

2

La naturaleza cuantitativa de los datos arqueológicos

2.1. ¿Para qué sirven los números?

Podríamos pensar que la utilización de las matemáticas y de los números en arqueología o ciencias sociales no es más que un recurso fácil para tapar los agujeros teóricos de la disciplina y afirmar su “cientificidad” ya que se usaría el más científico de los métodos, al decir del imaginario global. No es así; el uso de las matemáticas y los números no es ninguna panacea. Podemos usar la matemática sin finalidad alguna, como si el mero hecho de traducir en números nuestras observaciones arqueológicas fuese ya suficiente. ¿Qué sentido tiene decir que han aparecido 700 fragmentos de cerámica, o que el peso de todos los huesos de ciervo encontrados en esa cueva llegaba a los 5.123 gramos? Esta forma acrítica de cuantificar la arqueología es resultado de una visión, desgraciadamente muy generalizada, que considera a esta disciplina como una ciencia de segundo orden, que debe aceptar sin rechistar lo que otras disciplinas mejor equipadas conocen mejor. De ese modo, se han usado las viejas teorías antropológicas y/o históricas como si se tratase de axiomas fundamentales de la dinámica social. En muy pocos casos se ha intentado reevaluar esas teorías a la luz de los descubrimientos arqueológicos. Aún peor, prácticamente nunca se ha señalado el ámbito específico de la arqueología en el estudio de la sociedad humana.

Durante mucho tiempo arqueólogos y arqueólogas han permanecido absolutamente ajenos/as a esta cuestión. O bien no se les ocurría que sus datos arqueológicos podían ser interpretados con ayuda de métodos matemáticos, o bien negaban explícitamente esa posibilidad, creyendo que lo único que había que hacer era encontrar una fecha para los cacharos que desenterraban. En los últimos años, sin embargo, son muchas las investigadoras e investigadores que han descubierto la necesidad de sustituir explicaciones tradicionales por estudios más completos que pretenden averiguar la causa social de la variabilidad material observada¹.

¹ Referencias sobre historia de las aplicaciones estadísticas en Arqueología:

Aldenderfer, Mark S. 1998 Quantitative methods in archaeology: A review of recent trends and developments. *Journal of Archaeological Research* 6(2):91-1220.

Barceló, J.A., 2009, The Birth and historical development of computational intelligence applications in Archaeology. *Archeologia e Calcolatori* num. 20, pp. 95-109.

Djindjian, F., 2009, The golden years for mathematics and computers in archaeology (1965-1985) *Archeologia e calcolatori*, Num. 20, pp. 61-73

Djindjian, F., 2015, A short history of Mathematics in Archaeology. En *Mathematics and Archaeology*. Editado por J.A. Barceló y I. Bogdanovic. Boca Ratón, CRC Press.

Las matemáticas no sustituyen a las palabras, sino que nos permiten ir más allá de sus capacidades descriptivas. Los números describen aspectos que los sustantivos, los adjetivos y los verbos no pueden. Hemos de tener bien presente que la matemática *no* es una propiedad de la naturaleza. No hay cosas y fenómenos de tipo matemático y otros que no lo sean. La matemática es, simplemente, un lenguaje artificial usado para representar ideas que no pueden expresarse con otro lenguaje. Así, por ejemplo, los enunciados

$$2 + 2 = 5$$

la cerámica está barnizada²

son formalmente idénticos, aunque su contenido no sea intercambiable fácilmente. Teóricamente, puedo expresar una suma en palabras, al igual que puedo expresar los rasgos materiales que caracterizan un objeto mediante números, pero ello supondría forzar los límites del lenguaje. ¡Sería como usar bombas atómicas para matar mosquitos!

Convengamos, pues, que cada tipo de lenguaje sirve para representar fenómenos distintos. Por extensión, diremos que un fenómeno que sólo puede expresarse matemáticamente es un fenómeno matemático, no porque tenga una naturaleza diferente, sino porque si lo describiéramos mediante palabras introduciríamos demasiada ambigüedad y posibilidad de error.

Estudiemos las características principales de este lenguaje matemático. Siempre que expresemos una idea por medio de **relaciones de orden** entre sus componentes, estaremos expresándola matemáticamente. La unidad significativa básica de este lenguaje artificial recibe el nombre de **CANTIDAD**. Más que una propiedad o característica, se trata de un tipo de propiedad: ciertas entidades tienen cantidades de algo y otras no. Podríamos definirla entonces como: *aquellas propiedades de las entidades que admiten una gradación*; en definitiva, cualquier propiedad que permita una ordenación de las entidades es una cantidad. Por consiguiente, la *cantidad* será el opuesto de aquellos rasgos característicos que no admiten grados y que no generan ordenaciones (**CALIDAD**). Llamaremos **MEDICIÓN** a la operación de asignar números que representen el grado o intensidad que en un objeto o fenómeno concreto tenga la propiedad a la que se ha hecho referencia. Por su parte, denominaremos **ATRIBUCIÓN** a la operación de asignar etiquetas –verbales o numéricas– que representen la presencia o ausencia de la propiedad cualitativa a la que se hace referencia.

Los filósofos no están de acuerdo a la hora de investigar estos conceptos. Para algunos (enfoque positivista), cualquier “cantidad” es una propiedad inherente a los objetos, por lo que es algo que existe antes de que tenga lugar la observación. La “cantidad” no sería una consecuencia de la acción de investigación, ni sería el observador u observadora los que la impusieran, sino que sería una característica propia e intransferible del objeto observado. Para otros filósofos (enfoque objetivo) la cantidad no existe antes que el proceso de medición tenga lugar. Según esto no habría cantidades en la naturaleza, sino observadores cuyas operaciones de medida proporcionan unos resultados que serían interpretables como característicos de la operación de medida, antes que como rasgos esenciales del objeto medido. Fijémonos que aquí la “objetividad” radica en la

² ¡Sí, ya lo sé, el primero de ellos es un error! Pero el enunciado, aunque erróneo, sigue siendo un enunciado matemático. El lenguaje matemático no sólo sirve para expresar verdades, sino también errores. A diferencia del lenguaje verbal, esos “errores” son fácilmente identificables. Si estás leyendo esta nota es porque identificaste un error.

operación de medida, que debe definirse de manera sistemática para que distintos investigadores e investigadoras obtengan las mismas medidas con las mismas operaciones sobre los mismos observables³.

Como en todo, siempre hay terceras vías; así, según los partidarios del enfoque relacional, *una cantidad existe si y sólo si existe una relación cuantitativa entre dos objetos*. Un objeto tendrá, pues, una cantidad de algo si toma parte en una *relación cuantitativa*. Pero, ¿qué es una **RELACIÓN CUANTITATIVA**? Una relación de orden, tal que:

A es mayor en q que **B**

A es igual en q que **B**

A es menor en q que **B**

En definitiva: existe una **CANTIDAD** si cierta propiedad permite ordenar un conjunto de objetos. Si la propiedad tan sólo nos permite disponer los elementos en dos clases: propiedad presente/propiedad ausente, hablaremos de **CALIDAD**. Por ejemplo, un objeto **A** es de menor “tamaño” (q) que otro objeto **B**. “Tamaño” es aquí una cantidad, porque la propiedad es expresable en términos de una ordenación de mayor a menor (una “intensidad”). Si un hueso humano corresponde a un individuo “femenino”, concluiremos que es una propiedad cualitativa, porque no cabe hablar de la intensidad de la femineidad del hueso. Otro tema es el de la “incertidumbre”, que puede hacer ver una propiedad cualitativa como si fuese cuantitativa. Ya estudiaremos esta cuestión más adelante.

No todas las cantidades son iguales, sino que variarán según la relación de orden que se pueda establecer. Así, por ejemplo, no es lo mismo el tamaño que el color de un objeto. Es fácil entender que el tamaño sea una propiedad cuantitativa. En nuestra vida cotidiana casi siempre usamos cantidades para expresar el tamaño de las cosas que vemos. ¿Podemos decir lo mismo del color? En principio parecería que el color es una calidad y no una propiedad cuantitativa. Pero, ¿acaso no podemos decir que cierto objeto es “más rojo” que otro? La intensidad de un color (rojo o cualquier otra longitud de onda) puede medirse con un instrumento denominado espectrómetro⁴ o instrumento equivalente para medir la intensidad de cada uno de los canales de luz (rojo, verde, azul), y sus calificativos (matiz –en inglés *hue*- y saturación). De esta manera podremos ordenar elementos según la intensidad de su color.

2.2. Medición

³ Obviamente, dejamos de lado el enfoque subjetivo, que afirmaría que las mediciones no existen y que resultan de imposiciones subjetivas de los investigadores e investigadoras que nunca pueden llegar a coincidir en una medición. Lamentablemente, hay quien así piensa, pero creo que la objetividad de una medida, ya sea característica del objeto o de la operación de medida, es perfectamente contrastable gracias a la repetición de las medidas y a la instrumentalización del proceso de medida.

⁴ Un espectrómetro es en realidad una cámara fotográfica digital que captura los diferentes colores de la luz. Es fácil construir uno con ayuda de una cámara digital de buena calidad, y usando un software de calibración de color. Toda cámara altera los colores de la realidad, pero al usar siempre el mismo software de calibración, la medida concreta de cada uno de los canales de luz será objetiva.

Hemos llamado **MEDICIÓN** (o “medida”) a la asignación de números a ciertos objetos o acontecimientos de acuerdo a la intensidad de esa propiedad en el objeto. No podremos medir un objeto aislado (que no forme parte de un conjunto ordenado), a no ser que lo comparemos con los objetos existentes en un conjunto de materiales ordenados de referencia. Esa ordenación de referencia podrá ser considerada como el criterio objetivo de la medición. Puesto que toda asignación de números es una función matemática, dicho criterio objetivo podrá expresarse por medio de la función que explique la ordenación de objetos o acontecimientos. En otras palabras, la función matemática es la regla que necesitamos para asignar números a objetos de acuerdo con su ordenación. Dispondremos de una **ESCALA DE MEDIDA** si y sólo si disponemos de un criterio de ordenación relevante y de una función aritmética, algebraica o lógica que lo represente. Si esa función es aritmética o algebraica, el orden de los objetos será numérico, y todas las relaciones de orden se expresarán mediante números (**ESCALA NUMÉRICA**). Si por el contrario la función es lógica asignaremos tan sólo valores de Identidad o Diferencia (“si”, “no”, “presente”, “ausente”). La escala resultante será **NOMINAL**.

Para medir conjuntos de individuos usamos la analogía con ordenaciones consideradas de referencia. Las escalas de medida habituales (que toman como unidad de medida el metro, el kilo, el grado centígrado, etc.) constituyen ordenaciones de entidades según las propiedades cuantitativas de longitud, masa, temperatura. Podemos medir la longitud, la masa y la temperatura de cualquier individuo porque se han obtenido previamente unas ordenaciones de objetos (varillas o bolas de metal, columnas de mercurio) que usamos como referencia más o menos universal. Por ejemplo, para ordenar una serie de objetos de acuerdo a su temperatura, necesitamos de una ordenación de materiales (agua) en diferentes estados. El punto de partida de la ordenación (hielo⁵) ocupa el lugar 0; un segundo punto de referencia (100) se ha reservado arbitrariamente para otro estado físico del agua (vapor⁶). Al dividir la escala en cien partes arbitrarias iguales, tendremos la unidad denominada grado centígrado. Llamaremos **instrumento de medición** a un mecanismo que implemente de algún modo la ordenación considerada de referencia. En resumidas cuentas, lo que hemos de hacer es definir ordenaciones teóricas y a continuación establecer analogías entre los elementos ordenados en esa escala de referencia y los objetos que deseamos ordenar en un nuevo conjunto.

¿Qué significa, entonces, medir la conducta humana? Si pudiésemos observarla, tal como se hace en sociología y economía, podríamos asignar números a la *intensidad* con que las acciones sociales son realizadas por los distintos agentes sociales, en diferentes contextos y circunstancias. Podríamos, igualmente, calcular su *importancia* o *relevancia*, la *cantidad* de efectos o consecuencias de dicha acción, la cantidad y *diversidad* de agentes implicados, etc. Cabe afirmar que aunque todo esto sea, en teoría, medible, lo cierto es que no sabemos medir la mayoría de propiedades cuantitativas de la realidad social. Los problemas en ciencias sociales radican de hecho en la falta de instrumentos de medida.

Si no podemos observar la acción, ni los agentes sociales, como es el caso en la investigación histórica, entonces medir la conducta humana se referirá a medir la variabilidad de los efectos que se perciben en el presente de las acciones que tuvieron lugar en el pasado. Mediremos la variabilidad de tamaño, de forma, de textura, de

⁵ Más propiamente: Punto de equilibrio entre el estado líquido y el estado sólido, a presión normal (1 atmósfera).

⁶ Más propiamente: Punto de equilibrio entre el estado líquido y el estado gaseoso, a presión normal (1 atmósfera).

composición y de localización de los efectos materiales de la acción social, ya sean productos intencionales o consecuencias no pretendidas o imaginadas previamente por el actor social, y buscaremos averiguar cómo cada una de las variantes se relaciona con las demás.

Los datos arqueológicos, por tanto, no son cosas que se atesoran, sino medidas de la realidad. La tarea de arqueólogos y arqueólogas no es tanto descubrir y desenterrar artefactos, como medir ciertos efectos de la conducta humana que tuvieron lugar en el pasado. Y tal como hemos visto, sólo hay cinco maneras genéricas de medir cuerpos sólidos: teniendo en cuenta su tamaño, su forma, su textura, su composición y/o su localización en el espacio y en el tiempo.

2.3. Mediciones Arqueológicas

El **tamaño** de las cosas se reconoce fácilmente como una propiedad cuantitativa. Pero no existe una única medida de tamaño. En realidad el tamaño de algo es un tipo de información compuesta, a la que llegamos valorando tanto la longitud, como la anchura, altura, superficie, volumen, peso, entre otras características. Todos estos parámetros son bien conocidos y a nadie le extraña que usemos números para expresarlos. Disponemos de los instrumentos y escalas de medida necesarios: el metro, el metro cuadrado, el metro cúbico, el gramo, etc. Es más, a veces tendemos a confundir la palabra “medidas” con los parámetros del tamaño, como si éstas fuesen las únicas medidas posibles en arqueología. En ocasiones, sin embargo, seguimos usando términos cualitativos para referirnos a esa propiedad cuantitativa. Decir de algo que es “grande”, “pequeño” o “mediano”, no nos permite saber nada acerca de la magnitud de la propiedad cuantitativa en cuestión. El objeto es grande o es pequeño, pero como no sabemos en realidad qué quiere decir “grande”, no sabemos si todos los objetos grandes son igualmente grandes, o si unos son más pequeños que otros. Describir cualitativamente lo que en esencia es cuantitativo no sólo complica la cuestión, sino que nos induce a error en la mayoría de las ocasiones.

Los ríos, las montañas, las áreas geográficas, los territorios tienen tamaño; la topografía nos proporciona las herramientas para medirlo, y también los instrumentos que objetivan el proceso de medida: teodolitos. Longitudes, anchuras, alturas absolutas (sobre el nivel del mar) y alturas relativas, extensión del área son algunos de los parámetros de tamaño geográfico habitualmente usados⁷.

En el caso de los objetos y artefactos ha sido la propia arqueología la que ha ido diseñando procedimientos de medida.

⁷ <http://www.geomorphometry.org/>

Véase también:

Hengl, T. & Reuter, H.I. (Eds.). 2008, *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications*. Elsevier.

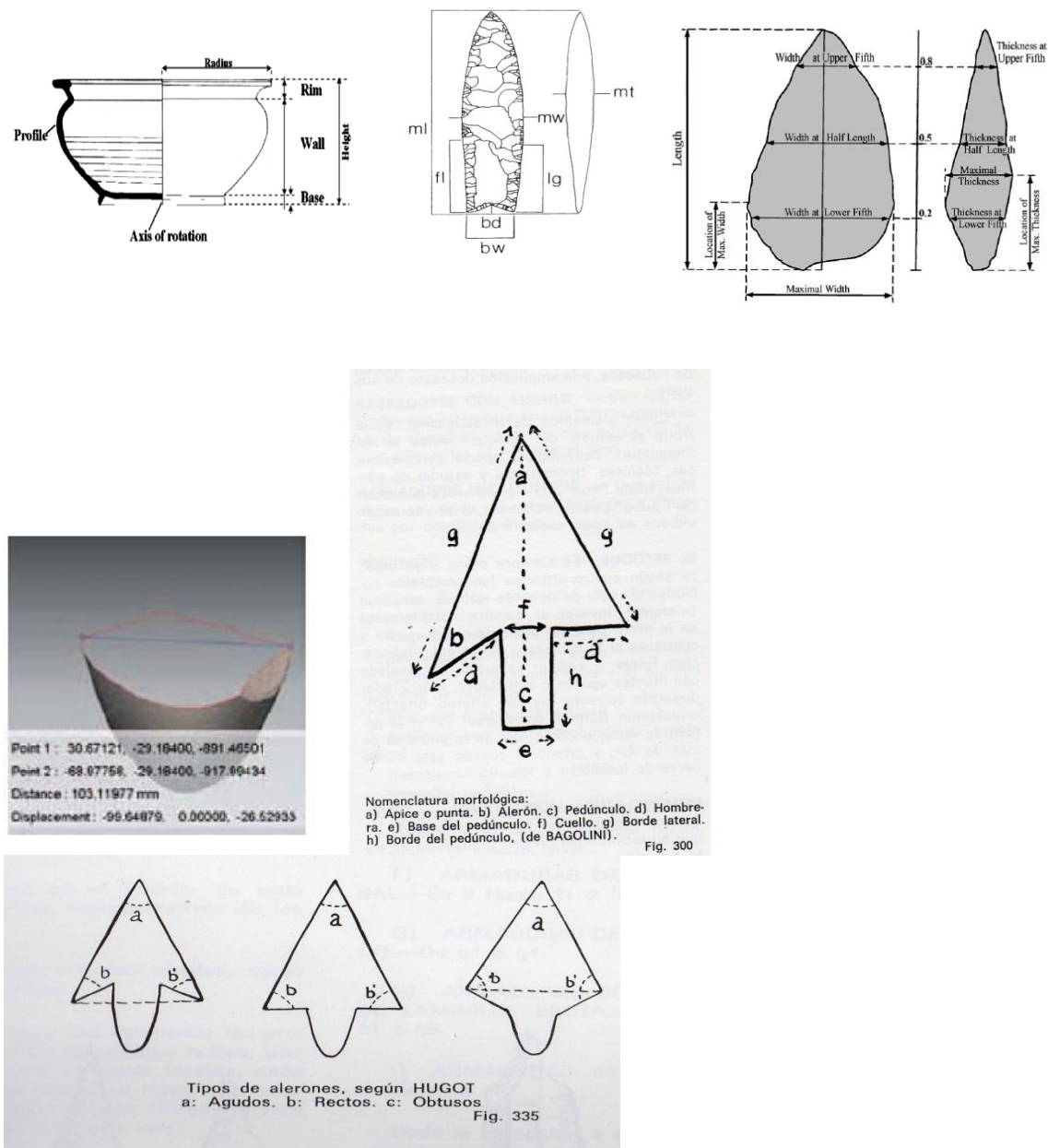


Fig. Ejemplo de medidas de tamaño sobre artefactos arqueológicos

El principal problema con las medidas de tamaño es que esta propiedad no puede resumirse a una única medida, sino que necesitamos muchas medidas para poder caracterizar la variabilidad. Una tumba no es “grande” o “pequeña”, en razón de su volumen, de su longitud, de su anchura o de su profundidad, sino como resultado de la relación entre todas esas medidas.

Si nadie duda que el tamaño de los materiales arqueológicos sea una propiedad cuantitativa, pocos lo dirían con respecto al concepto **forma**. La forma de las cosas se suele describir cualitativamente: esto es redondo, cuadrado, irregular, esférico, cilíndrico, entre otras. En arqueología hemos desarrollado un lenguaje específico para describir la forma de cualquier cosa. Un ejemplo característico sería: “borde exvasado con parte superior almendrada y perfil en S suavizada”. Este tipo de descripción verbal

de la forma no tiene ningún sentido. Ni describe ni permite entender aquello a lo que pretendemos referirnos. La descripción cualitativa de la forma es, casi siempre, incompleta y arbitraria. Yo puedo decir que cierto artefacto es un “plato”, mientras que otro investigador o investigadora afirmará que es un “bol”, y otro que es una “escudilla”. Si en lugar de esos términos comunes usáramos otros más formalizados, como “tipo A”, la situación mejora, pero tampoco lograríamos mucho. La forma es una propiedad cuantitativa que se refiere a las características métricas del contorno de un objeto. Por consiguiente, la forma de los objetos debe expresarse geoméricamente y no verbalmente. Hay muchas maneras de describir cuantitativamente la forma de un objeto. Lo importante es que al igual que el tamaño, la propiedad cuantitativa debe expresar una intensidad. Un objeto debe ser más circular, o menos esférico, o más parabólico, o menos curvilíneo que otro. Sólo usando medidas geométricas podremos extraer toda la información que contiene la forma de los efectos materiales de los procesos de trabajo.

La manera más simple de medir la forma implica el uso de relaciones entre medidas de tamaño. Por ejemplo, un contenedor puede ser más “alargado” que otro, si comparamos el cociente entre su longitud y su anchura. Aquí, longitud y anchura son medidas de tamaño, pero la propiedad de ser más o menos alargado es una característica de la “forma” del objeto. Aquí el supuesto de partida es que la “forma” es una propiedad relacional, que antes que resumirla a un solo parámetro, aparece como el resultado de la comparación de distintas partes de un objeto. Muchos índices semejantes pueden calcularse, relacionando los tamaños (longitudes, anchuras, alturas, etc.) de diferentes partes del objeto⁸.

⁸ En el caso de la medición de la forma de las vasijas cerámicas, en

Juhl, K., 1995, *The relationship between vessel form and function. A methodological study*. AmSSkrifter 14, Akeologisk museum i Stavanger (Norway). 1–143.

se puede consultar una lista detallada con más de 40 índices relacionales de forma basados en las diferencias de tamaño entre distintas partes del mismo artefacto. Entre ellas podríamos destacar:

- Cociente de restricción: el área de la superficie de la boca de la vasija dividida por el área de un círculo con el mismo radio máximo de la vasija.
- Factor de acceso relativo: área de la superficie del de la boca de la vasija dividida por el volumen de la vasija.
- Factor de restricción relativa: la circunferencia del borde dividida por el área total de la superficie de la vasija.
- Factor de nivelación: distancia vertical entre la base y el centro de gravedad, dividido por el radio de la base.
- Posición relativa del centro de gravedad: distancia vertical entre la base y el centro de gravedad, dividido por la altura total de la vasija.

Para índices de forma en útiles líticos, puede consultarse:

Rovner, I., 1993, *Complex Measurements Made Easy: Morphometric Analysis of Artefacts Using Expert Vision Systems*. In *Computer Applications in Archaeology 1993*. Edited by J. Wilcock and K. Lockyear. ArchoPress, Oxford (British Archaeological Reports).

Rovner, I., 2006, *Computer-assisted Morphometry of Digital Images: Beyond Typology in the Morphological Analysis of the Broad Spectrum of Archaeomaterials*. In *Digital Archaeology. Exploring New Frontiers in Human Heritage*. Edited by J.T. Clark and E.H. Hagemeister. Archeolingua press, Budapest.

Ozmen, C., Balcisoy, S., 2006, *3D Spatial Measurement Tools for Digitized Artifacts*. In *Digital Archaeology. Exploring new frontiers in Human Heritage*. Edited by J.T. Clark and E.H. Hagemeister. Budapest, Archeolingua press.

Al margen de relacionar entre sí las medidas clásicas de tamaño, se pueden obtener índices de forma relacionando el perímetro del contorno y la extensión de la superficie del elemento . Por ejemplo⁹:

- 1) *Elongación*. Longitud dividida por la anchura:

$$\frac{\text{longitud}}{\text{anchura}} \text{ ó } \frac{\text{DiámetroMáximo}}{\text{DiámetroMínimo}}$$

- 2) *Redondeamiento*. Mide la intensidad con que el element medido se aparta de un círculo en una perspective bi-dimensional

$$\frac{4Area}{\pi p^2}$$

En la ecuación, p es el perímetro del contorno y $Area$ es una medida de la superficie del objeto. El índice está construido de manera tal que el valor de un círculo (objeto Redondo) es igual a 1, disminuyendo proporcionalmente a medida que el objeto se aparta de la circularidad ideal. Un 0.492 corresponde aproximadamente a un triángulo isósceles.

- 3) *Cuadratura*: El grado de cuadratura de u sólido, en donde el valor 1 equivale a un cuadrado y 0,800 a un triángulo isósceles.

$$\frac{p}{4\sqrt{Area}}$$

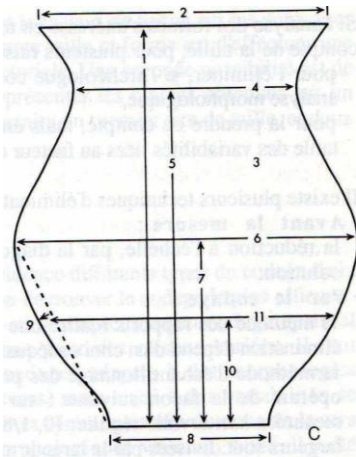
En la ecuación, p es el perímetro del contorno y $Area$ es una medida de la superficie del objeto.

⁹ Russ, J.C., 2006, *The Image Processing Handbook*, CRC Press, London.

Más detalles en:

Rovner, I., Gyulai, F., 2007, Computer-assisted morphometry: A new method for assessing and distinguishing morphological variation in wild and domestic seed populations. *Economic Botany*, 61(2): 154–172.

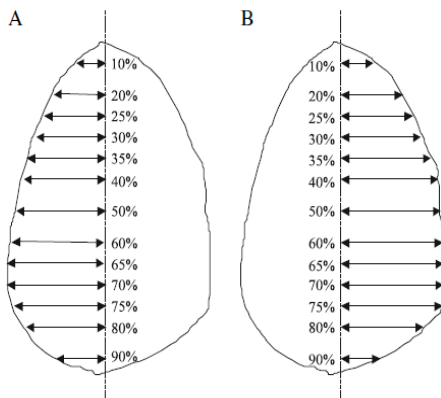
Barceló, J.A. 2010, Visual Analysis in Archaeology. An Artificial Intelligence Approach. In *Morphometrics for nonmorphometricians*. Edited by Elewa, Ashraf M.T. Berlin: Springer Verlag (Lecture Notes in Earth Sciences, Vol. 124) Pp. 51-101.



Más detalles acerca de la forma de una evidencia arqueológica los proporciona la medida de la simetría. Una manera muy simple implicaría medir a intervalos regulares la anchura del elemento a la izquierda y a la derecha de su eje central. Alternativamente, se puede calcular un índice que exprese la asimetría entre dos medidas bilaterales como un cociente de la anchura global¹⁰:

$$S = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\sqrt{(x_i - y_i)^2}}{x_i + y_i} \right)$$

en donde x_i equivale al valor de la anchura a la izquierda del eje longitudinal medido en un punto porcentual particular, y_i equivale al valor de la anchura a la derecha del eje longitudinal medido en el punto porcentual correspondiente y n representa al número de puntos porcentuales en los que se ha dividido el eje longitudinal y en los cuales se han medido las anchuras x_i y y_i .

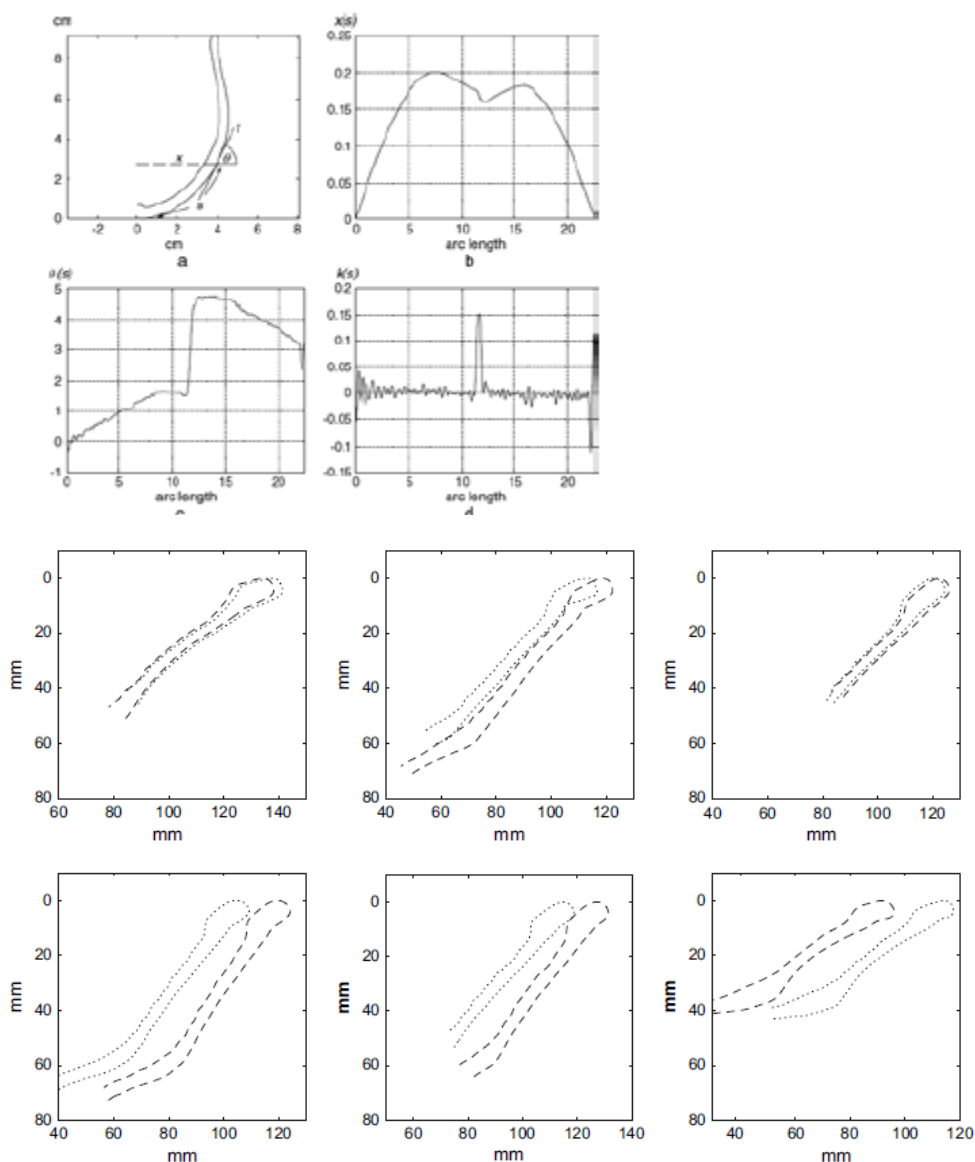


Además de medir la forma de las evidencias arqueológicas en términos de relaciones entre medidas de tamaño, podríamos medir el contorno del elemento. Este es un

¹⁰ Lycett, S.J., 2008, Acheulean variation and selection: Does handaxe symmetry fit neutral expectations? *Journal of Archaeological Science*, 35: 2640–2648.

Lycett, S.J., von Cramon-Taubadel, N., Foley, R.A., 2006, A crossbeam co-ordinate caliper for the morphometric analysis of lithic nuclei: A description, test and empirical examples of application. *Journal of Archaeological Science*, 33: 847– 861.

enfoque habitual en los estudios de industria lítica, si bien tradicionalmente basándose en la identificación de rasgos cualitativos y algunas propiedades cuantitativas tales como el ángulo, la amplitud, la orientación, etc.¹¹ Más información la proporcionaría la descripción de la geometría del contorno (en 2 dimensiones ó en tres dimensiones) por medio de ecuaciones paramétricas¹². Ello nos permitiría medir la *intensidad* de la curvatura del perfil o contorno del elemento arqueológico.



¹¹ Laplace, G., 1972, *La Typologie Analytique et Structurale*. CNRS, Paris.

¹² Se trataría de usar expresiones polinómicas o sus equivalentes, curvas de Bézier/B-splines. Véase la bibliografía al respecto en:

Barceló, J.A. 2010, Visual Analysis in Archaeology. An Artificial Intelligence Approach. In *Morphometrics for nonmorphometricians*. Edited by Elewa, Ashraf M.T. Berlin: Springer Verlag (Lecture Notes in Earth Sciences, Vol. 124) Pp. 51-101.

Otro modo de medir la forma de los artefactos arqueológicos se basa en la enumeración de un subconjunto de puntos característicos del contorno del elemento. Esos puntos característicos (ó *landmarks*), se refieren a localizaciones precisas del contorno que pueden subdividirse en partes homólogas (*landmarks* “funcionales”)¹³, o simplemente, porque tengan alguna característica geométrica distintiva (*landmarks* “matemáticos”).

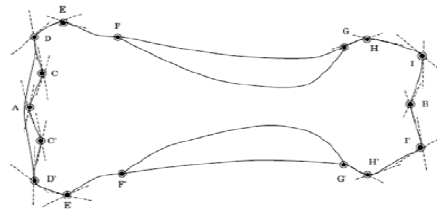


Figura 2.41 Identificação de *landmarks* no contorno de uma falange [Palmqvist96].

¹³ Sobre Morfometrías geométricas en arqueología, puede verse, en general:

Dryden, I.L., Mardia, K.V., 1998, *Statistical Shape Analysis*. Chichester (UK), John Wiley.

Elewa, M.T., 2004, *Morphometrics. Applications in Biology and Paleontology*. Berlin, Springer-verlag.

Cao, F. et al., 2008, *A Theory of Shape Identification*. Berlin, Springer-verlag.

Elewa, A.M.T. et al. 2009, *Morphometrics for nonmorphometricians*. Edited by A.M.T. Elewa, Berlin: Springer Verlag (Lecture Notes in Earth Sciences, Vol. 124) Pp. 51-101.

Para el caso de vasijas cerámicas, puede consultarse:

Kampel M., Sablatnig R., 2007, Rule based system for archaeological pottery classification. *Pattern Recognition Letters*, 28: 740–747

Maaten, L.P.J., Boon, P.J., Lange, A.G., Pajmans, P.P., Postma, E.O., 2006, Computer Vision and Machine Learning for Archaeology. In *Digital Discovery. Exploring New Frontiers in Human Heritage. Fargo CAA2006. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*. Edited by J.T. Clark and E.M. Hagemester, pp. 361–367.

Maaten, L.P.J., Lange, G., Boon, P., 2009, Visualization and Automatic Typology Construction of ceramic profiles. In *Making History Interactive. Proceedings of the 37th Computer Applications in Archaeology Conference*. Edited by B. Frischer and L. Fischer. Williamsburg, VA, March 22–26, 2009.

Para el análisis de la forma de instrumentos líticos:

Cardillo, M., 2005, Explorando la variación en las morfologías líticas a partir de la técnicas de análisis de contornos. El caso de las puntas de proyectil del holoceno medio-tardío de la Puna de Salta (San Antonio de los Cobres, Argentina). *Revista Werken* N°7. 77–88.

Crompton, S., 2007, 3D Lithics. In *Layers of Perception. Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA)*. Berlin, Germany, April 2–6, 2007. Edited by A. Posluschny, K. Lambers and I. Herzog. Kolloquien zur Vor- und Frühgeschichte, Vol. 10. Bonn Dr. Rudolf Habelt GmbH.

Lyman, R.L., VanPool, T.L., O'Brien, M.J., 2008, Variation in north American dart points and arrow points when one or both are present. *Journal of Archaeological Science*, 35: 2805–2812.

En el caso de ornamentos metálicos, como fibulas:

Small, C.G., 1996, *The Statistical Theory of Shape*. Springer, New York.

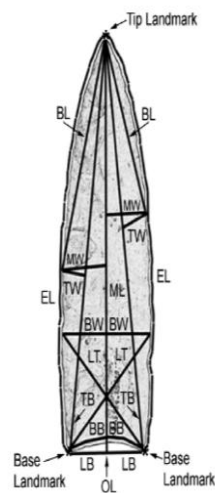


Fig. 3. Image of Clovis point showing approximate location where 11 interlandmark characters are measured and the location of the three landmarks. Character initials: EL, edge boundary length; TB, tip landmark to base landmark; TW, width of tip to base length to maximum inflection position; BL, blade length; MW, maximum width; BB, base boundary length; LB, linear measure of base; ML, midline length; OL, overall length; BW, basal width across first third of point; LT, length from base to 1/3 along opposite edge.

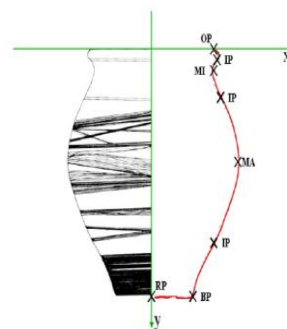


Fig. 8. S-shaped vessel: profile segmentation scheme.

- MI, local minimum: point of vertical tangency; point where the x-value is smaller than in the surrounding area of the curve.
- MA, local maximum: point of vertical tangency; point where the x-value is bigger than in the surrounding area of the curve; the y-value refers to the height of the object (e.g. MA(y)).
- CP, corner point: point where the curve changes its direction substantially.
- BP, base point: outermost point, where the profile line touches the base plane.
- RP, point of the axis of rotation: point where the profile line touches the axis of rotation.
- EP, end point: point where the profile line touches the axis of rotation; applied to incomplete profiles.

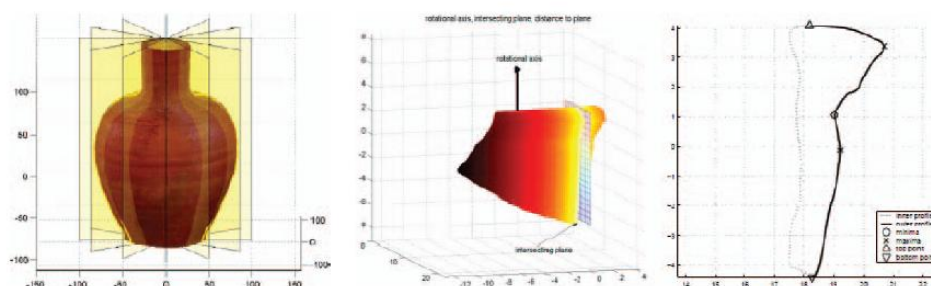


Figura 2.47 Cerâmica orientada segundo eixo de simetria, com intersecção de planos para extração de perfil [Mara04] (esq.). Fragmento (centro) e linha de perfil de fragmento com *landmarks* (drt.) [Mara02].

La disponibilidad cada vez más generalizada de escáners 3D (laser-scans) permitirá desarrollar mediciones cada vez más precisas de la forma de las evidencias arqueológicas¹⁴. En todo caso, cabe hacer la misma apreciación que en el caso del **tamaño**: una sólo medida de **forma** no es suficiente para poder describir suficientemente la variabilidad morfológica de los observables arqueológicos, sino que precisamos de un conjunto, completo y, en la medida de lo posible, no redundante, de medidas de forma, tanto en lo que se refiere a índices geométricos o a coordenadas de puntos geométricos característicos y longitudes entre secuencias ordenadas de esos puntos.

Continuemos con las restantes mediciones de las propiedades físicas de las evidencias arqueológicas. ¿Qué queremos decir con la **textura** de un objeto material? El uso habitual del término se circunscribe a propiedades cualitativas más o menos simples

¹⁴ Farjas, M., García Lázaro, F.J., (eds). 2008, *Modelización tridimensional y sistemas láser escáner 3D aplicados al patrimonio histórico*. Ediciones La Ergástula, Madrid.

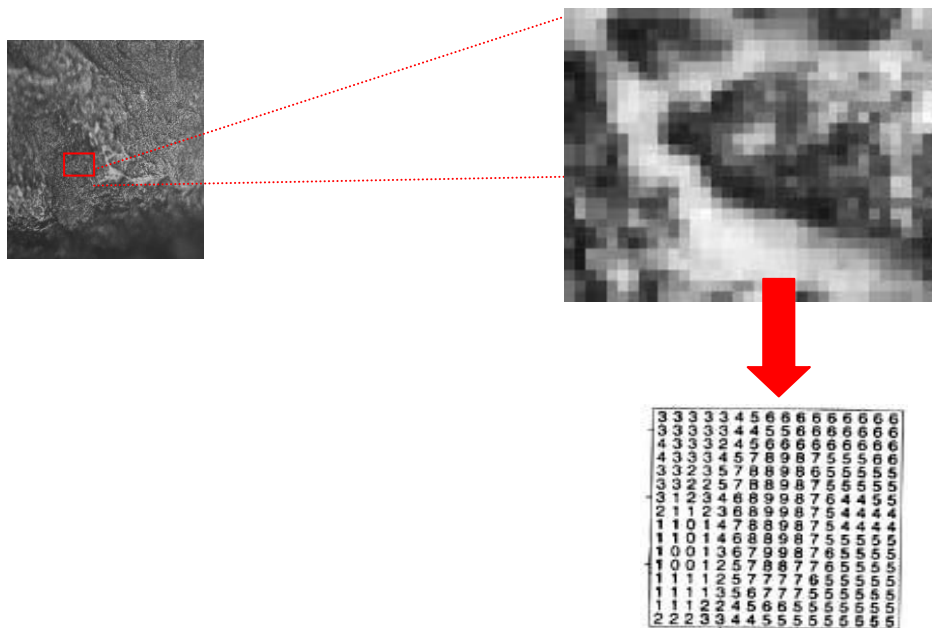
tales como “rugoso”, “liso”, “bruñido”. En realidad, y tal como se ha desarrollado en la investigación de visión computacional, por textura nos referimos a todas las propiedades perceptibles de la superficie de los objetos. Aquellos rasgos característicos de la materia de la que está hecho el objeto, pero también todas las modificaciones que el objeto ha experimentado, tanto las huellas de uso como los patrones decorativos fijados en su superficie. “Rugoso”, “liso”, “bruñido” son efectivamente formas de textura, pero también lo son “brillante”, “rojo”, “blanco”, “disperso”, “inciso”, “pulido” y cualquier otra característica de la superficie de un elemento material que contribuya a decirnos de qué materia está hecho, qué proceso de trabajo lo ha modificado y de qué manera.

Lo más habitual es describir la textura cualitativamente, pero ello añade subjetividades no recomendables. ¿Realmente “rugoso” significa lo mismo para todo el mundo? Fijémonos, por otro lado en la nomenclatura habitual del análisis de huellas de uso en restos líticos aparecen expresiones proposicionales ambiguas, cuando no claramente contradictorios: “brillo mate” (¿no es eso una contradicción?), “pulido como de mantequilla”. De la misma manera que lo eran el tamaño y la forma, también la textura es una propiedad cuantitativa, que debe medirse en términos de la intensidad o magnitud de las variaciones perceptibles en la superficie del objeto. Cuanto mayor sea esa irregularidad, mayor será la “cantidad” de textura. En un espejo, toda la superficie es igual, no hay variaciones, por lo tanto tendrá muy poca textura. Una cerámica decorada excisa o pintada tendrá muchas variaciones: depresiones, trazas, marcas, líneas, puntos, etc. Cuanto más diversa, mayor será su textura. Hay pocos trabajos en arqueología que hayan intentado un enfoque cuantitativo de la textura; ese enfoque es posible si trabajamos a partir de imágenes y cuantificamos los distintos componentes de las mismas¹⁵.

Por medio de sensores adecuados podemos definir las propiedades visuales de una superficie en términos de la particular dispersión de medidas de luminancia, ya que la luz se refleja de acuerdo con las irregularidades micro-topográficas de la superficie. Esto significa que la textura puede analizarse en términos de reflexión anisotrópica. El supuesto subyacente es que la luz se refleja cuando encuentra una superficie sólida y opaca, y que esa reflexión es irregular dependiendo de la heterogeneidad de la superficie (su textura). Por consiguiente, debiera ser posible inferir la irregularidad e la superficie en términos de la variación en la luminancia: áreas “claras” u “oscuras” en la imagen corresponden a zonas “bajas” y “altas” en la topografía de la superficie. Por consiguiente, una textura será “rugosa”, si aparecen en la imagen muchos sectores con valores de luminancia extremos (muy claros y muy oscuros) a todo lo largo y ancho de la superficie. Por el contrario, la textura será “suave” si hay escasa diferencia entre los valores de luminancia y en amplios sectores de la imagen de la superficie, todos los puntos tienen el mismo valor de luminancia.

¹⁵ Ver los aspectos generales del procedimiento en:

Barceló, J.A., 2009, *Computational intelligence in Archaeology*. Henshey (New York), IGI Group (Information Science Reference).



En un análisis de textura, lo que se mide es la variabilidad de los niveles de gris, correspondiente a la variabilidad de luminancia. Esa variabilidad se resume en una serie de medidas, tales como: *momento angular*, *momento inverso*, *contraste*, *entropía*, etc.¹⁶

Para medirlas, buscaremos definir “elementos de textura” (ó *texels*). Se trata de “regiones” de la imagen con la misma luminancia, lo que se traduce en un nivel de gris comparable. Las texturas se pueden entender entonces como un complejo patrón visual compuesto de sub-patrones que tienen la misma característica de luz, sombra y color. El análisis de las macro-texturas presta más énfasis en la organización espacial de esos *texels*, en la “forma” de sus límites y en la misma cantidad de regiones homogéneas que se pueden identificar en una misma imagen. De lo que se trata es de comparar distintas observaciones, esto es, distintas imágenes de partes del mismo objeto o de distintos objetos, sobre la base del número de *texels* en las que su textura se puede descomponer y la variabilidad entre los *texels* de un mismo objeto. Cuanto más *texels* distintos y más diferentes entre sí, más irregular será la apariencia visual de la superficie de ese elemento. Por ejemplo, en el caso de un espejo, típico sólido sin textura, sólo se identifica un solo *texel*, ya que todas las regiones de la imagen tienen el mismo valor de luminancia¹⁷.

¹⁶ El trabajo clásico en análisis cuantitativo de texturas es:

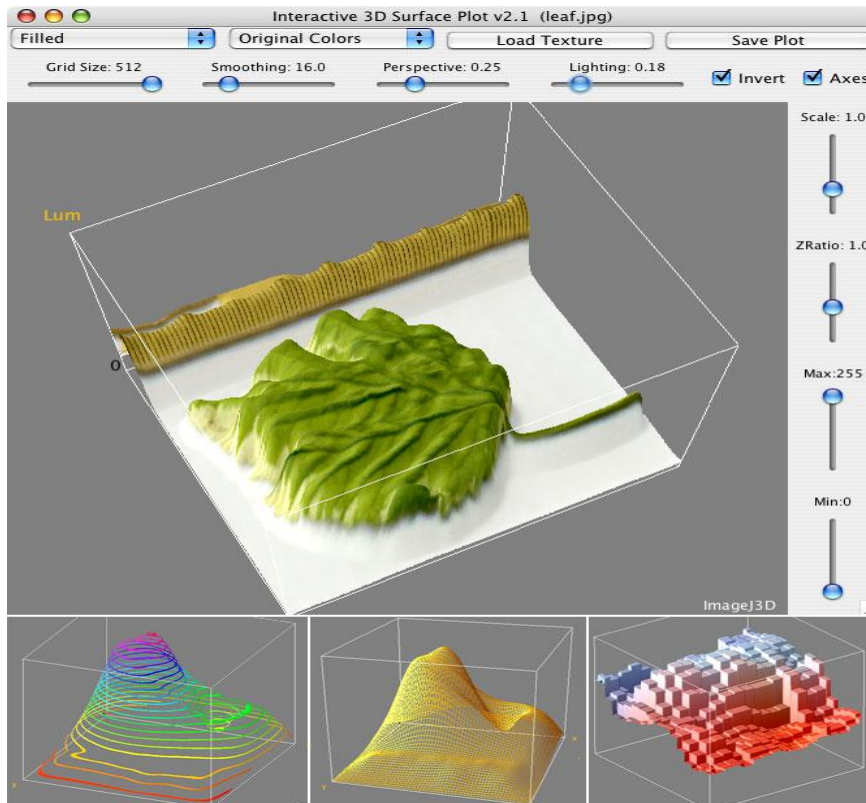
Haralick, R.M., 1979, “Statistical and Structural Approaches to Texture,” *Proceedings of the IEEE*, **67**, pp. 786-804.

Tuceryan, M., Jain, A.K., 1993, “Texture Analysis”. In *Handbook of Pattern Recognition & Computer Vision*. Edited by C.H. Chen, L.F. Pau, P.S.P. Wang. World Scientific, Singapore, pp. 235-276.

No es aquí el lugar apropiado para detallar todos esos parámetros. No se pueden medir a simple vista, sino que es necesario un programa de ordenador para calcular las diferencias entre los distintos píxeles de la imagen y calcular el contraste (transiciones fuertes en niveles de intensidad entre un píxel y sus vecinos), la entropía (grado de “desorden” de los valores de intensidad), momento inverso (traduce la homogeneidad espacial), etc. El programa informático de difusión abierta IMAGE-J (<http://rsbweb.nih.gov/ij/>) incluye una herramienta (plugin) específica para medir los parámetros de textura de Haralick a partir de una imagen en nivel de grises de una superficie (<http://rsbweb.nih.gov/ij/plugins/texture.html>).

¹⁷ Ejemplo de esta manera de medir la textura de elementos arqueológicos sería:

La precisión y detalle que ofrecen los modernos escáneres 3D (laser-scan) ofrecen una alternativa muy interesante, ya que al estar basados en la medida de las coordenadas x , y , z de un gran número de puntos –según la resolución máxima del aparato–, se puede calcular un modelo tridimensional de la superficie, con tal resolución que todas las irregularidades presentes en la superficie original, están presentes en el modelo geométrico. A partir de aquí, la medida de la textura se convierte en una medida del **tamaño** y de la **forma** de la superficie, utilizando las herramientas clásicas de la topografía.



Frente a la complejidad de la cuantificación de las texturas de las evidencias arqueológicas, pudiera parecer que la cuantificación de la **composición** es más sencilla. Datos composicionales son aquellos que se refieren a la frecuencia con que distintos elementos aparecen en una misma entidad. Fijémonos que aquí no medimos “propiedades”, sino la cantidad de elementos previamente identificados que aparecen en un elemento. Por ejemplo, la cantidad de vasijas que aparecen en una fosa, la cantidad

BARCELÓ, J.A. PIJOAN-LOPEZ, J. 2004, “Cutting or Scrapping? Using Neural Networks to Distinguish Kinematics in Use Wear Analysis”. In *Enter the Past. The E-way into the Four Dimensions of Culture Heritage*. Edited by Magistrat der Stadt Wien. Oxford, ArcheoPress, BAR Int. Series 1227, pp. 427-431

PIJOAN-LÓPEZ, J., BARCELÓ, J.A., CLEMENTE, I., VILA, A., 2002, “Variabilidad Estadística en imágenes digitalizadas de rastros de uso: resultados preliminares”. In *Análisis Funcional. Su aplicación al estudio de sociedades prehistóricas I*. Clemente, R. Risch, Gibaja, J., (comps.). ArcheoPress, Oxford, BAR Int. Series S1073., pp. 55-64.

PIJOAN-LÓPEZ, J., 2007, *Quantificació de traces d'ús en instruments lítics mitjançant imatges digitalitzades: Resultats d'experiments amb Xarxes Neurals I Estadística*. PhD. Dissertation. Universitat Autònoma de Barcelona (Spain).

de restos de talla identificados en un área determinada de un asentamiento, la cantidad de figuras individualizables que se pueden distinguir en un panel de arte rupestre. La composición de un elemento arqueológico se puede medir a distintos niveles, así, un fragmento de la base de un vaso cerámico roto tendrá una composición –cantidad de elementos químicos y/o mineralógicos-, al mismo tiempo que una vasija estará compuesta de varios fragmentos de borde, varios fragmentos de pared, varios de base, y así sucesivamente. La composición de una espada de la Edad del Bronce podrá realizarse tanto sobre la base de los elementos usados para elaborar el metal (cobre, estaño, plomo, arsénico, etc.) como partiendo de la descomposición estructural de la forma del artefacto: empuñadura, mango, hoja, filos, etc. La composición de un hueso también podrá medirse a partir de la frecuencia de distintos elementos químicos (isótopos de carbono, estroncio, etc.) como de las partes en las que puede dividirse el hueso: epífisis, diáfisis, caras articulares, etc., o bien en términos del número de marcas de diversa índole identificadas en partes distintas del hueso. La composición de una casa o espacio construido podrá cuantificarse enumerando las partes que componen la casa –un número de muros, de suelos, de partes arquitectónicas- o bien, enumerando sus contenidos materiales –una cantidad de distintas categorías de objetos: decerámicas de diverso tipo, huesos animales,... También los yacimientos tendrán una composición cuantitativamente expresable, como los territorios, áreas geográficas, etc.

En realidad, el análisis cuantitativo de la textura también puede considerarse un conjunto de medidas de composición, ya que cuantificamos la variabilidad visual de una superficie enumerando la cantidad de componentes diferentes, *texels*. Esa es una práctica común en el estudio de patrones decorativos, ya sea en el caso de la cerámica decorada o en distintas formas de arte rupestre y/o lito-escultórico. El objeto artístico se considera como un código interpretable lingüísticamente si se distinguen sus componentes o unidades mínimas de significación. El supuesto es que de algún modo la interpretación del mensaje que oculta el objeto artístico puede desvelarse poniendo de manifiesto la *sintaxis* o forma de ordenamiento peculiar de esas unidades mínimas. Así, en arte rupestre, es habitual buscar componentes distinguibles por su forma (o por otro atributo de textura), cuantificándose a continuación las relaciones de mayor o menor proximidad entre componentes semejantes, o la frecuencia de elementos comparables en una misma ubicación.¹⁸

¹⁸ El trabajo clásico es

Leroi-Gourhan, A., 1965, *Préhistoire de l'art occidental*, Paris, Mazenod.

Véase también:

d'Errico, F. 1991 Microscopic and statistical criteria for the identification of prehistoric systems of notation. *Rock Art Research*. vol. v. 8, no. 2, pp. 83-93

Georges Sauvet, Andre Wlodarczyk, 2008, Towards a formal grammar of the European Palaeolithic cave art. *Rock Art Research* 25 (2), pp. 165-72.

El análisis “compositivo” de patrones decorativos en otras categorías de observables arqueológicos ha sido abordado, entre otros, por los siguientes autores y autoras:

Jordan, P., S. Shennan 2009, Diversity in hunter–gatherer technological traditions: Mapping trajectories of cultural ‘descent with modification’ in northeast California / *Journal of Anthropological Archaeology* 28, pp. 342–365

Van Keuren, S., 1994, Judging the Mark of an Individual: An Investigation of Design Variation in Prehistoric Pottery from Grasshopper Pueblo, Arizona, *Arizona Anthropologist* 1, pp. 31—55.

Igualmente, en ocasiones, el análisis cuantitativo de la forma puede adoptar también la apariencia de una composición, cuando descomponemos el contorno del objeto en segmentos distintos, que pueden interpretarse como “componentes” de la forma del objeto.

Junto con las medidas de tamaño, las medidas de composición son las más habituales en arqueología. Sin embargo, y como veremos a continuación plantean muchos problemas analíticos. No siempre podemos interpretar una composición como una propiedad cuantitativa, esto es, como la medida de una *intensidad* de algo. Es usual interpretar la intensidad de la importancia social de una persona en términos de la composición cuantitativa de la tumba en la que fue depositada la persona al morir: cuanto mayor el número de objetos metálicos en el ajuar, más importante se cree fue esa persona en vida¹⁹. Pero, ¿cuál debe ser la medida: la cantidad absoluta de objetos, la diversidad de objetos con formas y/o tamaños distintos, o el peso conjunto de todos los objetos de una misma materia prima en una tumba?²⁰ Del mismo modo, que hayamos identificado más cerámicas de un tipo particular en un contexto estratigráfico que en otro no significa necesariamente que su composición esté caracterizada por la presencia de propiedades cuantitativas tales como “cerámica de tipo *T*”, “cerámica tipo *C*”, etc. y que esas propiedades tengan valores distintos en distintos contextos arqueológicos. En algunas ocasiones, sí que podemos usar una cuantificación de la composición como medida de intensidad, por ejemplo, en el caso de la cantidad de hierro o sílice en la fabricación de la pasta de una cerámica, o en la cantidad de un isótopo de estroncio en un hueso humano, pero no siempre es posible. Más adelante profundizaremos en esta cuestión.

La última de las propiedades cuantitativas básicas con las que describir los efectos materiales de la acción social es la **localización** de esos efectos en el espacio y en el tiempo. Empecemos por la localización en el **espacio**.

La polisemia acerca del concepto **espacio** es amplia, pero todas las posibles acepciones sobre “lo espacial” suelen (o deberían) estar vinculadas a la idea intuitiva de *un conjunto determinado de individuos, ítems o entidades que guardan algún tipo de relación entre sí*. De manera muy sintética, la cuantificación de lo espacial debiera partir de los conceptos de *Ubicación, Relación y Dimensionalidad*. Por *ubicación* se entiende de manera intuitiva la acción de fijar, cerrar entre ciertos límites la realización de un fenómeno; el término *relación* implica la noción de asociación entre diferentes elementos de un conjunto, esto es, de que tienen algo en común, por ejemplo, que comparten una misma *vecindad*. Por último, la *dimensionalidad* se refiere a cada una de los parámetros que sirven para definir a determinada entidad, en nuestro caso, el número mínimo de valores numéricos que nos permitan especificar una *ubicación*.

Una de las condiciones más importantes que determinan la organización del *espacio-tiempo* es la *proximidad* que pudiera existir entre distintos objetos o fenómenos tanto en el *espacio* como en el *tiempo*. Esto quiere decir que las características funcionales de cualquier localización en el *espacio físico* serán percibidas solamente en un marco de relaciones con otras localizaciones similares (en el espacio y en el tiempo) y desde una escala determinada. De ahí debiéramos deducir que un objeto o fenómeno aislado no podrá ser relacionado con otros, y por tanto no se podrá determinar o apreciar sus

Collard, M. and Tehrani, J.J. (2005) Cladistic analysis of Turkmen textiles sheds light on cultural evolution. In: *The Evolution of Cultural Diversity: a Phylogenetic Approach* (eds) R. Mace, C. Holden and S.J. Shennan. Pp. 107-131. London: University College London Press

¹⁹ Hipótesis clásica de saxe, Binford, Tainter

²⁰ Randsborg 1972, Artículo sobre tumbas chipriotas, O'Shea, libro en BAR

localización. Las relaciones de *proximidad*, se miden por medio de **distancias**, que constituyen una medida del desvío observado entre objetos/entidades -la separación que existe entre, como mínimo, dos *localizaciones*- y que establece el *intervalo* a franquear para ir de un lugar a otro, confiriéndole un significado de separación, de segregación.

Las dimensiones espaciales se expresan en términos de una combinación lineal de todas las localizaciones conocidas de los elementos relacionados cuyo *espacio* se analiza. De ahí que si las localizaciones están relacionadas geométricamente (una línea, un plano, etc.), el número de *dimensiones* será muchísimo menor, pues no será necesario tomar en consideración todas las distancias entre todas las localizaciones, sino las *distancias* con respecto a las combinaciones lineales, que pueden calcularse fácilmente considerando que la *matriz de distancias* entre todos los puntos puede convertirse en una *matriz de distancias angulares entre vectores*. El resultado es un sistema de *coordenadas*, definidas como el conjunto de valores que caracteriza a un punto en un conjunto de ejes ortogonales (un eje para cada dimensión necesaria), en los que cualquier punto (localización) puede ser especificado. En el caso de tres combinaciones lineales de dimensiones, se puede representar geométricamente el *espacio euclídeo* (x, y, z) resultante mediante un *volúmen*, cuyos elementos son los puntos de dicho volúmen que se identifican mediante tres coordenadas:

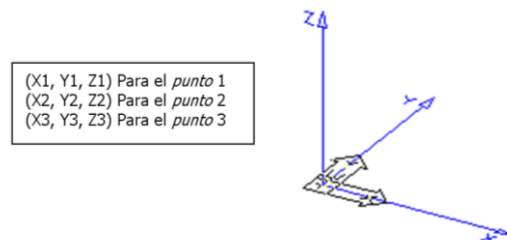


Figura 3: Esquema de espacio tridimensional.

¿Por qué el espacio físico se suele cuantificar en referencia a sólo tres dimensiones? Porque las posibilidades de desplazamiento de cualquier elemento material (cosas, animales, personas) pueden cuantificarse perfectamente en referencia a tres posibilidades distintas de movimiento: delante-atrás, arriba-abajo, izquierda-derecha. Esto no quiere decir que el desplazamiento de elemento material sólo tenga que hacerse de tres maneras distintas - *tres grados de libertad* -, sino que puede desplazarse en cualquier grado o intensidad dentro de estos tres ejes principales. Obviamente, una estructura de relaciones de tres dimensiones no es la única posibilidad, pero resulta ser la manera más simple y eficaz para medir el desplazamiento.

En un sistema de referencia definido por tres ejes, podremos calcular la posición de cada elemento midiendo la longitud de los segmentos perpendiculares de cada elemento a cada uno de los ejes. Ello nos proporciona las clásicas coordenadas cartesianas *longitud, latitud, altura* cuya medida instrumentalizada es muy sencilla gracias a la práctica proliferación de instrumentos de posicionamiento espacial fáciles de usar: GPS, estación total topográfica, escáner 3D.

Los formatos de datos espaciales comúnmente usados son:

- a. *Datos coordenados*, son observaciones puntuales o discretas vinculadas al área objeto de estudio, donde cada individuo es un coordenado. Un conjunto de coordenados se visualiza como una nube de puntos. En arqueología estos

datos se conocen como tridimensionados y se suelen utilizar cuando se georeferencia restos materiales que cuentan con el suficiente interés del arqueólogo.

OBSERVACION	x	y	z
O_1	x_1	y_1	z_1
O_2	x_2	y_2	z_2
O_3	x_3	y_3	z_3
O_4	x_4	y_4	z_4

- b. *Datos geoestadísticos*, referidos a fenómenos espaciales que se distribuyen de manera continua sobre la región objeto de análisis. La meteorología es el ejemplo paradigmático de uso de este tipo de datos (los datos climatológicos se toman en un número finito de localizaciones, permitiendo definir una superficie continua de variación en base a: temperatura, humedad, velocidad viento, insolación,...) Arqueológicamente, esta continuidad se puede ejemplificar con análisis sobre la distribución de restos químicos asociados a alguna acción social (p. ej.: Distribución de fosfatos, de ácidos grasos,...). Alternativamente, la abundancia de evidencias arqueológicas (acumulaciones) en el espacio puede expresarse en forma de datos geoestadísticos; pero en ese, cada una de las regiones en las que hayamos subdividido el espacio expresará la cantidad de observaciones.

100	52	65	89	12	35
2	56	87	3	45	26
4	56	87	12	45	65
23	5	68	92	1	0
45	30	22	5	0	0
22	15	9	3	0	0

- c. *Matrices de distancias*. En ocasiones, la localización de los observables arqueológicos no se define por medio de un eje cartesiano de tres dimensiones, sino como el conjunto de distancias entre todos y cada uno de los elementos, o bien entre todos los elementos y un mínimo de dos puntos de referencia.

Observables	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5
O_1	0	0.8	0.6	0.4	0.1
O_2	0.8	0	0.4	0.9	0.1
O_3	0.6	0.4	0	0.1	0

O ₄	0.4	0.9	0.1	0	0.7
O ₅	0.1	0.1	0	0.7	0

Aún hay quien quiere convertir esta propiedad cuantitativa en una serie de descripciones cualitativas: yacimientos en la meseta, yacimientos en la montaña, yacimientos en la llanura, sin que sepamos la distancia entre los yacimientos o entre esas áreas cualitativamente definidas. Otro ejemplo de lo que no se debería hacer es una descripción de la territorialidad de la acción social en el pasado basada en fronteras políticas actuales: las vasijas campaniformes en la provincia X, las espadas de antenas en el valle alto del río Y. Lamentablemente todavía es muy habitual la descripción cualitativa del microespacio en una excavación arqueológica: en lugar de usar coordenadas cartesianas (x, y, z) con un único punto de referencia común (0, 0, 0) todavía hay quien describe áreas independientes con una etiqueta particular (cuadrícula 1, 2, 3 ó Sector N, M,...). La descripción cualitativa del espacio puede parecer más sencilla y más barata, en términos de instrumental necesario, pero también es inútil dada la casi total ausencia de información procesable que permite obtener. Resulta obvio que no podemos desarrollar en este libro todos los pormenores del análisis espacial, pero hay suficiente bibliografía al respecto que demuestra que la descripción cualitativa del espacio es, en general, contraproducente dada la escasa cantidad de información que proporciona²¹.

Indisolublemente vinculada a la localización espacial aparece la **localización temporal**. La determinación del orden de la ocurrencia de acontecimientos pasados recibe el nombre de *cronología*; implica la obtención de información que nos permita conocer la *sucesión* de dichos acontecimientos. Por *sucesión* entendemos la representación unidimensional de la estructura relacional de semejanzas/diferencias entre acontecimientos. En general, solemos describir una trayectoria temporal imponiendo una discretización de la misma en términos de *discontinuidades* definibles en la secuencia, y ordenandolas de acuerdo con las características supuestas del proceso histórico implicado. Definimos esa discontinuidad como aquella característica de un suceso arqueológico concreto en el que cierta propiedad material (de tamaño, forma, composición o textura) ha cambiado de un estado E_1 a otro estado E_2 en relación a un suceso anterior S_{n-1} y otro posterior S_{n+1} . La clave está ahora en la *localización* precisa de esa discontinuidad, en relación con otras discontinuidades percibibles.

²¹ Barceló, J.A.; Maximiano, A.; Vicente, O. 2005, La Multidimensionalidad del Espacio Arqueológico: Teoría Matemáticas y Visualización. In *La Aplicación de los SIG en la Arqueología del paisaje*. Alicante: Publicaciones de la Universidad de Alicante. Pp. 29-40.

Maximiano, A., 2008, *Teoría geoestadística aplicada al análisis de la variabilidad espacial arqueológica intra-site*. Tesis Doctoral leída en la universidad Autònoma de Barcelona. <http://www.tesisenxarxa.net/TDX-0523108-145303/>

Más información en:

Connelly, J., Lake, J., 2009, *Sistemas De Informacion Geografica Aplicados a la Arqueologia* (trad. Castellana) Ediciones BELLATERRA

AAVV. 2008, *OSGeo.Sistemas de Información Geográficos*. (Wiki especializada y libro en .pdf de libre difusión) http://wiki.osgeo.org/wiki/Libro_SIG

Por lo general, en arqueología usamos relaciones de *contigüidad espacial* para construir sucesiones arqueológicas. El ejemplo paradigmático es la matriz de Harris y la secuenciación estratigráfica. También se han utilizado relaciones de *continuidad* no espaciales para construir sucesiones a las que se les atribuye una significación temporal; es lo que se denomina “seriación”: cuanto más semejante sea la *forma* de dos objetos, o más similar la *cantidad* de objetos del mismo tipo en el mismo contexto, más próximos en el tiempo están aquellos sus respectivos acontecimientos.

La *duración* de un suceso no es más que una estimación de la diferencia entre dos momentos consecutivos de cambio en una misma secuencia. Esa estimación es una propiedad cuantitativa, ya que es una propiedad que se entiende en términos de una *gradación* y por tanto permite una ordenación métrica de los sucesos. Por ejemplo, un suceso S_n puede ser *más antiguo* que otro suceso S_{n+1} o bien puede tener *la misma* datación o por el contrario puede tener *menos* datación. Claramente, la propiedad “datación” se expresa en los términos cuantitativos de una gradación u ordenación. Cuantifica el valor de la distancia entre sucesos de acuerdo con una escala de referencia. Ahora bien, *datación* y *duración temporal* son propiedades distintas de un mismo suceso. Ambos resultan de una comparación con otros sucesos. En el caso de la *datación*, lo comparamos con cierto suceso de referencia, denominado Suceso 0, y medimos la distancia entre ellos.

En el caso de la *duración*, comparamos el suceso con el que le sigue en la secuencia ordenada de su trayectoria, y restamos la datación de ambos:

$$\Delta t = (S_i - S_0) - (S_{i+1} - S_0)$$

Para construir la escala de medida con la que cuantificar la *datación* de los sucesos, usamos un proceso astronómico (movimiento de la tierra alrededor del sol) para fijar el punto origen y el punto final de un intervalo temporal. Subdividimos el intervalo resultante (año) en unidades del mismo valor (días). Las unidades resultantes son subdivididas sexagesimalmente en sub-unidades del mismo valor (horas), y estas se subdividen a su vez (minutos, segundos). Dado que el proceso astronómico de referencia es mecánicamente determinable y el intervalo tiene la misma duración en todas sus repeticiones, fijando un acontecimiento de referencia arbitrario (año 1), construiremos la escala temporal calendárica sumando o restando aritméticamente unidades del mismo valor. Es importante tener en cuenta que los valores de la escala calendárica son arbitrarios pero objetivos, ya que se puede demostrar que siempre tienen el mismo valor, sea quien sea el que los mida.

De todo ello resulta que los sucesos no tienen un valor de datación por sí mismos, sino que les asignamos valores por comparación con otros acontecimientos, ya sea un acontecimiento 0 en una escala de referencia, ya sea con el suceso que le sigue en la trayectoria histórica. En nuestra vida cotidiana comparamos nuestros actos con el estado actual de un sistema mecánico programado para que cambie el valor a intervalos fijos de un mecanismo repetitivo (el reloj), o bien con otros que ya han sido referenciados (la fecha que aparece en el encabezado del diario de la mañana, la fecha que aparece en un calendario automático). Para sucesos producidos *antes* de nuestra presente inmediato usamos el mismo enfoque: asociamos ese acontecimiento con algún otro acontecimiento que sí esté referido en la escala calendárica (reinado de un farón, observación astronómica, anillo de crecimiento característico de un árbol, etc.).

Cuando no existe posibilidad de asociación del suceso de interés con ningún otro acontecimiento conocido usamos una escala de medida alternativa. Si medimos la concentración química de cierto componente químico (isótopo ^{14}C , por ejemplo) en una

entidad individual o muestra, y lo comparamos con la concentración del mismo componente en una muestra que exista en nuestro mismo momento temporal, podremos estimar la distancia entre ambos sucesos, siempre y cuando conozcamos el proceso que explica esas diferencias, y dicho proceso sea cuantificable. De ese modo, podremos convertir la concentración isotópica en “años”, ya que las concentraciones se relacionan formalmente con una escala temporal internacionalmente definida por medio de una serie de supuestos explícitos para medida en una escala temporal cuantitativa graduada en *unidades de tiempo* (“años ^{14}C ”).

No es éste el lugar para desarrollar la teoría y la práctica de la cronología absoluta. Hay una amplia bibliografía al respecto²². Lo que nos interesa es que la localización temporal y la duración de los sucesos constituyen propiedades cuantitativas, y que cualquier intento de simplificarlas con etiquetas cualitativas resulta contraproducente. Lamentablemente, en la práctica arqueológica suelen usarse descripciones cualitativas de la localización temporal, tales como “fase A”, “cultura del hacha sin decorar”, “Edad del Bronce Final IIIb”, que todo lo más permiten ordenaciones relativas, dado que parten del supuesto que antes de una “Edad del Bronce Final IIIc”, debe haber existido una ““Edad del Bronce Final IIIb”. La ubicuidad de esta manera errónea de describir el tiempo arqueológico lleva a constatar la triste realidad de que una mayoría de arqueólogos y arqueólogas parece que no sepan contar más allá del mágico número “3”: Paleolítico-Neolítico-Edad de los Metales; Edad del Cobre-Edad del Bronce-Edad del Hierro; Edad del Bronce Antiguo-Edad del Bronce Medio-Edad del Bronce Final; Edad del Bronce Final I- Edad del Bronce Final II- Edad del Bronce Final III-; y así sucesivamente. Por descontado, esta arbitraria partición de la trayectoria histórica resulta empíricamente falsa y se ha demostrado en innumerables ocasiones cuando se intentan contrastar los periodos tradicionales con las mediciones de cronología absoluta disponibles²³.

Tampoco aquí detallaremos el análisis de series temporales de sucesos arqueológicos²⁴.

2.4. Medidas que no remiten directamente a propiedades físicas

Además de medir las propiedades físicas de las evidencias materiales, de los observables arqueológicos, en ocasiones resultaría de mucho interés poder medir los propios acontecimientos históricos, los sucesos. ¿Cómo podemos hacerlo, sino son entidades materiales con propiedades físicas?

Consideremos, por ejemplo, la cantidad de trabajo invertida para la producción de cierto elemento, o el rendimiento proporcionado por el trabajo de caza o pastoreo de una

²² Mestres, J., 2008, El temps a la prehistòria i el seu establiment a través de la datació per radiocarboni. *Cypsela* vol. 17 p. 11-21.

Barceló, J.A., 2008, La incertesa de les cronologies absolutes en arqueologia. Probabilitat i estadística *Cypsela* vol. 17 p. 23-33.

²³ Cf. por ejemplo: Barceló, J.A., 2008, La seqüència crono-cultural de la prehistòria catalana. Anàlisi estadística de les datacions radiomètriques de l'inici de l'holocè a l'edat del ferro *Cypsela* 17, p. 65-88.

²⁴ Está previsto un nuevo libro que tratará pormenorizadamente todas las cuestiones sobre el espacio y el tiempo: Barceló, J.A., *Arqueología, Espacio y Tiempo* (en preparación).

especie animal concreta, etc. Aunque tienen un correlato material, se trata en realidad de medidas de intensidad de conceptos teóricos, muy habituales en otras disciplinas de las Ciencias Sociales (Sociometría, Econometría²⁵), pero menos populares entre nosotros, quizás por la escasa trascendencia de la *teoría* en arqueología²⁶. Desgraciadamente, todavía hay muchos arqueólogos y arqueólogas que tienden a considerarlos, erróneamente, como un remanente de la llamada arqueología procesual y que no sirven más que para complicar las cosas.

En arqueozoología es habitual recurrir a los índices de utilidad de la parte o elemento anatómico del animal, a la biomasa obtenible, etc²⁷. Pocas dudas plantean, aunque sí existen muchos debates acerca de la manera concreta de construir esos índices. Esa es precisamente la mayor dificultad de todas estas medidas indirectas: responden a construcciones teóricas de los investigadores e investigadoras, por lo que muchas veces no sabemos si un índice concreto realmente mide la intensidad de aquello que dice medir, o se trata de un mero número sin significación.

En arqueología espacial, quizás como resultado de los modelos ecológicos tomados en préstamo de otras disciplinas más formalizadas, resulta mucho más habitual el uso de estos índices explicativos. Propiedades como la capacidad productiva de un área, la productividad del trabajo en esa misma área, la visibilidad y dominancia (absoluta o relativa) de cierto elemento del paisaje, etc. son índices que suelen utilizarse en los sistemas de información geo-arqueológicos²⁸.

También son índices de magnitud aquellas estimaciones cuantitativas de la importancia de la acción social. Una medida que puede llegar a mostrar el grado de complejidad de la organización de la producción hace referencia a las cadenas operativas tecnológicas, concepto desarrollado por André Leroi-Gourhan y que ha sido aplicado con éxito al estudio de la tecnología lítica. En síntesis, consiste en distinguir la secuencia de actividades necesarias para producir un artefacto determinado; p.e., en el caso de la cerámica: adquisición de materia prima, el modelado, el torneado, la decoración (y las distintas técnicas decorativas), el secado, la cocción, etc. Una vez determinado el *grado de complejidad de un tipo de artefacto* (COT), podremos plantear la correlación de esa variable con la *cantidad absoluta, diversidad absoluta, porcentaje normalizado de los artefactos*²⁹. El objetivo del análisis sería averiguar si los objetos con cadenas operativas más largas, esto es, los más difíciles de hacer y los que exigen una mayor inversión en tiempo y en cantidad de trabajo, son los más escasos (comparativamente), y los más semejantes entre sí. Sería de esperar que en una sociedad que aún no haya llegado al

²⁵ Sobre la construcción de índices, véase:

Coll, S., Guijarro, M., 1998, *Estadística aplicada a la Historia y a las Ciencias Sociales*. Madrid, Ediciones Península.

²⁶ Bate, L. 2007b. "Hacia la cuantificación de las fuerzas productivas en Arqueología". En: Boletín Electrónico *Arqueología y Marxismo* (www.historiamarxista.cl). Ediciones Las Armas de la Crítica, pp: 425-435.

²⁷ El uso de índices explicativos en arqueozoología aparece sistematizado en

Lyman, R.L., 2008, *Quantitative Paleozoology*. Cambridge University Press.

²⁸ Connelly, J., Lake, J., 2009, *Sistemas De Informacion Geografica Aplicados a la Arqueologia* (trad. Castellana) Ediciones BELLATERRA

²⁹ Cita de cadenas operativas

nivel de la Sociedad de Clases, sólo una parte de la producción estuviese estandarizada, por ejemplo, los bienes de intercambio que, además, serían los que debieran tener una cadena operativa más larga. En definitiva, hay un cierto grado de especialización artesanal, pero reducida a unos pocos artesanos y a unos pocos productos con gran valor añadido. Cuestión aparte serán las consecuencias sociales de este tipo de organización de la producción (parcialmente especializada), tema que analizaremos más adelante.

Veamos algún ejemplo. En una investigación de los orígenes de la vida urbana en Etruria, entre los siglos XI y VI a.n.e.³⁰ se investigaron los correlatos arqueológicos de procesos de acumulación de capital. Para ello se construyeron diferentes medidas de relación partiendo de la constatación de:

1. Los bienes de uso de fabricación no local (Presencia/Ausencia, Cantidad, Porcentaje Local/No Local)
2. Los bienes de prestigio de fabricación no local (Presencia/Ausencia, Cantidad, Porcentaje Local/No Local)
3. Las materias primas de origen no local (Presencia/Ausencia, Cantidad, Porcentaje Local/No Local)
4. Las subsistencias de origen no local (Presencia/Ausencia, Cantidad, Porcentaje Local/No Local)
5. La homogeneidad de cada uno de los bienes de uso y de prestigio identificados (Si/No, cantidad de bienes normalizados, porcentaje de bienes del mismo tipo y función normalizados/no normalizados)
6. El contexto de hallazgo de cada uno de los bienes de intercambio (producción, almacenamiento, consumo doméstico, consumo social -depósito votivo, lugar sacro, tumba-)
7. El nivel de utilización de cada uno de los bienes de intercambio (desgaste)
8. El valor de cada uno de los bienes de intercambio
9. La complejidad -cantidad y complejidad de trabajo- de cada uno de los bienes de intercambio encontrados.
10. La diversidad de bienes de intercambio en cada punto
11. El grado de diversidad de las actividades de producción en cada punto (Grado de Autosuficiencia y segmentación de las actividades productivas)
12. El grado de complejidad de los bienes de producción encontrados en cada localización
13. La densidad de estructuras de residencia en cada punto
14. La proximidad subjetiva a la fuente de materias primas (dificultad de acceso)
15. La proximidad subjetiva al centro de producción (dificultad de acceso)
16. La similitud de cada uno de los bienes de prestigio encontrados en ese punto con los elaborados en el centro de producción más cercano.

³⁰ J.A. BARCELO, PELFER, G., MANDOLESI, A. 2002, [The origins of the city. From social theory to archaeological description](#). *Archeologia e Calcolatori* Num. 13, pp. 41-64.

17. El control de accesos de los centros de producción y fuentes de materias primas
18. La extensión del área de influencia y dominio alrededor de cada yacimiento

Por otro lado, se han publicado varios intentos por encontrar índices que midan la cantidad de trabajo necesaria para producir (o la cantidad de trabajo que ha sido invertida en la producción) de bienes, subsistencias e instrumentos, o los intentos por estimar cuantitativamente la distancia social entre agentes sociales³¹ a partir de las evidencias arqueológicas de las acciones que esos agentes realizaron en el pasado, muestran la dirección necesaria que habría de tomar la arqueología. Veamos con más detenimiento esta modalidad de medidas indirectas en arqueología.

Consideremos una de las posibles maneras de estimar cuantitativamente la cantidad de trabajo necesaria para producir subsistencias y/o instrumentos de trabajo, así como para calcular el valor de uso y el valor de intercambio de diferentes tipos de bienes³². El trabajo produce distintos tipos de bienes, o de componentes de los mismos. Un *bien instrumental* es aquel producto que permite la obtención de nuevos bienes de consumo mediante la transformación de materias primas de cualquier naturaleza. Posibilitan el aumento de la capacidad humana de producción y elevan la energía de la fuerza de trabajo más allá de sus limitaciones fisiológicas. Incluyen los objetos extractivos (con los que se consiguen alimentos o materias primas) y los instrumentos (cuya función es formatizar la materia prima): un cuchillo, una rama pelada, cortada y hendida en un extremo para formar una horquilla,... Un *bien condicionante* es aquel que contribuye a (re)producir las condiciones necesarias para obtener un determinado bien de consumo o la satisfacción de una necesidad concreta. Estos incluirían por tanto los utensilios de mantenimiento (es decir los que contribuyen a la producción de las condiciones necesarias de producción y consumo de otros bienes): por ejemplo, un carcaj no es un bien instrumental en sí mismo, pero contribuye a crear las condiciones necesarias para transportar y mantener el instrumental de caza. Igualmente lo sería un cubo, que permite transportar y almacenar agua. También incluyen aquellos items socio-técnicos, es decir aquellos relacionados con la (re)producción de las relaciones sociales, las instituciones y la ideología. En el proceso de producción de bienes, y como consecuencia de la obtención de los bienes buscados, se derivan además otra serie de productos: *desechos* y *residuos*. Los residuos resultantes de cualquier paso de este proceso de transformación pueden ser re-conceptualizados, reciclados y pasar a convertirse en materia prima en un proceso sucesivo. Así, un hueso, residuo final del consumo alimenticio puede pasar a ser materia prima en un proceso de fabricación de un punzón, o un fragmento de cualquier instrumento de madera roto puede pasar a ser combustible en una hoguera, es decir un bien condicionante en otro proceso de trabajo produciendo luz y calor.

Para calcular el *valor* de esos bienes debemos partir del supuesto de que su producción se ha objetivado en procesos de trabajo concretos que pueden ordenarse en secuencias de producción y que debemos desglosar ya que la unificación de los diferentes estadios

³¹ J.A. BARCELO, 1997 [¿Podemos definir arqueológicamente las formas de Interacción social?](#) En *Conflictos entre Teoría y Métodos Arqueología a la Carta. Relaciones entre Teoría y Método en la Práctica Arqueológica*. Compilado por J.M. Martín et al. Publicaciones de la Diputación de Málaga.

³² Barceló, J.A. Briz, I., Clemente, I., Estévez, J., Mameli, L., Maximiano, A., Moreno, F., Pijoan, J., Pique, R., Terrades, X., Toselli, A., Verdun, E., Vila, A., Zurro, D., 2006, Análisis etnoarqueológico del valor social del producto en sociedades cazadoras-recolectoras. En *Etnoarqueología de la Prehistoria: más allá de la analogía*. Serie Treballs d'Etnoarqueologia, 6. CSIC., pp. 189-209.

de modificación de la materia prima enmascara una realidad mucho más compleja y homogeneiza procesos que entrañaban preparaciones e inversiones de trabajo muy diferenciadas. El conjunto de las etapas o fases, necesarias e imprescindibles para la obtención de los productos buscados, constituye un proceso de trabajo. En el estudio de la producción de bienes podemos diferenciar la siguiente secuencia de transformación: *obtención, extracción, elaboración y ensamblado*. Esta secuencia no es necesariamente lineal, directa ni completa para todos los bienes producidos. Durante la misma los productos pasarán por las siguientes categorizaciones:

1. Recursos.
2. Materia bruta.
3. Materia prima obtenida.
4. Materia prima extraída.
5. Materia prima elaborada: componente, bien instrumental o bien condicionante.

El primer paso es el de la *obtención* de materia prima. *Materia prima* es toda materia bruta (mineral, vegetal o animal) que ha sufrido ya una modificación inicial (extracción, transporte, transformación) que ha implicado trabajo. El trabajo de obtención reúne los trabajos de localización de materias brutas, de selección, recolección inicial y traslado. Es importante considerar que una misma materia prima ha podido ser obtenida de maneras diferentes. Las materias primas son sometidas nuevamente a un trabajo de *extracción*. Esta *materia prima extraída*, puede seguir siendo transformada o ser consumida y/ o utilizada directamente. Por ejemplo: el lobo cazado es la materia prima obtenida, y diversos tipos de trabajo (evisceramiento, despellejamiento, troceado, etc.) proporcionarán bienes consumibles y/o materias primas extraídas. Las materias primas modificadas mediante la extracción pueden ser transformadas otra vez (con nuevo trabajo de *elaboración*) con el fin de obtener bienes: instrumentos o componentes de nuevos bienes; es decir, *materia prima elaborada*. Las modalidades de trabajo habituales en esta etapa del proceso de producción serán:

- *Formatización*: Cambio de forma pero no de cantidad o cualidad, p. ej.: modelado.
- *Cambio de cantidad*: Cortar, segmentar, etc...
- *Cambio de cualidad*: Cambio de propiedades físicas: pirotecnología, provocación de reacciones químicas.
- *Cambio de contexto*: Ensamblado por superposición, inserción, yuxtaposición.

La cuantificación de la cantidad de trabajo necesario para obtener Materias Primas Obtenidas se realiza creando un índice relativo que suma distintos parámetros:

ESTIMACION CUANTITATIVA DEL VALOR OBJETIVO

MATERIAS PRIMAS OBTENIDAS

- **Tiempo de acceso relativo a la fuente del recurso**
(escala de 1 a 8)
- **Disponibilidad Temporal**
(Constante, esporádica, estacional)
- **Disponibilidad Espacial**
(Continua, Discontinua, Concentrada, Escasa)
- **Peso transportado desde zona adquisición**
(hasta 10Kg, 10-40 kg., más de 40 kg.)
- **Complejidad Técnica**
 - 1 tecnica simple directa (sin instrumento),
 - 2 tecnica simple indirecta pasiva (con instrumento),
 - 3 tecnica simple indirecta activa (con instrumento),
 - 4 tecnica simple indirecta pasiva (con instrumentos),
 - 5 tecnica simple indirecta activa (con instrumentos),
 - 6 tecnica compleja con varios instrumentos)
- **Fuerza de Trabajo**
(1 persona, 2 personas, una unidad de reproducción simple, más de una unidad de reproducción)
- **Tiempo de Adquisición**
(Directo, Jornada Parcial, Jornada Completa, Varias Jornadas)

Las medidas resultantes se pueden tabular:

MATERIA	TIEMPO ACC.	DISP. TEMPORAL	DISP. ESPACIAL	PESO	TECNICA	FZA. TRABAJO	TIEMPO ADQUISICION
MOLUSC1	3	1	1	2	3	3	2
MOLUSC2	4	1	2	1	6	6	2
VALVA	6	1	3	1	1	1	2
AVES1	6	2	3	1	3	3	3
AVES2	6	1	4	1	3	3	1
AVES3	6	1	2	1	6	6	2
AVES4	5	1	2	1	4	4	2
lobos	6	1	4	3	6	6	4
cetaceos	8	3	4	3	6	6	3
PESC1	3	1	1	1	4	4	2
PESC2	5	2	3	2	1	1	2
guanaco	7	3	4	3	6	6	4
nutria	8	3	4	2	6	6	4
huevos	6	2	3	1	1	1	2
VEGETAL	5	2	2	1	1	1	2
ALGA	4	1	1	1	1	1	2
savia	5	2	2	1	3	3	2
maderas	6	1	2	2	1	1	3
juncos	6	1	3	2	1	1	3
corteza	6	2	2	2	3	3	3
leña	4	1	1	2	1	1	2
OVEJA	8	3	4	2	1	1	3
agua	3	1	1	1	1	1	1
ESQUISTO	3	1	2	1	1	1	1
MORRENA	5	1	2	2	1	1	2
Arcilla	6	1	3	1	1	1	3
Piritas	7	1	3	1	1	1	3
RABRASIV	7	1	3	1	1	1	3

Estas medidas se interpretan de acuerdo con una escala cuyos valores más bajos se relacionan con actividades que implican escasa inversión de trabajo, y valores altos se refieren a grandes inversiones en tiempo de trabajo. La estimación del trabajo que implica la obtención de materia prima se suma a la hora de estimar la cantidad de trabajo necesario en las restantes fases del proceso productivo (extracción de la materia aprovechable, elaboración de bienes, ensamblado, etc.)

ESTIMACION CUANTITATIVA DEL VALOR OBJETIVO

MATERIAS PRIMAS EXTRAÍDAS, MATERIAS PRIMAS ELABORADAS, BIENES

- **Complejidad Técnica**

- 1 tecnica simple directa (sin instrumento),
- 2 tecnica simple indirecta pasiva (con instrumento),
- 3 tecnica simple indirecta activa (con instrumento),
- 4 tecnica simple indirecta pasiva (con instrumentos),
- 5 tecnica simple indirecta activa (con instrumentos),
- 6 tecnica compleja con varios instrumentos)

- **Fuerza de Trabajo**

(1 persona, 2 personas, una unidad de reproducción simple, más de una unidad de reproducción)

- **Tiempo de Adquisición**

(Directo, Jornada Parcial, Jornada Completa, Varias Jornadas)

MATERIA PRIMA EXTRAÍDA	VALOR OBJETO DE TRABAJO (Materia Prima obtenida)	COMPLEJIDAD TECNICA	FUERZA DE TRABAJO	TIEMPO DE TRABAJO
Carne Ave Trampeada	Valor adquisición ave trampeada	3	2	1
Corte de Lobo	Valor adquisición lobo	4	4	3
Tronco sección radial	Valor adquisición árbol	3	2	2
Tronco sección tangencial	Valor adquisición árbol	4	2	2
Tronco grueso para cabaña	Valor adquisición árbol	5	3	3
Fibra vegetal para lazos	Valor adquisición juncos	6	1	1
Corteza para canoa	Valor adquisición corteza	9	6	5
Ramas secas para escoba	Valor adquisición ramas	1	1	1
Preforma bifacial	Valor adquisición esquisto	3	1	1
Núcleo para lascas	Valor adquisición morrena	1	1	1

Otros autores han publicado diferentes aproximaciones a la medida de la cantidad de trabajo invertida en la producción de las evidencias observadas en un yacimiento arqueológico³³.

³³ Véase, Feinman, G.M., Upham, S., Lightfoot, K.G., 1981, "The production step measure. An ordinal index of labor input in ceramic manufacture". *American Antiquity*, Vol. 46, No. 4 (Oct., 1981), pp. 871-884

Más sofisticada es la propuesta de Henri-Paul Francfort, que ha intentado inferir la complejidad social de una población prehistórica a partir de medidas basadas en asociaciones espaciales detectables en el registro arqueológico. La investigación se basa en los resultados de diversos análisis sobre la economía del yacimiento de Shortugai (ca. 2200-1700 a.C.) en el Nordeste de Afganistán (Francfort 1989)³⁴, pero el procedimiento es perfectamente aplicable a cualquier yacimiento arqueológico de época protohistórica. Se llevó a cabo un análisis de la influencia de la estructura socio-económica en la topografía del asentamiento, investigando si las distintas unidades topográficas definidas sobre el terreno se diferencian o no en tres grandes categorías, según cual sea la función social dominante: Doméstica, Artesanal o de Prestigio. La inferencia se basa en evaluaciones *cuantitativas* de la importancia y significación de los distintos vestigios. Para ello se calcularon diferentes índices, que pretendían medir la importancia de cada una de esas funciones en cada una de las subunidades topo-estratigráficas.

INDICES ASOCIADOS A LOS EMPLAZAMIENTOS:

índice de función doméstica

índice de función artesanal

Risch, R., 1995, *Recursos naturales y sistemas de producción en el sudeste de la Península Ibérica entre 3000 y 1000 ANE* Tesis Doctoral defendida en la Universidad Autónoma de Barcelona. (<http://www.tesisenxarxa.net/TDX-0507108-164458>)

R. A. Bentley, M. W. Lake, S. J. Shennan, 2005, Specialisation and wealth inequality in a model of a clustered economic network, *Journal of Archaeological Science* 32, pp. 1346-1356

M. W. Betts, T. M. Friesen, 2004, Quantifying hunter-gatherer intensification: a zooarchaeological case study from Arctic Canada *Journal of Anthropological Archaeology* 23, pp. 357-384

M. Betts, T. M. Friesen, 2006, Declining foraging returns from an inexhaustible resource? Abundance indices and beluga whaling in the western Canadian Arctic, *Journal of Anthropological Archaeology* 25, pp. 59-81

P. J. Brantingham, 2006, Measuring Forager Mobility *Current Anthropology* Volume 47, Number 3.

³⁴ Francfort 1987, artículo cuantitativo sobre Shortugai

Francfort, H.P. 1987, "un système expert pour l'analyse archéologique de sociétés proto-urbaines. Premier étape: le cas de Shortugai" *Informatique et Sciences Humaines*, 74: 73-91.

Francfort, H.P. 1990, "Modélisation de raisonnements interprétatifs en archéologie à l'aide de systèmes experts: conséquences d'une critique des fondements des inférences" *Interpretation in the Humanities: Perspectives from Artificial Intelligence*. Edited by J.C. Gardin and R. Ennals Wetherby: The British Library Publications. Library and Information Research Report, 71.

Francfort, H.P. 1991, "Palamede - application of expert systems to the archaeology of prehistoric urban civilisations" *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology -1990*. Compilado por K. Lockyear y S. Rahtz. Oxford: British Archaeological Reports (International Series 565).

Francfort, H.P. 1997, «Archaeological interpretation and non-linear dynamic modelling: between metaphor and simulation». In *Time, Process and Structured Transformation in Archaeology*. Edited by S.E. van der Leeuw and J. McGlade. London, Routledge.

Francfort, H.P., Lagrange, M.S., Renaud, M., 1989, *PALAMEDE. Application des systèmes experts à l'archéologie de civilisations urbaines protohistoriques*. Paris: C.N.R.S.-U.P.R. 315.

índice de función de prestigio

INDICES ASOCIADOS A LOS NIVELES ESTRATIGRAFICOS

acumulación de los resultados obtenidos con los índices asociados a emplazamientos

INDICES ASOCIADOS A LAS FASES DE OCUPACION

acumulacion de los resultados obtenidos con los índices asociados a emplazamientos y niveles estratigráficos

El valor de esos índices se inicializa por medio de reglas del tipo:

Si (x) es un Emplazamiento,
y en (x) aparece un objeto que sirve para pulir cuentas de collar,
entonces,
incrementar en 10 puntos el índice de función artesanal de ese emplazamiento.

o bien

Si (x) es un Emplazamiento,
y (x) tiene como cerámica dominante la cerámica de almacenamiento,
y el índice de prestigio de (x) es mayor o igual a 40,
entonces,
incrementar en 20 puntos el índice de prestigio de ese emplazamiento.

Para calcular de la función social dominante en cada emplazamiento se sumaron y compararon los valores iniciales de los índices:

Si (x) es un Emplazamiento,
y el índice artesanal de (x) es distinto de cero
ó mayor/igual que su índice doméstico,
entonces,
la función predominante de (x) es artesanal.

En otras palabras, se calcula la función predominante de un emplazamiento teniendo en cuenta la importancia de las otras dos funciones en ese mismo asentamiento (se disponen de los tres índices para cada unidad topo-estratigráfica).

A continuación se integran los resultados por unidades cronológicamente significativas. Por ejemplo:

Si (x) es un Emplazamiento,
y (x) perteneciente al Nivel (y),
y (y) pertenece a la fase cronológica (z),
entonces ,
- agrega el valor del índice doméstico de (x) a (y)
- agrega el valor del índice artesanal de (x) a (y)
- agrega el valor del índice de prestigio de (x) a (y)
-suma los tres índices de (y) y calcula el índice general de (y).

Para cada nivel y cada fase de ocupación, se obtiene el valor de los índices de cada una de las funciones. Para cada uno de esos índices se calcula su porcentaje en relación a la suma de los tres (índice general). Finalmente, para la cantidad de emplazamientos dedicados a cada una de las funciones predominantes se define el porcentaje de emplazamientos dedicados a cada una de las tres funciones, en relación con la totalidad.

El análisis prosigue comparando los índices asociados a cada una de las fases de ocupación, y creando nuevos índices que midan las diferencias así registradas. El valor que se asigna a estos nuevos índices procede del cálculo de las diferencias observadas entre los índices que describen una fase y los que describen la otra. Por ejemplo:

Si (A) y (B) son fases de ocupación,
y (A) es anterior a (B),
entonces
 $Diferencia\ Doméstica = \text{índice doméstico de (B)} - \text{índice doméstico de (A)}$
 $Diferencia\ Artesanal = \text{índice artesanal de (B)} - \text{índice Artesanal de (A)}$
 $Diferencia\ de\ Prestigio = \text{índice de Prestigio de (B)} - \text{índice de Prestigio de (A)}$

El aumento, la disminución o la estabilidad de los resultados de una fase a la siguiente se medirá del siguiente modo:

Si (A) y (B) son fases de ocupación,
y (A) es anterior a (B),
y el valor de la Diferencia de Prestigio es superior al 5 %,
entonces
el Prestigio AUMENTA en la fase (B)

Se puede definir un nuevo índice para expresar el sentido de la variación resultante entre las fases que se están comparando; es decir, no se obtiene una descripción de las áreas especializadas, sino que se pone de manifiesto el grado de la variación o diferenciación funcional entre las unidades topo-estratigráficas del yacimiento. Por ejemplo:

Si (A) y (B) son fases de ocupación,
y (A) es anterior a (B),
y el índice de prestigio de (B) indica un Aumento,
y el índice doméstico de (B) indica una disminución,
entonces
el grado de especialización de las áreas en (B) *aumenta*

La "amplitud de la variación" de una fase a la siguiente se calcula por medio de la diferencia absoluta de los índices domésticos de (A) y (B):

Si el índice de amplitud de las diferencias de una entidad cualquiera (B) tiene un valor igual o superior a 25 e inferior a 50,
entonces,
la amplitud de las diferencias entre una fase y otra varía *sensiblemente*.

A partir de este podría interpretarse la combinación de las informaciones que proceden del índice de variación en la especialización de las áreas y del índice de amplitud de esa variación:

Si (A) y (B) son fases de ocupación,
y (A) es anterior a (B),

y
entonces el índice de especialización de las áreas de (B) *disminuye*,
el índice de variación de la amplitud de las diferencias adopta un
valor negativo.

Los investigadores consideraron conveniente crear en este punto un nuevo índice que pudiera llevar más lejos la explicación histórica:

Si
y
y
y
entonces
existe una fase de ocupación (A) y un nivel (B),
el nivel (B) pertenece a la fase de ocupación (A),
existe un emplazamiento (C) que pertenezca a la fase de ocupación (A),
(C) contiene cuentas de collar u objetos de adorno cuya materia prima es de origen lejano,
incrementar en un punto el valor del índice de Comunicación Lejana

Por la misma razón se crearon dos nuevos índices: Comercio a Larga Distancia y valor absoluto del Comercio a Larga Distancia, que debieran servir para comparar las dos fases de ocupación desde el punto de vista de los intercambios con otras regiones:

Si
y
entonces,
(A) y (B) son fases de ocupación,
(A) es anterior a (B),

índice de comercio a Larga Distancia =
[índice de Comunicación lejana de (B) - índice de comunicación lejana de (A)]

Para calcular la variación de Comercio a Larga Distancia entre una fase y otra:

Si
entonces,
el índice del valor absoluto de Comercio a Larga Distancia de (X) tiene un valor igual o superior a 0,50 e inferior a 0,75,
la variación en dicho índice es *elevada*.

Si
entonces,
el valor del índice de Comercio a Larga Distancia es inferior a cero,
el Comercio a Larga Distancia *disminuye*.

Consideremos que los cálculos nos han permitido afirmar que al pasar de la fase de ocupación A a la fase de ocupación B, el índice doméstico aumenta, el índice artesanal permanece estable y el índice de prestigio disminuye; por consiguiente, en la fase B de la especialización de las áreas de actividad disminuye sensiblemente, y el comercio a larga distancia disminuye enormemente. Francfort deduce entonces que de la fase A a la fase B, el asentamiento experimentó una tendencia simple hacia un sistema económico de tipo rural, menos técnico, menos productor y menos organizado. Por el contrario, si los valores calculados de los índices hubiese concluido que entre el periodo 1 y el periodo 2 el índice doméstico aumenta, el índice artesanal disminuye, el índice de prestigio disminuye, se podría haber llegado a la conclusión de que la especialización de las áreas disminuye sensiblemente.

El uso de índices en arqueología debiera ser mucho más habitual, fundamentalmente porque ayuda a objetivar el proceso de explicación. Tenemos la funesta manía de inventarnos conceptos explicativos (“unidad de producción”, “élite”, “sociedad compleja”, “estado”, etc.) sin explicar cómo y por qué los utilizamos para explicar

determinada realidad material arqueológicamente percibida. Por el contrario, en lugar de tantos conceptos cualitativos de definición dudosa, podríamos usar definiciones cuantitativas más precisas: “intensidad de la irregularidad productiva”, “grado de estabilidad de la producción”, “grado de accesibilidad al recurso x ”, “cantidad de trabajo invertido”, “grado de complejidad social”, “importancia de las actividades de naturaleza doméstica”, etc. Lo importante es que estos conceptos cuantitativos incluyan un procedimiento objetivo de medida, de manera que distintos investigadores o investigadoras generen el mismo valor de intensidad ante un registro arqueológico semejante. Aunque la medida sea arbitraria, deberá ser congruente y coherente con la naturaleza teórica del concepto a medir.