

MUNIBE (Antropología - Arkeología)	Supl. Nº 8	249-254	SAN SEBASTIAN	1992	ISSN1132-2217
------------------------------------	------------	---------	---------------	------	---------------

# Determinación del origen sexual de fémures humanos aislados mediante técnicas de análisis estadístico multivariante.

Determination of the sexual origin of isolated human femurs by multivariate statistical analysis techniques.

**PALABRAS CLAVE:** Fémur, Discriminación sexual, Análisis multivariante.  
**KEY WORDS:** Femur, Sex Differentiation, Multivariate Analysis.

José Luis NIETO AMADA \*  
Antonio GONZALEZ PEREZ \*  
Emilio RUBIO CALVO \*\*

## RESUMEN

Se realiza un estudio estadístico multivariante compuesto por un análisis cluster y otro discriminante en una serie de setenta fémures de individuos humanos adultos, procedentes de la osteoteca del Departamento de Ciencias Morfológicas de la Facultad de Medicina de la Universidad de Zaragoza. Mediante el primero de los análisis se consiguen dos poblaciones netamente diferenciadas, que se pueden considerar relacionadas con el sexo según las referencias anteriores, el uso del segundo análisis nos aportará una fórmula que permitirá, con un alto grado de seguridad, discriminar sexualmente un hueso fémur aislado.

## SUMMARY

A multivariate statistical study is realized, using a Cluster Analysis and other Discriminant Analysis, in some series of grown up humans bones, proceeded from the osteoteca of the Morphologie Sciences Department of the Medicine College at the University of Zaragoza. Through the first analysis two populations clearly different are secured, which can be considered related with the sex according to the last references; with the second analysis a formula is obtained that will let us, with a high degree of security, to discriminate sexually the isolated bones.

## LABURPENA

Zaragozako Unibersitateko Medikuntza Fakultateak duen Morfologia Zientzien Sailatik datozkigun hirogeitamar iztereturren gainean, gizaki helduenak moduezberdinak ikerketa estatistikoa aurkeztu da. Ikerketa hau bi zatitan eginga izan zen: lehenengo multzo analisia eta bigarrena bereizgarria. Lehenengoaren bidez argi eta garbi bereizten diren bi populazio lortu ziren. Aurreko erreferentzien arabera, bi populazio horiek jeneroekin zerikusirik badutela esan daiteke. Bigarren analisak, ziurtasun handiaz, izterrezur bakarra jeneroaren arabera bereizteko formula eskeini digu.

## 1. INTRODUCCION

La moderna Antropología ha introducido diferentes métodos de investigación para llevar a cabo sus objetivos. Caben citar, entre otros, los relativos al análisis histológico de los huesos, la bioquímica de sus componentes, los estudios radiográficos de su estructura, la determinación de los componentes radiactivos contenidos en los mismos y, sobre todo, las novedosas interpretaciones relacionadas con la

antropometría ósea. En ellos encontramos los medios para el correcto análisis de las piezas que vamos a estudiar.

La identificación del sexo en los diversos huesos humanos aislados ha constituido una de las constantes de la investigación antropológica y médico-legal durante el presente siglo. Usualmente el cráneo y la pelvis permiten diagnosticar con cierta seguridad el sexo, pero es importante también hacerlo con otras partes del esqueleto, especialmente con huesos aislados provenientes de las extremidades.

Diversos autores como VALLOIS (1957), OLIVIER (1960) y DEROBERT (s.f) aportan valiosos parámetros

\* Departamento de Ciencias Morfológicas, Facultad de Medicina. Universidad de Zaragoza.

\*\*Cátedra de Bioestadística, Facultad de Medicina. Universidad de Zaragoza.

de diferenciación sexual, referidos, en especial, a las poblaciones francesas. Estudios similares son realizados por GARN y NAGY (1972) en americanos de raza negra y HANIHARA (1958) en japoneses, entre otros muchos.

Estudios estadísticos de tipo multivariante relativos al fémur han sido abordados por diferentes investigadores como PONS, quien llevó a cabo, durante la década de los cincuenta, diversos estudios sobre diagnóstico sexual en huesos aislados. Siendo especialmente interesante su trabajo, publicado en 1954, referente a la discriminación sexual en fémur, pelvis y esternón. En el primer hueso obtiene cuatro funciones discriminantes utilizando como caracteres de las mismas, las correspondientes a la longitud fisiológica, la anchura de la cabeza, el diámetro transversal mínimo de la diáfisis y la anchura de la epífisis inferior. Aun cuando las funciones dos y cuatro poseen mayor poder discriminante, el autor aconseja utilizar conjuntamente las cuatro.

También DIBERNARDO y TAYLOR (1979-1982) han utilizado específicamente este mismo hueso en diferentes trabajos. En estos estudios, los autores estudian la variabilidad morfológica como medio para localizar los patrones de su caracterización sexual. Por otro lado, BLACK (1978) obtuvo una función discriminante simple utilizando la circunferencia de la mitad de la diáfisis del fémur, consiguiendo resultados compatibles hasta con un 85% de acierto. Este método sería revisado posteriormente por YOSHIDA, KANABAKO y YADA (1983), quienes lo aplican en fémures japoneses modernos, utilizando las circunferencias del húmero y del fémur y los valores combinados de ambas. Finalmente, hay que indicar que MAC LAUGHLIN y BRUCE (1985) han utilizado recientemente una técnica univariante simple para determinar el sexo desde fragmentos de fémur, utilizando para ello el diámetro antero-posterior máximo de la diáfisis.

Efectuaremos en el presente estudio un análisis estadístico multivariante, como medio para la discriminación sexual de huesos fémures aislados.

## 2. MATERIAL Y METODOS

Para la confección de la muestra hemos seleccionado huesos en buen estado de conservación, secos o con un grado mínimo de humedad, descartando aquellos en los que las líneas epifisarias de crecimiento sean aún manifiestas. En la mayoría de los casos no tenemos constancia original de su origen sexual, edad, ni de su posible pertenencia al mismo esqueleto.

El material utilizado en el presente estudio consta de 70 fémures. Todos los huesos examinados pertenecen a la osteoteca del departamento de Ciencias Morfológicas de la Universidad de Zaragoza.

Una vez escogidos y numerados los huesos de cada serie, practicamos 127 determinaciones biométricas, seleccionadas en razón a su interés anatómico y antropológico. Para la obtención de las mismas hemos procedido, en general, según las normas detalladas por MARTIN (1928) y OLIVIER (1960) en sus respectivos textos. Otras veces, sin embargo, han sido elaboradas como consecuencia de nuestra propia investigación, atendiendo siempre a los principios clásicos de fiabilidad y precisión en su toma.

Para la correcta aplicación de las técnicas antropométricas, además de un método científico en la elaboración de las mediciones y de una gran práctica personal en su toma, es necesario contar con un material antropológico de gran precisión y sensibilidad. Para el presente estudio hemos utilizado una plancha osteométrica, un calibre de precisión, una cinta métrica y una balanza Berkel 681 MP.

Previamente al estudio estadístico de los resultados hemos efectuado una clasificación sexual de cada una de las piezas óseas, según los métodos tradicionales, utilizando en cada uno de ellos un grupo determinado de medidas y siguiendo las indicaciones dadas por los distintos autores para su uso correcto (Tabla 1).

BLACK (1978)	Mujer	Hombre
Perímetro del centro	<81 mm	>81 mm
OLIVIER (1960)	Mujer	Hombre
Longitud fisiológica	<390 mm	>460 mm
Diámetro sagital de la cabeza	<43.5 mm	>44.5 mm
Anchura máxima de la epífisis inferior	<74mm	>76mm
Peso	<270 gr	>375 gr
Peso (H. seco)	<209gr	>291 gr

DIBERNARDO (1982)

Aporta la siguiente fórmula discriminante:

$(\text{longitud máxima} \times 0.024 + \text{diámetro transversal de la diáfisis al 50\% de la longitud máxima} \times 0.300) - 18.744.$

Comprueba para las mujeres valores medios inferiores a 0.73 y para los hombres valores medios superiores a 0.73, siendo el punto de sección 0.

Tabla 1

La clasificación la hemos realizado asignando a cada hueso, siempre que es posible, sexo masculino o femenino. Cuando existe indefinición los consideramos alofisos (indefinidos), procurando en estos casos consignar la tendencia masculina o femenina de la pieza. Para la valoración en conjunto de todos los parámetros, asignamos sexo en el caso de que existan dos valores concordantes y ninguno opuesto o

bien más de tres con uno contrario. En los mismos casos, cuando aumente en uno de los opuestos, solo damos la tendencia y el resto los consideramos alofisos.

Todas las variables obtenidas durante esta investigación han sido procesadas en un ordenador Macintosh Plus de 1 Mb. y estructuradas en matrices de datos mediante el programa informático MS Works Versión 1.0. Para los estudios multidimensionales (Cluster y discriminante) hemos dispuesto del ordenador VAX 11/780 del Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza, de 8 Mb. de memoria central, con sistema operativo VAX/VMS Versión V4.7. Los paquetes estadísticos utilizados han sido el BMDP para el análisis multivariante de las series óseas masculinas y femeninas, con las aplicaciones específicas BMDP PKM para el análisis Cluster y la BMDP PTM para el análisis discriminante.

**Programa KM de Análisis de Cluster:** La inclusión en estudios prácticos, como el presente, de observaciones multivariantes (muchas variables observadas para cada caso) hace difícil, muchas veces, ver una estructura en los datos, o grupos definidos dentro de los casos. El análisis de Cluster es una técnica utilizada cuando se sospecha que los casos no son homogéneos y se quiere clasificarlos en grupos. Mediante el mismo podemos obtener una descripción de las características de los grupos. En nuestro trabajo hemos utilizado el programa BMDP KM para clasificar los huesos en dos grupos, uno masculino y otro femenino.

**Programa 7M de Análisis Discriminante:** Este análisis estudia los casos o sujetos que consideramos divididos en grupos y se usa para encontrar funciones de clasificación (Combinaciones lineales de las variables) que caractericen mejor las diferencias entre los grupos. Estas funciones también son útiles para clasificar nuevos casos, como asignar un hueso nuevo a uno de los grupos previamente considerados, en nuestro estudio a los grupos masculino y femenino separados mediante el análisis de Cluster.

Mediante el programa de BMDP P7M, de análisis discriminante por pasos, buscamos el subconjunto de variables que maximice las diferencias de grupo. Las variables son introducidas en una función de clasificación, una en cada paso, con lo que la separación entre grupos mejora notablemente. En cada paso, el programa BMDP P7M realiza un análisis de varianza para determinar la variable que podría unirse a la próxima función.

En el paso inicial, cada una de las variables se somete a un análisis de varianza univariante. La variable cuya media difiere más se introduce primero en la función de clasificación. Después del paso inicial, los valores del estadístico F de Snedecor del análisis de

varianza están condicionados por las variables ya presentes en la función. En cada paso, después de haber introducido una variable, las funciones de clasificación son recalculadas incluyendo esta última variable. En este análisis el número de funciones de clasificación es igual al número de grupos, dos en nuestro caso, una vez realizada la prueba cada hueso es asignado al grupo, masculino o femenino, según el valor máximo obtenido al evaluar las dos funciones de clasificación correspondientes.

El análisis discriminante es útil cuando clasifica pocos casos en grupos equivocados. Solo cuando existe un porcentaje elevado de casos correctamente clasificados, tenemos la certeza de que existen diferencias de grupo. La selección, en estos casos, de un conjunto de variables, ayuda a mostrar esas diferencias.

La salida del programa BMDP P7M presenta una tabla con los bien y mal clasificados. El programa también proporciona una clasificación pseudo-Jackknife, calculada para cada caso una función de clasificación sin tener en cuenta dicho caso para los cálculos. Esta función se utiliza para clasificar el caso omitido. El resultado es una clasificación con menor sesgo y con resultados más ajustados a la realidad.

La fórmula resultante recoge las variables seleccionadas a partir del análisis discriminante y las constantes masculinas y femeninas por las que sus valores deben ser multiplicados. Efectuados sus productos y sumados independientemente los resultados de las columnas masculinas y femeninas, la signación de sexo al hueso se hace de acuerdo con el valor máximo haya aparecido en las columnas masculinas o femeninas.

### 3. RESULTADOS

Los criterios de clasificación sexual aportados por OLIVIER (1960) y BLACK (1978), aportan estimaciones muy diversas. La longitud fisiológica clasifica solamente al 25,71 % de los huesos. La estimación del perímetro del centro es más satisfactoria, clasificando al 94,28% de las piezas y haciendolo correctamente con el 72,85% de estas. El diámetro sagital de la cabeza estimada al 88,57%, pero con acierto solo al 81,42%. La anchura máxima de la epífisis inferior clasifica al 84,28%, reduciéndose el porcentaje al 81,42% si consideramos solo los correctos. Finalmente el peso clasifica al 71,42% de los huesos, disminuyendo el porcentaje al 64,28% al ser comparado con el análisis Cluster posterior. La fórmula discriminante de DIBENARCO (1982) permite clasificar al 78,57% de los huesos estudiados, pero presenta el inconveniente de adjudicar erróneamente una mayor proporción de huesos femeninos (Tabla 2).

Medida	Autor	Clasificados		Error	
Long. Fisiológica	OLIVIER	18	25.7 %	0	25.7 %
Perímetro del centro	BLACK	66	94.3 %	15	72.8 %
Dmto. Sagt. Cabeza	OLIVIER	62	88.6 %	5	81.4 %
Anch. Max. Epífisis	OLIVIER	59	84.3 %	2	81.4 %
Peso				5	64.3 %

Tabla 2

Mediante la combinación de los diversos métodos obtenemos un 55,74% de piezas masculinas, un 24,28% de piezas femeninas, un 12,85% de alofisos estrictos, un 4,28% con tendencia masculina y un 2,85% con tendencia femenina. La valoración en conjunto clasifica un 80,0% de los huesos, reduciéndose el porcentaje al 78,57% si solo estimamos los valores correctos.

El análisis Cluster realizado posteriormente con todas las variables estima dos grupos diferenciados, uno con el 57,14% y otro con el 42,85% de los miembros. Comparando con los resultados anteriores, comprobamos que el primer grupo está compuesto por un 95% de valores masculinos, un 2,5% de alofisos estrictos y un 2,5% con tendencia masculina. El segundo grupo contiene un 56,66% de valores femeninos, un 3,33% de valores masculinos, un 26,66% de alofisos estrictos, un 6,66% con tendencia femenina y un 6,66% con tendencia masculina.

Una vez conocida la variable cualitativa que nos define el dimorfismo sexual efectuamos el análisis discriminante para todo el conjunto de variables. El resultado del mismo aporta una fórmula compuesta por una medida de la diáfisis, dos de la epífisis superior y tres de la inferior.

\* Longitud máxima trocanterea (4), distancia tomada entre un punto del borde superior del trocánter mayor a otro de la cara articular inferior del cóndilo interno. Plancha osteométrica.

\* Diámetro transversal de la diáfisis en el 50% de la longitud máxima (13), diámetro máximo tomado en la cara anterior del hueso. Cinta métrica.

\* Perímetro del cuello quirúrgico (68), medido a unos dos centímetros por debajo del trocánter menor, donde finaliza su cara inferior. Cinta métrica.

\* Longitud del cóndilo interno (93), en su cara articular, distancia entre un punto del borde superior de la tróclea a otro del borde superior de la cara posterior. Cinta métrica.

\* Anchura de la cara posterior del cóndilo externo (110), distancia recta y máxima entre un punto situado en su borde interno a otro de su borde externo. calibre.

\* Anchura máxima de la tuberosidad externa del cóndilo externo (116), distancia recta y máxima entre un punto situado en su borde anterior a otro de su borde posterior. Calibre.

El desarrollo del proceso del análisis y los porcentajes de acierto en las clasificaciones obtenidas se pueden ver en las siguientes Tablas (Tablas 3, 4, 5 y 6).

#### 4. DISCUSION

En la primera clasificación sexual realizada, según los métodos tradicionales, comprobamos en primer lugar que a excepción de la longitud fisiológica, cuyos resultados son bastante bajos, el resto presenta valoraciones aceptables aun cuando su exactitud

N.º	Variable Reg. El.	Valor F	N.º var. incluidas	V-estadística	F-estadística aproximada	Grados de libertad
1	x(69)	118.2546	1	0.3651	118.255	68.00
2	x(4)	20.0790	2	0.2809	85.756	67.00
3	x(110)	7.6511	3	0.2517	65.397	66.00
4	x(116)	9.0309	4	0.2210	57.273	65.00
5	x(69)	2.4812	3	0.2295	73.879	66.00
6	x(13)	6.1829	4	0.2095	61.307	65.00
7	x(68)	6.0809	5	0.1913	54.095	64.00
8	x(93)	4.3950	6	0.1789	48.203	63.00

Reg: Registrada. El: Eliminada.

Tabla 3

varía de uno a otro. La fórmula discriminante utilizada, aun cuando nos aporta un alto grado de clasificación, adjudica de forma errónea una mayor proporción de valores femeninos.

De este modo, los valores resultantes de los diferentes métodos e incluso de la combinación entre ellos permiten la confección de cuadros de clasificación sexual para los huesos de nuestra serie, similares a los ofrecidos por estos autores para la adjudicación de sexo, pero estas tablas mantienen el inconveniente de la no inclusión de todos los casos estudiados, debidos a su margen central de indefinición, en el que los dos sexos son posibles y que en algunos casos resulta excesivamente amplio.

El análisis Cluster efectuado posteriormente se para dos poblaciones cuyos componentes reflejan correctamente los porcentajes de separación sexual

#### Clasificación matriz

Grupo	Porcentaje correcto	Número de casos clasificados dentro del grupo	
		Ms.	Fm.
Masculinos	100.0	40	0
Femeninos	100.0	0	30
Total	100.0	40	30

Tabla 4

#### Clasificación jackknife

Grupo	Porcentaje correcto	Número de casos clasificados dentro del grupo	
		Ms.	Fm.
Masculinos	100.0	40	0
Femeninos	100.0	0	30
Total	100.0	40	30

Tabla 5

		Hombre	Mujer
Lg. Max. Trc.	X (4)	1.76037	1.55613
D. Trv. 50 %	X (13)	12.37555	10.59178
Prm. C. Qg.	X (68)	-2.19144	-1.68390
Lg. Cond. I.	X (93)	1.38414	1.22470
Anch. Pst. E	X (110)	6.78698	5.68438
Anch. Tbr. E.	X (116)	3.59299	2.98835
Constante		-655.02167	-514.42377

Tabla 6

obtenidos mediante los métodos anteriores, comprobamos de este modo que el carácter de separación de poblaciones efectuadas por el programa corresponde al dimorfismo sexual de los húmeros estudiados.

La fórmula resultante en el análisis discriminante realizado está compuesta por variables de las tres porciones óseas. Es de destacar, además, que solo el diámetro transversal de la diáfisis al 50% de su longitud máxima ha sido utilizado anteriormente en la discriminación sexual del fémur, siendo el perímetro del cuello quirúrgico, la longitud del cóndilo interno y la anchura de la tuberosidad externa del cóndilo externo variables debidas a nuestro propio proceso de investigación. Por otro lado, comprobamos que la anchura máxima de la epífisis inferior, estimada en un principio del programa, es descartada en el transcurso del análisis debido al mayor poder discriminante de las restantes.

La asignación del hueso al sexo masculino o femenino, se realiza multiplicando los valores de las variables seleccionadas por las constantes asignadas en las columnas hombre/mujer a cada variable antropológica. Sumados de manera independiente los productos correspondientes a las columnas respectivas, se asigna carácter de hombre o mujer según se aproxime la suma total a las constantes indicadas en las columnas de hombre y mujer.

Los porcentajes de acierto para los huesos de nuestra serie son del 100.0% en los dos tipos de clasificaciones utilizadas, muy superiores a los ofrecidos por los métodos anteriores y sin espacios centrales de indefinición.

#### BIBLIOGRAFIA

- BASS, W.M.  
1969 Recent developments in the identification of human skeletal material. *Am. J. of Phys. Anthropol.* 30, 459-461.
- 1979 Developments in the identification of human skeletal material (1968-1978). *Am. J. of Phys. Anthropol.* 51, 555-562.
- BENNETT, K.A.  
1981 On the expression of sex dimorphism. *Am. J. of Phys. Anthropol.* 56, 59-61.
- BLACK, T.K.  
1978 A new method for assessing the sex of fragmentary skeletal remains: femoral shaft circumference. *Am. J. of Phys. Anthropol.* 48, 227-231.
- COMAS, J.  
1983 Manual de Antropología física. Univ. Nac. Aut. de México. pp. 398-418. México.
- CORLUY, R.  
1980 Cluster analysis in anthropology. *Anthropol. Kozl.* 24/1-2, 55-62.

- CRISTOBAL, J.A.  
1989 Notas en estadística matemática. Universidad de Zaragoza pp. 163-168.
- DEROBERT, L  
(s.f.) L'identification et ses problèmes. Flammarion pp. 965-1003. Paris.
- DIBENNARDO, R. & TAYLOR, J.  
1979 Sex assessment of the femur: A test of a new method. *Am. J. of Phys. Anthropol.* 50, 635-638.  
1981 Classification and misclassification in sexing the black femur by discriminant function analysis. *Am. J. of Phys. Anthropol.* 58, 145-151.
- GARN, S.M. & NAGY, J.M.  
1972 Differential sexual dimorphism in bone diameters of subjects of European and African ancestry. *Am. J. of Phys. Anthropol.* 37, 127-129.
- GONZALEZ, A.  
1990 *Contribución al estudio de los caracteres métricos y no métricos de los huesos de las extremidades y su aplicación antropológica.* Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.
- HANIHARA, K.  
1958 Sexual diagnosis of Japanese long bones by means of discriminant function. *J. Anthrop. Soc. Nippon.* 66, 187-196.
- HOUGHTON, P. & SOUZA, P.  
1975 Discriminant function sexing of prehistoric New Zealand skeletal material from lengths of long bones. *J. Polynesian.* S. 84/2. 225-229.
- MAC LAUGHLIN, S.M. & BRUCE, M.F.  
1985 A simple univariate technique for determining sex from fragmentary femora: its application to a Scottish Short Cist population. *Am. J. of Phys. Anthropol.* 67, 413-417.
- MARTIN, R.  
1928 *Lehrbuch der Anthropologie.* Fischer, Jena. Edit. pp. 992-1022, 1031-1053, 1092-1116, 1120-1166.
- OLIVIER, G.  
1958 Détermination du sexe par le poids des os. *Bull. et Mém. de la Soc. d'Anthrop. de Paris* 9, 328-339.  
1960 *Pratique anthropologique.* Vigot Frères, Edit. pp. 254-341.
- PONS, J.  
1954 Discriminación sexual en fémures, pelvis y esternones. *Trabajos del Inst. Bernardino de Sahagun de Antr. y Etnol.* 14, 137-159.
- TESTUT, L. & LATARJET, A.  
1984 *Anatomía Humana.* Tomo 1. *Osteología.* Salvat Edit. pp. 307-337, 355-421. Barcelona.
- VALLOIS, H.V.  
1957 Le poids comme caractère sexuel des os longs. *L'Anthropologie* 61, 45-69.
- VAN VARK, G.N. & KANABAKO, H. & YADE, M.  
1983 Midshaft circumference of the femur and humerus for sex assignment of Japanese skeletons. *Nihon Univ. J. Med.* 25/2: 67-73.