

Curso

INTRODUCCIÓN A LA MORFOMETRIA GEOMÉTRICA EN R

Docentes

Dra. Paula N. Gonzalez

Dra. Jimena Barbeito

Dr. S. Ivan Perez

1- Fundamentación

El estudio de la forma ha ocupado un lugar fundamental en las ciencias naturales (i.e., paleontología, biología, antropología) desde su conformación. La descripción y análisis comparativo de las formas biológicas resulta un aspecto fundamental para el estudio de diferentes procesos naturales, y por lo tanto, es importante contar con herramientas metodológicas que faciliten esta clase de comparaciones. Tradicionalmente, se aplicaron con este fin técnicas morfométricas basadas en variables lineales cuantitativas tales como ancho, longitud y altura. En la década de 1990 se produjeron cambios sustanciales en el análisis de la forma debido principalmente al desarrollo y aplicación de métodos geométricos basados en coordenadas de puntos anatómicos. Los métodos basados en coordenadas de puntos combinan las variables de forma obtenidas con técnicas estadísticas multivariadas. Esta combinación le confiere la ventaja de captar la forma sin perder la relación espacial entre los puntos y la posibilidad de analizar estadísticamente el gran volumen de datos que se generan. Debido a la creciente importancia que tienen estas técnicas en las ciencias naturales, su comprensión es de particular relevancia para la formación de los estudiantes de grado y postgrado, así como para investigadores formados.

2- Objetivos

- Presentar los principios de las técnicas morfométricas.
- Discutir diferentes aproximaciones al estudio de la forma en las ciencias naturales, particularmente las de morfometría geométrica en 3D.
- Proveer los principios fundamentales de las técnicas estadísticas multivariadas empleadas en los estudios morfométricos.
- Proporcionar a los estudiantes información práctica acerca de los procedimientos y las herramientas básicas para realizar este tipo de análisis.

3- Programa

Tema 1. Introducción al análisis morfométrico

- *Definición de morfometría. Morfometría tradicional y geométrica.*
- *Datos en morfometría geométrica: Coordenadas cartesianas.*
- *El concepto de homología en el contexto de los análisis morfométricos.*
- *Forma y tamaño como elementos básicos de análisis: Definiciones y conceptos básicos.*

Tema 2. Variables de tamaño y forma

- *Tamaño: El empleo del tamaño centroide de una estructura.*
- *Obtención de variables de forma a partir de coordenadas cartesianas: Análisis Procrustes Generalizado, traslación, rotación y escalamiento. Análisis de contornos y superficies, el método de *Sliding Semilandmarks* basado en el criterio de distancia Procrustes mínima y de *bending energy* mínimo. Residuos Procrustes calculados a partir de coordenadas.*

- *Obtención de variables de forma a partir de superficies digitales*: Análisis Iterativos Pseudo-Procrustes y obtención de residuos de *pseudolandmarks*.
- *Visualización del cambio en forma*: Desplazamiento de vectores en cada *landmark* y *semilandmark* sobre la referencia. *Thin plate spline* para describir la variación en forma (*morphings*). Mapas de colores (*heatmaps*).

Tema 3. Métodos multivariados aplicados en los análisis de morfometría geométrica

- *Métodos exploratorios multivariados*: Componentes Principales de las variables de forma o *Relative Warps*. Componentes Principales en el espacio de tamaño + forma.
- *Métodos para el estudio de la asociación entre forma y tamaño*: Regresión multivariada y cálculo de ángulos entre vectores.
- *Variación alométrica y no-alométrica*: Componente Común Alométrico y Componentes Principales en el espacio de los residuos de una regresión multivariada.

Práctica

Tema 1. Obtención de datos

- *Adquisición de datos morfométricos en 3 dimensiones*: técnicas manuales, automáticas y semi-automáticas.
- *Discusión de criterios para la elección de variables morfométricas*.

Tema 2. Variables de forma y tamaño.

- *Obtención de las variables de tamaño*: Cálculo del tamaño centroide.
- *Obtención de las variables de forma*: Superposición Procrustes Generalizada de *landmarks* y alineamiento de *semilandmarks*. Cálculo de residuos de *landmarks* y *semilandmarks*. Obtención de *pseudolandmarks*.
- Empleo de herramientas para la visualización de la variación en forma sobre estructuras en 3 dimensiones: *morphings*, *heatmaps*.

Tema 3. Análisis multivariados en morfometría.

- *Análisis estadístico exploratorio de los datos morfométricos*: Cálculo de componentes principales o *relative warps*. Discusión de los resultados obtenidos.
- *Análisis de asociación entre forma y tamaño*: Regresiones multivariadas. Discusión de los resultados obtenidos.
- Aplicación de métodos de visualización del cambio en forma obtenido a partir de análisis multivariados.

En las clases prácticas se emplearán los paquetes Morpho, geomorph y auto3dgm del programa R (Programa R, 2019).

4- Carga horaria y modalidad del curso

El curso contará con una carga horaria total de treinta (30) horas, distribuidas en cinco clases teórico-prácticas de 6 horas de duración cada una.

5- Metodología

Los contenidos se desarrollarán en clases teóricas y prácticas. Las clases teóricas se centrarán en la exposición de los fundamentos conceptuales de los tópicos abordados y en la discusión crítica de casos de aplicación de las técnicas presentadas. Los trabajos prácticos se basarán en la utilización de programas libres para la obtención de datos de coordenadas

cartesianas en 3D y la aplicación de técnicas morfométricas para analizarlos. Tanto en las clases prácticas como en las teóricas se alternará entre el método expositivo, el planteo de discusiones con los alumnos y la coordinación de tareas grupales e individuales tendientes a ejercitar al alumno en el reconocimiento, análisis y resolución de problemas específicos. Mediante esta propuesta se pretende que los alumnos comprendan los principios conceptuales y metodológicos de las técnicas morfométricas. Asimismo se pretende que los estudiantes se ejerciten en el reconocimiento y resolución de problemas que involucren estas técnicas.

6- Recursos didácticos a utilizar

Los recursos didácticos incluyen computadoras, software estadístico R y proyector multimedia o cañón.

7- Destinatarios del curso

El curso está dirigido a estudiantes doctorales de las áreas de paleontología, antropología, biología y de otras disciplinas afines de las ciencias naturales. Se recomienda tener conocimientos básicos de Estadística.

8- Número de asistentes

Dado que el curso tiene una modalidad teórico-práctica el número máximo de alumnos se establece en 25.

9- Fecha tentativa

El dictado del presente curso podrá ser realizado durante la semana del 18 al 22 de Mayo de 2020.

10- Evaluación

Presentación de un trabajo final sobre alguno de los temas tratados en el curso. Para la presentación los alumnos trabajarán en la aplicación de los métodos aprendidos en el curso a una problemática particular.

11. Cronograma

Clase 1	1era parte: Presentación tema 1 2da parte: Definición y obtención de <i>landmarks</i> y <i>semilandmarks</i>
Clase 2	1era parte: Presentación tema 2 2da parte: Superposición de <i>landmarks</i> y <i>semilandmarks</i> . Visualización de la variación en forma
Clase 3	1era parte: Continuación presentación tema 2 2da parte: Obtención y análisis de <i>pseudolandmarks</i>
Clase 4	1era parte: Presentación tema 3 2da parte: Análisis de multivariado de datos de <i>landmarks</i> más <i>semilandmarks</i> y <i>pseudolandmarks</i>
Clase 5	1era parte: Continuación análisis de multivariado 2da parte: Puesta en común

12- Bibliografía

- Adams, D. C., F. J. Rohlf y D. E. Slice. 2004. Geometric morphometrics: ten years of progress following the 'revolution'. *Ital. J. Zool.* 71:5-16.
- Adams, D. C., Rohlf, F. J. y Slice, D. E. 2013. A field comes of age: Geometric morphometrics in the 21st century. *Hystrix* 24:7-14.

- Bookstein, F. L. 1991. *Morphometric tools for landmark data: Geometry and biology*. Cambridge Univ. Press: New York.
- Bookstein, F. L. 1997. Landmark methods for forms without landmarks: localizing group differences in outline shape. *Med Image Anal* 1:225-243.
- Boyer, D. M., Puente, J., Gladman, J. T., Glynn, C., Mukherjee, S., Yapuncich, G. S., et al. (2015). A new fully automated approach for aligning and comparing shapes. *The Anatomical Record* 298: 249–276.
- Corruccini, R. S. 1995. Of ratios and rationality *Am J Phys Anthropol* 96:189-191
- Drake, A. G. y C. P. Klingenberg. 2008. The pace of morphological change: Historical transformation of skull shape in St Bernard dogs. *Proceedings of the Royal Society B, Biological Sciences* 275:71–76.
- Gonzalez, P. N., N. Bonfili, M. N. Vallejo Azar, J. Barbeito-Andres, V. Bernal y S. I. Perez. 2019. Description and analysis of spatial patterns in geometric morphometric data. *Evolutionary Biology*, in press.
- Gunz, P. y Mitteroecker, P. 2013. Semilandmarks: A method for quantifying curves and surfaces. *Hystrix* 24:103–109.
- Gunz, P., Mitteroecker, P. y Bookstein, F. L. 2005. Semilandmarks in three dimensions. In D. E. Slice (Ed.), *Modern morphometrics in physical anthropology* (pp. 73–98). New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Jungers, WL, Falsetti A, Wall CE. 1995. Shape, relative size and size-adjustments in morphometrics. *Yrbk Phys Anthropol* 38:137-161.
- Mitteroecker P. y P. Gunz. 2009. Advances in Geometric Morphometrics. *Evol Biol* 36:235–247.
- Mitteroecker, P., Gunz P., Bernhard M., Schaefer K. y F. L. Bookstein. 2004. Comparison of cranial ontogenetic trajectories among hominoids. *J Hum Evol* 46:679-698.
- Monteiro, L. y S. Furtado dos Reis. 1999. *Principios de morfometría geométrica*. Holos Editora.
- Perez, S. I., Bernal V. y P. N. Gonzalez, 2006. Differences between sliding semilandmarks methods: implications for shape analyses of human populations. *Journal of Anatomy* 208:769-784.
- Pomidor, B. J., Makedonska, J. y Slice, D. E. 2016. A landmark-free method for three-dimensional shape analysis. *PLoS ONE*, 11(3):e0150368.
- Rohlf, F. J. 1990. Rotational fit (Procrustes) methods. En *Proceedings of the Michigan Morphometrics Workshop* (F. J. Rohlf y F. L. Bookstein, eds.) Special Publ. No. 2. The University of Michigan Museum of Zoology. Pp. 227-236.
- Slice, D. E. 2005. Modern morphometrics. En *Modern Morphometrics in Physical Anthropology* (Slice D. E., ed.). Pp. 1-45. New York: Kluwer Acad. Plenum.
- Slice, D. E. 2007. Geometric Morphometrics. *Annu Rev Anthropol* 36:261–281.
- Zelditch, M. L., Swiderski, D. L, Sheets, H. D., y Fink, W. L. 2004. *Geometric morphometric for biologists: a primer*. London: Academic Press.

13- Programas

- Landmark Editor. 2005. <http://www.idav.ucdavis.edu/research/EvoMorph>
- MeshLab. 2016. <http://www.meshlab.net/>
- Package auto3dgm. 2019. <http://www2.stat.duke.edu/~sayan/auto3dgm/>
- Package Geomorph. 2019. <https://cran.r-project.org/web/packages/geomorph/index.html>
- Package Morpho. 2019. <https://cran.r-project.org/web/packages/Morpho/index.html>
- R 3.6.1. 2019. R Development Core Team. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>
- R Studio. 2019. <https://rstudio.com/>