

A decorative vertical bar on the left side of the page, with an orange arrow pointing right from it.

21-julio-2024

# Variación morfométrica craneal en *Akodon mollis* (Rodentia: Cricetidae) de Ecuador

Seminario de Titulación II

A decorative vertical bar on the left side of the page, with several thin, curved lines extending from its base.

Ivonne Cristina Carpio Uyaguari  
UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA  
IKIAM

## **Contenido**

<b>1. Antecedentes</b>	<b>2</b>
<b>2. Planteamiento del problema a investigar</b>	<b>3</b>
<b>3. Justificación de la investigación</b>	<b>4</b>
<b>4. Preguntas de investigación</b>	<b>4</b>
<b>5. Hipótesis</b>	<b>5</b>
<b>6. Objetivos de la investigación</b>	<b>5</b>
6.1 General	<b>5</b>
6.2. Específicos	<b>5</b>
<b>7. Métodos</b>	<b>6</b>
7.1. Selección de ejemplares.	<b>6</b>
7.2. Captura de puntos anatómicos de referencia.	<b>6</b>
7.3. Análisis de datos morfométricos geométricos.	<b>9</b>
<b>8. Cronograma de actividades (basado en el marco lógico).</b>	<b>10</b>
<b>9. Presupuesto referencial.</b>	<b>11</b>
<b>10. Referencias bibliográficas.</b>	<b>12</b>

---

## 1. Antecedentes

Ecuador es considerado un país megadiverso debido a la variedad de especies que alberga; en este sentido, se dificulta conocer el número exacto de especies, por el constante descubrimiento de nuevos taxones reportados (Bravo Velásquez, 2014). Particularmente, en mamíferos se reportan 465 especies en el país, de las cuales el Orden Rodentia incluye 134 especies (Vallejo & Boada, 2021). Los roedores son de importancia ecológica, su relevancia va más allá de su potencial para causar daños. Comprender y reconocer el papel fundamental de estos pequeños mamíferos en la prestación de servicios ecológicos es crucial para una gestión eficaz de las zonas naturales y urbanas, destacando su condición de aliados importantes en el mantenimiento del equilibrio medioambiental en lugar de adversarios (Tschumi et al., 2018). Pues algunas especies son dispersoras de semillas, y otras son fuente de alimento para ciertos depredadores (Barreto Cáceres & Owen, 2019; Godó et al., 2022)

Muchos roedores, al construir sus madrigueras bajo el suelo, favorecen la aireación y la infiltración de agua en este, lo cual promueve el crecimiento de las plantas. Además, introduce materia orgánica al subsuelo, lo que lo hace más fértil (Barreto Cáceres & Owen, 2019). Por otro lado, en la familia Cricetidae, se incluye la tribu Akodontini, la cual, a su vez, se divide en tres grupos. Uno de ellos es Akodontina, que contempla siete géneros, siendo el más importante *Akodon*; este último taxón es considerado uno de los más diversos para los investigadores (Vallejo & Boada, 2021), y es donde se ha prestado más atención debido al número de especies y distribución en América del Sur. Esto ha permitido que las especies de *Akodon* sean estudiadas a distintos niveles como taxonomía, sistemática y biogeografía Neotropical. En Ecuador se ha encontrado que el género *Akodon* posee 38 especies, distribuidas alrededor de la Sierra en algunos hábitats como en los pastizales, bosques de los Andes y tierras bajas de la cuenca del Amazonas (Vallejo & Boada, 2021).

La morfometría geométrica se ha revelado como una potente herramienta para examinar la variación morfológica en diversos contextos biológicos, como la ecología y la biología evolutiva, lo que ha dado lugar a una mayor demanda de comprensión de nuevas metodologías y de su aplicación práctica en la investigación científica (Villalobos Leiva & Benítez, 2020). Actualmente ha revolucionado el estudio de la forma y la variación morfológica en biología evolutiva. Tradicionalmente, la comparación de caracteres anatómicos entre organismos ha sido importante para la biología, constituye la base de la clasificación taxonómica y la comprensión de la diversidad biológica mediante descripciones morfológicas (Benítez & Püschel, 2014). La morfometría geométrica ha experimentado un importante desarrollo en los últimos años, usando su aplicación en contextos (ecomorfológicos) y (morfoevolutivos) (Villalobos Leiva & Benítez, 2020). Su capacidad para evaluar la variación morfológica en distintos niveles biológicos la convierte en una herramienta inestimable para abordar cuestiones cada vez más complejas y avanzadas en el ámbito de la biología comparada (Villalobos Leiva & Benítez, 2020). Recientemente se ha

empleado la morfometría geométrica en estudios en roedores, particularmente en cricétidos neotropicales. En numerosos estudios sobre roedores se identifican taxones y se investiga variaciones en la forma de los dientes y otros rasgos morfológicos. También, se ha utilizado para analizar la forma de los molares e identificar especies así como para establecer conexiones entre cambios en la forma de los molares y factores paleoclimáticos. Además, este método ha contribuido al examen de la evolución morfológica y la variabilidad ambiental dentro de las poblaciones de roedores (Lima Boroni et al., 2017). Demostrando que esta herramienta permite comparar y analizar la forma de los dientes y otros rasgos morfológicos entre distintas especies y poblaciones, facilitando así la identificación taxonómica y la exploración de las diferencias morfológicas (Lima Boroni et al., 2017). Esto muestra la importancia de estudios como la variación morfométrica craneal en especies de *Akodon*, en particular *A. mollis*, lo que contribuirá al entendimiento y la preservación de la diversidad biológica en esta región. Además de ser un enfoque novedoso para comprender las intrincadas variaciones de la morfología de los roedores Neotropicales.

---

## 2. Planteamiento del problema a investigar

En el país la mayoría de los estudios se enfocan en variables craneométricas tradicionales, basadas en mediciones lineales, las cuales poseen limitantes, al no obtener una visualización gráfica del cambio de la forma. Hasta el momento son escasas las investigaciones en roedores donde se describen las variaciones de forma y tamaño empleando técnicas de la morfometría geométrica. Paralelamente, varios autores han sugerido la necesidad de realizar estudios en *Akodon*, que aborden las fuentes de variación por ubicación geográfica, edad y sexo, también incluyendo análisis que aclaren sobre la variabilidad dentro del género (Villalobos Leiva & Benítez, 2020).

Los Cricetidae son un grupo de roedores miomorfos que desempeñan un papel crucial en la biodiversidad de Ecuador, y es esencial estudiar continuamente este grupo para preservar la fauna autóctona (Ronez et al., 2020). En el país la información taxonómica y sistemática de los Cricetidae revela la presencia de 93 especies, de las cuales 39 son endémicas del país (Vallejo & Boada, 2021). Este grupo ha sido objeto de estudio en los últimos años, lo que ha contribuido a un mayor entendimiento de su diversidad y distribución. Actualmente el género *Akodon* abarca a un grupo de especies estrechamente emparentadas entre sí (Coyner et al., 2013), lo que sugiere un conjunto funcional monofilético. El análisis filogenético de individuos de toda Sudamérica reveló la recuperación de un clado monofilético de este taxón, indicando que todas las especies comparten un ancestro común (Coyner et al., 2013). De esta forma, el conocimiento sobre la morfología y evolución es relevante para la comprensión y conservación de la biodiversidad. Esta información es fundamental para planificar estrategias eficaces de conservación y gestión de los ecosistemas, así como para comprender las interacciones ecológicas y evolutivas en las que participan los roedores.

### **3. Justificación de la investigación**

En la actualidad en Ecuador la mayoría de estudios que usan herramientas morfométricas geométricas se han centrado en invertebrados y plantas (García Olivares et al., 2015); en mamíferos, la mayoría de los estudios emplean morfometría tradicional en cráneos y mandíbulas, centrándose únicamente en realizar distancias lineales entre dos puntos anatómicos, con lo cual se pierde la relación con la forma biológica (Jaramillo Ocampo, 2024). Uno de los primeros estudios sobre variabilidad fenotípica en *Akodon* de Ecuador, se realizó en 2017; en este se determinaron diferencias significativas en medidas lineales craneales de varias subespecies de varias subespecies en diferentes regiones del país, sugiriendo que factores ambientales y geográficos juegan un papel relevante en la variación de la forma craneal entre roedores del mismo género (Bravo Velásquez, 2014). En este sentido, estudios recientes demuestran que herramientas cuantitativas permiten describir la variación fenotípica y su relación con variables ecológicas, como ejemplo: tipo de dieta, grado de fragmentación del hábitat, entre otros (Menéndez et al., 2023).

Estudios recientes sugieren que la especie *A. mollis*, posee dos subespecies: *A. m. fulvescens* y *A. m. altorum* (Pozo Rivera et al., 2019). Tales diferencias se han establecido a partir de mediciones lineales cráneo-dentales. Por lo anteriormente expuesto, en este estudio se propone emplear herramientas morfométricas geométricas para la descripción cuantitativa del cráneo y mandíbula de estas subespecies, y de esta manera proveer de una base cuantitativa sólida para estudios de variabilidad fenotípica que a futuro puedan diferenciar poblaciones silvestres, de aquellas que se encuentren asociadas a ecosistemas antropizados.

---

### **4. Preguntas de investigación**

¿Cuáles son las diferencias morfométricas craneales en las dos subespecies de *Akodon mollis*?

## 5. Hipótesis

H0: No existen diferencias en la morfometría geométrica de cráneos y mandíbulas en las dos subespecies de *Akodon mollis*.

H1: Existen diferencias en la morfometría geométrica de cráneos y mandíbulas en las dos subespecies de *Akodon mollis*

---

## 6. Objetivos de la investigación

### 6.1 General

Comparar las características craneales de las dos subespecies de *Akodon mollis* a partir de un estudio cuantitativo mediante morfometría geométrica.

### 6.2. Específicos

- Caracterizar la conformación y tamaño de los cráneos y mandíbulas en *A. m. fulvescens* y *A. m. altorum* de Ecuador.
- Describir las diferencias de conformación y tamaño entre *A. m. fulvescens* y *A. m. altorum* de Ecuador

## 7. Métodos

### 7.1. Selección de ejemplares.

En esta investigación se utilizarán ejemplares de *Akodon mollis* pertenecientes a la colección de mamíferos del Instituto Agropecuario Superior Andino (IASA) de la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE), ubicada en el valle de Sangolquí-Quito. Estos especímenes fueron recolectados en la Sierra Central específicamente en la Hacienda El Prado y la Sierra Noroccidental de Ecuador (Pozo Rivera et al., 2019).

### 7.2. Captura de puntos anatómicos de referencia.

A partir de cráneos y mandíbulas de las subespecies *A. m. fulvescens* y *A. m. altorum*, se realizarán fotografías de las regiones dorsal y lateral en cada estructura. Estas imágenes se adquirirán mediante una cámara fotográfica Canon EOS con un lente de 50mm y un adaptador lente macro; adicionalmente se empleará un sistema de luces led blancas para eliminar las sombras. En cada fotografía se colocará una referencia métrica para realizar el escalado de las imágenes.

Se utilizará el programa TPSUTIL es un programa de código abierto diseñado para facilitar el manejo y análisis de archivos TPS (Thin-Plate Spline). Estos archivos se utilizan comúnmente en morfometría geométrica (F. James Rohlf, 2015). Este programa nos ofrecerá herramientas y funciones para elegir las fotografías detallada y cuantitativamente de la morfometría y poder eliminar las fotos que no queramos utilizar. Lo que nos proporcionará un mejor manejo y comprensión de las imágenes. Al finalizar se exportará un archivo tps que nos ayudará con el programa TPSDIG en la elección de imágenes de forma manual.

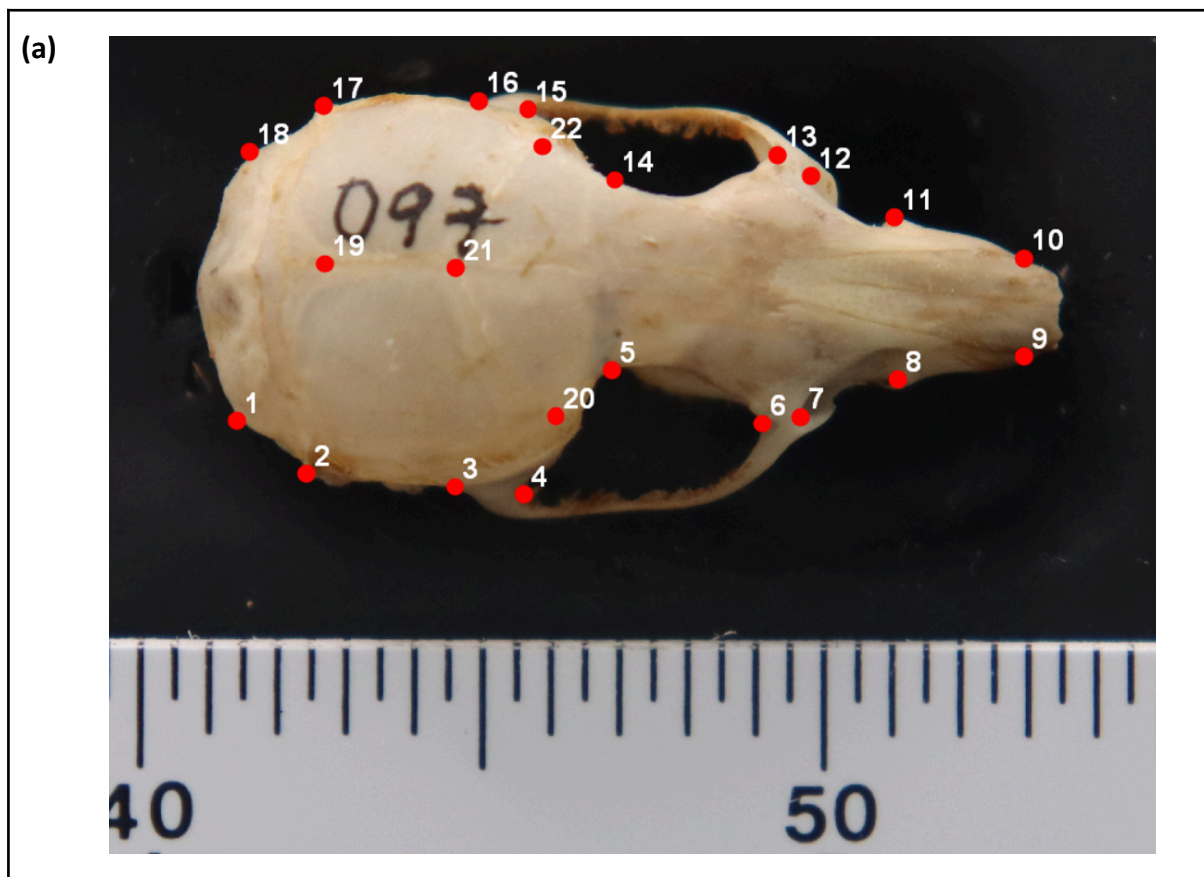
Seguidamente las imágenes de cada espécimen y estructura se exportarán a TPSDIG, es una herramienta valiosa para la diferenciación de especies. La herramienta facilita la captura, análisis e integración de datos morfológicos y moleculares (F. James Rohlf, 2015). Es importante tener una misma escala para todas las fotos, pues sería un problema a la hora de digitalizarlas.

En cada estructura se digitalizarán los siguientes puntos anatómicos tipo I (Figura 1): En la imagen frontal (a) del cráneo se describirán los siguientes puntos 1) parte trasera del cráneo; 2, 3) entre la unión entre el ojo y cráneo (escamoso); 4, 5, 6) dentro del hueso del ojo (región orbitaria); 7) Inicio del ojo; 8, 9) entre ojo y nariz (maxilar); 10, 11) entre ojo y nariz (maxilar del lado izquierdo); 12) Inicio del ojo; 13, 14, 15) Dentro del ojo (región orbitaria lado izquierdo); 16, 17) Entre la unión entre el ojo y cráneo (escamoso del lado izquierdo), 18) parte trasera del cráneo. Es importante enfatizar que los puntos externos al cráneo se deben mantener para tener en mejor orden a futuro.

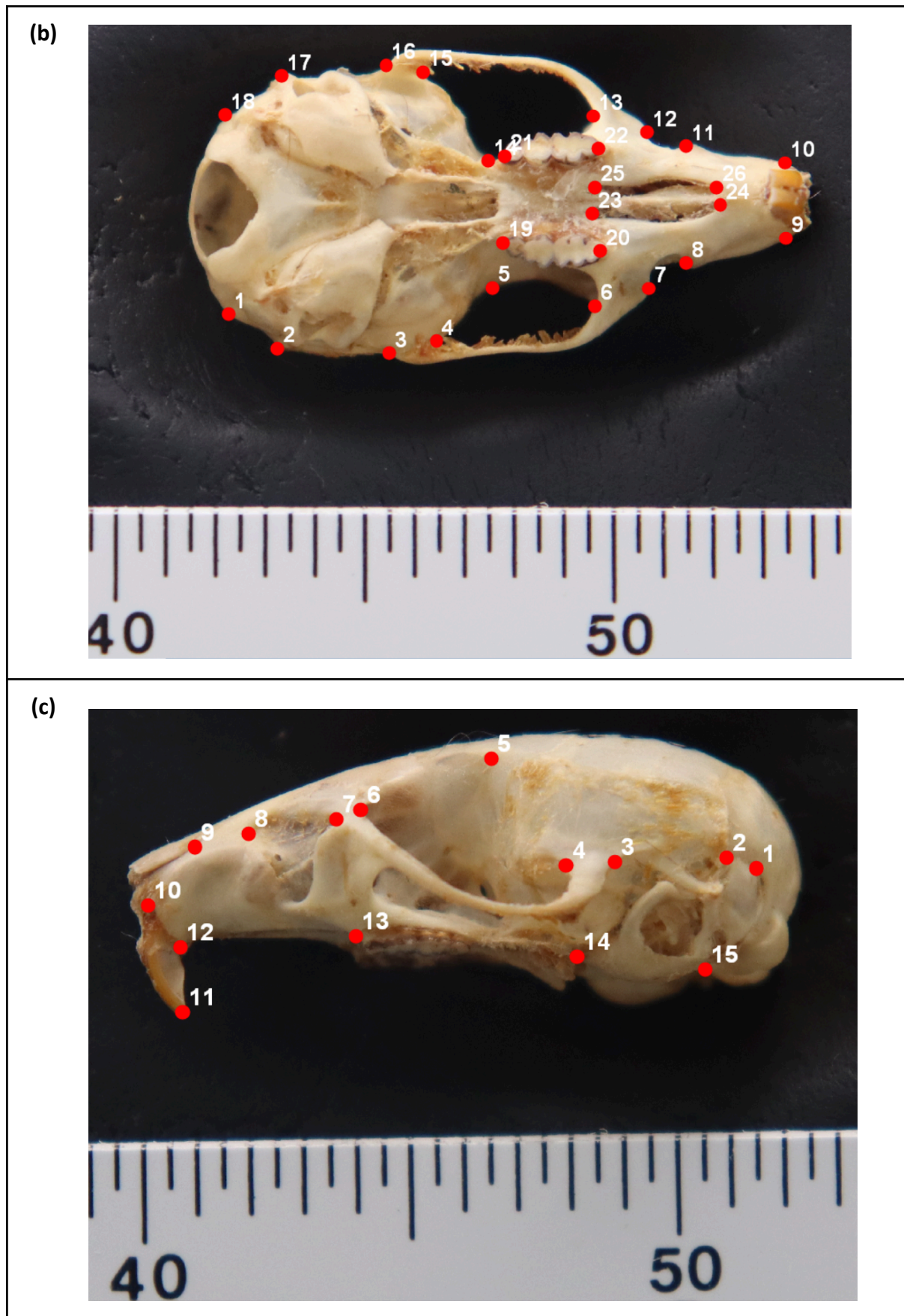
En la imagen ventral (b) del cráneo (Figura 1), los puntos diferentes serán; 19, 20) parte final de los molares; 20) inicio de los premolares; 21) Inicio de premolares lado izquierdo; 22) Final de molares; 23, 24, 25, 26) hendiduras de la nariz (foramen incisivo).

Con respecto a la imagen dorsal (c) del cráneo (figura 1). Los puntos en la misma posición son; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) Desde parte trasera del cráneo hasta nariz; 10) Inicio de incisivos; 11) Punta de incisivos; 12) final de incisivos; 13) Inicio de premolares; 14) Final de molares; 15) Inicio de cóndilo occipital.

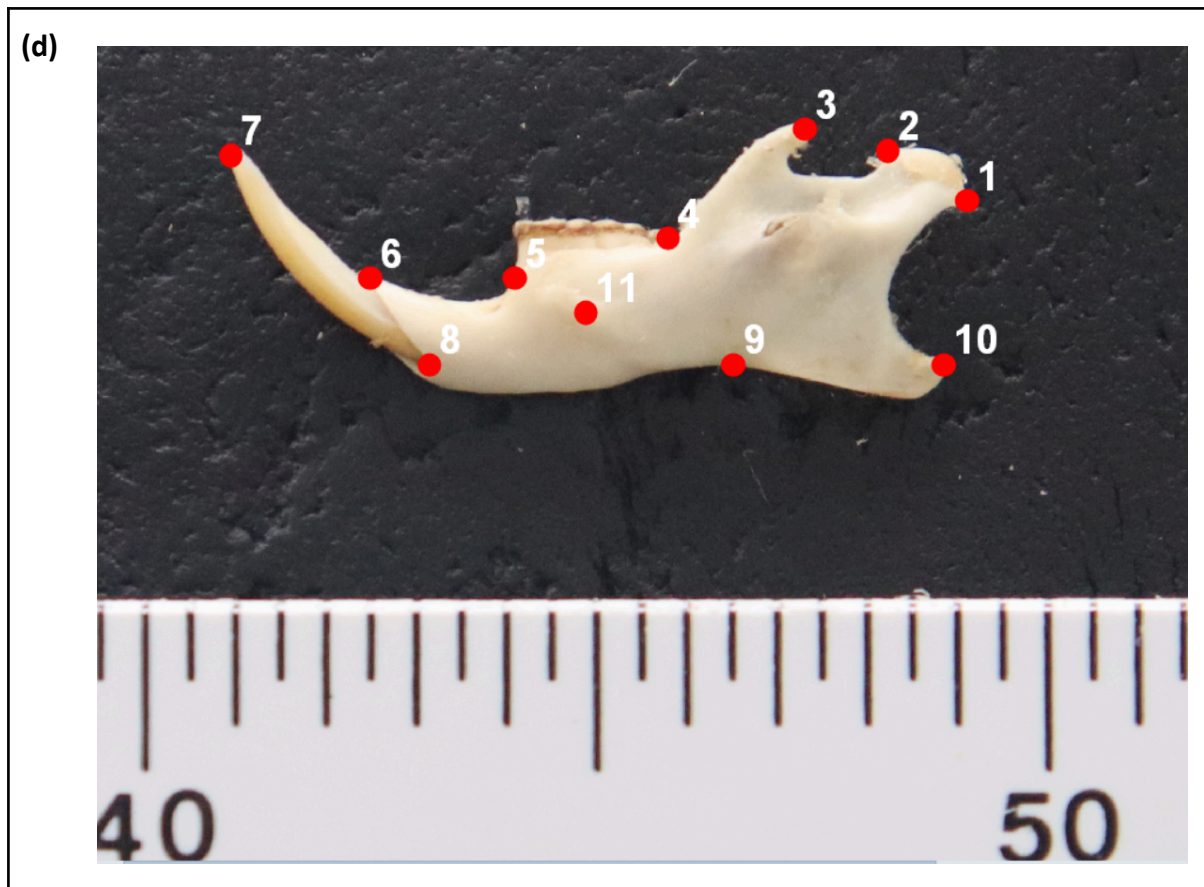
Respecto a la mandíbula (d) (Figura 2). 1) Punta trasera de la mandíbula; 2) Inicio de la curva; 3) Final de curva para molares; 4) Final de molares; 5) Inicio de premolares; 6) Inicio de incisivo 7) Punta de incisivo; 8) Final de incisivo; 9) Curva pronunciada de la parte inferior de la mandíbula; 10) Curva trasera inferior de la mandíbula. Al finalizar el ejercicio estas imágenes se exportarán en formato TPS.







**Figura 1.** Ejemplar de cráneo captada en el museo de la IASA en las vistas dorsal, ventral y lateral. Elaboración propia de puntos de referencia.



**Figura 2.** Ejemplar de mandíbula captada en el museo de la IASA. Elaboración propia de puntos de referencia.

### **7.3. Análisis de datos morfométricos geométricos.**

Después se usará el programa de RSTUDIO permite utilizar RStudio para ajustar y evaluar modelos, un método de análisis estadístico que tiene en cuenta la varianza aleatoria en las dimensiones de los datos, especialmente en la investigación en lingüística aplicada (Charles, L., Nagle, 2017). Se usará paquetes y funciones que nos ayudará al análisis más detallado de la forma y variación craneal en roedores. lo que permitirá la captura, análisis manual y visualización de la forma de este a partir de coordenadas de puntos anatómicos.

## 8. Cronograma de actividades (basado en el marco lógico).

		CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																																															
Item	Actividades	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4																
		Abril 2023				Mayo 2023				Junio 2023				julio 2023				agosto 2023				hoyiembre 2023				enero 2024				marzo 2024				abril 2024				mayo 2024				junio 2024				julio 2024			
Variación morfométrica craneal en <i>Akodon mollis</i> (Rodentia: Cricetidae) de Ecuador																																																	
OG	Comparar las características craneales de las dos subespecies de <i>Akodon mollis</i> a partir de un estudio cuantitativo mediante morfometría geométrica.																																																
1	Planteamiento de la propuesta de tesis																																																
1.2	Revisión bibliográfica																																																
1.3	Estructura del anteproyecto																																																
1.4	Corrección y entrega del anteproyecto																																																
2	Exposición ST1																																																
3	Reunión con coautor																																																
OE1	Caracterizar la conformación y tamaño de los cráneos y mandíbulas en <i>A. m. fulvescens</i> y <i>A. m. altorum</i> de Ecuador.																																																
3	Prueba piloto para fotografía																																																
5	Fotografía de muestras de IASA																																																
	Corrección y entrega del anteproyecto																																																
4	Exposición ST2																																																
OE2	Describir las diferencias de conformación y tamaño entre <i>A. m. fulvescens</i> y <i>A. m. altorum</i> de Ecuador																																																
6	Digitalización de fotografías																																																

## 9. Presupuesto referencial.

<b>PRESUPUESTO PARA ACTIVIDADES</b>					
<b>Nº</b>	<b>Rubro</b>	<b>Justificación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor total</b>
1	Monitor	Para digitalizar con precisión	1	200	200
2	lámparas de Luz	Para mejorar la calidad de las imágenes	1	700	700
3	Cámara Canon adaptada con lentes para macrofotografía	Para tomar las fotos pertinentes	1	1400	1400
4	Computador personal	Para digitalizar y analizar las imágenes	1	1200	1200
5	Movilización Ikiam-ESPE-Ikiam	Transportar las herramientas con seguridad		160	160
	<b>TOTAL</b>				<b>3660</b>

## 10. Referencias bibliográficas.

1. Bravo Velásquez, E. (2014). *La biodiversidad en el Ecuador*. Abya-Yala/UPS.
2. Vallejo, A. F. y Boada, C. 2021. Akodon mollis En: Brito, J., Camacho, M. A., Romero, V. Vallejo, A. F. (eds). Mamíferos del Ecuador. Versión 2018.0. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://bioweb.bio/faunaweb/mammaliaweb/FichaEspecie/Akodon%20mollis>, acceso Jueves, 9 de Noviembre de 2023.
3. Coyner, B. S., Braun, J. K., Mares, M. A., & Van, R. A. (2013). Taxonomic validity of species groups in the genus Akodon (Rodentia, Cricetidae). *Zoologica Scripta*, 42(4), 335–350. <https://doi.org/10.1111/zsc.12014>
4. Pozo Rivera, W. E., Chicango-Morales, B. A., Guanocunga-Gualotuña, W. D., & Peñaherrera Mayorga, P. (2019). Morphometric differences between Akodon mollis fulvescens and A. m. altorum. *Boletín Técnico, Serie Zoológica*, 14(14-15). <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/revista-serie-zoologica/article/view/1490>
5. Villalobos Leiva, A., & Benítez, H. A. (2020). Morfometría Geométrica y sus Nuevas Aplicaciones en Ecología y Biología Evolutiva. Parte 2. *International Journal of Morphology*, 38(6), 1818–1836. <https://doi.org/10.4067/s0717-95022020000601818>
6. Benítez, H. A., & Püschel, T. A. (2014). Modelando la Varianza de la Forma: Morfometría Geométrica Aplicaciones en Biología Evolutiva. *International Journal of Morphology*, 32(3), 998–1008. <https://doi.org/10.4067/s0717-95022014000300041>
7. Pérez Cascales, E., Sossa Soruco, V. M., Vargas Menchaca, C., Amusquivar Calustro, A. E., & Villca Corani, H. (2023). Presencia de *Oligoryzomys microtis* (Rodentia) en hábitats silvestres en Bolivia. <https://doi.org/10.21840/siic/172133>
8. Jarrín V., P., & Coello, D. (2012). Quantification of Morphological Variation within Species of Anoura from Ecuador, with an Emphasis on *A. fistulata* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Acta Chiropterologica*, 14(2), 317–317. <https://doi.org/10.3161/150811012x661648>
9. F. James Rohlf. (2015). The tps series of software. *Hystrix*, 26(1), 9–12. <https://doi.org/10.4404/hystrix-26.1-11264>
10. Charles, L., Nagle. (2017). An Introduction to Fitting and Evaluating Mixed-effects Models in R. 82-105.
11. Godó, L., Valkó, O., Borza, S., & Deák, B. (2022). A global review on the role of small rodents and lagomorphs (clade Glires) in seed dispersal and plant establishment. *Global*

12. Barreto Cáceres, M. B., & Owen, R. D. (2019). Relación de los pequeños mamíferos terrestres (Rodentia y Didelphimorphia) con la estructura de la vegetación en el Bosque Atlántico Interior “ un análisis multivariado. *THERYA*, 10(3), 359–359.  
<https://mastoziologiamexicana.com/therya/index.php/THERYA/article/view/819>
13. Tschumi, M., Ekroos, J., Hjort, C., Smith, H. G., & Birkhofer, K. (2018). Rodents, not birds, dominate predation-related ecosystem services and disservices in vertebrate communities of agricultural landscapes. *Oecologia*, 188(3), 863–873.  
<https://doi.org/10.1007/s00442-018-4242-z>
14. Lima Boroni, N., Souza Lobo, L., Seyferth, P., & Lessa, G. (2017). Taxonomic identification using geometric morphometric approach and limited data: an example using the upper molars of two sympatric species of *Calomys* (Cricetidae: Rodentia). *Zoologia*, 34, 1–11.  
<https://doi.org/10.3897/zoologia.34.e19864>
15. García, F. J., & Sánchez González, E. (2022). Morfometría geométrica craneal en tres especies de roedores arborícolas neotropicales, género *Rhipidomys* (Mammalia, Rodentia, Sigmodontinae) en Venezuela. *THERYA*, 4(1), 157–178.  
<https://mastoziologiamexicana.com/therya/index.php/THERYA/article/view/81>
16. García Olivares, V., Zaragoza-Trello, C., Ramirez, J., Guerrero-Peñaranda, A., & Ruiz, C. (2015). Caracterización rápida de la biodiversidad usando morfometría geométrica: Caso de estudio con abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) del sur de Ecuador. *Avances En Ciencias E Ingenierías/Avances En Ciencias E Ingenierías (En Línea)*, 7(1).  
<https://doi.org/10.18272/aci.v7i1.226>
17. Piantanida, M. J. (2024). *Biblat. Physis. Secciones A, B Y C*, 45(109), 47–58.  
<https://biblat.unam.mx/es/revista/physis-secciones-a-b-y-c/articulo/distintos-aspectos-de-la-reproduccion-en-la-naturaleza-y-en-cautiverio-del-roedor-cricetido-akodon-dolores-thomas-1916>
18. Menéndez, I., Zelditch, M. L., Tejero Cicuéndez, H., Swiderski, D. L., Carro-Rodríguez, P. M., Hernández Fernández, M., Álvarez Sierra, M. Á., & Gómez, A. R. (2023). Dietary adaptations and tooth morphology in squirrels: Insights from extant and extinct species. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 629, 111788–111788.  
<https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2023.111788>
19. García, F. J., Soto, L., Regina Bigai, L., & Di Valle Alvarez, M. R. (2024). Morphological symmetry of *Rhipidomys mastacalis* (Mammalia, Rodentia, Cricetidae) in fragmented habitats of the Atlantic Forest in Northeastern Brazil: a study on the influence of the environment on an endemic species. *Mammalia*, 88(2), 122–132.  
<https://doi.org/10.1515/mammalia-2023-0068>

20. Jaramillo Ocampo, N. (2024). Morfometría geométrica: principios teóricos y métodos de empleo. ResearchGate.  
[https://www.researchgate.net/publication/237522938\\_Morfometria\\_geometrica\\_principios\\_teoricos\\_y\\_metodos\\_de\\_empleo](https://www.researchgate.net/publication/237522938_Morfometria_geometrica_principios_teoricos_y_metodos_de_empleo)
21. Ronez, C., Martín, R. A., & Pardiñas, U. F. J. (2020). Morphological revision of *Copemys loxodon*, type species of the Miocene cricetid *Copemys* (Mammalia, Rodentia): a key to understanding the history of New World cricetids. *Journal of Vertebrate Paleontology*.  
<https://doi.org/10.1080//02724634.2020.1772273>
22. Jiménez Aguado, C. F., Pacheco, V. R., & Vivas Ruiz, D. E. (2013). An introduction to the systematics of *Akodon orophilus* Osgood, 1913 (Rodentia: Cricetidae) with the description of a new species. *Zootaxa*, 3669(3), 223–223.  
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.3669.3.2>