



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

TÍTULO
Paleoecología del Pleistoceno tardío en la Cueva La
Presita (San Luis Potosí, México).

Tesis que para obtener el título de
LICENCIADA EN BIÓLOGIA

PRESENTA:
CAROLINA BONILLA DÍAZ

DIRECTOR:
PÉREZ CRESPO VÍCTOR ADRIÁN

AGOSTO 2018



Agradecimientos

Le agradezco la culminación de esta tesis a mi madre y padre por su apoyo en toda la licenciatura, sobre todo en las salidas de campo.

A Ian A. Osorio por su paciencia, tiempo al escucharme y por su apoyo en la redacción de esta investigación.

Al Dr. Pérez Crespo Víctor Adrián por aceptar guiarme en esta investigación, siendo la última en mi trayectoria de la Licenciatura, pero la primera investigación en mi camino profesional. Y por el apoyo brindado en las dudas sobre el tema y en el manejo del programa estadístico, que se ve reflejado en el término de esta tesis.

A PAPIIT por su apoyo al proyecto IA104017 y al Dr. Joaquín Arroyo Cabrales por su permiso para usar los datos de la Cueva La Presita.

También quiero agradecer al Dr. Gonzalo Yanes por su apoyo en estadística y el manejo de sistemas de información geográfica.

Al Dr. González y al Dr. Cruz por la revisión y comentarios que realizaron a esta tesis.

Al igual agradezco a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y a todos mis maestros por la formación brindada como biólogo.

A todos mis amigos que juntos recorrimos el mismo camino... *el estudio de la vida.*

Dedicatoria

A todas las personas que tienen presente en su vida, a través de sus acciones y su respeto, que compartimos el planeta con distintas e innumerable cantidad de especies.

*El amor por todas las criaturas vivientes
es el más noble atributo del hombre.*

<< Charles Darwin >>

ÍNDICE

Agradecimientos	2
Dedicatoria	3
Índice de cuadros	6
Índice de figuras	7
Resumen	8
1. Introducción	
1.1 Condiciones ambientales en México durante el Pleistoceno tardío.....	10
1.2 Definición de Paleoecología.....	13
1.3 Métodos para inferir el paleoambiente.....	13
1.3.1 Modelo bioclimático.....	15
1.3.2 Estudios paleoclimaticos basados en mamíferos.....	17
1.3.3 Zonas climáticas.....	18
1.4 Las cuevas.....	21
1.5 Paleontología de cuevas en México.....	25
2. Antecedentes	28
3. Justificación	30
4. Hipótesis	30
5. Objetivo	
5.1 Objetivo general.....	31
5.2 Objetivos específicos.....	31
6. Materiales y métodos	
6.1 Lugar de estudio.....	32
6.2 Análisis bioclimático.....	34
7. Resultados	
7.1 Modelo de validación.....	37
7.2 Reconstrucción paleoecológica de la Cueva La Presita.....	38
8. Discusión	
8.1 Modelo de validación.....	39
8.2 Reconstrucción paleoecológica de la Cueva La Presita.....	40

9. Conclusión	44
10. Bibliografía	45
11. Anexos	
Anexo 1. Valores de CRI (índice de restricción climática) y BCi (componente bioclimático) de las especies fósiles halladas en la Cueva La Presita.....	55
Anexo 2. Valores de los componentes bioclimáticos de la fauna de cada localidad utilizada en el modelo de validación.....	56
Anexo 3. Valores de las componentes bioclimáticos de la fauna de mamíferos de 50 localidades de todo el mundo excepto Australia, utilizadas en el modelo de validación. Fuente: Hernández-Fernández (2001).....	57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tipología climática (modificada de Walter, 1970) y sus relaciones con los tipos de vegetación mundial.

Cuadro 2. Cuevas de México con material paleontológico.

Cuadro 3. Fauna fósil de mamíferos del Pleistoceno tardío de la Cueva La Presita, San Luis Potosí.

Cuadro 4. Localidades actuales representativas de los principales biomas de México utilizadas como modelos de validación.

Cuadro 5. Resultados obtenidos del análisis de funciones discriminantes de las localidades del modelo de validación y la Cueva La Presita.

ÍNDICES DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama explicativo que muestra la forma de inferir el ambiente en el pasado.

Figura 2. Zonas climáticas de Walter (1970) y Zonobiotomas correspondientes.

Figura 3. Cuevas de México con material paleontológico. Se desconoce la ubicación geográfica de las cuevas: Actún Coyoc, Cueva del Padre, Cueva de Zapote, Cueva Venado, Cueva Basura y Cueva Pared de Huesos.

Figura 4. Localización geográfica de la Cueva La Presita, San Luis Potosí.

Figura 5. Mapa de México con la localización geográfica de las ocho localidades utilizadas para el modelo de validación y la Cueva La Presita.

Resumen

El Pleistoceno (1 millón de años a 11,700 años antes del presente [A. P.]) fue una época caracterizada por cambios en el clima que generaron la transformación de los ecosistemas. Además el final del Pleistoceno (120,000 a 11, 700 años A.P.) se considera importante al ser tan próximo a la época actual, ya que nos permite tener información valiosa para comprender el clima, biota y bioma actuales, así como la evolución que se ha dado desde el pasado hasta el presente y la continuidad que tendrá hacia el futuro. Las reconstrucciones ambientales de yacimientos fósiles nos permiten conocer este proceso evolutivo, donde las cuevas son parte de estos yacimientos que aportan gran cantidad de material fósil en condiciones óptimas por la poca perturbación que presentan y que facilita la información para las inferencias paleoambientales realizadas por distintos métodos bioclimáticos. La presente investigación realizó un estudio paleoecológico a partir de la comunidad de mamíferos del Pleistoceno tardío, encontrada en la Cueva La Presita, San Luis Potosí, México, utilizando el modelo bioclimático. La fauna fósil de micromamíferos está compuesta por 7 géneros sin especie identificada y 21 especies, de las cuales se describió una nueva especie de cacomixtle (*Bassariscus ticuli*). El modelo bioclimático se basa en la tipología de Walter para determinar el bioma de las especies actuales que representan a los fósiles de micromamíferos hallados en la Cueva La Presita, posteriormente se calculó el índice de restricción climática y los componentes bioclimáticos, estos últimos fueron sometidos a una prueba estadística de Análisis de Funciones Discriminantes junto a los componentes bioclimáticos de la fauna de localidades actuales con los principales biomas de México y del mundo. Los resultados obtenidos muestran que alrededor de la Cueva La Presita se presentó un bioma de sabana con clima tropical semiárido de transición y la vegetación corresponde a grandes superficies herbáceas con especies leñosas dispersas regularmente. La predicción de bioma en la zona de la Cueva La Presita es confiable debido a que fue sometida a un modelo de validación donde todas las predicciones realizadas fueron correctas. Por otro lado los resultados obtenidos no fueron alterados por

procesos tafonómicos de reelaboración, condensación y la posible reducción de la riqueza de especies en la fauna fósil.

Paleoecología del Pleistoceno tardío en la Cueva La Presita (San Luis Potosí, México).

1.- Introducción

El Pleistoceno (1 millón de años-11,700 años antes del presente [A.P.]) fue una época caracterizada por presentar diversos cambios en el clima, lo que provocó modificaciones importantes en la temperatura, precipitación (cantidad y estacionalidad) y en el nivel del mar en el planeta, además de un nivel de CO₂ atmosférico menor en los trópicos (Leyden et al., 1993; Metcalfe, 2006; Piperno, 2006). Así, en los periodos glaciares la temperatura descendía y en los interglaciares se incrementaba, por lo que el mundo glacial era más seco que el mundo interglacial, presentándose variaciones regionales a este patrón y con ello cambios en la composición de las comunidades vegetales y animales, transformando los ecosistemas (Metcalfe, 2006; Ceballos et al., 2010).

1.1. Condiciones ambientales en México durante el Pleistoceno tardío

En el Pleistoceno tardío (120,000 a 11,700 años A.P.) las condiciones ambientales en México variaron; así en la región noreste y en la zona central-oriental, el clima fue más fresco y más húmedo que el actual, sin embargo en la zona central-oriental existieron oscilaciones en la temperatura y humedad, lo que ocasionó la existencia de ambientes tropicales/subtropicales, templados y xéricos. En la Faja Volcánica Transmexicana las condiciones climáticas permitieron la presencia de diferentes tipos de vegetación los cuales se hallan separados a cortas distancias, mientras que en la zona sur del país las condiciones climáticas fueron cálidas y húmedas con episodios fríos y/o secos en ciertas regiones (Ferrusquía-Villafranca et al., 2017). Además a finales del Pleistoceno se presentó el Último Máximo Glacial (UMG) (33,000 a 19,000 años A.P.), provocando que el norte de México tuviera una mayor precipitación invernal y temperaturas entre 5° a 6°C menores que en la actualidad, lo que generó la existencia de extensos lagos y zonas de humedales (Miembros de COHMAP, 1988; Metcalfe, 2006).

El noroeste de México (Baja California y Sonora) estaba cubierto de bosques de Pino (*Pinus quadrifolia*), enebro (*Juniperus occidentalis*) y piñon (*Pinus monophylla*) así como chaparrales y bosques de encino (*Quercus*) (Rhode, 2002; Metcalfe, 2006; Holmgren et al., 2014). El centro de Baja California pudo haber experimentado un clima mediterráneo, en cambio en la zona laguna de San Felipe las condiciones climáticas fueron húmedas (Ortega-Guerrero et al., 1999; Metcalfe, 2006). En contraste, la parte sur oriental del desierto de Sonora, las temperaturas anuales durante el UMG, fueron de $10\pm 2^{\circ}\text{C}$ más frías que las actuales, con mayores precipitaciones anuales dominadas por lluvias invernales y presento un bosque de *Juniperus* y *Pinus* (Ortega-Rosas et al., 2016; Bright et al., 2016). Por otro lado en el desierto de Chihuahua, que abarca los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, partes de Zacatecas, Nuevo León y Tamaulipas, estuvo marcado por veranos más fríos e inviernos húmedos, presentando algunas precipitaciones en verano con fuertes gradientes altitudinales y latitudinales, existiendo bosques de enebro y piñon hace 13,000 A.P. (Van Devender, 1990; Metcalfe, 2006). Además, los registros obtenidos en el lago Babicora muestran que se encontraba rodeado de vegetación de clima frío y la cuenca de Santiaguillo, la cual durante el último glacial (27,000–19,000 A. P.), existieron cuerpos de agua someros y oligohalinas (Huang et al., 2001; Piperno, 2006; Chávez et al., 2015).

En algunas zonas de San Luis Potosí se presentaron condiciones ambientales frías y ligeramente más húmedas que en la actualidad, con vegetación mixta y presencia de cuerpos de aguas someras (Cruz-y-Cruz et al., 2016). En contraste, en la Faja Volcánica Transmexicana las condiciones ambientales de la parte occidental de la región fueron más húmedas en comparación con la oriental que fue más seca, como lo demuestran los registros obtenidos en los diferentes lagos que se hallan presentes en el mismo sitio (Bradbury, 1997; Metcalfe, 2006); así en el lago Zirahuen se presentaron condiciones secas hace 15,000 años A. P. y un bajo nivel del mismo, mientras en la zona del lago de Patzcuaro en los últimos 44,000 años presentaron climas más fríos que en la actualidad, una mayor humedad y variaciones estacionales (Ortega et al., 2010) y una vegetación

compuesta de *Juniperus*, *Artemisas* y diatomeas (*Aulacoseira* y *Stephanodiscus*). En cuanto al nivel del lago, este fue profundo y de agua dulce (Bradbury, 2000). En el lago Tecocomulco, entre los últimos 50,000 hasta los 42,000 años A. P., era un cuerpo de agua dulce, moderadamente profundo, rodeado de extensos bosques de pinos con condiciones ambientales más húmedas que las actuales y posteriormente entre los 25,700-16,300 años A.P. ¹⁴C, tendieron a la aridez (Caballero et al., 1999; Metcalfe, 2006; Roy et al., 2009). Las condiciones ambientales del valle de Teotihuacan fueron semejantes al lago de Tecocomulco, mientras que en el lago Chalco se presentaron condiciones húmedas, con un mayor escurrimiento durante la desglaciación que en el UGM (Lounejeva Baturina et al., 2006; Lozano-García et al., 2015).

Además en la cuenca de Valsequillo ubicada en el centro de México (Puebla) la precipitación varió estacionalmente y hace 35,000 años A.P. el clima era similar al actual, cambiando a uno más seco entre los años 35,000-20,000 años A.P. y posteriormente las condiciones se volvieron húmedas (Stevens et al., 2012; Cruz-y-Cruz et al., 2016). La vegetación presente en Puebla y Tlaxcala fue de *Pinus*, *Quercus*, Abeto (*Abies*, *Picea*), Enebro, Ciprés, Aliso (*Alnus*), haya (*Fagus*), carpesillo, *Liquidambar*, *Ulmus*, *Fraxinus*, *Juglans*, *Carya* y *Tilia* (Straka y Ohngemach, 1989). En el sur de México (centro sur de Yucatán) existieron bosques estacionales permanentes de hoja perenne, bosques caducifolios tropicales y matorrales, presentando una temperatura 1.47 °C menor que la actual con un 85.14 mm de precipitación más alto (Cruz et al., 2016); mientras que el sur de la península de Yucatán era relativamente húmeda a pesar del frío clima que se presentaba. La vegetación de la zona correspondía a un bosque méxico, con condiciones ambientales moderadas, existiendo un equilibrio entre la humedad y la sequía de las condiciones ambientales xéricas. (Correa-Metrio et al., 2012). Sin embargo en otras zonas de la península de Yucatán se presentaron condiciones áridas con temperaturas de 6.5 a 8 ° más frías que en la actualidad (Leyden et al., 1994).

1.2. Definición de Paleoecología

“La Paleoecología es parte de la Paleobiología que estudia las relaciones de los organismos con otros organismos y el medio en el pasado” (Nieto y Rodríguez, 2003), enfocándose en las reconstrucciones de las condiciones ambientales y de los ecosistemas (Nieto-Lugilde et al., 2018). Presenta varios objetivos según Andrews (1996): documentar los cambios climáticos ocurridos en el pasado, asociar cambios evolutivos a dichos cambios climáticos, reconstruir el medio de los yacimientos fósiles, buscar evidencias de cambios ecológicos o ambientales a lo largo del tiempo y asociar los resultados de los análisis paleoambientales a los filogenéticos para relacionar los cambios evolutivos con los cambios ecológicos.

La Paleoecología incorpora y se fundamenta de la teoría Neoecología o Ecología de especies actuales y su información histórica reciente (tiempo ecológico), buscando, analizando y entendiendo patrones de distribución y abundancia de especies y la composición de éstas en comunidades, contando ambas con sus propias herramienta metodológicas (Nieto-Lugilde et al., 2018). Según Lawrence (1971) la paleoecología utiliza datos de la morfología funcional, la sedimentología, la geoquímica y la tafonomía. La tafonomía se relaciona directamente con el ambiente de fosilización y la relación con el sedimento, así como con las propiedades de las asociaciones de fósiles (López y Truyols, 1994).

1.3. Métodos para inferir el paleoambiente.

Inferir las condiciones ambientales del pasado es una herramienta que nos permite conocer las condiciones ambientales del futuro y con ello la evolución climática de la Tierra, cómo cambia los aspectos ecológicos y biogeográficos de las especies que conforman una comunidad, bioma y ecosistemas, ya que los cambios climáticos pueden provocar la aparición y desarrollo de nuevos ecosistemas y biomas, en relación con el desarrollo de estos nuevos tipos de paisaje se pueden relacionar las radiaciones faunísticas (Graetz, 1991; Hernández-Fernández, 2001). Los fósiles son bioindicadores que aportan señales sobre el ambiente que existió en el pasado, inducidas por la posición, estructura, forma y función de los organismos que habitaron, siendo un medio que permiten

desarrollar diversas metodologías para inferir las condiciones ambientales del pasado, existen para esto dos metodologías: los métodos autoecológicos y los sinecológicos (López y Truyols, 1994). Los primeros analizan especies individuales, usando el actualismo biológico, los estudios ecomorfológicos o morfofuncionales y marcadores biogeoquímicos, mientras que los segundos se centran en las comunidades empleando para tal fin, los cenogramas y los espectros de diversidad ecológica (Andrews et al., 1979; Legendre, 1986; Andrews, 1996; Nieto y Rodríguez, 2003) (Figura 1). Además existen otros métodos los cuales pueden usar la fauna hallada en un sitio así como otros elementos presente en una localidad, tales como los estudios geomorfológicos, el análisis de sedimentos lacustres y marinos (Bradbury, 1989; Roy, 2009; Lozano-García et al., 2015), los análisis de paleosuelos (Solleiro-Rebolledo et al., 2015), el registro palinológico o paleolimnológico (Bradbury, 1971; Bradbury, 2000; Correa-Metrio et al., 2012; Ortega-Rosas et al., 2016), los estudios de las secuencias glaciares en volcanes (Vázquez-Selem, 1997; Caballero et al., 2010), el análisis de las propiedades magnéticas de minerales (Ortega et al., 2006; Soler-Arechalde et al., 2015), el análisis del contenido de nidos de rata magueyeras del género *Neotoma* (Van Devender, 1990; Holmgren et al., 2014), y los modelos bioclimáticos (Hernández-Fernández, 2001).

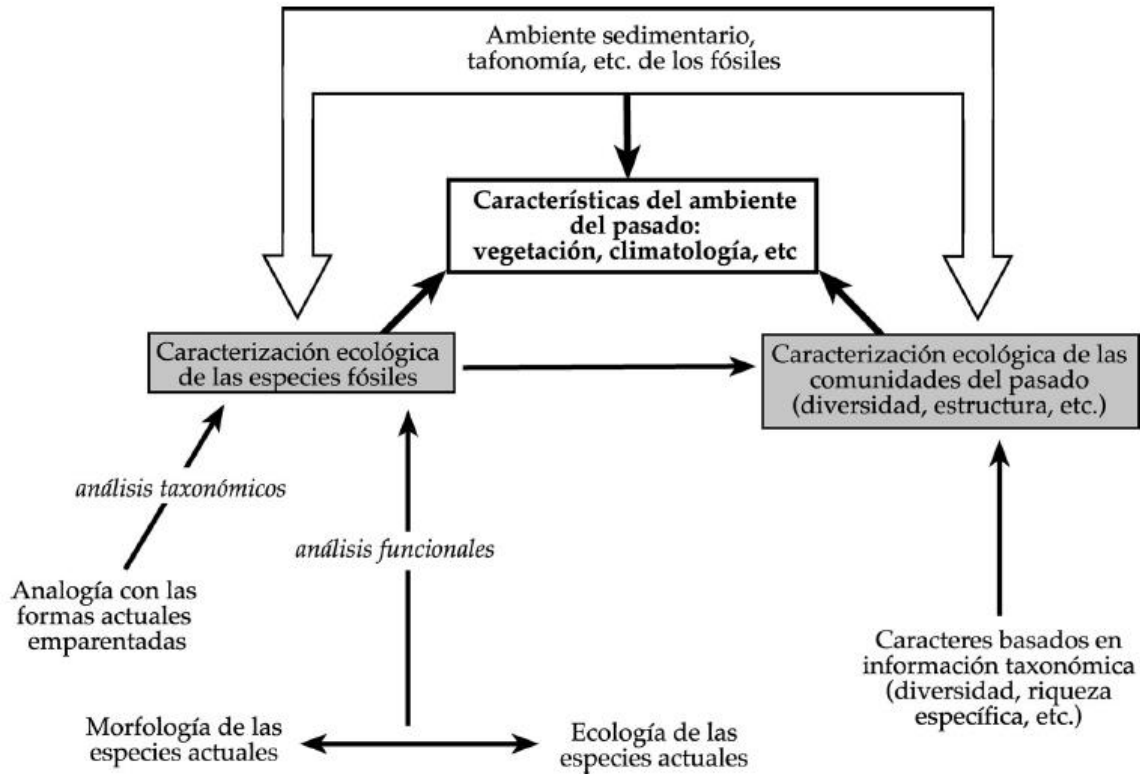


Figura 1. Formas de inferir el ambiente en el pasado. A la izquierda se presenta el enfoque autoecológico y a la derecha el sinecológico. Fuente: Nieto y Rodríguez (2003).

1.3.1. Modelo bioclimático

Los modelos bioclimáticos son un conjunto de métodos que permiten realizar reconstrucción climática y ambiental utilizando distintos datos de diversos organismos, incluyendo los mamíferos. Un dato utilizado es la distribución geográfica de los seres vivos (biogeografía), la cual es utilizada para transpolar las condiciones climáticas y el ambiente presente en la distribución geográfica de la especie actual hacia la especie fósil, con ello se revelan las predicciones climáticas a través del tiempo, se trata del método de actualismo con extrapolación en el tiempo (López y Truyols, 1994).

Uno de los modelos bioclimáticos existentes lleva el nombre como tal, modelo bioclimático y fue desarrollado por Hernández-Fernández (2001). Este modelo es una metodología de inferencia paleoambiental que permite reconstruir las condiciones climáticas además del tipo de vegetación del pasado a partir de los

restos fósiles de comunidades de mamíferos encontrados en un yacimiento, empleando el conjunto de especies de la comunidad de estudio, el espectro bioclimático y su respectivo índice de restricción climática (CRI), donde éste es mayor cuanto más restringida este cada especie climáticamente. De tal modo el análisis bioclimático está basado en el concepto de que cuantos menos climas ocupa una especie mejor indicador climático puede ser (Hernández-Fernández, 2001). Por lo tanto en los modelos bioclimáticos, el clima tiene un papel importante y además se considera uno de los factores que controla la distribución de los organismos terrestres a escala global y su ecología como las interacciones intraespecíficas y abundancia, ya que este impone una serie de hábitats que a su vez, imponen una estructura a la comunidad por lo que son capaces de inferir la distribución de las especies actuales o extintas así como las condiciones climáticas o el tipo de vegetación que existió en un lugar en el pasado (Simmons, 1979).

En el presente trabajo se utilizó el modelo bioclimático desarrollado por Hernández-Fernández (2001). En México se han realizado dos trabajos con este modelo, el primero fue aplicado a una asociación fósil en Hidalgo, en el cual no fue desarrollado el modelo como tal, sino que sólo se implementó el espectro bioclimático desarrollando el índice de restricción climática y el componente bioclimático, comparando los resultados, sin realizar un análisis estadístico que valide los resultados (Cuevas-Ruiz, 2013). Y el segundo caso, fue una investigación para obtener la variación ambiental durante el Pleistoceno tardío-Holoceno temprano en Guilá Naquitz Oaxaca, México y se aplicó en un contexto arqueozoológico y no paleontológico (Pérez-Crespo et al., 2013).

1.3.2. Estudios paleoclimáticos basados en mamíferos.

Hernández-Fernández (2001) señala las siguientes ventajas de usar las comunidades de mamíferos en este tipo de análisis:

- 1). Existe diversos estudios sobre las comunidades de mamíferos, por lo cual el conocimiento acerca de su estructura es mayor al de otros grupos taxonómicos, exceptuando las aves.
- 2). Los mamíferos se encuentran en la mayoría de los biomas continentales actuales y han ocupado gran parte de los nichos existentes.
- 3). A diferencia de otros grupos de vertebrados, los mamíferos cuentan con un amplio registro fósil, lo cual facilita su inclusión en la reconstrucción paleoecológica reduciendo algunos sesgos.

Así mismo, Hernández-Fernández (2001) indica que en el caso del análisis bioclimático cualitativo, éste permite realizar una inferencia ambiental a partir de comunidades de mamíferos, usando la tipología climática actual, la cual se basa en la clasificación modificada de Walter (1970), misma que se apoya en climodiagramas, los cuales representan la distribución de los valores de temperatura y precipitación a lo largo del año (Cuadro1). Un climodiagrama es una representación gráfica en la cual los meses del año se colocan en el eje horizontal, ordenados de enero a diciembre en el hemisferio boreal y de julio a junio en el austral, de tal manera que el verano siempre se ubica en posición central, de esta forma se puedan comparar directamente los regímenes climáticos de ambos hemisferios. En el eje X, se sitúan las escalas térmicas y pluviométricas, haciendo corresponder 1°C a 2mm de precipitación. Permitiendo visualizar las estaciones húmedas y los periodos secos a través del trazado del curso anual de temperaturas y precipitaciones, la línea de precipitaciones queda por debajo de la de temperatura ($P < 2T$). Esto permite agrupar zonas del planeta en biomas, los cuales son unidades biogeográficas que comprenden todas las especies de plantas y animales en un hábitat particular (Clements y Shelford, 1939), identificándose por la relación entre clima, suelo, vegetación y fauna (Simmons, 1979) definidos por la fisionomía vegetal y determinados por el ambiente (Allen,

1998). De esta manera el bioma es la mayor comunidad terrestre o unidad ecosistémica, los climas edáficos y las etapas de desarrollo sucesional (Odum, 1971).

Cuadro 1. Tipología climática (modificada de Walter, 1970) y sus relaciones con los tipos de vegetación mundial. Walter considera el tipo II/III como un zonoecotono entre los bosques tropicales y desiertos pero de acuerdo a la metodología de Hernández-Fernández se aplica como un zonobioma porque es tradicionalmente usado en paleoecología a causa de su comunidad faunística única. Fuente: Hernández-Fernández (2001).

Zona climática		Zonobioma	
I	Ecuatorial	I	Pluviisilva
II	Tropical con lluvias estivales	II	Bosque tropical deciduo
II/III	Tropical semiárido de transición	II/III	Sabana
III	Subtropical árido	III	Desierto subtropical
IV	Lluvia invernal y sequía estival	IV	Formaciones leñosas esclerófilas
V	Templado cálido	V	Laurisilva
VI	Templado típico	VI	Bosque nemoral caducifolio de hoja ancha
VII	Templado árido	VII	Estepa a desierto frío
VIII	Templado frío (boreal)	VIII	Bosque boreal de coníferas (taiga)
IX	Polar	IX	Tundra

1.3.3. Zonas climáticas

A continuación se describen las zonas climáticas que diferencia Walter (1970) (Figura 2).

I: Clima ecuatorial. Presenta una oscilación diaria de la temperatura mayor a la oscilación anual de la media diaria (25-27°C). Las precipitaciones son muy elevadas (>100 mm al mes). La vegetación zonal corresponde a la pluvisilva, con elevada riqueza arbórea. El bosque está estratificado en numerosos niveles, de los cuales, el más alto (50-60 m) está formado por árboles aislados. El resto de los niveles son muy compactos con una densa cobertura. Las partes inferiores del bosque están muy despejadas por falta de luz. Por esa misma razón abundan las lianas y epífitos.

II: Clima tropical con época estival de lluvias. Presenta una variación anual de la temperatura apreciable. El máximo de lluvias se da en verano, y la época seca es en invierno. Bajo estas condiciones climáticas se desarrolla el bosque tropical

deciduo cuyas especies arbóreas pierden la hoja en la estación seca. La altura del dosel es menor que en la pluviosilva (30 m) por desaparición de los árboles gigantes. Los epífitos y lianas siguen siendo abundantes. Aparece una cubierta herbácea del bosque.

II/III: Clima de transición semiárido. La variación de temperaturas es aún más apreciable. El máximo de lluvias es estacional, alcanzándose aproximadamente los 400 mm anuales. La época seca invernal es muy prolongada (unos 8 meses). Estas condiciones climáticas provocan la aparición de las sabanas, superficies herbáceas con especies leñosas dispersas regularmente. Walter (1970) considera esto como un ecotono entre el bosque tropical deciduo y el desierto pero dada la presencia de ecosistemas tan particulares se tratara al mismo nivel que a los otros biomas.

III: Clima seco subtropical. Las temperaturas sufren grandes cambios entre la noche y el día. Las precipitaciones resultan extremadamente escasas (<250 mm anuales) y son muy irregulares, concentrándose en unos pocos días al año o cada década. En esta zona climática aparecen los desiertos cálidos con una cobertura vegetal de escasísima densidad. Las plantas desarrollan numerosas adaptaciones a la xericidad (efemerófitos, suculentas, xerófitos, etc.).

IV: Clima de transición con lluvias invernales (mediterráneo). No existe una verdadera estación fría pero sí se dan heladas ocasionales. Presenta una acusada sequía estival. La vegetación zonal es el bosque y matorral esclerófilo formado por especies leñosas siempre verdes, adaptadas a soportar la sequía estival por medio de adaptaciones foliares. Existen dos épocas de crecimiento (primavera y otoño). El bosque alcanza los 15-20 m y presenta varios estratos (arbóreo, matorral, herbáceo).

V: Clima caluroso templado. Como en el caso anterior, no existe un invierno acusado. Pero presenta una gran humedad ambiental, especialmente en verano. En estos territorios predomina la laurisilva, bosques siempre verdes de carácter subtropical con numerosas especies y sin predominio de ninguna. También puede presentar algunas especies caducifolias.

VI: Clima templado típico. Los inviernos son fríos pero no muy largos. Los veranos son frescos. El superávit hídrico es continuo a lo largo del año. La vegetación zonal es el bosque caducifolio nemoral. Es un bosque verde en verano que pierde la hoja durante la estación fría. Son menos diversos, pudiendo llegar a ser monoespecíficos. El estrato muscinal está muy desarrollado, mientras que el herbáceo sólo se desarrolla en primavera. También existen los estratos arbóreo y arbustivo.

VII: Clima templado árido. Está muy continentalizado, existiendo grandes contrastes de temperatura entre el invierno y el verano. Las precipitaciones son escasas (seis o más meses de sequía). Bajo estas condiciones desaparecen las especies leñosas y la vegetación está dominada por las especies herbáceas, generándose grandes extensiones de pradera o estepa, en donde la época de crecimiento es la primavera. En las zonas extremadamente áridas aparecen los desiertos fríos.

VIII: Clima boreal o frío temperado. Los veranos son frescos y el frío invernal alcanza los seis meses de duración. Las precipitaciones son suficientes durante todo el año. En las áreas donde se da este clima encontramos la taiga, un bosque aciculifolio de coníferas con escasas especies arbóreas. Son bosques muy homogéneos en toda su área de distribución.

IX: Clima ártico. Las temperaturas son muy bajas y los veranos muy cortos. Las precipitaciones son escasas pero suficientes. La formación vegetal dominante es tundra, en la cual dominan los líquenes. La vegetación herbácea es escasa pues el período vegetativo es muy corto y limitado al verano.

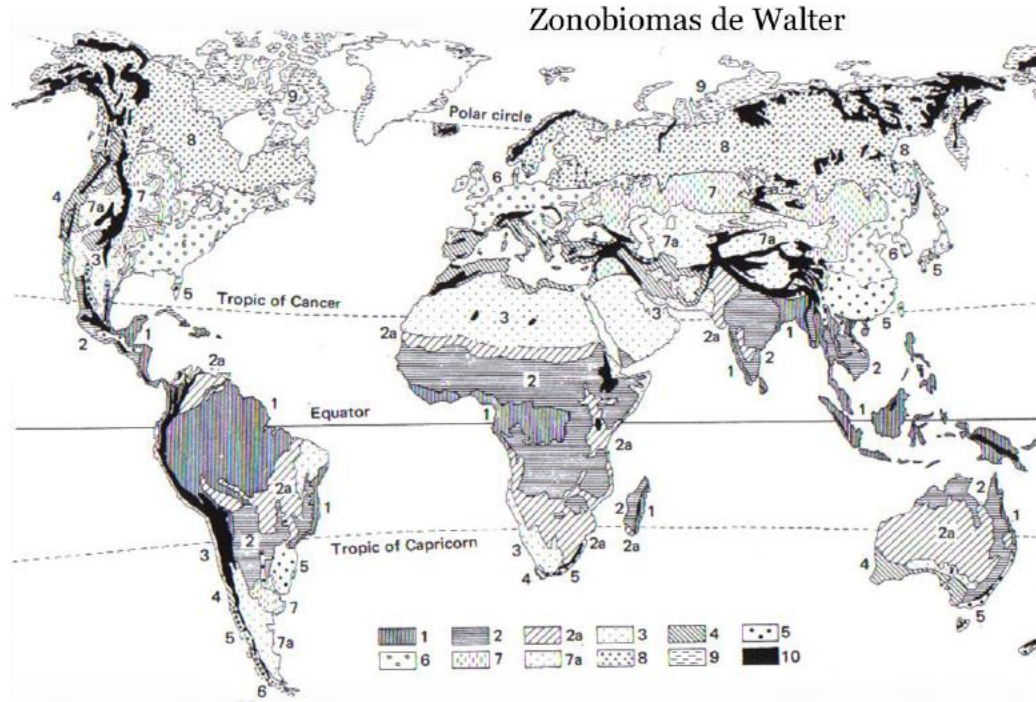


Figura 2. Zonas climáticas de Walter (1970) y zonobiomas correspondientes.

1.4. Las cuevas

Las cuevas son un tipo de yacimiento que facilita la obtención de información para las reconstrucciones climáticas, ya que forman parte importante de las localidades fósiles y aportan gran parte del conocimiento del Pleistoceno en México, especialmente aquellas que fueron trampas naturales de megafauna, estas son más eficaces en la acumulación de restos si son profundas y carecen de pasajes horizontales y entradas asociadas (Polaco y Butrón-M., 1997). En estos sitios, las interpretaciones que resultan de su análisis permiten contar con una buena aproximación paleoecológica por la poca perturbación que presentan (Polaco y Butrón-M., 1997). Una cueva se define como una cavidad formada por un ecosistema kárstico, el cual está constituido por una cuenca de drenaje y los hábitats interconectados, hábitats con especies adaptadas y especializadas, las cuales no poseen ojos y son despigmentadas (Simon, 2012; White et al., 2012). Las cuevas están conformadas por sedimentos clásticos, los cuales son fragmentos de cualquier tipo de roca, que han sido originadas y transportadas del exterior de las cuevas hacia el interior (Springer, 2012). La parte terrestre del

ambiente de las cuevas fue categorizada en cinco zonas por Howarth (1983) y estas son: entrada, crepúsculo, transición, profundidad y aire estancado, en cada una de estas se presenta un gradiente de luz, temperatura y humedad, donde la luz disminuye en cada zona, mientras que la temperatura y humedad presentan menos variación (Simon, 2012).

Otra manera de definir una cueva según White (2012) puede ser por términos de acceso humano y presentarse en diferentes entornos geológicos y formarse por distintos procesos, catalogando distintos tipos de cuevas, tales como;

1. Cuevas tectónicas: originadas por procesos mecánicos, donde las masas de rocas pueden ser fracturadas y desplazadas, quedando espacios vacíos, es decir las cuevas. Suelen formarse en rocas masivas, duras y quebradizas (e.g. areniscas).
2. Cuevas del talud: son los intersticios entre una gran cantidad de rocas que pueden o no ser cubiertas completamente.
3. Cuevas del mar: formadas por la acción de la ola en las rocas del mar, donde las fracturas en la roca son las zonas de debilidad ante las olas.
4. Cuevas eólicas: las cámaras son esculpidas por la arena arrastrada por el viento por lo que son comunes en las regiones áridas.
5. Cuevas limítrofes: son refugios rocosos, donde un lecho de roca resistente como arenisca se superpone a una capa de roca más débil, siendo la roca más débil erosionada y quedando la roca más resistente formando un techo.
6. Cuevas sufsociales: formadas por el arrastre de sedimentos de grano fino mal consolidados.
7. Cuevas en rocas volcánicas: formados a los lados de los volcanes, son conductos de lava (tubos, túneles o piroductos).
8. Cuevas de los glaciares: son túneles de hielo, producto del derretimiento de los glaciares y presentan pisos de roca. Estos quedan al descubierto cuando la superficie del glaciar está por debajo del punto de congelación ya que los túneles se drenan.

9. Cuevas de solución: se crean por disolución química de la roca por aguas subterráneas por lo que se hallan en regiones áridas, en superficies con alta salinidad y materiales solubles como piedra caliza.

En resumen, White (2012) nos indica que: “las cuevas se forman en una gran variedad de rocas por una gran variedad de procesos geológicos y químicos.

Cada una tiene su importancia para la geología. Sin embargo, el tema común que une a esta diversa colección de cavidades es su interés para los exploradores humanos y su uso como hábitat por organismos adaptados a las cavernas.”

Los sedimentos presentes en las cuevas representan una fuente importante de evidencia en la interpretación del modo de emplazamiento de los restos de vertebrados que pudieran estar presentes (Simms, 1994). Los factores que pueden contribuir a la formación de depósitos o a la acumulación de sedimentos y la conservación de diversos restos de vertebrados en cuevas y fisuras son factores abióticos y bióticos; en los primeros se incluyen el régimen climático predominante (microclima), la geomorfología local, la geología, topografía, la hidrología y la estructura de la cueva y en este último el contener una entrada vertical poco visible favorece el entrapamiento de los animales y la acumulación de sus restos, donde el tamaño de los animales representados depende del tamaño de la entrada. Por otro lado los factores bióticos incluyen la relación entre la fauna local de vertebrados y cualquier característica kárstica en esa área, explicando la presencia del organismo en la cueva. Esta relación puede ser directa (autóctona) o indirecta (alóctonas), presentando relación directa los vertebrados que viven una parte de sus vidas en la cueva o fisura, utilizándola como refugio, lugar de descanso, hibernación y forrajeo (Simms, 1994).

Cada uno de estos usos se describe a continuación siguiendo la propuesta de Simms (1994):

1. Refugio, descanso e hibernación: las cuevas que presentan fósiles mantienen una temperatura y humedad del aire bastante constante, incluso a una distancia comparativamente corta desde la entrada. En consecuencia, muchos animales entran en las cuevas para protegerse de condiciones adversas o como refugio de los depredadores durante los períodos de actividad reducida, cuando están

enfermos o moribundos, para criar, dormir (la mayoría de los sitios en reposo se encuentran dentro de las zonas de entrada o umbral, o se extienden sólo a una corta distancia de la zona oscura) y como hibernáculos, donde una variedad de vertebrados en ambientes templados puede usar cuevas como sitios de hibernación.

2. Forrajeo: los carnívoros pueden entrar en cuevas en busca de presas o carroña y pueden pasar una proporción considerable de su tiempo allí, sin embargo el recurso más habitual por el cual los animales entran en las cuevas es el agua, restringiendo sus actividades a las zonas de entrada o de umbral, dentro de los límites de la penetración de la luz del día. Puede no ser así y se adentran al interior, por algún evento inusual, por ejemplo el haberse extraviado tras asustarse por depredadores o una inundación.

Ejemplo de vertebrados con relación directa (autóctona) de factor biótico son los cavernícolas troglobiosas, organismos que pasan toda su vida dentro del medio ambiente de la cueva y que pueden mostrar diversos grados de especialización en tal entorno.

Por otro lado se presenta la relación indirecta (alóctona) del factor biótico, donde los restos de vertebrados son transportados a las cuevas por factores bióticos o abióticos, tales como las aves depredadoras, que con sus egagrópilas forman grandes acumulaciones de material óseo, la actividad de algunos roedores, los cuales introducen restos al interior de cuevas o grutas y la exposición de restos arrastrados por el agua, entre otros. (Simms, 1994; Polaco y Butrón-M., 1997; Schubert y Mead, 2012). En el caso de los factores abióticos se obtiene una estructura ideal que logra generar un ambiente que evita la perturbación de los restos de vertebrados al estar aislados de procesos superficiales como la actividad de carroñeros y los efectos del clima, debido que estos descomponen rápidamente los tejidos blandos, provocando que el esqueleto desarticule y que los huesos individuales estén sujetos a la intemperie y a otros agentes destructivos, tanto bióticas como abióticas (Behrensmeyer, 1991). Es por ello que los huesos necesitan de un proceso de intervención para su conservación, siendo insuficiente en muchos casos la intervención del entierro, que a pesar de protegerlos de una

mayor degradación no lo hace en su totalidad, ya que el agua ácida del suelo, o la acción de las raíces de las plantas y otros organismos del suelo, particularmente en suelos deficientes en calcio o fósforo, pueden conducir a su rápida destrucción (Gordon & Buikstra, 1981). En contraste, el ambiente de la cueva mantiene una temperatura y humedad relativamente constante. Además, los huesos están a menudo protegidos de la disolución por el efecto de amortiguación de los clastos de carbonato en los sedimentos de las cuevas; es por ello que se da una excelente preservación de los restos, la supervivencia de los restos de vertebrados en el registro fósil depende no sólo de la preservación de los mismos huesos, sino también de la preservación del sedimento en el que se incorporan (Simms, 1994).

1.5. Paleontología en cuevas de México

La presencia de cuevas en México es abundante y estas contienen un diverso registro de comunidades de fauna del Pleistoceno y representan más del 50% de todas las especies de mamíferos que se han documentado para el Cuaternario, que incluye 13 órdenes, 43 familias, 146 géneros y 297 especies, incluyendo taxones extintos, extirpados y con representantes que viven en la actualidad, algunos tenían mayor distribución en el país durante el Pleistoceno (Arroyo-Cabrales y Polaco, 2003; Ferrusquía-Villafranca et al., 2017, Cuadro 2; Figura 3). De los grupos extintos o extirpados destacan los Ordenes Notoungulata y Litopterna los cuales están extintos en todo el mundo, mientras que Proboscidea solo en América; a nivel familia, Gomphotheridae, Mammutidae, Glyptodontidae, Megatheriidae y Mylodontidae están extintas mientras que Herpestidae, Equidae, Hydrochoeridae, Camelidae y Megalonychidae han sido extirpadas de América del Norte, por lo que el registro de mamíferos cuaternarios lo componen 3 ordenes, 10 familias, 38 géneros y 86 especies extintos actualmente (Ferrusquía-Villafranca et al., 2017).

Cuadro 2. Cuevas de México con material paleontológico. Se muestra análisis realizados, edad a la que pertenecen y el estado. P: Pleistoceno, R: Rancholabreano, INE: Identificación a nivel especie, ING: Identificación a nivel género, F: Fechamiento, RP: reconstrucción paleoecológica, ICM: método de Intervalo Climático Mutuo, NC: Nombre común, AS: Análisis de sedimentos, FCF: Fechamiento por correlación de fauna, MB: Modelo bioclimático, ET: Estudios taxonómicos. Fuente: Ferrusquía-Villafranca et al. (2017) Modificado.

Localidad	Estado	Edad	Análisis	Referencia
Cueva Jiménez	Chih	R	INE	Messing (1986)
Cerro de la Silla	NL	R	ING	Furlong (1925)
Cueva La Boca	NL	R	INE	Arroyo-Cabrales y Ray (1997)
Cueva de Bustamante	NL	R	INE	Kurtén (1975)
Cueva San Josecito	NL	R	F ¹⁴ C e INE	Arroyo-Cabrales et al. (1995)
Cueva La Presita	SLP	R	INE y RPδ ¹³ C ¹⁸ O	Polaco y Butrón-M (1997), Pérez-Crespo et al. (2016)
Mina San Antonio	SLP	R	INE y RP	Torres Martínez (1995), De Anda (2009)
Cueva El Abra	Tam	R	INE	Dalquest and Roth 1970)
Cueva Encantada	Mor	R	NC	Arellano and Muller (1948)
Cueva de Monte Flor	Oax	R	INE	Álvarez (1963)
Cueva de San Agustín	Oax	R	INE	Barrios-Rivera (1985)
Gruta de Loltún	Yuc	R	AS, INE, RP/ICM (anfíbios/reptiles)	Velázquez (1980), Cruz et al. (2016)
Actún Spukil	Yuc	R	INE	Hatt et al. (1953)
Actún Coyoc	Yuc	P	ET	Ferrusquía-Villafranca et al.(2017)
Actún Lara	Yuc	P	INE	Hatt et al. (1953)
Cueva Sac Actún	QnR	R	INE	McDonald et al. (2017)
Cueva de Zapote	QnR	R	INE	Stinnesbeck et al. (2017)
Cueva Venado	Oax	P	NC	Alarcón y Arroyo-Cabrales(2015)
Cueva Basura	Oax	P	NC	Alarcón y Arroyo-Cabrales(2015)
C. Pared de Huesos	Oax	P	NC	Alarcón y Arroyo-Cabrales(2016)
Mina La Erupción	Chih	P	ING	Nowak (1979)
Cueva del Padre	NL	P	ET	Ferrusquía-Villafranca et al.(2017)
Cueva de las Iglesias	Dgo	P	ING	Aveleyra Arroyo de Anda (1964)
La Calera	Zac	R	INE	Jau-Mexià et al. (2001)
Cueva Blanca	Oax	R	FCF	Flannery (1983)
Cueva Guilá Naquitz	Oax	R	RP. MB	Pérez-Crespo (2013)
Grutas de Coconá	Tab	P	INE	Polaco-Ramos (1981)

De los órdenes y familias terrestres existentes que se registran como fósiles en el Pleistoceno, Rodentia es el orden con mayor número de especies fósiles, seguido por Chiroptera y Carnívora (Wilson y Reeder, 2005). En cuanto a nivel de especie, sólo 197 de las 496 especies modernas se encuentran en el registro del Pleistoceno (Arroyo-Cabrales et al., 2007, Ferrusquía-Villafranca et al., 2017).

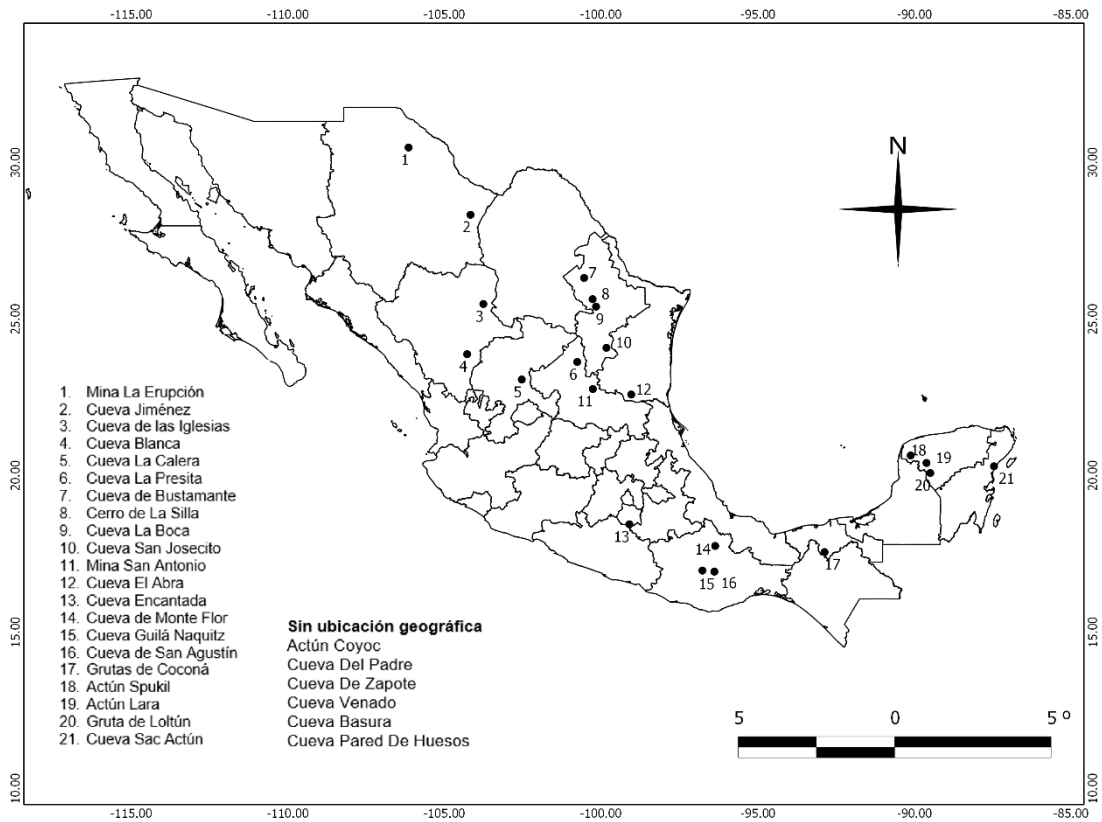


Figura 3. Cuevas de México con material paleontológico. Sin registro de las coordenadas exactas de las cuevas: Actún Coyoc, Cueva del Padre, Cueva de Zapote, Cueva Venado, Cueva Basura y Cueva Pared de Huesos.

2.- Antecedentes

Butrón-M. y Polaco (1989) originalmente nombraron a la Cueva La Presita como cueva de Matehuala, aunque posteriormente dichos autores le asignaron el nombre de Cueva La Presita debido a que Reddell (1981) denominó como cueva o sumidero de Matehuala a un sitio cercano. La estratigrafía de La Cueva La Presita no ha sido estudiada a pesar que existen capas bien estratificadas e interdigitadas y solo se conoce los sedimentos que recubren el piso y las paredes del lado norte, las cuales son de limo arcilloso de color café claro y con pequeñas proporciones de grava (Butrón-M. y Polaco, 1989).

Polaco y Butrón-M. (1997) describieron la fauna encontrada en la Cueva La Presita, sugiriendo que el conjunto pertenece al Pleistoceno tardío, se encontraron fósiles de moluscos, anfibios, reptiles, aves y mamíferos, en esta última clase se describió una nueva especie de cacomixtle (*Bassariscus ticuli*). Los estudios paleoecológicos realizados en esta cueva son pocos y han sido con análisis de isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$ de molares y esmalte dental de mamíferos, los cuales fueron realizados por Pérez-Crespo et al. (2014, 2016) en caballos, *Equus* sp., y llamas, *Hemiauchenia* sp., los resultados indican que las llamas fueron animales de dieta mixta C_3/C_4 , uno de los equidos consumía plantas C_3 y otro C_4 , habitando estos animales en una zona de vegetación abierta contigua a una zona cerrada. Existen estudios paleoecológicos en una zona cercana a la Cueva La Presita llamada Rancho La Amapola, El Cedral, la cual se halla a 36.055 km al sur de la Presita y donde se han hallado restos de moluscos, polen, aves y mamíferos del Pleistoceno tardío (Rancholabreano), además rastros de actividad humana (Mirambell, 2012). A diferencia de la Cueva La Presita, en El Cedral se han realizado diversos tipos de estudios enfocados a reconstruir las condiciones ambientales del sitio en el Pleistoceno tardío; los análisis de paleosuelos realizados por Flores-Díaz (2012) indican que en la zona existió una vegetación xerofítica con situaciones edáficas relacionadas con ciclos erosivos violentos (20,937+918 A.P.¹⁴C), bajas precipitaciones, ambiente frío y extremo, además de presentar un cambio de clima de húmedo a seco hacia los 6920+220 A.P.¹⁴C. Corona-M (2012) basándose en los restos óseos de las aves halladas en el sitio,

indica que en El Cedral existió un humedal con bosque de galería y manantiales, conformado posiblemente por cedros en su mayoría y matorral o pastizal lo cual es similar al análisis palinológico de la localidad. Sánchez y Alvarado (2012) determinan un periodo que inició con un clima frío con presencia de cuerpos de agua y con vegetación compuesta por *Cupressus*, *Juniperus* y *Taxodium*, se incrementó posteriormente la temperatura dando paso a las familias de Poaceae (pastos), Asteraceae, Chenopodiaceae-Amaranthaceae y la presencia de un bosque de pino-encino, de esta manera el ambiente fue árido, posteriormente la humedad aumenta para luego disminuir nuevamente y la zona se convierte en un bosque con áreas cubiertas de matorrales o pastizales con corrientes de agua permanentes, finalizando con matorral micrófilo de zonas áridas reflejando el tipo de vegetación que actualmente se tiene en algunos puntos de El Cedral. Por otro lado los análisis malacológicos revelaron que los veranos fueron fríos y húmedos, mientras los inviernos cálidos y húmedos, es decir, la diferencia en temperatura y humedad del día y la noche de verano e invierno fueron menos extremas (Olivera-Carrasco, 2012) y finalmente los análisis de isotopos estables de carbono y oxígeno realizados en los meso y megamamíferos indican la presencia de un bosque con pastizal cercano y condiciones más húmedas que en la actualidad. (Pérez-Crespo et al., 2018).

3.- Justificación

Las reconstrucciones paleoambientales son de gran importancia ya que nos permite conocer las condiciones ambientales que existían en la Tierra en el pasado, con lo cual se obtiene un panorama evolutivo. Así como se infiere cómo el clima ha cambiado en el planeta e influido en la distribución de las especies, lo que ocasiona cambios en las comunidades, biomas y ecosistemas a través del tiempo. Y con ello, se puede incluso predecir, cuáles serán las condiciones ambientales que se presentarán en el futuro.

Dado que El Cedral se halla cerca de la Cueva La Presita, es posible que las condiciones paleoambientales inferidas para la primera localidad sean las mismas que para la segunda, sin embargo, los pocos estudios paleoecológicos o paleoambientales realizados en la Cueva La Presita hacen necesario este tipo de estudios, para conocer cuáles eran las condiciones ambientales de la Cueva La Presita durante el Pleistoceno tardío y si eran semejantes o diferentes a las de El Cedral.

Además, la investigación presente es la primera vez que se utiliza el modelo bioclimático de Hernández-Fernández en una cueva en México con restos de fauna del Pleistoceno tardío, reconstruyendo el ambiente que existió en el sitio en este lapso de tiempo.

4.- Hipótesis

El paleoambiente de la zona alrededor de la Cueva La Presita, fue conformado por hábitats de áreas abiertas, con una zona cercana compuesta por una cobertura arbórea de una área cerrada similar al que se propone para El Cedral, el cual se caracterizaba por un clima frío, tropical o subtropical y la existencia de un bosque con pastizal.

5.- Objetivo

5.1. Objetivo general

Realizar un estudio paleoecológico usando la comunidad de mamíferos del Pleistoceno tardío, encontrada en la Cueva La Presita, San Luis Potosí, México.

5.2. Objetivos específicos

Reconstruir el tipo de vegetación en el Pleistoceno tardío de los alrededores de la Cueva La Presita.

6.- Materiales y métodos

6.1. Lugar de estudio

La Cueva La Presita se encuentra situada aproximadamente a 21.4 km al sur de Matehuala, San Luis Potosí (23° 39' latitud norte, 100° 39' longitud oeste), con una altitud de 1540 msnm (Figura 4) (Polaco y Butrón-M., 1997). Se trata de una cueva formada a partir de la disolución de rocas cretácicas. Los sedimentos que recubren el piso y paredes del lado norte son limo-arcillosos de color café claro y con pequeñas proporciones de grava. La mayor parte de los restos muestran una capa de calcita adherida a su superficie, lo que indica que esa zona ha estado bajo la influencia del agua, por estas características se puede considerar una cueva de solución (Polaco y Butrón-M., 1997). La vegetación de la región actualmente presenta matorral xerófilo (Rzedowski, 1983).

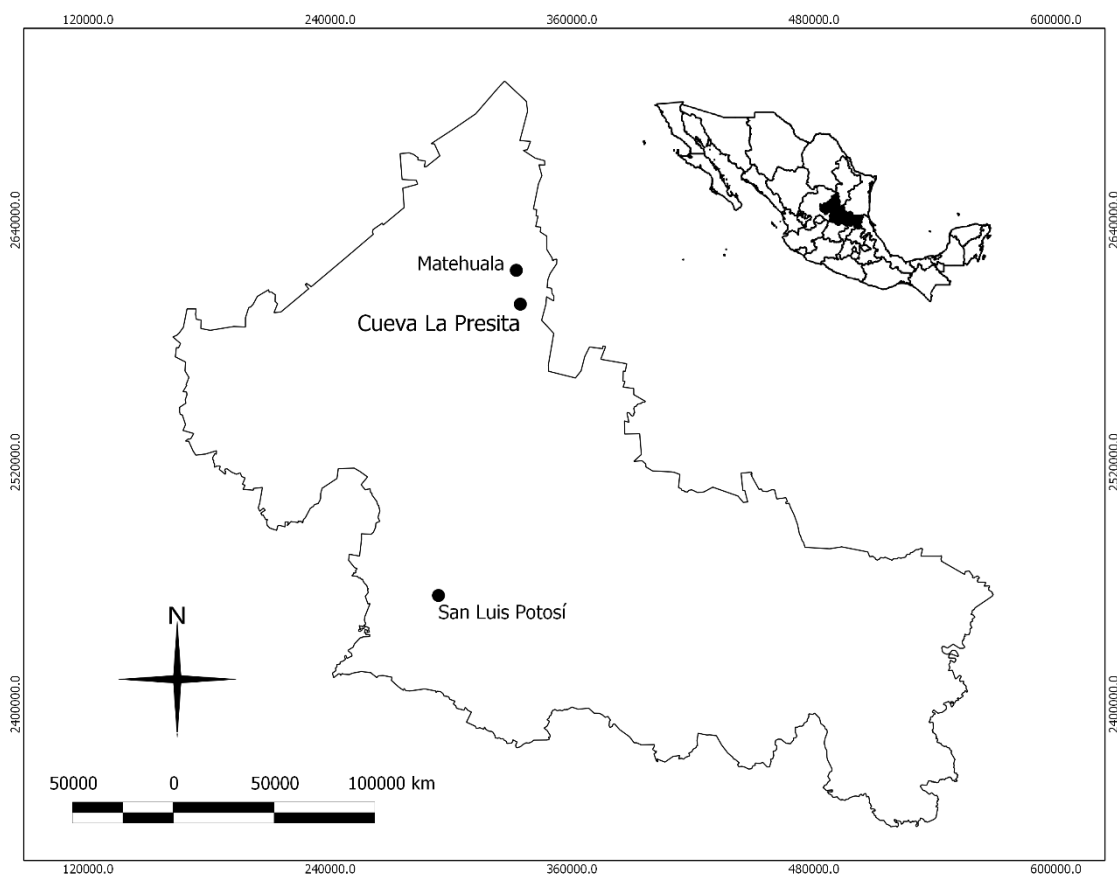


Figura 4. Localización geográfica de la Cueva La Presita, San Luis Potosí.

La fauna se encuentra en la parte posterior de la cueva e incluye moluscos, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. En el caso de los mamíferos se reportan treinta y cinco taxa que incluyen ocho especies extintas; seis de mega fauna y dos de micromamíferos y el depósito ha sido asignado al Pleistoceno tardío (Polaco y Butrón-M., 1997; Cuadro 3). Por la disposición de la entrada de la cueva, ésta pudo haber constituido una trampa natural para algunos de los animales presentes en el registro fósil. Superficialmente se conocen dos entradas muy cercanas entre sí, una mayor de aproximadamente 10m de diámetro y con un tiro vertical de 6 a 8m; la segunda entrada se localiza escasos metros al norte de la anterior y cuenta con un diámetro de aproximadamente 4m. A pesar que se observan capas bien definidas, hasta el momento no se conoce la estratigrafía de los sedimentos (Polaco y Butrón-M., 1997; Arroyo-Cabrales et al., 2003).

Cuadro 3. Fauna fósil de mamíferos del Pleistoceno tardío de la Cueva La Presita, San Luis Potosí.
 † Taxa extinto, - Megafauna, • Micromamíferos.

Orden	Familia	Especie
Xenarthra	Nothrotheriidae	- <i>Nothrotheriops cf. shastensis</i> †
Perissodactyla	Equidae	- <i>Equus</i> sp. †
Artiodactyla	Camelidae	- <i>Camelops traviswithei</i> †
Artiodactyla	Camelidae.	- <i>Hemiauchenia</i> sp. †
Artiodactyla	Cervidae	- <i>Odocoileus virginianus</i>
Artiodactyla	Antilocapridae	- <i>Stockoceros conklingi</i> †
Artiodactyla	Antilocapridae	- <i>Capromeryx</i> sp. †
Chiroptera	Mormoopidae	• <i>Mormoops megalophylla</i>
Chiroptera	Phyllostomidae	• <i>Macrotus cf. californicus</i>
Chiroptera	Phyllostomidae	• <i>Leptonycteris curasoae</i>
Chiroptera	Phyllostomidae	• <i>Desmondus stocki</i> †
Chiroptera	Vespertilionidae.	• <i>Myotis</i> sp.
Carnívora	Canidae	• <i>Canis latrans</i>
Carnívora	Canidae	• <i>Urocyon cinereoargenteus</i>
Carnívora	Mephitidae	• <i>Spilogale putorius</i>
Carnívora	Mustelidae	• <i>Mustela</i> sp.
Carnívora	Procyonidae	• <i>Bassariscus ticolli</i> †
Rodentia	Sciuridae	• <i>Cynomys</i> sp.
Rodentia	Sciuridae	• <i>Spermophilus spilosoma</i>
Rodentia	Heteromyidae	• <i>Dipodomys</i> sp.
Rodentia	Heteromyidae	• <i>Perognathus flavus</i>
Rodentia	Heteromyidae	• <i>Perognathus</i> sp.
Rodentia	Muridae	• <i>Neotoma albigula</i>
Rodentia	Muridae	• <i>Neotoma</i> sp.
Rodentia	Muridae	• <i>Peromyscus difficilis</i>

Cuadro 3. Continuación. Fauna fósil de mamíferos del Pleistoceno tardío de la Cueva La Presita, San Luis Potosí. † Taxa extinto, - Megafauna, • Micromamíferos.

Orden	Familia	Especie
Rodentia	Muridae	• <i>P. eremicus</i>
Rodentia	Muridae	• <i>P. maniculatus</i>
Rodentia	Muridae	• <i>P. pectoralis</i>
Rodentia	Muridae	• <i>Sigmodon hispidus</i>
Rodentia	Erethizontidae	• <i>Erethizon dorsatum</i>
Lagomorpha	Leporidae	• <i>Lepus californicus</i>
Lagomorpha	Leporidae	• <i>Sylvilagus audoboni</i>
Lagomorpha	Leporidae	• <i>S. brasiliensis</i>
Lagomorpha	Leporidae	• <i>S. floridanus</i>
Lagomorpha	Leporidae	• <i>Sylvilagus</i> sp.

6.2. Análisis bioclimático

La metodología utilizada está basada en el análisis bioclimático de Hernández-Fernández (2001), la cual se desarrolló de la siguiente manera; Se obtuvo el listado de la fauna de mamíferos hallados en la Cueva La Presita (Polaco y Butrón M, 1997) utilizando para éste estudio solo a los micromamíferos (Cuadro 3) debido a su especialización climática y a que su distribución es pequeña. Por ello suelen ocupar específicos y pocos biomas (Brown y Nicoletto, 1991). Posteriormente, se procedió a revisar la actualización de la nomenclatura taxonómica usando para ello la propuesta de Ramírez-Pulido et al. (2005). Una vez realizado lo anterior, se hizo la caracterización bioclimática de las especies; esto se llevó a cabo con la información de mapas de la distribución de cada especie (<http://www.iucn.org/>) y tomando como base la tipología climática de Walter (1970). Para las especies que están extintas, se buscó sus representantes actuales para obtener su distribución geográfica y para los fósiles identificados hasta género se buscó por su relación filogenética todas sus especies vivientes para obtener de igual manera su distribución geográfica. Esto se realizó así porque las relaciones filogenéticas reflejan estrechas similitudes morfológicas por lo que podría indicar similitud ecológica.

Posteriormente se calculó el índice de restricción climática (CRI) para cada especie (Anexo 1), el valor de una especie en un clima es 0 cuando la especie no

vive en esa zona climática, por el contrario cuando la especie habita esa zona climática el valor es determinado por el índice de restricción climática

$$CRI_i = 1/n$$

Donde n es el número de zonas climáticas de Walter donde vive cada especie y i es la zona climática i donde la especie aparece. Las especies climáticamente más restringidas tienen, mayores valores de CRI y ofrecen una mejor indicación climática a causa de sus requerimientos ambientales más específicos. Consecuentemente, la suma de los diferentes CRI de una especie es igual a 1.

El número de zonas climáticas habitadas por una especie es determinado por la proporción de su rango geográfico. Si el 15 % o más del área de distribución de una especie se sitúan dentro de una zona climática, se considera que la especie ocupa esa zona climática. También se considera que ocupa una zona climática concreta cuando la especie habita en el 50 % o más de un dominio climático donde un dominio climático es un área terrestre continua dentro de una única zona climática. Se calculó los componentes bioclimáticos (BC) de la Cueva La Presita (Anexo 1) con la siguiente fórmula:

$$BC = (\sum CRI_i) * 100/S$$

Donde i es la zona climática i y S es el número de especies por cada localidad. El término componente bioclimático (BC), es la representación en una localidad específica de cada uno de los diez climas existentes. Por último se realizó una comparación de los componentes bioclimáticos de la Cueva La Presita usando un Análisis de Funciones Discriminantes con los componentes bioclimáticos de localidades actuales (Anexo 2) representativas de los principales biomas de México con la finalidad de ser usados como modelos de validación, con ello comprobar la validez y certeza de las predicciones de biomas utilizando el modelo bioclimático. En esta muestra se incluyeron las faunas de Cuatro Ciénegas (Coahuila), Chamela (Jalisco), Cerro de la Tuza (Oaxaca), Janos-Casas Grandes (Chihuahua), Los Tuxtlas (Veracruz), Norogachi (Chihuahua), Sian Ka'an (Quintana Roo) y Yavesia (Oaxaca) (González et al., 1997; Pozo de la Tijera y Escobedo, 1999; Lira-Torres et al., 2005; García, 2006; Contreras-Balderas et al., 2007; Noguera et al., 2002) localidades utilizadas por Pérez-Crespo et al., (2013)

donde la investigación fue con enfoque arqueológico (Cuadro 4) (Figura 5). También se utilizó componentes bioclimáticos de 50 localidades de todo el mundo excepto Australia en el modelo de validación (Hernández-Fernández (2001), Anexo 3). El software usado fue Statistica 8.0 (StatSoft, 1984-2007) y el nivel de significación de $p < 0.001$.

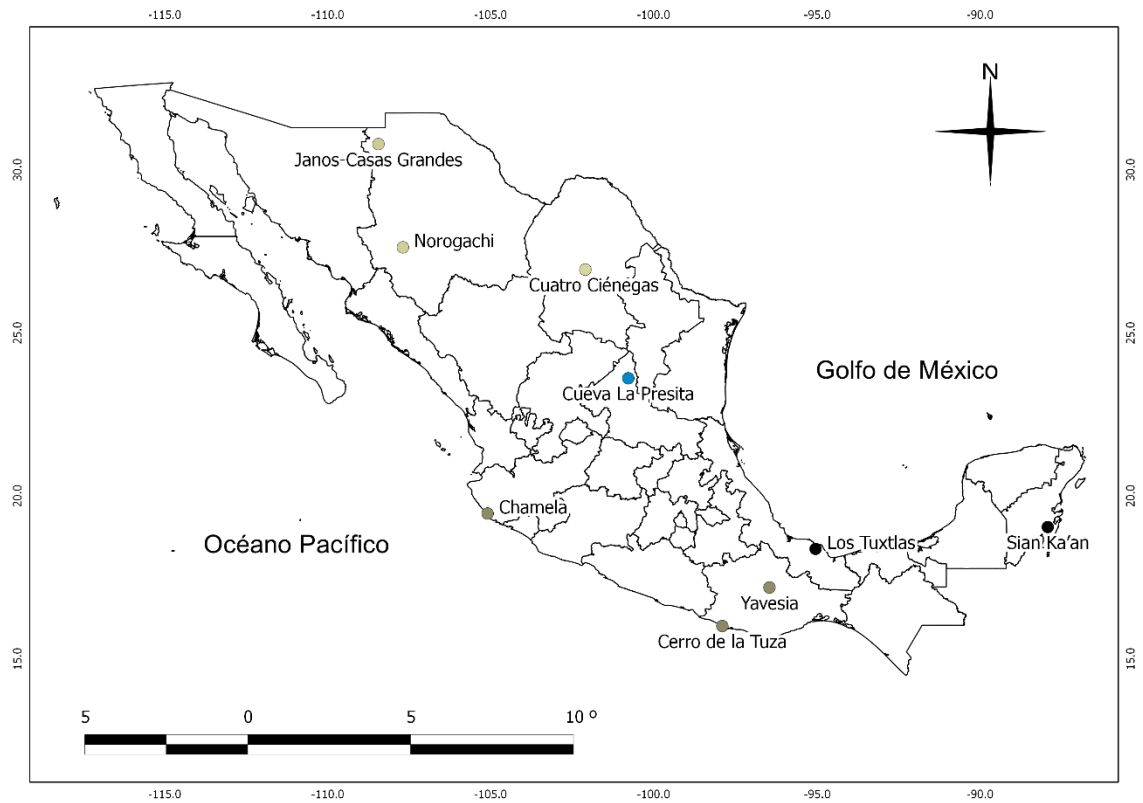


Figura 5. Mapa de México con la localización geográfica de las ocho localidades utilizadas para el modelo de validación y la Cueva La Presita.

Cuadro 4. Localidades actuales representativas de los principales biomas de México utilizadas como modelos de validación. Obtenido de Pérez-Crespo et al., (2013).

Nombre	Latitud	Longitud	Tipos de vegetación	Bioma	Referencia
Cuatro Ciénegas	26° 59'	102° 04'	Pastizal	III	Contreras-Balderas et al. (2007)
Chamela	19° 30'	105°04''	Selva baja caducifolia, selva mediana subperennifolia, palmar y vegetación riparia.	II	Noguera et al. (2002)
Cerro de la Tuza	16° 03'03''	97° 51'45''	Selva baja caducifolia, selva mediana subcaducifolia y subperennifolia.	II	Lira-Torres et al. (2005)
Janos-Casas Grandes	30° 50'	108° 25'	Pastizal, matorral xerófilo, vegetación riparia y pastizal-bosque de encino.	III	Pacheco et al. (1999-2000)
Los Tuxtlas	18° 25'	95° 00'	Selva alta perennifolia	I	Gonzales et al. (1997)
Norogachi	27° 40'	107° 40'	Pastizal y bosque de Pino.	III	García (2006)
Sian Ka'an	19°05'13''	87° 22'27''	Selva alta perennifolia.	I	Navarro & Johnson (1992)
Yavesia	17° 14'	96° 25'	Bosque de Pino, Encino-Pino, Pino-Encino, de Encino, de Galería y Pino-Pinabete.	II	García (2008)

7.- Resultados

7.1. Modelo de validación

Las 8 localidades actuales utilizadas para validar el modelo se clasificaron correctamente: Los Tuxtlas y Sian Ka'an se clasifican en el bioma tipo I, mientras Chamela, el Cerro de la Tuza y Yavesia en el bioma tipo II. Janos-Casas Grandes, Cuatro Ciénegas y Norogachi se clasifican dentro del bioma tipo III. Los resultados obtenidos del Análisis de Funciones Discriminantes se derivan de los componentes bioclimáticos de las localidades actuales representativas de los principales biomas de México, los componentes bioclimáticos similares de las localidades incluidas se clasifican permitiendo la predicción de la localidad fósil de estudio. Las probabilidades entre los dos posibles biomas dados por el análisis presentan una gran diferencia, se debe a que comparten solo una pequeña cantidad de especies. Por lo que no se parece totalmente la fauna de ambos biomas y la probabilidad del segundo bioma presenta una diferencia grande con respecto a la del primer bioma sugerido, esto nos indica la precisión del análisis y

del modelo bioclimático. Cuando cada localidad se encuentra a una menor distancia al centroide existe una probabilidad mayor de que la predicción sea correcta. Los dos posibles biomas predichos por el modelo bioclimático de cada localidad actual se corroboraron con los datos de vegetación descritos en la literatura con el propósito de verificar el correcto. Se discute en el apartado de discusión (Cuadro 5).

7.2. Reconstrucción paleoecológica de la Cueva La Presita.

Para la Cueva La Presita, el modelo predice un bioma tipo II/III que corresponde a una sabana con clima tropical semiárido de transición, con vegetación compuesta de grandes superficies herbáceas con especies leñosas dispersas regularmente. De esta manera la reconstrucción paleoecológica realizada para el Pleistoceno tardío en este sitio coincide con la hipótesis propuesta la cual indica que la zona cercana a la Cueva La Presita fue un ambiente de área abierta.

Cuadro 5. Resultados obtenidos del análisis de funciones discriminantes de las localidades del modelo de validación y la Cueva La Presita. Abreviaturas: P1, probabilidad de la zona climática más probable; P2, probabilidad de la segunda zona climática más probable; D, distancia de la localidad con ambiente y clima bajo estudio al centroide del conjunto de localidades actuales con el mismo bioma.

Localidad	1er bioma probable	P1	D	2º bioma probable	P2	D
Sian Ka'an	I	1.000000	32.5605	II/III	0.000000	64.2230
Los Tuxtlas	I	0.864478	54.6339	II	0.131902	58.3940
Chamela	II	1.000000	14.3266	V	0.000000	50.8654
Cerro de la Tuza	II	0.999999	19.3201	V	0.000000	48.7883
Janos-Casas Grandes	III	1.000000	14.9520	II/III	0.000000	91.0994
Cuatro Ciénegas	III	1.000000	17.5768	VII	0.000000	115.4841
Nogorachi	III	0.999964	61.0908	II	0.000035	81.5937
Yavesia	II	0.973065	30.3520	V	0.026918	37.5273
La Presita	II/III	0.978561	38.5414	III	0.016038	46.7637

8.- Discusión

8.1. Modelo de validación

El modelo de validación que se realizó predijo y clasificó correctamente las 8 localidades actuales, lo cual indica que el modelo es confiable para utilizarlo en reconstrucciones ambientales de yacimientos fósiles de México, país con regiones conformadas con más de un tipo de vegetación. A continuación se discuten los resultados obtenidos por el modelo de validación con la vegetación actual que presenta cada localidad:

Para las localidades de Tuxtlas y Sian Ka'an se predijo una vegetación que corresponde a la pluvisilva, con precipitaciones elevadas y oscilaciones diarias y anuales de temperatura. Los Tuxtlas y Shian Ka'an presentan como vegetación más abundante selva alta perennifolia y en menor medida bosque caducifolio, encinar, manglar, sabana, selva baja perennifolia, selva mediana subcaducifolia, bosque de pino y vegetación costera (González et al., 1997; Guevara et al, 1999; Pozo de la Tijera y Escobedo Cabrera, 1999; Mazzotti et al., 2005). En el caso de Chamela, el Cerro de la Tuza y Yavesia el modelo las clasifica como bosques tropicales caducifolios con lluvias en verano y época seca invernal. Para Chamela, la vegetación predominante es selva baja caducifolia con lluvias estacionales y clima cálido subhúmedo, además que existe en este sitio, zonas con selva mediana subperennifolia, vegetación riparia y halofita (Martínez et al, 1993; Noguera et al., 2002). Mientras en el Cerro de la Tuza el clima es subhúmedo con lluvias en verano y la vegetación predominante es la selva mediana subcaducifolia y subperennifolia y en menos proporción la selva baja caducifolia (Lira-Torres et al., 2005; Lira-Torres, 2006). Por otro lado Yavesia presenta un clima semifrío subhúmedo en la parte alta, mientras en la parte baja un clima templado subhúmedo, con lluvias en verano. La vegetación presente es perennifolia y caducifolia, además de bosques de Pino, Encino-Pino, Pino-Encino, de Encino, de Galería y Pino-Pinabete (García, 2008; Piña y Trejo, 2014). Finalmente, para las localidades de Cuatro Ciénegas, Janos-Casas Grandes y Norogachi el modelo predice un clima seco subtropical con lluvias escasas. Cuatro Ciénegas ubicada en los desiertos del norte de México posee una vegetación correspondiente a una

zona semiárida (Dinger et al, 2005; Contreras-Balderas et al., 2007); mientras que Janos-Casas Grandes presenta pastizales (pastizal templado y pastizal-bosque de encino con veranos cálidos lluviosos e inviernos fríos), matorrales áridos, manchones de vegetación riparia y humedales (Pacheco et al., 1999-2000). Y Norogachi, que forma parte de la sierra Tarahumara, posee una vegetación de pastizales y bosques de pinos, presenta un clima templado semifrío con lluvias en verano (García, 2006; López-González y García-Mendoza, 2006).

8.2. Reconstrucción paleoecológica de la Cueva La Presita.

El modelo bioclimático clasificó a la Cueva La Presita como bioma II/III que corresponde a una sabana con clima tropical semiárido de transición y como segundo bioma más probable, un bioma tipo III que corresponde a un desierto subtropical; estos resultados coinciden con las conclusiones de Polaco y Butrón-M. (1997), mencionan que de acuerdo a las especies halladas en la Cueva La Presita, el clima de este sitio durante el Pleistoceno tardío fue seco, además los resultados obtenidos concuerdan con los valores isotópicos de carbono y oxígeno de los caballos y camellos de esta localidad los cuales muestran la presencia de un bosque con un pastizal (Pérez-Crespo et al., 2014, 2016). Es importante mencionar que el trabajo anterior fue realizado con mamíferos de gran talla, los cuales son capaces de tener una amplia distribución geográfica, con ello se podría dar el caso que los valores isotópicos de oxígeno del esmalte dental reflejen la composición isotópica de oxígeno del agua del sitio donde los animales bebieron y posteriormente, cuando estos se desplazaron murieron en el sitio de estudio, por lo cual el análisis isotópico de carbono podría reflejar sus hábitos alimenticios y no la vegetación de la localidad donde fueron hallados (Cruz y Cruz, 2016).

Los resultados obtenidos se pueden comparar con El Cedral que indican la existencia de manantiales, bosques de galería, con humedales y pastizales o matorrales xerófilos y micrófilos cercanos a los bosques. Las condiciones fueron más húmedas que las actuales y la vegetación estuvo compuesta en parte por *Taxodium* (grandes árboles con adaptación a suelos húmedos, seguramente presente en el humedal), *Cupressus*, *Juniperus*, *Asteraceae*, *Amaranthaceae*,

Chenopodiaceae (presentes en habitat xerófilos) y por bosque de pino-encino (Mirambell, 2012). La distancia entre ambas zonas es de 36.055 km y mantienen una diferencia altitudinal de 160 m ya que la Cueva La Presita se encuentra a 1540 msnm (Polaco y Butrón-M., 1997) y El Cedral a 1700 msnm (Mirambell, 2012). Esto indica la presencia en El Cedral de una vegetación abierta con una zona cerrada cerca semejante a lo propuesto por el modelo bioclimático para la Cueva La Presita, que en el caso de ésta pudo haber sido ocupada por una sabana. La sabana es una zona de transición entre el bosque tropical deciduo que presenta una época seca invernal y el desierto que posee cobertura vegetal de poca densidad (Walter, 1970). Rzedowski (1983) considera que el pastizal es un tipo de vegetación el cual es inducido por las actividades del hombre, por esto, éste tipo de vegetación se encuentra en diferentes tipos de clima; semiárido-árido y semihúmedo-húmedo, mientras que la sabana es un tipo de vegetación que se forma sin presencia humana. Actualmente la zona presenta bioma III (Desierto subtropical) según la nomenclatura de Walter (1970) coincidiendo con Polaco y Butrón-M. (1997) quienes mencionan que los alrededores de la Cueva La Presita se desarrolla un matorral micrófilo y dado que el bioma II/III no se encuentra actualmente a una distancia cercana a la Cueva La Presita, es probable que la zona haya experimentado un cambio en las condiciones ambientales por los cambios climáticos que existieron al final del Pleistoceno, provocando modificaciones en la distribución de vegetación (Metcalf, 2006; Ortega-Rosas et al., 2016) incluso se pudo ver involucrado la extinción de la megafauna y su relación con la vegetación, desencadenando un cambio y efectos tróficos (Gill et al., 2009).

Es importante considerar que existen factores tafonómicos que pudieron haber intervenido en los resultados obtenidos, como el proceso de reelaboración, dónde los restos fósiles sufren desenterramiento y desplazamiento, para enseguida volver a ser enterrados en niveles estratigráficos superiores al correspondiente del cual no queda registro estratigráfico (Martinell, 2014). Con ello se da el proceso de condensación tafonómico, en el que existe una mezcla de restos fósiles temporalmente sucesivos que han sido enterrados simultáneamente (Fernández-

López, 1984; Fernández-López et al., 1991); este proceso suele darse por la baja velocidad de sedimentación (Fernández-López et al., 1991). Ambos procesos permiten que exista una larga concentración de restos, el cual puede darse durante más tiempo del necesario, esto pudo haber permitido que la zona haya cambiado de bioma realizándose la mezcla de restos (Behrensmeyer, 1982). La fauna fósil de la Cueva La Presita es de origen atricial, por lo tanto pudo haber sufrido de ambos procesos y esto pudo ocasionar que en la cueva se encontraran especies fósiles de distintos biomas, esto puede reflejar que el ambiente del Pleistoceno tardío en el sitio fue un ecotono, cuando en realidad pudo haber ocurrido un cambio climático durante el periodo de concentración de los restos fósiles almacenados.

La problemática de los factores tafonómicos puede ser inexistente o de menor importancia según Álvarez Sierra et al., (1990) y Peter (1990) quienes mencionan que los fósiles de micromamíferos presentan extrema fragilidad haciendo que estos restos fósiles puedan pasar por el proceso de reelaboración y otros procesos tafonómicos con dificultad, estos se destruirían. Por lo que, los resultados obtenidos posiblemente no se hallan afectados por los procesos antes mencionados y el bioma predicho para el sitio es confiable. Otro factor tafonómico que puede ser un problema en el modelo de análisis bioclimático es el que menciona Hernández-Fernández (2001); la reducción de la riqueza de especies en la fauna fósil por lo tanto con esto la disminución en la información ecológica. Sin embargo Gómez Cano et al. (2007) concluyó que el análisis bioclimático resulta una metodología útil en paleoecología, siempre y cuando la pérdida de especies no exceda del 50-85% de las especies originales.

Por otra parte analizando la fauna fósil de la cueva de estudio, la mayoría de las especies de micromamíferos habita en la actualidad la zona a excepción de *Sylvilagus brasiliensis* y *Neotoma albigula* las cuales su distribución ha cambiado ubicándose hacia el sur y hacia el norte del continente americano respectivamente, el hábitat de la primera especie es de bosques tropicales y laderas bajas, mientras que la segunda vive en matorrales de zonas áridas y espinosos así como en pastizales (Ceballos y Oliva, 2005). Por otro lado

Desmondus stocki y *Bassariscus ticolli* son especies extintas mientras la fauna que solo fue identificada a nivel género como *Myotis*, *Mustela*, *Dipodomys*, *Perognathus*, *Neotoma*, *Sylvilagus* no se puede saber si tuvo un cambio en su distribución ya que a nivel especie varía mucho en los ecosistemas actuales; sin embargo el género *Cynomys* se compone de especies que habitan en praderas y matorrales, los cuales se conforman por herbazales y plantas rasantes de clima templado, ambiente que también es llamado pastizal (Ceballos y Oliva, 2005), este bioma es correspondiente al de sabana, coincidiendo con los resultados predichos. *Peromyscus eremicus* es indicativa de los biomas II/III y III y *Leptonycteris curasoae* de los biomas II y II/III, teniendo estos como ambientes particulares, ambas especies se ubican únicamente en los biomas predichos por el modelo bioclimático para los alrededores de la Cueva La Presita.

Debe tenerse en cuenta que al utilizar el modelo bioclimático se usa la clasificación de Walter (1970) y esta se divide en biomas, los cuales son unidades ecológicas y biogeográficas a escala regional, conformadas de manera característica por tipos de flora, fauna y clima particular (Clements y Shelford, 1939; Smith y Smith, 2001). En el caso de México que es un país que se conforma por varios tipos de vegetación es más adecuado la base de clasificación de Rzedowski (1981), esta presenta una secuencia de biomas que mantiene una estrecha interacción con biomas vecinos y forman ambientes particulares, como los orobiomas (ambientes en zonas montañosas), lo que puede hacer que algunas localidades se sitúen en un dominio climático de pequeño tamaño. Es importante mencionarlo ya que gran parte del territorio Mexicano está compuesto por montañas. Sin embargo el análisis bioclimático fue sometido a comprobación con un análisis de validación con localidades actuales, ubicadas en diferentes puntos de México así como del resto del mundo, estas fueron clasificadas con el bioma correcto y mostrando que la clasificación de Walter funciona adecuadamente en México para las reconstrucciones paleoambientales.

9.- Conclusión

El conjunto de restos fósiles de micromamíferos del Pleistoceno tardío localizados en la Cueva La Presita, San Luis Potosí, utilizando el modelo de análisis bioclimático infirió un paleoambiente con bioma de sabana (II/III) con clima tropical semiárido de transición. De esta manera se acepta la hipótesis propuesta, la cual propone que en el Pleistoceno tardío el ambiente de la zona alrededor de la Cueva La Presita, fue conformado por zonas de vegetación abierta y cercana a esta una zona con cobertura arbórea cerrada. Esto es semejante al que existió en El Cedral, el cual se caracterizaba por un clima frío, tropical o subtropical y la existencia de un bosque con pastizal.

Actualmente la zona presenta bioma III (Desierto subtropical) y esto puede explicarse posiblemente por los cambios ambientales y climáticos que existieron al final del Pleistoceno mismos que pudieron provocar que algunas especies halladas en la Cueva La Presita, *Sylvilagus brasiliensis* y *Neotoma albigula* ya no se hallen en el sitio y posiblemente la extinción de *Desmondus stocki* y *Bassariscus ticolli*. Por lo que el ambiente alrededor de esta cueva ha ido cambiando a través del tiempo hasta la actualidad.

Por otro lado los resultados obtenidos posiblemente no han sido alterados por los procesos tafonómicos de reelaboración y condensación, al igual que por la posible reducción de la riqueza de especies en la fauna fósil. De esta manera el análisis bioclimático es una metodología confiable para realizar estudios paleoecológicos en México.

10.- Bibliografía

Alarcón, D.I. y Arroyo-Cabrales, J. (2015). Paleontology studies during the 2015 proyecto espeleológico sistema huautla expedition. *AMCS activities newsletter*, 39, 105–108.

Alarcón, D.I. y Arroyo-Cabrales, J. (2016). Pesh 2016: megafauna found in two caves in the vicinity of Huautla. *AMCS activities newsletter*, 39, 56–58.

Allen, T.F.H. (1998). Community Ecology. En Dodson, S.I, Allen, T.F.H., Carpenter, S.R., Ives, A.R., Jeanne, R.L., Kitchell, J.F., Langston, N.E. y Turner, M.G. (Eds.). *Ecology* (pp. 315-383). New York: Oxford University Press.

Álvarez, T. (1963). Restos de mamíferos encontrados en una cueva de Valle Nacional, Oaxaca. México. *Revista de Biología Tropical*, 11, 57–61.

Álvarez Sierra, M.A., Civis, J., Corrochano, A., Daams, R., Dabrio, J., García, E., González, A., López Martínez, N., Mediavilla, R., Rivas Carballo, R. y Valle, M.F. (1990). Un estratotipo del límite Aragoniense-Vallesiense (Mioceno Medio-Mioceno Superior) en la sección de Torremormojón (Cuenca Duero, provincia de Palencia). *Acta Salmanticensia*, 68, 57-64.

Andrews, P. (1996). Paleoeecology and hominid paleoenvironments. *Biological Review*, 71, 257-300.

Andrews, P., Lord, J. y Nesbit Evans, E. M. (1979). The environments of Ramapithecus in Africa. *Paleobiology*, 5, 22-30.

Arellano, A. R. V., y Muller, F. (1948). La Cueva Encantada de Chimalacatlán, Morelos. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 66, 481–491.

Arroyo-Cabrales, J., Johnson, E., Hass, H., De los Ríos-Paredes, M., Ralph, R.W. y Hartwell, W.T. (1995). First radiocarbon dates for San Josecito Cave, Nuevo León, México. *Quaternary Research*, 43, 255–258.

Arroyo-Cabrales, J. y Ray, C.E. (1997). Revisión de los vampiros fósiles (Chiroptera: Phyllostomidae, Desmodontinae) de México. En Arroyo- Cabrales, J. y Polaco, O.J. (Coords.). *Homenaje al Profesor Ticul Álvarez* (pp. 69–86). Mexico: Colección Científica. Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Arroyo-Cabrales, J. y Polaco, O.J (2003). Caves and the Pleistocene Vertebrate Paleontology of México. En Schubert, B. W., Mead, J. I. y Graham, R. W. (Eds.). *Ice age cave faunas of North America* (pp. 273–291). Bloomington, Indiana: University Press and Denver Museum of Nature & Science.

Arroyo-Cabrales, J., Polaco, O. J., y Johnson, E. (2007). An overview of the Quaternary mammals of Mexico. En Kahlke, R.D., Maul, L.C. y Mazza, P.A. (Eds.).

Late Neogene and Quaternary biodiversity and evolution (pp. 191–203). Frankfurt: Courier Forschungs institut Senckenberg.

Aveleyra Arroyo de Anda, L. (1964). El sacro de Tequixquiac. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México. *Cuadernos del Museo Nacional de Antropología*, 2, 1–52.

Barrios Rivera, H. (1985). Estudio analítico del registro paleovertebradológico de México. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México. 474 pp.

Behrensmeyer, A.K. (1982). Time resolution in fluvial vertebrate assemblages. *Paleobiology*, 8(3), 211-227.

Behrensmeyer, A. K. y Schindel, D. (1983). Resolving Time in Paleobiology. *Paleobiology*, 9(1), 1-8.

Behrensmeyer, A.K. (1991). Terrestrial vertebrate accumulations. En Allison, P.A., Briggs, D.E.G., (Eds.). *Taphonomy; Releasing the data locked in the fossil record* (pp. 291-335). New York: Plenum Press.

Bradbury, J. P. (1971). Paleolimnology of Lake of Texcoco Mexico: Evidence from diatoms. *Limnol. Oceanogr*, 16, 180–200.

Bradbury, J. P. (1989). Late Quaternary lacustrine paleoenvironments in the Cuenca de México. *Quat. Sci. Rev.*, 8, 75–100.

Bradbury, J. P. (1997). Sources of glacial moisture in Mesoamerica. *Quatern. Int.*, 43/44, 97–110.

Bradbury, J.P. (2000). Limnologic history of Lago de Patzcuaro, Michoacan, Mexico for the past 48,000 years: impacts of climate and man. *Elsevier, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 163, 69–95.

Bright, J., Orem, C.A., Mead, J.I. y Baez, A. (2016). Late Pleistocene (OIS 3) paleoenvironmental reconstruction for the Terapa vertebrate site, northcentral Sonora, México, based on stable isotopes and autecology of ostracodes. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 33(2), 239-253.

Butrón, M.L. y Polaco, O.J. (1989). La cueva de Matehuala San Luis potosí, Trampa del Pleistoceno tardío. Resúmenes del II Congreso Nacional de Paleontología, México, pp. 50-51.

Brown, J.H. y Nicoletto, P.F. (1991). Spatial scaling of species composition: body masses of North American land mammals. *The American Naturalist*, 138 (6), 1478-1512.

Caballero, M., Lozano, S., Ortega, B., Urritia, J. y Macias, J.L. (1999). Environmental characteristics of Lake Tecocomulco, northern basin of Mexico, for the last 50,000 years. *Journal of Paleolimnology*, 22, 399–411.

Caballero, M., Lozano-García, S., Vázquez-Selem, L. y Ortega, B. (2010). Evidencias de cambio climático y ambiental en registros glaciales y en cuencas lacustres del centro de México durante el último máximo glacial. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 62(3), 359-377.

Caballero-Rodríguez, D., Lozano-García, S. y Correa-Metrio, A. (2017). Vegetation assemblages of central México through the late Quaternary: modern analogs and compositional turnover. *Journal of Vegetation Science*, 28, 504-514.

Ceballos, G. y Oliva, G. (Coords.). (2005). *Los mamíferos silvestres de México. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México: CONABIO.*

Ceballos, G., Arroyo-Cabrales, J. y Ponce, E. (2010). Effects of Pleistocene environmental changes on the mammalian fauna of Mexico. *Quaternary Research*, 73,464-473.

Clements, E.F. y Shelford, E.V. (1939). *Bio-Ecology*. USA: Editorial Copyright.

Chávez-Lara, C.M., Roy, P.D., Pérez, L., Muthu Sankar, G., Lemus-Neri, V.H. (2015). Ostracode and C/N based paleoecological record from Santiaguillo Basin of subtropical México over last 27 cal kyr BP. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 32(1), 1-10.

COHMAP members. (1988). Climatic Changes of the Last 18,000 Years: Observations and Model Simulations. *Science*, 241,1043-1052.

Contreras-Balderas, A.J., Hafner, D.J., López-Soto, J.H., Torres-Ayala, J.M. y Contreras-Arquieta, S. (2007). Mammals of the Cuatro Ciénegas basin, Coahuila, México. *The Southwestern Naturalist*, 52, 400-409.

Corona, M.E. (2012). Las aves fósiles. En Mirambell, L.E. (Coord.). *Rancho “La Amapola”, Cedral. Un sitio arqueológico-paleontológico pleistocénico-holocénico con restos de actividad humana* (pp. 207-224). México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Correa-Metrio, A., Bush, B.M., Hodell, A.D., Brenner, M., Escobar, J. y Guilderson, T. (2012). The influence of abrupt climate change on the ice-age vegetation of the Central American lowlands. *Journal of Biogeography*, 39, 497–509.

Cruz, J.A., Arroyo-Cabrales, J. y Reynoso, V.H. (2016). Reconstructing the paleoenvironment of Loltún Cave, Yucatán, México, with Pleistocene amphibians

and reptiles and their paleobiogeographic implications. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 33(3), 342-354.

Cruz-Cruz, T., Pérez-Crespo, V.A., Pustovoytov, K., Sedov, S., Morales-Puente, P., Tovar-Liceaga, R.E., Arroyo-Cabrales, J., Terrazas-Mata, A., Sánchez-Miranda, G. (2016). Paleosol (organic matter and pedogenic carbonates) and paleontological $\delta^{13}\text{C}$ records applied to the paleoecology of late Pleistocene-Holocene in México. *Elsevier, Quaternary International*, 418, 147-164.

Cuevas-Ruiz, G.E. (2013). Paleoecología de una asociación fósil de mamíferos del Pleistoceno tardío (Rancholabreano) de Hidalgo, centro de México. Tesis de maestría. Instituto de ciencias básicas e ingeniería, Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, 192 pp.

Dalquest, W. y Roth, E. (1970). Late Pleistocene mammals from a cave in Tamaulipas, México. *The Southwestern Naturalist*, 15, 217–230.

De Anda Hurtado, P. (2009). La fauna local Mina de San Antonio, Pleistoceno de San Luis Potosí: Taxonomía, comparación actualística y significación geológico-paleontológica. Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México. 124 pp.

Dinger, E.C., Cohen, A.E., Hendrickson, D.A. y Marks, J.C. (2005). Aquatic invertebrates of Cuatro Ciénegas, Coahuila, México: natives and exotics. *The Southwestern Naturalist*, 50(2), 237–281

Ferrusquía-Villafranca, I., Arroyo-Cabrales, J., Johnson, E., Ruiz-González, J., Martínez-Hernández, E., Gama-Castro, J., Anda-Hurtado, P. y Polaco, O.J. (2017). Quaternary Mammals, People, and Climate Change: A View from Southern North America. En Monks, G.G. (Ed.). *Climate Change and Human Responses, A Zooarchaeological Perspective* (pp. 27-68). Canada: Springer.

Flannery, K.V. (1983). Pleistocene fauna from Early Ajuereado Type from Cueva Blanca, Oaxaca. En Flannery, K.V. & Marcus, J. (Eds.) *The Cloud people: origin and evolution of Zapotec and Mixtec civilizations* (pp. 18-20). Academic Press.

Flores, D.A. (2012). Cambios paleoclimáticos durante el Pleistoceno-Holoceno en un área semidesértica, Cedral. En Mirambell, L.E. (Coord.). *Rancho “La Amapola”, Cedral. Un sitio arqueológico-paleontológico pleistocénico-holocénico con restos de actividad humana* (pp. 87-146). México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Furlong, E. L. (1925). Notes on the occurrence of mammalian remains in the Pleistocene of México, with a description of a new species *Capromeryx Mexicana*. *University of California Publications in Geological Sciences*, 15(5), 137–152.

García, M.D.F. (2006). Los mamíferos de la región de Norogachi, Alta Sierra Tarahumara, Chihuahua, México. Tesis de maestría, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas-Instituto Politécnico Nacional, 131 pp.

García, R. (2008). Plan municipal de desarrollo de Santa María Yavesia, Ixtlán, Oaxaca. Oaxaca, 166 p.

Gill, L. J., Williams, W. J., Jackson, T.S., Lininger, B. K. y Robinson, S.G. Pleistoceno Megafaunal Collapse, Novel Plant Communities, and Enhanced Fire Regimes in North America. *Science*, 326, 1100-1103.

González, S., Dirzo, R. y Vogt, C. R. (1997). *Historia Natural de los Tuxtlas*. (1a ed.) Ciudad de México: Instituto de Biología, 647 p.

Gordon, C.C. y Buikstra, J.E. (1981). Spoil pH, bone preservation and sampling bias at mortuary sites. *American Antiquity*, 46, 566-571.

Graetz, R.D. (1991). The nature and significance of the feed back of changes in terrestrial vegetation on global atmospheric and climatic change. *Climatic Change*, 18, 147-173.

Guevara, S.S., Laborde, D.J. y Sánchez, R.G. (1999). La reserva de la biosfera los Tuxtlas, México. UNESCO, Documento de Trabajo N° 29.

Hatt, R. T., Fisher, H.I., Langebartel, D.A. y Brainer, G.W. (1953). Faunal and archeological researches in Yucatan caves. *Cranbrook Institute of Science Bulletin*, 33, 1–119.

Hernández-Fernández, M. (2001). Análisis paleoecológico y paleoclimático de las sucesiones de mamíferos del Plio-Pleistoceno ibérico. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid, 376 pp.

Holmgren, A.C., Betancourt, J.L., Peñalba, C., Delgadillo, J., Zuravnsky, K., Hunter, L. K., Rylander, A.K. y Weiss, L. J. (2014). Evidence against a Pleistocene desert refugium in the Lower Colorado River Basin. *Journal of Biogeography*, 41, 1769–1780.

Huang, Y. et al. (2001). Climate change as the dominant control on glacial-interglacial variations in C3 and C4 plant abundance. *Science*, 293, 1647–1651.

International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN). (2013). *The IUCN Red List of Threatened Species*. Red List Maps. Version 2013.2. Recuperado de <http://maps.iucnredlist.org/>; consultado en 21/11/2013.

Jau-Mexía, N., Polaco, O.J. y Arroyo-Cabrales, J. (2001). New mammals for the Pleistocene of Zacatecas, México. *Current Research in the Pleistocene*, 17, 124–125.

- Kurtén, B. (1975). A new Pleistocene genus of American mountain deer. *Journal of Mammalogy*, 56, 507-508.
- Legendre, S. (1986). Analysis of mammalian communities from the late Eocene and Oligocene of Southern France. *Palaeovertebrata*, 16, 191-212
- Leyden, B., Brenner, M., Hodell, D.A. y Curtis, J.H. (1993). Late Pleistocene climate in the Central American lowlands. En Swart, P.K., Lohmann, K.C., McKenzie, J. & Savin, S. (Eds). *Climate Change in Continental Isotopic Records* (pp. 165-178). Geophysical Monograph 78. Washington: American Geophysical Union, Washington, DC.
- Leyden, B.W., Brenner, M., Hodell, D.A., Curtis, J.H. (1994). Orbital and internal forcing of climate on the Yucatán Peninsula for the past ca 36 ka. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 109, 193-210.
- Lira-Torres, I., Mora-Ambriz, L., Camacho-Escobar, M.A. y Galindo-Aguilar, R.E. (2005). Mastofauna del Cerro de la Tuza, Oaxaca. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 9, 6-20.
- Lira-Torres, I. (2006). Abundancia, densidad, preferencia de hábitat y uso local de los vertebrados en la Tuza de Monroy, Santiago Jamiltepec, Oaxaca. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 10, 41-66.
- López, M, N. y Truyols, S. J. (1994). *Paleontología*. Editorial Síntesis, Madrid, España. 334 pp.
- López-González, C. y García-Mendoza, D. (2006). Murciélagos de la Sierra Tarahumara, Chihuahua, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana*, 22(2), 109-135.
- Lounejeva Baturina, E., Morales Puente, P., Cabadas Báez, H.V., Cienfuegos Alvarado, E., Sedov, S., Vallejo Gómez, E. y Solleiro Rebolledo, E. (2006). Late Pleistocene to Holocene environmental changes from $\delta^{13}\text{C}$ determinations in soils at Teotihuacan, Mexico. *Geofísica Internacional*, 45(2), 85-98.
- Lozano-García, S., Ortega, B., Roy, P.D., Beramendi-Orosco, L., Caballero, M. (2015). Climatic variability in the northern sector of the American tropics since the latest MIS 3. *Elsevier, Quaternary Research*, 84, 262-271.
- Martínez, Y.A. y Sarukhan, J. (1993). Cambios estacionales del mantillo en el suelo de un bosque tropical caducifolio y uno subcaducifolio en Chamela, Jalisco, México. *Acta Botánica Mexicana*, 21, 1-6
- Mazzotti, F.J., Fling, H.E., Merediz, G., Lazcano, M., Lasch, C. y Barnes, T. (2005). Conceptual Ecological Model of the Sian Ka'an Biosphere Reserve, Quintana Roo, México. *The Society of Wetland Scientists*, 25(4), 980-997.

McDonald, H.G., Chatters, J.C. y Gaudin, T.J. (2017). A new genus of megalonychid ground sloth (Mammalia, Xenarthra) from the late Pleistocene of Quintana Roo, México. *Journal of Vertebrate Paleontology*, e1307206.

Messing, H. J. (1986). A late Pleistocene-Holocene fauna from Chihuahua, México. *The Southwestern Naturalist*, 31, 277–288.

Metcalfe, S.E. (2006). Late quaternary environments of the northern deserts and central transvolcanic belt of México. *Ann. Missouri Bot. Gard*, 93(2), 258–273.

Mirambell, L.E. (Coord.). (2012). *Rancho “La Amapola”, Cedral. Un sitio arqueológico-paleontológico pleistocénico-holocénico con restos de actividad humana*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Navarro, D. y Johnson, J.G. (1992). *Diversidad biológica en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka’an, Quintana Roo, México*. (1a ed.). Chetumal: Centro de Investigaciones de Quintana Roo, 471 p.

Nieto, M. y Rodríguez, J. (2003). Inferencia paleoecológica en mamíferos cenozoicos: limitaciones metodológicas. *Coloquios de Paleontología*, 1, 459-474.

Nieto-Lugilde, D., López-Sáez, J.A., Alba-Sánchez, F. (2018). Estudiando los determinantes de la composición de comunidades y sus dinámicas en el pasado incorporando información filogenética y funcional al registro fósil. *Ecosistemas* 27(1), 52-61.

Noguera, A.F., Vega. R.J., García. A.A y Quesada. A.M. (2002). *Historia Natural de Chamela*. (1a ed.). México: Instituto de Biología UNAM.

Nowak, R. M. (1979). North American Quaternary Canis. Monograph of the Museum of Natural History. *University of Kansas*, 6, 1–154.

Odum, E.P. (1971) *Fundamentals of Ecology*. (3aed.). Philadelphia: Saunders Company.

Olivera-Carrasco, M.T. (2012). Moluscos continentales de Cedral, un sitio del Pleistoceno final de México. En Mirambell, L.E. (Coord.). *Rancho “La Amapola”, Cedral. Un sitio arqueológico-paleontológico pleistocénico-holocénico con restos de actividad humana* (pp. 225-284). México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Ortega Guerrero, B., Caballero M.M., Lozano García, S. y De la O Villanueva, M. (1999). Palaeoenvironmental record of the last 70,000 yr in San Felipe Basin, Sonora desert, México: *Preliminary results*. *Geofis. Int*, 38, 1–11.

Ortega, B., Caballero, M., Lozano, S., Vilaclara, G. y Rodríguez, A. (2006). Rock magnetic and geochemical proxies for iron mineral diagenesis in a tropical lake: Lago Verde, Los Tuxtlas, East-Central Mexico. *Science Direct, Elsevier*, 250, 444-458.

Ortega, B., Vázquez, G. y Caballero, M. (2010). Late Pleistocene: Holocene record of environmental changes in Lake Zirahuén, Central México. *J Paleolimnol*, 44, 745–760.

Ortega-Rosas, C.I., Peñalba, M.C. y Guiot, J. (2016). The Lateglacial interstadial at the southeastern limit of the Sonoran Desert, México: vegetation and climate reconstruction based on pollen sequences from Ciénega San Marcial and comparison with the subrecent record. *Boreas*, 45, 773–789.

Pacheco, J., Ceballos, G. y List, R. (1999-2000). Los mamíferos de la región de Janos-Casas Grandes, Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 4, 69-83.

Pérez-Crespo, V.A., Rodríguez, J., Arroyo-Cabrales, J., Alva-Valdivia, L.M. (2013). Variación ambiental durante el pleistoceno tardío y holoceno temprano en Guilá Naquitz (Oaxaca, México). *Revista Brasileira de Paleontología.*, 16(3), 487-494.

Pérez-Crespo, V.A., Alva-Valdivia, L.M., Arroyo-Cabrales, J., Morales-Puente, P., Cienfuegos-Alvarado, E. y Otero, F.J. (2014). *Marcadores Biogeoquímicos de $\delta^{13}C$ y $\delta^{18}O$: Inferencias sobre dieta y hábitat de mamíferos que habitaron en el Pleistoceno tardío de México*. México: Monografías, Instituto de geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México.

Pérez-Crespo, V.A., Arroyo-Cabrales, J., Alva-Valdivia, L.M., Morales-Puente, P., Cienfuegos-Alvarado, E. y Otero, F.J. (2016). Inferences of feeding habits of Late Pleistocene Equus sp. From eight Mexican localities. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen*, 107-121.

Pérez-Crespo, V.A., Arroyo-Cabrales, J., Morales-Puente, P., Cienfuegos-Alvarado, E. y Otero, F.J. (2018). Diet and habitat of mesomammals and megamammals from Cedral, San Luis Potosí, México. *Geological Magazine*, 155:674-684.

Peter, A. (1990). Small mammal taphonomy. En Lindsay, E.H., et al. (Eds.). *European Neogene Mammal Chronology* (pp. 487-495). New York: Plenum Press.

Piña, E. y Trejo, I. (2014). Densidad poblacional y caracterización de hábitat del venado cola blanca en un bosque templado de Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 30(1), 114-134.

Piperno, D.R. (2006). Quaternary environmental history and agricultural impact on vegetation in central America. *Missouri Botanical Garden*, 93(2), 274-296.

Polaco-Ramos, O. J. (1981). Restos fósiles de *Glossotherium* y *Eremotherium* (Edentata) en México. Anais II Congreso Latinoamericano de Paleontología, Porto Alegre, Brasil, 2, 819–833.

Polaco, J.O. y Butrón M.L. (1997). Mamíferos pleistocénicos de la cueva La Presita, San Luis Potosí. México. En Arroyo-Cabrales, J. y Polaco, J.O. (Coords.). *Homenaje al Profesor Ticul Álvarez* (pp. 279-296). México: Colección Científica, Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Pozo de la Tijera, C. y Escobedo-Cabrera, J.E. (1999). Mamíferos terrestres de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical*, 47(1-2), 251-262.

Ramírez-Pulido, J., Arroyo-Cabrales, J y Castro-Campillo, A. (2005). Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana*, 21, 21-82.

Reddell, J. R. (1981). A Review of the cavernicole fauna of Mexico, Guatemala and Belize. Bulletin of the Texas Memorial Museum. The university of Texas at Austin.

Rhode, D. (2002). Early Holocene juniper woodland and chaparral taxa in the Central Baja California peninsula, México. *Quatern. Res.*, 57, 102–108.

Roy, P. D., Caballero, M., Lozano, R. y Morton, O. (2009). Late Pleistocene–Holocene geochemical history inferred from Lake Tecocomulco sediments, Basin of México, México. *Geochemical Journal*, 43, 49-64.

Rzedowski, J. (1983). Vegetación de México. México: Editorial Limusa. 432 pp.

Sánchez-Martínez, F. y Alvarado, J.L. (2012). Las aves fósiles. En Mirambell, L.E. (Coord.). *Rancho “La Amapola”, Cedral. Un sitio arqueológico-paleontológico pleistocénico-holocénico con restos de actividad humana* (pp. 207-224). México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Schubert, B. W. y Mead, J.I. (2012). Paleontology of caves. En White, W.B. y Culver, D.C. (Coords.), *Encyclopedia of Caves* (pp. 590-598). Elsevier.

Simmons, I.G. (1979). Biogeography. Natural and Cultural. Londres: Edward Arnold Publishers Ltd.

Simms, J. M., (1994). Emplacement and preservation of vertebrates in caves and fissures. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 112, 261-283.

Simon, K.S. (2012). Cave ecosystems. En White, W.B. and Culver, D.C. (Coords), *Encyclopedia of caves* (pp.99-102). Elsevier.

Smith, R.L. y Smith, T.M. (2001). *Ecología*. Boston, Addison-Wesley.

Soler-Arechalde, A. M., Goguitchaichvill, A., Carrancho, A., Sedov, S., Caballero-Miranda, C.I., Ortega, B., Solis, B., Morelos Contreras, J.J., Urrutla-Fucugauchi, J. y Bautista, F. (2015). A detailed paleo magnetic and rock-magnetic investigation of the Matuyama-Brunhes geomagnetic reversal recorded in the tephra-paleosol sequence of Tlaxcala (Central Mexico). *Frontiers in Earth Science*, 3(11), 1-13.

Springer, G.S. (2012). Clastic sediments in caves. En White, W.B. and Culver, D.C. (Coords), *Encyclopedia of caves* (pp.134-140). Elsevier.

Stevens, R.E., Metcalfe, S.E., Leng, M.J., Lamb, A.L., Sloane, H.J., Naranjo, E., González, S. (2012). Reconstruction of late Pleistocene climate in the Valsequillo Basin (Central Mexico) through isotopic analysis of terrestrial and freshwater snails. *Elsevier, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 16/27, 319-320.

Stinnesbeck, S.R., Frey, E., Aviles, O.J., Stinnesbeck, W., Zell, P., Mallison, H., Gonzalez-Gonzalez, A., Aceves, N.E., Velazquez, M.A., Terrazas, M.A., Benavente, S.M., Hering, F. y Rojas, S.C. (2017). Xibalbaonyx oviceps, a new megalonychid ground sloth (Folivora, Xenarthra) from the Late Pleistocene of the Yucatán Peninsula, México, and its paleobiogeographic significance. *Palaöntologische Gesellschaft*, 91, 245–271.

Straka, H. y Ohngemanc, D. (1989). Late Quaternary vegetation history of the Mexican highland. *P1. Syst. Evol*, 162, 115-132.

Torres Martínez, J. C. (1995). Fauna local Mina de San Antonio, pleistoceno tardío de San Luis Potosí, y su significación geológico-paleontológico. Tesis profesional, Universidad Autónoma de Morelos. 134 pp.

Van Devender, T. R. (1990). Late Quaternary vegetation and climate of the Chihuahuan Desert, United States and Mexico. En J. L. Betancourt, T. R. Van Devender & P. S. Martin (editors), *Packrat Middens: The Last 40,000 Years of Biotic Change* (Pp. 104–133). Univ. Arizona Press, Tucson.

Vazquez-Selem, L. (1997). Late Quaternary Glaciations of Táyotl Volcano, central Mexico. *Quaternary International. Elsevier Science*, 43/44, 67-73.

Velázquez, R. (1980). Recent discoveries in the caves of Loltún, Yucatán, México. *Mexicon*, 2, 53–55.

Walter, H. (1970). *Vegetations zonen und Klima*, 245 pp. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer.

White, W.B. y Culver, D.C. (2012). Cave, definition of. En White, W.B. y Culver, D.C. (Coords.), *Encyclopedia of caves* (pp.103-107). Elsevier.

11.- Anexos

Anexo 1. Se indica los valores de CRI (índice de restricción climática) y BCi (componente bioclimático) de las especies fósiles halladas en la Cueva la Presita.

ESPECIE	I	II	II/III	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
<i>Mormoops megalophylla</i>	0.500	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<i>Macrotus californicus</i>	0.000	0.000	0.333	0.333	0.333	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<i>Leptonycteris curasoae</i>	0.000	0.500	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<i>Desmondus stocki</i>	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.000	0.000	0.000	0.000
<i>Myotis sp.</i>	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.000
<i>Canis latrans</i>	0.000	0.143	0.143	0.143	0.143	0.000	0.143	0.143	0.143	0.000
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.000	0.000
<i>Spilogale putorius</i>	0.000	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.000	0.000
<i>Mustela sp.</i>	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
<i>Bassariscus ticuli</i>	0.143	0.143	0.000	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.000	0.000
<i>Cynomys sp.</i>	0.000	0.000	0.000	0.250	0.250	0.000	0.250	0.250	0.000	0.000
<i>Spermophilus spilosoma</i>	0.000	0.000	0.000	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.000	0.000
<i>Dipodomys sp.</i>	0.000	0.000	0.000	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.000	0.000
<i>Perognathus flavus</i>	0.143	0.143	0.000	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.000	0.000
<i>Perognathus sp.</i>	0.143	0.143	0.000	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.000	0.000
<i>Neotoma albigula</i>	0.000	0.000	0.250	0.250	0.000	0.000	0.250	0.250	0.000	0.000
<i>Neotoma sp.</i>	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.000
<i>Peromyscus difficilis</i>	0.000	0.333	0.000	0.333	0.000	0.333	0.000	0.000	0.000	0.000
<i>P. eremicus</i>	0.000	0.000	0.500	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<i>P. maniculatus</i>	0.000	0.000	0.167	0.167	0.167	0.000	0.167	0.167	0.167	0.000
<i>P. pectoralis</i>	0.000	0.200	0.000	0.200	0.000	0.200	0.200	0.200	0.000	0.000
<i>Sigmodon hispidus</i>	0.200	0.200	0.200	0.200	0.000	0.200	0.000	0.000	0.000	0.000
<i>Erethizon dorsatum</i>	0.000	0.000	0.200	0.200	0.000	0.000	0.200	0.200	0.200	0.000
<i>Lepus californicus</i>	0.000	0.000	0.250	0.250	0.250	0.000	0.000	0.250	0.000	0.000
<i>Sylvilagus audoboni</i>	0.000	0.000	0.250	0.250	0.250	0.000	0.000	0.250	0.000	0.000
<i>S. brasiliensis</i>	0.333	0.333	0.333	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<i>S. floridanus</i>	0.000	0.200	0.200	0.000	0.000	0.200	0.200	0.200	0.000	0.000
<i>Sylvilagus sp.</i>	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.000	0.000
Sumatorio de CRI										
ΣCRIi	2.201	3.720	4.208	4.787	3.104	2.644	2.954	3.454	0.832	0.100
Espectro bioclimático										
BCi =(ΣCRIi)*100/s	7.861	13.286	15.029	17.096	11.086	9.443	10.550	12.336	2.971	0.357

Anexo 2. Se indican los valores de los componentes bioclimáticos de la fauna de cada localidad utilizada en el modelo de validación.

NOMBRE	I	II	II-III	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
SIAN KA'AN	45.2133333	26.5733333	10.6209524	3.32000000	1.79714286	6.58666667	2.92000000	2.20571429	0.31714286	0
LOS TUXTLAS	42.6859649	30.9307018	9.66754386	2.35263158	0.95000000	12.0815789	2.13421053	1.47631579	0.29210526	0
CHAMELA	13.3666667	42.2166667	10.8441176	9.20098039	2.58529412	14.5950980	3.00588235	3.00588235	0.74705882	0
CERRO DE LA TUZA	24.4960784	35.2088235	9.47352941	6.35784314	1.85000000	15.1833333	3.00588235	2.27058824	0.74705882	0
JANOS-CASAS GRANDES	2.86494253	9.69597701	15.5637931	28.2781609	8.62471264	9.19885057	7.09022989	14.3022989	3.93965517	0.19137931
4 CIENEGAS	3.30320513	8.84038462	12.3403846	31.5205128	8.47756410	12.7070513	7.31025641	11.6044872	3.41153846	0.21346154
NOGOROCHI	4.41527778	20.9777778	11.6055556	24.8958333	4.41666667	18.6486111	4.66527778	8.48333333	1.29166667	0
YAVESIA	21.5489362	26.4808511	10.8801418	8.73404255	3.23829787	20.3297872	4.32269504	3.6141844	0.54042553	0

Anexo 3. Valores de las componentes bioclimáticas de la fauna de mamíferos de 50 localidades de todo el mundo excepto Australia, utilizadas en el modelo de validación. Fuente: Hernández-Fernández (2001).

NOMBRE	I	II	II-III	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Barrow	0	1.209	1.209	1.89	3.794	2.162	10.540	7.366	31.969	39.86
Port Harrison	0	0.794	0.794	1.814	4.671	3.243	15.385	13.005	22.528	37.766
Malye-Karmaerly	0	1.587	1.587	3.628	3.628	3.628	3.628	3.628	25.057	53.628
Mys Chelyuskin	0	1.235	1.235	1.235	1.235	1.235	4.938	1.235	32.716	54.938
Mys Schmidta	0	0.694	0.694	0.694	1.944	0.694	7.674	3.507	42.049	42.049
Fairbanks	0	0.705	2.584	2.055	4.416	3.463	22.101	9.601	45.712	9.363
Fort Smith	0.619	1.239	4.050	3.585	5.310	4.619	23.016	12.853	38.521	6.189
Kajaani	0.794	1.141	0.694	1.141	6.848	2.994	24.816	8.41	43.566	9.596
Serov	0.564	0.811	0.494	0.811	7.092	2.684	25.24	10.24	45.240	6.824
Erbogachen	0.876	1.259	0.766	0.766	4.822	2.121	12.293	7.121	55.397	14.579
Rapid City	0.933	2.872	7.537	8.048	9.358	6.364	19.221	33.727	10.019	1.921
Santa Cruz	0.694	2.986	14.132	6.944	9.444	11.007	17.049	37.049	0.694	0
Fort Schevchenko	1.875	2.479	1.686	5.654	13.891	2.026	7.462	61.43	2.417	1.081
Urumchi	0.958	1.341	1.341	3.065	9.904	2.031	9.042	64.789	5.594	1.935
Paotou	0.253	0.83	0.83	2.67	6.798	1.609	7.177	75.738	3.065	1.032
Prince Rupert	0.358	0.717	3.973	2.898	5.801	3.92	29.027	13.973	33.866	5.466
Cleveland	1.758	4.233	4.704	4.19	5.771	10.671	33.423	14.09	18.587	2.575
Evangelistas	0.505	3.99	11.869	8.005	9.899	11.944	33.838	19.444	0.505	0
Vlissingen	1.203	1.972	1.539	1.972	17.102	3.769	41.092	9.093	18.509	3.749
Tsingtao	5.949	7.596	3.98	1.881	7.384	14.421	36.952	15.497	5.4	0.941
New Orleans	4.889	8.594	7.053	5.169	4.945	36.689	17.718	10.12	4.402	0.42
Puerto Montt	0.617	4.228	6.728	3.858	17.191	47.932	13.025	5.802	0.617	0
Corrientes	15.043	36.795	17.137	0.513	1.154	26.111	1.368	1.88	0	0
Foochow	14.582	22.167	5.546	1.458	2.712	38.097	11.334	1.842	2.048	0.214
Kagoshima	5.212	4.471	2.328	1.693	3.669	36.614	35.614	3.193	5.693	1.513
Fresno	1.246	4.329	9.568	10.447	33.139	4.677	13.756	13.695	7.922	1.221
Santiago de Chile	0.483	3.164	12.15	9.686	42.585	13.092	11.28	7.077	0.483	0
Sanlucar de Barrameda	2.91	5.423	3.836	3.836	43.899	4.622	21.122	7.034	5.804	1.513
Aleppo	2.101	4.73	4.39	8.358	43.125	4.594	15.229	12.445	3.947	1.081
Esfahan	0.726	2.594	4.261	12.764	46.526	3.002	9.907	15.07	3.853	1.297
Phoenix	2.786	7.812	20.38	29.759	8.956	4.138	7.06	14.693	4.199	0.218
Arica	2.222	2.222	23.889	30.556	20.556	8.889	2.222	7.222	2.222	0
Asswan	3.187	8.159	12.159	42.063	19.063	6.13	3.73	2.921	2.016	0.571
Mascate	2.48	7.237	9.32	36.255	23.755	6.567	4.067	6.448	2.282	1.587
Lüderitz Bay	2.867	10.422	21.88	41.255	15.561	7.123	0.595	0.298	0	0
Las Piedras	28.489	31.405	27.239	1.058	0.463	7.1	1.892	1.892	0.463	0
Catamarca	4.43	17.379	52.208	3.875	2.507	10.242	2.251	6.823	0.285	0
Zinder	4.635	26.137	41.248	11.492	7.092	8.825	0.381	0.19	0	0
Voi	6.957	36.386	30.271	10.136	6.588	9.316	0.23	0.115	0	0
Jaipur	10.642	27.764	35.554	12.091	5.699	4.539	2.112	1.599	0	0
Roque Saenz Peña	13.824	37.647	25.392	1.176	0.588	18.431	1.176	1.765	0	0
Ziguinchor	16.539	40.459	21.312	6.61	5.796	8.773	0.34	0.17	0	0
Moundou	10.533	39.607	24.503	6.878	6.753	11.19	0.357	0.179	0	0
Mtwara	10.226	47.386	18.302	6.169	5.686	11.802	0.286	0.143	0	0
Patna	10.465	41.179	29.274	7.149	4.512	4.632	1.973	0.816	0	0
Tumaco	59.362	23.648	10.722	0.518	0.227	4.26	0.518	0.518	0.227	0
Paramaribo	57.972	25.619	10.177	0.373	0.163	4.785	0.373	0.373	0.163	0
Kribi	77.617	13.683	3.232	1.196	1.36	2.795	0.117	0	0	0
Yangambi	69.979	17.698	4.467	1.602	1.953	4.175	0.125	0	0	0
Medan	72.307	18.543	3.246	0.154	0.64	3.31	1.339	0.307	0.154	0