

FRACTALES Y SUTURAS CRANEANAS: NOTA DE CONTRARRÉPLICA A MARTÍN ESCORZA

Paul PALMQVIST y Josep GIBERT

Los comentarios y críticas efectuadas por el Dr. Carlos Martín Escorza en relación con el trabajo en que aplicamos, de forma pionera en Paleontología Humana, los métodos del análisis fractal al estudio comparativo de las suturas preservadas en el fragmento craneal de *Homo* sp. de Venta Micena (Orce, Granada) se pueden clasificar, según nuestro criterio, en dos grupos principales: por una parte, los que parecen venir motivados por la ausencia de determinadas aclaraciones y explicitaciones que en su momento no consideramos necesario realizar y, por otra, aquellos derivados de ciertas malinterpretaciones y errores conceptuales cometidos, a nuestro juicio, por el propio Martín Escorza. A continuación, pasamos a argumentar nuestra contrarréplica, centrada en torno a los diferentes bloques temáticos en que se distribuyen las críticas:

Cálculo de la dimensión fractal media

El valor medio de dimensión fractal (D_m) calculado para las suturas de homínidos infantiles se obtuvo incluyendo, además de los ejemplares que aparecen en la Tabla 1 de Gibert y Palmqvist (1992) con edades comprendidas dentro de esta categoría, a los designados con las siglas *M.2* y *SA.866*, los cuales muestran valores de D parecidos a los anteriores; no obstante, si no se tienen ambos en cuenta para efectuar los cálculos, el valor que se obtiene entonces para D_m (que sería el estimado por Martín Escorza) resulta muy próximo al que suministramos en su momento, manteniéndose el nivel de significación estadística para las diferencias apreciadas frente a los équidos. Por ello, consideramos que, salvo en lo tocante a poner de manifiesto cierta imprecisión inicial por nuestra parte, al no explicitar a todos los ejemplares usados para el cálculo de D_m , este comentario resulta irrelevante respecto a los datos aportados en el trabajo y a las conclusiones que de los mismos se extraigan.

Sobre los conceptos de forma, autosimilitud y complejidad relativa

Un fractal es una forma compuesta por partes que resultan, en cierta medida, semejantes al todo (Slice, 1993); ahora bien, la naturaleza no fabrica objetos perfectos, como los fractales diseñados por los matemáticos (véase la Fig. 1 de Gibert y Palmqvist, 1992), cuyas etapas sucesivas de crecimiento se simulan con total precisión a partir de la mera iteración de un patrón generatriz prefijado y constante, por lo que muestran una autosimilitud exacta cuando son contemplados bajo diferentes escalas de observación.

Por el contrario, las estructuras naturales que participan de un diseño fractal (desde ciertos cristales hasta las suturas de ammonites y vertebrados) no crecen libres de errores morfogénéticos y, como consecuencia, muestran una forma imperfecta (salvo, quizás, en las idealizaciones de los morfólogos teóricos): la consecuencia de ello es que, aún cuando su naturaleza sea básicamente fractal, sólo mostrarán una autosimilitud inexacta al cambiar la escala de observación (esto es, una cierta regularidad estadística en su forma). No obstante, la complejidad relativa de estas estructuras (p. ej., el grado de recurvamiento de una sutura) prácticamente se mantiene constante conforme cambia la escala, como viene a indicar el que se encuentre una relación inversa y aproximadamente lineal entre los logaritmos del perímetro estimado para la sutura y las respectivas escalas de medición del mismo (véase la Fig. 2 de Gibert y Palmqvist, 1992), lo que implica que la longitud euclídea de tales curvas no converge hacia un valor límite conforme se va incrementando la precisión en las mediciones, al disminuir la escala de medida, sino que diverge hacia el infinito.

Fiabilidad de los valores estimados para la dimensión fractal

Estos comentarios merecen una atención especial, pues son los que resultan potencialmente más graves entre los realizados por Martín Escorza, ya que en ellos descalifica los resultados obtenidos en el trabajo de Gibert y Palmqvist (1992), a los que considera como **no reales, incorrectos y erróneos**.

En primer lugar, las suturas se dibujaron todas al mismo tamaño (esto es, de manera que las distancias lineales entre sus extremos fuesen iguales), con objeto de poder utilizar de forma iterativa en todas ellas las mismas escalas de medida, las cuales se explicitan en Gibert y Palmqvist (1992); obviamente, si no se hubiese procedido así se tendrían entonces que haber usado diferentes escalas de medición, al cubrir las suturas una amplia gama de tamaños, por lo que los valores de dimensión fractal calculados ya no serían totalmente equivalentes u homologables entre los diferentes ejemplares analizados.

Por otra parte, este procedimiento no afecta en absoluto a la fiabilidad y corrección de los valores estimados para las dimensiones fractales de las suturas, pues tal y como se describe en Gibert y Palmqvist (1992, pág. 155) el parámetro se calcula restando a la dimensión topológica de la curva (uno) el valor de la pendiente (negativa) de la recta de regresión, ajustada por el método de los mínimos cuadrados, entre los logaritmos de las longitudes de paso y los logaritmos de los perímetros estimados con ellas. En una ecuación potencial ($Y = aX^b$) el valor de la pendiente no depende de los valores absolutos de tales parámetros (variable Y), que en las suturas a tamaño real serían diferentes, sino del ritmo en que van disminuyendo éstos según se incrementa la escala de medición (variable X). Por ello, el valor ajustado para la dimensión fractal no varía en función del tamaño original de la sutura; lo que sí se vería afectado por este procedimiento es el valor de la ordenada en el origen (esto es, el perímetro estimado con longitud de paso unidad), pero este parámetro no se utiliza en el análisis fractal como descriptor morfométrico de la complejidad de las estructuras analizadas.

En tercer lugar, conviene precisar que analizar los objetos a su escala real —lo que Martín Escorza denomina como **elementos proporcionados por su naturaleza**— resultaría bastante difícil, si no imposible, en determinadas situaciones, como cuando se trata de estimar la dimensión fractal de un relieve costero —en cuyo caso resulta obligado trabajar sobre imágenes obtenidas por satélite— o al estudiar cristales en crecimiento —donde obviamente se hace preciso el uso de un microscopio—, por sólo citar dos ejemplos de campos en los que se emplean los métodos de la geometría fractal (véanse las referencias compiladas por Sugihara y May, 1990; Gibert y Palmqvist, 1992, 1993; Slice, 1993).

Finalmente, en el trabajo de Gibert y Palmqvist (1992) se indica que la resolución de la tableta digitalizadora usada —o, lo que es lo mismo, el error de medición del aparato— es de 0,1 mm; a este error hay que sumarle el de tipo experimental cometido por el usuario, que en gran medida depende de su pericia, y ambos se

deben considerar, al menos desde un punto de vista teórico, distribuidos aleatoriamente. El proceso de digitalización se efectuó tomando el número de puntos necesario en cada sutura para describir su contorno con la mayor exactitud posible, necesitando un número mayor las de contorno más recurvado. Ahora bien, dado que el rango de longitudes de paso utilizadas para el ajuste de D comenzaba en 1 mm (y todas las suturas se digitalizaron con una precisión bastante mayor), resulta entonces evidente que tal distancia sería el espaciado mínimo entre puntos sucesivos requerido durante la toma de coordenadas, no afectando a los resultados obtenidos el nivel de resolución conseguido por debajo de este valor.

Sobre los comentarios a los resultados y conclusiones

La mayor parte de las críticas efectuadas por Martín Escorza en este apartado suponen tan sólo matizaciones, con un fuerte componente retórico, sobre términos usados en el texto de Gibert y Palmqvist (1992), cuya discusión pormenorizada necesitaría bastante espacio y consideramos, en gran medida, innecesaria. Ahora bien, tres puntos sí merecen que se les preste la debida atención, en la medida en que sus comentarios pueden inducir a equívocos no deseables.

El primero es sobre el significado del término **similar** en el contexto del trabajo, que a falta de mayores aclaraciones por nuestra parte se debía entender simplemente, por **parecido o semejante**. Cosa bien distinta es el cálculo de índices de semejanza, que se emplean en Taxonomía Numérica (Davis, 1986) para expresar la relación global entre dos objetos —U.T.O.s., en la jerga especializada— cuando se dispone de varias variables (y conviene tener en cuenta que diferentes coeficientes estimarán distintos aspectos de la semejanza, como la distancia o la correlación). Obviamente, si sólo se trabaja con una variable —en nuestro caso, la dimensión fractal de las suturas— la semejanza viene entonces determinada exclusivamente por ella y no se precisa estimar ningún índice, siendo dos especímenes tanto más similares cuanto más próximos sean los valores que toman en dicha variable. Así pues, incluso bajo esta acepción del término, el uso que hicimos del mismo en el manuscrito fue correcto. Finalmente, el concepto de dimensión de semejanza (*similarity dimension*) no conlleva ningún tipo de connotación compleja y es análogo al de dimensión fractal.

El segundo se refiere a las comparaciones con los póngidos, los cercopitécidos y el équido recién nacido (ejemplar 6933). Martín Escorza parece no haber reparado en que, en Gibert y Palmqvist (1992, pág. 159), se explicita claramente que, de acuerdo con su dimensión fractal, el fósil debió formar parte de la bóveda craneana de un primate, al no diferenciarse de manera significativa la complejidad sutural de los homínidos infantiles de la de póngidos juveniles y cercopitécidos, indicándose también las diferencias anatómicas que permiten su diagnóstico diferencial frente a los últimos y al équido, así como la desaparición de los póngidos en el Mioceno Superior europeo.

En tercer lugar, respecto a las **no existentes igualdades y no completas desigualdades** que esgrime Martín Escorza, hay que tener en cuenta que la dimensión fractal es una variable continua, en escala métrica, y los resultados obtenidos por Gibert y Palmqvist (1992) se presentaron tomando tres decimales. En consecuencia, era poco probable, en función del tamaño muestral estudiado (13 homínidos, 4 póngidos, 7 cercopitécidos, 4 équidos y 5 rumiantes) que dos ejemplares tomasen, exactamente, el mismo valor en esta variable; no obstante, ello depende obviamente del nivel de resolución que adoptamos en su momento para la presentación de los datos, pues si los valores de dimensión fractal se redondean a dos decimales (tal y como es práctica habitual en muchos trabajos; véanse las referencias citadas en Gibert y Palmqvist, 1992, 1993), aparecen entonces numerosas coincidencias. Por ello, cuando al comparar los homínidos infantiles con el équido 6933 se observa que este último presenta un valor de dimensión fractal para sus suturas ($D = 1,123$) comprendido dentro de la parte alta del rango de variación de los primeros (1,047 a 1,173), resulta lícito concluir que tal valor es igual o superior al de los homínidos, en la medida en que esta afirmación sólo implica que, en el caso de que se ampliase el muestreo para los homínidos, antes o después terminaría por aparecer un ejemplar cuya dimensión fractal tomase, con tres decimales, exactamente ese valor.

Consideraciones finales

Hay científicos que aman las ideas, por las innovaciones tanto metodológicas como conceptuales que éstas conllevan, mientras que otros realmente parece que las odian, en la medida en que suponen una ruptura de la ortodoxia imperante, les obligan a actualizarse y, además, pueden conducir al desmantelamiento del paradigma existente —en el caso que nos ocupa, el del “burro de Orce”—. Ahora bien, conviene recordar que, en numerosas ocasiones, los avances más importantes experimentados en el seno de cualquier disciplina suelen producirse tras la asimilación de metodologías y enfoques teóricos desarrollados previamente en otros campos de la ciencia, como le ocurrió en su momento a la Ecología tras incorporar los métodos propios de la Teoría de la Información. Creemos sinceramente que el análisis fractal puede contribuir al desarrollo de la moderna Paleontología Cuantitativa, facilitando el estudio de ciertas estructuras más o menos complejas, como las líneas de sutura y los patrones de ornamentación superficial de los fósiles, donde otras metodologías morfométricas no resultan plenamente operativas. No obstante, la historia juzgará.

REFERENCIAS

- (de conjunto a los comentarios y contrarréplica sobre “suturas craneanas y fractales”)
- Davis, J. C. 1986. *Statistics and Data Analysis in Geology*, second edition, John Wiley & Sons, New York, 646 págs.
- Gibert, J. y Palmqvist, P. 1992. Dimensión fractal de las suturas del cráneo de Orce. *Revista española de Paleontología*, 7, 154-160.
- Gibert, J. and Palmqvist, P. 1993. Fractal analysis of the Orce skull sutures. *Journal of Human Evolution*, in litt.
- Peitgen, H. and Saupe, D. 1988. *The Science of Fractal Images*. Springer-Verlag, New York.
- Slice, D. E. 1993. The fractal analysis of shape. In: *Contributions to Morphometrics* (Eds. L. F. Marcus, E. Bello & A. García-Valdecasas), 161-190. Monografías del Museo Nacional de Ciencias Naturales (C.S.I.C.), 8, Madrid.
- Sugihara, G. and May, R. 1990. Applications of fractals in ecology. *Trends in Ecology and Evolution*, 5, 79-86.