



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO



Facultad de Biología
Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas

“Patrón de microdesgaste dental derivado de información experimental y ambiental de roedores actuales: Implicación en poblaciones fósiles”

TESIS

Para Obtener el Grado de

Doctor en Ciencias Biológicas

Opción: Conservación y Manejo de Recursos Naturales

Presenta

M. en C. Raymundo Cervantes Barriga

Director: Dr. Alejandro Hiram Marín Leyva

Comité tutorial

Dr. Joaquín Arroyo Cabrales (Codirector). INAH

Dr. Javier Ponce Saavedra. Facultad de Biología-UMSNH

Dr. Tiberio Cesar Monterrubio Rico. Facultad de Biología-UMSNH

Dr. Florent Rivals. IPHES-CERCA

Morelia, Michoacán febrero de 2025

Dedicatoria

*Dedico con todo mi corazón esta investigación a **Asia**, quien es ahora el estandarte de todas mis luchas, solo puedo con estas palabras, porque de expresar mi sentir este documento sería eterno.*

*A **Ale** por apoyarme en este proceso tan importante en mi formación, motivarme cuando las emociones suben y bajan, canalizar mi energía y proteger a mi estandarte.*

*A mis padres **Rubén** y **Pabla**, y pues como no lo haría si en las noches de campo de este proyecto siempre los recordaba.*

*A mis hermas **Lupe**, **Yaritza** y **Jeny**, porque, aunque ya nos reunimos todos los días a cenar como cuando éramos niños, siempre están presentes.*

Agradecimientos

Agradezco a la **Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo**, a su **Facultad de Biología** y al **Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas**, por el esfuerzo que hacen por brindar espacios para nuestra formación en estudios de posgrado

A mi director de tesis **Alejandro Hiram Marín Leyva** por su amistad y por confiar nuevamente en mi para seguir aventurándome en el mundo de la investigación

Al **Dr. Javier Ponce Saavedra** a quien los estudiantes de posgrado que hemos trabajado paleontología en la UMSNH, le debemos el tiempo que nos ha compartido cuando ha confiado en nuestros proyectos y líneas de investigación

A mi Co-asesor el **Dr. Joaquín Arroyo Cabrales** quien siempre ha mostrado apoyo en nuestros estudios y en donde sus conocimientos han nutrido ya a una generación de paleontólogos de la UMSNH

Al **Dr. Cesar Tiberio Monterrubio Rico** quien con sus consejos profesionales contribuye a enriquecer nuestras líneas de investigación

Al **Dr. Florent Rivals** quien sin conocernos nos dio la oportunidad colaborar en el proyecto

A **Arturo, Sabrina, Robert, Oscar, Paulina, Mariana, Gaby, Carmina, Abigail, Aura, Isaac, Carolina** y **Ulises** por su apoyo incondicional en las labores de campo, sin duda el esfuerzo de cada uno fue valioso para gran parte de este trabajo

A la maestra **Cony** que desde el inicio de este proyecto nos brindó su apoyo en todo lo referente al proceso del tratamiento y curación de roedores de campo

Al **Dr. Rosalio** por abrirnos las puertas durante la fase de laboratorio en el bioterio a su cargo

A **María Lourdes** quien fue mi consejera cuando comencé con el trabajo de colecta de roedores en campo, pues mi experiencia era nula

A **Joel** por su aporte en las actividades de campo y también por su amistad la cual se tejió en campo

A **Leo** por su apoyo en campo, pero también por su amistad en campo, laboratorio y fuera de estos

A los estudiantes del laboratorio de Paleontología de la UMSNH **Evelyn, Lluvia, Arturo, Jannette, Luis, Gonzalo, Kai** y **Pedro**, ellos contribuyeron y lo sigue haciendo al proceso

de limpieza y separación de las piezas fósiles pequeñas, algunas de ellas estudiadas en este trabajo

A **Estudiantes de mastozoología** quienes apoyaron en el procesamiento y conservación de muestras de roedores

A **Axel** que contribuyó en el proceso de revisión de dieta de roedores actuales, también agradezco por permitir ser parte de su formación académica

A **Paola** que fue parte importante para el desarrollo del trabajo de bioterio

A **Max** que con mucha paciencia y tiempo nos explicó sobre el uso y trato de animales de bioterio

A la Maestra **Alejandra** y al maestro **Luis Roberto** directores de las escuelas primarias de La Cinta Y Misión del Valle respectivamente, por permitirnos quedar en estos espacios a su cargo mientras teníamos que hacer labores de campo

Al **Sr. Marciano** propietario del terreno que se muestreo en la cinta, desde el inicio confió en el trabajo que hacíamos en sus tierras

A **Richie** mi amigo, amante de la botánica, su apoyo y consejos sobre las plantas que colectamos en campo y que fueron importantes para terminar esta parte de mi trabajo

A **Chava** director general del Parque Ecológico La Plata quien apoyó sin dudarle el poder hacer muestreos en el bosque del recinto educativo a su cargo

A **Keko** por su amistad y consejos durante el tiempo que compartimos campamentos y consejos que me ayudaban durante mi proceso de doctorado

Al **Coordinación de la Investigación Científica, UMSNH** por financiar parte de este trabajo

A la **Maestra Margarita** que me apoyó con trampas cuando en pandemia se nos complicaba conseguir

A los **estudiantes de entomología** por ayudarnos a identificar todos los artrópodos colectados en campo

A los **Padres de familia y vecinos** tanto de La Cinta como de Misión del valle, quienes también nos dieron la oportunidad de darnos alojamiento en la escuela donde sus hijos estudian

Al **Ing Mario** del **INAH** quien con mucha paciencia nos apoyó con su conocimiento en las labores que involucraron uso de microscopía electrónica

A **Carlos** amigo del laboratorio y doctorado por sus pláticas y compartir conocimiento sobre dinosaurios

*A **Lili** quien es nuestro ángel en el mundo de los papeles dentro del posgrado, agradezco por ser siempre atenta, servicial y apoyar con cualquier duda que se nos presentaba*

*A **Netly, Kathia y Tamara** quienes durante nuestra formación de doctorado se nos convirtieron en apoyo moral cuando existían las curvas de emociones*

*Al apoyo de beca del **Conahcyt** que su contribución muchos estudiantes como yo logramos hacer estudios de posgrado*

*A **Alondra** por su amistad fraterna y también por confiar en que yo pueda ser parte de su formación profesional*

ÍNDICE

RESUMEN GENERAL.....	1
GENERAL ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN GENERAL	5
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	9
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	9
HIPÓTESIS	10
OBJETIVO GENERAL	11
Objetivos específicos:	11
Metas	11
ESTRATEGIA METODOLÓGICA GENERAL	12
RESULTADOS.....	13
CAPÍTULO 1	13
CAPÍTULO 2. HÁBITOS ALIMENTARIOS Y REPARTICIÓN DE RECURSOS DE LA COMUNIDAD DE ROEDORES DE LA CUENCA DE CUITZEO	14
Resumen	14
Abstract.....	15
Introducción.....	16
Materiales y métodos.....	18
Ubicación de área de estudio	18
Trabajo de campo	19
Trabajo de laboratorio	20
Análisis de datos	20
Resultados.....	22
Comunidad vegetal	22
Comunidad Artrópodos	25
Dieta de Roedores	27
Discusión	35
Conclusión.....	39
Literatura	40

CAPÍTULO 3. MICRODESGASTE DENTAL EN ROEDORES ACTUALES: PERSPECTIVA EXPERIMENTAL Y DE CAMPO, PARA SU UTILIDAD EN POBLACIONES FÓSILES.....	45
Resumen	45
Abstract.....	47
Introducción.....	48
Materiales y métodos.....	52
Trabajo de Campo.....	52
Trabajo de laboratorio.....	52
Análisis de microdesgaste.....	53
Microdesgaste en ejemplares fósiles.....	55
Análisis de datos.....	56
Resultados.....	57
Roedores de Campo.....	57
Roedores de bioterio.....	59
Población de roedores fósiles.....	62
Discusión.....	65
Roedores silvestres colectados en campo.....	65
Roedores de bioterio.....	67
Roedores fósiles.....	70
Conclusiones.....	72
Literatura.....	73
DISCUSIÓN GENERAL.....	82
CONCLUSIONES GENERALES.....	86
LITERATURA GENERAL.....	87
ANEXOS.....	94

RESUMEN GENERAL

La herramienta por excelencia para el estudio de la paleontología son los fósiles, estos son cualquier evidencia que indique que existió vida en el pasado. En México y particularmente en la temporalidad del Pleistoceno existen numerosos yacimientos en donde se han encontrado restos de mamíferos, y uno de los taxones que sobresale de este grupo son los roedores debido a su riqueza específica que representa el 35% de todas las especies documentadas de mamíferos. Al ser vertebrados de tamaño pequeño una parte considerable de sus cuerpos se perderá durante el proceso de fosilización, pero afortunadamente los dientes debido a su composición química suelen ser elementos que se preservan en buen estado si las condiciones ambientales lo permiten. Con una pieza dental se puede no solo saber a qué especie le corresponde tal diente, si no también se pueden conocer aspectos paleoecológicos como la dieta y hábitat de las especies, estos enfoques se pueden hacer mediante la observación del desgaste del esmalte, y esta metodología se conoce como microdesgaste dental. El objetivo del presente trabajo fue generar un patrón de microdesgaste dental para roedores fósiles que permita inferir dieta y hábitat, con base en un modelo generado con ejemplares actuales. La estrategia metodológica consistió en tres fases: la primera, fue reconocer el tipo de alimentación y hábitat de roedores silvestres actuales. Se colectaron roedores en tres distintos tipos de vegetación de la cuenca de Cuitzeo, Michoacán: pastizal-huizache, matorral-pastizal; y bosque de pino-encino durante un año. A estos mismos ejemplares se les realizó análisis de contenido estomacal para conocer la dieta en función de los sitios de colecta. La segunda fase, fue llevar a cabo un diseño experimental con 48 ejemplares de *Rattus norvegicus* (variedad Wistar), sometidos a cinco tipos de alimento: artrópodo, pasto, alfalfa, fruto, semillas más un control. En la fase tres se revisó el microdesgaste dental tanto de ejemplares silvestres como roedores de laboratorio, y con base en dicha información se implementó un modelo que se usó en dos poblaciones fósiles: una de *Sigmodon cf minor* del Pleistoceno temprano y otra de *Sigmodon hispidus* del Pleistoceno tardío. Para los roedores silvestres se registraron 98 ejemplares de 17 especies de las familias Cricetidae (15), Heteromyidae (1) y Muridae (1). La riqueza y

diversidad específica fue mayor en el pastizal ($H' = 2.43$) y menor en el matorral ($H' = 1.02$). Sin embargo, la abundancia fue mayor en el matorral ($N = 47$) seguido del bosque de pino-encino ($N = 30$) y pastizal ($N = 21$). Los resultados del contenido estomacal muestran que el recurso más consumido fueron los artrópodos, seguido de semillas, tanto de monocotiledóneas como dicotiledóneas. La señal de microdesgaste dental de los roedores silvestres permite relacionarla con el tipo de hábitat. El resultado de microdesgaste para las ratas de laboratorio muestra una diferenciación función del tipo de alimento que se le proporcionó, las marcas en el esmalte del control son similares a la de las semillas y alfalfa, pero los demás alimentos son distintos entre sí. Con base en la información del trabajo de campo y experimental se sugieren que el modelo de microdesgaste generado a partir de ejemplares de roedores actuales es funcional y adecuado para inferir dieta y hábitat de las poblaciones en el pasado. La aplicación del modelo permite especular que la especie fósil *S. cf. minor* se infiere que su alimentación estaba basada en pastos, semillas y frutos y era moradora de matorrales. En cambio, para *Sigmodon hispidus* presentó preferencia de consumo por pasto y habitaba en pastizales. Esta información puede contribuir a la construcción y conocimiento del paleoambientes durante el Pleistoceno en la región.

Palabras clave: Paleodieta, Rodentia, Pleistoceno

GENERAL ABSTRACT

The essential tool for the study of paleontology is fossils, they are any evidence that indicate that life existed in the past. In Mexico, and particularly during the Pleistocene epoch, there are numerous sites where remains of mammals have been found. The rodents are one of the important taxons to this group because their species richness, representing 35% of all documented mammal species. As small vertebrates, a considerable part of their bodies is lost during the fossilization process, but fortunately, teeth tend to be well-preserved due to their chemical composition. If we find a tooth, we can understand with that piece the specie, but also provide insights into the paleoecology, such as the diet and habitat of the species. These aspects can be analyzed by observing enamel wear, a methodology known as dental microwear. The goal of this study was to generate a dental microwear pattern for fossil rodents that would allow inferring diet and habitat, based on a model generated with modern specimens. The methodological strategy consisted of three phases: the first phase was to recognize the type of diet and habitat of current wild rodents. Rodents were collected from three different vegetation types in the Cuitzeo basin, Michoacán: grassland-acacia, shrub-grassland, and pine-oak forest for one year. These same specimens were analyzed for stomach content to understand their diet according to the collection sites. The second phase was to conduct an experimental design with 48 specimens of *Rattus norvegicus* (Wistar variety), subjected to five types of food: arthropods, grass, lucerne, fruit, seeds and a control. In the third phase, dental microwear was reviewed for both, wild specimens and laboratory rodents, and based on this information, a model was implemented in two fossil populations: one of *Sigmodon cf minor* from the early Pleistocene and another of *Sigmodon hispidus* from the late Pleistocene. For the wild rodents, 98 specimens of 17 species from the families Cricetidae (15), Heteromyidae (1), and Muridae (1) were recorded. Species richness and diversity were higher in the grassland ($H'=2.43$) and lower in the shrubland ($H'=1.02$). However, abundance was greater in the shrubland ($N=47$), followed by the pine-oak forest ($N=30$) and grassland ($N=21$). Stomach content analysis showed that the most consumed resource was arthropods, followed by seeds of

monocotyledons and dicotyledons. The dental microwear signal of wild rodents allows it to be related to the type of habitat. The microwear results for laboratory rats show a differentiation based on the type of food they consumed. The marks on the enamel of the control rat are similar to seeds and lucerne, but the other foods are different from each other. Based on information from field and experimental work, it is suggested that the microwear model generated from current rodent specimens is functional and adequate to infer the diet and habitat of past populations. The application of the model allows us to speculate that the fossil specie *Sigmodon cf. minor* had a diet based on grasses, seeds and fruits and lived in bushes. In contrast, *Sigmodon hispidus* showed a preference for grass and lived in grasslands. This information may contribute to the construction and understanding of the paleoenvironments during the Pleistocene in the region.

Keywords: Palaeodiet, Rodentia, Pleistocene

INTRODUCCIÓN GENERAL

Existen yacimientos fosilíferos en México que abarcan desde el Precámbrico hasta el Holoceno (Arroyo-Cabrales et al., 2008). El Pleistoceno es una de las épocas más documentada debido a los abundantes sitios que se han encontrado en las diferentes provincias morfotectónicas y en donde los estudios de mamíferos resaltan (Ferrusquía-Villafranca et al., 2017). Bell et al. (2004), dividen el Pleistoceno de acuerdo a las asociaciones de mamíferos en Norteamérica; en Blancano, Irvingtoniano y Rancholabreano.

Uno de los grupos que sobresale de los demás mamíferos registrados para el Pleistoceno con 104 especies, es el de los roedores (Ferrusquía-Villafranca et al., 2017), incluso en la actualidad siguen siendo el grupo con más especies en México (Ramírez-Pulido et al., 2014) y el mundo (Mammal Diversity Database, 2024).

El espectro de luz visible y otras radiaciones procedentes del sol llegan al planeta proporcionando energía a los ecosistemas, primero es absorbida por las plantas para que después una parte de ella viaje a los diferentes niveles tróficos (Smith y Smith 2007). La relación entre un animal y lo que consume es relevante en estudios ecológicos (Ungar, 2010) por lo que conocer la dieta de las especies es realmente importante. En este panorama los roedores tienen un papel muy importante dentro del flujo de energía de los ecosistemas (Núñez-Garduño, 2005).

Saber que está comiendo un animal puede ser tan simple como observar directamente lo que consume en su hábitat o si se requiere de más detalles se analizan contenidos estomacales o de heces, sin embargo, en paleontología esto resulta un reto debido a la pérdida de tejidos blandos durante la fosilización, por fortuna este proceso también privilegia la conservación de dientes que en paleontología de mamíferos contribuyen a la identificación taxonómica y conocimiento de la dieta. La forma, tamaño o número de dientes permite en un principio tener idea del tipo de alimentación (dieta blanda, dura, abrasiva, etc.) (Hillson, 2005), y particularmente la modificación de los dientes en los roedores puede ser correlacionada con el modo de vida, lo que permite considerar a este grupo como buen indicador paleoambiental (Meléndez, 1990), aun así,

siempre es conveniente seguir desarrollando más y mejores metodologías que permitan esclarecer el entendimiento de la dieta y hábitat lo más posible.

Respecto a lo anterior el método de microdesgaste es una herramienta útil que analiza cicatrices microscópicas en la superficie del esmalte dental que son producidas por la comida, Walker et al. (1978) y Rensberger (1978) lo utilizaron por primera vez usando microfotografías en un formato de dos dimensiones (2D), desde entonces se ha aplicado a diferentes especies actuales y extintas con el fin de conocer la dieta e inferencia de hábitats. Ungar et al. (2003) proponen una nueva técnica llamada análisis de textura (DMTA, Dental Microwear Textura Analysis), también se observa el desgaste microscópico de los dientes, pero en tres dimensiones (3D), poco después Scott et al. (2005) hacen algunos ajustes para medir el grado de complejidad, heterogeneidad y anisotropía en el relieve dental.

El método en 2D se ha usado principalmente en animales de grandes dimensiones como mamuts (Rivals et al., 2012) o ungulados (DeMiguel et al. 2008), se observan rayones y hoyos (caracteres ecomorfológicos) que durante el proceso de masticación quedan en el diente. Tres categorías se han establecido principalmente con base en estas dos variables: pacer (pasto), ramoneador (hojas) y mixto (pasto/hojas). Este método se ha logrado adaptar a especies roedores tanto fósiles (Lewis et al., 2000; Nelson et al., 2005; Hopley et al., 2006; Firmat et al., 2010, 2011; Oliver et al., 2014) como actuales (Caporale y Ungar, 2016; Townsend y Croft, 2008), no obstante, Gomes-Rodrigues et al. (2009) proponen cuatro variables (rayones gruesos y finos, hoyos grandes y pequeños) con el fin de poder entender mejor el tipo de alimentación en roedores, lo que da como resultado una categoría más acertada para este grupo: pacer, fruta-planta-insecto e insecto-planta.

En México trabajos de microdesgaste se han realizado en caballos y proboscídeos (Barrón-Ortiz et al., 2014; Bravo-Cuevas et al., 2020; Marín-Leyva et al., 2016; Gutiérrez-Bedolla et al., 2016), en roedores se ha aplicado en un caviomorfo (Eng-Ponce, 2018) y en tres especies del género *Sigmodon* (Familia Cricetidae) (Cervantes-Barriga et al., 2020), a excepción de Barrón-Ortiz et al. (2014) y Bravo-Cuevas et al. (2020), los demás autores han trabajado con especímenes descubiertos en localidades del Rancho Labreano en la cuenca de Cuitzeo, Michoacán.

Generalmente estos estudios comparan los resultados de microdesgaste entre especímenes de colecciones científicas y fósiles, además de consultar información de su dieta en literatura (Schulz et al., 2013). La calidad y alcance de estas investigaciones se podría mejorar haciendo bases de datos propias (Mihlbachler et al., 2012), en este sentido Ungar (2010) menciona el interés que tiene la paleontología en la relación entre dientes y la dieta de especies vivas porque esto permite inferir aspectos de consumo de especies extintas.

En principio un muestreo en campo permite conocer bajo condiciones ambientales el espectro alimenticio de las especies actuales, esto ayuda sin duda a relacionar las marcas de microdesgaste con los recursos disponibles en la zona de captura de ejemplares, trabajos así son prácticamente nulos a excepción de Burgman (2022). Lo anterior se puede complementar realizando ejercicios experimentales (dietas controladas) que sirvan de instrumento al investigador para obtener datos confiables para el grupo con el que se trabaje, en décadas pasadas fueron pocos los estudios que han explorado esta alternativa como los realizados en una especie de marsupial (Covert y Kay, 1981), en lagomorfos (conejos) (Martin et al., 2020; Schulz et al., 2013) y ungulados (cabras) (Hoffman et al., 2015), sin embargo a partir del 2020 se ha fortalecido este tipo de enfoques de investigación, principalmente en animales grandes como se comparte en un compendio de 21 estudios al respecto (Merceron et al., 2023).

Para el caso de roedores hay pocos estudios de microdesgaste donde se ha recopilado información experimental, uno de ellos con el objetivo de comprar las marcas abrasivas en diente directo y en réplica (Mihlbachler et al., 2019), en otro se analizan las marcas de un mismo tipo de alimento en condiciones húmedas y secas (Winkler et al., 2019), también se han elaborado experimentos para ver las señales de desgaste en un rango de tiempo (Winkler et al., 2020), y finalmente un trabajo en roedores Caviomorfos donde se interpretan las diferencias intraespecíficas en relación al sexo, estación y hábitat de captura (Robinet et al., 2022).

Como se ha mencionado, es significativo el conocimiento de hábitos alimenticios y hábitats de ocurrencia de poblaciones (en este caso de roedores) de una comunidad actual, con la finalidad de tener un mejor marco de referencia para inferir preferencias alimenticias y hábitat para especies fósiles, por lo que el propósito de este trabajo es el

de presentar, primero, un análisis de la estructura de la comunidad de pequeños roedores actuales en tres sitios de la cuenca de Cuitzeo, en segundo lugar, compartir que preferencias alimenticias están teniendo las especies de este grupo actualmente en los distintos hábitats, y tercero, mostrar modelo de microdesgaste dental con base en la suma de los esfuerzos de muestreo de roedores actuales más un diseño experimental de ratas de laboratorio sometidas a distintas dietas controladas, y que en este contexto, se puede ahora entender de manera más clara el uso de recursos alimenticios y hábitat de roedores fósiles que vivieron durante el Blancano y Rancholabreano de Michoacán y Guanajuato.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

La información que actualmente existe sobre el microdesgaste en roedores es insuficiente para establecer una relación confiable sobre el tipo de alimentación y el hábitat que tuvieron en el pasado, sobre todo de manera local.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN:

¿Las marcas microscópicas de desgaste de las dentaduras de las especies actuales de roedores bajo dietas controladas permiten generar información útil y confiable para inferir sus dietas en el pasado?

¿Es factible reconocer un patrón de microdesgaste que permita inferir de manera más específica la dieta y el hábitat de los roedores en el pasado a partir de los datos generados con roedores actuales?

HIPÓTESIS:

El patrón de microdesgaste con base en información obtenida con dietas controladas en roedores actuales, más la información ambiental de las áreas en que habitaron, es útil y aplicable para la inferencia de dieta y de hábitat en poblaciones de roedores fósiles.

OBJETIVO GENERAL:

Establecer el patrón de microdesgaste para roedores fósiles a partir de datos generados con dietas controladas en roedores actuales y su relación con los recursos disponibles en un ambiente actual.

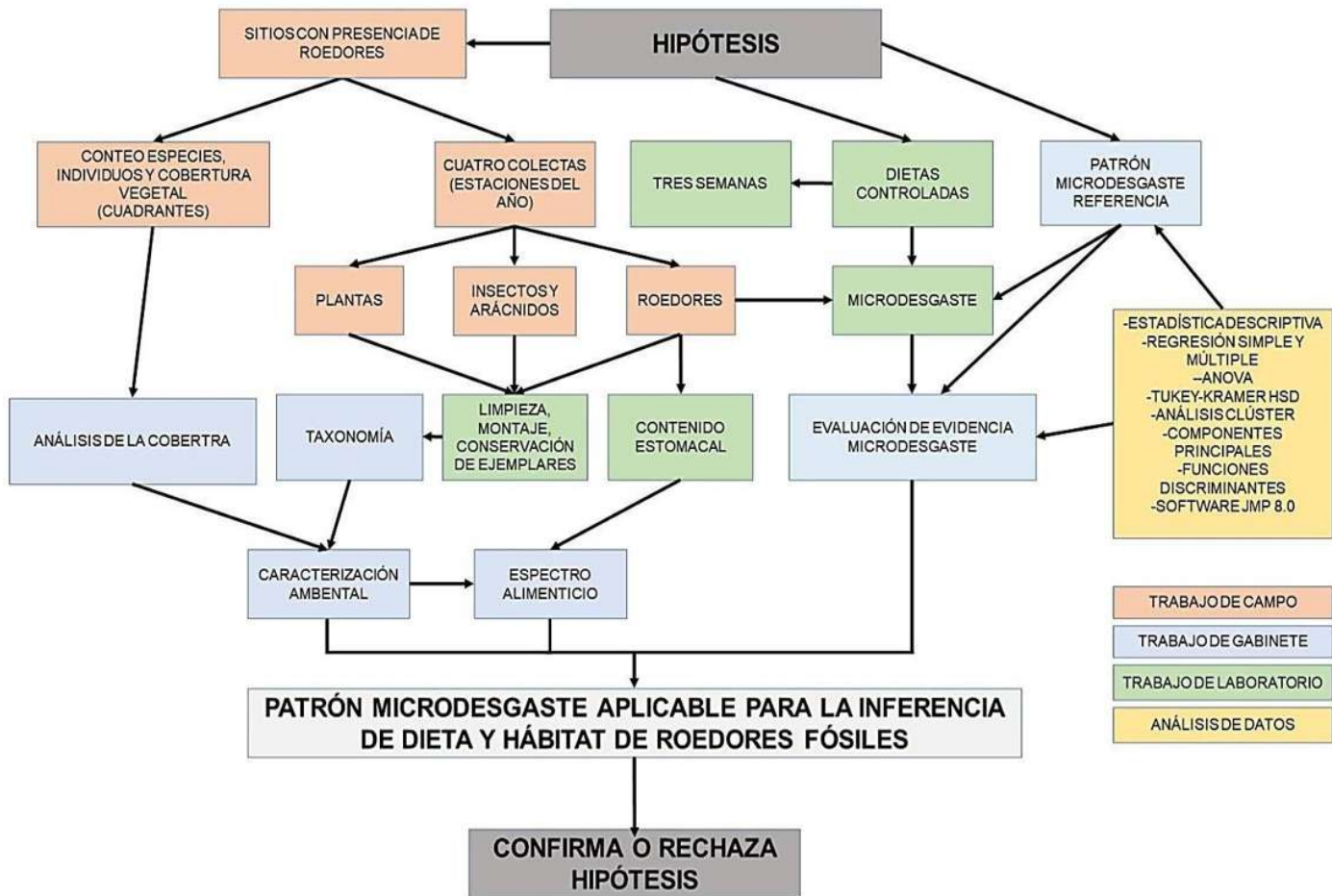
Objetivos específicos:

1. Establecer el patrón de microdesgaste referencia
2. Generar una caracterización ambiental en localidades de la cuenca de Cuitzeo, Michoacán donde se tiene registro de roedores actuales.
3. Identificar el espectro alimenticio de roedores actuales en la cuenca de Cuitzeo, Michoacán.
4. Obtener las evidencias de microdesgaste dental de roedores actuales en la cuenca de Cuitzeo, Michoacán.
5. Obtener las evidencias de microdesgaste dental que dejan distintos tipos de alimentos con dietas controladas en roedores actuales.
6. Evaluar las evidencias de microdesgaste generadas experimentalmente y de los roedores actuales de la cuenca de Cuitzeo, en función de importancia para su inferencia de las dietas y el hábitat en el pasado.

Metas:

1. Generar una matriz datos de los patrones de microdesgaste dental de roedores actuales en la cuenca de Cuitzeo.
2. Generar una matriz datos de los patrones de microdesgaste dental de roedores actuales con dietas controladas.

ESTRATEGIA METODOLÓGICA GENERAL



RESULTADOS

CAPÍTULO 1

Este capítulo derivó en un artículo científico, el cual está aceptado y se encuentra en proceso editorial: Cervantes-Barriga, R., Arroyo-Cabrales, J., Marín-Leyva, H. A., Ponce-Saavedra, J., Rivals, F., Monterrubio-Rico, T. C. Análisis Espacial y estacional de las comunidades de pequeños roedores de la cuenca de Cuitzeo. *Revista Mexicana de Biodiversidad* (Ver ANEXO 1).

Resumen

El Orden Rodentia representa casi la mitad de la riqueza específica de todos los mamíferos registrados en México, y aunque estos animales pueden adaptarse de manera significativa a ambientes perturbados, investigaciones para conocer su estado actual son pocas. El propósito del presente estudio consistió en conocer el ensamble de roedores en la Cuenca de Cuitzeo en función de tres tipos de vegetación. Los roedores se colectaron en dos sistemas abiertos: Pastizal y Matorral, y en un sistema cerrado: bosque de pino-encino durante un ciclo anual. Se registraron 98 ejemplares de las familias Cricetidae, Heteromyidae y Muridae. El pastizal fue el más diverso con $H' = 2.43$ y el matorral el menos diverso ($H' = 1.02$), pero la abundancia de individuos se comportó en sentido contrario. El bosque respecto a diversidad y abundancia quedó en el centro. En temporadas frías se colectó más especies e individuos, a diferencia de la temporada de secas donde fue menos en ambos atributos. Este trabajo representa una actualización y documentación de este grupo en una región con alto impacto antropogénico y puede ser referente para la conservación de pequeños mamíferos.

CAPÍTULO 2. HÁBITOS ALIMENTARIOS Y REPARTICIÓN DE RECURSOS DE LA COMUNIDAD DE ROEDORES DE LA CUENCA DE CUITZEO

Resumen

Los roedores juegan un papel importante en el ecosistema en que viven; son dispersores de semillas, así como consumidores primarios. Conocer sus hábitos alimenticios contribuye a entender el rol que estos organismos tienen en una comunidad y como esta a su vez determina sus hábitos alimenticios. Sin embargo, análisis de la dieta con base en roedores silvestres en México ha sido poco estudiado; por lo que este trabajo busca aportar al conocimiento de la alimentación de roedores, estudiando para ello poblaciones en tres hábitats diferentes (pastizal, matorral y bosque) de la cuenca de Cuitzeo, Michoacán-Guanajuato, México.

El análisis se hizo con base en contenidos estomacales de 87 ejemplares pertenecientes a 16 especies. Se tomaron muestras del interior del estómago, y fueron analizadas en un microscopio estereoscópico a 40X, para revisar presencias y ausencias de elementos vegetales a nivel de clase, tanto de monocotiledóneas como dicotiledóneas, partes de artrópodos y desechos artificiales. Además, se analizó la abundancia y riqueza de especies de la comunidad vegetal y de artrópodos en cada sitio. Los resultados muestran que el recurso más consumido fueron los artrópodos, seguido de semillas, tanto de monocotiledóneas como dicotiledóneas; 11 de las 16 especies consumieron lo reportado por trabajos anteriores; tres consumieron alimentos diferentes a otras poblaciones antes estudiadas y para dos especies, este trabajo es pionero para el conocimiento de su dieta. En general las especies están aprovechando los recursos que el área que frecuentan ofrece. Sería valioso seguir con este tipo de investigaciones, ya que, en lugares aparentemente conservados, la alimentación de los roedores arrojó consumo de desechos antropogénicos, lo cual podría ser un signo de alerta particularmente para esta región, ya que en las últimas décadas la cuenca presenta aumento en el deterioro del hábitat a causa de actividades humanas y señales de cambio climático.

Palabras clave: Dieta, Rodentia, cuenca de Cuitzeo

Abstract

Rodents have an important role in the ecosystem where they live; they are seed dispersers and primary consumers. Knowing their eating habits contributes to understanding the role that these organisms play in their community and how this in turn determines their eating habits. However, diet analysis based on wild rodents in Mexico has been few studied. Therefore, this study seeks to contribute to the knowledge of rodent feeding, studying populations of three different habitats (grassland, scrub and forest) of the Cuitzeo basin, Michoacán-Guanajuato, Mexico. The analysis was based on stomach contents of 87 specimens belonging to 16 species. A sample was taken from inside the stomach, then placed in a Petri dish and analyzed under 40X stereoscopic microscope to check for the presence and absence of plant elements at the class level, of both monocotyledons and dicotyledons, arthropod parts, and artificial waste. In addition, the abundance and the plant community and arthropods in each site were analyzed. The results show that the most consumed resource was arthropods, followed by seeds of both monocotyledons and dicotyledons. 11 of the 16 species consumed what was reported by previous studies; three consumed different foods than other populations previously studied; and in two species, this work is pioneering for the knowledge of their diet. In general, the species are eating the resources that the area they frequent offers. It would be valuable to continue with this type of research, because in places that are apparently conserved, the diet of rodents showed consumption of anthropogenic waste, which could be a warning sign particularly for this region, that since in recent decades the basin has shown an increase in habitat deterioration due to human activities and signs of climate change.

Keywords: Diet, Rodentia, Cuitzeo basin

Introducción

Conocer las interacciones entre las diversas formas de vida dentro de una comunidad cohabitando en un espacio determinado es importante para entender el rol que cada una desempeña, sin embargo, no es sencillo, porque incluso registrar la totalidad de las especies que la conforman es un desafío (Smith y Smith, 2007). Una de las maneras más comunes para interpretar la estructura de una comunidad es a través de la dieta. Los alimentos y la energía que transportan a lo largo de la red trófica son de interés considerable para la ecología (Odum, 1986).

Existen diversos métodos que analizan la dieta como: el uso de isótopos estables y biomarcadores, los cuales estiman fracciones asimiladas de compuestos que hay en los alimentos; o enfoques moleculares con ADN que permiten saber qué especies fueron consumidas, y que son convenientes cuando no hay rastro visual identificable que pueda ser detallado con análisis de contenido estomacal o de heces. Estas dos últimas técnicas hacen observaciones directas y pueden cuantificar los elementos ingeridos, además son las más utilizadas (Nielsen et al., 2018) junto con la contemplación en vivo de la ingesta de comida.

En relación a lo anterior, los roedores juegan un papel valioso en los hábitats que viven, son consumidores primarios, dispersores de semillas y presas de varias especies de reptiles, aves y otros mamíferos (Feldhamer et al., 2015). Su participación en la composición de la comunidad puede ser inferida por sus hábitos alimentarios.

En México se han hecho estudios de contenido estomacal en roedores con diferentes propósitos. Algunos se han centrado en obtener información de la biología básica de algunas especies como: estructura poblacional, dieta y repartición de recursos (León-Tapia et al., 2018; Morales-Medina, 2010; Peralta-Juárez, 2015; Vázquez et al., 2000); otros han analizado los hábitos alimenticios en áreas de cultivo y sus efectos (Peña-Ramos et al, 2009); o como sus condiciones alimentarias se han adaptado a zonas perturbadas (Matamoros-Trejo y Cervantes, 1992); incluso se ha observado su función como bioindicadores de contaminación radioactiva (Valenzuela et al., 2004).

En Michoacán, pese a que los roedores representan el segundo grupo con mayor diversidad de mamíferos, solo después de los quirópteros (Monterrubio-Rico et al., 2014),

trabajos sobre dieta de este grupo son prácticamente nulos. Comprender los hábitos alimentarios permite conocer el aprovechamiento y repartición de recursos, así como la amplitud del nicho trófico (Hammerschlag et al., 2011). También se pueden proponer planes de manejo con especies sinantrópicas (Hernández-Pacheco et al., 2013); sobre todo, en áreas con altas presiones antropogénicas como la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán, que en las últimas décadas ha mostrado una pérdida de hábitats importante (Cram et al., 2010). Finalmente, también debe tenerse en cuenta la importancia de los roedores en la salud pública (Mackenzie, 1972; Torres-Castro, 2017); por lo que en el presente trabajo se analiza el contenido estomacal de roedores procedentes de tres hábitats de la cuenca de Cuitzeo, Michoacán, durante distintos momentos del año, con el fin de comprender mejor la dieta, repartición y grado de competencia por los recursos entre especies de roedores en esta región.

Materiales y métodos

Ubicación de área de estudio

La cuenca de Cuitzeo tiene una superficie de 3,675 km², se ubica principalmente en el centro norte del estado de Michoacán y una pequeña porción de la parte sur del estado de Guanajuato, se halla entre elevaciones de 1,750 a 2,359 metros sobre el nivel del mar (msnm) (Cram et al., 2010). Las unidades de vegetación donde se colectaron roedores fueron: pastizal-huizache al norte en el sitio llamado “La Cinta” (20° 5'28.51"N y 101° 9'18.86"O), “Misión del Valle” es un matorral-pastizal (19°46'14.14"N y 101° 6'26.37"O) y al sur, “La Planta” es bosque de pino-encino (19°32'39.06"N y 101°14'35.97"O) (Fig. 1).

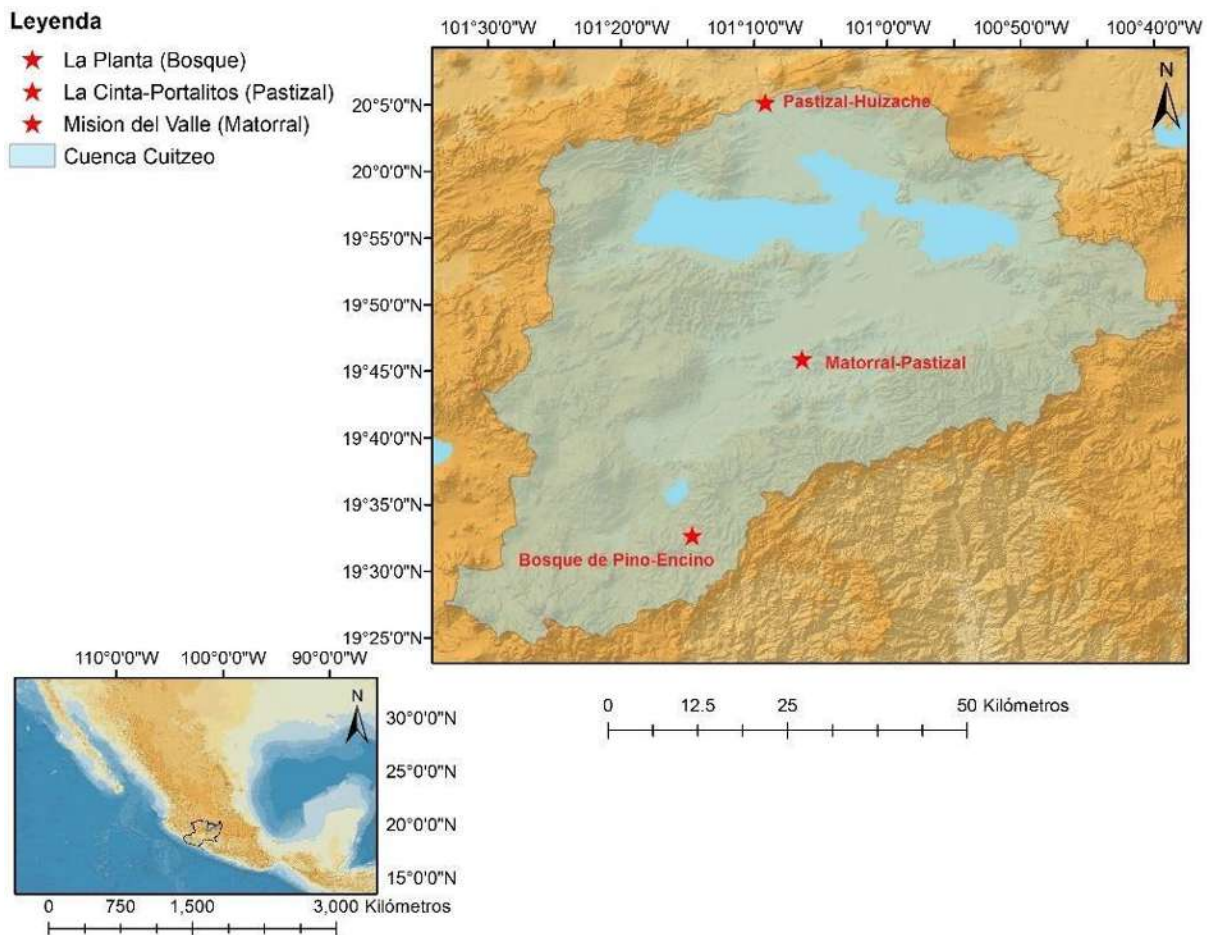


Fig. 1.- Ubicación de la cuenca de Cuitzeo, en rojo los sitios bajo estudio.

Trabajo de campo

Se muestrearon las cuatro estaciones del año mediante salidas de campo con 15 días de duración: en 2021, del 30 de abril al 11 de mayo, primavera, del 30 de agosto al 13 de septiembre, verano, del 26 de noviembre al 10 de diciembre, otoño y en 2022 del 27 de enero al 10 de febrero, invierno.

Caracterización de las comunidades vegetales

La estructura de la vegetación se hizo para el estrato herbáceo y se basó en los niveles taxonómicos de clase, familia y género, debido a que no fue posible su identificación específica por el estado fenológico de varios ejemplares. En cada sitio de forma aleatoria se establecieron cinco cuadrantes de 5m² y, en cada cuadrante se muestrearon cinco unidades de 1m², una en el centro y las demás en las esquinas en un arreglo de “cinco de oros” (25 unidades en total, por cada sitio y por cada estación). Se contó el número de taxones, abundancia y cobertura horizontal en porcentaje, para observar los taxones más representativos (Villareal et al., 2004).

Colecta de artrópodos

En cada cuadrante se colocó una trampa de caída con alcohol etílico al 70% para colecta de insectos y arácnidos de acuerdo con Márquez-Luna, (2005); también se hizo colecta directa. Posteriormente las muestras se llevaron al Laboratorio de Entomología “Biol. Sócrates Cisneros Paz” de la UMSNH para su identificación.

Colecta de roedores

La colecta de roedores se hizo con trampas tipo Sherman separadas 10m una de la otra, las cuales se colocaron antes de la puesta del sol y se revisaron al día siguiente por la mañana; en total fueron 3348 noches/trampa. El cebo consistió en una mezcla de maíz triturado y esencia de vainilla, el cual se encapsuló en una rejilla metálica de 3cm³ colocada dentro de la trampa, esto con el fin de evitar la mezcla del cebo con el alimento

consumido por los ejemplares. Los roedores capturados se sacrificaron con pentobarbital sódico siguiendo los lineamientos de la Sociedad Americana de Mamíferos (Sikes, 2016), y las recomendaciones de Romero-Almaraz et al. (2007). El estómago se separó del aparato digestivo y se metió en un frasco con alcohol etílico al 75%, rotulado con los datos correspondientes. Los ejemplares colectados se llevaron al Laboratorio de Mastozoología de la UMSNH para su identificación. La colecta científica se efectuó con el amparo del permiso especial de colecta científica clave SGPA/DGVS/02243/22.

Trabajo de laboratorio

El contenido estomacal de los roedores fue colocado sobre una caja de Petri y analizado en un microscopio estereoscópico a magnificación 40X para revisar presencias y ausencias de tipos de alimento (en 15 campos de observación de 2mm²).

Se identificaron los fragmentos de alimento que se categorizaron de la siguiente manera: a) hoja de monocotiledónea, b) tallo de monocotiledónea, c) semilla de monocotiledónea, d) hoja de dicotiledónea, e) tallo de dicotiledónea, f) semilla de dicotiledónea, g) flor de dicotiledónea, h) fruto de dicotiledónea, i) artrópodo y j) desechos antropogénicos (“basura”), categorías que ya se han utilizado en trabajos anteriores (Morales-Medina, 2010; Noblecilla y Pacheco, 2012; Peralta-Juárez, 2015; Vázquez et al., 2000).

Se hicieron laminillas de referencia para las partes de las plantas con el material vegetal recolectado en campo.

Análisis de datos

Comunidad vegetal

Se generó una matriz con la información de las clases, familias y géneros colectados para cada sitio y en cada temporada. Con base en los datos de abundancia relativa (AR) y cobertura horizontal relativa (CH), se observaron los taxones más representativos.

Comunidad de artrópodos

Se revisó la abundancia a nivel taxonómico de orden para cada sitio y temporada en que fueron colectados, con el objetivo de observar los que fueran más representativos.

Contenido estomacal

Para todas las especies de roedores colectadas se registró presencia y ausencia de fragmentos de alimento para ver la proporción de cada categoría con respecto al total de material observado (frecuencia de ocurrencia). Se generó un índice de alimentación por especie, el cual se basó en la suma de la proporción de cada categoría alimenticia consumida, dividida entre el total (N) de categorías, para este caso el intervalo del índice fue de cinco a 11, en donde el valor más bajo indica poco contenido dentro del estómago y fue común que también se presentara poca variedad de consumo, en cambio, hacia el valor más alto, el estómago presenta mayor contenido y los organismos hicieron consumo de una variedad mayor de alimento. Se aplicó Análisis de Componentes Principales (ACP), y posteriormente, con base en los eigenvalores proporcionados por ACP un Escalamiento Multidimensional no Métrico (NMS) y un Análisis de Funciones Discriminantes Canónicas (ADC), con el objetivo de observar preferencias de alimentación.

Para el caso de las especies con más de ocho individuos, se hicieron pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis para reconocer diferencias para cada categoría por especie, sexo, sitio y temporada; de existir diferencia se llevaron a cabo análisis post-hoc con la prueba de Dunn, para observar en donde se encontraban esas diferencias.

Finalmente, para observar el grado de competencia por los recursos se utilizó el Índice modificado de Morista (Horn, 1966). Los análisis estadísticos antes mencionados se hicieron en los programas Past 4.12 (Hamer et al., 2001) y JMP13 (SAS Institute Inc., 1989-23).

Resultados

Comunidad vegetal

Durante un ciclo anual se registraron tres clases, 31 familias y 105 géneros, con un total de 15,060 individuos en el estrato herbáceo. En el hábitat de pastizal-huizache (“La Cinta”) la mayor abundancia y cobertura horizontal fue representada por la familia Poaceae. Los géneros *Chloris*, *Distichlis*, *Panicum* y *Paspalum* resultaron ser los taxones con más individuos y en ese mismo orden también presentaron la mayor cobertura horizontal, este patrón se observó la mayor parte del año. En el matorral-pastizal en general, las familias Asteraceae, Poaceae, Fabaceae y Euphorbiaceae dominaron, pero a diferencia del hábitat anterior, la composición de los géneros fue distinta entre las estaciones del año muestreadas. En primavera *Lolium* presentó la mayor abundancia y cobertura horizontal; en verano fueron en orden de mayor a menor: *Marina*, *Euphorbia* y *Adenophyllum*; en otoño *Simsia* y *Eragrostis* y en invierno, una especie de gramínea, que por sus características fenológicas no fue posible identificarla. La vegetación dominante en el sitio Pino-encino es el estrato arbóreo con los géneros *Pinus* y *Quercus*; mientras que en el estrato herbáceo las familias más representativas con un 78% de la muestra total, fueron Poaceae, Rosaceae, Asteraceae, Oxiladaceae, Fabaceae, Anacardiaceae, Pteridaceae y Cyperaceae. El género *Rubus* fue sobresaliente en primavera, mientras que en verano fueron *Oxalis* y *Centella*; en otoño e invierno fueron macollos de gramíneas que, por la falta de espiga no se lograron identificar; probablemente del género *Microstegium*, este sitio fue el único que presentó especies de helechos (Polypodiopsida) (Cuadro 1) (Cervantes-Barriga et al., en prep.).

Cuadro 1. Clase, familias y géneros de la vegetación registrada en tres localidades de la cuenca de Cuitzeo. P-H= pastizal-huizache; matorral-pastizal (M-P) y bosque de pino-encino (P-E). Abundancia relativa (AR); Cobertura horizontal relativa (CH).

P=primavera; V=verano; O=otoño e I= invierno.

Taxón			P-H				M-P				P-E				Datos totales		
Clase	Familia	Género	P	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I	AR	CH	
Polypodiopsida	Aspleniaceae	<i>Asplenium</i>											X		0.14	0.19	
	Blechnaceae	<i>Woodwardia</i>											X		0.06	0.34	
	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium</i>											X	X	X	0.13	0.98
	Dryopteridaceae	<i>Dryopteris</i>											X		0.31	0.62	
	Pteridaceae	<i>Adiantum</i>											X		0.1	0.07	
	Thelypteridaceae	<i>Thelypteris</i>											X		0.01	0	
Monocotiledónea	Commelinaceae	<i>Commelina</i>	X												0.06	0.14	
		<i>Tripogandra</i>						X							1.67	2.07	
	Cyperaceae	<i>Carex</i>											X	X	0.47	1.4	
	Juncaceae	<i>Juncus</i>	X	X											0.68	0.18	
	Orchidaceae	<i>Habenaria</i>											X		0.04	0.02	
	Poaceae	<i>Agrostis</i>				X										0.52	0.87
		<i>Aristida</i>			X					X						1.23	1.48
		<i>Bothriochloa</i>							X	X						0.09	0.49
		<i>Bouteloua</i>				X	X	X	X							1.22	1.45
		<i>Chloris</i>	X	X	X	X	X		X							26.94	30.65
		<i>Digitaria</i>				X	X									0.94	0.19
		<i>Distichlis</i>	X	X	X	X										5.24	12.78
		<i>Echinochloa</i>		X												0.82	1.88
		<i>Eragrostis</i>	X	X	X	X		X	X							5.59	3.31
		<i>Fetusca</i>					X									0.05	1.03
		<i>Lolium</i>					X									0.92	3.53
		<i>Melinis</i>							X							0.03	0.02
		<i>Microstegium?</i>											X	X	X	1.5	0.97
		Morfotipo 11	X													0.06	0.37
		Morfotipo 12					X									0.18	0.22
Morfotipo 13											X				0.27	0.49	
<i>Muhlenbergia</i>						X									0.23	1.74	
<i>Oplismenus</i>		X													0.1	0.18	
<i>Panicum</i>	X													0.37	0.45		
<i>Schizachyrium</i>	X													0.02	0.04		
Dicotiledónea	Acanthaceae	<i>Dicliptera</i>			X										0.04	0.03	

	<i>Ruellia</i>				X		X	X	X	0.55	0.47	
	<i>Tetramerium</i>					X				0.08	0.03	
Amaranthaceae	<i>Iresine</i>				X					0.09	0.08	
Anacardiaceae	<i>Rhus</i>								X	0.02	0.11	
	<i>Toxicodendron</i>						X	X	X	X	0.72	0.59
Apiaceae	<i>Centella</i>							X		1.3	1.08	
	Morfotipo 1				X					0.03	0.05	
Asclepiadaceae	<i>Asclepias</i>				X					0.98	0.92	
Asteraceae	<i>Adenophyllum</i>			X	X	X				6.32	3.72	
	<i>Artemisia</i>	X	X					X		0.56	0.53	
	<i>Aster</i>					X				0.34	0.42	
	<i>Bidens</i>	X	X	X				X		0.68	0.21	
	<i>Brickellia</i>			X		X				0.06	0.01	
	<i>Cichorium</i>			X						0.04	0.02	
	<i>Cosmos</i>	X	X	X		X			X	1.88	1.21	
	<i>Dyssodia</i>	X			X	X	X			4.8	1.87	
	<i>Erigeron</i>						X	X		0.1	0.08	
	<i>Galinsoga</i>	X								0.02	0.02	
	<i>Helianthus</i>					X	X			0.08	0.73	
	Morfotipo 2	X		X						0.27	0.54	
	Morfotipo 3				X	X				0.63	0.32	
	Morfotipo 4						X	X		0.09	0.06	
	<i>Piqueria</i>								X	0.04	0.05	
	<i>Psacalium</i>							X		0.01	0.01	
	<i>Sanvitalia</i>				X	X				0.41	0.19	
	<i>Schkuhria</i>	X	X					X		1.85	0.51	
	<i>Simsia</i>					X				2.49	2.28	
	<i>Stevia</i>	X						X	X	X	1.09	0.81
	<i>Tridax</i>				X					0.23	0.06	
	<i>Verbesina</i>				X	X		X		0.42	3.85	
Boraginaceae	<i>Cynoglossum</i>				X					0.04	0.01	
	Morfotipo 5				X					0.07	0.13	
Campanulaceae	<i>Lobelia</i>								X	0.02	0	
Convolvulaceae	<i>Ipomea</i>							X		0.01	0	
Cucurbitaceae	<i>Schizocarpum</i>							X		0.02	0.12	
Ericaceae	<i>Arbutus</i>								X	0.08	0.07	
Euphorbiaceae	<i>Croton</i>								X	0.02	0.03	
	<i>Euphorbia</i>	X	X	X	X	X	X			8.81	3.01	
	<i>Jatropha</i>							X		0.04	0.04	
	Morfotipo 6							X	X	0.01	0.01	
Fabaceae	<i>Calliandra</i>								X	0.31	0.31	
	<i>Chamaecrista</i>					X	X			0.32	0.16	
	<i>Crotalaria</i>					X				0.18	0.8	

	Dalea		X		X	X		1.09	0.59	
	Desmanthus		X					0.09	0.04	
	Desmodium						X	X	0.15	0.2
	Lupinus					X			0.03	0.09
	Macroptilium				X				0.29	0.23
	Marina				X	X			7.03	2.08
	Medicago	X							0.01	0.01
	Morfotipo 7					X			0.09	0.07
	<i>Nissolia</i>						X		0.01	0
	<i>Strophostyles</i>	X							0.01	0.01
	<i>Stylosanthes</i>				X				0.01	0.01
	<i>Vicia</i>					X	X		0.08	0.02
Geraniaceae	<i>Erodium</i>		X						0.11	0.09
Lamiaceae	<i>Hyptis</i>	X							0.03	0.01
	Morfotipo 8	X					X		0.03	0.01
	Morfotipo 9					X			0.07	0.09
	<i>Salvia</i>		X				X	X	0.26	0.42
Loasaceae	<i>Mentzelia</i>				X				0.07	0.06
Malvaceae	<i>Tilia</i>						X		0.01	0
	Morfotipo 10				X			X	0.02	0.3
	Morfotipo 11		X						0.01	0.01
Oxalidaceae	<i>Oxalis</i>							X	2.11	0.55
Rosaceae	<i>Rubus</i>						X		0.34	0.26
	<i>Prunus</i>						X		0.07	0.22
Verbenaceae	<i>Verbena</i>				X	X			0.66	0.17
	Morfotipo 14				X				0.01	0.23
	Morfotipo 15						X		0.01	0.23
	Morfotipo 16				X				0.4	0.23

Comunidad Artrópodos

En general, se encontraron representantes de siete clases de artrópodos: Acari, Arachnida, Chilopoda, Collembola, Crustacea, Diplopoda e Insecta con un orden de ácaros, dos de arácnidos, uno de quilópodos, uno de Colémbolos, uno de crustáceos, uno de Diplópodos y 15 de insectos registrados. El 90% de la abundancia está representada solo por siete órdenes: Hymenoptera (n=309), Coleoptera (n=124), Acari (n=88), Diptera (n=75), Orthoptera (n=60), Collembola (n=58) y Araneae (n=45). Hymenoptera y Collembola fueron los grupos más abundantes en el pastizal-huizache,

Hymenoptera y Coleoptera en el matorral-pastizal y Coleoptera, Orthoptera e Hymenoptera en el bosque de pino-encino; aunque con distinta composición en función de la temporada del año (Fig. 2). Para el análisis de alimentación se consideraron solo como artrópodos.

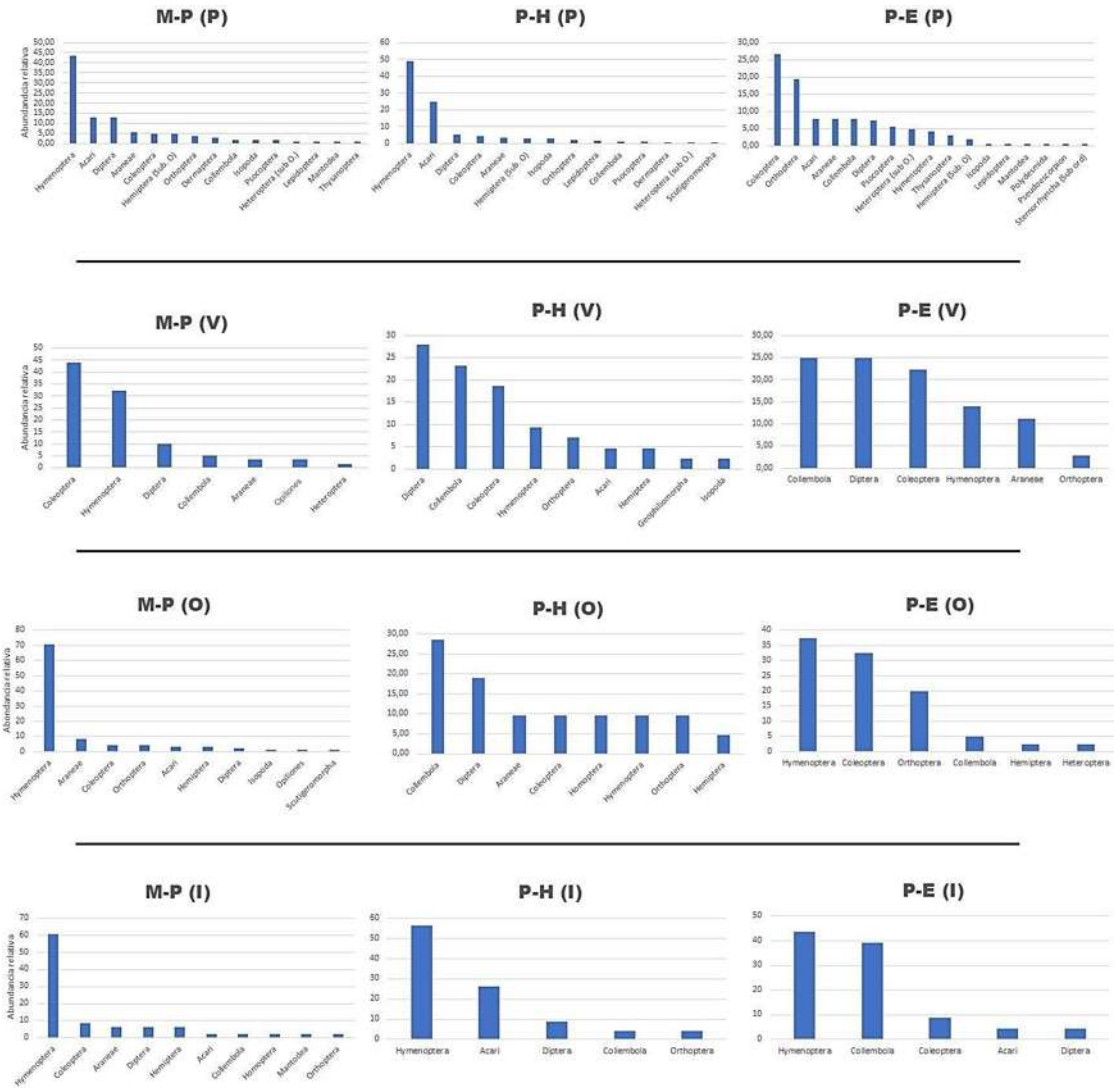


Figura 2. Órdenes de artrópodos registrados en tres localidades de la cuenca de Cuitzeo durante un ciclo anual. Matorral-pastizal (M-P); pastizal-huizache (P-H) y bosque de pino-encino (P-E). P=primavera; V=verano; O=otoño e I= invierno.

Dieta de Roedores

El análisis de contenido estomacal se hizo en 87 estómagos de 16 especies (Cuadro 2).

Cuadro 2. Especies de roedores y número de ejemplares para análisis de contenido estomacal en tres hábitats de la cuenca de Cuitzeo. P-H= pastizal-huizache; matorral-pastizal (M-P) y bosque de pino-encino (P-E). P=primavera; V=verano; O=otoño e I= invierno.

Especie	Hábitat												N TOTAL
	P-H				M-P				P-E				
	P	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I	
<i>Heteromys irroratus</i>	0	2	0	0	0	1	0	7	0	0	0	0	10
<i>Baiomys musculus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Baiomys taylori</i>	0	1	0	3	0	1	3	26	0	0	0	0	34
<i>Oligoryzomys fulvescens</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Peromyscus kilpatricki</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	4
<i>Peromyscus difficilis</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	4	5	12
<i>Peromyscus gratus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	4
<i>Peromyscus hylocetes</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2
<i>Peromyscus labecula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Peromyscus zamorae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
<i>Peromyscus pectoralis</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Reithrodontomys fulvescens</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Reithrodontomys sumichrasti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2
<i>Sigmodon hispidus</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Sigmodon mascotensis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Mus musculus</i>	0	3	1	1	2	0	1	0	0	0	0	0	8

En *B. taylori* y *P. difficilis* se encontraron todas las categorías alimenticias aquí reportadas, seguidas de *H. irroratus* y *M. musculus*, por el contrario, *Baiomys musculus* fue la especie con menor diversidad referente al consumo. Los estómagos de *B. musculus*, *P. zamorae* y *S. hispidus* según el índice de alimentación presentaron en general un estómago con mayor contenido, en cambio en *R. fulvescens* y *P. hylocetes* había poco. En 10 especies (62.5%) se encontraron fragmentos de desechos antropogénicos (Cuadro 3). El recurso que más se consumió fueron los artrópodos y aun

cuando en este trabajo la descripción de los elementos encontrados para esta categoría fue general, en algunos casos se logró identificar partes de Coleoptera, Hymenoptera y Araneae. El segundo recurso mejor aprovechado fueron las semillas, tanto de monocotiledónea como dicotiledónea.

Las categorías de consumo para las partes vegetales se describieron como monocotiledónea y dicotiledónea. Para cada uno de los hábitats, las primeras dominaron el pastizal-huizache todo el año, y las segundas el matorral-pastizal y bosque de pino-encino. Resulta interesante que en general, el consumo de plantas por parte de los roedores corresponde con la configuración vegetal a nivel de clase que se expresa en cada uno de los hábitats (Cuadro 4).

Cuadro 3. Frecuencia de ocurrencia en porcentaje de categorías alimentarias e índice de alimentación (IA) por especies

Alimento	Bm	Bt	Hi	Mm	Of	Pk	Pd	Pg	Ph	Pl	Pz	Pp	Rf	Rs	Sh	Sm
HM	0	38.23	10	25	100	50	41.66	0	100	100	50	50	0	50	100	100
TM	0	8.82	20	25	100	0	25	0	50	0	0	100	0	0	50	100
SM	85	36.47	20	50	100	50	33.33	0	100	0	0	100	0	0	100	0
HD	15	58.82	60	37.5	0	75	83.33	100	50	100	50	100	100	100	50	0
TD	0	23.52	50	0	100	50	58.33	75	50	0	50	0	0	0	0	100
SD	0	26.47	60	37.5	0	100	75	75	50	100	0	100	0	100	100	100
FLD	0	2.94	10	25	100	50	41.66	25	50	0	50	50	0	50	0	100
FRD	0	41.17	20	37.5	100	75	83.33	100	0	0	50	100	0	50	50	100
ART	0	97.05	100	62.5	0	100	83.33	100	100	100	100	100	100	50	100	100
DA	0	55.88	60	25	0	75	50	0	50	0	50	0	100	50	50	0
IA	11	6.3	8.4	6.5	8.1	6.3	6.7	7.9	5.2	7.1	9.2	7.2	5	7.8	9.6	6.4
n=	1	34	10	8	1	4	12	4	2	1	2	2	1	2	2	1

Alimentos: HM= Hoja de monocotiledónea, TM= Tallo de monocotiledónea, SM= Semilla de monocotiledónea, RM= Raíz de monocotiledónea, HD= Hoja de dicotiledónea, TD= Tallo de dicotiledónea, SD= Semilla de dicotiledónea, FD= Flor de dicotiledónea, FrD= Fruto de dicotiledónea, RD= Raíz de dicotiledónea, ART= Artrópodo y DA= Desechos antropogénicos. **Roedores:** Bm= *Baiomys musculus*, Bt= *Baiomys taylori*, Hi= *Heteromys irroratus*, Mm= *Mus musculus*, Of= *Oligoryzomys fulvescens*, Pk= *Peromyscus kilpatricki*, Pd= *Peromyscus difficilis*, Pg= *Peromyscus gratus*, Ph= *Peromyscus hylocetes*, Pl= *Peromyscus labecula*, Pz= *Peromyscus zamorae*, Pp= *Peromyscus pectoralis*, Rf= *Reithrodontomys fulvescens*, Rs= *Reithrodontomys sumichrasti*, Sh= *Sigmodon hispidus* y Sm= *Sigmodon mascotensis*.

Cuadro 4. Vegetación y consumo de la vegetación a nivel de Clase en tres localidades de la cuenca de Cuitzeo

Hábitat	Configuración general de la vegetación a nivel de clase en %		Consumo general de la vegetación a nivel de clase en %	
	Monocotiledónea	Dicotiledón	Monocotiledónea	Dicotiledón
Pino-encino	36.25	63.75	18.66	81.34
Matorral-pastizal	41.47	58.53	15.66	84.34
Pastizal-huizache	85.50	14.51	60.68	39.32

Como se observa con el análisis de componentes principales, los individuos de las especies de roedores están comiendo prácticamente cualquier recurso y pareciera no haber una preferencia de consumo por especie (Fig. 3). No obstante, los componentes principales uno y dos explican el 75% de la variación (particularmente los artrópodos para el primero y semillas para el segundo), si se toman los datos (eigenvalores) de cada uno de estos componentes como una variable y se hacen promedios por especie, además de utilizar un índice de alimentación, se tienen ahora tres nuevas variables que incluyen la variación de consumo de cada categoría y cada especie. Si ahora se aplica un análisis de escalamiento multidimensional (MDS) se puede apreciar un ordenamiento más claro en función de alguna preferencia alimenticia para cada especie y su sitio o sitios de colecta (Fig. 4). Hacia la derecha del gráfico se encuentran principalmente especies colectadas en pastizal-huizache, al centro e izquierda se agrupan aquellas que se registraron en bosque de pino-encino y matorral-pastizal. Respecto a preferencias de alimentación, los grupos de especies se ordenan de la siguiente manera: grupo 1, *R. fulvescens*, *B. taylori*, *P. labecula* y *P. zamorae*; estas especies se alimentaron principalmente de artrópodos y partes de planta como hojas de mono-dicotiledónea (Categoría asignada: Artrópodo-brotes de hojas mono-dicotiledónea); grupo 2, *P. hylocetes*, *P. difficilis*, *P. gratus* y *H. irroratus* con preferencia por artrópodos, semillas y frutos (Categoría asignada: Artrópodo-semilla-fruto); grupo 3, *S. mascotensis*, *O. fulvescens* y *B. musculus* con consumo en su mayoría de Semillas y hojas de mono-dicotiledónea (Categoría asignada: Semillas-brotes de hojas mono-dicotiledónea); grupo 4, *R. sumichrasti*, *P. kilpatricki*, *S. hispidus* y *P. pectoralis* comieron pastos, semillas, frutos y artrópodos principalmente (Categoría asignada: Semilla-pasto-fruto-artrópodo); finalmente grupo 5 compuesto solamente por *M. musculus* que presenta una dieta generalista (Categoría asignada: generalista).

Con base en estas categorías asignadas se aplicó un análisis de funciones discriminantes en donde hubo significancia entre las nuevas categorías formadas (Lambda de Wilks < .0001; R = 0.97) y cero casos con malas clasificaciones (Fig. 5).

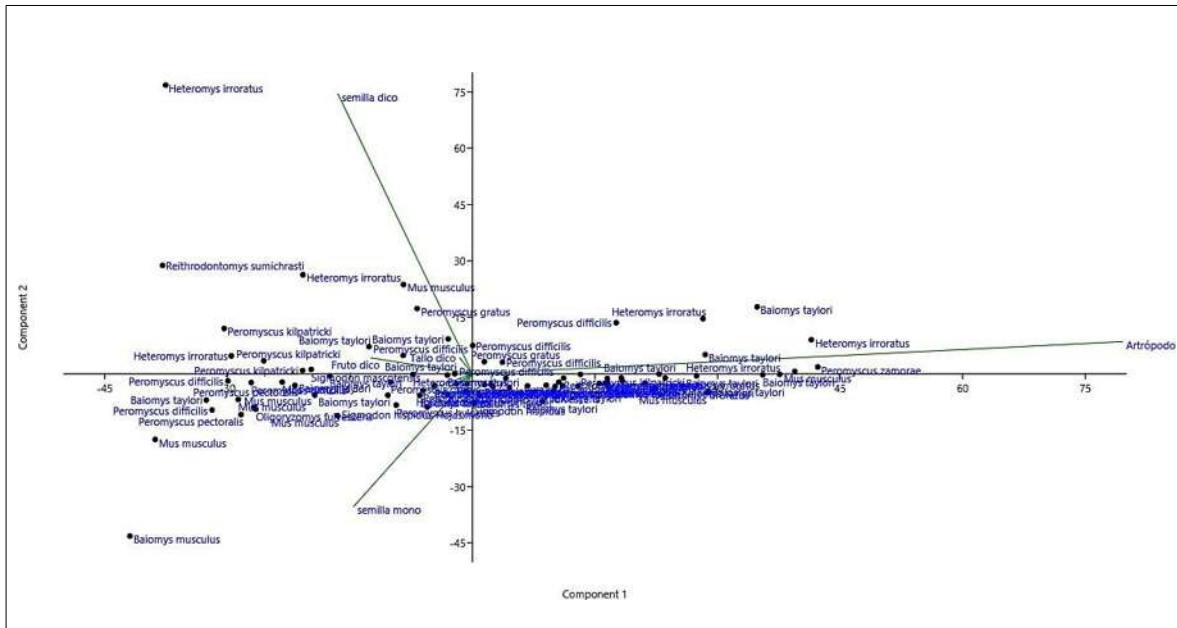


Fig. 3.- Representación gráfica de análisis de componentes principales para la dieta de 16 especies de roedores de la cuenca de Cuitzeo. 75% de variación explicada en tres componentes.

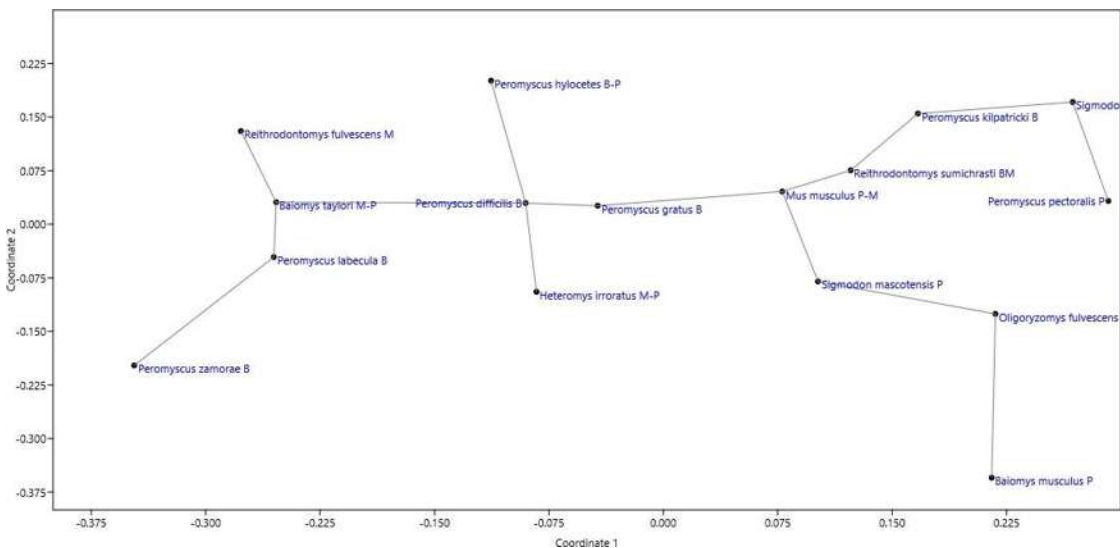


Fig. 4.- Representación gráfica de análisis de escalamiento multidimensional para la dieta de 16 especies de roedores de la cuenca de Cuitzeo. Las letras después del nombre científico corresponden al hábitat en que fueron encontrados: P=pastizal, M=Matorral, B=Bosque, M-P=la mayoría de individuos se encontró en matorral, pero también hay en pastizal, P-M=la mayoría de individuos se encontró en pastizal, pero también hay en matorral.

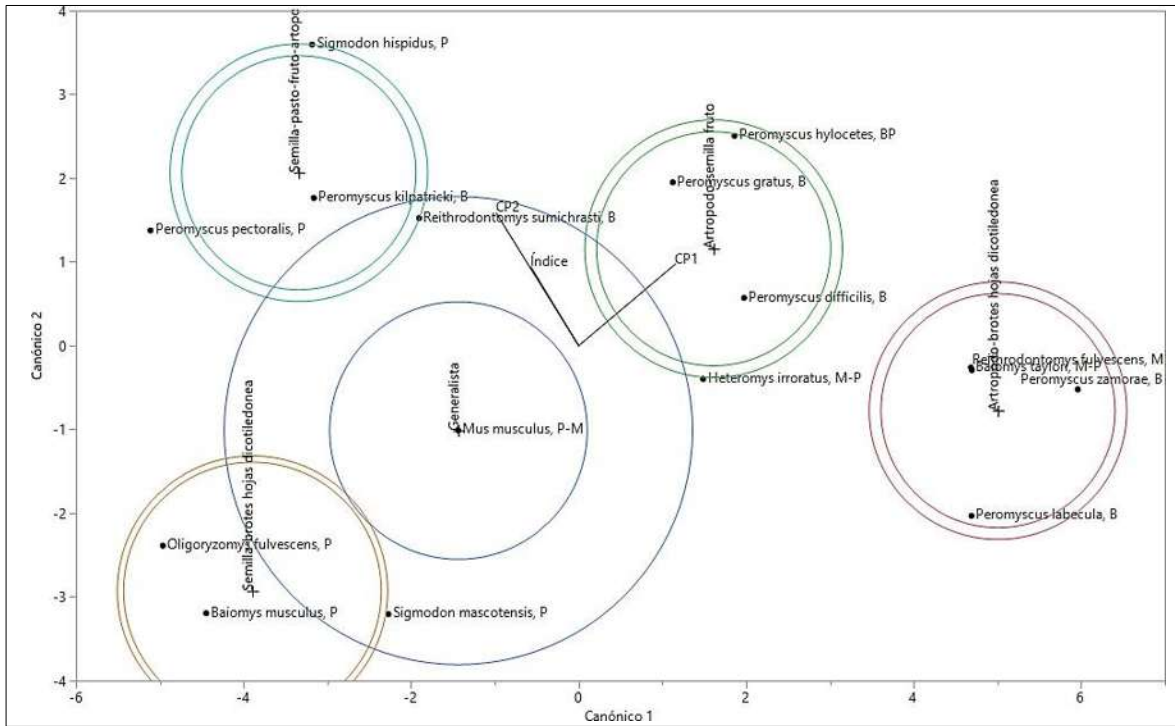


Fig. 5.- Representación gráfica de análisis de funciones discriminantes para la dieta de 16 especies de roedores de la cuenca de Cuitzeo, ubicadas en cinco categorías de alimentación. El traslape del grupo generalista refleja el amplio espectro de alimentación de *Mus musculus*.

De las 16 especies solo cuatro representan el 73.5% de los contenidos estomacales; *Baiomys taylori*, *Peromyscus difficilis*, *Mus musculus* y *Heteromys irroratus*, con un 35.6%, 13.7%, 12.6% y 11.4% respectivamente, las especies restantes solo contribuyeron con cuatro o menos individuos para el análisis.

A continuación, se muestran los resultados en relación a las diferencias de consumo entre estas especies, coeficientes de variación y sobreposición del espectro alimenticio para estas especies.

El segundo alimento con mayor consumo para *B. taylori* y *P. difficilis* fueron las hojas de dicotiledónea, mientras que para *H. irroratus*, y *M. musculus* fueron las semillas de dicotiledónea y monocotiledónea respectivamente. Las cuatro especies mencionadas anteriormente presentaron altos consumos de artrópodos, fue esta categoría la principal en todas (Cuadro 5). Las pruebas de Kruskal-Wallis solo mostraron diferencias significativas entre especies en las siguientes categorías: Tallos ($p=0.027$), donde *M. musculus* que en ningún estomago se registró este alimento mostró diferencia

significativa de consumo respecto a *P. difficilis* ($p=0.016$) y *H. irroratus* ($p=0.015$); semillas ($p=0.026$), *B. taylori* presenta diferencia significativa respecto a *P. difficilis* y *H. irroratus* ($p=0.018$, $p=0.016$); flores ($p=0.013$), *P. difficilis* fue la especie que más consumió este recurso y las pruebas post-hoc muestran diferencias con las especies que menos consumieron flores las cuales fueron: *B. taylori* ($p=0.002$) y *H. irroratus* ($p=0.048$); finalmente frutos ($p=0.49$), en donde la diferencia se marcó entre *P. difficilis* con *H. irroratus* ($p=0.010$) y *B. taylori* ($p=0.017$). Las cuatro categorías corresponden a material de dicotiledóneas, como se nota en el cuadro 3. Ninguna especie mostró diferencias significativas de consumo en relación al sexo.

Cuadro 5. Porcentaje consumido de recursos expresados en promedio y desviación estándar en paréntesis de cuatro especies de roedores.

Alimento	<i>Baiomys taylori</i> (N=34)	<i>Heteromys irroratus</i> (N=10)	<i>Mus musculus</i> (N=8)	<i>Peromyscus difficilis</i> (N=12)
HM	2.47 (3.98)	0.60 (1.89)	3.62 (7.55)	1.66 (2.18)
TM	1.23 (5.71)	1.70 (3.59)	1.75 (3.41)	1.37 (3.21)
SM	1.76 (3.33)	0.90 (1.91)	11.62 (16.66)	2.33 (4.67)
RM	0.11 (0.68)	-- (--)	0.75 (2.12)	0.20 (0.72)
HD	6.35 (6.93)	5.90 (5.87)	3.62 (5.60)	10.58 (8.57)
TD	1.58 (3.07)	5.50 (7.97)	-- (--)	3.33 (4.05)
SD	2.41 (5.03)	17.30 (28.70)	6.75 (10.78)	5.76 (5.81)
FLD	0.29 (1.71)	0.60 (1.89)	1.37 (2.55)	2.51 (4.12)
FRD	3.73 (6.75)	3.00 (3.98)	7.12 (11.07)	8.31 (8.74)
RD	0.61 (2.51)	0.90 (1.91)	-- (--)	0.91 (1.67)
ART	37.67 (16.52)	40.20 (25.76)	22.75 (27.64)	25.25 (15.97)

HM= Hoja de monocotiledónea, TM= Tallo de monocotiledónea, SM= Semilla de monocotiledónea, RM= Raíz de monocotiledónea, HD= Hoja de dicotiledónea, TD= Tallo de dicotiledónea, SD= Semilla de dicotiledónea, FD= Flor de dicotiledónea, FrD= Fruto de dicotiledónea, RD= Raíz de dicotiledónea y ART= Artrópodo.

Para las diferencias de consumo en aquellas especies que se encontraron en más de un hábitat; *B. taylori* solo mostró diferencia significativa en semillas de monocotiledones ($p=0.036$) y *M. musculus* en artrópodos ($p=0.022$), ambas tuvieron mayor consumo de esas categorías en el matorral-pastizal con respecto al pastizal-huizache donde también fueron colectadas. Las diferencias para *H. irroratus* se dieron en hojas de monocotiledónea ($p=0.046$), donde solo se registraron elementos en estómagos provenientes del pastizal-huizache, también en hojas de dicotiledónea ($p=0.031$) con más ingesta en matorral-pastizal, así como de flor ($p=0.046$) y fruto ($p=0.003$) de dicotiledónea, estas dos últimas con más elementos encontrados en pastizal-huizache.

P. difficilis fue la única especie registrada en los tres sitios, 10 de los 12 ejemplares fueron capturados en bosque de pino-encino y de los dos restantes, uno se capturó en pastizal-huizache y el otro en matorral-pastizal; sin embargo, con estos ejemplares solitarios no fue posible comparar diferencias de esta especie entre hábitats.

Por su parte, para las diferentes épocas de muestreo *P. difficilis* y *M. musculus* no mostraron diferencia significativa en ninguno de los recursos por lo que se infiere que su dieta no cambió a lo largo del año. *B. taylori* solo se registró en verano, otoño e invierno, la categoría con diferencia es la de flores de dicotiledóneas que solo presentó registros en estómagos de verano y la cual si presentó diferencia significativa de esta temporada ($p=0.006$) en la relación a las otras dos, probablemente debido a la fenología de la vegetación. Finalmente *H. irroratus* solo se capturó en verano e invierno y la única categoría con diferencia significativa son los frutos de dicotiledóneas ($p=0.023$), este recurso solo se encontró en ratones colectados en verano.

Finalmente, la sobreposición del espectro alimenticio es la siguiente: las especies *M. musculus*, *B. taylori* y *H. irroratus* fueron colectadas en pastizal-huizache y matorral-pastizal, entre ellas tuvieron los valores con mayor similitud de acuerdo al Índice de Morista, siendo las dos últimas el par de mayor valor (0.930). Si bien los individuos de ambas especies se encuentran en su mayoría en matorral-pastizal y consumen principalmente artrópodos, *H. irroratus* complementa su dieta con semillas y frutos y *B. taylori* con hojas de dicotiledónea. Por el contrario, la especie *P. difficilis* colectada en bosque de pino-encino, obtuvo los valores más bajos de similitud con respecto a las tres antes mencionadas, siendo el par *B. taylori*–*P. difficilis* el valor más bajo (0.490) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Índice Morista para grado de sobreposición de nicho con pares de especies, con base en las categorías alimenticias.

Pares de especies	Índice de Morista
<i>B. taylori</i> – <i>H. irroratus</i>	0.930
<i>B. taylori</i> – <i>M. musculus</i>	0.835
<i>B. taylori</i> – <i>P. difficilis</i>	0.496
<i>H. irroratus</i> - <i>M. musculus</i>	0.855
<i>H. irroratus</i> - <i>P. difficilis</i>	0.601
<i>M. musculus</i> - <i>P. difficilis</i>	0.707

Discusión

En los compendios sobre la biología de mamíferos y para el caso particular de las especies de roedores, se observa un amplio espectro alimenticio. En general las especies no suelen ser especialistas y la dieta en su mayoría está basada en semillas e invertebrados (Ceballos-González y Oliva, 2005), tal como se observó en este estudio.

Como se mencionó en la sección de resultados, los artrópodos fueron el recurso más consumido en los tres hábitats y en todas las temporadas, una razón de haber encontrado partes de estos organismos puede ser derivado de que el exoesqueleto de estos animales logra resistir más tiempo en el estómago a diferencia de las plantas (Noblecilla y Pacheco, 2012). Lo que es probable que pueda haber implicado un sesgo en el momento de revisar los contenidos estomacales y por lo tanto se haya registrado más este recurso.

Por su parte, con los elementos vegetales (semillas principalmente) que mejor se aprovecharon corresponde con la configuración vegetal a nivel de clase presentada en cada hábitat (Cuadro 4); aunque debido a la dureza de la testa de las semillas puede tardar más en degradarse, en comparación con otras partes de la planta.

Se conoce que la comunidad vegetal en la región muestra una diversidad considerable, documentada anteriormente para distintos estratos de la vegetación, desde herbáceas (Cornejo-Tenorio et al., 2013) hasta estrato arbustivo y arbóreo (Maza-Villalobos et al., 2014), lo que se corrobora por los taxones vegetales aquí presentados y analizados por Cervantes-Barriga et al. (en preparación) (Cuadro 1). Por lo tanto, sería valioso que en estudios posteriores no se limitara la categorización nivel de clase (monocotiledónea) y se lograra tener un mejor detalle de las especies de plantas que son consumidas para que permitan un mejor entendimiento de la dieta de los roedores. Este aspecto es fundamental ya que se podrían analizar las plantas más consumidas en aquellos sitios con vegetación remanente, los cuales proveen de refugio y alimento a comunidades de pequeños roedores y promueven estabilidad para especies residentes como Vázquez et al., (2023) han documentado. En este sentido y como se explicó en el capítulo anterior de este proyecto, los matorrales en la cuenca de Cuitzeo comienzan a mostrar signos de aislamiento (Correa-Ayram et al., 2014), por tal razón sería importante

entender mejor la relación entre la vegetación y su consumo, así como la fauna que ahí habita.

En relación a la alimentación para cada especie de roedores; comenzando con aquellas en las que solo se revisó un individuo, es importante precisar que, si bien existen trabajos en donde se ha analizado el contenido estomacal a especies con un solo ejemplar, por ejemplo, León-Tapia et al. (2018), lo ideal es tener un mayor tamaño de muestra que permita inferir tendencias de consumo. Aun así, la información que pueda aportar un solo individuo es valiosa y en principio permite describir su consumo. En este estudio, los resultados de las especies con estos casos contribuyen a complementar lo reportado en literatura y permiten ser precursores de investigaciones de este tipo de manera local (Cuadro 7).

Cuadro 7. Alimentos encontrados en especies con un solo individuo.

Especie	Dieta en la literatura	Fuente	Mayor proporción de dieta en este trabajo
<i>B. musculus</i> (n=1)	Nueces, corteza, semillas, pasto y hojas de arbustos	Packard (1960)	Semillas de monocotiledónea
<i>O. fulvescens</i> (n=1)	Semillas y frutos silvestres	Núñez-Garduño (2005)	Hojas y semillas de monocotiledónea
<i>P. labecula</i> (n=1)	Semillas, frutos e insectos	Vickery et al. (1994)	Artrópodos, hoja de mono y dicotiledónea
<i>R. fulvescens</i> (n=1)	Hojas, semillas y tallos de dicotiledóneas	Vázquez et al. (2004)	Hojas y frutos de dicotiledónea
<i>S. mascotensis</i> (n=1)	Partes verdes de las plantas, semillas e insectos	Martínez-Chapital et al. (2017)	Frutos de dicotiledónea y artrópodos

De la misma manera, para las especies que se analizaron con dos a cuatro individuos, sería importante aumentar el tamaño de muestra; pero por el momento se puede compartir que, con los datos aquí obtenidos, *R. sumichrasti*, *P. gratus* y *S. hispidus* hicieron consumo de recursos ya antes reportados en su dieta. *P. pectoralis* y *P. kilpatricki* muestran recursos diferentes a los encontrados en otras poblaciones, y para el caso de *P. zamorae* y *P. hylocetes* la información respecto a su dieta es nula, lo que hace de este trabajo un precedente para la información alimentaria de estas dos especies (Cuadro 8).

Cuadro 8. Alimentos encontrados en especies con dos a cuatro individuos.

Especie	Dieta en la literatura	Fuente	Mayor proporción de dieta en este trabajo
<i>R. sumichrasti</i> (n=2)	Semillas y frutos de Poaceae y Asteraceae	Núñez-Garduño (2005)	Semillas y hojas dicotiledóneas, artrópodos
<i>P. pectoralis</i> (n=2)	Semillas de <i>Juniperus</i> , cactus e insectos	Baccus et al. (2009); Schmidly, (1974)	Hojas y frutos de dicotiledóneas
<i>P. zamorae</i> (n=2)	-----	-----	Artrópodos y hojas de dicotiledónea
<i>P. gratus</i> (n=4)	Insectos y semillas	Hoffmeister (1981)	Artrópodos y frutos de dicotiledónea.
<i>P. kilpatricki</i> (n=4)	Semillas y frutos	Kalcounis y Millar (2002)	Artrópodos, hojas y semillas de dicotiledónea
<i>P. hylocetes</i> (n=2)	-----	-----	Artrópodos y hojas de monocotiledónea
<i>S. hispidus</i> (n=2)	Pastos	Fleharty y Olson (1969),	Pasto y artrópodos

Para el caso de las cuatro especies con más de ocho ejemplares, los datos permiten tener un mejor panorama sobre preferencias de consumo en la región. Ninguna de ellas mostró un comportamiento de alimentación especialista, ni diferencia en alimentación en relación al sexo, como se ha registrado para otras especies, por ejemplo, *Sigmodon hispidus* (Cameron y Spencer, 1985).

Según Packard (1960), *B. taylori* se distribuye en matorrales y zonas áridas y tiene principalmente consumo de semillas de gramíneas. Los ejemplares de este estudio, corresponde a los hábitats de distribución mencionados en la literatura, matorral-pastizal y pastizal-huizache, en este caso. Sin embargo, la dieta cambia, ya que mostró mayor consumo de artrópodos, seguido de hojas de dicotiledóneas.

H. irroratus al igual que la especie anterior también se suele encontrar en zonas de matorral entre arbustos y rocas, se tienen registros de consumo principalmente de semillas e invertebrados (Dowler y Genoways, 1978) y un estudio en el estado de Morelos describió que consumía principalmente partes de pastos del género *Oplismenus* (Mason-Romo, 2005). En las áreas de estudio (las mismas que la especie anterior), su dieta y distribución fue similar a la reportada en la literatura.

M. musculus se considera una especie invasora asociada a espacios con presencia humana considerable. Se conoce que consumen lo que esté disponible sin discriminar recurso, en estado silvestre aprovecharán lo que esté disponible como hojas, semillas tallos, insectos y carne (Battersby et al., 2008). Como se mencionó en el capítulo uno, tanto el matorral-pastizal y pastizal-huizache presentan un considerable impacto

antropogénico, por lo que era posible encontrar esta especie, ya que suele tener comportamiento sinantrópico (Hernández-Pacheco et al., 2013), en este estudio consumió en su mayoría artrópodos y semillas de monocotiledónea en ambas localidades. Pese a ser invasora, no fue la especie dominante en matorral-pastizal, pero sí fue la especie con más individuos en pastizal-huizache, quizás debido a las cercanías de este sitio con asentamientos humanos, así como campos de cultivo en los alrededores.

Peromyscus difficilis se encontró en los tres sitios, pero su mayor abundancia fue en el bosque de pino-encino, lo que tiene relación con los lugares donde ha sido reportado (Ceballos-González y Oliva, 2005; Fernández et al., 2010), después de los artrópodos, lo que más consumió fue hojas y frutos de dicotiledóneas, alimentos ya antes reportados en su dieta (Peralta-Juárez, 2015).

Sería importante seguir investigando la dieta de roedores en esta región, ya que como se expresó en el capítulo uno de este trabajo, la cuenca se encuentra amenazada por las presiones de actividad humana en la región (Correa-Ayram et al., 2014) y hay señales del efecto de cambio climático (Hernández-Santoyo et al., 2023). Estos factores son realmente relevantes debido a las adaptaciones de los roedores en áreas perturbadas por el hombre (Hernández-Pacheco et al., 2013) y como se observó en la categoría de consumo “desechos antropogénicos”, el 10% de las especies aquí registradas presentaron consumo de estos elementos, incluso las que viven en el bosque de pino-encino, el cual a simple vista pareciera ser un sitio conservado, pero que lo observado en los estómagos provenientes de ese lugar lo contradice.

El conocimiento del hábitat en que viven las especies, así como lo que consumen es importante para seguir conociendo la biología de cada una de ellas. En México, los estudios de dieta en roedores se han centrado en especies de los géneros *Peromyscus* y *Sigmodon* principalmente (Peña-Ramos et al., 2009; Peralta-Juárez, 2015), aunque también existen trabajos con *Nelsonia goldmani* (León-Tapia et al., 2018), *Microtus mexicanus* y algunas especies de *Reithrodontomys* (Matamoros-Trejo y Cervantes, 1992; Vázquez et al., 2000), por lo que este trabajo aporta información para aquellas que ya han sido estudiadas y es precursor de aquellas en las que la información es poca o nula.

Conclusión

- Los roedores de la cuenca de Cuitzeo están aprovechando los recursos que ofrece el hábitat en que viven y se refleja en el patrón de la configuración vegetal que corresponde con lo que están comiendo.

- Ninguna especie mostró tendencia a una alimentación especialista. Pese a que para la mayoría de las especies se requiere aumentar el tamaño de la muestra, por el momento se puede expresar que *B. musculus*, *O. fulvescens*, *P. difficilis*, *P. gratus*, *P. labecula*, *R. fulvescens*, *S. mascotensis*, *R. sumichrasti*, *H. irroratus*, *S. hispidus* y *B. musculus* presentaron elementos de comida ya antes registrados en la literatura. *P. pectoralis*, *B. taylori*, y *P. kilpatricki* muestran una alimentación diferente a la de otras poblaciones. Y para *P. zamorae* y *P. hylocetes* la información de dieta es nula, por lo que este trabajo contribuye y es precedente para el conocimiento de la dieta estas dos especies.

- La vegetación original de la cuenca de Cuitzeo ha disminuido en las últimas décadas, en particular, el pastizal-huizache y el matorral-pastizal se encuentran amenazados por asentamientos humanos cercanos, por lo que encontrar rastros de desechos antropogénicos no fue sorpresa, pero si lo fue para el sitio de pino-encino porque los bosques del sur de la cuenca parecen ser lugares conservados, sin embargo, este estudio demuestra lo contrario.

Literatura

- Baccus, J. T., Hardwick, J. M., Huffman, D. G. y Kainer, M. A. (2009). Seasonal trophic ecology of the white-ankled mouse, *Peromyscus pectoralis* (rodentia: Muridae) in central Texas. *Texas Journal of Science*, 61, 97–118.
- Battersby, S., Hirschhorn, R. B. y Amman, B. R. (2008). Commensal rodents. En X. Bonnefoy, H. Kampen, y K. Sweeney (Eds.), *Public Health Significance of Urban Pests* (pp. 387–419). World Health Organization.
- Cameron, G. N., y Spencer, S. R. (1985). Assessment of space-use patterns in the hispid cotton rat (*sigmodon hispidus*). *Oecología*, 68, 133–139.
- Ceballos-González, G. y Oliva, G. (2005). *Los mamíferos silvestres de México*. México D. F., México: CONABIO; Fondo de Cultura Económica.
- Cornejo-Tenorio, G., Sánchez-García, E., Flores-Tolentino, M., Santana-Michel, F. J. e Ibarra-Manríquez, G. (2013). Flora y vegetación del cerro el águila, Michoacán, México. *Botanical Sciences*, 91, 155-180.
- Correa-Ayram, C. A., Mendoza, M. E. y López-Granados, E. (2014). Análisis del cambio en la conectividad estructural del paisaje (1975-2008) de la cuenca de Cuitzeo, Michoacán, México. *Revista de Geografía Norte Grande*, 59, 7-23.
- Cram, S., Galicia, L., y Israde-Alcántara, I. (2010). *Atlas de la cuenca del lago de Cuitzeo: análisis de su geografía y su entorno socioambiental*. México: UNAM; UMSNH.
- Dowler, B. R. C., y Genoways, H. H. (1978). *Liomys irroratus*. *Mammalian Species*, 82, 1–6.
- Feldhamer, G. A., Drickamer, L. C., Vessey, S. H., Merritt, J. F., y Krajewski, C. (2015). *Mammalogy adaptation, diversity and ecology*. Maryland, U.S.A. Johns Hopkins University press.
- Fernández, J. A., García-Campusano, F. y Hafner, M. S. (2010). *Peromyscus difficilis* (Rodentia: Cricetidae). *Mammalian Species*, 42, 220–229.
<https://doi.org/10.1644/867.1>
- Fleharty, E. D., y Olson, L. E. (1969). Summer Food Habits of *Microtus Ochrogaster* and *Sigmodon Hispidus*. *Journal of Mammalogy*, 50, 475–486.

<https://doi.org/10.2307/1378774>

Hamer, Q., Harper, D. A. T. y Ryan, P. D. (2001). PasT: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontologia Electronica*, 4, 1-9.

Hernández-Pacheco, M. T., Vásquez-López, I., García-Gómez, L., y Rodríguez-Lagunes, D. A. (2013). Establecimiento de un plan de manejo integrado de roedores plaga de la caña de azúcar, Veracruz, México.

Hernández-Santoyo, A., Ortiz-Paniagua, C. F., y Alcaraz-Vera, J.V. (2023). El riego agrícola ante el cambio climático en la región Cuitzeo de estado de Michoacán, México. *Acta Universitaria Multidisciplinary Scientific Journal*, 33, 1-19.

<http://doi.org/10.15174/au.2023.3763>

Hammerschlag, C. M., Yeager, L. A., Araújo, M. S., y Layman, C. A. (2011). A hypothesis-testing framework for studies investigating ontogenetic niche shifts using stable isotope ratios. *PLoS ONE*, 6, 1-7.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0027104>

Hoffmeister, D. F. (1981). *Peromyscus truei*. *Mammalian Species*, 161, 1–5.

Horn H.S. (1966). Measurement of “overlap” in comparative ecological studies.

American Naturalist, 100. 419-424. <https://doi.org/10.1086/282436>

JMP, Versión 13. SAS Institute Inc., Cary, Carolina del Norte, 1989–202

Kalcounis, M. C., y Millar, J. S. (2002). Partitioning of space, food, and time by syntopic *Peromyscus boylii* and *P. californicus*. *Journal of Mammalogy*, 83, 614–625.

León-Tapia, M. Á., ZaragozaQuintana, E. P., Peralta-Juárez, C. M., y Cervantes, F. A. (2018). Morphology and stomach content of the goldman’s diminutive woodrat *nelsonia goldmani* (Cricetidae: Neotominae). *Therya*, 9, 251–254.

<https://doi.org/10.12933/therya-18-634>

Mackenzie, R. B. (1972). Importancia de los roedores para la salud publica en sudamerica. *Bulletin de La OMS*, 47, 161–169.

Martínez-Chapital, S. T., Schnell, G. D., Sánchez-Hernández, C. y Romero-Almaraz, M L. (2017). *Sigmodon mascotensis* (Rodentia: Cricetidae). *Mammalian Species*, 49, 109–118.

Márquez-Luna, J. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín*

Sociedad Entomológica Aragonesa, 37, 385–408.

- Mason-Romo, E. D. (2005). *Efectos de la perturbación del hábitat y la estacionalidad climática en la dieta del ratón espinoso mexicano *Liomys irroratus* (Gray, 1868) en una selva seca del sur del estado de Morelos*. Tesis. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Matamoros-Trejo, G. J., y Cervantes, F. A. (1992). Alimentos de los roedores *Microtus mexicanus*, *Reithrodontomys megalotis* y *Peromyscus maniculatus* del ex-lago de Texcoco, México. *Anales Instituto de Biología. Serie Zoología, UNAM*, 63, 135–144.
- Maza-Villalobos, S., Macedo-Santana, F., Rodríguez-Velázquez, J., Oyama, K. y Martínez-Ramos, M. (2014). Variación de la estructura y composición de comunidades de árboles y arbustos entre tipos de vegetación en la cuenca de Cuitzeo, Michoacán. *Botanical Sciences*, 92, 243-258.
- Monterrubio-Rico, T. C., Charre-Medellín, J. F., Colín-Soto, C. Z., y León-Paniagua, L. (2014). Los mamíferos del estado de Michoacán. *Revista Mexicana de Mastozoología Nueva Época*, 4, 1-17.
- Morales-Medina, X. (2010). *Contribuciones para la facilitación de los estudios sobre dieta en ratones silvestres, tomando como ejemplo al género *Peromyscus**. Tesis de Maestría. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana. México D. F.
- Nielsen, J. M., Clare, E. L., Hayden, B., Brett, M. T., y Kratina, P. (2018). Diet tracing in ecology: Method comparison and selection. *Methods in Ecology and Evolution, British Ecological Society*, 9, 278–291. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12869>
- Noblecilla, M. C., y Pacheco, V. (2012). Dieta de roedores sigmodontinos (Cricetidae) en los bosques montanos tropicales de Huánuco, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 19, 317–322. <https://doi.org/10.15381/rpb.v19i3.1046>
- Núñez-Garduño, A. (2005). *Los mamíferos silvestres de Michoacán: diversidad, Biología e importancia*. México: Coordinación de la Investigación Científica, UMSNH.
- Odum, E. P. (1986). *Ecología*. D.F. México: Interamericana.
- Packard, R. L. (1960). Speciation an evolution of pygmy mice, genus *Baiomys*. *University of Kansas Publications, Museum of Natural History*, 9, 579–670.

- Peña-Ramos, J. L., López-Collado, J., Alarcón-Zúñiga, B., Vargas-Mendoza, M., Vázquez-López, I., y Landeros-Sánchez, C. (2009). Composición de la dieta de *Sigmodon hispidus* (Rodentia: Cricetidae) en caña de azúcar. *Mastozoología Neotropical*, 16, 365–378.
- Peralta-Juárez, C. M. (2015). Dieta de *Peromyscus difficilis* (Rodentia: Muridae) en un bosque templado en el parque nacional desierto de los leones, D.F. Tesis de Maestría. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana. México D. F.
- Romero-Almaraz, M L., Sánchez-Hernández, C., García-Estrada, C. y Owen R. (2007). *Mamíferos pequeños: Manual de técnicas de captura, preparación preservación y estudio*. D. F., México: UNAM.
- Schmidly, D. J. (1974). *Peromyscus pectoralis*. *Journal of Mammalogy*, 49, 1–3.
- Sikes, R. S. (2016). 2016 Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research and education. *Journal of Mammalogy*, 97, 663–688. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyw078>
- Smith, T. M., y Smith, R. L. (2007). *Ecología*. Madrid, España: Pearson Addison Wesley.
- Solari, S. (2007). Trophic relationships within a highland rodent assemblage from manú national park, Cusco, Perú. En D. A. Kelt, E. P. Lessa, J. Salazar y J. L. Patton (Eds.), *The quintessential naturalist: honoring the life and legacy of Oliver P. Pearson* (pp. 225-240). Los Angeles, California, U.S.A. University of California.
- Torres-Castro, M. A. (2017). ¿Son los roedores sinantrópicos una amenaza para la salud pública de Yucatán? *Revista Biomédica*, 28, 179–186.
- Valenzuela, V. H., Herrera, T., Gaso, M. I., Pérez-Silva, E., y Quintero, E. (2004). Acumulación de radiactividad en hongos y su relación con roedores en el bosque del Centro Nuclear de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 20, 141–146.
- Vázquez, L. B., Cameron, G. N., y Medellín, R. A. (2000). Hábitos alimentarios y biología poblacional de dos especies de roedores en el occidente de México. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 4, 5–21.

- Vázquez, L. B., Cameron, G. N., y Medellín, R. A. (2004). Characteristics of diet of *Peromyscus aztecus* and *Reithrodontomys fulvescens* in Montane Western Mexico. *Journal of Mammalogy*, 85, 196–205. <https://doi.org/10.1644/BRG-108>
- Vázquez, J., Rodríguez-Martínez, L. y Aguilera-Miller, E. F. (2023). Remanentes de vegetación original: un hogar para los ratones silvestres. *Therya Ixmana*, 2, 37–39. https://doi.org/10.12933/therya_ixmana-23-297
- Vickery, W. L., Daoust, J.-L., Wartiti, A. El, y Peltier, J. (1994). The effect of energy and protein content on food choice by deer mice, *Peromyscus maniculatus* (Rodentia). *Animal Behavior*, 47, 55–64.
- Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., y Umaña, A. M. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Bogotá, Colombia: Programa Inventarios de Biodiversidad; Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.

CAPÍTULO 3. MICRODESGASTE DENTAL EN ROEDORES ACTUALES: PERSPECTIVA EXPERIMENTAL Y DE CAMPO, PARA SU UTILIDAD EN POBLACIONES FÓSILES

Resumen

La importancia de las piezas dentales en los animales que las presentan radica principalmente en ser elementos que comienzan con el proceso de alimentación. A lo largo de la vida de los animales, el diente sufrirá desgaste debido a la atrición y abrasión, relacionado en parte con el consumo de alimento. A nivel microscópico tal desgaste produce rayones y hoyos, que al analizarlos permite inferir dieta y hábitat de organismos en el pasado. Este tipo de estudios en roedores son escasos, además, la metodología falta ser estandarizada; por lo que el objetivo del presente trabajo fue generar un patrón de microdesgaste dental para roedores fósiles, con base en un modelo generado con ejemplares actuales.

Se llevó a cabo un diseño experimental con 48 ejemplares de *Rattus norvegicus* (variedad Wistar), sometidos a cinco dietas distintas. Además, se usaron 97 ejemplares de 17 especies silvestres actuales provenientes de la cuenca de Cuitzeo, Michoacán; y como población fósil, se usaron 17 ejemplares de *Sigmodon hispidus* del Pleistoceno tardío y 8 ejemplares de *S. cf. minor* del Pleistoceno temprano de dos localidades de Michoacán. En todos los ejemplares se obtuvieron promedios y proporciones de las variables rayas, hoyos y desportilladuras. Se aplicó un Análisis de Componentes Principales, un Análisis de Funciones Discriminantes Canónicas y un Análisis de Varianza Multivariado con el fin de conocer las variables más informativas y determinar si entre los grupos de especies, localidades y tratamientos de dieta existen diferencias significativas en las variables de desgaste. Los resultados sugieren que el modelo de microdesgaste generado a partir de ejemplares de roedores actuales es funcional y adecuado para inferir dieta y hábitat de las poblaciones en el pasado. El análisis sugiere que la especie fósil *Sigmodon hispidus* presentó preferencia de consumo por pasto y habitaba en pastizales.

En cambio, para *S. cf. minor* se infiere que su alimentación estaba basada en pastos, semillas y frutos y era moradora de matorrales. Con base en esta información se puede especular que los hábitats de donde provienen estas especies fósiles no han cambiado considerablemente a nivel general.

Palabras clave: Microdesgaste, paleodieta, paleohábitat, Rodentia, Pleistoceno

Abstract

The importance of teeth in animals is that those elements begin with the feeding process. Throughout the life of animals, the tooth will suffer wear due to attrition and abrasion, related in part to feed consumption. At the microscopic level, such wear produces scratches and holes, which when analyzed allows inferring diet and habitat of organisms in the past. This type of studies in rodents are scarce, in addition, the methodology needs to be standardized; Therefore, the objective of this work was to generate a pattern of dental microwear for fossil rodents, based on a model generated with current specimens. An experimental design was carried out with 48 specimens of *Rattus norvegicus* (Wistar variety), subjected to five different diets. In addition, 97 specimens of 17 current wild species from the Cuitzeo basin, Michoacán were used; also, as a fossil population, 17 specimens of *Sigmodon hispidus* from the Late Pleistocene and 8 specimens of *S. cf. minor* from the Early Pleistocene from two localities in Michoacán were used. In all specimens, averages and proportions of the variable's scratches, pits and gouges were obtained. Principal Component Analysis, Canonical Discriminant Function Analysis, and Multivariate Analysis of Variance were applied in order to know the most informative variables and determinate significant differences between species groups, localities, and diet treatments. The results suggest that the microwear model generated from current rodent specimens is functional and adequate to infer diet and habitat of populations in the past. The analysis suggests that the fossil species *Sigmodon hispidus* showed a preference for consumption by pasture and lived in grasslands. On the other hand, for *S. cf. minor* it is inferred that her diet was based on pastures, seeds and fruits and that she was a dweller of scrubs. Based on this information, it can be speculated that the habitats from which these fossil species come, have not changed considerably at a general.

Keywords: Microwear, paleodiet, paleohabitat, Rodentia, Pleistocene

Introducción

La dieta en estudios ecológicos está relacionada con el flujo de energía, estudiarla contribuye a entender parte de la funcionalidad de una comunidad y del ecosistema en general (Ungar, 2010). A los dientes les corresponde el primer paso de ese proceso, que consiste en triturar la comida para que la asimilación de nutrientes sea más sencilla.

Desde que el diente emerge en la ontogenia de los individuos es usado y comienza a desgastarse, ya sea por atrición (contacto diente con dientes) o abrasión (diente-comida-diente) (Hillson, 2005), estos deterioros se producen a niveles macro y microscópicos, por lo que analizarlos resulta de interés en ecología y paleontología, porque permite inferir dieta y hábitat de especies, tanto actuales como fósiles.

El método de mesodesgaste mide el grado en que se ha usado el diente a lo largo de la vida media del animal (variables= relieve oclusal y forma de las cúspides). El desgaste provocado por las propiedades físicas de los alimentos sugiere categorizar la dieta en: Pacedor (pastos), ramoneador (hojas) y mixto, este procedimiento es rápido, y su análisis puede conseguirse con el alcance de la vista humana (Fortelius y Solounias, 2000).

Por su parte, el microdesgaste resulta ser un método valioso que profundiza el análisis a una escala microscópica, por lo que ha sido de los más utilizados para proporcionar una visión sobre la vida en el pasado (Ungar et al., 2008).

Actualmente hay dos formas de estudiar la señal de microdesgaste, en dos (2D) y en tres dimensiones (3D); a su vez 2D se divide en alta y baja amplificación; en la primera como lo propuso Rensberger (1978), se utiliza una microfotografía que se obtiene con ayuda de un Microscopio Electrónico de Barrido (*Scanning Electron Microscope*, SEM) para observar directamente en el diente las variables básicas que son: rayones (*scratches*) y hoyos (*pits*). La segunda propuesta surge con Solounias y Semprebon (2002) quienes desarrollaron un nuevo método para analizar las mismas variables a 35X (en animales de grandes tallas), usando réplicas del diente hechas de resina dental de alta precisión, las cuales se observan en un microscopio estereoscópico estándar. En 2006, Scott et al., proponen una nueva técnica en 3D, en la que las variables que se analizan son la superposición de rayones y hoyos de diferentes tamaños (complejidad),

su orientación (anisotropía), las diferencias de textura en diferentes puntos del área de observación (heterogeneidad) y volumen. Una de las desventajas de las técnicas 2D es el error significativo del observador, los análisis 3D han solucionado en lo posible este problema (Mihlbachler et al., 2012), aun así, ambas proporcionan información considerable (Mihlbachler et al., 2019).

La corta duración de vida y pequeña área de actividad de los roedores (Ceballos-González y Oliva, 2005) hace de este grupo un buen modelo para análisis de microdesgaste, ya que los datos obtenidos reflejan con mayor seguridad el hábitat en que vivió el animal. Desde que se propuso por primera vez el método en 1978, Rensberger utilizó roedores en su estudio, y aunque los trabajos siguientes se centraron, en su mayoría en animales de grandes tallas (proboscídeos, ungulados y primates) (Rivals y Semperebon, 2006; Semperebon et al., 2004 y Solounias y Moelleken, 1992), las técnicas se han adaptado cada vez mejor a los roedores (Cuadro 1); sin embargo, aún falta estandarizar las metodologías para mamíferos más pequeños. Además, existen errores intrínsecos en el análisis del microdesgaste, por lo que crear bases de datos relacionadas con el grupo de estudio reduciría estos inconvenientes (Mihlbachler et al., 2012). Una forma de hacerlo es a través de estudios con dietas controladas (Schulz et al., 2013) y revisión de ejemplares colectados en campo.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la señal de microdesgaste en roedores actuales, tanto de ejemplares de laboratorio que fueron sometidos a distintos tipos de alimentos con dietas controladas, como de individuos colectados en campo provenientes de tres hábitats diferentes de la cuenca de Cuitzeo, con el fin de generar un modelo que permita su aplicación para inferencia de dietas, hábitat y estacionalidad en poblaciones de roedores fósiles.

Cuadro 1. Antecedentes de microdesgaste en roedores. En *técnicas de microdesgaste*: AA= alta amplificación, BA= baja amplificación, SEM= microscopía electrónica, ME= microscopía estereoscópica, TX= microscopía confocal; aumentos en paréntesis y superficie analizada en 3mm² o µm.

Autor	Técnica de microdesgaste	Grupo taxonómico	Origen del material de estudio	Datación	Época
Lewis et al., 2000	AA-SEM (700X/1000X)	Arvicolinae	Texas, US	11.100 - 8500	Pleistoceno
Nelson et al., 2005	BA-ME (70X) 0.3mm ²	Sciuridae	Pakistán	---	---
Hopley et al., 2006	AA-SEM-20 µm	Muroidea	South África	3 Ma	Plio-Pleistoceno
Charles et al., 2007	BA-ME (80X/100X)	Muroidea y Diploidea	Asia	---	Eoceno medio y tardío
Lazzari et al., 2008	BA-ME (60X/80X/100X)	Muroidea	Europa, África	---	Oligoceno-Actualidad
Michaux et al., 2008	BA-ME (35X) 0.09mm ²	Sciuridae	Asia-África	Actuales	---
Townsend and Croft, 2008	BA-ME (70X) 0.3mm ²	Caviomorfos	América del sur	Actuales	---
Gomes Rodrigues et al., 2009	BA-ME (100X) 0.01mm ²	Muridae	Etiopía	3.22-3.36 Ma	Plioceno medio
Hautier et al., 2009	BA-ME (115X) 0.01mm ²	Gliridae	España	---	Plio-Pleistoceno
Firmat et al., 2010	BA-ME (100X) 0.01mm ²	Murinae	Islas Canarias, España	6000 al presente	Pleistoceno tardío-Holoceno
Firmat et al., 2011	BA-ME (100X) 0.01mm ²	<i>Malpaisomys insularis</i>	Islas Canarias, España	---	Plioceno-Holoceno
Lazzari et al., 2011	BA-ME (115X)	Muridae y Cricetidae	Francia	---	Mioceno
Stefen, 2011	BA-ME (35X) 0.4mm ²	<i>Castor fiber</i>	Alemania	Actuales	---
Gomes Rodrigues et al., 2012	BA-ME (100X) 0.01mm ²	Cricetidae y Ctenodactylidae	China	---	Oligoceno
Kaya y Kaymakçı, 2013	AA-SEM (540X) 0.01mm ²	Gliridae	Turquía	---	Mioceno tardío
Gomes-Rodrigues et al., 2013	BA-ME (0.01mm ²)	Muroidea	Europa, África	---	Mioceno
Oliver et al., 2014	BA-ME/AA-SEM (100X/200X) 0.01-mm ²	Gliridae	Madrid, España	---	Mioceno medio
Caporale y Ungar, 2016	TX (100X) 138 µm x 102 µm	Muridae	África	Actuales	---
Burgman et al., 2016	TX (150X) 85 µm x 64 µm	Muridae	África	Actuales	---
Ungar et al., 2017	TX (150X) 85 µm x 64 µm	---	Kenia, África	---	Plioceno
Winkler et al., 2019*	TX	<i>Cavia porcellus</i>	Sudamérica	Actuales	---
Mihlbachler et al., 2019*	TX y BA-ME	"ratas"		Actuales	---
Gusovsky y Sinitza, 2019	BA-ME-0.09mm ²	Sciuridae	Ucrania	---	Mioceno tardío
Robinet et al., 2020	TX (100X) 50 µm x 50 µm	Caviomorfos	Brasil	Actuales	---
Menéndez et al., 2020	AA-SEM (500X) 0.01mm ²	Sciuridae	Namibia y Península Ibérica	Actual y fósil	Mioceno
Cervantes-Barriga et al., 2020	BA-ME (100X) 0.01mm ²	<i>Sigmodon hispidus</i>	México	Actual y fósil	Pleistoceno tardío
Winkler et al., 2020*	TX (100X) 160 µm ²	<i>Rattus norvegicus</i>	---	Actual	---
Ungar et al., 2021	TX	<i>Lemmus sibiricus</i> ; <i>Lasiopodomys gregalis</i>	Rusia	Actual	---
Martin et al., 2022*	TX	<i>Cavia</i>	---	actual	---

Weber et al., 2022*	TX (100X) 160 µm × 160 µm	<i>Otomys</i> (y otros vertebrados)	---	Actual	---
Robinet et al., 2022*	TX (100X)	Echimyidae	Guayana Francesa	Actual	---
Stoetzel et al., 2023	BA-ME. (100X) 0.01mm ²	<i>Arvicanthis</i>	África	Actual y fósil	Pleistoceno medio
Sripho et al., 2024	BA-ME (100X) 0.01mm ²	Muridae y Diatomyidae	Asia	Actual	---

Materiales y métodos

Trabajo de Campo

Ubicación de sitios de estudio y colecta de roedores

Tanto la ubicación de los sitios de estudio como de las técnicas de colecta de roedores se han abordado en los capítulos anteriores.

Roedores silvestres colectados en campo

Se revisó el microdesgaste dental de 97 ejemplares de 17 especies de roedores pertenecientes a tres familias (Heteromyidae, Cricetidae y Muridae), las cuales provienen de tres hábitats (pastizal, matorral y bosque de pino-encino) de la cuenca de Cuitzeo. Se utilizaron las categorías de dieta y hábitat de estas especies establecidas en el capítulo dos de este trabajo (Capítulo dos; Fig. 5).

Trabajo de laboratorio

Dietas controladas

Se diseñó un experimento completamente aleatorizado (balanceado, n=8) con cinco tratamientos consistentes en diferentes dietas; tratamiento 1= Pasto (*Paspalum* sp.); tratamiento 2= Semillas (avena); tratamiento 3= Artrópodo (ortóptero); tratamiento 4= Hoja (alfalfa); tratamiento 5= Fruto (jitomate), más un testigo= control P (Pellets de uso comercial), que fue el alimento que se dio a todos los ejemplares una vez destetados, llamados nutricubos de la marca Purina. Como variables de respuesta se observaron las marcas de abrasión (rayones, hoyos y “desportilladuras”) producto de la alimentación usada en cada tratamiento.

Los especímenes se alimentaron en recipientes separados y el modelo biológico utilizado fue *Rattus norvegicus* variedad Wistar, modelo muy utilizado en experimentos de laboratorio (Vargas-Miranda et al., 2018).

Debido a que las marcas de microdesgaste en ejemplares fósiles reflejan las últimas comidas (últimas dos a tres semanas) (Solounias y Semprebon, 2002), y en caso de los roedores de laboratorio el intercambio de las cicatrices llega a durar hasta 15 días (Mihlbachler et al., 2019), cada tratamiento se decidió tuviera una duración de 20 días. El experimento se llevó a cabo en el bioterio de la Facultad de Farmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), siguiendo los lineamientos de la NOM-062.ZOO.1999.

Análisis de microdesgaste

Gomes-Rodrigues et al. (2009) proponen que para roedores se deben observar también las mismas variables que en animales grandes, pero distingue rayones finos (si la anchura de la estría es menor a 5 μm); rayones gruesos (si la anchura de la estría es mayor a 5 μm); hoyos pequeños (si el diámetro del hoyo es menor a 5 μm) y hoyos grandes (si el diámetro del hoyo es mayor a 5 μm); además, estos autores recomiendan que sea la faceta más lingual del hipocono del primer molar superior donde se analicen las marcas de microdesgaste, debido a que es en esta pieza y en particular en esa zona donde se hace el primer impacto de diente-comida-diente usando una ampliación de 100x en un área de 0.01 mm² con réplicas de los dientes.

En el presente trabajo se usó la misma zona de observación que proponen los autores antes mencionados (hipocono) pero usando alta ampliación de 1000x directamente en el diente y en una superficie de 50 μm^2 , con el fin de observar de manera más clara y directa las marcas en la superficie del esmalte; por otro lado, las variables utilizadas fueron: rayas, hoyos y “desportilladuras”, agregando el largo y ancho de cada variable. En ejemplares actuales se tomó como referencia el molar derecho.

A continuación, se detalla la adaptación que se hizo con el método de microdesgaste de alta ampliación para el caso de roedores:

- 1) Se limpió la cara oclusal del primer molar superior.

2) Se introdujo al Microscopio Electrónico de Barrido Ambiental (ESEM), con el fin de obtener una micrografía del área del hipocono con una amplificación de 1000x.

3) Se registró el número de hoyos, rayones y “desportilladuras” (así como largo y ancho de cada variable) en una superficie de 50 μm^2 con ayuda del programa microwear 4.02 (Ungar, 2002).

¿Por qué una ampliación de 1000X y no de 10X?

En animales (roedores) que presentan longitudes grandes (>300mm de longitud) los dientes suelen ser también grandes (proporcionales al cuerpo), como los múridos utilizados por Gomes-Rodrigues et al. (2009), aunque en el presente estudio se colectaron dos especies de tamaños similares a los múridos utilizados por los autores mencionados, la mayoría de las especies son de tamaños menores (<250mm de longitud, la mayoría <150mm). En principio, en una fotografía usando ESEM a 100x se revela la dificultad de observar las marcas si se comparan especies con diferente tamaño (Fig. 1), aunque en la primera foto (1A) se podrían contar marcas, en la segunda (1B) se dificulta. Con especies grandes como *Sigmodon hispidus*, pese a que se observan marcas a 100X, con una amplificación de 1000x las marcas se aprecian con más claridad (Fig. 2); en especies de menor tamaño sucede lo mismo, ya que a 1000x se aprecian mejor las marcas, aunque en este caso a 100x quedan poco claras (Fig.3). Por lo anterior y con el fin de homogenizar el conteo se decidió utilizar una ampliación a 1000X en una superficie de 50 μm^2 .

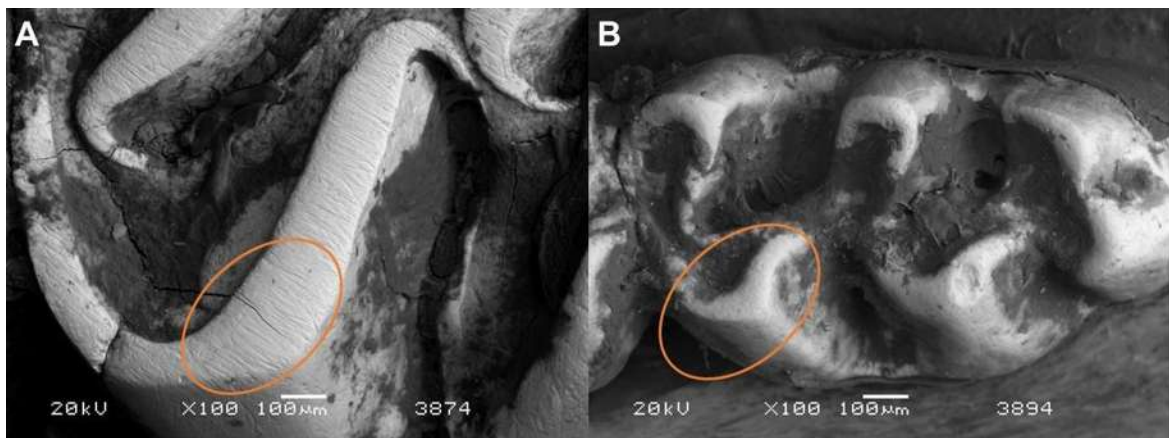


Figura 1. Fotografía ESEM a 100x en el hipocono del primer molar superior. A) *Sigmodon hispidus*, B) *Baiomys taylori*. Circulo naranja= hipocono.

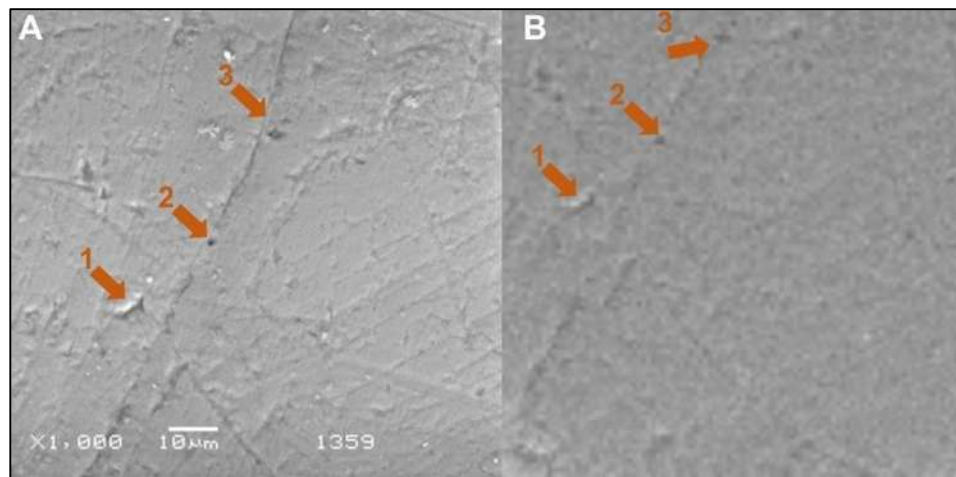


Figura 2. Fotografía ESEM en el hipocono del primer molar superior de *Sigmodon hispidus*. A) 1000X, B) 100x. Las flechas señalan a las mismas zonas en ambas imágenes.

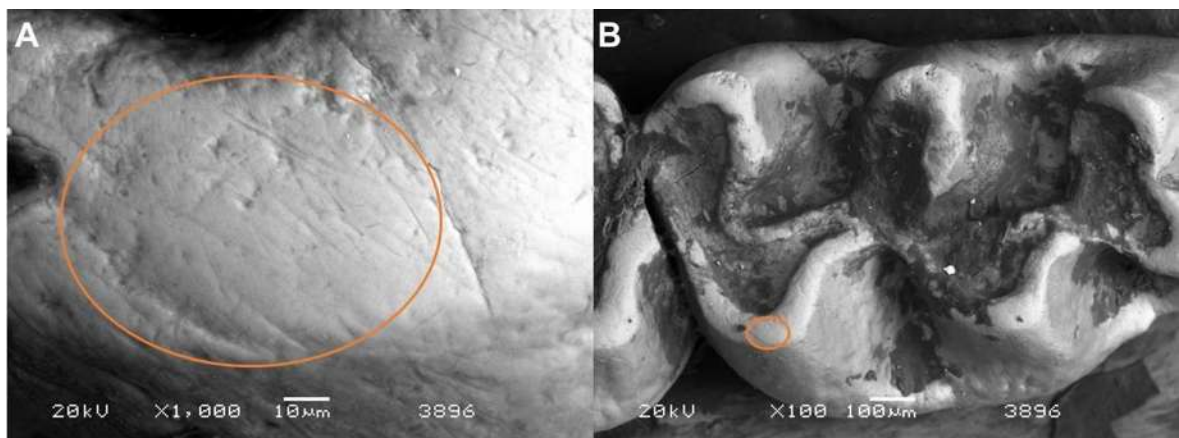


Figura 3. Fotografía ESEM a 100x en el hipocono del primer molar superior de *Baiomys taylori*. A) 1000X, B) 100x. Las elipses señalan a las mismas zonas en ambas imágenes.

Microdesgaste en ejemplares fósiles

Se usaron 8 molares de *Sigmodon cf. minor* de una localidad del Blancano (Pleistoceno temprano, 4.9-1.8Ma AP), conocida como “Misión del Valle” y 17 molares de *Sigmodon hispidus* de una localidad del Rancholabreano (Pleistoceno tardío 240,00-

11,000 AP), conocida como “La Cinta-Portalitos”, ambas localidades en la cuenca de Cuitzeo. Los ejemplares están depositados en la Colección de Paleontología de la Facultad de Biología, UMSNH.

Es importante hacer notar que los sitios de donde provienen las poblaciones fósiles, se corresponden con dos ubicaciones en donde se colectaron también roedores actuales.

Análisis de datos

Tanto para los roedores colectados en campo como para los que se sometieron a dietas controladas en laboratorio, se aplicó un Análisis de Componentes Principales (ACP), para reconocer las variables que mejor representan el ordenamiento de los datos. Posteriormente se usó Análisis de Varianza Multivariado (MANOVA) para explorar si existe diferencia estadística significativa entre sitios y temporada de colecta (para roedores de campo), y entre tratamientos de las ratas de laboratorio. Y para las ratas de bioterio se aplicó además Análisis de Kruskal-Wallis para cada variable (contemplando solo el conteo, sin tener en cuenta para este caso el ancho y largo de cada variable) y así establecer el valor informativo de aquellas que permiten separar los diferentes grupos en análisis, una vez aplicado este estadístico se utilizó Mann-Whitney para entender con más claridad entre que tratamientos se presentan las diferencias.

Con el Análisis de Funciones Discriminantes Canónicas (ADC) se usaron las categorías de roedores silvestres colectados en campo (abordadas en el capítulo dos de este trabajo), las cuales sirvieron de referente para dieta y hábitat. En el caso de los ejemplares de bioterio, se analizó el efecto de los tratamientos, también con ADC, en este caso las diferentes dietas. Para las ratas de laboratorio también se calculó la media y proporción para cada variable (hoyos, rayas y desportilladuras). Una vez que se tuvo información de ADC de ejemplares de roedores de campo y laboratorio, se agregaron los datos de las poblaciones fósiles para observar su ordenación respecto a la dieta y hábitat. Todos los análisis se realizaron con los paquetes estadísticos Past 4.12 (Hammer et al., 2001) y JMP13 (SAS Institute Inc., 1989-23).

Resultados

Roedores de Campo

Se revisó la señal de microdesgaste a 97 ejemplares, de 17 especies pertenecientes a tres familias (Heteromyidae, Cricetidae y Muridae) reportadas en los dos capítulos anteriores de este trabajo.

La exploración con Análisis de Componentes Principales de señal de microdesgaste queda poco clara, ya que se observa a miembros de una misma especie dispersos en toda la nube de datos (Fig. 4), de manera similar a lo observado en el contenido estomacal abordado en el capítulo anterior (Capítulo 2, Fig. 3); sin embargo, aplicando Análisis de Funciones Discriminantes y usando la categoría de alimentación proporcionado por los resultados del capítulo 2 (Capítulo 2, Fig. 5) de este trabajo, se observa una mejor separación a nivel de especie con solo un caso mal clasificado, diferencia significativa según la prueba estadística Raíz máxima de Roy ($P=0,0014$) y un valor de $R=0.91$ (Fig. 5).

Con el análisis se aprecia en general que las especies de pastizales se posicionan a la izquierda del gráfico, en donde la variable que tiene mayor peso es el número de rayas; mientras que las especies de bosque quedan a la derecha, con una mejor explicación con valores mayores en las variables hoyos y desportilladuras; mientras que las especies que frecuentan matorral se ubicaron al centro del gráfico obtenido.

Según MANOVA la relación del microdesgaste para las temporadas de colecta no presenta diferencia significativa, pero entre sitios de colecta sí ($p=0.012$), aunque solamente entre matorral-pastizal y pastizal-huizache ($p=0.033$).

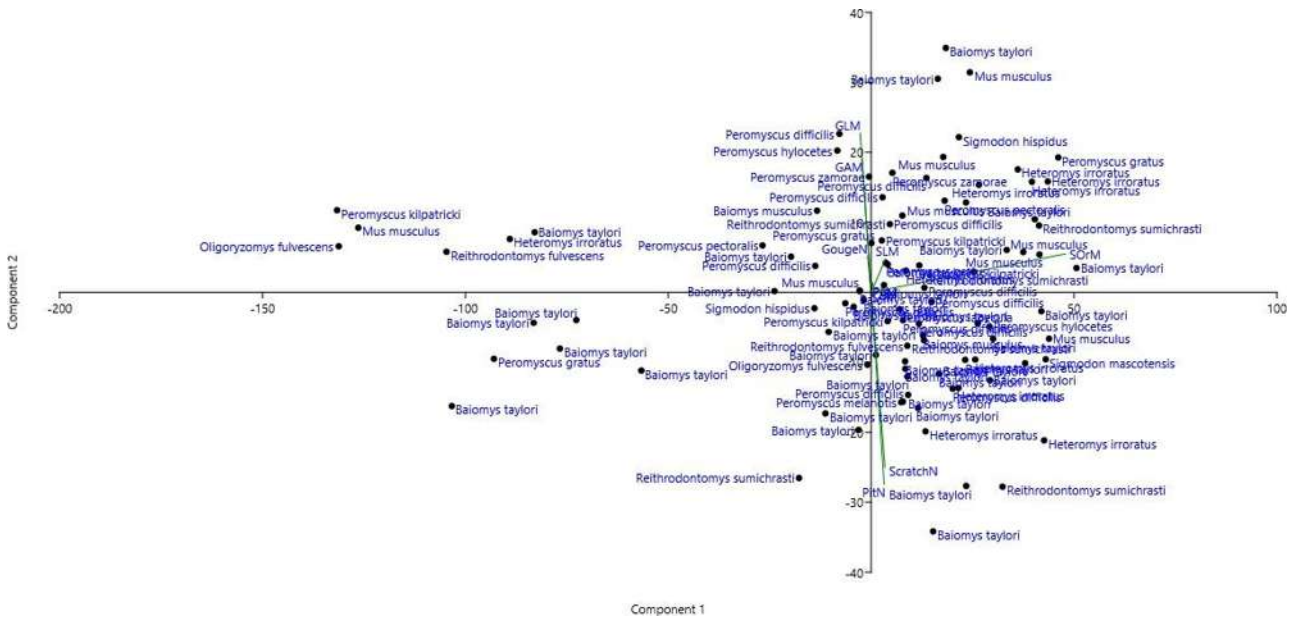


Figura 4. Representación gráfica del análisis de componentes principales para la señal de microdesgaste de 17 especies de roedores de la cuenca de Cuitzeo.

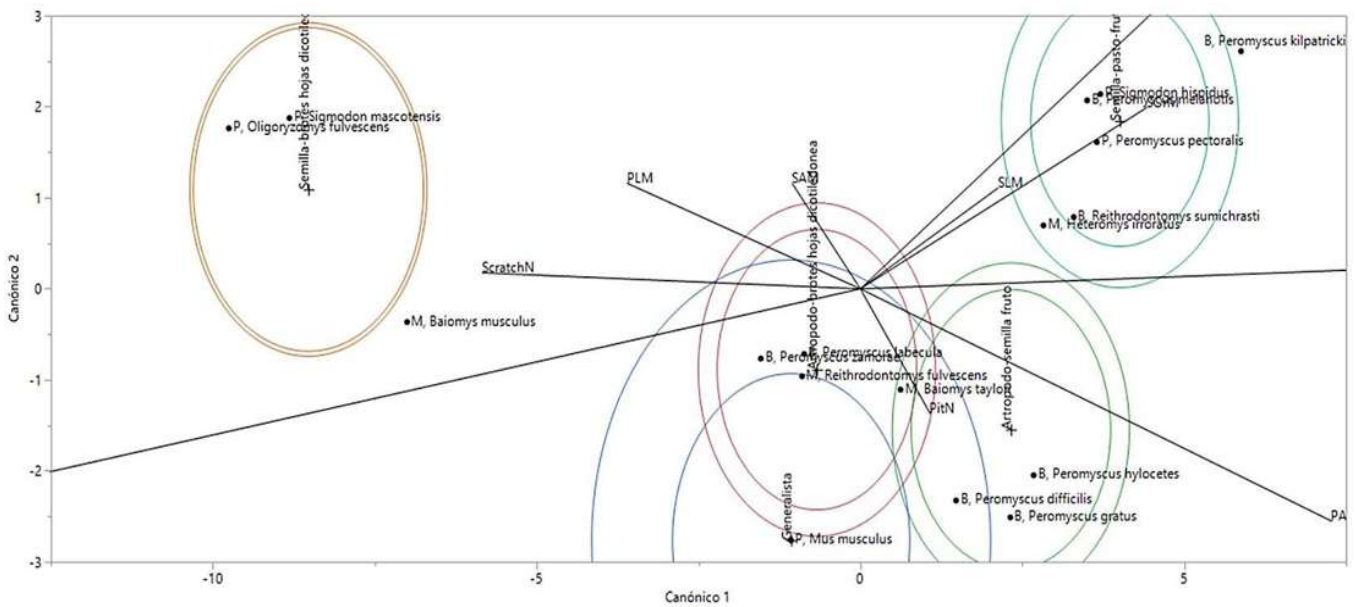


Figura 5. Representación gráfica de análisis de funciones discriminantes para la señal de microdesgaste de 17 especies de roedores de la cuenca de Cuitzeo. Las letras antes del nombre científico corresponden al hábitat en que fueron encontrados: P=pastizal, M=Matorral, B=Bosque, M-P=la mayoría de individuos se encontró en matorral, pero también hay en pastizal, P-M=la mayoría de individuos se encontró en pastizal, pero también hay en matorral.

Roedores de bioterio

Se revisó la señal de microdesgaste en 48 ejemplares (cada tratamiento $n=8$). En la ordenación de ACP los componentes uno y dos representan el 95% de la varianza, en general se registró un mayor número de hoyos, seguido de rayas y desportilladuras, los tratamientos que presentan este orden el registro de variables son: alfalfa, control, jitomate y semillas se dio en este orden. Por el contrario, el pasto obtuvo mayor conteo de rayas mientras que en el tratamiento de artrópodos fue mayor la variable desportilladuras (Fig. 6 y 7), lo que expresado de manera descriptiva y en forma de proporción se puede observar en la Figura 8. MANOVA sugiere diferencia significativa entre tratamientos ($p= 0.0008$).

De los resultados de Kruskal-Wallis para cada variable se obtuvo que el largo y ancho no mostraron diferencia significativa para ningún tratamiento. En cambio, el número de hoyos sí mostró diferencia ($p= 0.044$) entre el tratamiento de alfalfa con respecto a jitomate y pasto. Las rayas también mostraron diferencias ($p=0.002$) entre pastos con respecto a los demás tratamientos. Y finalmente, las desportilladuras ($p=0.019$) fueron diferentes en artrópodos con respecto a la alfalfa y el pasto, y entre el pasto respecto al control y semillas. En el análisis de funciones discriminantes, las variables en conjunto (hoyos, rayas, desportilladuras+ largo y ancho de cada una) representaron mejor lo ocurrido con cada tratamiento con lo que se obtuvo con el análisis por separado (Lambda de Wilks, $p=0.0029$) (Fig. 9).

En general se observa una separación clara entre las categorías artrópodos, pasto y jitomate, mientras que como era de esperar, el control se mantuvo en el centro. Semillas y alfalfa presentaron similitud, y algunos individuos de estos tratamientos presentan tendencia hacia pasto y otros hacia artrópodos.

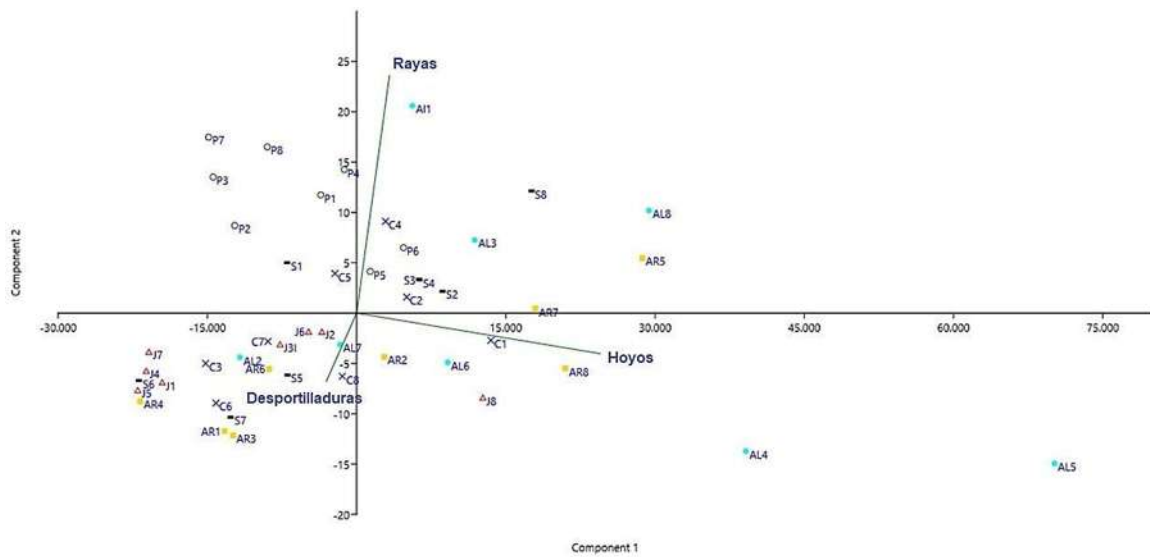


Figura 6. Representación gráfica del análisis de componentes principales para la señal de microdesgaste de 48 ejemplares de *Rattus norvegicus* (variedad Wistar). Al= alfalfa, Ar= Artrópodo, C= control P, J= jitomate, P= pasto, S=semilla.

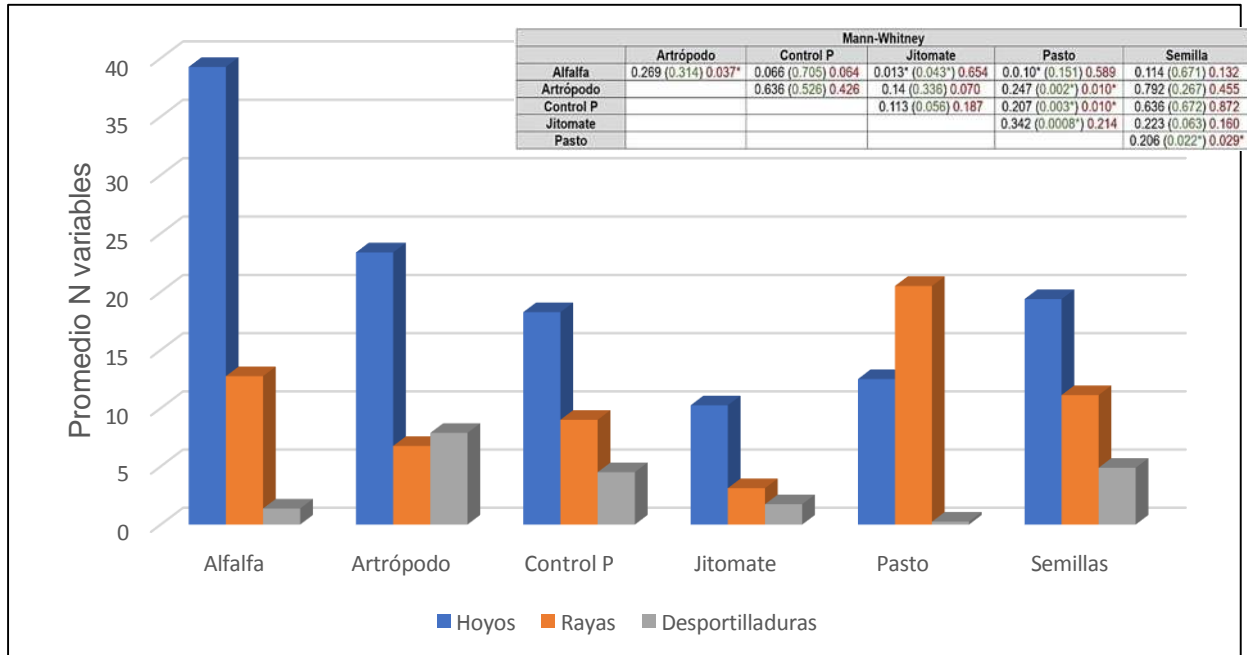


Figura 7. Promedio de hoyos, rayas y desportilladuras para cada tratamiento. En el cuadro de Kruskal-Wallis: a la izquierda en color negro valor de p para la variable hoyos, en el centro en color verde y en paréntesis valor de p para la variable rayas, a la derecha y en rojo valor de p para la variable gougues. Con * los valores con diferencia significativa.

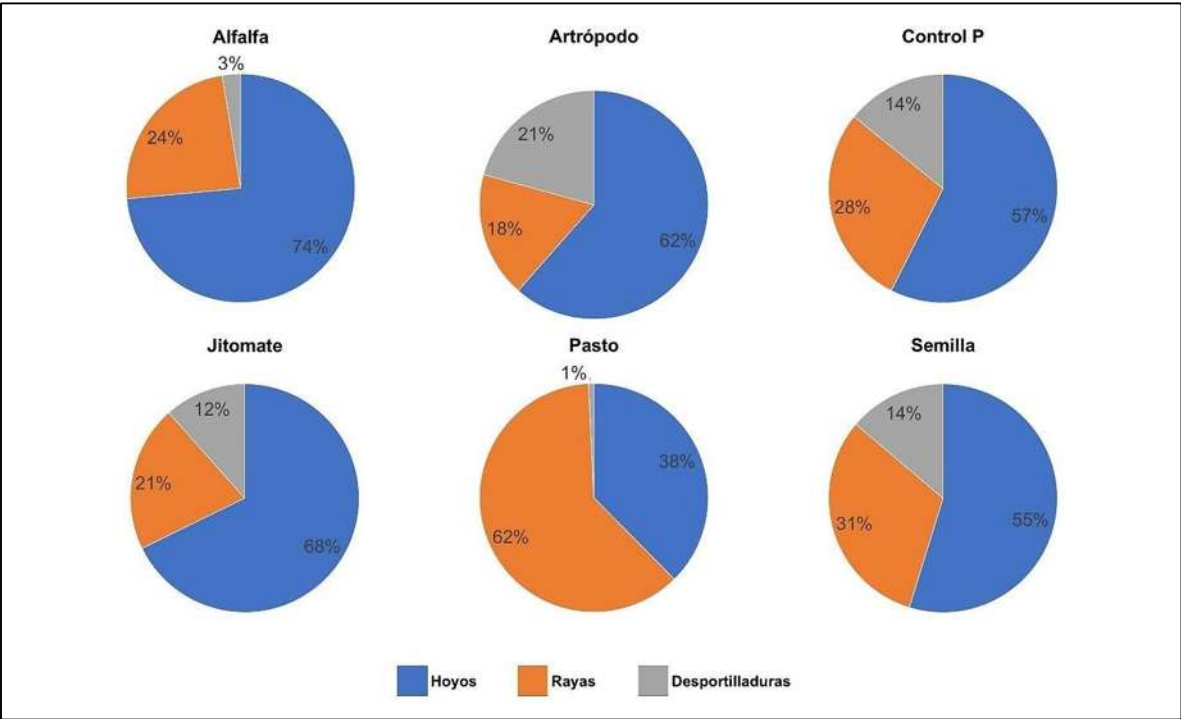


Figura 8. Proporción de hoyos, rayas y desportilladuras para cada tratamiento.

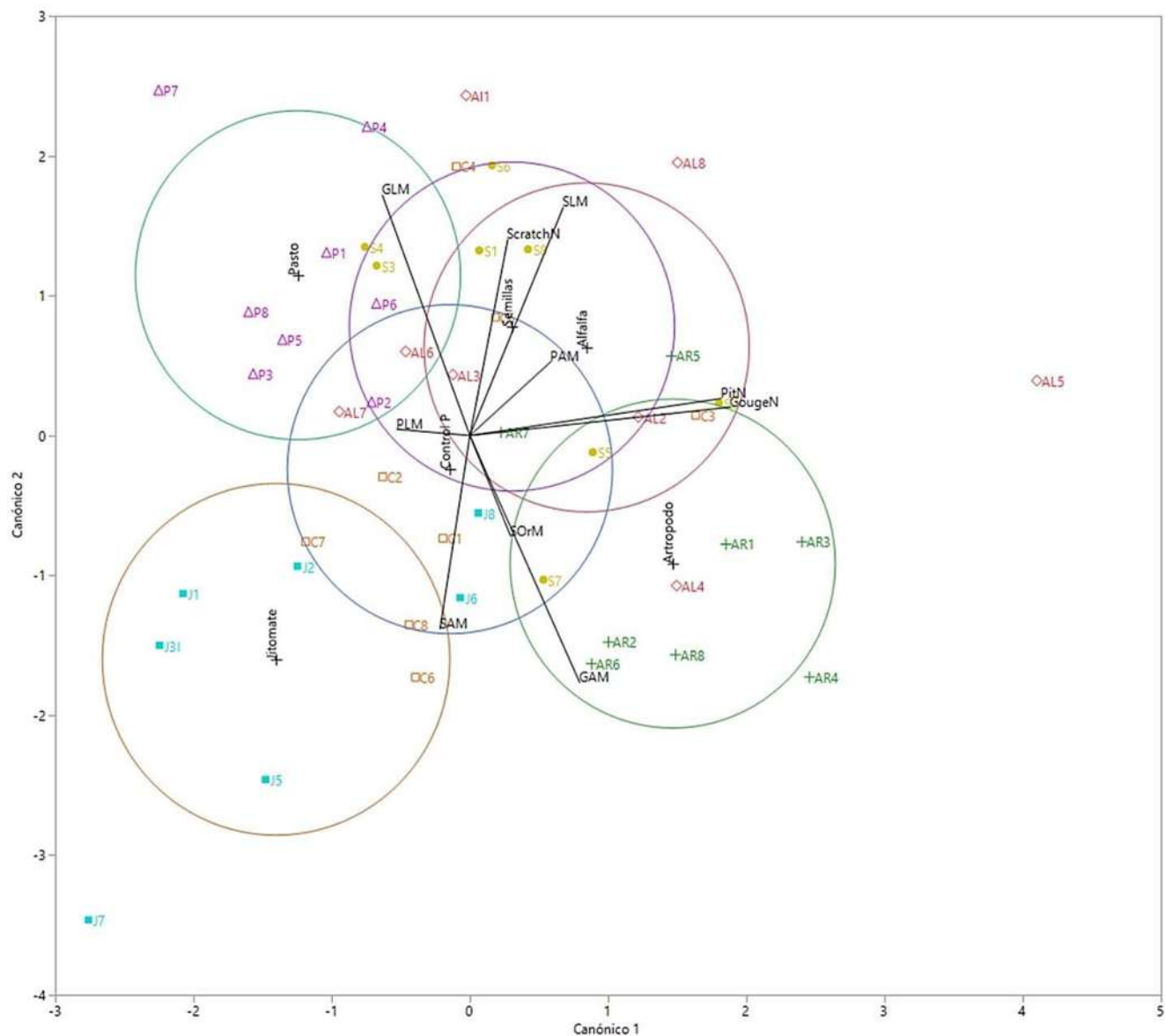


Figura 9. Representación gráfica de análisis de funciones discriminantes para la dieta de ratas sometidas a seis tratamientos.

Población de roedores fósiles

La comparación del material fósil, usando como modelo los roedores sometidos a los tratamientos experimentales, se observa que la población de *Sigmodon hispidus* presenta preferencia por pasto ($p=0.75$), seguido del control ($p=0.12$). La población de *S. cf. minor* muestra más cercanía estadística con el control ($p=0.46$), seguido de pasto ($p=0.16$), semilla ($p=0.14$) y jitomate ($p=0.13$) (Fig. 10).

Si se complementa con lo obtenido con el modelo generado a partir de los roedores colectados en campo, *Sigmodon hispidus* muestra afinidad con las especies de pastizal *Sigmodon hispidus*, *S. mascotensis* y *Oligoryzomys fulvescens* que comen semillas y *S. cf. minor* con las de matorral, particularmente con la especie *Mus musculus* que es generalista (Fig. 11).

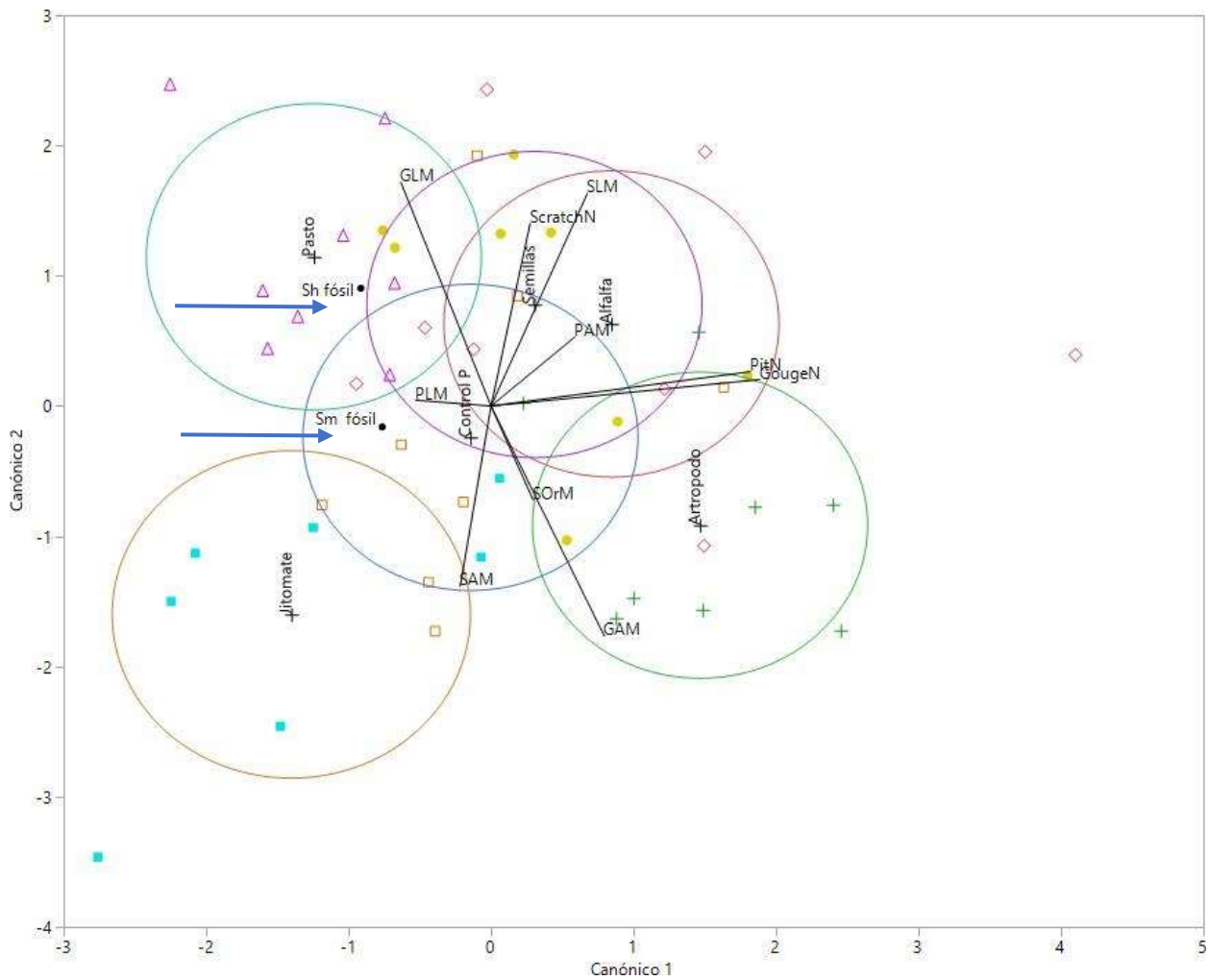


Figura. 10. Representación gráfica de análisis de funciones discriminantes para la dieta en roedores fósiles con base en datos de ratas sometidas a seis tratamientos experimentales.

Sm= *Sigmodon cf. minor*, Sh= *Sigmodon hispidus*.

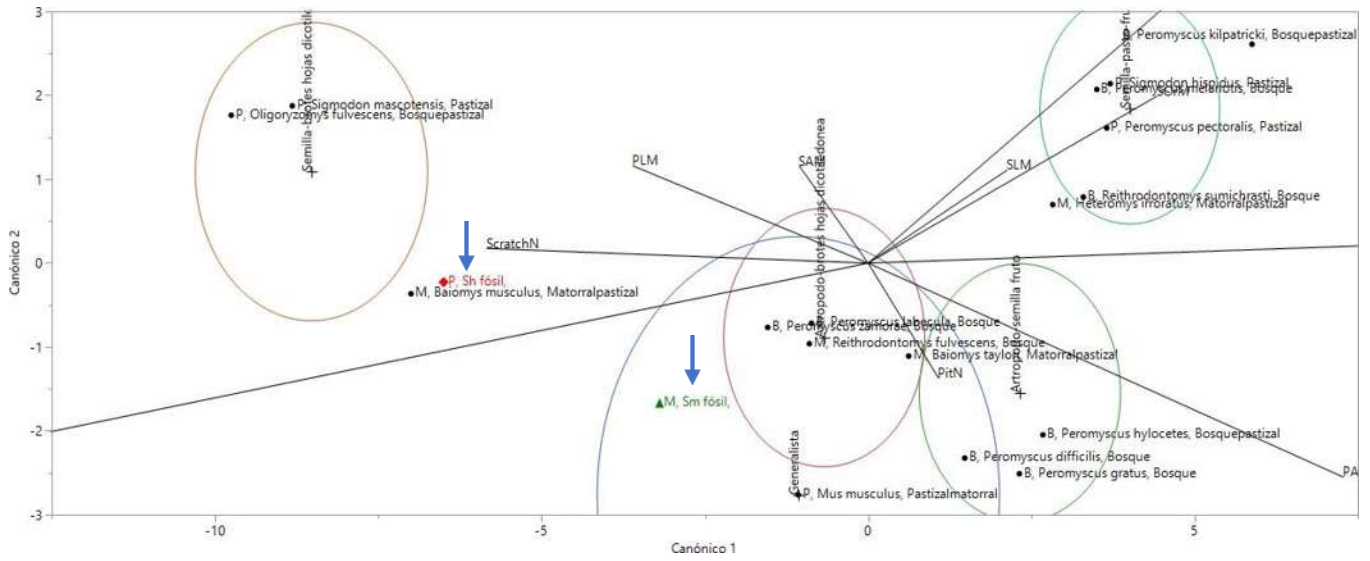


Figura. 11. Representación gráfica de análisis de funciones discriminantes para la dieta roedores fósiles con base en datos de 17 especies de roedores de la cuenca de Cuitzeo.

Discusión

Roedores silvestres colectados en campo

Para comprender el comportamiento de la señal de microdesgaste de los roedores colectados en campo vale la pena considerar tres aspectos:

El primero, la cuenca de Cuitzeo actualmente presenta condiciones de intervención humana, la mitad de su superficie ya no presenta su vegetación original (Correa-Ayram et al., 2014), lo cual es importante si se toma en cuenta que las condiciones de las poblaciones de roedores fósiles no tenían este tipo de impacto.

Segundo, en animales de tallas mayores se establece mejor una relación entre la señal de microdesgaste y hábitat (a una escala de “paisaje”) (Calandra y Merceron, 2016). En esta investigación uno de los planteamientos en la hipótesis fue la posibilidad de tener una diferencia del patrón de microdesgaste en función de los tres hábitats muestreados (pastizal, matorral y bosque) y la temporada de colecta; sin embargo, los resultados aquí presentados, aunque diferencian entre sitios, solo pastizal-huizache y matorral-pastizal presentaron diferencia significativa ($p=0.033$). Aunque se esperaba una diferencia más clara entre hábitats cerrados (Bosque de pino-encino) y abiertos (matorrales y pastizales). Al respecto, Burgman (2022), quien llevó a cabo una investigación semejante con roedores africanos, pero usando la técnica de microdesgaste 3D, no logró obtener diferencias significativas entre sitios de colecta. De los resultados de este estudio y el de Burgman (2022), los datos parecen indicar que los roedores son más bien fuente de información a nivel de microhábitat. Pese a que Burgman (2022), midió también a esta microescala, no encontró diferencias significativas, aunque el autor menciona que, en los sitios de su estudio, la vegetación presentaba homogeneidad en general. En este trabajo, por el contrario, la comunidad vegetal sí presenta una composición diferente en cada sitio, por lo que sería importante en estudios posteriores tener presente analizar el microhábitat en la cuenca de Cuitzeo, ya que los microhábitats para mamíferos pequeños podrían ayudar a entender mejor el ambiente a una escala mayor y correlacionar tal información con la generada con animales más grandes (Belmaker, 2018), y sería más

adecuado relacionar la señal de microdesgaste con un espacio más reducido, al menos para los roedores.

Tercero, en la hipótesis se plantea la posibilidad de obtener un patrón de microdesgaste en función de la dieta. Entonces, de los dos aspectos anteriores se desprende el siguiente:

Cuando se analiza el contenido estomacal de los roedores silvestres (Capítulo 2, Fig. 3), se observa que los individuos están consumiendo lo que esté a su alcance, lo cual se ve reflejado también en la señal de microdesgaste (Fig. 4, de este capítulo), lo que a su vez coincide con la literatura respecto a la dieta de roedores (Ceballos-González y Olivas, 2005), la cual presenta un espectro amplio de alimentación. El que no haya una preferencia alimentaria clara a nivel de especie cuando se observa la nube de datos con todos los individuos, es muy probable que esté relacionado con la forma en que se colectó la información en este trabajo; como se mencionó antes, los roedores pueden estar proporcionando información del microhábitat y no a una escala mayor, tal como aquí se muestreo. Además, también se deben considerar las modificaciones del hábitat sobre todo cuando en 10 de las 17 especies se encontraron fragmentos de desechos antropogénicos (Capítulo dos; Cuadro 3). No obstante, con ayuda de las clasificaciones del “Capítulo 2” referentes a la dieta por especies (no por individuos), los agrupamientos con el análisis de microdesgaste queda más claro y se encuentra diferencia significativa. En cuanto al hábitat, si bien no hay diferencia significativa, se aprecia una tendencia a separar las especies en función del hábitat de colecta (Fig. 5). Por lo tanto, se concluye que el modelo de microdesgaste usando roedores silvestres funciona como un referente para ser usado en poblaciones fósiles.

Observar las señales de microdesgaste en especímenes silvestres, para generar modelos que puedan ser aplicados a poblaciones fósiles, es un enfoque que años recientes ha tenido mayor auge, principalmente en rumiantes (Berlioz et al., 2022; Merceron et al., 2021a; Kubo y Fujita, 2021; Hassler et al., 2021) aunque también se comienza a explorar en proboscídeos (Uno et al., 2020), tálpidos (Adams et al., 2020) y primates (Merceron et al., 2021b).

En roedores existen dos trabajos, uno con caviomorfos (Robinet et al., 2022) y otro con múridos (Burgman, 2022). Este trabajo se suma al esfuerzo de generar modelos de dieta y hábitat con análisis de microdesgaste con base en organismos silvestres.

Roedores de bioterio

Referente a trabajos experimentales, en 1981 Covert y Kay, hicieron un experimento donde controlaron el alimento de un grupo de zarigüeyas y demostraron en ese momento que no existía diferencia entre las marcas producidas por fibra vegetal y quitina, por lo que sugirieron que la dieta no podría siempre deducirse con el microdesgaste. Pasaron más de tres décadas para que un nuevo estudio experimental 2D y 3D en conejos, demostrara diferencias significativas entre alimento altamente abrasivo (pasto) y poco abrasivo (alfalfa) (Schulz et al., 2013); dos años después, se evaluó para ungulados la contribución de material exógeno (arenas, polvos) en el desgaste dental, el modelo de estudio fueron cabras (Hoffman et al., 2015). Pero no es, hasta 2020 que este tipo de estudios han sido más frecuentes para diversos grupos de animales y con diferentes enfoques (dieta, tafonomía, material exógeno, etc.) (Merceron et al., 2023).

En el caso de roedores, este tipo de estudios son pocos (Cuadro 1, autores con asterisco*), lo que hace que esta investigación se incorpore a la discusión mundial sobre análisis de microdesgaste de este orden, en donde su aporte principal es compartir datos que permiten tener un modelo de microdesgaste con un espectro amplio de alimentación ofrecido por ejemplares de laboratorio, en otras palabras, distinta señal de desgaste en función de los recursos frecuentemente consumidos por estos pequeños mamíferos, simulando lo que podrían comer en estado silvestre pero en este caso bajo condiciones de bioterio. También contribuye proponiendo un mejoramiento en la metodología con la que se miden las variables de microdesgaste, y que ya se expresó en la sección de métodos de este capítulo; además de ser pionera en este tipo de estudios para roedores de México.

A continuación, se comparten los principales criterios de la elección de los alimentos propuestos para los tratamientos. Primero, es importante mencionar que se

tomó en cuenta el aspecto biológico, se revisó el espectro alimenticio de los roedores (Ceballos y Oliva, 2005; Núñez-Garduño, 2005); sin embargo, las descripciones son generales. A su vez trabajos en paleobotánica en México (Ramírez y Cevallos-Ferriz, 2000) y en insectos fósiles son limitados (Cifuentes-Ruiz y Vega-Vera, 2008), aun así, la información que existe ofrece una idea genérica sobre la explotación de algunos recursos alimentarios en el pasado.

Otro aspecto fue el práctico, ya que se planteó usar elementos accesibles y que correspondan con una representación lo más objetiva posible de los recursos disponibles para los tratamientos planteados.

En la mayoría de los estudios se usa el pasto como alimento abrasivo, en este trabajo se utilizó *Paspalum* sp., considerando que es un grupo de gramíneas diverso en las cercanías del municipio de Morelia (que forma parte de la cuenca de Cuitzeo) (Cornejo-Tenorio et al., 2013) y también en México (Sánchez-Ken, 2019); asimismo se ha registrado en dietas de varias especies de roedores (Peña-Ramos et al., 2009; Shiels et al., 2013). Por el contrario, la alfalfa (*Medicago sativa*, Fam. Fabaceae) se usó por su bajo grado abrasivo (Hodson et al., 2005).

Para el caso de la dieta de insectos, solo en el estudio de 1981 (Covert y Kay) se usaron partículas de quitina al 15%, y ahí mismo mencionan que los grillos tienen un 10% de quitina; en este estudio se empleó *Sphenarium* sp. (ortóptero), que como se mostró en el capítulo anterior, este orden fue uno de los que presentó mayor abundancia en los sitios de colecta.

Con relación a las semillas se han contemplado avena (Schulz et al., 2013) y cáscaras de arroz (Martin et al., 2020) mezcladas con pasto como componentes para disminuir la abrasión. En otro estudio donde se observó la selectividad del alimento con cerdos en función del tamaño de semilla se usó maíz, bellotas y cebada (Louail et al., 2021). Este último estudio sería el único en donde se ha estudiado por separado la señal de microdesgaste específica de las semillas y ahora también en este trabajo.

En la literatura de roedores actuales se menciona el consumo de semillas de manera general, lo más detallado llega a ser semillas de pino para especies de la familia Sciuridae (Núñez-Garduño, 2005) y semillas de gramíneas para la superfamilia Muroidea. En cuanto a estudios paleobotánicos acerca de tipo de semillas, son prácticamente nulos.

Aquí se usaron granos de avena como modelo general de una semilla de gramínea, ya que sus características convinieron a los propósitos de este tratamiento, como modelo general de semillas de gramínea.

Los frutos no se han incluido antes, sin embargo, se considera importante conocer el tipo de señal microscópica que se deriva del consumo de este elemento debido a que es ampliamente aprovechados por varias especies de roedores (Ceballos-González y Olivas, 2005). Una investigación en el occidente de México sobre hábitos alimenticios de *Peromyscus aztecus* y *Reithrodontomys fulvescens*, demostró que la primera especie tenía una preferencia por frutos de *Solanum nigricans*, *Dendropanax arboreus* y *Parathesis villosa* (Vázquez et al., 2000), que representa uno de los pocos estudios que muestran con claridad que fruto específicamente es aprovechado por estos mamíferos. De acuerdo con lo anterior resultó adecuado utilizar el género *Solanum*, dado que existen especies cultivadas como el jitomate, que son accesibles y no representaron reto para servir de como modelo de una baya.

En general el modelo generado a partir de datos experimentales mostró diferencias significativas y claras entre los distintos tipos de alimentación que se pusieron a prueba (Fig. 8); pero también como trabajo experimental, no estuvo exento de retos y limitaciones, los cuales deben contemplarse en estudios futuros; por ejemplo, aunque las ratas de laboratorio estaban aisladas, a cada individuo en su espacio se le agregó una camilla de viruta (hojuelas producto de labrar madera) que sirven de sustrato y fue con el fin de seguir los lineamientos sobre el uso de bioterio para el bienestar animal (Vargas-Miranda et al., 2018); aunque se les daba alimento *ad libitum*, no hay certeza de que no masticaran la viruta.

Otro reto fue la edad; en este estudio se intentó utilizar ejemplares recién destetados con el fin de observar la señal de microdesgaste en los dientes con nulo uso de material que no fuera el tratamiento que aquí se planteó en un principio; sin embargo, en los primeros intentos, los individuos perecieron, lo que sugiere que es mejor esperar a que lleguen a adultos (un mes de edad por lo menos), aunque esto implique que sean alimentados con pellets comerciales. Otros criterios para tomar en cuenta serían el sexo o el estrés de estar en un espacio muy reducido.

Por otra parte, la media y proporción de las variables que se observan en las figuras 6 y 7, puede ser una forma de análisis exploratorio útil, previa a usarse el rigor de las pruebas estadísticas, aunque aún falta corroborar con más estudios en el futuro lo que se observa en dichas figuras.

Roedores fósiles

Por ahora se puede decir que tanto el material biológico de campo como el utilizado de laboratorio es útil y funcional para ser usado en poblaciones fósiles, y ambos se complementan para inferir dieta y hábitat.

Para el caso de la población fósil de *Sigmodon hispidus* de la localidad de La Cinta-Portalitos (Pastizal) que corresponde a la edad del Rancholabreano (Pleistoceno tardío 240,00-11,000 AP), los datos sugieren que esta población prefería alimentarse de pastos y se alinea con las especies colectadas en pastizales, lo que corresponden con estudios de dieta y hábitat para esta especie antes documentados tanto para poblaciones fósiles (Cervantes-Barriga et al., 2020) como actuales (Flehart y Olson, 1969); lo que a su vez se correlaciona con resultados de estudios con otros mamíferos fósiles del mismo sitio (Díaz-Sibaja, 2018; Marín-Leyva et al., 2016).

Por su parte para la población de *S. cf. minor* aquí analizada de la localidad Misión del Valle (Matorral) que corresponde al Blancano (Pleistoceno temprano 2,58-1,8 Ma AP), se infiere que tenía una alimentación más variada como; pastos, semillas y frutos (según el modelo de bioterio) y su hábitat corresponde con especies colectadas en matorrales.

Estudios sobre dieta y hábitat en este taxon en México son nulos. Este trabajo representa el primer estudio al respecto, pero se complementa con investigaciones recientes que sugieren que la presencia de *Sigmodon minor* en el centro de México puede haber estado influenciada por la disminución global de la temperatura que derivó en expansión de los pastizales (Pacheco-Castro et al., 2024 *en revisión*). Con la información obtenida para ambas especies y tomando en cuenta que son de temporalidades cronoestratigráficas distintas, se puede especular que desde el Pleistoceno inferior el hábitat de donde provienen estas poblaciones, en general no ha tenido cambios considerables.

De los resultados aquí obtenidos surgen nuevas preguntas de investigación; por ejemplo, ¿el estado ontogenético de los artrópodos tiene diferencias en la señal de microdesgaste? ¿la diversidad de semillas, pastos, especies de mono o dicotiledóneas en la región generan diferencias en la señal de microdesgaste? ¿el microhábitat presenta relación con las marcas de microdesgaste en los roedores? ¿se puede conocer el microhábitat en un hábitat más grande con base de microdesgaste de roedores? ¿Qué implicación tienen las preguntas anteriores en las poblaciones fósiles? entre otras.

En futuros trabajos sería deseable que puedan complementar lo que ahora, con este estudio ha comenzado.

Conclusiones

- El modelo de microdesgaste generado a partir de datos provenientes de roedores silvestres de la cuenca de Cuitzeo y lo obtenido con roedores de laboratorio son complementarios, útiles y aplicables para poblaciones fósiles.

- Este trabajo representa el primer proyecto en México en donde se hace un esfuerzo para proponer un modelo de microdesgaste en roedores con base en datos obtenidos en ejemplares silvestres cercanos a los yacimientos paleontológicos, y adicionando información experimental para inferencia de dieta y hábitat en el pasado.

- Se concluye que la población fósil de *Sigmodon hispidus* de la localidad de La Cinta-Portalitos (Pastizal) que corresponde a la edad del Rancholabreano (Pleistoceno tardío 240,00-11,000 AP), presentó una dieta pacedora y vivió en un hábitat de pastizal. El resultado es similar con estudios previos para esta especie tanto fósil como actual.

- Para *S. cf. minor* de la localidad Misión del Valle (Matorral) que corresponde al Blancano (Pleistoceno temprano 4.9-1.8Ma), se infiere que su alimentación estaba basada en pastos, semillas y frutos y era moradora de matorrales.

- Con la información obtenida de ambas especies y tomando en cuenta que son de temporalidades cronoestratigráficas distintas, se puede especular que desde el Pleistoceno inferior el hábitat de donde provienen estas poblaciones y en general la cuenca de Cuitzeo, no ha tenido cambios considerables en su mosaico de vegetación.

Literatura

- Adams, N.F., Gray, T. y Purnell, M.A. (2020). Dietary signals in dental microwear of predatory small mammals appear unaffected by extremes in environmental abrasive load. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 558, 109929. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.109929>
- Belmaker, M. (2018). Dental microwear of small mammals as a high resolution paleohabitat proxy: Opportunities and challenges. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 18, 824–838. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.02.034>
- Berlioz, E., Leduc, C., Hofman, E., Bignon, O., Kowalczyk, y R., Merceron, G., (2022). Dental microwear foraging ecology of a large browsing ruminant in Northern Hemisphere: The European moose (*Alces alces*). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 586, 110754. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2021.110754>
- Burgman, J. H., Leichliter, J., Avenant, N. L., y Ungar, P. S. (2016). Dental microwear of sympatric rodent species sampled across habitats in southern Africa: Implications for environmental influence. *Integrative Zoology*, 11, 111–127. <https://doi.org/10.1111/1749-4877.12188>
- Burgman, J. H. (2022). *Rodent dental microwear texture analysis as a proxy for fine scale paleoenvironment reconstruction*. Graduate Theses and Dissertations Retrieved from <https://scholarworks.uark.edu/etd/4435>
- Calandra, I., y Merceron, G. (2016). Dental microwear texture analysis in mammalian ecology. *Mammal Review*, 46, 215–228. <https://doi.org/10.1111/mam.12063>
- Caporale, S. S., y Ungar, P. S. (2016). Rodent incisor microwear as a proxy for ecological reconstruction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 446, 225–233. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2016.01.013>
- Ceballos-González, G. y Oliva, G. (2005). *Los mamíferos silvestres de México*. México D. F., México: CONABIO; Fondo de Cultura Económica.
- Cervantes-Barriga, R., Marín-Leyva, A. H., García-Zepeda, M. L., Ponce-Saavedra, J., Arroyo-Cabrales, J., Schaaf, P., Solís-Pichardo, G., Monterrubio-Rico, T. C., y Cano-Camacho, H. (2020). Taxonomy, diet and geographical provenance of fossil species

- of *Sigmodon* from west central Mexico during the late Pleistocene. *PalZ*, 1–17. <https://doi.org/10.1007/s12542-020-00512-z>
- Charles, C., Jaeger, J. J., Michaux, J., y Viriot, L. (2007). Dental microwear in relation to changes in the direction of mastication during the evolution of Myodonta (Rodentia, Mammalia). *Naturwissenschaften*, 94, 71–75. <https://doi.org/10.1007/s00114-006-0161-7>
- Cifuentes-Ruiz, P. y Vega-Vera, F. (2008). Insectos fósiles de México. *Revista Entomología Mexicana*, 928–931.
- Cornejo-Tenorio, G., Sánchez-García, E., Flores-Tolentino, M., Santana-Michel, F. J. e Ibarra-Manríquez, G. (2013). Flora y vegetación del cerro el águila, Michoacán, México. *Botanical Sciences*, 91, 155-180.
- Correa-Ayram, C. A., Mendoza, M. E. y López-Granados, E. (2014). Análisis del cambio en la conectividad estructural del paisaje (1975-2008) de la cuenca de Cuitzeo, Michoacán, México. *Revista de Geografía Norte Grande*, 59, 7-23.
- Covert, H. H., y Kay, R. F. (1981). Dental microwear and diet: Implications for determining the feeding behaviors of extinct primates, with a comment on the dietary pattern of *Sivapithecus*. *American Journal of Physical Anthropology*, 55, 331–336. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330550307>
- Díaz-Sibaja, R. (2018). *Reconstrucción paleoambiental de dos yacimientos pleistocénicos (Rancholabreano) del centro-occidente de México con presencia de rumiantes fósiles*. Tesis doctoral, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Firmat, C., Gomes-Rodrigues, H., Hutterer, R., Rando, J. C., Alcover, J. A., y Michaux, J. (2011). Diet of the extinct Lava mouse *Malpaisomys insularis* from the Canary Islands: Insights from dental microwear. *Naturwissenschaften*, 98, 33–37. <https://doi.org/10.1007/s00114-010-0738-z>
- Firmat, C., Gomes-Rodrigues, H., Renaud, S., Claude, J., Hutterer, R., Garcia-Talavera, F., y Michaux, J. (2010). Mandible morphology, dental microwear, and diet of the extinct giant rats *Canariomys* (Rodentia: Murinae) of the Canary Islands (Spain). *Biological Journal of the Linnean Society*, 101, 28–40. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2010.01488.x>

- Fleharty, E. D., y Olson, L. E. (1969). Summer Food Habits of *Microtus Ochrogaster* and *Sigmodon Hispidus*. *Journal of Mammalogy*, 50, 475–486. <https://doi.org/10.2307/1378774>
- Fortelius, M. y Solounias, N. (2000). Functional characterization of ungulate molars using the abrasion-attrition Wear Gradient: A New Method for Reconstructing Paleodiets. *American Museum of natural History, N. Y.*, 3301, 1-36
- Gomes-Rodrigues, H., Merceron, G., y Viriot, L. (2009). Dental microwear patterns of extant and extinct Muridae (Rodentia, Mammalia): Ecological implications. *Naturwissenschaften*, 96, 537–542. <https://doi.org/10.1007/s00114-008-0501-x>
- Gomes-Rodrigues, H., Renaud, S., Charles, C., Le Poul, Y., Solé, F., Aguilar, J. P., Michaux, J., Tafforeau, P., Headon, D., Jernvall, J., y Viriot, L. (2013). Roles of dental development and adaptation in rodent evolution. *Nature Communications*, 4, 1–8. <https://doi.org/10.1038/ncomms3504>
- Gomes-Rodrigues, H., Marivaux, L., y Vianey-Liaud, M. (2012). Expansion of open landscapes in Northern China during the Oligocene induced by dramatic climate changes: Paleoeological evidence. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 62–71. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2012.07.025>
- Gusovsky, V. V., y Sinitza, M. V. (2019). Dietary preferences and autecology of a basal Holarctic ground squirrel *Spermophilinus* (Rodentia: Sciuridae: Xerinae), inferred from dental microwear analysis. *Historical Biology*, 1–8. <https://doi.org/10.1080/08912963.2019.1677641>
- Hamer, Q., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PasT: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontologia Electronica*, 4, 9.
- Hautier, L., Bover, P., Alcover, J. A., y Michaux, J. (2009). Mandible morphometrics, dental microwear pattern, and palaeobiology of the extinct Balearic Dormouse *Hypnomys morpheus*. *Acta Palaeontologica Polonica*, 54, 181–194. <https://doi.org/10.4202/app.2008.0001>
- Hassler, A., Martin, J.E., Merceron, G., Garel, M. y Balter, V. (2021). Calcium isotopic variability of cervid bioapatite and implications for mammalian physiology and diet. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 573, 110418. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2021.110418>

- Hillson, S. (2005). *Teeth*. London, UK: Cambridge University Press.
- Hodson, M. J., White, P. J., Mead, A., y Broadley, M. R. (2005). Phylogenetic variation in the silicon composition of plants. *Annals of Botany*, 96, 1027–1046. <https://doi.org/10.1093/aob/mci255>
- Hoffman, J. M., Fraser, D., y Clementz, M. T. (2015). Controlled feeding trials with ungulates: a new application of in vivo dental molding to assess the abrasive factors of microwear. *Journal of Experimental Biology*, 218, 1538–1547. <https://doi.org/10.1242/jeb.118406>
- Hopley, P. J., Latham, A. G., y Marshall, J. D. (2006). Palaeoenvironments and palaeodiets of mid-Pliocene micromammals from Makapansgat Limeworks, South Africa: A stable isotope and dental microwear approach. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 233, 235–251. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2005.09.011>
- JMP, Versión 13. SAS Institute Inc., Cary, Carolina del Norte, 1989–2023
- Kaya, F., y Kaymakçı, N. (2013). Systematics and dental microwear of the late Miocene Gliridae (Rodentia, Mammalia) from Hayranlı: Anatolia: Implications for paleoecology and paleobiodiversity. *Palaeontologia Electronica*, 16, 1–22. <https://doi.org/10.26879/385>
- Kubo, M.O. y Fujita, M., (2021). Diets of Pleistocene insular dwarf deer revealed by dental microwear texture analysis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 562, 110098. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.110098>
- Lazzari, V., Charles, C., Tafforeau, P., Vianey-Liaud, M., Aguilar, J. P., Jaeger, J. J., Michaux, J., y Viriot, L. (2008). Mosaic convergence of rodent dentitions. *PLoS ONE*, 3. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003607>
- Lazzari, V., Tafforeau, P., y Michaux, J. (2011). When homologous cusps display non-homologous wear facets: An occlusal reorganization ensures functional continuity during dental evolution of Murinae (Rodentia, Mammalia). *Archives of Oral Biology*, 56, 194–204. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2010.09.011>
- Lewis, P. J., Gutierrez, M., y Johnson, E. (2000). *Ondatra zibethicus* (Arvicolinae, Rodentia) dental microwear patterns as a potential tool for palaeoenvironmental reconstruction. *Journal of Archaeological Science*, 27, 789–798.

<https://doi.org/10.1006/jasc.1999.0502>

Louail, M., Ferchaud, S., Souron, A., Walker, A.E.C. y Merceron, G. (2021). Dental microwear textures differ in pigs with overall similar diets but fed with different seeds. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 572, 110415.

<https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2021.110415>

Marín-Leyva, A. H., De Miguel, D., García-Zepeda, M. L., Ponce-Saavedra, J., Arroyo-Cabrales, J., Schaaf, P., y Alberdi, M. T. (2016). Dietary adaptability of Late Pleistocene *Equus* from West Central Mexico. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 441, 748–757. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2015.10.019>

Martin, L. F., Winkler, D. E., Ackermans, N. L., Müller, J., Tütken, T., Kaiser, T., y Clauss, M. (2022). Dental microwear texture analysis correlations in guinea pigs (*Cavia porcellus*) and sheep (*Ovis aries*) suggest that dental microwear texture signal consistency is species-specific. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 958576.

<http://doi.org/10.3389/fevo.2022.958576>

Menéndez, I., Gómez-Cano, A. R. G., Blanco, F., Hernández-Fernández, M. H., Álvarez-Sierra, M. A., y Oliver, A. (2020). Inferences of dietary preferences of Miocene squirrels (Xerinae, Sciuridae) from the Iberian Peninsula and Namibia using microwear analyses and enamel thickness. *Spanish journal of palaeontology*, 35, 185-192. [10.7203/sjp.35.2.18481](https://doi.org/10.7203/sjp.35.2.18481)

Merceron, G., Berlioz, E., Vonhof, H., Green, D., Garel, M., y Tütken, T., (2021^a). Tooth tales told by dental diet proxies: An alpine community of sympatric ruminants as a model to decipher the ecology of fossil fauna. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 562, 110077. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.110077>

Merceron, G., Kallend, A., Francisco, A., Louail, M., Martin, F., Plastiras, C. A., Thiery, G., y Boisserie, J. R., (2021b). Further away with dental microwear analysis: Food resource partitioning among Plio-Pleistocene monkeys from the Shungura Formation, Ethiopia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 572, 110414. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2021.110414>

Merceron, G., Tütken, T. y Scott R. (2023). Editorial Preface to Special Issue: Understanding dental proxies of ancient diets. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 621, [http://doi.org/10.1016/j.palaeo.2023.111589](https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2023.111589)

- Michaux, J., Hautier, L., Simonin, T., y Vianey-Liaud, M. (2008). Phylogeny, adaptation and mandible shape in Sciuridae (Rodentia, Mammalia). *Mammalia*, 72, 286–296. <https://doi.org/10.1515/MAMM.2008.049>
- Mihlbachler, M. C., Beatty, B. L., Caldera-siu, A., Chan, D., y Lee, R. (2012). Error rates and observer bias in dental microwear analysis using light microscopy. *Paleontologia electronica*, 15, 1–22. <https://doi.org/10.26879/298>
- Mihlbachler, M. C., Foy, M., y Beatty, B. L. (2019). Surface Replication, Fidelity and Data Loss in Traditional Dental Microwear and Dental Microwear Texture Analysis. *Scientific Reports*, 9, 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37682-5>
- Nelson, S., Badgley, C., y Zakem, E. (2005). Microwear in modern squirrels in relation to diet. *Palaeontologia Electronica*, 8, 1–15.
- Núñez-Garduño, A. (2005). *Los mamíferos silvestres de Michoacán: diversidad, Biología e importancia*. México: Coordinación de la Investigación Científica, UMSNH.
- Oliver, A., Hernández-Ballarín, V., López-Guerrero, P., García-Paredes, I., Álvarez-Sierra, M. A., Gómez-Cano, A. R., García-Yelo, B. A., Alcalde, G. M., y Peláez-Campomanes, P. (2014). Dental microwear analysis in Gliridae (Rodentia): Methodological issues and paleodiet inferences based on *Armantomys* from the Madrid Basin (Spain). *Journal of Iberian Geology*, 40, 157–166. https://doi.org/10.5209/rev_JIGE.2014.v40.n1.44096
- Pacheco-castro, A., Carranza-Castañeda, O., y Wang, X. (2024). First record of *Sigmodon minor* (Rodentia) in the early Blancan of central Mexico: migrants from the Great Plains, their chronology, paleoecology, and biogeography in response to paleoclimates. *Research Square en revisión*.
- Peña-Ramos, J. L., López-Collado, J., Alarcón-Zúñiga, B., Vargas-Mendoza, M., Vázquez-López, I., y Landeros-Sánchez, C. (2009). Composición de la dieta de *Sigmodon hispidus* (Rodentia: Cricetidae) en caña de azúcar. *Mastozoología Neotropical*, 16, 365–378.
- Ramírez, J. L., y Cevallos-Ferriz, S. R. S. (2000). Consideraciones sobre las angiospermas (plantas con flor) fósiles en México. *GEOS, Unión Geofísica Mexicana*, 433–444.
- Rensberger, J. M. (1978). Scanning electron microscopy of wear and occlusal events in

- some small herbivores. En M. F. Teaford, M. M. Smith y M. W. Ferguson (Eds.), *Development, function and evolution of teeth* (pp. 415–438). Cambridge University Press.
- Rivals, F., y Semperebon, G. M. (2006). A comparison of the dietary habits of a large sample of the Pleistocene pronghorn *Stockoceros onusrosagris* from the Papago Springs Cave in Arizona to the modern *Antilocapra americana*. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 26, 495–500. [https://doi.org/10.1671/0272-4634\(2006\)26\[495:ACOTDH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1671/0272-4634(2006)26[495:ACOTDH]2.0.CO;2)
- Robinet, C., Merceron, G., Candela, A. M., y Marivaux, L. (2020). Dental microwear texture analysis and diet in caviomorphs (Rodentia) from the Serra do Mar Atlantic forest (Brazil). *Journal of Mammalogy*, 101, 1–17. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyz194>
- Robinet, C., Merceron, G., Catzeflis, F., Candela, A. M., y Marivaux, L. (2022). About inter- and intra-specific variability of dental microwear texture in rodents: Study of two sympatric Proechimys (Echimyidae) species from the Cacao locality, French Guiana. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 591. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2022.110880>
- Sánchez-Ken, J. G. (2019). Riqueza de especies, clasificación y listado de las gramíneas (Poaceae) de México. *Acta Botánica Mexicana*, 126. <https://doi.org/10.21829/ABM126.2019.1379>
- Shiels, A. B., Flores, C. A., Khamsing, A., Krushelnycky, P. D., Mosher, S. M. y Drake, D. R. (2013). Dietary niche differentiation among three species of invasive rodents (*Rattus rattus*, *R. exulans*, *Mus musculus*). *Biological Invasions*, 15, 1037–1048. <https://doi.org/10.1007/s10530-012-0348-0>
- Schulz, E., Piotrowski, V., Clauss, M., Mau, M., Merceron, G., y Kaiser, T. M. (2013). Dietary Abrasiveness Is Associated with Variability of Microwear and Dental Surface Texture in Rabbits. *PLoS ONE*, 8, 1–7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056167>
- Scott, R. S., Ungar, P. S., Bergstrom, T. S., Brown, C. A., Childs, B. E., Teaford, M. F., y Walker, A. C. (2006). Dental microwear texture analysis: technical considerations. *Journal of Human Evolution*, 51, 339–349. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2006.04.006>

- Stefen, C. (2011). Traces of chewing bark and wood? - A microwear study of Castor fiber (Rodentia: Castoridae). *Lynx, series nova*, 42, 159-176.
- Semprebon, G. M., Godfrey, L. R., Solounias, N., Sutherland, M. R., y Jungers, W. L. (2004). Can low-magnification stereomicroscopy reveal diet? *Journal of Human Evolution*, 47, 115–144. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2004.06.004>
- Solounias, N. y Semprebon, G. (2002). Advances in the re- construction of ungulate ecomorphology with application to early fossil equids. *American Museum of natural History, N. Y.*, 3366, 1-49.
- Solounias, N., y Moelleken, S. M. C. (1992). Dietary adaptations of two goat ancestors and evolutionary considerations. *Geobios*, 25, 797–809. [https://doi.org/10.1016/S0016-6995\(92\)80061-H](https://doi.org/10.1016/S0016-6995(92)80061-H)
- Sripho, S., Ngamprasertwong, T., Latinne, A., Morand, S., y Claude, J. (2024). Tooth microwear pattern variation in karst and non-karst peninsular Southeast Asian murine rodents. *Mammal Research*, 69, 115-130. <https://doi.org/10.1007/s13364-023-00723-0>
- Stoetzel, E., Rodrigues, H. G., y Cornette, R. (2023). Towards a better knowledge of the molar morphology and ecology of extant and fossil grass rats (Muridae: Arvicanthis Lesson, 1842). *Quaternary Research*, 114, 191-206. <https://doi.org/10.1017/qua.2023.7>
- Townsend, K. E. B., y Croft, D. A. (2008). Enamel microwear in caviomorph rodents. *Journal of Mammalogy*, 89, 730–743. <https://doi.org/10.1644/06-MAMM-A-336R1.1>
- Ungar, P. S., Scott, R. S., Scott, J. R. y Teafor, M. (2008). Dental Microwear analysis: historical perspectives and new approaches. En J. d: Irish y G. C. Nelson (Eds.), *Technique and application in dental anthropology* (pp. 389-425). Cambridge University Press.
- Ungar, P. S. (2010). *Mammal teeth; origin, evolution, and diversity*. Baltimore, Maryland: The Johns Hopkins University Press.
- Ungar, P. S., Abella, E. F., Burgman, J. H. E., Lazagabaster, I. A., Scott, J. R., Delezene, L. K., Manthi, F. K., Plavcan, J. M., y Ward, C. V. (2017). Dental microwear and Pliocene paleocommunity ecology of bovids, primates, rodents, and suids at Kanapoi. *Journal of Human Evolution*, 140, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2017.03.005>

- Ungar, P. S., Sokolova, N. A., Purifoy, J., Fufachev, I. A., y Sokolov, A. A. (2021). Assessing molar wear in narrow-headed voles as a proxy for diet and habitat in a changing Arctic. *Mammalian Biology*, 101, 137-151. <https://doi.org/10.1007/s42991-020-00079-x>
- Uno, K.T., Fisher, D.C., Schuster, G., Wittemyer, G., Douglas-Hamilton, I., Omondi, P., Litoroh, M. y Cerling, T.E. (2020). High-resolution stable isotope profiles of modern elephant (*Loxodonta africana*) tusk dentin and tail hair from Kenya: Implications for identifying seasonal variability in climate, ecology, and diet in ancient proboscideans. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 559, 109962. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.109962>
- Vargas-Miranda, B., Ambriz-García, D., Navarro-Maldonado, M. D. C., Trejo-Córdova, A., Rodríguez-Esquivel, G., y González-Vieira, M. D. R. (2018). *Manejo de animales del Bioterio de la UAM-I*. México, D. F. UAM
- Vázquez, L. B., Cameron, G. N., y Medellín, R. A. (2000). Hábitos alimentarios y biología poblacional de dos especies de roedores en el occidente de México. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 4, 5–21.
- Weber, K., Winkler, D. E., Schulz-Kornas, E., Kaiser, T. M., y Tütken, T. (2022). Post-mortem enamel surface texture alteration during taphonomic processes do experimental approaches reflect natural phenomena? *PeerJ*, 10. <http://doi.org/10.7717/peerj.12635>
- Winkler, D. E., Schulz-Kornas, E., Kaiser, T. M., De Cuyper, A., Clauss, M., y Tütken, T. (2019). Forage silica and water content control dental surface texture in Guinea pigs and provide implications for dietary reconstruction. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116, 1325–1330. <https://doi.org/10.1073/pnas.1814081116>
- Winkler, D. E., Schulz, E., Kaiser, T. M., Codron, D., Leichliter, J., Hummel, J., Martin, L. F., Clauss, M., y Tütken, T. (2020). The turnover of dental microwear texture: Testing the” last supper” effect in small mammals in a controlled feeding experiment. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 557, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.109930>

DISCUSIÓN GENERAL

La hipótesis planteada en este proyecto fue la siguiente:

“El patrón de microdesgaste con base en información obtenida con dietas controladas en roedores actuales, más la información ambiental de las áreas en que habitaron, es útil y aplicable para la inferencia de dieta y de hábitat en poblaciones de roedores fósiles”

Con base en la comunidad de roedores actuales en la región de la cuenca de Cuitzeo y conocer sus preferencias de alimentación en diferentes hábitats, además de complementar con información experimental de roedores sometidos a distintas dietas, los resultados obtenidos en esta investigación sugieren aceptar la hipótesis.

Sin embargo, hasta este punto vale la pena reflexionar lo siguiente: si la metodología del microdesgaste ya se ha utilizado previamente para inferir la dieta y hábitat en el pasado, *¿porque en este proyecto se planteó esta hipótesis?* cuando ya antes se ha documentado que sí funciona para conocer preferencias de consumo y hábitat en otros grupos, como primates (Teaford y Walker, 1984), grandes herbívoros (Semprebon y Rivals, 2010; Gutiérrez-Bedolla et al., 2016) o incluso en pequeños mamíferos como los roedores (Gomes-Rodrigues et al., 2009).

Una respuesta general a la pregunta anterior puede explicarse con animales de tamaño mediano y grande (herbívoros principalmente). Desde que se comienzan a sentar las bases del uso de la metodología de microdesgaste dental, la toma de datos tanto en alta amplificación usando Microscopia electrónica (Walker et al., 1978), como baja ampliación (35x) usando microscopio estereoscópico (Solounias y Semprebon, 2002) y con técnicas 3D (Scott, 2006), tuvieron esquemas estandarizados que, aunque se ha sugerido procurar hacer comparaciones interespecíficas (Teaford y Oyen, 1989), en general se ha observado que son funcionales por “igual” entre especies de grandes herbívoros (Semprebon et al., 2004).

Por su parte, para el caso de los roedores, pese a que se han propuesto alternativas para su estandarización (Gomes-Rodrigues et al., 2009), la diversidad de este grupo hace que la comparación entre varias especies tal vez no sea lo ideal, y mucho menos cuando en la comparación se usan ejemplares de distribuciones geográficas muy

separadas (ejemplo: Roedores de América vs roedores de África). En este sentido el planteamiento de la hipótesis se hizo con el objetivo de tener un mejor marco de referencia para la aplicación de microdesgaste en roedores, lo que dio como resultado cuatro aportes:

1. Se aumenta la base de datos de desgaste dental para roedores, lo que suma a seguir comparando entre especies y contribuye en principio a explorar de manera genérica su alimentación y condiciones ambientales.

2. Como se discute en el capítulo 3, tanto este trabajo como Burgman (2022), estos pequeños mamíferos pueden comer prácticamente cualquier cosa que este a su alcance. También puede ser selectiva en función de la estacionalidad y sexo (Robinet et al., 2022). Entonces, la expresión del microdesgaste refleja más que a escala de paisaje un nivel microhábitat y se debe tener en cuenta la población, más que la especie en general.

3. Se sugiere en lo posible hacer una base de datos propia, tal como otros autores también han propuesto (Mhlnachler et al., 2012), y en el mejor de los casos usar ejemplares locales o cercanos a los yacimientos fósiles (cuando el enfoque es paleontológico) con el fin de tener mejor certeza en la señal de microdesgaste.

4. Se recomienda aumentar la ampliación a 1000x como en este trabajo a diferencia de las propuestas a 100X (Gomes-Rodrigues et al., 2009), ya que mejora la observación al momento de revisar las variables del microdesgaste (cuando el análisis se hace en 2D).

Actualmente el método de microdesgaste sigue siendo utilizado en investigación con diversos enfoques que tienen como objetivo generar más detalles en las interpretaciones de los resultados obtenidos con esta metodología (Merceron et al., 2023), por ejemplo, diferencias entre materia seca y fresca (Winkler et al, 2019), diferencias alimentarias entre machos y hembras, así como estacionalidad (Merceron et al., 2010; Robinet at al., 2022) en donde los roedores comienzan a tener un papel relevante, a diferencia de décadas anteriores. Lo que hace que este trabajo se sume a

los esfuerzos y soluciones actuales que abordan el conocimiento de la dieta y hábitat en el pasado.

Aparte de la inferencia de la dieta y hábitat por sí mismo, existen dos factores que han sido muy discutidos en relación a esta metodología y que son interesantes de abordar, porque trabajos experimentales usando roedores podrían contribuir a esclarecer; tanto las inferencias para el propio orden Rodentia como a otros grupos, tales efectos son aquellos que involucran procesos tafonómicos y sobre material exógeno.

Sobre la tafonomía; King et al. (1999), se preguntaron ¿cuál sería el efecto del paso del tiempo en la señal de microdesgaste desde que el animal muere hasta que es encontrado? Según sus estudios la señal no se altera, pero si se pierde información, es decir, que la señal de microdesgaste original se ve afectada cuando el diente va desgastándose poco a poco conforme pasa el tiempo desde que el animal muere hasta que es encontrado, sin embargo, aún conserva información fiable y suficiente que contribuye a interpretar la dieta y hábitat. Más recientemente se ha descrito que el contacto con sedimento en determinado tiempo si tiene efectos significativos (Micó et al., 2024); Uzunidiz et al., (2021) y Weber et al., (2022), obtienen resultados semejantes en donde mencionan que el cambio más significativo es producido por las partículas finas. La mayoría de estos estudios han sido en herbívoros medianos y grandes. En el caso de roedores solo Weber et al., (2022) incluye en su estudio una especie de roedor con el fin de conocer los efectos del ácido clorhídrico (simulando cuando un animal es tragado). Al igual que King et al., (1999), los resultados muestran que el diente sufre un alto nivel de degradación del esmalte por el ácido, lo que imposibilita la observación de las marcas producidas por los alimentos. En este proyecto también se identificaron piezas dentales con señales de haber sido consumidas y como los autores anteriores, no se logró observar marca alguna de microdesgaste. Sin embargo, estudios para observar los efectos tafonómicos de transporte *per se* en dientes pequeños, no se han hecho por lo que sería válido hacer una revisión exclusiva con este enfoque para mamíferos pequeños.

Por otro lado el debate del material exógeno también ha estado en discusión; Damuth y Janis, (2011) mencionan que el alimento puede venir acompañado de elementos externos como polvo con partículas de diferente tamaño (arenas, limos o

arcillas), entonces los autores concluyen que los fitolitos de los vegetales (estructuras que produce las marcas de microdesgaste) están sobre estimados; Xia et al. (2015) por su parte concluyen que los fitolitos son los principales responsables del microdesgaste dental. En años recientes la discusión continúa; Sembrebón et al. (2019), ha sugerido incluso que el material exógeno es el responsable de la hipsoodoncia más que los vegetales abrasivos como los pastos. Este factor sin duda debe ser tomado en cuenta cuando se trabaja con roedores, porque al ser animales pequeños el contacto con el suelo es directo. Sin embargo, Adams et al. (2020), quienes trabajaron con topos europeos que viven debajo de la tierra y al alimentarse consumen partículas de suelo, no encontraron relación entre efectos del suelo y el microdesgaste, concluyendo que las marcas producidas en el esmalte dental son principalmente del alimento.

En este proyecto tanto para la parte experimental y con los ejemplares silvestres no se tomaron en cuenta los dos factores mencionados (tafonómico y material exógeno), porque como se explicó, aun no hay información suficiente que pueda aplicarse directamente a piezas dentales pequeñas. Por lo anterior, en estudios futuros es conveniente explorar los efectos tafonómicos y de material exógeno en roedores, con el fin explicar de manera holística lo que el microdesgaste revela.

CONCLUSIONES GENERALES

- Se registraron 17 especies de roedores silvestres, una de ellas introducida *Mus musculus*. Otras tres, aunque ya se tenían documentadas para el estado de Michoacán, se integran a la riqueza de este orden en la cuenca de Cuitzeo; *B. musculus*, *P. pectoralis* y *O. fulvescens*.

- La riqueza de roedores en la cuenca de Cuitzeo demuestra que esta región es reservorio valioso para este orden de mamíferos, pese a la degradación del hábitat y efectos del cambio climático en la zona.

- Las poblaciones de las especies reportadas en este trabajo no presentan una alimentación especialista. Están aprovechando los recursos que ofrece el hábitat en que viven, aun así, sería conveniente aumentar el número de muestra.

- El conocimiento de la alimentación de roedores silvestres contribuye a generar una clasificación alimentaria y de hábitat objetiva, que pueda relacionarse con la señal de microdesgaste.

- Con el uso de la clasificación generada por roedores silvestres y su relación con la señal de microdesgaste; más la información obtenida de roedores de laboratorio se generó un modelo de microdesgaste útil y aplicable para poblaciones fósiles.

- En general, utilizar datos provenientes de animales silvestres aporta principalmente información a nivel microhábitat, más que a escala de paisaje. Por su parte la información experimental añade patrones más específicos de tipos de alimentos. Ambos enfoques son complementarios.

- Con el patrón generado con roedores actuales y aplicando los resultados a poblaciones fósiles se infiere que *Sigmodon hispidus* de la localidad de La Cinta-Portalitos (Pastizal) que corresponde a la edad del Rancholabreano (Pleistoceno tardío 240,00-11,000 AP), presentó una dieta pacedora y vivió en un hábitat de pastizal. Mientras que *S. cf. minor* de la localidad Misión del Valle (Matorral) que corresponde Blanco (Pleistoceno temprano 4.9-1.8Ma), se alimentaba de pastos, semillas y frutos y era moradora de matorrales. Con la información obtenida de ambas especies fósiles, se puede especular que desde el Pleistoceno inferior el hábitat, al menos de donde provienen estas poblaciones, en general no ha tenido cambios considerables.

LITERATURA GENERAL

- Adams, N.F., Gray, T. y Purnell, M.A. (2020). Dietary signals in dental microwear of predatory small mammals appear unaffected by extremes in environmental abrasive load. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 558, 109929. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.109929>
- Arroyo-Cabrales, J., Carreño, A. L., Lozano-García, S., Montellano-Ballesteros, M., Cevallos-Ferriz, S., y Corona, E. (2008). La diversidad en el pasado. *Capital natural de México*, 1, 227-262.
- Barrón-Ortiz, C. R., Theodor, J. M., y Arroyo-Cabrales, J. (2014). Dietary resource partitioning in the Late Pleistocene horses from Cedral, north-central Mexico: Evidence from the study of dental wear. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 31, 260–269.
- Bell, C. J., Lundelius Jr, E. L., Barnosky, A. D., Graham, R. W., Lindsay, E. H., Ruez Jr, D. R., y Zakrzewski, R. J. (2004). The Blancan, Irvingtonian, and Rancholabrean mammal ages. Em M. O. Woodburne (Eds.), *Late Cretaceous and Cenozoic Mammals of North America, Biostratigraphy and geochronology*, 232-314. New York, USA.
- Bravo-Cuevas, V. M., Ortiz-Caballero, E., Jiménez-Hidalgo, E., Barrón-Ortiz, C. I., y Theodor, J. M. (2020). Taxonomía y hábito alimentario de ejemplares de *Mammuthus columbi* (Proboscidea: Elephantidae) del Centro y sur de México. *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana*, 72, 1–29. <https://doi.org/10.18268/BSGM2020v72n1a141019>
- Burgman, J. H. (2022). *Rodent dental microwear texture analysis as a proxy for fine scale paleoenvironment reconstruction*. Graduate Theses and Dissertations Retrieved from <https://scholarworks.uark.edu/etd/4435>
- Caporale, S. S., y Ungar, P. S. (2016). Rodent incisor microwear as a proxy for ecological reconstruction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 446, 225–233. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2016.01.013>
- Cervantes-Barriga, R., Marín-Leyva, A. H., García-Zepeda, M. L., Ponce-Saavedra, J., Arroyo-Cabrales, J., Schaaf, P., Solís-Pichardo, G., Monterrubio-Rico, T. C., y Cano-

- Camacho, H. (2020). Taxonomy, diet and geographical provenance of fossil species of *Sigmodon* from west central Mexico during the late Pleistocene. *PalZ*, 1–17. <https://doi.org/10.1007/s12542-020-00512-z>
- Covert, H. H., y Kay, R. F. (1981). Dental microwear and diet: Implications for determining the feeding behaviors of extinct primates, with a comment on the dietary pattern of *Sivapithecus*. *American Journal of Physical Anthropology*, 55, 331–336. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330550307>
- Damuth, J., y Janis, C. M. (2011). On the relationship between hypsodonty and feeding ecology in ungulate mammals, and its utility in palaeoecology. *Biological Reviews*, 86, 733-758.
- DeMiguel, D., Fortelius, M., Azanza, B., y Morales, J. (2008). Ancestral feeding state of ruminants reconsidered: earliest grazing adaptation claims a mixed condition for Cervidae. *BMC Evol Biol.*, 8, 1-13.
- Eng-Ponce, J. (2018). Perezosos (Xenarthra: Folivora) y capibaras (Rodentia: Hydrochoerinae) del yacimiento pleistocénico (Rancholabreano) de la Cinta-Portalitos, Michoacán-Guanajuato, México. Tesis Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo.
- Ferrusquía-Villafranca, I., Arroyo-Cabrales, J., Johnson, E., Ruiz-González, J., Martínez-Hernández, E., Gama-Castro, J., y Polaco, O. J. (2017). Quaternary mammals, people, and climate change: A view from southern North America. En G. G. Monks (Eds.), *Climate change and human responses: A zooarchaeological perspective*, 27-67. New York, USA.
- Firmat, C., Gomes-Rodrigues, H., Hutterer, R., Rando, J. C., Alcover, J. A., y Michaux, J. (2011). Diet of the extinct Lava mouse *Malpaisomys insularis* from the Canary Islands: Insights from dental microwear. *Naturwissenschaften*, 98, 33–37. <https://doi.org/10.1007/s00114-010-0738-z>
- Firmat, C., Gomes-Rodrigues, H., Renaud, S., Claude, J., Hutterer, R., Garcia-Talavera, F., y Michaux, J. (2010). Mandible morphology, dental microwear, and diet of the extinct giant rats *Canariomys* (Rodentia: Murinae) of the Canary Islands (Spain). *Biological Journal of the Linnean Society*, 101, 28–40. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2010.01488.x>

- Froese, R. (2017). Species 2000 additional Common Names for the Catalogue of Life. In: Roskov Y., Abucay L., Orrell T., Nicolson D., Bailly N., Kirk P.M., Bourgoin T., DeWalt R.E., Decock W., De Wever A., Nieukerken E. van, Zarucchi J., Penev L., Eds. (2017). Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 20th December 2017. Digital Resource At.
- Gomes-Rodrigues, H., Merceron, G., y Viriot, L. (2009). Dental microwear patterns of extant and extinct Muridae (Rodentia, Mammalia): Ecological implications. *Naturwissenschaften*, 96, 537–542. <https://doi.org/10.1007/s00114-008-0501-x>
- Gutiérrez-Bedolla, M., García-Zepeda, M. L., López-García, R., Arroyo-Cabrales, J., Marín-Leyva, A. H., Meléndez-Herrera, E., y Fuentes-Farías, A. L. (2016). Diet and habitat of *Mammuthus columbi* (Falconer, 1857) from two Late Pleistocene localities in central western Mexico. *Quaternary International*, 406, 137–146. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.08.022>
- Hillson, S. (2005). *Teeth*. G. Barker, E. Slater, y P. Bogucki (eds.), Cambridge University Press.
- Hoffman, J. M., Fraser, D., y Clementz, M. T. (2015). Controlled feeding trials with ungulates: a new application of in vivo dental molding to assess the abrasive factors of microwear. *Journal of Experimental Biology*, 218, 1538–1547. <https://doi.org/10.1242/jeb.118406>
- Hopley, P. J., Latham, A. G., y Marshall, J. D. (2006). Palaeoenvironments and palaeodiets of mid-Pliocene micromammals from Makapansgat Limeworks, South Africa: A stable isotope and dental microwear approach. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 233, 235–251. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2005.09.011>
- King, T., Andrews, P. y Boz, B. (1999). Effect of taphonomic processes on dental microwear. *American Journal of Physical Anthropology*, 108, 359-373.
- Lewis, P. J., Gutierrez, M., y Johnson, E. (2000). *Ondatra zibethicus* (Arvicolinae, Rodentia) dental microwear patterns as a potential tool for palaeoenvironmental reconstruction. *Journal of Archaeological Science*, 27, 789–798. <https://doi.org/10.1006/jasc.1999.0502>
- Marín-Leyva, A. H., De Miguel, D., García-Zepeda, M. L., Ponce-Saavedra, J., Arroyo-

- Cabrales, J., Schaaf, P., y Alberdi, M. T. (2016). Dietary adaptability of Late Pleistocene *Equus* from West Central Mexico. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 441, 748–757. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2015.10.019>
- Martin, L. F., Krause, L., Ulbricht, A., Winkler, D. E., Codron, D., Kaiser, T. M., Müller, J., Hummel, J., Clauss, M., Hatt, J. M., y Schulz-Kornas, E. (2020). Dental wear at macro- and microscopic scale in rabbits fed diets of different abrasiveness: A pilot investigation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 556, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.109886>
- Meléndez, B. (1990). *Paleontología* 3. España. Parafino.
- Merceron, G., Escarguel, G., Angibault, J. M., y Verheyden-Tixier, H. (2010). Can dental microwear textures record inter-individual dietary variations?. *PLoS One*, 5. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009542>
- Merceron, G., Tütken, T. y Scott R. (2023). Editorial Preface to Special Issue: Understanding dental proxies of ancient diets. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 621, <http://doi.org/10.1016/j.palaeo.2023.111589>
- Micó, C., Blasco, R., y Rivals, F. (2024). Simulación de procesos tafonómicos en dientes: el impacto de la presión de sedimentos y la alteración térmica en el microdesgaste dental. *Quaternary Science Advances*, 14, 100195. <https://doi.org/10.1016/j.qsa.2024.100195>
- Mihlbachler, M. C., Beatty, B. L., Caldera-siu, A., Chan, D., y Lee, R. (2012). Error rates and observer bias in dental microwear analysis using light microscopy. *Paleontologia electronica*, 15, 1–22. <https://doi.org/10.26879/298>
- Mihlbachler, M. C., Foy, M., y Beatty, B. L. (2019). Surface Replication, Fidelity and Data Loss in Traditional Dental Microwear and Dental Microwear Texture Analysis. *Scientific Reports*, 9, 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37682-5>
- Nelson, S., Badgley, C., y Zakem, E. (2005). Microwear in modern squirrels in relation to diet. *Palaeontologia Electronica*, 8, 1–15.
- Núñez-Garduño, A. (2005). *Los mamíferos silvestres de Michoacán: diversidad, Biología e importancia*. México: Coordinación de la Investigación Científica, UMSNH.
- Oliver, A., Hernández-Ballarín, V., López-Guerrero, P., García-Paredes, I., Álvarez-Sierra, M. A., Gómez-Cano, A. R., García-Yelo, B. A., Alcalde, G. M., y Peláez-

- Campomanes, P. (2014). Dental microwear analysis in Gliridae (Rodentia): Methodological issues and paleodiet inferences based on *Armantomys* from the Madrid Basin (Spain). *Journal of Iberian Geology*, 40, 157–166. https://doi.org/10.5209/rev_JIGE.2014.v40.n1.44096
- Ramírez-Pulido, J., González-Ruiz, N., Gardner, A. L., y Arroyo-Cabrales, J. (2014). List of Recent Land Mammals of Mexico. En Special Publications Museum of Texas, *Tech University*, 63.
- Rensberger, J. M. (1978). Scanning electron microscopy of wear and occlusal events in some small herbivores. En M. Teaford, M. M. Smith y M. W. J. Ferguson (Eds.), *Development, function and evolution of teeth*. 415–438.
- Rivals, F., Semprebon, G. M., y Lister, A. (2012). An examination of dietary diversity patterns in Pleistocene proboscideans. (*Mammuthus*, *Palaeoloxodon*, and *Mammuth*) from Europe and North America as revealed by dental microwear. *Quatern International*, 255, 188-195.
- Robinet, C., Merceron, G., Catzeflis, F., Candela, A. M., y Marivaux, L. (2022). About inter- and intra-specific variability of dental microwear texture in rodents: Study of two sympatric *Proechimys* (Echimyidae) species from the Cacao locality, French Guiana. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 591. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2022.110880>
- Schulz, E., Piotrowski, V., Clauss, M., Mau, M., Merceron, G., y Kaiser, T. M. (2013). Dietary Abrasiveness Is Associated with Variability of Microwear and Dental Surface Texture in Rabbits. *PLoS ONE*, 8, 1–7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056167>
- Scott, R. S., Ungar, P. S., Bergstrom, T. S., Brown, C. A., Childs, B. E., Teaford, M. F., y Walker, A. C. (2006). Dental microwear texture analysis: technical considerations. *Journal of Human Evolution*, 51, 339–349. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2006.04.006>
- Semprebon, G. M., Godfrey, L. R., Solounias, N., Sutherland, M. R., y Jungers, W. L. (2004). Can low-magnification stereomicroscopy reveal diet? *Journal of Human Evolution*, 47, 115–144. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2004.06.004>
- Semprebon, G. M. y Rivals F. (2010). Trends in the paleodietary habits of fossil camels from the Tertiary and Quaternary of North America. *Palaeogeography,*

- Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 295. 131-145.
- Semprebon, GM, Rivals, F. y Janis, CM (2019). El papel de la hierba frente a los abrasivos exógenos en los patrones paleodietarios de los ungulados norteamericanos. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7, 65. <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00065>
- Smith, T. M., y Smith, R. L. (2007). *Ecología*. Pearson Education. 6ª Edición, Madrid.
- Solounias, N., y Semprebon, G. M. (2002). Advances in the Reconstruction of Ungulate Ecomorphology with Application to Early Fossil Equids. *American Museum Novitates*, 3366, 1–49. [https://doi.org/10.1206/0003-0082\(2002\)366<0001:AITROU>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1206/0003-0082(2002)366<0001:AITROU>2.0.CO;2)
- Teaford, M. F., y Walker, A. (1984). Quantitative differences in dental microwear between primate species with different diets and a comment on the presumed diet of *Sivapithecus*. *American Journal of Physical Anthropology*, 64, 191-200.
- Teaford, M. F., y Oyen, O. J. (1989). In vivo and in vitro turnover in dental microwear. *American Journal of Physical Anthropology*, 80, 447-460.
- Townsend, K. E. B., y Croft, D. A. (2008). Enamel microwear in caviomorph rodents. *Journal of Mammalogy*, 89, 730–743. <https://doi.org/10.1644/06-MAMM-A-336R1.1>
- Ungar, P. S., Brown, C. A., Bergstrom, T. S., y Walker, A. C. (2003). Quantification of dental microwear by tandem scanning confocal microscopy and scale-sensitive fractal analyses. *Scanning*, 25, 185–193. <https://doi.org/10.1002/sca.4950250405>
- Ungar, P. S. (2010). *Mammal teeth; origin, evolution, and diversity*. Baltimore, Maryland: The Johns Hopkins University Press.
- Uzunidis, A., Pineda, A., Jimenez-Manchon, S., Xafis, A., Ollivier, V., y Rivals, F. (2021). The impact of sediment abrasion on tooth microwear analysis: an experimental study. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 13, 1-17. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12520-021-01382-5>
- Walker, A. C., Hoeck, H. N., y Pérez, L. (1978). Microwear of mammalian teeth as an indicator of diet. *Science*, 201, 908–910. <https://doi.org/10.1126/science.684415>
- Weber, K., Winkler, D. E., Schulz-Kornas, E., Kaiser, T. M., y Tütken, T. (2022). Post-mortem enamel surface texture alteration during taphonomic processes do experimental approaches reflect natural phenomena? *PeerJ*, 10. <http://doi.org/10.7717/peerj.12635>
- Winkler, D. E., Schulz-Kornas, E., Kaiser, T. M., De Cuyper, A., Clauss, M., y Tütken, T.

(2019). Forage silica and water content control dental surface texture in Guinea pigs and provide implications for dietary reconstruction. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116, 1325–1330.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1814081116>

Xia, J., Zheng, J., Huang, D., Tian, Z. R., Chen, L., Zhou, Z., y Qian, L. (2015). New model to explain tooth wear with implications for microwear formation and diet reconstruction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112, 10669-10672.

ANEXOS

Anexo 1



Revista Mexicana de Biodiversidad
Universidad Nacional Autónoma de México

Tiberio Cesar Monterrubio Rico
Facultad de Biología
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Morelia, Mich., México

Cd. Universitaria, a 06 de febrero de 2025

Estimado Dr. Monterrubio,

Después de revisar la versión corregida de su trabajo ID-5430: "Análisis espacial y estacional de las comunidades de pequeños roedores de la cuenca de Cuitzeo", en coautoría con Raymundo Cervantes-Barriga, Joaquín Arroyo-Cabrales, Alejandro H. Marín-Leyva, Javier Ponce-Saavedra y Florent Rivals, le informo que ha sido aceptado para su publicación en nuestra revista y aparecerá, próximamente, bajo nuestro sistema de publicación continua.

Con el fin de garantizar la adecuada reproducción de las figuras en la impresión final y si no lo ha hecho ya, es necesario que las envíe en formato Tiff, a 300 dpi y un ancho máximo de 17 cm. a nuestra Ed. Técnica, Ma. Antonieta Arizmendi Espinosa (aarizmen@ib.unam.mx).

En cuanto tengamos listas las pruebas de galeras, se las haremos llegar para una última revisión.

Aprovecho la ocasión para enviarle saludos cordiales. Atentamente,

Dr. Fernando Álvarez Editor en Jefe

Anexo 1. Representa el Capítulo 1 de esta tesis doctoral y el cual se encuentra en proceso editorial: Cervantes-Barriga, R., Arroyo-Cabrales, J., Marín-Leyva, A. H., Ponce-Saavedra, J., Rivals, F., Monterrubio-Rico, T. C. Análisis Espacial y estacional de las comunidades de pequeños roedores de la cuenca de Cuitzeo. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.

Análisis Espacial y estacional de las comunidades de pequeños roedores de la cuenca de Cuitzeo

Raymundo Cervantes-Barriga¹; Joaquín Arroyo-Cabrales²; Alejandro H. Marín-Leyva¹; Javier Ponce-Saavedra³; Florent Rivals^{4,5,6}; Tiberio C. Monterrubio-Rico⁷

1 Laboratorio de Paleontología, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Edif. R 2°. Piso. Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Morelia, Michoacán, México, correo: 0616090d@umich.mx

2 Laboratorio de Arqueozoología "M. en C. Ticul Álvarez Solórzano", Subdirección de laboratorio y Apoyo Académico, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Moneda #16, Col. Centro, 06060, Ciudad de México, México.

3 Laboratorio de Entomología "Biol. Sócrates Cisneros Paz". Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Edif. B4 2°. Piso. Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Morelia, Michoacán, México.

4 ICREA, Pg. Lluís Companys 23, 08010 Barcelona, España.

5 Institut Català de Palaeoecologia Humana i Evolució Social (IPHES-CERCA), Zona Educativa 4, Campus Sescelades URV (Edifici W3), 43007 Tarragona, España.

6 Universitat Rovira i Virgili (URV), Departament d'Història i Història de l'Art, Avinguda de Catalunya 35, 43002 Tarragona, España.

7 Laboratorio de Vertebrados Terrestres Prioritarios, Edificio de investigación, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Jardín Botánico, C.P. 58194, Morelia, Michoacán, México

Resumen

Los roedores son el grupo más diverso entre los mamíferos, en México representan el 49% y aunque se asume que las perturbaciones antropogénicas al ambiente no afectan la diversidad de especies pequeñas como los roedores si se compara con la afectación a los mamíferos de mayor tamaño, los estudios al respecto son escasos. El objetivo de este trabajo fue analizar la comunidad de pequeños roedores en los hábitats terrestres que predominan en la cuenca de Cuitzeo y que presentan distintos grados de antropización. Se colectaron roedores en: pastizal-huizache, matorral-pastizal; y bosque de pino-encino durante un año, además se caracterizó la estructura de la comunidad vegetal de cada sitio. Se registraron 17 especies en total de las comunidades de las familias Cricetidae (15), Heteromyidae (1) y Muridae (1). La riqueza y diversidad específica fue mayor en el pastizal ($H' = 2.43$) y menor en el matorral ($H' = 1.02$). Sin embargo, la abundancia fue mayor en el matorral ($N = 47$) seguido del bosque de pino-encino ($N = 30$) y pastizal ($N = 21$). En época invernal se registró mayor riqueza específica (12) y abundancia ($N = 62$), lo contrario se observó el resto del año. Los registros de este estudio complementan y actualizan la información sobre riqueza, abundancia y diversidad de los pequeños roedores. La cuenca de Cuitzeo alberga una riqueza destacable y se constituye en una región de importancia en la conservación de pequeños mamíferos.

Palabras clave: ensamble de roedores, diversidad, hábitat, estacionalidad.

Abstract

Rodents are the most diverse group of mammals, in Mexico representing 49% of all mammals, and although it is assumed that anthropogenic disturbances to the environment do not affect the diversity of small organisms such as rodents in comparison with larger mammals, studies on this subject are scarce. The objective of this work was to analyze the richness and diversity in terrestrial habitats that predominate and present different degrees of anthropogenic disturbance in the Cuitzeo basin. Rodents were collected in grassland-huisache, shrubland-grassland, and pine-oak forest for one year, as well as the structure of the vegetation of each site was characterized. Seventeen species of the families Cricetidae (15), Heteromyidae (1), and Muridae (1) were recorded. Species richness and diversity were higher in the grassland ($H' = 2.43$) and lower in the shrubland ($H' = 1.02$). However, abundance was higher in the scrubland ($N = 47$) followed by pine-oak forest ($N = 30$) and grassland ($N = 21$). During the winter season the specific richness (12) and abundance ($N = 62$) was highest, and the opposite was observed during the other seasons of the year. The records obtained during this study complement and update the information concerning the richness, abundance, and diversity of small rodents. The Cuitzeo basin constitute an important region for the conservation of small mammals.

Keywords: rodent assemblage, diversity, habitat, seasonality.

Introducción

Las cuencas como parte de las regiones naturales y libres de la división política del estado, permiten una adecuada comprensión de la diversidad que se presenta (Aguilar et al., 2010). La cuenca de Cuitzeo al noroeste de Michoacán presenta el segundo lago más grande en el interior de México, y junto con sus humedales crea un mosaico de hábitats en la región. Históricamente esta cuenca presentó cobertura de 12 asociaciones vegetales: seis categorías en sistemas boscosos (bosque de encino, bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque de cedro, bosque de oyamel y bosque mesófilo de montaña), tres tipos de vegetación no boscoso (mezquital, matorral subtropical y pastizal) y tres asociados a humedales y cuerpos de aguas (bosque de galería, tular y carrizal) (Madrigal y Guridi, 2009). Sin embargo, la pérdida de vegetación en la cuenca aumenta (Bravo et al., 2008), y en la actualidad el 55% de la superficie presenta zonas agropecuarias y asentamientos humanos (Correa et al., 2014; INEGI, 2023). Con respecto a la fauna, se ha registrado riqueza importante en diversos grupos como: insectos y arácnidos (Ponce y Quijano, 2010), peces (Medina y Ortega, 2010), anfibios y reptiles (García y Flores, 2010), aves (Pérez et al., 2002; Villaseñor y Villaseñor, 2010), y más recientemente de mamíferos (Monterrubio et al., 2019); destacando en este último grupo los roedores por su alta riqueza específica.

Por su relevancia ecológica al formar la base de redes tróficas y por sus servicios ambientales como la depredación de semillas, así como rasgos de sus historias de vida como sus altas tasas de natalidad, variación y tolerancia en sus distribuciones, y en general una notable adaptación a modificaciones al ambiente (Ceballos y Oliva 2005), hace de los roedores un taxon que permite estudiar como varía la estructura local de sus comunidades en función de las características estructurales de la vegetación donde habitan. El entendimiento de estos procesos es fundamental para examinar la respuesta en los ensamblajes y comunidades de mamíferos ante el escenario cambiante de la cuenca de Cuitzeo, región considerada prioritaria para la conservación de Biodiversidad, que experimenta alto impacto humano (Aguilar et al., 2010) y efectos de cambio climático (Hernández et al., 2023).

En algunos estados de México; como Durango, por ejemplo, Villanueva et al. (2017) evidenciaron como seis especies se asocian a un gradiente de vegetación que va

zonas boscosas hasta áreas de matorral y pastizal. Las especies *Peromyscus difficilis* y *Sigmodon ochrognathus* se asociaron con mayor frecuencia a bosques, en cambio *P. boylii* y *P. pectoralis* a zonas áridas. Por su parte *P. hooperi* y *Neotoma leucodon*, resultaron más tolerantes y se presentan a lo largo del gradiente. En Veracruz se estudió el gradiente de borde al interior de un bosque mesófilo de montaña para observar la zonación por parte de nueve especies de roedores y un marsupial. Aunque la riqueza específica fue similar a lo largo del gradiente, se observó que la distribución es significativa en relación a las tallas, roedores de tallas similares se evitan y roedores de diferentes tallas coexistían en los mismos sitios muestreados (González et al., 2012).

Por otro lado, la distribución y el uso del hábitat por los pequeños roedores también ocurre a nivel específico, ya sea por edad o el sexo. *Neotomodon alstoni*, por ejemplo, se ha estudiado en cinco hábitats del Ajusco (zacatonal, pradera, bosque, ecotono bosque-zacatonal y ecotono bosque-pradera) y se demostró que las hembras prefieren el zacatonal, y los machos los bosques y ecotonos, las hembras buscan sitios de mejor calidad que los machos y estos últimos muestran patrones de distribución más en relación a la densidad de hembras que a la calidad del microhábitat (Rojas et al., 2012). Para Michoacán, un análisis sobre la distribución de 48 especies de roedores en las regiones fisiográficas del estado, registraron que cada región muestra diferencias significativas en relación a la abundancia de roedores, siendo la faja volcánica transmexicana la de mayor diversidad, seguida del altiplano mexicano, destacándose que las dos provincias sean las de mayor diversidad a pesar del alto número de asentamientos humanos en ellas (Sánchez et al., 2005).

El objetivo general del presente estudio fue evaluar la riqueza y diversidad de roedores en tres hábitats: pastizal, matorral subtropical y bosque de pino-encino, en la cuenca de Cuitzeo, examinando su variación entre épocas del año, además de caracterizar la vegetación de los hábitats.

Materiales y Métodos

Área de estudio

La cuenca de Cuitzeo se ubica principalmente en el centro norte del estado de Michoacán, compartiendo una porción menor del extremo norte de la cuenca con el estado de Guanajuato. Se sitúa en un intervalo de elevación de 1,750 a 2,359 metros sobre el nivel del mar (msnm), y presenta 3,675 km² de superficie (Bravo et al., 2008).

Actualmente el 6% de la superficie de la cuenca es ocupado por asentamientos humanos y el 8% por cuerpos de agua. Los campos de cultivo, pastos inducidos y plantaciones forestales representan el 51%. Los tipos de vegetación de la cuenca seleccionados en este estudio representan 1% para pastizales naturales, 14% matorrales y 20% bosques abiertos y cerrados (Correa et al., 2014). La cuenca presente clima templado en tres subgrupos: semifrío (en partes altas de las montañas del sur), semicálido (a los alrededores del lago de Cuitzeo) y subhúmedo (en la mayor parte de la cuenca). La temperatura media anual va de los 14 a los 17 °C y en las partes altas de la cuenca puede ser de 10 °C. La precipitación en las partes altas oscila entre 1,200 a 1,500 mm; en la parte media y baja entre 800 y 1000 mm (INEGI, 2023).

Los sitios seleccionados para el muestreo fueron: al norte el área a menor elevación, donde predomina el pastizal, el sitio se conoce como “La Cinta” (1,838 msnm). A elevación intermedia y en el centro de la cuenca el sitio “Misión del Valle”, localizado en una zona suburbana con vegetación que presenta ecotonos de extensos matorrales y pastizales (1,896 msnm), y al sur un sitio de bosque con vegetación de pino-encino conocido como “La Planta” (2,132 msnm) (Fig. 1).

Trabajo de campo

De acuerdo con información de temperatura y precipitación de localidades cercanas a las de este estudio; las temperaturas más altas en la región se presentan principalmente en los meses de abril y mayo (“temporada de secas”); mientras que los meses con mayores precipitaciones (“temporada de húmedas”) se concentran en julio,

agosto y septiembre. El resto del año presenta bajas temperaturas y precipitaciones (“temporada de secas frías”) (Carlón y Mendoza, 2007).

Se efectuaron cuatro salidas de campo durante un ciclo anual, las tres primeras en 2021 y la última en 2022. Los roedores se capturaron con trampas Sherman. El primer muestreo (secas) inició el 30 de abril a 11 de mayo con esfuerzo de 60 trampas (540 noches/trampa), sin embargo, dada la baja captura se decidió aumentar un día más de colecta en las siguientes temporadas. El segundo muestreo (húmedas) fue del 30 de agosto a 13 de septiembre con un esfuerzo 720 noches/trampa. Durante la temporada de secas frías se llevaron a cabo dos salidas; una (secas frías 1) durante el 26 de noviembre a 10 de diciembre con 70 trampas (840 noches/trampa), no obstante, las capturas aun seguían siendo pocas por lo que se hizo un último muestreo (secas frías 2), del 27 de enero a 10 de febrero de 2022 con 90 trampas (1,068 noches/trampa) con el fin de lograr tener un inventario más completo. El esfuerzo total acumulado en el estudio fue de 3,168 noches/trampa. La dispersión espacial del sistema de trampeo incluyó la colocación de líneas de trampas con separación de 10 m, las cuales se colocaron antes de la puesta del sol y se revisaron al día siguiente por la mañana. El cebo consistió de una mezcla de maíz triturado y esencia de vainilla, el cual se encapsuló en una rejilla metálica de 3 cm³ colocada dentro de la trampa. Los roedores capturados se sacrificaron con pentobarbital sódico, siguiendo los lineamientos de la Sociedad Americana de Mamíferos (Sikes, 2016) y, las recomendaciones convencionales de recolección de datos de Romero et al., (2007).

Los resultados presentados en este artículo forman parte de un proyecto en el que también se analiza la alimentación y su efecto sobre la dentición de los roedores, por lo que fue necesario sacrificar los ejemplares. Los roedores colectados se depositaron para resguardo en el Laboratorio de Mastozoología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), donde como parte de su identificación se comparó con ejemplares existentes en la colección además del uso de claves (Godinez y Guerrero, 2014; Mammal Diversity Database, 2024; Núñez y Pastrana, 1990). Se utilizó el catálogo nomenclatural de Ramírez et al., (2014), y se atendió las modificaciones recientes para *Peromyscus maniculatus* (ahora *P. labecula*), *Peromyscus boylii* (ahora *P. kilpatricki*) y *Peromyscus melanophrys* (ahora *P. zamorae*) (Bradley et al., 2017, 2019; López et al.,

2019). La colecta científica se efectuó al amparo del permiso especial de colecta científica clave SGPA/DGVS/02243/22.

La caracterización de la vegetación se hizo en el estrato herbáceo mediante cinco cuadrantes de 5 m², cada cuadrante con cinco unidades de muestreo de 1 m² (25 unidades en total, por cada sitio y para cada estación), distribuidas en arreglo “cinco de oros”, una en el centro, y las demás en las esquinas (SENASICA, 2024). Se identificaron familias y géneros, y se registró su abundancia y cobertura horizontal en porcentaje. Debido a la estacionalidad los estados fenológicos de las plantas no permitieron la determinación genérica en todos los casos, por lo que se utilizó el término morfotipo para las plantas solo identificadas a nivel de familia.

Análisis de datos

Para la vegetación se describió la estructura general en los niveles taxonómicos de familia y género para cada sitio y época del año incluyendo composición y abundancias.

Para los roedores se analizó la riqueza y abundancia para cada localidad, época de colecta y para todo el año. Para evaluar la relación entre la riqueza de especies en función del esfuerzo de muestreo, se elaboraron curvas de rarefacción para cada sitio que permitió estimar la eficiencia del muestreo utilizando el acumulado por individuos (Chao et al., 2014, 2016). Posteriormente se estimó la completitud del muestreo a través de las estimaciones no paramétricas de riqueza de Chao 2 y Bootstrapping. Se elaboró curvas de rango-abundancia para describir las relaciones de abundancia entre las especies y determinar las dominancias para cada localidad y época del año.

Se utilizaron los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H') y dominancia Simpson (D), tanto por sitio de estudio como por temporada. Se utilizó la prueba de t modificada por Hutchenson (1970) para probar por diferencias estadísticas, se incluyó además el cálculo de los límites de confianza (LC) al 95% por el método de percentiles. Para calcular la equitatividad de las especies se usó el índice de equitatividad de Pielou (J). Para conocer el grado de semejanza entre comunidades se usó el índice de similitud

de Jaccard para composición de especies y el índice de Bray-Curtis para considerar la abundancia en la comparación (Magurran, 2004).

Con el fin de evaluar posibles diferencias en la composición de especies en relación con los hábitats, se aplicó un análisis de las similitudes entre comunidades (ANOSIM), con 10,000 permutaciones y disimilitud de Bray-Curtis. Todos los análisis antes mencionados se hicieron con el Software Past 4.12 (Hamer et al., 2001).

Resultados

La comunidad vegetal durante un ciclo anual se caracterizó por presentar 31 familias y 105 géneros de plantas en una muestra de 15,060 individuos del estrato herbáceo, de los que el 51% correspondió a la asociación pastizal-huizache. El 39% se registró para matorral-pastizal y el 10% en pino-encino. En la asociación pastizal-huizache predominó la familia Poaceae, con abundancia relativa (AR) del 80% y cobertura horizontal relativa (CH) de 86%. Destacan los géneros *Chloris* (AR=44%; CH=51%), *Paspalum* (AR=12%; CH=3%) y *Distichlis* (AR=9%; CH=22%), esas proporciones fueron constantes durante todo el año. En el estrato arbóreo destaca el huizache (*Vachellia* sp.).

El matorral-pastizal está integrado proporcionalmente por las familias Asteraceae (18%), Poaceae (16%), Fabaceae (14%) y Euphorbiaceae (11%). Pero difiere del pastizal al presentar variación estacional en la estructura y composición de las plantas en el año. Por ejemplo, en secas *Lolium* presentó la mayor abundancia y cobertura horizontal (AR=43%; CH=32%); en temporada húmeda *Marina* (AR=29%; CH=21%), *Euphorbia* (AR=22%; CH=13%) y *Adenophyllum* (AR=20%; CH=19%); en secas frías 1 *Simsia* (AR=20%; CH=20%) y *Eragrostis* (AR=16%; CH=16%); y en secas frías 2, una especie de gramínea (AR=42%; CH=55%), que por su fenología no pudo ser identificada. También se presentaron elementos aislados de *Opuntia*.

La vegetación en el área de Pino-encino se caracterizó en el estrato arbóreo por la presencia de los géneros *Pinus* y *Quercus*. El estrato herbáceo se caracterizó por el predominio de las familias Poaceae, Rosaceae, Asteraceae, Oxiladaceae, Fabaceae, Anacardiaceae, Pteridaceae y Cyperaceae con un 78% de la muestra total. El género *Rubus* (AR=29%; CH=13%) predominó en secas, mientras que en húmedas fue *Oxalis* (AR=31%; CH=9%) y *Centella* (AR=19%; CH=17%); en secas frías 1 (AR=19%; CH=11%) y secas frías 2 (AR=27%; CH=13%) fueron macollos de gramíneas que carecían de espiga por lo que no se identificaron; pero parecen ser del género *Microstegium* (Apéndice I).

La muestra de roedores capturados incluyó 98 individuos. Los ejemplares se identificaron como 16 especies nativas y *Mus musculus* (introducida), pertenecientes a siete géneros en las familias Cricetidae (15), Heteromyidae (1) y Muridae (1) (Tabla 1).

Con base en la curva de rarefacción, se interpreta el esfuerzo de muestreo como suficiente en registrar la riqueza esperada de los tres sitios; con una cobertura de la muestra del 93% en matorral-pastizal, 83% en el bosque de pino-encino y 72% en pastizal-huizache (Fig. 2A). A nivel regional según los estimadores Chao 2 y Bootstrapping la riqueza se espera entre 18-19 especies, solo dos por encima de la riqueza observada, lo que permite asumir un muestreo de inventario de especies de roedores para la zona suficientemente completo, y que se corrobora con una cobertura de muestra total con 97% en la curva de rarefacción (Fig. 2B). Siendo en el pastizal-huizache y en el bosque de pino-encino donde existe mayor oportunidad de registrar otras especies.

La mayor riqueza de especies se observó en el pastizal-huizache, seguido de la asociación de pino-encino y la asociación matorral-pastizal, y en este mismo orden las abundancias se comportaron de menor a mayor (Tabla 1; Fig. 3A). En relación a la temporada de colecta, la riqueza y abundancia en secas es en la que se obtuvo la menor cantidad de ejemplares. Posteriormente se incrementó el éxito de captura para las temporadas siguientes hasta llegar a secas frías 2 (Tabla 2); sumando los datos de riqueza y abundancia de las tres comunidades se observa un incremento en la complejidad (Fig. 3B). En las temporadas invernales se destaca la mayor abundancia y tasas de captura de todo el estudio, particularmente en el matorral-pastizal. También se registró la mayor riqueza de especies (n=12), la mayor abundancia absoluta (62 individuos) y la mayor tasa de captura de 5.8 / 100 trampas-noche (Tabla 2).

Baiomys taylori fue la especie más abundante, representó el 33% del total de individuos colectados, con los valores más altos en la temporada de secas frías 2, se presentó durante todo el año con presencia principalmente en matorral-pastizal (n=33), seguido de pastizal-huizache (n=4). La especie que resultó con mayor abundancia en el hábitat de pastizal-huizache es *Mus musculus*, que también se registró en matorral-pastizal y también estuvo presente durante todo el año. Para el bosque de pino-encino las especies con más individuos fueron *Peromyscus difficilis* y *Reithrodontomys*

sumichrasti, respectivamente. La primera encontrándose todo el año exceptuando en secas, además destaca por ser la única registrada para las tres localidades. Por el contrario, las especies *Peromyscus labecula*, *Peromyscus melanotis*, y *Sigmodon mascotensis*, tuvieron solo un individuo; mientras que *Baiomys musculus*, *Oligoryzomys fulvescens*, *Peromyscus hylocetes*, *Peromyscus zamorae*, *Peromyscus pectoralis*, *Reithrodontomys fulvescens* y *Sigmodon hispidus* contaron con dos ejemplares, estas especies en conjunto representan el 59% de la riqueza total del estudio (Fig. 3; Tabla 1).

Mediante el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') y equitatividad de Pielou (J), con límites de confianza (LC) a 95%, se concluye que el hábitat que presentó mayor diversidad y equitatividad en la comunidad de pequeños roedores fue el pastizal-huizache con $H'=2.43$ (LC= 2.20-2.57) y $J=1$ (LC= 0.95-1.07), en cambio matorral-pastizal fue poco diverso con $H'=1.02$ (LC= 0.86-1.34) y su equitatividad fue las más baja con $J=0.57$ (LC= 0.48-0.74); el bosque de pino-encino presentó una diversidad de $H'= 2.08$ (LC= 1.94-2.31) y $J= 0.90$ (LC=0.84-1.00). La prueba de t modificada por Hutchenson no muestra diferencias significativas entre pastizal-huizache y pino-encino, pero sí entre matorral-pastizal con respecto a las otras dos comunidades. Este efecto también se observa con el cálculo de los límites de confianza en donde solamente en pastizal-huizache y pino-encino existe traslape tanto en H' como en J. En relación con la temporada de colecta y como se observa en la Tabla 1, en algunos casos solo se capturó uno o dos ejemplares por sitio y temporada, por tanto, conocer la diversidad de los sitios en función de las temporadas no es posible. Aun así, si se toma la sumatoria de los tres hábitats por época de colecta se observa poca variación de la diversidad: Secas, $H'=2.028$; húmedas $H'=1.93$; secas frías 1, $H'=1.836$ y finalmente secas frías 2, $H'=1.842$, sin diferencias significativas entre temporadas del año.

Por su parte, con el índice de dominancia de Simpson (D) el valor más alto se registró en matorral-pastizal con $D=0.51$ y su dominancia con la especie *B. taylori* es diferente a los otros dos sitios, en donde no se observaron especies dominantes (Tabla 3).

De acuerdo con el índice de similitud de Jaccard para la composición de la comunidad de roedores, el matorral-pastizal y pastizal-huizaches presentan mayor similitud, a diferencia de la comparación entre matorral-pastizal y bosque pino-encino con

menor similitud; considerando las abundancias, este patrón se repite según el índice de Bray-Curtis (Tabla 4). Con el análisis de similitud entre comunidades (Anosim) se estima diferencias significativas ($R= 0.35$; $p=0.008$) en la composición y abundancia entre los hábitats matorral-pastizal y bosque de pino-encino ($p=0.030$) (Fig. 4).

Discusión

Los resultados obtenidos ofrecen cuatro aspectos emergentes: riqueza de especies, baja abundancia general, mayores abundancias invernales y baja similitud relativa entre los ambientes muestreados.

Recientemente se evaluó la mastofauna que habita en la cuenca de Cuitzeo. En total se registraron 68 especies de mamíferos, con 28 del orden Rodentia, que representaron el 54% de las especies registradas en Michoacán (Monterrubio et al., 2019). Con el presente trabajo se suman al registro del orden Rodentia para la región *B. musculus*, *P. pectoralis* y *O. fulvescens*, especies que están presentes en otras áreas del eje Neovolcánico y el Bajío (Sánchez et al., 2005), pero que no habían sido registradas para la cuenca. Al incluir ahora especies que constituyen nuevos registros para la cuenca, en esta zona se presenta un registro del 60% de las especies de roedores documentadas en Michoacán (Monterrubio et al., 2014). Otro aspecto notable, es que el esfuerzo de muestreo desarrollado proporcionó el registro del mayor número de especies (16) en cualquier estudio efectuado para la cuenca (Apéndice II). Esta riqueza sobresale también en el contexto nacional, ya que los intervalos de riqueza específica reportados suelen estar entre 5 y 18 especies (Apéndice III), generalmente se observa valores bajos en áreas pequeñas, y aumenta cuando el estudio es a escala regional.

En contraste, fue sorpresiva la baja abundancia general, con solo 98 registros, en comparación con otros estudios de diferentes regiones del país, en los que con esfuerzos entre 455 y 28,242 noches/trampa se obtienen capturas superiores a 100 individuos (Apéndice III). Una posible razón de la baja abundancia para la mayoría de especies puede ser la disminución de las precipitaciones en la región. Con base a los datos históricos y comparando con los últimos años se ha experimentado sequías en algunas partes de la cuenca (Hernández et al., 2023), para lo que probablemente hayan respondido las poblaciones de roedores con menor reproducción o migración. Otra evidencia es la cifra de capturas del muestreo de la temporada de secas frías (Fig. 3B), posterior a la época de lluvia de la cuenca, registrándose un incremento notable en el número de capturas, tanto en riqueza específica como en abundancia. Este fenómeno es similar al observado en otros estudios (Flores y Vázquez, 2016; Zaragoza et al., 2022).

El aumento poblacional en esta época ocurrió para *B. taylori*, *P. difficilis* y *H. irroratus*; en las primeras dos especies ya se ha registrado aumento en densidades poblacionales en temporadas frías del año (Eshelman y Cameron, 1987; Fernández et al., 2010). Mientras que el aumento de *H. irroratus* según antecedentes se reporta de agosto a noviembre (Dowler y Genoways, 1978).

El índice de diversidad no muestra variación significativa entre épocas del año, esto podría indicar que la diversidad es explicada en mayor medida por el hábitat y que genera niveles importantes de estabilidad reflejada en los valores de equitatividad obtenidos (entre 0.57 y 1), lo cual también sugieren Luévano et al. (2008), particularmente en zonas de matorrales.

Las tres comunidades de roedores examinadas muestran en general baja similitud, y parece observarse una influencia posible de la estratificación de la vegetación. En general a mayor complejidad estructural de la vegetación, con presencia del estrato arbóreo se observa mayor riqueza de especies. Este patrón se observó para el pastizal-huizache y el bosque de pino-encino en donde nos existió diferencia significativa de diversidad y tampoco hubo traslape de intervalos de confianza. A nivel del estrato herbáceo tanto del matorral-pastizal y en el pino-encino se presentó mayor riqueza en la vegetación y coincide con la mayor abundancia de roedores. El patrón de aumento en las abundancias para ambientes de mayor heterogeneidad también lo encontraron Morales Díaz et. al. (2019), y contrasta con la homogeneidad del estrato herbáceo y baja densidad de roedores registrada para el pastizal-huizache de este estudio. Todavía no es clara la relación entre la estructura de la comunidad de roedores y la conectividad de los hábitats. La dinámica de la cuenca de Cuitzeo implica un aumento de la colonización humana y más actividades agropecuarias en las últimas décadas (Escamilla y Aguilar, 2010). Dicha expansión ha degradado y fragmentado los hábitats originarios, hasta llegar a tener 6% con asentamientos humanos y el 50% de la cuenca destinado a zonas de cultivo y pastoreo (INEGI, 2023). Con este panorama, es posible que la estructura y composición de las comunidades de pequeños roedores observada puede deberse al grado de aislamiento diferenciado entre los distintos hábitats. Los pastizales presentan conectividad con los extensos cultivos, permitiendo la cohesión espacial de algunas especies. Mientras que las zonas de matorral y arbóreas presentan índices muy bajos de

conectividad (Correa et al., 2014). El aislamiento en estos hábitats, principalmente matorrales, puede disminuir a los depredadores, lo que se ve reflejado en el aumento de poblaciones de roedores más generalistas y menor riqueza específica (Young et al., 2015), este proceso puede estar presentándose en el sitio de matorral-pastizal. Aunque en el caso de las zonas montañosas de la cuenca con bosques, todavía parece existir mayor conectividad, y esta se ve reflejada en la riqueza de la mastofauna (Monterrubio-Rico et al., 2019).

El pastizal-huizache se extendía originalmente en forma extensa (López et al., 2010), ahora es un ambiente con elevada fragmentación y es quizás uno de los hábitats más amenazados por el elevado establecimiento de asentamientos humanos y campos de cultivo. Sin embargo, la diversidad de roedores observada en este hábitat parece todavía estar explicada por la vegetación más que por la antropización vecina. Los tres géneros de plantas herbáceas más representativos de la zona (*Chloris*, *Distichlis* y *Panicum*) son gramíneas no invasivas y componentes de la vegetación original (Herrera y Pámanes, 2010). *Peromyscus pectoralis*, *Sigmodon hispidus* y *Sigmodon mascotensis* resultaron exclusivas a esta localidad entre los tres hábitats estudiados, y parecen coincidir con hábitats en que se han registrado regularmente, que incluye aridez relativa, pastizales y ambientes rocosos (Baccus et al., 2009; Fleharty y Olson, 1969; Martínez et al., 2017). En hábitats similares la exclusividad reportada suele ser de una a dos especies (Cimé et al., 2010; Elizalde et al., 2014; Hernández et al., 2012), lo cual coincide con lo registrado. Además, la cercanía con sembradíos parece proveer de alimento lo que facilita la coexistencia entre especies, ya que los roedores también se alimentan de cultivos, como se ha documentado, por ejemplo, en plantaciones de caña (Peña et al., 2009).

Para el matorral-pastizal, la baja diversidad de roedores podría explicarse en parte por la poca conectividad y por la biología de la comunidad vegetal, ya que los géneros más abundantes están asociados a ambientes alterados. En temporada seca el género herbáceo *Lolium* (Poaceae), especie introducida en México (Herrera y Pámanes, 2010), fue la más abundante y fue en esta temporada cuando de los pocos roedores colectados (n=4), dos de los cuales fueron *M. musculus*, especie que puede considerarse indicadora de deterioro del hábitat. En relación con las plantas de temporadas restantes

del año, son géneros nativos con distribución principalmente en matorrales como *Marina* (*M. cf. nutans*) y *Adenophyllum*, y junto con *Euphorbia* (*E. cf. dentata*), *Simsia* (*S. cf. foetida*) y *Eragrostis* (*E. cf. intermedia*), pero crecen en afinidad a lugares ruderales con tendencia a disturbios (Rzedowski et al., 2005). En los recorridos de campo se observó asentamientos humanos e infraestructura inconclusa, indicativa de la expansión de la mancha urbana, así como fauna doméstica, perros principalmente, caminando en búsqueda de alimento entre la vegetación.

El registro de *B. taylori*, especie que se conoce con una mayor densidad de individuos distribuyéndose en matorrales y zonas áridas (Packard, 1960), coincidió con el hábitat de colecta. Este cricétido junto con *H. irroratus* podrían ilustrar su resiliencia a los ambientes perturbados, tendencia que se ha reportado para mamíferos de tallas pequeñas, particularmente en roedores y murciélagos (Dirzo et al., 2014), aunque también pudiesen ser evidencia de que el hábitat de matorral-pastizal en la región experimenta un proceso de homogeneización de la comunidad de roedores.

Por su parte, el bosque de pino-encino (La Planta) solo se diferencia con el pastizal-huizache por tener una especie menos (la invasora *M. musculus*); pero en índices cuantitativos la similitud fue baja. Este hábitat, donde cobertura y dominancia de biomasa vegetal corresponden a los géneros *Pinus* y *Quercus* (Gómez-Tagle et al., 2015), no se colectó especies de roedores introducidas. Las especies presentes, *O. fulvescens*, *R. sumichrasti* y las del género *Peromyscus* son especies reportadas habitando en bosques conservados y áreas con corrientes de agua cercanas (Fernández et al., 2010; Spencer y Cameron, 1982), coincidiendo en lo general con este estudio. Sin embargo, aunque parece un espacio conservado por la estructura de su comunidad de roedores y su flora, también presenta cambio en el uso de suelo en los alrededores, principalmente por expansión del cultivo del aguacate y arándano. Aquí se presentaron cinco especies exclusivas, coincidiendo con lo registrado en otros estudios en ambientes semejantes en los que la exclusividad de especies va de rangos de 1-4 (Flores y Vázquez, 2016; Mendoza y Horváth, 2013; Villanueva, et al., 2017; Zalapa et al., 2012).

Es importante continuar con muestreos con el fin de conocer mejor la dinámica estacional y espacial de las poblaciones de roedores en los distintos ambientes, ya que cada hábitat difiere de nivel de fragmentación y extensión en la cuenca, sobre todo en

esta región considerada de importancia para la conservación de la biodiversidad en todos los niveles (Aguilar et al, 2010). Finalmente, en el centro de México desaparecen rápidamente los hábitats naturales, es urgente utilizar la información generada por múltiples inventarios para la priorización y establecimiento de áreas a restaurar y para conservar espacios representativos de todos los hábitats, especialmente donde habitan especies endémicas como lo es *Peromyscus ensinki* (Bradley et al, 2021). En la cuenca debe estudiarse el grado de tolerancia que especies listadas en categorías de riesgo tienen a la perturbación, y como coexisten con especies introducidas, anticipando y examinando los riesgos potenciales de enfermedades zoonóticas, no olvidando que el bienestar económico no puede lograrse en un entorno sin servicios ambientales y biodiversidad (Young et al., 2014; Villafán et al, 2021).

Literatura

- Aguilar, V., Kolb, M., Koleff, P., y Urquiza-Haas, T. (2010). Las cuencas de México y su biodiversidad: una visión integral de las prioridades de conservación. En H. Cotler, A. Garrido, N. Luna, C. Enríquez y M. L. Cuevas (Eds.), *Las cuencas hidrográficas de México Diagnóstico y Priorización* (pp. 142-151). Coyoacán, Ciudad de México México.
- Aragón, E. E., Garza, A., y Cervantes, F. A. (2009). Estructura y organización de los ensambles de roedores de un bosque de la Sierra Madre Occidental, Durango, México. *Revista Chilena de Historia Natural*, 82, 523-542.
- Baccus, J. T., Hardwick, J. M., Huffman, D. G. y Kainer, M. A. (2009). Seasonal trophic ecology of the white-ankled mouse, *Peromyscus pectoralis* (Rodentia: Muridae) in central Texas. *Texas Journal of Science*, 61, 97–118.
- Barragán, F., Lorenzo, C., Morón, A., Briones, M. A. y López, S. (2010). Bat and rodent diversity in a fragmented landscape on the Isthmus of Tehuantepec, Oaxaca, México. *Tropical Conservation Science*, 3, 1-16.
<https://doi.org/10.1177/194008291000300101>
- Bradley, R. D., Ordóñez, N., Ceballos, G., Rogers, D. S. y Schmidly, D. J. (2017). A new species in the *Peromyscus boylii* species group (Cricetidae: Neotominae) from Michoacán, México. *Journal of Mammalogy*, 98, 154-165.
<https://doi.org/10.1093/jmammal/gyw160>
- Bradley, R.D., Francis, J. Q., Platt, R. N., Soniat, T. J., Álvarez, D. y Lindsey, L. L. (2019). *Mitochondrial DNA sequence data indicate evidence for multiple species within Peromyscus maniculatus*. Lubbock, Texas, USA: Museum of Texas Tech University.
- Bradley, R. D., Ordóñez, N., Thompson, C. W., Wright, E. A., Ceballos, G., Kilpatrick, C. W. y David J. Schmidly, D. J. (2021). Two new species of *Peromyscus* (Cricetidae: Neotominae) from the Transverse Volcanic Belt of México. *Journal of Mammalogy*, 103, 255-274. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyab128>
- Bravo-Espinosa, M., García-Oliva, F., Ríos-Patrón, E., Mendoza-Cantú, M. E., Barrera-Camacho, G., López-Granados, E., Serrato-Barajas, B. E., y Sáenz-Reyes, J. T.

- (2008). *La cuenca del lago de Cuitzeo: problemática, perspectivas y retos hacia su desarrollo sostenible*. Morelia Michoacán, México: Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Michoacán (COECYT).
<https://doi.org/10.22201/ciga.9789707035782p.2008>
- Castro, A., Salame, A., Vergara, J., Castillo, A. y Ramírez, J. (2008). Fluctuaciones de micromamíferos terrestres en bosques templados aledaños a la Ciudad de México, Distrito Federal. En C. Lorenzo, E. Espinoza y J. Ortega (Eds.), *Avances en el estudio de los mamíferos de México II* (pp. 391-410). San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México: Asociación Mexicana de Mastozoología.
- Ceballos, G. y Oliva, G. (2005). *Los mamíferos silvestres de México*. México D. F., México: CONABIO; Fondo de Cultura Económica.
- Chao, A., Gotelli, N.J., Hsieh, T.C., Sander, E.L., Ma, K.H., Colwell, R.K. y Ellison, A.M. (2014) Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84, 45-67.
<https://doi.org/10.1890/13-0133.1al/gyw160>
- Chao, A., Ma, K. H. y Hsieh, T.C. (2016) iNEXT (iNterpolation and EXTrapolation) Online: Software for Interpolation and Extrapolation of Species Diversity. Program and User's Guide. Recuperado el 20 de julio, 2024 de:
http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/inext-online/
- Cimé, J. A., Hernández, S. F., Barrientos, R. C. y Castro, A. A. (2010). Diversidad de Pequeños Roedores en una selva baja caducifolia del noreste de Yucatán, México. *Therya*, 1, 23–39. <https://doi.org/10.12933/therya-10-2>
- Correa, C. A., Mendoza, M. E. y López, E. (2014). Análisis del cambio en la conectividad estructural del paisaje (1975-2008) de la cuenca de Cuitzeo, Michoacán, México. *Revista de Geografía Norte Grande*, 59, 7-23.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (26 de noviembre 2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010. Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestre-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.
- Dirzo, R., Young, H. S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N. J. B. y Collen, B. (2014). Defaunation in Anthropocene. *Science*, 345, 401-406.

- Dowler, R. C. y Genoways, H. H. (1978). *Liomys irroratus*. *Mammalian Species*, 82, 1-6.
- Elizalde, C., López, J. C., Hernández, L., Landré, J. W., Cervantes, F. A., Morales-Mejía, F. M., Ramírez, M., Dávila, L. F., González, A. y Alonso, M. (2014). Registro de presencia y actividades de algunos mamíferos en el Desierto Chihuahuense, México. *Therya*, 5, 793–816. <https://doi.org/10.12933/therya-14-252>
- Escamilla, I. y Aguilar, G. (2010). Urbanización. En S. Cram, L. Galicia, I. Israde, C. López y B. Ávila (Eds.), *Atlas de la cuenca del lago de Cuitzeo: Análisis de su geografía y entorno socioambiental* (pp. 160–163). México: UNAM; UMSNH.
- Eshelman, B. D. y Cameron, G. N. (1987). *Baiomys taylori*. *Mammalian Species*, 285, 1–7.
- Fernández, J. A., García-Campusano, F. y Hafner, M. S. (2010). *Peromyscus difficilis* (Rodentia: Cricetidae). *Mammalian Species*, 42, 220–229. <https://doi.org/10.1644/867.1>
- Fleharty, E. D. y Olson, L. E. (1969). Summer Food Habits of *Microtus ochrogaster* and *Sigmodon hispidus*. *Journal of Mammalogy*, 50, 475–486.
- Flores, R. y Vázquez, G. (2016). Influence of vegetation type and season on rodent assemblage in a mexican temperate forest mosaic. *Therya*, 7, 357-369. <https://doi.org/10.12933/therya-16-390>
- García, C., Romero, M. L. y Sánchez C. (2002). Comparison of rodent communities in sites with different degrees of disturbance in deciduous forest of southeastern Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 85, 153-168.
- García, U. O. y Flores, O. A. (2010). Biodiversidad: Anfibios y Reptiles. En S. Cram, L. Galicia, I. Israde, C. López y B. Ávila (Eds.), *Atlas de la cuenca del lago de Cuitzeo: Análisis de su geografía y entorno socioambiental* (pp. 94–95). México: UNAM; UMSNH.
- Gloria Tapia, G., López, C., González, A. y Hernández, S. F. (2012). Diversidad de roedores y su relación con la heterogeneidad ambiental en la cuenca del río Nazas, Durango, México. En F. A. Cervantes y C. Ballesteros (Eds.), *Estudio sobre la biología de roedores silvestres mexicanos* (pp. 59-70). D.F. México: Instituto de Biología, UNAM.
- Godínez, E. y Guerrero, S. (2014). Los roedores de Jalisco, México: clave de

- determinación. *Therya*, 5, 633-678. <https://doi.org/10.12933/therya-14-212>
- Gómez-Tagle, A., Gómez-Tagle, A. F., Ávila, J. A. y Bruijnzeel, L. (2015). Partición de la precipitación en un bosque tropical montano de pino-encino en el centro de México. *Bosque*, 36, 505–518. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002015000300017>
- González, A., Rodríguez, N. V. y Marín, G. (2012). Composición del ensamble de pequeños mamíferos del borde de un bosque mesófilo de montaña en Veracruz, México. En F. A. Cervantes y C. Ballesteros (Eds.), *Estudio sobre la biología de roedores silvestres mexicanos* (pp. 85-96). D.F. México: Instituto de Biología, UNAM.
- Hamer, Q., Harper, D. A. T. y Ryan, P. D. (2001). PasT: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontologia Electronica*, 4, 1-9.
- Hernández, L., Landré, J. W., González, A., López, J. y Grajales, K. M. (2011). Tale of two metrics: density and biomass in a desert rodent community. *Journal of Mammalogy*, 94, 840-851. <https://doi.org/10.1644/10-MAMM-A-175.1>
- Hernández, S. F., Cimé, J. A., Medina, S. y Durán C. M. (2012). Parámetros poblacionales del ratón yucateco *Peromyscus yucatanicus* de una selva baja caducifolia del norte de Yucatán, México. En F. A. Cervantes y C. Ballesteros. (Eds.), *Estudio sobre la biología de roedores silvestres mexicanos* (pp. 151-164). D.F. México: Instituto de Biología, UNAM
- Hernández, A., Ortiz, C. F. y Alcaraz, J. V. (2023). El riesgo agrícola ante el cambio climático en la región de Cuitzeo del estado de Michoacán, México. *Acta Universitaria Multidisciplinary Scientific Journal*, 33, 1–19. <https://doi.org/10.15174/au.2023.3763>
- Herrera, Y. y Pámanes, D. S. (2010). *Guía de Pastos de Zacatecas*. Durango, Durango, México: IPN; CONABIO.
- Hutchenson, K. (1970). A test for comparing diversities base on the Shannon formula. *Journal of Theoretical Biology*, 29, 151-154.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2023). Anuario de estadística por entidad federativa. Recuperado el 10 de julio, 2024 de: https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvine

[gi/productos/nueva_estruc/889463906353.pdf](https://doi.org/10.1093/jmammal/gyz106)

- López, E., Mendoza, M. E. y Bocco, G. (2010). Cobertura vegetal y uso del terreno. En S. Cram, L. Galicia, I. Israde, C. López y B. Ávila (Eds.), *Atlas de la cuenca del lago de Cuitzeo: Análisis de su geografía y entorno socioambiental* (pp. 52–57). México: UNAM; UMSNH
- López, C., García, D. F., López, J. C. y Elizalde, C. (2019). Multiple lines of evidence reveal a composite of species in the plateau mouse, *Peromyscus melanophrys* (Rodentia Cricetidae). *Journal of Mammalogy*, 100, 1583-1598.
<https://doi.org/10.1093/jmammal/gyz106>
- Luévano, J. Mellink, E., Riojas, M. E. y Flores, J. L. (2008). Comunidades de roedores nocturnos en un ecotono de matorrales micrófilos y zacatal gipsófilo en San Luis Potosí, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79, 197-203.
- Madrigal, X y Guridi, L. L. (2009). *Especies arbóreas en riesgo de la cuenca de Cuitzeo, Michoacán y Guanajuato, México*. Morelia, Michoacán, México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. Reino Unido: Blackwell Science Ltd.
- Mammal Diversity Database (2024). Explore current mammalian taxonomy. Recuperado el 16 de junio, 2024 de: <https://www.mammaldiversity.org/taxa.html>
- Martínez, S. T., Schnell, G. D., Sánchez, C. y Romero, M L. (2017). *Sigmodon mascotensis* (Rodentia: Cricetidae). *Mammalian Species*, 49, 109–118.
<https://doi.org/10.1093/mspecies/sex013>
- Medina, M. y Ortega, J. M. (2010). Biodiversidad: Peces. En S. Cram, L. Galicia, I. Israde, C. López y B. Ávila (Eds.), *Atlas de la cuenca del lago de Cuitzeo: Análisis de su geografía y entorno socioambiental* (pp. 90–93). México: UNAM; UMSNH.
- Mellink, E. y Valenzuela, S. (1995). Efecto de la condición de agostaderos sobre los roedores y lagomorfos en el Altiplano Potosino, San Luis Potosí, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 64, 35–44.
- Mendoza, V. H. y Horváth, A. (2013). Roedores y murciélagos en la zona cafetalera del volcán Tacaná, Chiapas, México. *Therya*, 4, 409-423.
<https://doi.org/10.12933/therya-13-116>

- Monroy, O., Zarco, M. M., Ramírez, J. y Ulises Aguilera, U. (2011). Diversidad de mamíferos de la Reserva Natural Sierra Nanchititla, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 237-248.
- Monterrubio, T. C., Charre, J. F., Colín, C. Z. y León, L. (2014). Los mamíferos del estado de Michoacán. *Revista Mexicana de Mastozoología Nueva Época*, 4, 1-17. <https://doi.org/10.22201/ie.20074484e.2014.4.2.193>
- Monterrubio, T. C., Guido, D., Alanís, L., León, L., y Medellín, J. F. (2019). Mamíferos silvestres de la cuenca de Cuitzeo, México. *Acta Universitaria Multidisciplinary Scientific Journal*, 29, 1–15. <https://doi.org/10.15174/au.2019.1892>
- Morales, S. P., Alvarez, M. Y., Zamora, M. E., Dirzo, R., Oyama, K y Avila, L. D. (2019). Rodent community responses to vegetation and landscape changes in early successional stages of tropical dry forest. *Forest Ecology and Management*, 433, 633-644. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.11.037>
- Núñez, A. y Pastrana, G. (1990). *Los roedores michoacanos: manual de identificación*. Morelia, Michoacán, México: Coordinación de la investigación científica, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Packard, R. L. (1960). Speciation an evolution of pygmy mice, genus *Baiomys*. *University of Kansas Publications, Museum of Natural History*, 9, 579–670.
- Peña, J. L., López, J., Alarcón, B., Vargas, M., Vázquez, I. y Landeros, C. (2009). Composición de la dieta de *Sigmodon hispidus* (Rodentia: Cricetidae) en caña de azúcar. *Mastozoología Neotropical*, 16, 365–378.
- Pérez-Arteaga, A., Gaston, K. J., y Kershaw, M. (2002). Undesignated sites in Mexico qualifying as wetlands of international importance. *Biological Conservation*, 107, 47–57. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00043-5](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00043-5)
- Pérez, M. y Santos, A. (2010). Movements and capture-recapture data analysis of the vesper rat (*Nyctomys sumichrasti*: Rodentia, Muridae) in a tropical forest in northeastern Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 26, 627-638.
- Ponce, J. y Quijano, A. F. (2010). Biodiversidad: Insectos y Arácnidos. En S. Cram, L. Galicia, I. Israde, C. López y B. Ávila (Eds.), *Atlas de la cuenca del lago de Cuitzeo: Análisis de su geografía y entorno socioambiental* (pp. 82-84). México: UNAM; UMSNH.

- Ramírez, J., González, N., Gardner, A. L. y Arroyo, J. (2014). *List of recent land mammals of México*. Lubbock, Texas, USA: Museum of Texas Tech University.
- Renaud, S., Gomes, H., Ledevin, R., Pisanu, B., Chapuis, J. L. y Hardouin, E. A. (2015). Fast morphological response of house mice to anthropogenic disturbances on a Sub-Antarctic island. *Biological Journal of the Linnean Society*, 114, 513–526. <https://doi.org/10.1111/bij.12454>
- Rojas, A., Aguilar, M., Sánchez, C. y Noguera, O. (2012). Uso del espacio y dinámica poblacional del ratón de los volcanes (*Neotomodon alstoni*) en el Cerro del Ajusco, Distrito Federal, México. En F. A. Cervantes y C. Ballesteros (Eds.), *Estudio sobre la biología de roedores silvestres mexicanos* (pp. 211-224). D.F. México: Instituto de Biología, UNAM.
- Romero, M L., Sánchez, C., García, C. y Owen R. (2007). *Mamíferos pequeños: Manual de técnicas de captura, preparación preservación y estudio*. D. F., México: UNAM.
- Ruán, I., Manson, R. H. y Iñiguez, L. I. (2008). Respuesta al borde en poblaciones de pequeños mamíferos en remanentes de bosque mesófilo de montaña del centro de Veracruz. En C. Lorenzo, E. Espinoza, y J. Ortega (Eds.), *Avances en el estudio de los mamíferos de México II* (pp. 511–530). Asociación Mexicana de Mastozoología.
- Rzedowski, G., Rzedowski, J. y colaboradores (2005). *Flora fanerogámica del valle de México*. Pátzcuaro, Michoacán, México: Instituto de Ecología, A. C.; CONABIO.
- Sánchez, C., García, C. y Romero, M L. (2005). Distribución y diversidad de roedores del estado de Michoacán, y su asociación con las provincias fisiográficas. En V. Sánchez y R. A. Medellín (Eds). *Contribuciones mastozoológicas en homenaje a bernardo Villa* (pp.451-460). México: Instituto de Biología; Instituto de Ecología, UNAM; CONABIO.
- Sikes, R. S. (2016). 2016 Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research and education. *Journal of Mammalogy*, 97, 663–688. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyw078>
- Spencer, S. R. y Cameron, G. N. (1982). *Reithrodontomys fulvescens*. *Mammalian Species*, 174, 1–7.
- Vázquez, L. B., Medellín, R. A. y Camerón, G. N. (2000). Population and community ecology of small rodents in montane forest of western México. *Journal of*

Mammalogy, 81, 77-85.

Vázquez, J., Rodríguez, L. y Aguilera, E. F. (2023). Remanentes de vegetación original: un hogar para los ratones silvestres. *Therya Ixmana*, 2, 37–39.

https://doi.org/10.12933/therya_ixmana-23-297

Villafán, K. B., Arellanes, Y., López, R. y Ayala, D. A. (2021). Situación socioambiental en el lago de Cuitzeo, Michoacán (México), desde la responsabilidad social. *Economía, Sociedad y Territorio*, 21, 599-629.

<https://doi.org/10.22136/est20211694>

Villanueva, A. I., Delgado, D. A., Heynes, S. A., Ruacho, L. y López, C. (2017). Habitat selection by rodents at the transition between the Sierra Madre Occidental and the Mexican Plateau, México. *Journal of Mammalogy*, 98, 293–301.

<https://doi.org/10.1093/jmammal/qyw173>

Villaseñor-Gómez, L. E., y Villaseñor-Gómez, F. J. (2010). Biodiversidad: Avifauna. En S. Cram, L. Galicia, I. Israde, C. López y B. Ávila (Eds.), *Atlas de la cuenca del lago de Cuitzeo: Análisis de su geografía y entorno socioambiental* (pp. 96–99). México: UNAM; UMSNH.

Young, H. S., Dirzo, R., Helgen, K.M., McCauley, D. J., Billeter, S. A., Kosoy, M. Y., Osikowicz, L. M., Salkeld, D. J., Young, T. P. y Dittmar, K. (2014). Declines in large wildlife increase landscape-level prevalence of rodent-borne disease in Africa. ,111, 7036-7041. <https://doi.org/10.1073/pnas.1404958111>

Young, H. S., McCauley, D. J., Dirzo, R., Goheen, J. R., Agwanda, B., Brook, C., Otárola, E., Ferguson, A. W., Kinyua, S. N., McDonough, M. M., Palmer, T. M., Pringle, R. M., Young, T. P. y Helgen, K.M. (2015). Context-dependent effects of large-wildlife declines on small-mammal communities in central Kenya. *Ecological Applications*, 25, 348-360.

Zalapa, S. S., Guerrero, S., Badii, M. H. y Cervantes F. A. (2012). Variación espacial del ensamble de pequeños mamíferos de tres áreas de bosque tropical subcaducifolio en la costa norte de Jalisco, México. En F. A. Cervantes y C. Ballesteros (Eds.), *Estudio sobre la biología de roedores silvestres mexicanos* (pp. 117-126). D.F. México: Instituto de Biología, UNAM.

Zaragoza, E. P., Rodríguez, N. V., Hernández, S. F., León, L. S. y González, M. C.

(2022). Abundance, microhabitat and feeding of *Peromyscus yucatanicus* and *Peromyscus mexicanus* in the Mexican tropics. *Therya*, 12, 129–142.

<https://doi.org/10.12933/therya-22-1189>

Tabla 1. Especies registradas y sus abundancias (absoluta y relativa = tasas de captura) en tres asociaciones vegetales de la cuenca de Cuitzeo en un ciclo de muestreo anual. S= secas; H= húmedas; SF1= secas frías 1; SF2= secas frías 2.

Especie	Pastizal-Huizache (1,838 msnm)				Matorral-Pastizal (1,896 msnm)				Pino-Encino (2,132 msnm)				Sub totales (tasa de captura)
	S		SF		S		SF		S		SF		
	S	H	1	2	S	H	SF1	SF2	S	H	1	2	
<i>Heteromys irroratus</i>	0	2	0	0	0	1	0	7	0	0	0	0	10 (0.31)
<i>Baiomys taylori</i>	0	1	0	3	1	1	3	28	0	0	0	0	37 (1.16)
<i>Baiomys musculus</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2 (0.063)
<i>Sigmodon hispidus</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2 (0.063)
<i>Sigmodon mascotensis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1(0.031)
<i>Oligoryzomys fulvescens</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2 (0.063)
<i>Peromyscus labecula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1(0.031)
<i>Peromyscus melanotis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1(0.031)
<i>Peromyscus difficilis</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	4	5	12 (0.37)
<i>Peromyscus hylocetes</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2 (0.063)
<i>Peromyscus kilpatricki</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	4 (0.12)
<i>Peromyscus pectoralis</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 (0.063)
<i>Peromyscus gratus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	4 (0.12)
<i>Peromyscus zamorae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2 (0.063)
<i>Reithrodontomys sumichrasti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	6 (0.18)
<i>Reithrodontomys fulvescens</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2 (0.063)
<i>Mus musculus</i>	0	3	1	1	2	0	1	0	0	0	0	0	8 (0.25)
<i>Sub muestra por sitio (%)</i>	21 (21.4)				47 (47.9)				30 (30.6)				98 (100%)
<i>Riqueza de especies por sitio</i>	11				6				10				17
<i>Tasa de captura / área</i>	1.98				4.45				2.84				3.09
<i>Especies exclusivas por sitio</i>	3				0				5				8

Tabla 2. Parámetros de riqueza, abundancia (en paréntesis) y tasa de captura de la comunidad de roedores en tres asociaciones vegetales en función a la época.

	Secas	Húmedas	Secas frías	
			1	Secas frías 2
Pastizal-Huizache	1-(1)-0.56	6-(10)-4.1	1-(1)-0.3	6-(9)-2.5
Matorral-Pastizal	3-(4)-2.2	2-(2)-0.83	2-(4)-1.4	4-(37)-10.4
Pino -Encino	2-(2)-1.1	1-(1)-0.42	5-(11)-3.9	6-(16)-4.5
Esfuerzo de muestreo/trampas-noche	540	720	840	1068
Especies	5	6	7	12
Especies exclusivas	1	1	2	6
Sub muestra estacional (%)	7 (7.1)	13 (13.2)	16 (16.3)	62 (63.2)
Tasas de captura general/estación	1.30	1.81	1.90	5.81

Tabla 3. Valores con el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), índice dominancia de Simpson (D) e índice de equidad de Pielou (J) para la comunidad de roedores de la cuenca de Cuitzeo. Prueba de t modificada por Hutchenson H'/D para diferencias significativas (*).

	Prueba t modificada por Hutchenson					
	H'	D	J	Matorral-Pastizal	Pastizal-Huizache	Pino-Encino
Matorral-Pastizal	1.02	0.51	0.57		D=3.8822E-05*	D=0.00042*
Pastizal-Huizache	2.43	0.09	1	$H'=3.035E-06^*$		D=0.3657
Pino-Encino	2.08	0.16	0.90	$H'=6.886E-05^*$	$H'=0.276$	

Tabla 4. Índice de similitud de Jaccard (ISJ) y Bray-Curtis (BC) para la comunidad de roedores en las tres asociaciones vegetales examinadas de la Cuenca de Cuitzeo.

	Matorral-Pastizal	Pastizal-Huizache	Pino-Encino
Matorral-Pastizal	1	BC=0.32	BC=0.05
Pastizal-Huizache	ISJ=0.41	1	BC=0.15
Pino-Encino	ISJ=0.14	ISJ=0.23	1

Figura 1. Localización de la cuenca de Cuitzeo, los límites se muestran en tono claro azul claro. En azul se representa el Lago de Cuitzeo. Hábitats de estudio, A: pastizal-huizache, B: matorral-pastizal, C: bosque de pino-encino.

Figura 2. A) Curvas de rarefacción de riqueza de especies en función de las abundancias de roedores en sitios de colecta. B) Curva de rarefacción con riqueza de especies en función abundancias de roedores colectadas durante el ciclo anual en los tres sitios.

Figura 3. A) Curvas de rango-abundancia entre los sitios de estudio. B) Curvas de rango-abundancia entre las temporadas del año de estudio sumando los tres hábitats.

Figura 4. Boxplot y valores de probabilidad del análisis de similitudes (ANOSIM) entre tres asociaciones vegetales para la comunidad de roedores en de la cuenca de Cuitzeo ($R= 0.35$; $p=0.008$). M-P= Matorral-Pastizal, P-E= Bosque de Pino-Encino y P-H= Pastizal-Huizache.

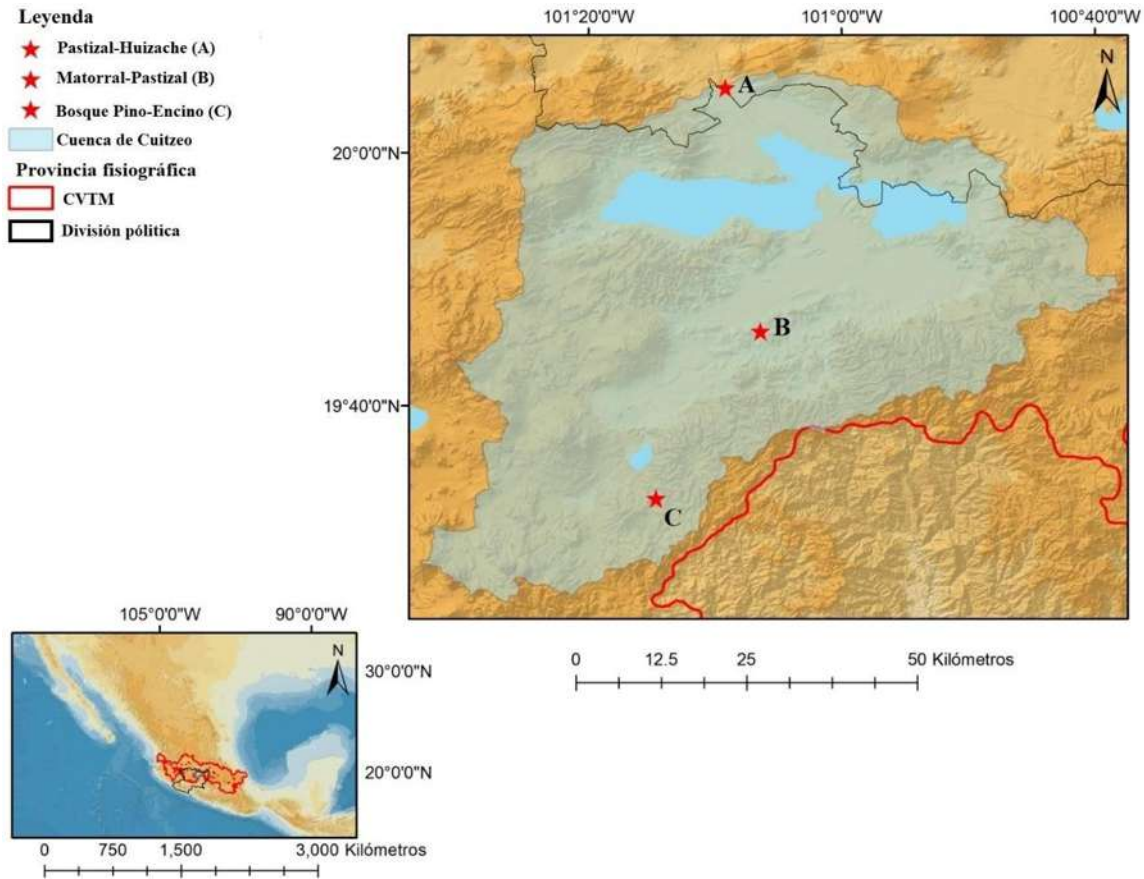


Figura 1. Localización de la cuenca de Cuitzeo, los limites se muestran en tono claro azul claro. En azul se representa el Lago de Cuitzeo. Hábitats de estudio, A: pastizal-huizache, B: matorral-pastizal, C: bosque de pino-encino.

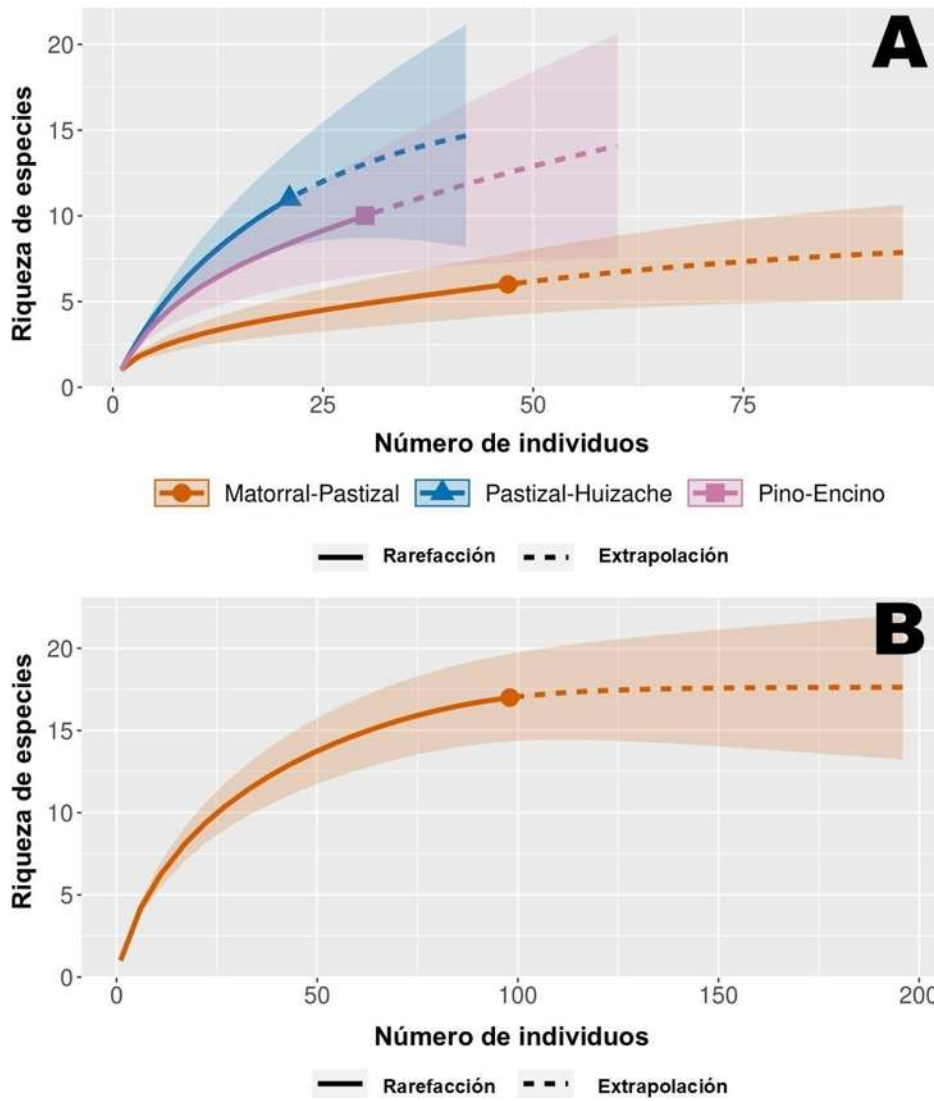


Figura 2. A) Curvas de rarefacción de riqueza de especies en función de las abundancias de roedores en sitios de colecta. B) Curva de rarefacción con riqueza de especies en función abundancias de roedores colectadas durante el ciclo anual en los tres sitios.

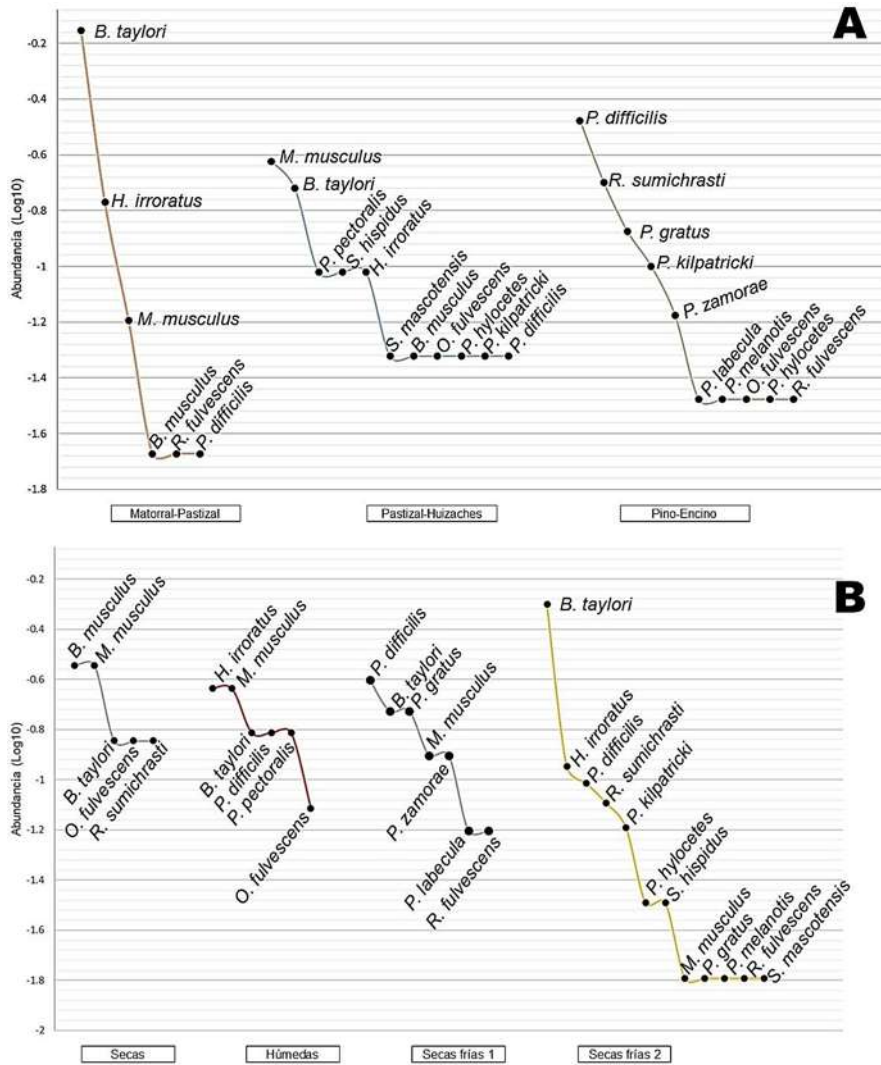


Figura 3. A) Curvas de rango-abundancia entre los sitios de estudio. B) Curvas de rango-abundancia entre las temporadas del año de estudio sumando los tres hábitats.

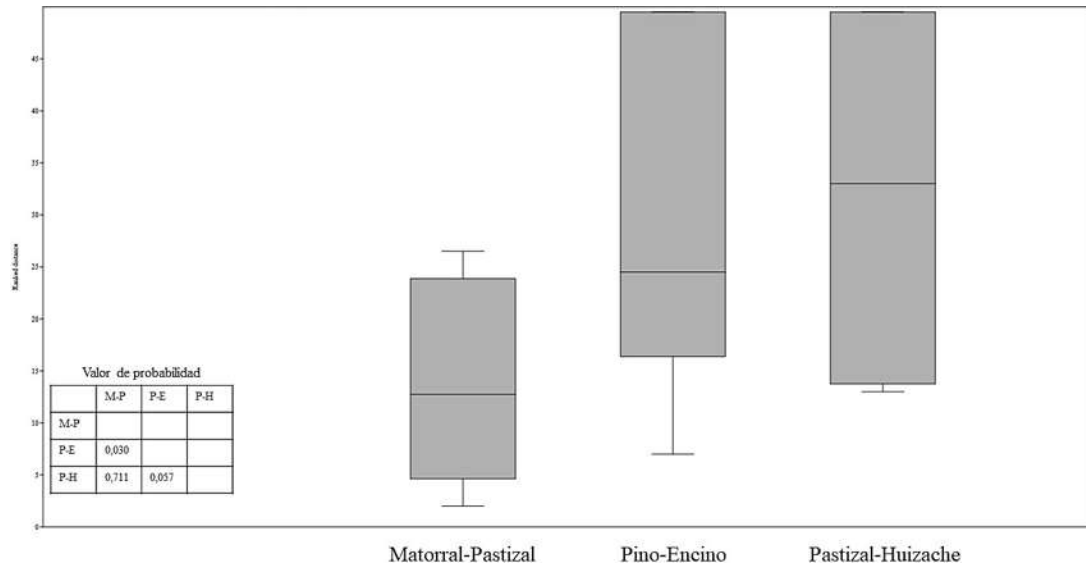


Figura 4. Boxplot y valores de probabilidad del análisis de similitudes (ANOSIM) entre tres asociaciones vegetales para la comunidad de roedores en de la cuenca de Cuitzeo ($R=0.35$; $p=0.008$). M-P= Matorral-Pastizal, P-E= Bosque de Pino-Encino y P-H= Pastizal-Huizache.

Apéndice I. Familias y Géneros de la vegetación registrada en tres localidades de la cuenca de Cuitzeo. Abundancia relativa (AR); Cobertura horizontal relativa (CH). S=secas; H=húmedas; SF1O=secas frías 1 y SF2= SECAS FRÍAS 2.

Taxón		Pastizal-Huizache				Matorral-Pastizal				Pino-Encino				Datos totales	
Familia	Género	S	H	SF1	SF2	S	H	SF1	SF2	S	H	SF1	SF2	AR	CH
Acanthaceae	<i>Dicliptera</i>				X									0,04	0,03
	<i>Ruellia</i>							X		X	X	X		0,55	0,47
	<i>Tetramerium</i>								X					0,08	0,03
Amaranthaceae	<i>Iresine</i>							X						0,09	0,08
Anacardiaceae	<i>Rhus</i>												X	0,02	0,11
	<i>Toxicodendron</i>									X	X	X	X	0,72	0,59
Apiaceae	<i>Centella</i>										X			1,30	1,08
	Morfotipo 1							X						0,03	0,05
Asclepiadaceae	<i>Asclepias</i>							X						0,98	0,92
Aspleniaceae	<i>Asplenium</i>										X			0,14	0,19
Asteraceae	<i>Adenophyllum</i>				X	X			X					6,32	3,72
	<i>Artemisia</i>		X	X							X			0,56	0,53
	<i>Aster</i>							X						0,34	0,42
	<i>Bidens</i>		X		X	X					X			0,68	0,21
	<i>Brickellia</i>					X			X					0,06	0,01
	<i>Cichorium</i>					X								0,04	0,02
	<i>Cosmos</i>		X	X	X			X				X		1,88	1,21
	<i>Dyssodia</i>		X				X	X	X					4,80	1,87
	<i>Erigeron</i>								X	X				0,10	0,08
	<i>Galinsoga</i>		X											0,02	0,02
	<i>Helianthus</i>							X	X					0,08	0,73
	Morfotipo 2	X			X									0,27	0,54
	Morfotipo 3						X		X					0,63	0,32
	Morfotipo 4									X	X			0,09	0,06
	<i>Piqueria</i>											X		0,04	0,05
	<i>Psacalium</i>										X			0,01	0,01
	<i>Sanvitalia</i>						X		X					0,41	0,19
	<i>Schkuhria</i>		X	X							X			1,85	0,51
	<i>Simsia</i>							X						2,49	2,28
	<i>Stevia</i>		X								X	X	X	1,09	0,81
	<i>Tridax</i>					X								0,23	0,06
	<i>Verbesina</i>					X	X				X			0,42	3,85

	<i>Salvia</i>				X			X	X	0,26	0,42
Loasaceae	<i>Mentzelia</i>						X			0,07	0,06
Malvaceae	<i>Tilia</i>							X		0,01	0,00
	Morfotipo 10						X			0,02	0,30
	Morfotipo 11				X					0,01	0,01
Orchidaceae	<i>Habenaria</i>							X		0,04	0,02
Oxalidaceae	<i>Oxalis</i>							X		2,11	0,55
Poaceae	<i>Agrostis</i>				X					0,52	0,87
	<i>Aristida</i>			X					X	1,23	1,48
	<i>Bothriochloa</i>						X	X		0,09	0,49
	<i>Bouteloua</i>				X	X	X	X		1,22	1,45
	<i>Chloris</i>	X	X	X	X	X		X		26,94	30,65
	<i>Digitaria</i>				X		X			0,94	0,19
	<i>Distichlis</i>	X	X	X	X					5,24	12,78
	<i>Echinochloa</i>			X						0,82	1,88
	<i>Eragrostis</i>	X	X	X	X		X	X		5,59	3,31
	<i>Fetusca</i>						X			0,05	1,03
	<i>Lolium</i>						X			0,92	3,53
	<i>Melinis</i>							X		0,03	0,02
	<i>Microstegium?</i>								X X X	1,50	0,97
	Morfotipo 11	X								0,06	0,37
	Morfotipo 12					X				0,18	0,22
	Morfotipo 13							X		0,27	0,49
	<i>Muhlenbergia</i>					X				0,23	1,74
	<i>Oplismenus</i>	X								0,10	0,18
	<i>Panicum</i>	X								0,37	0,45
	<i>Schizachyrium</i>	X								0,02	0,04
Pteridaceae	<i>Adiantum</i>							X		0,10	0,07
Rosaceae	<i>Rubus</i>							X		0,34	0,26
	<i>Prunus</i>							X		0,07	0,22
Thelypteridaceae	<i>Thelypteris</i>							X		0,01	0,00
Verbenaceae	<i>Verbena</i>				X	X				0,66	0,17
	Morfotipo 14				X					0,01	0,23
	Morfotipo 15							X		0,01	0,23
	Morfotipo 16					X				0,40	0,23

Apéndice II. Especies y abundancias de roedores registradas en la cuenca de Cuitzeo. Especies con nuevo registro para la cuenca (*).

Familia	Especies	Sinonimias	Monterrubio-Rico et al		Presente estudio
			(2019)	Registros CONABIO	
Heteromyidae	<i>Heteromys irroratus</i>	<i>Liomys irroratus</i>	7	53	10
Cricetidae	<i>Microtus mexicanus</i>		0	16	0
Cricetidae	<i>Baiomys taylori</i>		25	93	32
Cricetidae	<i>Baiomys musculus</i> *		0	0	2
Cricetidae	<i>Neotoma mexicana</i>		0	1	0
Cricetidae	<i>Neotoma leucodon</i>		0	11	0
Cricetidae	<i>Neotomodon alstoni</i>		0	8	0
Cricetidae	<i>Oryzomys couesi</i>		43	14	0
Cricetidae	<i>Oligoryzomys fulvescens</i> *		0	0	2
Cricetidae	<i>Peromyscus ensinki</i>	<i>P. boylii</i>	0	1	0
Cricetidae	<i>Peromyscus difficilis</i>		0	8	12
Cricetidae	<i>Peromyscus gratus</i>		1	24	4
Cricetidae	<i>Peromyscus hylocetes</i>		0	7	2
Cricetidae	<i>Peromyscus kilpatricki</i>	<i>P. boylii</i>	1	14	4
Cricetidae	<i>Peromyscus labecula</i>	<i>P. maniculatus</i>	0	20	1
Cricetidae	<i>Peromyscus zamorae</i>	<i>P. melanophrys</i>	3	54	2
Cricetidae	<i>Peromyscus melanotis</i>		0	22	1
Cricetidae	<i>Peromyscus pectoralis</i> *		0	0	2
Cricetidae	<i>Peromyscus spicilegus</i>		0	1	0
Cricetidae	<i>Reithrodontomys fulvescens</i>		2	20	2
Cricetidae	<i>Reithrodontomys megalotis</i>		0	11	0
Cricetidae	<i>Reithrodontomys sumichrasti</i>		1	1	6
Cricetidae	<i>Sigmodon alleni</i>		28	1	0
Cricetidae	<i>Sigmodon fulviventor</i>		3	1	0

Cricetidae	<i>Sigmodon hispidus</i>	0	2	2
Cricetidae	<i>Sigmodon mascotensis</i>	41	3	1

Apéndice III. Riqueza de especies (R), abundancias (N), esfuerzo de muestreo en noches-trampa (EM), éxito de captura (EC) y hábitats de diversos trabajos con comunidades de roedores en México. Hábitats: Bosque mesófilo de montaña (BMM), Bosque tropical caducifolio (BTC), Bosque sub-tropical (BST), Bosque de coníferas (BC), Bosque de encinos (BE), Matorral (M), Pastizal (P), Zona desértica (ZD), Cultivos (C), Vegetación riparia (VR), Vegetación secundaria (VS), Sitios perturbados (SP), Zona urbana (ZU). Solo trabajaron con una especie (*). Se hicieron recapturas (Δ).

Publicación	R	N	EM	EC	Hábitat
Vásquez et. al. (2000)	7	1623	28242	5.75%	BMM
García-Estrada et. al. (2002)	7	409	8800	4.65%	BTC, SP
Ruan-Tejeda et. al. (2008)	9	694 Δ	3840	18.07%	BMM
Castro-Campillo et. al. (2008)	7	1683	8600	19.57%	BC, BE
Luévano et. al. (2008)	12	414	2240	18.48	M, P
Aragón et. al. (2009)	18	520 Δ	6912	7.52%	BC, P
Peña-Ramos et. al. (2009) *	1	138	800	17.25%	C, SP
Barragán et. al. (2010)	13	382	2400	15.92%	P, C, ZU
Pérez-Lustre y Santos-Moreno (2010) *	1	159	455	34.95%	BTC, BST
Cimé-Pool et. al. (2010)	6	478	9600	4.98%	BTC
Hernández et. al. (2011)	15	7762	10440	74.35%	ZD (M y P)
Monrroy-Vilchis et.al. (2011)	14	78	7000	1.11%	BC, BTC, C, P
Gonzales-Christen et. al. (2012)	9	318	880	36.14%	BMM
Zalapa et. al. (2012)	5	1053 Δ	7584	13.88%	BTC, VS
Tapia-Ramírez et. al. (2012)	13	316	4750	6.65%	M, C, VR
Rojas-Martínez et. al. (2012) *	1	183 Δ	4320	4.24%	P, BC
Hernández-Betancourt et. al. (2012)	7	16	1440	1.11%	BTC, P, SP
Mendoza-Sáenz y Horváth (2013)	9	242	2128	11.37%	C
Flores-Peredo y Vázquez-Domínguez (2016)	9	248	7200	3.44%	BE, BC, P
Villanueva-Hernández et. al. (2017)	6	108	1176	9.18%	M, BC, BE
Morales-Díaz et.al. (2019)	9	2266	11200	20.23%	BTC
Presente estudio	17	98	3168	3.09%	BC, M, P

Anexo 2. Reporte herramienta anti plagio y Formato de declaración de originalidad.

Raymundo Cervantes Barriga

Patrón de microdesgaste dental derivado de información experimental y ambiental de roedores actuales

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:432635238

Fecha de entrega

21 feb 2025, 9:43 a.m. GMT-6

Fecha de descarga

21 feb 2025, 9:49 a.m. GMT-6

Nombre de archivo

Patrón de microdesgaste dental derivado de información experimental y ambiental de roedorespdf

Tamaño de archivo

3.4 MB

141 Páginas

36,823 Palabras

199,437 Caracteres

iThenticate Página 1 of 162 - Portada

Identificador de la entrega trn:oid::3117:432635238

iThenticate Página 2 of 162 - Descripción general de integridad


Identificador de la entrega trn:oid::3117:432635238

29% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Fuentes principales

27%  Fuentes de Internet

24%  Publicaciones

0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



A quien corresponda,

Por este medio, quien abajo firma, bajo protesta de decir verdad, declara lo siguiente:

- Que presenta para revisión de originalidad el manuscrito cuyos detalles se especifican abajo.
- Que todas las fuentes consultadas para la elaboración del manuscrito están debidamente identificadas dentro del cuerpo del texto, e incluidas en la lista de referencias.
- Que, en caso de haber usado un sistema de inteligencia artificial, en cualquier etapa del desarrollo de su trabajo, lo ha especificado en la tabla que se encuentra en este documento.
- Que conoce la normativa de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en particular los Incisos IX y XII del artículo 85, y los artículos 88 y 101 del Estatuto Universitario de la UMSNH, además del transitorio tercero del Reglamento General para los Estudios de Posgrado de la UMSNH.

Datos del manuscrito que se presenta a revisión		
Programa educativo	Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas	
Título del trabajo	"Patrón de microdesgaste dental derivado de información experimental y ambiental de roedores actuales: implicación en poblaciones fósiles"	
	Nombre	Correo electrónico
Autor/es	Raymundo Cervantes Barriga	0616090d@umich.mx
Director	Hiram Alejandro Marín Leyva	alejandro.marin@umich.mx
Codirector	Joaquín Arroyo Cabrales	arromatu@hotmail.com
Coordinador del programa	Omar Chassin Noria	omar.chassin@umich.mx


Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Asistencia en la redacción	no	

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Traducción al español	no	
Traducción a otra lengua	si	Apoyo para traducción de los resúmenes de español a ingles
Revisión y corrección de estilo	no	
Análisis de datos	no	
Búsqueda y organización de información	no	
Formateo de las referencias bibliográficas	no	
Generación de contenido multimedia	no	
Otro	no	

Datos del solicitante	
Nombre y firma	Raymundo Cervantes Barriga 
Lugar y fecha	20 de febrero de 2025. Morelia, Michoacán