



Mamuts de Tultepec, una historia escrita en dientes y huesos¹

Víctor Adrián Pérez-Crespo²
Susana Rodríguez-Franco³

Resumen. Este artículo examina los hábitos alimentarios de mamuts descubiertos en Tultepec, Estado de México, que vivieron hace más de 13 000 años. Mediante análisis de desgaste dental y estudios isotópicos de carbono en esmalte y colágeno óseo, se determinó que estos herbívoros mantuvieron una dieta mixta durante su vida, consumiendo tanto herbáceas como

hojas de árboles y arbustos. Los resultados desafían la percepción tradicional de los mamuts como consumidores especializados de pastos, revelando su flexibilidad alimentaria. El estudio también discute las posibles causas de su extinción, incluyendo cambios climáticos y la llegada de humanos a la región.

Palabras clave. Mamuts, paleobiología, desgaste dental, isótopos estables, pleistoceno

Hace más de 11 800 años, a fines del Pleistoceno, la Cuenca de México —región que abarca la Ciudad de México y partes del Estado de México e Hidalgo— estaba cubierta de pastizales, localizados en los valles y cerca de los cuerpos lacustres de la zona, mientras que los bosques cubrían las regiones montañosas. En la Cuenca habitaba una multitud de herbívoros, tales como caballos del Pleistoceno, camellos, bisontes y perezosos terrestres, los cuales eran presas de los leones del Pleistoceno, los lobos terribles y los felinos dientes de sable, entre otros. Sin

1 Proyecto PAPIIT IN101321: “Paleobiología de los Mamuts de Santa Lucía y Tultepec: una aproximación geoquímica”

2 Instituto de Geología. vapc79@gmail.com

3 Posgrado en Ciencias Biológicas.



embargo, un animal que destaca por su tamaño es el mamut (fig. 1); este gran herbívoro, pariente de los elefantes actuales, cuyos restos se han encontrado en casi todo el país, es, quizás, la especie más icónica del Pleistoceno.

Figura 1. Replica de mamut exhibida en el Museo Quinametzin



Fuente: fotografía de los autores.

Los mamuts fueron mamíferos herbívoros y, por lo tanto, consumían una gran variedad de plantas. No obstante, cabe señalar que algunos herbívoros se alimentan solo de pastos o herbáceas; otros, de hojas de árboles; algunos más, de los frutos, y, por último, están los que consumen diversos tipos de plantas. En algunos casos, pueden modificar su alimentación, dependiendo de la edad o la época del año, en respuesta a los cambios en las condiciones ambientales. Por ejemplo, es posible que en etapas infantiles consuman hojas y, en la adultez, pastos, o que en épocas de seca estos sean su alimento principal y en temporada de lluvias prefieran comer hojas, frutos y ramitas.

Existen diversas formas de estudiar dichos patrones en mamíferos herbívoros actuales, como analizar las heces o la observación directa, pero esto no es posible en aquellos animales que se extinguieron hace miles de años, ya que solo

se conservan sus restos óseos. Aun así, hay métodos para identificar con mayor precisión sus hábitos alimentarios y determinar si estos se mantenían constantes a lo largo de su vida o si variaban.

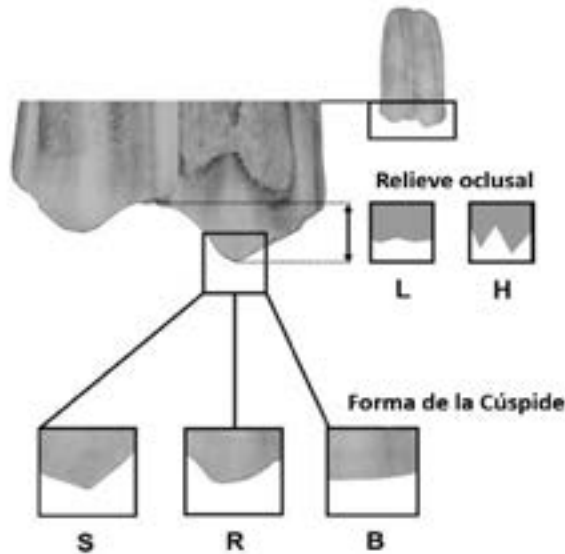
Marcas de la comida

Los dientes están formados por cemento, dentina y esmalte dental; este último es una estructura muy sólida y resistente, aunque los alimentos que consumen los herbívoros pueden dejar marcas en él durante la masticación. Esto se debe a que los tejidos de las plantas tienen diferentes grados de dureza según la especie y la parte consumida, como hojas, tallos, frutos o ramas. Por ejemplo, algunas herbáceas contienen partículas de sílice llamadas fitolitos, las cuales, al ser masticadas, tienden a desgastar (abrasión) en mayor grado los molares, dejando múltiples rayones en la superficie oclusal. En contraste, las ramas de árbol tienen elementos duros leñosos que, al contrario de las plantas herbáceas, no provocan un desgaste tan importante (atrición), sino que dejan marcas más profundas en forma de picaduras.

Así, según el nivel de desgaste y las marcas provocadas al masticar, es posible identificar el tipo de dieta de un animal. El desgaste dental puede clasificarse en dos niveles: macroscópico y microscópico. El primero, conocido como mesodesgaste, se refiere al desgaste general del diente desde que emerge hasta que se cae o el animal muere y se basa en la forma de las cúspides, que tienden a volverse redondeadas o puntiagudas (fig. 2).

El mesodesgaste puede producirse por abrasión o atrición. La primera es el resultado de consumir alimentos abrasivos, como los pastos, los cuales ocasionan un mayor desgaste en la superficie dental y dan lugar a que las cúspides sean bajas y romas. En cambio, la atrición se genera por el contacto entre los dientes y no por el alimento consumido, lo que hace que las cúspides sean altas y puntiagudas (fig. 2). Este tipo de desgaste se asocia con la ingesta de hojas de árboles, arbustos y frutos.

Figura 2. Forma de las cúspides y relieve oclusal debido a distintos tipos de alimentos



Nota: H: relieve oclusal alto; L: relieve oclusal bajo; B: plano; R: redondo; S: afilado.
Fuente: Modificado de Schulz *et al.*

De esa forma, si predomina la abrasión o la atrición pueden distinguirse cuatro tipos de dieta: pacedores, si solo consumen herbáceas como los pastos; herbívoros de dieta mixta con dominio pacedor, si se alimentan de hojas de árboles, frutos y arbustos, pero consumen mayormente herbáceas; dieta mixta con dominio ramoneador, si ingieren herbáceas, pero en su dieta predominan las hojas de árboles, arbustos y frutos, y, finalmente, ramoneadores, si solo se alimentan de hojas de árboles, arbustos y frutos.

En el caso de los mamuts —a diferencia de otros animales como los caballos o los camellos, en los que se observan las cúspides—, el estudio de mesodesgaste se realiza con un medidor de contornos o ángulos digital, el cual se coloca en la superficie oclusal para medir el ángulo que forma dicho instrumento al estar en contacto con el molar (fig. 3). Los ángulos obtenidos aportan información sobre la dieta: valores mayores de 130° indican una alimentación estricta de plantas C_4 (herbáceas), lo que señala que son pacedores; de 130° a 124° , son también pacedores, pero con una mínima ingesta arbustos; animales especializados en consumir plantas C_3 (hojas, arbustos, frutos), es decir, ramoneadores, tienen ángulos

menores de 106° ; los ramoneadores, pero con un consumo mínimo de herbáceas, muestran ángulos de 113° a 106° , y aquellos que consumen ambos tipos de plantas presentan ángulos de 124° a 113° .

Figura 3. Medidor de contornos

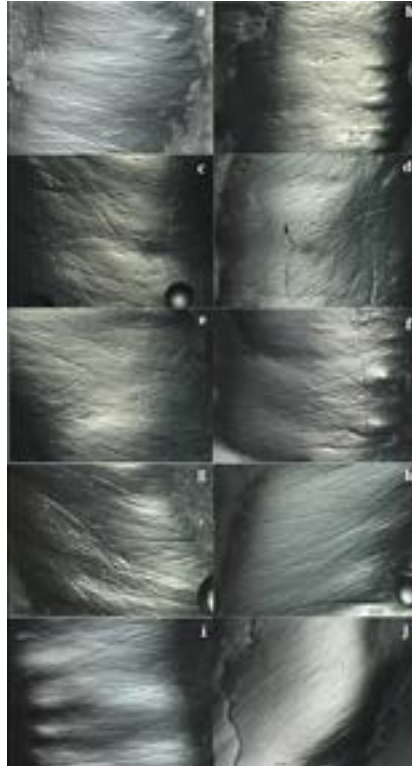


Fuente: fotografía de los autores.

En cuanto al desgaste microscópico, llamado microdesgaste, se produce por el alimento al ser masticado, el cual deja marcas en el esmalte dental. Se diferencia del mesodesgaste porque aporta información acerca de lo que consumió un animal días, horas e, inclusive, minutos antes de morir. Las marcas que deja el alimento en el esmalte son fosas de diferentes tamaños (picaduras), rayones y gubias (fosas con contornos irregulares, dos o tres veces más largas que una fosa grande).

En el caso de los pacedores, estos tendrán una mayor cantidad de rayones en comparación con los ramoneadores, los cuales presentan una mayor cantidad de fosas. En contraste, los animales con dieta mixta tendrán un número intermedio entre fosas y rayones (fig. 4). Un aspecto importante es que, para observar este tipo de desgaste, es necesario usar un microscopio, ya sea estereoscópico o electrónico, a diferencia del mesodesgaste, que puede evaluarse a simple vista.

Figura 4. Microfotografías ($\times 35$ de magnificación)
de la superficie oclusal de los especímenes de *M. columbi* de Tultepec



Nota: a: 55; b: 470; c: 486; d: 489; e: 764; f: 771; g: 1024; h: 1025; i: 1042, y j: 1368.
Fuente: elaboración propia.

Composición química del hueso

Existen en la naturaleza diversos elementos químicos, constituidos por electrones, neutrones y protones, donde los primeros giran alrededor de los otros, que forman un núcleo. Cada elemento posee un número determinado de electrones, neutrones y protones; sin embargo, el número de neutrones puede variar, mientras que el de los protones y los electrones es constante. A estos se les llaman isótopos y pueden clasificarse en tres tipos: radiogénicos, cosmogénicos y estables.

Los radiogénicos, después de un tiempo llamado vida media, se transforman en otro elemento químico; los cosmogénicos se originan en las capas altas de la atmósfera y son producto de las reacciones de algunos elementos bajo el efecto de los rayos cósmicos, y, finalmente, los estables no se transforman en ningún elemento.

Estos últimos tienen una característica: en la naturaleza, la proporción total del isótopo más pesado es menor al del más ligero; por ejemplo, en la naturaleza existe 1% del ^{13}C y 99% del ^{12}C . Además, muchos de ellos son elementos que forman parte de los seres vivos, como el carbono, el oxígeno y el nitrógeno; esto permite que los isótopos estables puedan cuantificarse al analizar tejidos o estructuras biológicas y dar información, dependiendo del isótopo estudiado, acerca de la dieta, la fisiología y el hábitat de una especie.

Por ejemplo, las relaciones isotópicas de carbono, que sirven para identificar la dieta de herbívoros extintos, se basan en las diferencias entre los dos principales tipos de fotosíntesis presentes en las plantas: vía C_3 o Calvin-Benson y C_4 o Hatch-Slack. La primera vía fotosintética se encuentra en árboles y arbustos, así como algunos pastos de zonas frías; la segunda es propia de herbáceas y de ciertos árboles y arbustos de zonas cálidas. Ambos tipos de fotosíntesis tienen valores isotópicos de carbono que permiten distinguirlos: las plantas C_3 presentan valores que van de -23‰ a -35‰, mientras que las plantas C_4 van de -12‰ a -16‰.

Cuando los herbívoros consumen las plantas, el carbono de estas se incorpora a los tejidos vivos, los cuales reflejan la vía fotosintética de la planta consumida. No obstante, debido a las reacciones metabólicas, los valores isotópicos de carbono pueden incrementarse con respecto al alimento ingerido. Por ejemplo, en el caso del colágeno del hueso, los valores isotópicos de carbono son entre 5‰ y 8‰ más altos que los de las plantas consumidas, mientras que, en el caso del esmalte dental, estos dependen, además, del peso de cada especie, por lo que los valores medidos en esta estructura son diferentes entre cada herbívoro.

Además, en el caso del esmalte dental, la información que aporta sobre la dieta de un mamífero depende de cada pieza, ya que los dientes se forman y emergen en diferentes lapsos y, una vez que aparecen, ya no existe incorporación de carbono en su dieta; es decir, los dientes reflejan la vía fotosintética de las plantas consumidas durante su proceso de formación.

En contraste, el colágeno del hueso se “forma” de manera constante y, por tanto, recibe carbono de los alimentos ingeridos a lo largo de su vida. Así, la

información de esta estructura biológica refleja los hábitos alimentarios de un animal en los años previos a su muerte.

Mamuts de Tultepec, ¿qué comían?

Entre 2016 y 2019, en el municipio de Tultepec, fueron hallados restos de al menos catorce mamuts que vivieron hace más de 13 000 años. Con el fin de identificar sus hábitos alimentarios, se realizaron análisis de desgaste dental a nivel macro, micro y de isótopos de estables de carbono en el esmalte dental, así como en el colágeno del hueso. En algunos casos, estos animales contaban con molares izquierdos y derechos en la misma mandíbula, por lo que se decidió estudiar el desgaste dental en ambos molares (fig. 5). Es importante señalar que los mamuts, así como los elefantes, carecen de caninos, premolares y algunos incisivos, y cuentan solo con molares y dos pares de incisivos denominados defensas, comúnmente conocidos como colmillos.

Figura 5. Mandíbula de uno de los mamuts de Tultepec



Fuente: fotografía de los autores.

Los molares tienen una particularidad: a diferencia de otros herbívoros, en los cuales surgen de abajo hacia arriba, en los mamuts y en los elefantes estos se forman desde la parte trasera de las mandíbulas. Primero emerge la parte anterior del molar, que se forma de manera progresiva y avanza hacia el frente; en cuanto surge, empieza a ser usado y, por lo tanto, comienza a desgastarse. Cuando esta pieza dental está presente, inicia la formación de una nueva, la cual emerge y empuja a la primera hasta que esta se cae y toma su lugar. Este proceso se repite seis veces, por lo que mamuts y elefantes tienen seis pares de molares durante toda su vida, mientras que en el caso de las defensas solo cuentan con dos: una aparece el momento de nacer y dura hasta el primer año de vida, y la otra sustituye a la anterior y permanece el resto de la existencia del animal.

Dado que algunos mamuts de Tultepec tenían en el mismo lado de la mandíbula dos piezas dentales, se realizaron análisis isotópicos en ambas con el propósito de observar cómo variaba su dieta en dos diferentes lapsos de vida (fig. 4). Sin embargo, debido al nivel de desgaste de las piezas dentales, que estaban a punto de caer, no se pudo realizar estudios de desgaste en ambas piezas, por lo que solo se efectuaron en una.

Los resultados obtenidos por el desgaste dental a nivel micro indicaron que la mayor parte de estos mamuts tenían una dieta mixta y solo uno era ramoneador (fig. 4). En contraste, el análisis isotópico de carbono realizado en el esmalte dental de este individuo indicaba que fue de dieta mixta; este tipo de dieta fue lo que se observó también en los resultados de los análisis isotópicos de carbono del esmalte y del colágeno de los demás ejemplares (cuadro 1).

No obstante, los análisis del mesodegaste de los molares derechos e izquierdos mostraron que algunos individuos mantuvieron su dieta mixta, otros se alimentaban de plantas C_4 y, en algunos, los molares derechos indicaban que consumían plantas C_3 , pero los izquierdos, plantas C_4 ; en unos más, los izquierdos indicaban que fueron animales de dieta mixta, pero su molar derecho indicaba que quizás incluían más plantas C_3 en su dieta (cuadro 1).

Cuadro 1. Resumen de la dieta de los ejemplares de Tultepec

Espécimen	$\delta^{13}\text{C}_{\text{molar1}}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{molar2}}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{colagénico}}$	Microdesgaste	Mesodesgaste molar izquierdo	Mesodesgaste molar derecho
55	Dieta mixta	-----	Dieta mixta	Dieta mixta	Principalmente C_4	Principalmente C_4
470	Dieta mixta	-----	-----	Dieta mixta	Límite entre dieta mixta y C_3	Principalmente C_3
486	Dieta mixta	-----	Dieta mixta	Dieta mixta	Principalmente C_3	Principalmente C_3
764	Dieta mixta	-----	Dieta mixta	Dieta mixta	Dieta mixta	Dieta mixta
771	Dieta mixta	-----	Dieta mixta	Dieta mixta	Dieta mixta	Dieta mixta
1024	Dieta mixta	Dieta mixta	Dieta mixta	Dieta mixta	Dieta mixta	Dieta mixta
1025	Dieta mixta	Dieta mixta	Dieta mixta	Dieta mixta	Principalmente C_3	Principalmente C_4
1042	Dieta mixta	-----	-----	Dieta mixta	Dieta mixta	Dieta mixta
1368	Dieta mixta	Dieta mixta	-----	Dieta mixta	Principalmente C_4	Principalmente C_4
1489	Dieta mixta	Dieta mixta	Dieta mixta	Dieta mixta	Dieta mixta	Dieta mixta
10-654,467 4/154 Tultepec I	Dieta mixta	Dieta mixta	-----	Ramoneador	Dieta mixta	Límite entre dieta mixta y C_3

Fuente: Rodríguez-Franco et al. 2025.

Lo anterior puede llevar a pensar que estos mamuts comían un tipo de planta en un lado de la mandíbula y otra distinta en el lado opuesto, lo que es absurdo. Sin embargo, un análisis detallado de estos molares mostró la presencia de anomalías, como deformaciones o capas de esmalte más gruesas que lo habitual. Por ello, se propuso que dichas anomalías eran las causantes de los resultados atípicos observados en el mesodesgaste, aunque se requieren más estudios para comprobarlo.

A pesar de esto, los resultados obtenidos con los otros individuos indican que la mayor parte de los mamuts de Tultepec mantuvieron su dieta durante toda su vida y no la modificaron; solo un ejemplar pasó de una dieta mixta a ser ramoneador al final de su vida. Esto muestra que, en lugar de ser herbívoros especializados en el consumo pastos, como tradicionalmente se piensa, estos ani-

males fueron capaces de alimentarse tanto de herbáceas como de hojas de árboles y, quizás, de frutos y ramas, y mantener este tipo de dieta durante toda su vida.

Ahora bien, si los mamuts eran muy flexibles en sus hábitos alimentarios, ¿qué fue lo que provocó su extinción? A fines del Pleistoceno el clima estaba cambiando y esto incidió en las comunidades vegetales, lo que provocó que algunas plantas desaparecieran, otras se movieran a sitios más aptos para su supervivencia y algunas permanecieran, situación que repercutió en los herbívoros. No obstante, si todos los mamuts tenían las mismas preferencias que los de Tultepec, esto no debía ser un problema para ellos.

Hay otro factor que puede explicar su extinción y la de otros animales, como los caballos o los camellos. Al mismo tiempo que los mamuts de Tultepec caminaban por la Cuenca de México, hizo su aparición una nueva especie: los seres humanos. Se ha propuesto que, quizás, los primeros humanos, al empezar al desplazarse por la Tierra, cazaban a estos animales y a otros, llevándolos a la extinción. Si fue así, es una lástima que nuestros ancestros nos hallan quitado la oportunidad de contemplar a estos magníficos seres y esperemos que nosotros no le quitemos la oportunidad a nuestros nietos de observar otros animales que, por nuestras acciones, hoy se encuentran en peligro de extinción.

Referencias

- Arroyo-Cabral, Joaquín, Oscar J. Polaco, Cesar Laurito, Eileen Johnson, María Teresa Alberdi y Ana Luisa Valerio Zamora. "The proboscideans (Mammalia) from Mesoamerica". *Quaternary International* 169 (2007): 17-23.
- Dawson, Todd E., Stefania Mambelli, Agneta H. Plamboeck, Pamela H. Templer y Kevin P. Tu. "Stable isotopes in plant ecology". *Annual Review Ecology and Systematic* 33: 507-59.
- Kardong, Kenneth V. *Vertebrados. Anatomía comparada, función, evolución*. McGraw-Hill Interamericana, 1999.
- Koch, Paul L. "Isotopic reconstruction of past continental environment". *Annual Review Earth Planetary Science* 26(1998): 573-613.
- Rivals, Florent, Gina Semperebon y Adrian Lister. "An examination of dietary diversity patterns in Pleistocene proboscideans (*Mammuthus*, *Palaeoloxodon*, and *Mammot*) from Europe and North America as revealed by dental microwear". *Quaternary International* 255(2012): 188-95.

- Rodríguez-Franco, Susan, Víctor Adrián Pérez-Crespo y Florent Rivals. “Biogeoquímica isotópica y desgaste dental en *Mammuthus columbi*: Un análisis multiproxy. Revisión para la reconstrucción paleodietética”. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 75(2023): A260423
- Rodríguez-Franco, Susana, Víctor Adrián Pérez-Crespo, Christina I. Barrón-Ortiz, Luis Córdoba-Barradas, Joaquín Arroyo-Cabrales, Florent Rivals, Edith Cienfuegos-Alvarado, Francisco J. Otero, Alan U. Loredó-Jasso y Laura Eugenia Beramendi-Orosco. “Dietary reconstruction of *Mammuthus columbi* from Tultepec, Estado de México, México: a multiproxy approach”. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 666(2025): 112829.
- Saareninen, Juha, Aleksis Karne, Thure Cerling, Kevin Uno, Laura Säilä, Samuel Kasiki, Shadrack Ngene, Thadeus Obari, Emma Mbua, Fredrick Kyalo Manthi y Mikael Fortelius. “A new tooth wear-based dietary analysis method for Proboscidea (Mammalia)”. *Journal of Vertebrate Paleontology* 35(2015): e918546.
- Solounias, Nikos y Gina Semprebon. “Advances in the reconstruction of ungulate ecomorphology with application to early fossil equids”. *American Museum novitates* 3366(2002): 1-49.
- Schulz, Ellen, Julia M. Fahlke-Bonn, Gildas Merceron y Thomas M. Kaiser. “Feeding ecology of the Chalicotheriidae (Mammalia, Perissodactyla, Ancylopoda). Results from dental micro- and mesowear analyses”. *Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg* 43(2007): 5-31.
- Tejada-Lara, Julia V., Bruce J. MacFadden, Lizette Bermudez, Gianmarco Rojas, Rodolfo Salas-Gismondi y John J. Flynn. “Body mass predicts isotope enrichment in herbivorous mammals”. *Proceedings of Royal Society B* 285(2018): 20181020. <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.1020>