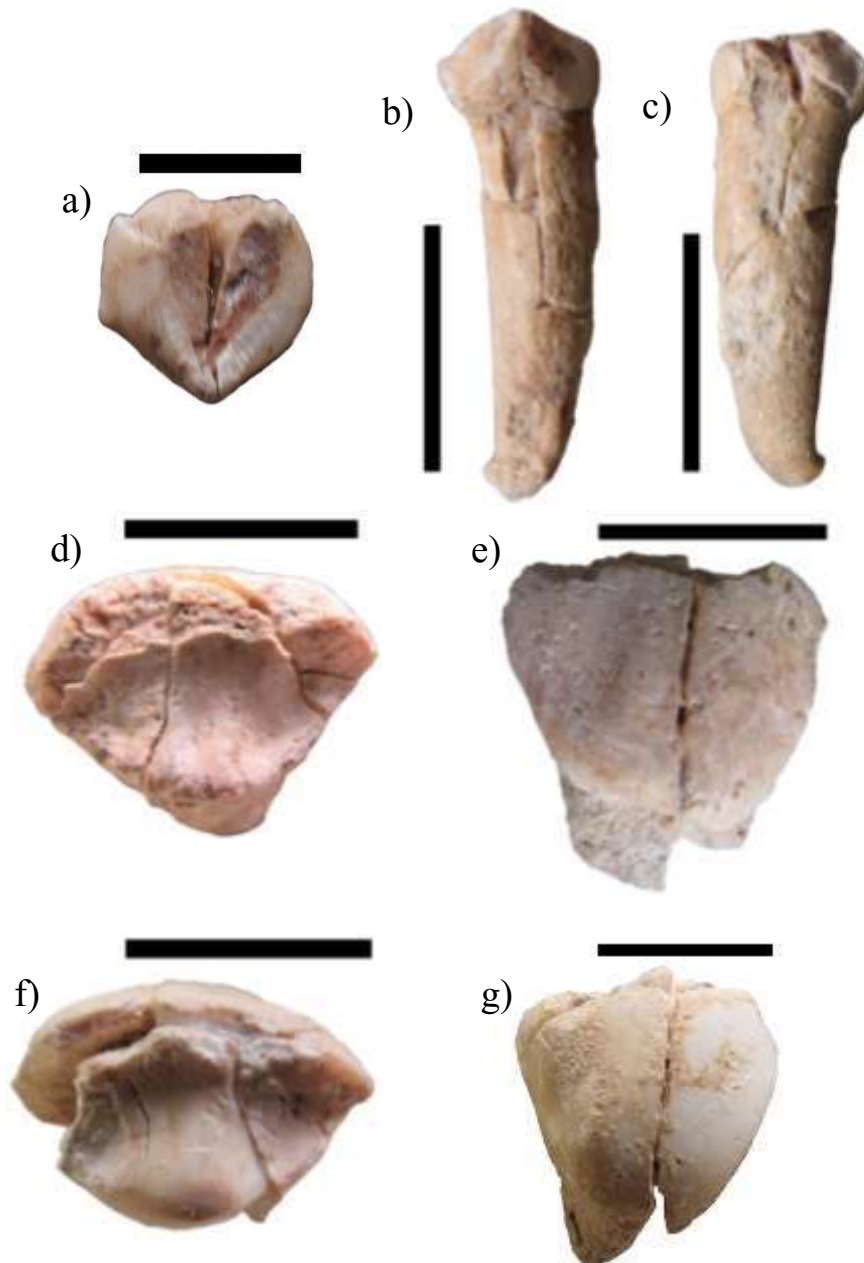


Figura 25 Canino: a) vista oclusal (escala 0.5 centímetros), b) vista labial y c) vista lingual. Incisivo UMPE 573-1: d) Vista oclusal y e) vista distal e incisivo UMPE 573-2: f) vista oclusal y g) vista mesial. Escala un centímetro.

Discusión

En el caso de los incisivos, se llevó a cabo una comparación morfológica con tres incisivos que se encuentran preservados dentro de la premaxila (UF 86113) que pertenecen a la colección del Museo de Historia Natural de Florida. Estos presentan la zona oclusal en forma cóncava y mayormente pronunciada hacia los extremos labiales. Tienen un tamaño aproximado de un centímetro mesiodistalmente. Estos rasgos permiten asignar a esta especie como *Tapirus hayssi*, la cual es la especie de mayor tamaño de tapir que existió durante el Pleistoceno tardío.

El caso del canino, la comparación se realizó con uno (AMNH 35661) engastado en la maxila del organismo- de la especie *Tapirus indicus*, del Museo Americano de Historia Natural. La imagen fue observada en “Digital Morphology Library” de la Universidad de Texas. La zona oclusal tiene forma de gota, formando un ápice hacia la porción labial. De acuerdo a las características observables en el material estudiado, se puede inferir que éste pertenece al género *Tapirus*; sin embargo, se atribuye que el colmillo pertenece a la especie *Tapirus haysii*, ya que fue encontrado asociado a los incisivos anteriormente descritos y a que tiene un mayor tamaño que el de *T. indicus*.

Clase Mammalia Lineo, 1758

Orden Proboscidea Illiger, 1811

Familia Elephantidae Gray, 1821

Género *Mammuthus* Brookes, 1828

Especie *M. columbi* Falconer, 1857

Material referido

Fragmento de mandíbula inferior izquierdo UMPE - 641

Alcance biocronológico y distribución geográfica

En Norteamérica desde los 55° de latitud norte hasta Centroamérica en Costa Rica y desde el Pleistoceno medio (Irvingtoniano) hasta el final del Pleistoceno superior (Rancholabreano); entre hace 0.781 a 0.095 M.a. (Maglio, 1973 y Bell *et al.*, 2004). En México el género *Mammuthus* se encuentra distribuido a lo largo de la República Mexicana, se le conoce en 279 localidades ubicadas en 24 estados; excluyendo a los estados de Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Guerrero, Colima y Nayarit (Arroyo – Cabrales *et al.*, 2003). El mayor número de registros se encuentra en el estado de México (28.4 %), el Distrito Federal (11.4 %). El registro más al sur de este género se ubica en Villa Flores, Chiapas (Gómez - Pérez y Carbot – Chanona, 2012). En México la especie se encuentra dentro de la localidad de Tocuila, Ciudad de México (Pérez – Crespo *et al.*, 2010; Siebe *et al.*, 1999); en la localidad CEPAMISA y en la porción norte de la cuenca de Cuitzeo (Portalitos y San José), Michoacán (García – Zepeda y Garduño – Monroy, 2006); en Morelia, Michoacán (García – Zepeda *et al.*, 2015) y Villa Flores, Chiapas (Gómez - Pérez y Carbot – Chanona, 2012)

Descripción

El fragmento de hueso mandibular inferior derecho; solo preserva la parte posterior y un fragmento de dentario (Fig. 26). Presenta un molar, éste únicamente tiene 13 lamelas en uso, alargadas linguolabialmente y no presenta tres de ellas debido a que la porción anterior se encuentra fragmentada, ella deja al descubierto el cemento. Estas son más largas en la zona distal que en la proximal y presentan un desgaste mayor en la porción posterior. El cemento se encuentra casi en su totalidad preservado lo que no permite que se pueda observar parte del esmalte.



Figura 26 Fragmento de mandíbula con molariforme (vista oclusal). Escala cinco centímetros.

Discusión

Para la determinación del molar se utilizó el manual de Agenbroad y Brunelle, 1992. Se llevó a cabo por medio de un análisis cluster (Fig. 27), tomando los datos de frecuencia lamelar y ancho del molar; donde se incluyeron las especies de *M. columbi* y *M. meridionalis* de Maglio 1973,

McDaniel and Jefferson, 2006, Arroyo – Cabrales, 2003, García – Zepeda, 2006, Agostini *et al.*, 2010 y ejemplares de la colección paleontológica de la UMAR. Dentro del análisis de Cluster (Fig. 27) se puede observar la similitud del ejemplar con los ejemplares UM186 y (TMM4172)60 con una distancia euclidiana de 15, por lo que el ejemplar de la Mixteca Alta se identificó como perteneciente a esta especie.

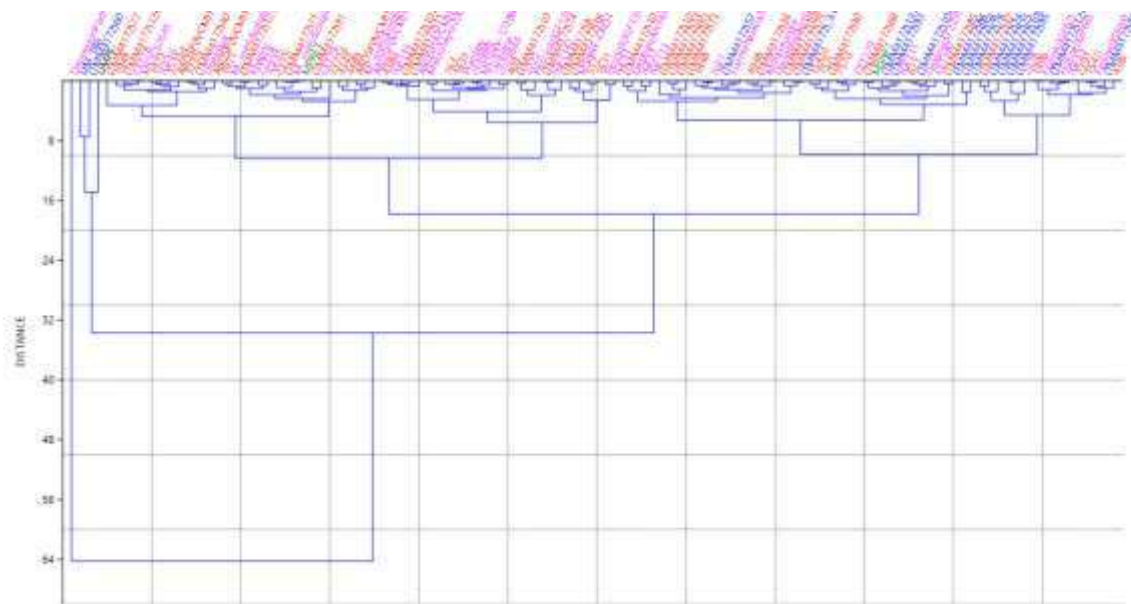


Figura 27 Análisis de cluster basado en la distancia euclidiana del ejemplar (color negro) con especies de *Mammuthus columbi* (color rojo y azul) y *Mammuthus meridionalis* (Rosa y verde)

IV.1.4.1..MPresencia de invertebrados fósiles

Phylum Mollusca Linnaeus, 1758.

Clase Gastropoda Cuvier, 1797.

Subclase Pulmonata Cuvier, 1817.

Superfamilia Lymnaeoidea Rafinesque, 1815.

Familia Lymnaeidae Rafinesque, 1815



Superfamilia Planorboidea Rafinesque, 1815.

Familia Planorbidae Rafinesque, 1815.



Superfamilia Zonitoidea Mörch, 1864.

Familia Zonitidae Mörch, 1864.



IV.1.5.MESODESGASTE

Se llevó a cabo el método de mesodesgaste de Fortelius y Soulonias, 2000; con 23 molariformes superiores e inferiores para la especie *Equus conversidens* (Tabla 2) y 26 molariformes superiores e inferiores para la especie *Equus mexicanus* (Tabla 4). Según Fortelius y Solouinas, 2000 para obtener porcentajes confiables en este análisis se necesitan 20 ejemplares como mínimo, lo cual se cumple.

En el caso de *Equus conversidens* los porcentajes obtenidos (Tabla 3) indican en su mayoría valles altos (67,46%) y casi en su totalidad presentan cúspides redondeadas (98.63%); mientras que las cúspides romas solo están representadas por un mínimo porcentaje (1.36%).

Tabla 2 Relieve de la cúspide (alto-bajo) y forma de la cúspide más alta, para la especie *Equus conversidens*.

Molar	Especie	Relieve de la cuspid		Forma de la cuspid mas alta		
		Alto	Bajo	Aguzada	Redondeada	Roma
P4 der	<i>Equus conversidens</i>	1			1	
Mx izq	<i>Equus conversidens</i>		1		1	
M1 der	<i>Equus conversidens</i>		1		1	
P4 izq	<i>Equus conversidens</i>	1			1	
M3 izq	<i>Equus conversidens</i>		1		1	
P4 der	<i>Equus conversidens</i>	1			1	
M3 izq	<i>Equus conversidens</i>	1			1	
M2 der	<i>Equus conversidens</i>	1			1	
M1 izq	<i>Equus conversidens</i>	1			1	
P4 izq	<i>Equus conversidens</i>	1			1	
M1 izq	<i>Equus conversidens</i>	1			1	
M2 izq	<i>Equus conversidens</i>	1			1	
M3 izq	<i>Equus conversidens</i>	1			1	
P4 der	<i>Equus conversidens</i>	1			1	
M1 der	<i>Equus conversidens</i>		1		1	
M2 der	<i>Equus conversidens</i>	1			1	
M3 der	<i>Equus conversidens</i>		1		1	
m1 der	<i>Equus conversidens</i>	1			1	
p4 der	<i>Equus conversidens</i>		1		1	
m1 der	<i>Equus conversidens</i>		1			1
m3 izq	<i>Equus conversidens</i>		1			1
p4 der	<i>Equus conversidens</i>		1		1	
m2 der	<i>Equus conversidens</i>	1			1	
		14	9	0	21	2

Tabla 3. Porcentajes de las variables para el análisis de mesodesgaste en *Equus conversidens*.

Resultados y porcentajes del mesodesgaste para <i>E. conversidens</i>							
Especie	Molar	Alto	Bajo	Aguzada	Redondeada	Roma	Total de molares
<i>Equus conversidens</i>	Superiores	12	5	0	17	0	17
<i>Equus conversidens</i>	Inferiores	2	4	0	4	2	6
Factor de corrección	Inferiores	1.3	0.51	4.14	0.81	0.14	
Resultados	Sup + inf corregidos	14.6	7.04	0	20.24	0.28	23
Porcentajes (%)	Sup + inf corregidos	67.4676525	32.5323475	0	98.63547758	1.36452242	

Para la especie *Equus mexicanus* los porcentajes obtenidos (Tabla 5) indican en su mayoría valles altos (91.55%) y el total de molariformes presentan cúspides redondeadas (100%).

Los datos obtenidos para las dos especies de *Equus* son similares, variando en un bajo porcentaje sin embargo presentan las mismas variables.

		Relieve de la cuspide		Forma de la cuspide mas alta		
		Alto	Bajo	Aguzada	Redondeada	Roma
P4 izq	<i>Equus mexicanus</i>	1			1	
M1 izq	<i>Equus mexicanus</i>	1			1	
M2 izq	<i>Equus mexicanus</i>	1			1	
M3 izq	<i>Equus mexicanus</i>	1			1	
P4 der	<i>Equus mexicanus</i>	1			1	
M1 der	<i>Equus mexicanus</i>	1			1	
M2 der	<i>Equus mexicanus</i>	1			1	
M3 der	<i>Equus mexicanus</i>	1			1	
M1 izq	<i>Equus mexicanus</i>		1		1	
P4 izq	<i>Equus mexicanus</i>		1		1	
P4der	<i>Equus mexicanus</i>	1			1	
p4 izq	<i>Equus mexicanus</i>	1			1	
m1 izq	<i>Equus mexicanus</i>	1			1	
m2 izq	<i>Equus mexicanus</i>	1			1	
m3 izq	<i>Equus mexicanus</i>	1			1	
p4 der	<i>Equus mexicanus</i>	1			1	
m1 der	<i>Equus mexicanus</i>	1			1	
m2 der	<i>Equus mexicanus</i>	1			1	
m3 der	<i>Equus mexicanus</i>	1			1	
p4 izq	<i>Equus mexicanus</i>		1		1	
p4 izq	<i>Equus mexicanus</i>	1			1	
m1 izq	<i>Equus mexicanus</i>	1			1	
m2 izq	<i>Equus mexicanus</i>	1			1	
m3 izq	<i>Equus mexicanus</i>	1			1	
m2 izq	<i>Equus mexicanus</i>	1			1	
p4 der	<i>Equus mexicanus</i>	1			1	
		23	3	0	26	0

Tabla 4 Relieve de la cúspide (alto-bajo) y forma de la cúspide más alta, para la especie *Equus mexicanus*.

Resultados y porcentajes del mesodesgate para <i>E. mexicanus</i>							
	Molar	Alto	Bajo	Aguzada	Redondeada	Roma	Total de molares
<i>Equus mexicanus</i>	Superiores	9	2	0	11	0	11
<i>Equus mexicanus</i>	Inferiores	14	1	0	15	0	15
Factor de corrección	Inferiores	1.3	0.51	4.14	0.81	0.14	
Resultados	Sup + inf corregidos	27.2	2.51	0	23.15	0	26
Porcentajes (%)	Sup + inf corregidos	91.5516661	8.448333894	0	100	0	

Tabla 5. Porcentajes de las variables para el análisis de mesodesgate en *Equus mexicanus*

El análisis de cluster realizado con los porcentajes de variables de mesodesgaste (Fig.27) indica que las especies de *Equus conversidens* y *Equus mexicanus* tienen una distancia euclidiana de 9 y con relación a las demás especies, éstas se encuentran dentro del grupo de los pacedores (*Hipotragus equinus*, *Redunca redunca*, *Kobus ellipsiprymn* e *Hippotragus niger*) con una distancia euclidiana de 37 por lo que la disimilitud en los patrones en el análisis de mesodesgaste entre estas especies es estadísticamente significativa.

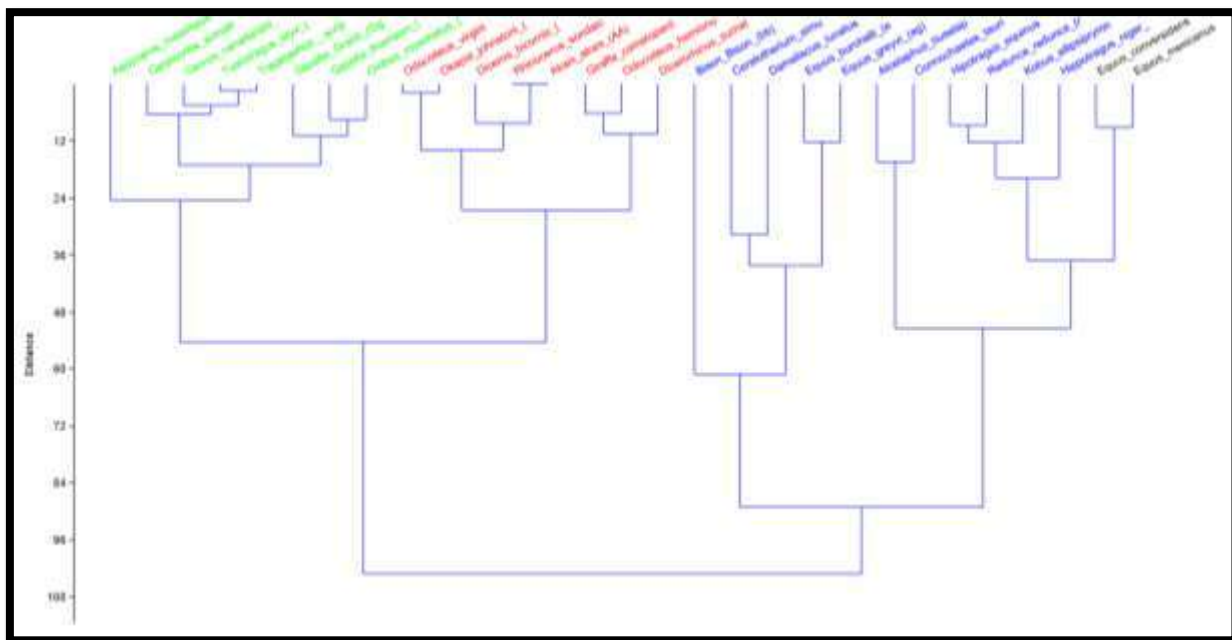


Figura 27. Análisis Cluster basado en distancia euclidiana de *E. conversidens*, *E. mexicanus* y 27 especies de ungulados clasificados como “dieta típica” (Fortelius y Solouinas, 2000). Las especies de hábitos mixtos están representados de color verde, los ramoneadores de rojo y los pacedores de azul.

IV.1.6. TAFONOMÍA

El estudio tafonómico se llevó a cabo por medio de la observación del material fósil y la asociación que presenta con el sedimento.

En general el material fósil se encuentra con buena preservación, en el caso de los molares de superiores e inferiores fueron encontrados aislados, éstos en su mayoría completos, o bien un poncetanje mínimo con pequeñas fracturas angulosas. La mandíbula de *Equus mexicanus* está desarticulada pero presenta ambos dentarios; en la porción del diastema ésta presenta un ligero fracturamiento, mientras que la porción distal del hueso mandibular derecho no está preservado y el izquierdo se encuentra fragmentado polidireccionalmente. La mandíbula preserva la mayor parte de la sínfisis, siendo la porción derecha la más conservada al tener 3 incisivos completos (Fig. 20c).

De la especie *Equus conversidens* se encontró un premaxilar, del cual, se preserva el cuerpo de la premaxila y los procesos premaxilares; ésta presenta en su totalidad fracturas en diferentes dirección y de forma angulosa. El premaxilar derecho no contiene el primer incisivo, el segundo incisivo fragmentado de la porción lateral y un tercer incisivo fragmentado angulosamente de la parte apical.

Las astas de *Odocoileus virginianus* presentan una buena preservación en la parte basal, se pueden apreciar la forma y tamaño de la roseta; sin embargo no presenta la rama principal y secundarias completas y éstas tienden a tener sus ápices redondeados. La punta de la defensa del género *Cuvieronius* está ligeramente preservada, con sus extremos semiredondeados.

En el caso de la pelvis de la especie *Nothrotheriops shastensis*, éste, al igual que los demás ejemplares, se encuentra casi en su totalidad preservado a excepción de toda la cresta Iliaca y uno de los orificios obturadores donde no se conservó el Isquion.

En el caso de los invertebrados fósiles encontrados en los estratos fosilíferos, presentan un alto índice de preservación. A pesar de ser organismos frágiles, su estructura no ha sido modificada por factores externos al mismo.

CAPÍTULO V

V.1. DISCUSIÓN

Extender el estudio geológico-estratigráfico y paleontológico hacia el sur de México nos ayudó a obtener información sobre la presencia y asociación faunística, comprender diversos procesos biológicos, geológicos y ambientales que surgieron durante el Rancholabreano y por lo tanto reconstruir parte de la paleobiogeografía y paleoclima en particular dentro la porción Mixteca Alta, Oaxaca.

El área de estudio está comprendida en las localidades de Cañada del Misterio, Llano de Hueso y Morelos, las cuales se encuentran dentro de la cuenca R. Atoyac y subcuenca R. Mixteco, representada por dos sistemas fluviales interconectados (INEGI, 2010); desde el punto biocronológico está acotada en la edad Rancholabreano cuyo rango va de 160 ka. a 11.7 ka y se distingue por la presencia de la especie *Bison antiquus* (Jiménez-Hidalgo y Guerrero-Arenas, 2012). Ésta edad se caracteriza por presentar grandes cambios climáticos en lapsos breves que han repercutido en la composición y estructura biótica de Norteamérica y de México (Ceballos *et al.*, 2010). Siendo el rango biocronológico tan amplio, para comprender el contexto ambiental se realizaron tres fechamientos de radiocarbono en el material en el que estaban inmersos los restos. Las fechas y sus claves son las siguientes:

Muestra	BETA	Localidad	Edad
Caracol en cadera de perezoso	390617	Cañada del Misterio	40, 400 ± 480 a. P
Materia orgánica		Morelos	16,590 ± 50 a. P
Materia orgánica	383276	Morelos	6080 ± 30 a. P

Para el Pleistoceno tardío y principios del Holoceno, se han realizado investigaciones detalladas en el contexto de cambio climático con un mayor enfoque durante el Último Máximo Glacial (UMG). Por medio del análisis de las relaciones de diversos proxies, se pueden observar múltiples cambios en la temperatura, vegetación, humedad, entre otras. En México se distinguen tres periodos de

acumulación máxima de hielo a 116 ka, 75 ka y 25 ka. En este periodo la temperatura media en el planeta descendió entre seis y siete grados centígrados hacia los 22 ka (Fig. 28), ésta disminución se presentó con mayor intensidad en las zonas altas y al interior de los continentes (15°C); mientras que en las zonas tropicales, las variaciones de temperatura fueron menores llegando a 5°C (Uriarte A., 2000). La expansión de los glaciares durante el UMG pudo estar vinculada con la disminución de la precipitación (Caballero *et al.*, 2010); reflejando un aumento en la aridez, sustituyendo las zonas de selva por sabanas (Uriarte A., 2000). Dentro de la Arco Volcánico Transmexicano, a través de estudios paleolimnológicos (Caballero *et al.*, 2010), se observa que en el UMG estuvo caracterizado por condiciones más secas y frías, mientras que hacia el Holoceno o deglaciación se observa un incremento térmico sin un aumento significativo de la precipitación; sin embargo, mediante estudios pedoestratigráficos, Solleiro – Rebolledo *et al.* (2003) clasifica la zona como ambientes más frescos pero húmedos para final del Pleistoceno y durante la primera parte del Holoceno una variación importante en cuanto a la precipitación. A pesar de observar una similitud dentro de los estudios realizados, las condiciones ambientales varían dependiendo de la localización y altura de la zona (Caballero *et al.*, 2010); como lo es la zona de Teotihuacán, representada por condiciones húmedas durante el UMG con tendencias a secas hacia el final del Pleistoceno (Solleiro – Rebolledo *et al.*, 2006) y para la misma zona mediante estudios en una llanura aluvial, dentro de paleosuelos, sedimentos aluviales y coluviales, las condiciones eran secas con etapas de alta humedad durante el UMG y hacia finales del pleistoceno la pedogénesis es reemplazada por sedimentación, posiblemente ocasionado por el aumento de la precipitación (Solleiro – Rebolledo *et al.*, 2011), lo cual indica una variabilidad climática regional (Caballero *et al.*, 2010).

En el caso específico del estado de Tlaxcala, de acuerdo a estudios pedológicos, la influencia climática tiende ser de húmeda a fría (Solís – Castillo *et al.*, 2012). En el occidente del país durante el Pleistoceno superior, en la cuenca lacustre de Acambay presentó fases secas y fluctuaciones

cortas de humedad, estas se estabilizan a húmedas al inicio del Holoceno. (Israde- Alcántara *et al.*, 2013).

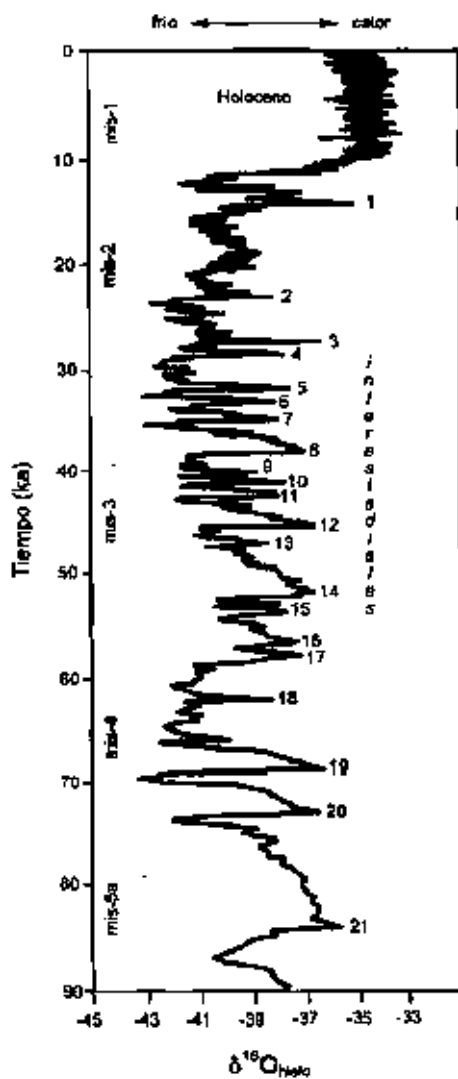


Figura 28 Variación relativa de las temperaturas en Summit, Groenlandia en los últimos 90 ka.

Tomado de Uriarte A., 2000.

Para la zona de Florida, según datos obtenidos a partir de un análisis de isótopos de oxígeno y carbono en dientes de mamíferos fósiles, nos indica que los cambios ambientales fueron semejantes

a los reportados en México, con aumentos en la aridez en sitios glaciares e interglaciares (DeSantis *et al.*, 2009)

A lo largo del Pleistoceno tardío se registra como una de las épocas con uno de los porcentajes más elevados en cuanto a registro fósil de mamíferos (Arroyo-Cabrales *et al.*, 2008), sin embargo no existe un control cronológico ni estratigráfico adecuado para poder comprender específicamente los cambios climáticos, ecosistémicos y de migración espacio temporal de la fauna; esto se debe, a que los hallazgos se encuentran aislados, re TRABAJADOS o directamente en el sustrato reciente, por otro lado no se conoce su ubicación dentro del contexto estratigráfico, o bien, los hallazgos fósiles han sido mal descritos (Montellano – Ballesteros y Arroyo – Cabrales, 2002). Por lo tanto se requiere de análisis estratigráficos más detallados en sitios donde la fauna se encuentre estratificada y que ya sea los huesos o los estratos que los engloban tengan un preciso control cronológico.

La reconstrucción de las condiciones ambientales para la zona de estudio, durante el final del Pleistoceno tardío, se realizó con base en parámetros estratigráficos, sedimentológicos, granulométricos y mineralógicos. Entre estos últimos los análisis granulométricos, nos permitieron conocer el espacio - tiempo del tipo de actividad y depósito de los sedimentos (Vericat *et al.*, 2006). De acuerdo a los datos obtenidos en éste análisis, en la localidad Cañada del Misterio (fechadas en 40,000 ka, en los estratos basales correspondientes a facies fluviales) se infiere que las condiciones en cuanto a precipitación para esta zona no fluctuaban de manera elevada, las partículas muestran una buena redondez y los gráficos granulométricos indican una tendencia a ser bimodales. Los mayores porcentajes en el tamaño de partícula son de arena fina y muy fina (3 a 4 Φ), están incluidos en una matriz de limo medio a arcilla media (6 a 10 Φ), deduciendo corrientes de mediana a baja energía.

A lo largo de la columna se muestra de la base a la parte media un mayor porcentaje en tamaño de partícula -8 Φ - indicando mayor energía de los drenajes fluviales, mientras que del centro hacia la

cima (estrato seis al 14, el tamaño de partícula va disminuyendo llegando hasta los 9 y 10 Φ indicando un descenso de la energía y estableciendo condiciones más de Ciénega.

En el caso de la localidad Morelos cuyos depósitos abarcan antes de los 16,000 a.P y los 6,000, existen variaciones mínimas en cuanto al porcentaje de tamaño de partícula. Desde el estrato uno (base) al estrato cinco, se mantiene un depósito cíclico, que va de arenas finas a arenas medias semi redondeadas con un Φ 4 – Φ 2 y de arenas medias a arenas finas (Φ 2 – Φ 4); con una matriz de mayor porcentaje en arcillas medias (Φ 9), indicando un aumento en la energía de corriente.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la localidad Cañada del Misterio y Morelos se infiere que los depósitos durante la mayor parte del final Pleistoceno tienen una mala clasificación y consisten de estratos areno-limosos con matriz arcillosa, los clastos presentes en algunos de los estratos no presentan una dirección o acomodo preferencial, esto representado en la figura 29 (Anexos) como gráficas bimodales (Folk y Ward, 1957). A excepción de los estratos superiores, presenta un tamaño de partícula mayor, de Φ -2, en una litología constituida por conglomerados polimícticos con matriz arenosa gruesa, dentro de éstas facies podemos observar diferentes estructuras primarias como lo son lentes de arenas finas y arenas medias, estratificación cruzada y desarrollo de pequeños paleocanales; por lo que se infiere que las condiciones de precipitación aumentaron, posiblemente debido al aumento de temperatura y humedad consistente también con lo observado en el AVTM a fines del Pleistoceno (Uriarte, 2000; Israde- Alcántara *et al.*, 2013). De igual manera durante el UMG, los registros de polen en las cuencas lacustres del AVT sugiere la presencia de bosques, ambientes de pantano y helechos subacuáticos característicos de climas templados a semifríos (Caballero *et al.*, 2010), en el caso del lago de Chalco se encuentra conformado por Cupressaceae, pastos y en menor porcentaje *Pinus*, lo que sugiere condiciones menos húmedas (Lozano-García *et al.*, 1993).

Con respecto al estudio mineralógico; se realizaron análisis de difracción de rayos X, dentro de los horizontes fosilíferos más representativos, obteniendo como resultado distintas fases minerales que incluyen Vermiculita, Andesina, Cuarzo, Calcita, Montmorillonita, Magnetita, Sanidina y Albita.

El mineral con mayor abundancia y presencia es el cuarzo; su origen principalmente se asocia con el área de aporte de los sedimentos (González - Clemente *et al.*, 2014). Al igual que el Cuarzo, a los minerales de Vermiculita, Andesina, Sanidina y Albita, se les atribuye como posible fuente el basamento “Vulcanoclástico- Teotongo”. Mientras que la Calcita podría provenir de la Formación Chilapa y Teposcolula constituida por calizas de ambientes marinos profundos (Guerrero–Hernández, 2001; Santamaría Díaz *et al.*, 2008); que subyace a las secuencias sedimentarias del Pleistoceno-Holoceno y afloran al Sur-oeste de la falla Las Pilas (Santamaría – Díaz *et al.*, 2008). La Montmorillonita es ampliamente utilizada para conocer cambios climáticos registrados en los suelos y sedimentos del Cuaternario (Singer, 1980, 1984), la presencia de éste mineral infiere ambientes áridos y semiáridos (Singer, 1984); sin embargo, otros autores lo consideran como mayores condiciones de humedad y alteración química de los minerales (González - Clemente *et al.*, 2014). Para diferenciar estos dos contextos climáticos, se documentó su asociación con otros marcadores ambientales, en este caso la presencia de material fino dentro de los depósitos como lo son las arcillas, éstas indicando ambientes asociados a facies cenagosas; así como el alto contenido de caliche (carbonato de calcio) encontrado en los estratos fosilíferos, sobreyaciendo a los estratos arcillosos. La formación de estas concreciones es atribuida al contenido en calcita, formada por decantación y la disminución del tirante de agua e incremento de la concentración iónica (Guerrero– Hernández, 2001); indicando periodos de sequía (Solleiro – Rebolledo *et al.*, 2011).

De acuerdo a los resultados obtenidos para esta zona, el flujo de agua a través del sistema fluvial es bajo pero constante; indicando una baja precipitación y humedad, posiblemente ocasionado por la falta de los vientos alisios (Caballero *et al.*, 2010), a pesar de estar dentro de la Zona de Convergencia Intertropical. Seguramente una de las barreras pudieron ser las cadenas montañosas ubicadas en el centro del país (AVT); o bien, la ralentización del ciclo hidrológico por efecto de la

disminución de la humedad (Uriarte, 2000). El ambiente se presentaba fluctuante caracterizado por la transición de regímenes fluviales a aluviales con carga de sedimentos en un sistema de baja a media energía y aumento de humedad.

Los taxones hasta ahora encontrados y descritos para el estado de Oaxaca, consta de tres clases, 20 ordenes, 39 familias, 55 géneros, 21 familias, 11 especies siendo la Mixteca la zona con mayor porcentaje de localidades fosilíferas; (Pérez-Crespo y Santos-Moreno, 2009). Otros registros en cuanto a vertebrados para ésta zona están representados por las familias Pampateriidae, Glyptodontidae, Megatheriidae, Lagomorpha, Cricetidae, Camelidae, Cervidae, Bovidae, Equidae, Gomphoteridae y Elephantidae, así como roedores (*Peromyscus difficilis*, *Microtus mexicanus* y *Reitrodontomys meglotis*), y el lepórido (*Sylvilagus floridanus*). Del grupo de los invertebrados, se caracteriza por la presencia de gasterópodos terrestres (planórbidos), gasterópodos dulceacuícolas (Lymnaeidae, Planorbidae, Physidae y Succineidae), y bivalvos pisididos (Jiménez-Hidalgo y Guerrero-Arenas, 2012) y en la localidad de Concepción Buenavista, dentro de la Mixteca Alta, las familias encontradas son: Lymnaeidae, Zonitidae y Planorbidae, Succineidae, Pupillidae, Punctidae, Sphaeriidae y Euconulidae (Guerrero-Arenas *et al.*, 2013).

En ésta investigación se registró la presencia de las familias de vertebrados Equidae, Cervidae, Elephantidae, Gomphotheriidae y aportando al listado dos familias más: Tapiridae y Megalonychidae. Tres familias de invertebrados: Lymnaeidae, Zonitidae y Planorbidae. Por medio del estudio de la estratigrafía detallada y el registro de estas especies, se puede realizar un aproximado de las condiciones ambientales en las cuales coexistieron.

Según Pérez – Crespo *et al.*, (2009, 2011), por medio del análisis de isótopos estables $-^{13}\text{C}$ y ^{18}O en el material encontrado en la localidad El Cedral, San Luis Potosí, se puede conocer que la dieta de los mamuts es preferentemente mixta (C_3/C_4), mientras que la de los caballos va de mixta a

pacedora; esto confirma que las zonas habitadas por estos organismos coexistieran eran tanto abiertas como y cerradas.

Para el centro de país, Bravo-Cuevas *et al.*, (2011), determinó las dietas de los caballos en el estado de Hidalgo, indicando que las dietas eran altamente abrasivas y habitaban zonas abiertas de pastizales y/o sabanas; al igual que Arroyo-Cabrales *et al.*, 2006, mencionan que el centro de país era una zona de pradera la cual se extendía hasta Canadá; y debido a las condiciones climáticas existían abundantes cuerpos de agua rodeados por praderas y bosques (Johnson *et al.*, 2002).

Hacia el sur, dentro de los Valles Centrales en Oaxaca, Díaz – Sibaja, (2011) menciona que la asociación de estas especies indican zonas de vegetación abierta. Para la localidad de Guilá Naquitz Pérez – Crespo *et al.*, (2013) realizó un modelo bioclimático, una recopilación de análisis paleoecológicos (Mueller *et al.*, 2012) y palinológicos (Ferrusquía – Villafranca *et al.*, 2010), donde infieren que posiblemente el paisaje antes de los 12,000 a.P se asemejaba a un desierto subtropical árido con escasa precipitación; esto interpretado dentro de las cercanas secuencias fluviales del Valle de Nochixtlán por medio de diversos análisis paleoecológicos y fechamientos en suelos dentro del Valle (Mueller *et al.*, 2012) y hacia los 12,000 años a.P las condiciones se volvían más húmedas.

El análisis de cluster realizado en esta investigación, con las variables de mesodesgaste, indica que las especies *Equus conversidens* y *Equus mexicanus*, que habitaban en esta zona, tienen una similitud en cuanto a su dieta alimentaria; representado en la figura 27 con una distancia euclidiana de 9. Estos ejemplares en comparación con lo de Fortelius y Solouinas, 2000, indican una disimilitud de 37 (distancia euclidiana) con las especies *Hipotragus equinus*, *Redunca redunca*, *Kobus ellipsiprymn* e *Hippotragus niger*, representantes del grupo de los pacedores. Los resultados obtenidos coinciden con otros análisis de mesodesgaste para *E. conversidens* que incluyen la Mixteca Alta (Pérez- Crespo *et al.*, 2009), en la localidad de El Cedral en San Luis Potosí (Bravo – Cuevas *et al.*, 2011; Barrón – Ortiz C. R. *et al.*, 2014), en el Centro de México (Marín – Leyva

et al., 2016) y la Mixteca Alta Oaxaqueña donde se infiere una vegetación tipo “Woodland Sabana” (Campos – Camacho., 2012).

Por otro lado, en este trabajo de investigación se observó *Tapirus haysii*; este vertebrado ha sido estudiado en Florida, por medio del análisis de esmalte en los dientes, en la que indica zonas con matorrales, como la indicada previamente en *Equus*. La dieta de *Tapirus* consta de hojarasca, hojas de arbustos y árboles (DeSantis *et al.*, 2009). Al igual que esta especie, *Odocoileus virginianus* (Kaiser y Solouinas, 2003) y *Cuvieronius hydon* (Robles – Camacho *et al.*, 2010), se encuentra dentro del grupo de los ramoneadores.

Un estudio llevado a cabo en un cropolito de la especie *Nothrotheriops shastensis*, obtenido de Gypsum Cave, Nevada, indica que su dieta está compuesta por plantas del orden Capparales y, Lamiales y las familias Liliacea, Agavacea, Poaceae y Chenopodiaceae (Poinar *et al.*, 1998).

Las condiciones determinadas por las familias de invertebrados (Lymnaeidae, Zonitidae y Planorbidae) indican que para la zona de la Mixteca Alta existían llanuras de inundación o ciénegas (Guerrero – Arenas *et al.*, 2013). Tanto las familias de vertebrados e invertebrados incluidos en éste trabajo fueron encontrados dentro de estratos areno-limoso con matriz arcillosa, lo que confirma el tipo de ambiente (Dabrio E. J. y Fernández J., 1980).

El ambiente de depósito está estrechamente ligado a los procesos de biodegradación y descomposición, los cuales ocasionan la desarticulación de los organismos. A pesar de éste proceso, el material fósil presenta una buena preservación. Los molariformes han sido encontrados aislados con pequeñas fracturas angulosas, lo que podría ser consecuencia del pisoteo después del enterramiento (Behrensmeyer y Hook, 1992). En el caso de la mandíbula, ésta se encuentra desarticulada pero presenta ambos dentarios; en la porción del diastema ésta presenta un ligero fracturamiento, mientras que la porción distal del hueso mandibular derecho no está preservado y el izquierdo se encuentra fragmentado polidireccionalmente. Dichos fracturamientos posiblemente fueron ocasionados por la abrasión del sedimento o la carga litostática; al igual que la pelvis de

Nothrotheriops, estos tienen un tamaño mayor al de las partículas, siendo imposible un acarreo (Fernández – López, S., 1999). En *Odocoileus virginianus* se puede apreciar las astas, preservada la mitad de la rama principal y un fragmento de las secundarias, pero al igual que el género *Cuvieronius* los ápices del ejemplar se encuentran de redondeados a semiredondeados (Fernández – López, S., 1999, 2000).

De acuerdo a las características mencionadas anteriormente, la mayoría de los ejemplares tienden a mostrar un restringido transporte o acarreo (Moore y Norman, 2009); confirmado por la presencia de los invertebrados fósiles, los cuales presentan un alto índice de preservación; a pesar de considerarse como organismos frágiles, su estructura no ha sido modificada por factores externos al mismo. Por lo que podemos considerar que la reconstrucción paleontológica y paleoambiental dentro de la zona de la Mixteca Alta se está llevando a cabo correctamente ya que los fósiles encontrados son autóctonos.

V.2. CONCLUSIONES

La zona de estudio está ubicada dentro de una subcuenca, constituida por drenajes dendríticos compuestos de clastos retrabajados de naturaleza magmática tanto granítica como andesítica, con escasos clastos del basamento calcáreo. Ésta, representada por dos sistemas fluviales interconectados (Río Grande y Río Salado), posiblemente con un origen y tiempo distinto; lo que ocasiona que podamos obtener una columna tipo. Dentro de ésta se obtuvieron tres fechamientos por el método de C^{14} delimitando cronológicamente la zona de estudio, dentro del rango de 40,000 a 6,000 años.

De acuerdo a los análisis realizados, se infiere que la precipitación para la Mixteca Alta entre los 40 ka y los 16 ka no fluctuaba de manera significativa; esto observado en el tamaño de partícula y la presencia de montmorillonita en las distintas facies. Se caracterizaban por depósitos de arenas medias mezcladas con arcillas y un alto contenido en caliche (carbonato de calcio); el cual se establece por la precipitación de calcita autigénica dentro de facies cenagosas. Estas características indican drenajes fluviales de baja a media energía, lo que argumenta baja precipitación conformando ambientes áridos a semi-áridos.

Hacia la cima de la secuencia, alrededor de los 16 ka y 6 ka las condiciones se tornaron más cálidas y húmedas, confirmado por las facies sobreyacidas, donde se observa un aumento en el tamaño de las partículas que van de arenas medias a gravas, esto constituyendo microconglomerados en una matriz más arenosa.

Dentro de estas secuencias fluviales, alrededor de los 40 ka, las especies de vertebrados encontradas pertenecen a las familias Equidae, Cervidae, Elephantidae, Gomphotheriidae, Tapiridae y Megalonychidae y tres familias de invertebrados: Lymnaeidae, Zonitidae y Planorbidae. Por medio de un estudio tafonómico se determinó y corroboró la autoctonía de dichos organismos; esto, en conjunto con las facies sedimentarias y el análisis de mesodegaste sugiere que el entorno donde

convivio ésta fauna se caracterizaba por ambientes semi-áridos, representado por pastizales, matorrales y bosques en las zonas altas, rodeado por cuerpos de agua.

Finalmente los cambios observados se asemejan a los del AVT manteniendo la zona como un ambiente semi-árido durante el UMG y con una mayor precipitación, manteniendo un entorno más húmedo durante el inicio del Holoceno.

V.3. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio mineralógico de los fósiles para conocer con mayor exactitud el intercambio de minerales que tuvieron durante la diagénesis.
- Hacer un estudio petrográfico, por medio de láminas delgadas, del basamento de la zona de estudio, para corroborar si los resultados obtenidos en los análisis de difracción de rayos X podrían ser un retrabajamiento de dicho material.
- Llevar a cabo cuatro fechamientos mas, dentro de la zona, para poder realizar una más detallada correlación de las columnas y conocer los cambios ambientales más específicos para ésta zona durante el Pleistoceno tardío – Holoceno.

BIBLIOGRAFÍA

- Alberdi M. T., Arroyo – Cabrales J., Marín Leyva A. H. y Polaco O. J., 2014. **Study of Cedral Horses and their place in the Mexican Quaternary**: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. Vol. 31, núm. 2, pp. 221 – 237.
- Alberdi, M. T., Arroyo – Cabrales J. y Polaco, O. J., 2003. **¿Cuántas especies de caballo hubo en una sola localidad del Pleistoceno mexicano?**. Revista Española de Paleontología, 18(2): 205 – 212 pp.
- Arroyo – Cabrales, J., Johnson, E., Hass, H., de los Ríos – Paredes, M., Ralph, R. W., Hartwell, W. T., 1995. **First radiocarbon dates for San Josecito cave, Nuevo León, México**: Quaternary Research, 43, 255 – 258.
- Arroyo- Cabrales, J., Carreño A. L., Lozano-García S. y Montellano-Ballesteros M., 2008. **La diversidad en el pasado**, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad, Conabio, México, pp. 227-262
- Arroyo-Cabrales, J., Polaco O. J. y Johnson E., 2002. **La mastofauna del Cuaternario tardío en México**, en M. Montellano-Basllesteros y J.Arroyo-Cabrales. Avances de los estudios paleomastozoológicos en México. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Colección Científica. 433, México, pp 103-123.
- Arroyo-Cabrales, J., y Johnson. E. 2003. **Catálogo de los ejemplares de la cueva de San Josecito, Nuevo León, México**. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 20(1): 79 – 93 pp.
- Barrón – Ortiz, C. R., Theodor, J. M. y Arroyo – Cabrales, J., 2014. **Dietary resource partitioning in the Late Pleistocene horses from Cedral, north-central Mexico: evidence from the study of dental wear**. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. Vol. 31. Núm. 2. 260 – 269 pp.
- Behrensmeyer, A. K., Kidwell S. M. y Gastaldo R. A., 2000. **Taphonomy and paleobiology**. Paleontological Society.
- Bell, C. J., Lundelius Jr., E. L., Barnosky, A. D., Graham, R. W., Lindsay, E. H., Ruez Jr., D. R., Semken Jr., H. A., Webb, S. D. y Zakrzewsky, R. J. 2004. **Chapter 7: TheBlancan, Irvingtonian and Rancholabrean Mammal Ages**. En M. O. Woodburne (ed.), Late Cretaceous and Cenozoicmammals of North America: Biostratigraphy and Geocronology. Columbia University Press. New York, U.S.A. 319pp.
- Bravo – Cuevas, V. M., Jiménez – Hidalgo, E. y Priego – Vargas, J., 2011. **Taxonomía y hábito alimentario de *Equus conversidens* (Perissodactyla, Equidae) del Pleistoceno Tardío**

- (Rancholabreano) de Hidalgo, centro de México.** Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. Vol. 28. Núm. 1. 65 – 82 pp.
- Bright J., Kaufman D. S., Forman S. L., McIntosh W. C., Mead J. I. y Baez A., 2010. **Comparative dating of Bison-bearing late-Pleistocene deposit, Térapa, Sonora, México:** Quaternary Geochronology 5, pp. 631-643.
- Campos – Camacho, M. A., 2012. **Los équidos del Rancholabreano (Pleistoceno tardío) de la Fauna Local Viko Vijín, Mixteca Alta oaxaqueña, sur de México.** Trabajo de titulación en la modalidad de tesis, que para obtener el título de licenciado en Biología. Universidad de Guadalajara.
- Carranza – Castañeda, O., y Roldán-Quintana. J. 2007. **Mastofauna de la cuenca de Moctezuma, Cenozoico tardío de Sonora, México.** Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 24(1): 81 – 88 pp.
- Ceballos, G., Arroyo-Cabral, J., y Ponce, E. 2010. **Effects of Pleistocene environmental changes on the distribution and community structure of the mammalian fauna of Mexico:** Quaternary Research. 73: 464-473pp.
- Cisneros, J.C. 2005. **New Pleistocene vertebrate fauna from El Salvador.** Revista Brasileira de Dabrio, C. J. y Fernández, J., 1980 **Secuencias originadas por migración de ríos arenosos de baja sinuosidad.** Estudios geológicos. 36. 371 – 381 pp.
- Dalquest, W.W. y J.T. Hughes. 1965. **The Pleistocene horse, *Equus conversidens*.** American Midland Naturalist, 74(2): 408 – 417 pp.
- DeSantis, L. R. G., Feranec, R. S. y MacFadden, B. J., 2009. **Effects of Global Warming on Ancient Mammalian Communities and Their Environments.** PLoS ONE. Vol. 4. 1 – 7 pp.
- Díaz – Sibaja, S. R., 2011. **Estudio de dos nuevas localidades fosilíferas del Pleistoceno Tardío (Rancholabreano) de los Valles Centrales del Estado de Oaxaca, México.** Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Tesis de licenciatura, 100 pp.
- Doutt, J.K. y Black, C.C., 1962. **A new Pleistocene Locality in the State Oaxaca, Mexico.** Journal of Mammalogy, 43(3): 414 – 415 pp.
- Fernández, R., 2001. **Tafonomía, fosilización y Yacimientos de Fósiles: modelos alternativos.** Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 116 – 120 pp.
- Ferrusquía – Villafranca, I., Arroyo – Cabrales, J., Martínez – Hernández, E., Gama- Castro, J., Ruiz- González, J., Polaco, O. J. y Johnson, E., 2010. **Pleistocene mammals of México: A**

critical review of regional chronofaunas, climate change response and biogeographic provincially: Quaternary International 217: pp. 53-104.

Fortelius, M. y Solounias, N., 2000. **Functional Characterization of Ungulate Molars Using the Abrasion-Attrition Wear Gradient: A New Method for Reconstructing Paleodients.** American Museum of Natural History, 36 pp.

González – Clemente O. J., Bezada – Díaz, M., Millán – Boadas, Z. de V. y Carrera J. M., 2013 **Caracterización de las arenas y arcillas minerales de los depósitos de canal y planicie de inundación del río Portuguesa, Venezuela.** Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía. UNAM. Núm. 85. 18 – 32 pp.

Guerrero – Arenas, R., Jiménez – Hidalgo, E. y García – Barrera, P., 2013. **New records of temperate mollusks in two Late Pleistocene terrestrial localities from northeastern Oaxaca, Southern Mexico.** Journal of South American Earth Sciences, 213 – 219 pp.

Guerrero – Arenas, R., Jiménez – Hidalgo, E. y Santiago – Romero, H., 2010. **La transformación de los ecosistemas de la Mixteca Alta oaxaqueña desde el Pleistoceno Tardío hasta el Holoceno.** Ciencia y Mar, 61 – 68 pp.

Guerrero- Hernández, C. J., 2001. **Rocas calizas: Formación, ciclo del carbonato, propiedades, aplicaciones, distribución y perspectivas en la Mixteca Oaxaqueña.** Temas de Ciencia y Tecnología. Vol. 5. Núm. 14. 3 – 14 pp.

Heaton, T.H. 1985. **Quaternary paleontology and paleoecology of Crystal Ball cave, Utah: with emphasis on mammals and description of a new species of fossil skunk.** The Great Basin Naturalist, 45(3): 337 – 390 pp.

Hibbard, C. W., 1955. **Pleistocene vertebrates from the Upper Becerra (Becerra Superior) formation, valley of Tequixquiac, Mexico, with notes on other Pleistocene forms.** Contributions from the Museum of Paleontology University of Michigan, 12(5): 47 – 96 pp.

Jackson, D. R. y Fernández, E., 2005. **A small Pleistocene mammalian megafauna from southern Honduras.** Bulletin of the Florida Museum of Natural History, 45(4): 261 – 269 pp.

Jiménez - Hidalgo, E. y Guerrero - Arenas R. 2012. **Las comunidades del Pleistoceno tardío de la Mixteca Alta oaxaqueña.** In: Ortiz Escamilla, R. (Comp.). Las rutas de la Tierra del Sol. Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapam de León, Oaxaca. pp. 15-25.

Jiménez – Hidalgo, E., Cabrera – Pérez, L., MacFadden, B. J. y Guerrero – Arenas, R., 2013. **First record of *Bison antiquus* from the Late Pleistocene of southern Mexico.** Journal of South American Earth Sciences, 83 – 90 pp.

- Jiménez – Hidalgo, E., Guerrero – Arenas, R., Macfadden, B. J. y Cabrera – Pérez, L., 2011. **The Late Pleistocene (Rancholabrean) Viko Vijin Local Fauna from La Mixteca Alta, Northwestern Oaxaca, Southern Mexico.** Sociedade Brasileira de Paleontologia, 14(1); 15 – 28 pp.
- Kaiser, T. M. y Fortelius, M., 2003. **Differential Mesowear in Occluding Upper and Lower Molars: Opening Mesowear Analysis for Lower Molars and Premolars in Hypsodont Horses.** Journal of Morphology, 258:67 – 83 pp.
- Kaiser, T. M. y Franz – Odendaal, T. A., 2004. **A mixed-feeding *Equus* species from the Middle Pleistocene of South Africa.** Quaternary Research, 316 – 323 pp.
- López, F., 1999. **Tafonomía y fosilización.** Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 51 – 107, 438 – 441 pp.
- Lucas, S. G., 2008. ***Cuvieronius* (Mammalia, Proboscidea) from the Neogene of Florida.** New Mexico Museum of Natural History and Science, 31 pp.
- Lucas, S.G. 2008b. **Late Cenozoic vertebrate fossil assemblages from Jalisco, Mexico.** Neogene Mammals. New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin, 44: 51 – 64 pp.
- Lucas, S.G. 2008c. **Pleistocene mammals from Yeroconte, Honduras.** Neogene Mammals. New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin, 403 – 408 pp.
- Lucas, S.G., 2008a. **Late Cenozoic fossil mammals from the Chapala rift basin, Jalisco, Mexico.** Neogene Mammals. New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin, 44: 39 – 50 pp.
- McDonald G.H., 2002. **Fossil Xenarthra of Mexico: A review.,** en M. Montellano-Basllesteros y J.Arroyo-Cabrales. Avances de los estudios paleomastozoológicos en México. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Colección Científica. 433, México, pp 103-123.
- McDonald, H. G. y Jefferson, G. T., 2008. **Distribution of Pleistocene Nothrotheriops (Xenarthra, Nothrotheridae) in North America:** Natural History Museum of Los Angeles Country, Science Series, 313 – 331 pp.
- Mix, A. C., Bard, E. y Schneider, R., 2001. **Environmental processes of the ice age: land, oceans, glaciers (EPILOG).** Quaternary Science Reviews, 627 – 657 pp.

- Moore J. R. y Norman D. B., 2009. **Quantitatively evaluating the sources of taphonomic biasing of skeletal element abundances in fossil assemblages**. *PALAIOS*. Emphasizing the Impact of life on Earth's history. Vol. 24. 591-602 pp.
- Mooser, O. y Dalquest, W. W., 1975. **Pleistocene mammals from Aguascalientes, Central Mexico**. *Journal of Mammalogy*, 56(4): 781 – 820 pp.
- Mueller, R. G., Joyce, A. A. y Borejsza, A., 2012. **Alluvial archives of the Nochixtlan valley, Oaxaca, México: age and significance for reconstructions of environmental change**. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 121 – 136 pp.
- Paleontologia, 8: 239 – 255 pp.
- Pérez – Crespo, V. A., Arroyo – Cabrales, J. y Santos – Moreno A., 2008. **Generalidades de los Mamíferos del Pleistoceno Tardío de Oaxaca**. *Naturaleza y Desarrollo*. Vol. 6. Núm. 2.
- Pérez – Crespo, V. A., Arroyo – Cabrales, J. y Santos – Moreno, A., 2008. **Generalidades de los Mamíferos del Pleistoceno Tardío de Oaxaca**. *Naturaleza y Desarrollo*. Vol. 6. Núm. 2.
- Pérez – Crespo, V. A., Rodríguez, J., Arroyo – Cabrales, J. y Valdivia – Alva, L. M., 2013. **Variación ambiental durante el Pleistoceno tardío y Holoceno temprano en Guilá Naquitz (Oaxaca, México)**: *Sociedade Brasileira de Paleontologia*, 16(3): 487 – 494 pp.
- Pérez – Crespo, V. A., Sánchez – Chillón, B., Arroyo – Cabrales, J., Alberdi, M. T., Polaco, J. O., Santos – Moreno, A., Benammi, M., Morales – Puente, P. y Cienfuegos – Alvarado, E., 2009. **La dieta y el hábitat del mamut y los caballos del pleistoceno tardío de El Cedral con base en isótopos estables ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$)**: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 26(2), 347 – 355 pp.
- Pérez – Crespo, V. A., Schaaf, P., Alva – Valdivia, L. M. y Arroyo – Cabrales, J., 2011. **Datos preliminares de la isotopía de estroncio aplicada a *Mammuthus columbi* procedentes de La Laguna de las Cruces (San Luís Potosí)**. XII Congreso Nacional de Paleontología, Puebla, Puebla, México, 108 pp.
- Poinar, H. N., Hofreiter, M., Spaulding, W. G., Martin, P. S., Stankiewicz, B. A., Bland, H., Evershed, R. P., Possnert, G. y Pääbo, S., 1998. **Molecular Coproscopy: Dung and Diet of the Extinct Ground Sloth *Nothrotheriops shastensis***. *Science*. Vol. 281. 402 – 406 pp.
- Robles – Camacho J., Corona – Chávez, P., Morales – Gámez, M., Guzmán A. F., Polaco O. J., Dominguez – Vázquez, G., Israde – Alcántara, I. y Oliveros – Morales, A., 2010. **Estratigrafía y paleoambiente asociados a un Gomphoteriidae (*Cuvieronius hyodon*) en Tzintzunzan, Michoacán, México**. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. Vol. 27. Núm. 3 530 – 544 pp.

- Santamaría – Díaz, A., Alaniz – Álvarez, S. A. y Nieto – Samaniego, A. F., 2008. **Deformaciones cenozoicas en la cobertura de la falla de Caltepec en la región de Tamaulapán, sur de México.** Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. Vol. 25. Núm. 3. 494 – 516 pp.
- Scott, E. 1996. **The small horse from valley Wells, San Bernardino County, California.** In: **Punctuated Chaos in the Northeastern Mojave Desert.** Reynolds, R.J. (ed.). San Bernardino. County Museum Association Quarterly, 43(1,2): 85 – 89 pp.
- Singer, A., 1980. **The paleoclimatic interpretation of clay minerals in soils and weathering profiles.** Earth Science Reviews. Vol. 15. Núm 4. 303 – 326 pp.
- Skinner, M.F. 1942. **The fauna of Papago Springs Cave, Arizona, and a study of *Stockoceros*; with three new antilocaprine from Nebraska and Arizona.** Bulletin of the American Museum of Natural History, 80: 143 – 220 pp.
- Tapia – Ramírez, G., Guzmán, A. F. y Polaco, O. J., 2013. **Los gonfoterios (Proboscidea, Gomphotheriidae) de Colima, México.** Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Vol. 65. Núm. 3. 591 – 607 pp.
- Thiry, M., 2000. **Paleoclimatic interpretation of clay minerals in marine deposits: an Outlook from the continental origin.** Earth Science Reviews. 201 – 221 pp.
- Tovar, R. E., Montellano – Ballesteros M., y Corona, E., 2007. **Fauna pleistocénica de Santa Cruz Nuevo, Puebla, México.** In: **4° European meeting on the Paleontology and Stratigraphy of Latin America, Cuadernos del Museo Geominero, núm. 8.** Instituto Geológico y Minero de España. Díaz Martínez, E. y Rábano I. (eds.) 393 – 397 pp.
- Valerio – Zamora, A.L., y Laurilo – Mora C.A., 2004. **Paleofauna de Aguascaliente de Cartago, Costa Rica. Parte I: *Equus* cf. *E. conversidens* Owen, 1869.** Revista Geológica de América Central, 31: 87 – 92 pp.
- Vázquez – Domínguez, E., y Arita H.T., 2010. **The Yucatán península: biogeographical history 65 million years in the making.** Ecography, 33: 212 – 219 pp.

ANEXOS

Tablas de Granulometría de la localidad Cañada de Misterio y Morelos.

Cañada 1									
No. de tamiz	Phi	Micras	Tamiz Peso en gr. individual	SPECTREX	% en gramos SPECTREX	Peso gr. Tamiz y Spectrex	% individual	Peso acumulado	% acumulado
5	-2	4000.00	0.00		0	0.00	0.000	0.00	0.00
10	-1	2000.00	0.08		0	0.08	0.021	0.08	0.02
18	0	1000.00	2.29		0	2.29	0.615	2.37	0.64
35	1	500.00	44.38		0	44.38	11.916	46.75	12.55
60	2	250.00	129.22		0	129.22	34.695	175.97	47.25
120	3	125.00	111.78		0	111.78	30.012	287.75	77.26
230	4	63.00	43.91	0.00	0.00	43.91	11.790	331.66	89.05
>230	5	32.00	40.79	0.44	0.18	0.18	0.048	331.84	89.10
	6	15.60		1.25	0.51	0.51	0.137	332.35	89.23
	7	7.80		6.82	2.78	2.78	0.747	335.13	89.98
	8	3.90		38.88	15.86	15.86	4.258	350.99	94.24
	9	2.00		44.60	18.19	18.19	4.885	369.18	99.12
	10	0.98		8.01	3.27	3.27	0.877	372.45	100.00
Total			372.45	100.00	40.79	372.45	87.44797959		

Cañada 2									
No. de tamiz	Phi	Micras	Tamiz Peso en gr. individual	SPECTREX	% en gramos SPECTREX	Peso gr. Tamiz y Spectrex	% individual	Peso acumulado	% acumulado
5	-2	4000.00	15.00		0	15.00	3.367	15.00	3.37
10	-1	2000.00	50.00		0	50.00	11.224	65.00	14.59
18	0	1000.00	5.37		0	5.37	1.206	70.37	15.80
35	1	500.00	29.56		0	29.56	6.636	99.93	22.43
60	2	250.00	102.04		0	102.04	22.907	201.97	45.34
120	3	125.00	166.21		0	166.21	37.312	368.18	82.65
230	4	63.00	26.97	0.08	0.04	27.01	6.064	395.19	88.72
>230	5	32.00	50.31	1.03	0.52	0.52	0.116	395.71	88.83
	6	15.60		2.89	1.45	1.45	0.326	397.16	89.16
	7	7.80		34.48	17.35	17.35	3.894	414.51	93.05
	8	3.90		58.77	29.57	29.57	6.638	444.08	99.69
	9	2.00		2.74	1.38	1.38	0.309	445.45	100.00
	10	0.98		0.00	0.00	0.00	0.000	445.45	100.00
Total			445.46			445.45	77.56675602		

Cañada 3									
No. de tamiz	Phi	Micras	Tamiz Peso en gr. individual	SPECTREX	% en gramos SPECTREX	Peso gr. Tamiz y Spectrex	% individual	Peso acumulado	% acumulado
5	-2	4000.00	0.00		0	0.00	0.000	0.00	0.00
10	-1	2000.00	0.11		0	0.11	0.037	0.11	0.04
18	0	1000.00	0.29		0	0.29	0.097	0.40	0.13
35	1	500.00	1.52		0	1.52	0.510	1.92	0.64
60	2	250.00	11.43		0	11.43	3.837	13.35	4.48
120	3	125.00	163.77		0	163.77	54.982	177.12	59.46
230	4	63.00	39.08	0.00	0.00	39.08	13.120	216.20	72.58
>230	5	32.00	81.66	0.06	0.05	0.05	0.016	216.25	72.60
	6	15.60		0.53	0.43	0.43	0.145	216.68	72.75
	7	7.80		8.82	7.20	7.20	2.418	223.88	75.16
	8	3.90		69.90	57.08	57.08	19.163	280.96	94.33
	9	2.00		20.64	16.85	16.85	5.659	297.82	99.99
	10	0.98		0.05	0.04	0.04	0.014	297.86	100.00
Total			297.86		81.66	297.86	99.35540187		

Cañada 4									
No. de tamiz	Phi	Micras	Tamiz Peso en gr. individual	SPECTREX	% en gramos SPECTREX	Peso gr. Tamiz y Spectrex	% individual	Peso acumulado	% acumulado
5	-2	4000.00	0.18		0	0.18	0.040	0.18	0.04
10	-1	2000.00	0.34		0	0.34	0.076	0.52	0.12
18	0	1000.00	0.21		0	0.21	0.047	0.73	0.16
35	1	500.00	56.48		0	56.48	12.592	57.21	12.75
60	2	250.00	160.41		0	160.41	35.763	217.62	48.52
120	3	125.00	133.82		0	133.82	29.835	351.44	78.35
230	4	63.00	59.76	0.00	0.00	59.76	13.323	411.20	91.68
>230	5	32.00	37.34	0.15	0.06	0.06	0.012	411.26	91.69
	6	15.60		0.66	0.25	0.25	0.055	411.50	91.74
	7	7.80		7.30	2.73	2.73	0.608	414.23	92.35
	8	3.90		56.34	21.04	21.04	4.690	435.27	97.04
	9	2.00		33.87	12.65	12.65	2.820	447.91	99.86
	10	0.98		1.67	0.62	0.62	0.139	448.54	100.00
Total			448.54			448.54	87.24517852		

Cañada 5									
No. de tamiz	Phi	Micras	Tamiz Peso en gr. individual	SPECTREX	% en gramos SPECTREX	Peso gr. Tamiz y Spectrex	% individual	Peso acumulado	% acumulado
5	-2	4000.00	0.56		0	0.56	0.198	0.56	0.20
10	-1	2000.00	0.48		0	0.48	0.169	1.04	0.37
18	0	1000.00	0.24		0	0.24	0.085	1.28	0.45
35	1	500.00	0.90		0	0.90	0.318	2.18	0.77
60	2	250.00	13.79		0	13.79	4.869	15.97	5.64
120	3	125.00	141.18		0	141.18	49.848	157.15	55.49
230	4	63.00	50.29	0.07	0.05	50.34	17.775	207.49	73.26
>230	5	32.00	75.78	0.54	0.41	0.41	0.144	207.90	73.41
	6	15.60		2.14	1.62	1.62	0.573	209.52	73.98
	7	7.80		11.21	8.49	8.49	2.999	218.02	76.98
	8	3.90		58.78	44.54	44.54	15.728	262.56	92.71
	9	2.00		26.29	19.92	19.92	7.034	282.48	99.74
	10	0.98		0.97	0.74	0.74	0.260	283.22	100.00
Total			283.22		75.78	283.22	99.23028035		

Cañada 6									
No. de tamiz	Phi	Micras	Tamiz Peso en gr. individual	SPECTREX	% en gramos SPECTREX	Peso gr. Tamiz y Spectrex	% individual	Peso acumulado	% acumulado
5	-2	4000.00	1.15		0	1.15	0.273	1.15	0.27
10	-1	2000.00	1.12		0	1.12	0.266	2.27	0.54
18	0	1000.00	2.08		0	2.08	0.493	4.35	1.03
35	1	500.00	7.17		0	7.17	1.700	11.52	2.73
60	2	250.00	53.17		0	53.17	12.607	64.69	15.34
120	3	125.00	257.05		0	257.05	60.949	321.74	76.29
230	4	63.00	36.66	0.00	0.00	36.66	8.692	358.40	84.98
>230	5	32.00	63.34	0.21	0.13	0.13	0.032	358.53	85.01
	6	15.60		0.64	0.41	0.41	0.096	358.94	85.11
	7	7.80		3.34	2.12	2.12	0.502	361.05	85.61
	8	3.90		29.91	18.94	18.94	4.492	380.00	90.10
	9	2.00		53.36	33.80	33.80	8.014	413.80	98.12
	10	0.98		12.55	7.95	7.95	1.885	421.75	100.00
Total			421.74	100.01		421.75	97.26850026		

Cañada 7									
No. de tamiz	Phi	Micras	Tamiz Peso en gr. individual	SPECTREX	% en gramos SPECTREX	Peso gr. Tamiz y Spectrex	% individual	Peso acumulado	% acumulado
5	-2	4000.00	2.27		0	2.27	0.685	2.27	0.68
10	-1	2000.00	1.36		0	1.36	0.410	3.63	1.10
18	0	1000.00	1.88		0	1.88	0.567	5.51	1.66
35	1	500.00	9.74		0	9.74	2.938	15.25	4.60
60	2	250.00	21.51		0	21.51	6.489	36.76	11.09
120	3	125.00	111.97		0	111.97	33.778	148.73	44.87
230	4	63.00	105.47	0.00	0.00	105.47	31.817	254.20	76.68
>230	5	32.00	77.29	0.04	0.03	0.03	0.009	254.23	76.69
	6	15.60		0.18	0.14	0.14	0.042	254.37	76.74
	7	7.80		1.96	1.51	1.51	0.457	255.88	77.19
	8	3.90		20.36	15.74	15.74	4.747	271.62	81.94
	9	2.00		50.20	38.80	38.80	11.705	310.42	93.64
	10	0.98		27.26	21.07	21.07	6.356	331.49	100.00
Total			331.49	100.00	77.29	331.49	95.39955956		

Cañada 8									
No. de tamiz	Phi	Micras	Tamiz Peso en gr. individual	SPECTREX	% en gramos SPECTREX	Peso gr. Tamiz y Spectrex	% individual	Peso acumulado	% acumulado
5	-2	4000.00	0.94		0	0.94	0.250	0.94	0.25
10	-1	2000.00	0.01		0	0.01	0.003	0.95	0.25
18	0	1000.00	0.04		0	0.04	0.011	0.99	0.26
35	1	500.00	0.64		0	0.64	0.170	1.63	0.43
60	2	250.00	10.30		0	10.30	2.741	11.93	3.17
120	3	125.00	198.9		0	198.90	52.923	210.83	56.10
230	4	63.00	51.63	0.00	0.00	51.63	13.738	262.46	69.83
>230	5	32.00	113.37	0.39	0.44	0.44	0.118	262.90	69.95
	6	15.60		1.17	1.33	1.33	0.353	264.23	70.31
	7	7.80		4.43	5.02	5.02	1.336	269.25	71.64
	8	3.90		23.91	27.11	27.11	7.213	296.36	78.85
	9	2.00		47.56	53.92	53.92	14.347	350.28	93.20
	10	0.98		22.54	25.55	25.55	6.799	375.83	100.00
Total			375.83	100.00	113.37	375.83	99.56629327		

Cañada 9									
No. de tamiz	Phi	Micras	Tamiz Peso en gr. individual	SPECTREX	% en gramos SPECTREX	Peso gr. Tamiz y Spectrex	% individual	Peso acumulado	% acumulado
5	-2	4000.00	0.00		0	0.00	0.000	0.00	0.00
10	-1	2000.00	0.43		0	0.43	0.118	0.43	0.12
18	0	1000.00	0.11		0	0.11	0.030	0.54	0.15
35	1	500.00	0.19		0	0.19	0.052	0.73	0.20
60	2	250.00	13.68		0	13.68	3.747	14.41	3.95
120	3	125.00	146.17		0	146.17	40.033	160.58	43.98
230	4	63.00	108.32	0.04	0.04	108.36	29.678	268.94	73.66
>230	5	32.00	96.22	0.04	0.04	0.04	0.011	268.98	73.67
	6	15.60		0.27	0.26	0.26	0.071	269.24	73.74
	7	7.80		2.42	2.33	2.33	0.638	271.57	74.38
	8	3.90		17.82	17.15	17.15	4.696	288.71	79.07
	9	2.00		39.62	38.12	38.12	10.441	326.83	89.51
	10	0.98		39.79	38.29	38.29	10.486	365.12	100.00
Total			365.12	100.00	96.22	365.12	99.80006573		

Cañada 10									
No. de tamiz	Phi	Micras	Tamiz Peso en gr. individual	SPECTREX	% en gramos SPECTREX	Peso gr. Tamiz y Spectrex	% individual	Peso acumulado	% acumulado
5	-2	4000.00	0.00		0	0.00	0.000	0.00	0.00
10	-1	2000.00	0.00		0	0.00	0.000	0.00	0.00
18	0	1000.00	0.00		0	0.00	0.000	0.00	0.00
35	1	500.00	0.04		0	0.04	0.013	0.04	0.01
60	2	250.00	1.11		0	1.11	0.362	1.15	0.38
120	3	125.00	68.98		0	68.98	22.524	70.13	22.90
230	4	63.00	146.23	0.00	0.00	146.23	47.748	216.36	70.65
>230	5	32.00	89.90	0.10	0.09	0.09	0.029	216.45	70.68
	6	15.60		0.20	0.18	0.18	0.059	216.63	70.74
	7	7.80		2.62	2.36	2.36	0.769	218.99	71.51
	8	3.90		25.56	22.98	22.98	7.503	241.96	79.01
	9	2.00		53.63	48.21	48.21	15.743	290.18	94.75
	10	0.98		17.88	16.07	16.07	5.249	306.25	100.00
Total			306.26	99.99	89.89	306.25	99.98693882		

Cañada 11									
No. de tamiz	Phi	Micras	Tamiz Peso en gr. individual	SPECTREX	% en gramos SPECTREX	Peso gr. Tamiz y Spectrex	% individual	Peso acumulado	% acumulado
35	1	500.00	0.04		0	0.04	0.013	0.04	0.01
60	2	250.00	1.11		0	1.11	0.362	1.15	0.38
120	3	125.00	68.98		0	68.98	22.524	70.13	22.90
230	4	63.00	146.23	0.00	0.00	146.23	47.748	216.36	70.65
>230	5	32.00	89.90	0.10	0.09	0.09	0.029	216.45	70.68
	6	15.60		0.20	0.18	0.18	0.059	216.63	70.74
	7	7.80		2.62	2.36	2.36	0.769	218.99	71.51
	8	3.90		25.56	22.98	22.98	7.503	241.96	79.01
	9	2.00		53.63	48.21	48.21	15.743	290.18	94.75
	10	0.98		17.88	16.07	16.07	5.249	306.25	100.00
Total			306.26	99.99	89.89	306.25	99.98694		

Cañada 12									
No. de tamiz	Phi	Micras	Tamiz Peso en gr. individual	SPECTREX	% en gramos SPECTREX	Peso gr. Tamiz y Spectrex	% individual	Peso acumulado	% acumulado
5	-2	4000.00	0.00		0	0.00	0.000	0.00	0.00
10	-1	2000.00	0.04		0	0.04	0.013	0.04	0.01
18	0	1000.00	0.06		0	0.06	0.019	0.10	0.03
35	1	500.00	3.79		0	3.79	1.229	3.89	1.26
60	2	250.00	44.42		0	44.42	14.410	48.31	15.67
120	3	125.00	140.56		0	140.56	45.598	188.87	61.27
230	4	63.00	58.53	0.00	0.00	58.53	18.987	247.40	80.26
>230	5	32.00	60.86	0.75	0.46	0.46	0.148	247.86	80.40
	6	15.60		0.95	0.58	0.58	0.188	248.43	80.59
	7	7.80		5.51	3.35	3.35	1.088	251.79	81.68
	8	3.90		27.19	16.55	16.55	5.368	268.34	87.05
	9	2.00		46.43	28.26	28.26	9.167	296.59	96.22
	10	0.98		19.17	11.67	11.67	3.785	308.26	100.00
Total			308.26	100.00	60.86	308.26	98.73808		

Cañada 13									
No. de tamiz	Phi	Micras	Tamiz Peso en gr. individual	SPECTREX	% en gramos SPECTREX	Peso gr. Tamiz y Spectrex	% individual	Peso acumulado	% acumulado
5	-2	4000.00	0.36		0	0.36	0.125	0.36	0.13
10	-1	2000.00	0.18		0	0.18	0.063	0.54	0.19
18	0	1000.00	0.05		0	0.05	0.017	0.59	0.20
35	1	500.00	1.38		0	1.38	0.479	1.97	0.68
60	2	250.00	36.78		0	36.78	12.772	38.75	13.46
120	3	125.00	118.73		0	118.73	41.230	157.48	54.69
230	4	63.00	74.93	0.00	0.00	74.93	26.020	232.41	80.71
>230	5	32.00	55.56	0.15	0.08	0.08	0.029	232.49	80.74
	6	15.60		0.99	0.55	0.55	0.191	233.04	80.93
	7	7.80		5.43	3.02	3.02	1.048	236.06	81.97
	8	3.90		30.20	16.78	16.78	5.827	252.84	87.80
	9	2.00		47.63	26.46	26.46	9.190	279.30	96.99
	10	0.98		15.60	8.67	8.67	3.010	287.97	100.00
Total			287.97	100.00	55.56	287.97	99.3159		

Cañada 14									
No. de tamiz	Phi	Micras	Tamiz Peso en gr. individual	SPECTREX	% en gramos SPECTREX	Peso gr. Tamiz y Spectrex	% individual	Peso acumulado	% acumulado
5	-2	4000.00	1.13		0	1.13	0.336	1.13	0.34
10	-1	2000.00	0.67		0	0.67	0.199	1.80	0.54
18	0	1000.00	0.08		0	0.08	0.024	1.88	0.56
35	1	500.00	0.63		0	0.63	0.187	2.51	0.75
60	2	250.00	15.88		0	15.88	4.725	18.39	5.47
120	3	125.00	107.19		0	107.19	31.893	125.58	37.36
230	4	63.00	133.66	0.00	0.00	133.66	39.769	259.24	77.13
>230	5	32.00	76.85	0.34	0.26	0.26	0.078	259.50	77.21
	6	15.60		1.05	0.81	0.81	0.240	260.31	77.45
	7	7.80		4.42	3.40	3.40	1.011	263.70	78.46
	8	3.90		22.28	17.12	17.12	5.095	280.83	83.56
	9	2.00		43.04	33.08	33.08	9.841	313.90	93.40
	10	0.98		28.87	22.19	22.19	6.601	336.09	100.00
Total			336.09	100.00	76.85	336.09	99.25318		

Morelos 1									
No. de tamiz	Phi	Micras	Tamiz Peso en gr. individual	SPECTREX	% en gramos SPECTREX	Peso gr. Tamiz y Spectrex	% individual	Peso acumulado	% acumulado
5	-2	4000.00	2.14		0	2.14	0.432	2.14	0.43
10	-1	2000.00	3.78		0	3.78	0.763	5.92	1.20
18	0	1000.00	0.87		0	0.87	0.176	6.79	1.37
35	1	500.00	7.23		0	7.23	1.460	14.02	2.83
60	2	250.00	85.78		0	85.78	17.318	99.80	20.15
120	3	125.00	198.97		0	198.97	40.170	298.77	60.32
230	4	63.00	123.27	0.07	0.05	123.32	24.897	422.09	85.22
>230	5	32.00	73.28	0.45	0.33	0.33	0.067	422.42	85.28
	6	15.60		0.82	0.60	0.60	0.121	423.02	85.40
	7	7.80		3.35	2.45	2.45	0.496	425.48	85.90
	8	3.90		28.63	20.98	20.98	4.236	446.46	90.14
	9	2.00		58.48	42.85	42.85	8.652	489.31	98.79
	10	0.98		8.20	6.01	6.01	1.213	495.32	100.00
Total			495.32	100.00	73.28	495.32	97.16951		

Morelos 2									
No. de tamiz	Phi	Micras	Tamiz Peso en gr. individual	SPECTREX	% en gramos SPECTREX	Peso gr. Tamiz y Spectrex	% individual	Peso acumulado	% acumulado
5	-2	4000.00	1.18		0	1.18	1.331	1.18	1.33
10	-1	2000.00	2.10		0	2.10	2.369	3.28	3.70
18	0	1000.00	9.40		0	9.40	10.603	12.68	14.30
35	1	500.00	23.41		0	23.41	26.407	36.09	40.71
60	2	250.00	24.96		0	24.96	28.155	61.05	68.87
120	3	125.00	16.88		0	16.88	19.041	77.93	87.91
230	4	63.00	4.90	0.16	0.01	4.91	5.538	82.84	93.44
>230	5	32.00	5.82	0.43	0.03	0.03	0.028	82.86	93.47
	6	15.60		0.85	0.05	0.05	0.056	82.91	93.53
	7	7.80		4.16	0.24	0.24	0.273	83.16	93.80
	8	3.90		22.94	1.34	1.34	1.506	84.49	95.31
	9	2.00		53.02	3.09	3.09	3.481	87.58	98.79
	10	0.98		18.45	1.07	1.07	1.211	88.65	100.00
Total			88.65	100.01	5.82	88.65	59.28961		

Morelos 3									
No. de tamiz	Phi	Micras	Tamiz Peso en gr. individual	SPECTREX	% en gramos SPECTREX	Peso gr. Tamiz y Spectrex	% individual	Peso acumulado	% acumulado
5	-2	4000.00	0.04		0	0.04	0.009	0.04	0.01
10	-1	2000.00	1.02		0	1.02	0.230	1.06	0.24
18	0	1000.00	6.23		0	6.23	1.405	7.29	1.64
35	1	500.00	28.76		0	28.76	6.485	36.05	8.13
60	2	250.00	100.20		0	100.20	22.595	136.25	30.72
120	3	125.00	129.44		0	129.44	29.189	265.69	59.91
230	4	63.00	97.18	0.30	0.24	97.42	21.968	363.11	81.88
>230	5	32.00	80.60	1.09	0.88	0.88	0.198	363.99	82.08
	6	15.60		1.80	1.45	1.45	0.327	365.44	82.41
	7	7.80		6.33	5.10	5.10	1.150	370.54	83.56
	8	3.90		37.99	30.62	30.62	6.905	401.16	90.46
	9	2.00		46.78	37.70	37.70	8.502	438.87	98.96
	10	0.98		5.70	4.59	4.59	1.036	443.46	100.00
Total			443.47	99.99	80.59	443.46	91.87078		

Morelos 4									
No. de tamiz	Phi	Micras	Tamiz Peso en gr. individual	SPECTREX	% en gramos SPECTREX	Peso gr. Tamiz y Spectrex	% individual	Peso acumulado	% acumulado
5	-2	4000.00	4.21		0	4.21	0.657	4.21	0.66
10	-1	2000.00	6.98		0	6.98	1.089	11.19	1.75
18	0	1000.00	5.69		0	5.69	0.888	16.88	2.63
35	1	500.00	51.61		0	51.61	8.052	68.49	10.69
60	2	250.00	195.51		0	195.51	30.504	264.00	41.19
120	3	125.00	166.8		0	166.80	26.024	430.80	67.21
230	4	63.00	128.37	0.07	0.06	128.43	20.037	559.23	87.25
>230	5	32.00	81.77	0.15	0.12	0.12	0.019	559.35	87.27
	6	15.60		2.37	1.94	1.94	0.302	561.29	87.57
	7	7.80		14.82	12.12	12.12	1.891	573.41	89.46
	8	3.90		48.88	39.97	39.97	6.236	613.38	95.70
	9	2.00		30.51	24.95	24.95	3.892	638.32	99.59
	10	0.98		3.20	2.62	2.62	0.408	640.94	100.00
Total			640.94	100.00	81.77	640.94	89.31413		

Morelos 5									
No. de tamiz	Phi	Micras	Tamiz Peso en gr. individual	SPECTREX	% en gramos SPECTREX	Peso gr. Tamiz y Spectrex	% individual	Peso acumulado	% acumulado
5	-2	4000.00	3.02		0	3.02	0.570	3.02	0.57
10	-1	2000.00	4.42		0	4.42	0.835	7.44	1.41
18	0	1000.00	3.50		0	3.50	0.661	10.94	2.07
35	1	500.00	15.02		0	15.02	2.837	25.96	4.90
60	2	250.00	86.96		0	86.96	16.425	112.92	21.33
120	3	125.00	230.64		0	230.64	43.564	343.56	64.89
230	4	63.00	88.64	0.13	0.13	88.77	16.766	432.33	81.66
>230	5	32.00	97.24	1.62	1.58	1.58	0.298	433.90	81.96
	6	15.60		1.67	1.62	1.62	0.307	435.53	82.26
	7	7.80		3.31	3.22	3.22	0.608	438.74	82.87
	8	3.90		26.58	25.85	25.85	4.882	464.59	87.75
	9	2.00		44.05	42.83	42.83	8.091	507.42	95.84
	10	0.98		22.63	22.01	22.01	4.156	529.43	100.00
Total			529.44	99.99	97.23	529.43	95.09662		

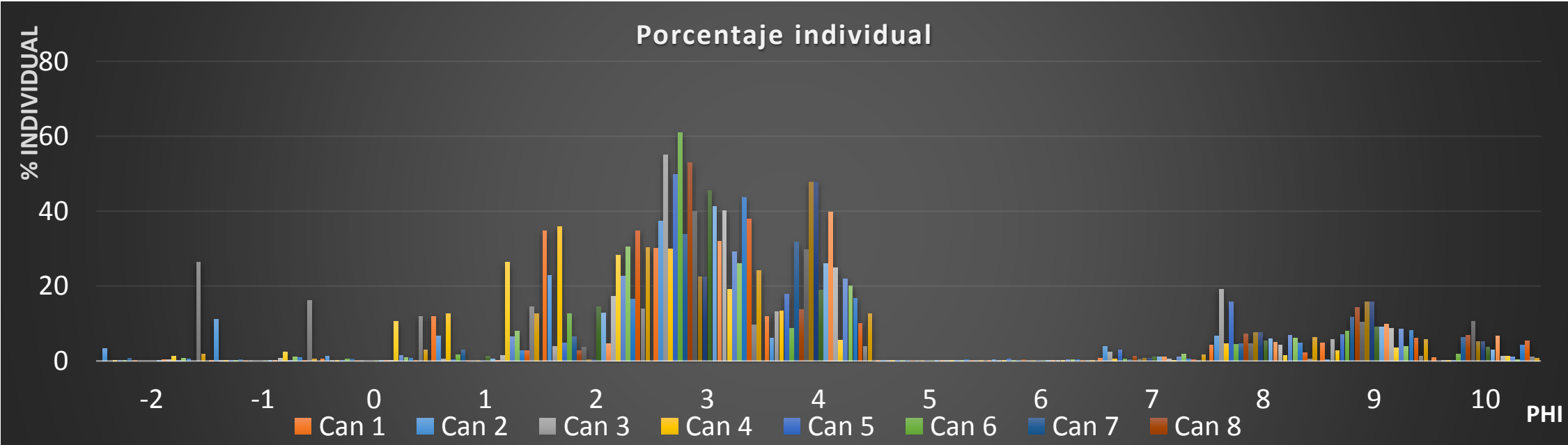
Morelos 6									
No. de tamiz	Phi	Micras	Tamiz Peso en gr. individual	SPECTREX	% en gramos SPECTREX	Peso gr. Tamiz y Spectrex	% individual	Peso acumulado	% acumulado
5	-2	4000.00	0.00		0	0.00	0.000	0.00	0.00
10	-1	2000.00	0.33		0	0.33	0.078	0.33	0.08
18	0	1000.00	0.40		0	0.40	0.094	0.73	0.17
35	1	500.00	11.64		0	11.64	2.744	12.37	2.92
60	2	250.00	147.50		0	147.50	34.770	159.87	37.69
120	3	125.00	161.08		0	161.08	37.971	320.95	75.66
230	4	63.00	42.70	0.06	0.04	42.74	10.074	363.69	85.73
>230	5	32.00	60.56	0.51	0.31	0.31	0.073	364.00	85.80
	6	15.60		0.82	0.50	0.50	0.117	364.49	85.92
	7	7.80		3.01	1.82	1.82	0.430	366.31	86.35
	8	3.90		16.06	9.73	9.73	2.293	376.04	88.64
	9	2.00		42.16	25.53	25.53	6.019	401.57	94.66
	10	0.98		37.39	22.64	22.64	5.338	424.22	100.00
Total			424.21	100.01	60.57	424.22	97.08403		

Morelos 7									
No. de tamiz	Phi	Micras	Tamiz Peso en gr. individual	SPECTREX	% en gramos SPECTREX	Peso gr. Tamiz y Spectrex	% individual	Peso acumulado	% acumulado
5	-2	4000.00	159.83		0	159.83	26.465	159.83	26.46
10	-1	2000.00	97.21		0	97.21	16.096	257.04	42.56
18	0	1000.00	72.02		0	72.02	11.925	329.06	54.49
35	1	500.00	87.87		0	87.87	14.549	416.93	69.04
60	2	250.00	84.50		0	84.50	13.991	501.43	83.03
120	3	125.00	58.79		0	58.79	9.734	560.22	92.76
230	4	63.00	23.79	0.00	0.00	23.79	3.939	584.01	96.70
>230	5	32.00	19.93	0.52	0.10	0.10	0.017	584.11	96.72
	6	15.60		1.70	0.34	0.34	0.056	584.45	96.77
	7	7.80		4.51	0.90	0.90	0.149	585.35	96.92
	8	3.90		17.49	3.49	3.49	0.577	588.84	97.50
	9	2.00		40.60	8.09	8.09	1.340	596.93	98.84
	10	0.98		35.18	7.01	7.01	1.161	603.94	100.00
Total			603.94	100.00	19.93	603.94	30.965		

Morelos 8									
No. de tamiz	Phi	Micras	Tamiz Peso en gr. individual	SPECTREX	% en gramos SPECTREX	Peso gr. Tamiz y Spectrex	% individual	Peso acumulado	% acumulado
5	-2	4000.00	10.81		0	10.81	1.892	10.81	1.89
10	-1	2000.00	3.24		0	3.24	0.567	14.05	2.46
18	0	1000.00	16.90		0	16.90	2.959	30.95	5.42
35	1	500.00	71.79		0	71.79	12.568	102.74	17.99
60	2	250.00	172.72		0	172.72	30.237	275.46	48.22
120	3	125.00	137.67		0	137.67	24.101	413.13	72.32
230	4	63.00	72.64	0.00	0.00	72.64	12.716	485.77	85.04
>230	5	32.00	85.45	0.66	0.56	0.56	0.099	486.33	85.14
	6	15.60		1.62	1.38	1.38	0.242	487.72	85.38
	7	7.80		11.72	10.01	10.01	1.753	497.73	87.13
	8	3.90		42.24	36.09	36.09	6.319	533.83	93.45
	9	2.00		38.87	33.21	33.21	5.815	567.04	99.27
	10	0.98		4.90	4.19	4.19	0.733	571.23	100.00
Total			571.22	100.01	85.46	571.23	82.0142		

	Localidad Cañada del Misterio														Localidad Morelos							
Phi	1% individual	2% individual	3% individual	4% individual	5% individual	6% individual	7% individual	8% individual	9% individual	10% individual	11% individual	12% individual	13% individual	14% individual	1% individual	2% individual	3% individual	4% individual	5% individual	6% individual	7% individual	Paleosuelo % individual
-2	0	3.36734374	0	0.04013053	0.19772615	0.27267575	0.68478687	0.25011308	0	0	0	0	0.12501302	0.33621947	0.43204393	1.33106853	0.00901994	0.65684775	0.5704245	0	26.4645495	1.892412432
-1	0.02147939	11.2244791	0.0369301	0.07580212	0.16947956	0.26556247	0.41026879	0.00266078	0.1177695	0	0	0.01297606	0.06250651	0.19935136	0.76314302	2.36885078	0.23000846	1.08902549	0.8348597	0.07779055	16.0959698	0.567198546
0	0.61484763	1.20550906	0.09736118	0.04681896	0.08473978	0.49318745	0.56713626	0.01064311	0.03012708	0	0	0.01946409	0.01736292	0.02380315	0.17564403	10.6034273	1.40485562	0.8877586	0.661088	0.09429157	11.9250257	2.958535624
1	11.9156934	6.63591206	0.51030686	12.5920699	0.31777417	1.70007405	2.93824851	0.17028976	0.05203769	0.01306118	0.01306118	1.22948161	0.47921659	0.18744979	1.45966244	26.407046	6.48533671	8.05223578	2.83701191	2.74388483	14.5494586	12.56764926
2	34.6945899	22.906917	3.83737326	35.7629945	4.86900643	12.6071043	6.48888353	2.7406008	3.74671341	0.36244778	0.36244778	14.4099137	12.7721638	4.72492487	17.3180974	28.1554835	22.5949492	30.5036353	16.4252035	34.7700182	13.9914561	30.2365842
3	30.0120822	37.3124135	54.9822064	29.8348228	49.8481746	60.948959	33.7777912	52.9228641	40.0334137	22.5240073	22.5240073	45.5978719	41.2299892	31.8932429	40.1699911	19.0410481	29.1885252	26.0242768	43.5638101	37.9712172	9.7344107	24.10068635
4	11.7895019	6.0635193	13.1202578	13.3233374	17.775244	8.69242885	31.8169477	13.7375941	29.6775	47.748414	47.748414	18.9872186	26.0200715	39.7691095	24.8972979	5.53782264	21.9684693	20.0373263	16.7664027	10.0741911	3.93913303	12.71645135
5	0.04818794	0.11632893	0.01644934	0.01248728	0.14448556	0.03153886	0.00932637	0.11764441	0.01054119	0.02935501	0.02935501	0.14807306	0.02894051	0.07774406	0.06657514	0.02822993	0.19810945	0.01913674	0.297544	0.0728063	0.01715998	0.09872931
6	0.13689757	0.32639865	0.14530249	0.05494405	0.57259092	0.09611844	0.04196869	0.35293324	0.07115305	0.05871001	0.05871001	0.1875592	0.1910074	0.24009194	0.12131471	0.05580336	0.32715322	0.30236044	0.30672745	0.1170611	0.05609994	0.242335579
7	0.74691314	3.89419564	2.41805278	0.60771452	2.99941318	0.50161811	0.45699237	1.33631988	0.63774211	0.76910114	0.76910114	1.08784338	1.04764663	1.01067274	0.49561496	0.27310819	1.15048881	1.89070958	0.60794483	0.42969991	0.14882985	1.753193199
8	4.25806202	6.63752546	19.1634795	4.69022409	15.7275207	4.49203525	4.7471248	7.21250752	4.69610101	7.50313934	7.50313934	5.36814183	5.82669028	5.0945223	4.23565856	1.50603411	6.90475038	6.23602459	4.88192557	2.29268456	0.57716942	6.318675829
9	4.8845053	0.30945754	5.65857248	2.81962886	7.03430619	8.01387499	11.7046004	14.3465854	10.4410506	15.7430893	15.7430893	9.16670927	9.18957808	9.84148294	8.65180974	3.4808164	8.50234859	3.89241224	8.09062533	6.01865385	1.33979866	5.814557989
10	0.87723963	0	0.01370778	0.1390251	0.25953887	1.88482255	6.35592446	6.79924381	10.4858507	5.24867493	5.24867493	3.78474729	3.00981352	6.60138505	1.21314706	1.21126108	1.03598519	0.40825038	4.15643249	5.33770084	1.16093883	0.732990331

Figura 29 Granulometría de ambas localidades.



Escala granulométrica en relación con el tamaño de partícula

TABLA DE ESCALAS GRANULOMETRICAS							
Número de tamiz	Malla en mm	Malla en µm	Phi	Depositos Sedimentarios	Depositos Volcanicos		
			Phi = log2d				
	32800	32800.000	-15		bloque	grueso	
	16400	16400.000	-14				
	8200	8200.000	-13				
	4096	4100.000	-12				
	2000	2000.000	-11				
	1024	1024.000	-10				
	500	500.000	-9				
	256	256.000	-8				
	128	128.000	-7				
5	125	125.000					
4.24	106	106.000			Bloque	fino	
4	100	100.000					
3½	90	90.000					
3	75	75.000					
2½	63	63.000	-6				
2.12	53	53.000					
2	50	50.000					
1¾	45	45.000					
1½	37.5	37.500					
1¼	31.5	32.000	-5				
1.06	28.5	26.600			canto		
1.00	25.0	25.000					
7/8	22.4	22.400					
¾	19	19.000					
5/8	16	16.000	-4				
0.530	13.2	13.200					
1/2	12.5	12.500					
7/16	11.2	11.200	-4.5				
3/8	9.5	9.500					
5/16	8	8.000	-3				
0.265	6.7	6.700			guijarro	grueso	
1/4	6.3	6.300					
3½	5.6	5.600	-3.5				
4	4.75	4.750					
5	4	4.000	-2				
6	3.36	3.360	-1.75				
7	2.83	2.830	-1.5				
8	2.38	2.380	-1.25				
10	2.00	2.000	-1				
12	1.68	1.680	-0.75				Grava
14	1.41	1.410	-0.5				
16	1.19	1.190	-0.25				
18	1.00	1.000	0				
20	0.84	840	0.25				
25	0.71	710	0.5				
30	0.59	590	0.75				
35	0.50	500	1				
40	0.42	420	1.25				
45	0.35	350	1.5				
50	0.297	297	1.75		arena muy gruesa		
60	0.25	250	2				
70	0.210	210	2.25				
80	0.177	177	2.5				
100	0.149	149	2.75				
120	0.125	125	3				
140	0.105	105	3.25				
150	0.106	106	3.237				
170	0.088	88	3.5				
180	0.084	84	3.574				
200	0.0740	74	3.75	Arena	arena muy fina		mediana
230	0.063	63	4				
250	0.061	61	4.035				
270	0.053	53	4.25				
325	0.044	44	4.5				
400	0.038	38	4.75				
450	0.032	32	5				
500	0.025	25	5.25				
	0.022	22.1	5.5				
635	0.020	20	5.75				
	0.015	15.60	6	Limo	limo grueso		
	0.011	11	6.5				
	0.0078	7.80	7				
	0.0055	5.50	7.5				
	0.0039	3.9	8				
	0.00283	2.83	8.5				
	0.00200	2	9				
	0.00139	1.39	9.5				
	0.00098	0.98	10				
	0.00069	0.69	10.5				
	0.00049	0.49	11	arcilla gruesa			
	0.00024	0.2	12				
	0.00012	0.12	13				
	0.0006	0.06	14				
				Arcilla	arcilla muy fina	Ceniza	muy fina
Tamices con los que cuentan el Laboratorio de Vulcanología							
	1 phi						
	½ phi						
63	Rango de medición de finos con Analysette 22						
61	Rango de medición de finos con Spectrex						
Referencias:							
1.-Flood, R.D., Piper, D.J.W., Klaus, A., and Peterson, L.C. (Eds.), 1997. Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, Vol. 155.							
2.- A. Cramp, S.V. Lee, J. Hemiman, R.N. Hiscott, P.L. Manley, D.J.W. Piper, M. Deptuck, S.K. Johnston, and K.S. Black DATA REPORT: INTERLABORATORY COMPARISON OF SEDIMENT GRAIN-SIZING, pag 212.							
3.- Summary of the Udden-Wentworth size classification for sediment grains (after Pettjohn et al. 1972).							
4.- W.S. TYLER ASTM Sieve Chart and Tyler equivalents.							
Elabora y recopiló: Fabiola Mendiola							