

Resumen

Los dientes constituyen una magnífica materia prima para investigaciones de índole antropológica, genética, odontológica y forense, en virtud de su sencilla accesibilidad, examen, registro y resistencia a las más excesivas circunstancias intra vitam y/o post mortem. La información inherente a su tamaño y particularidades ha resultado de sumo provecho, para determinar el sexo e identificar restos humanos. Este estudio procura verificar si dos medidas dentales y una interdental, son instrumentos válidos para la determinación del sexo, en un estudio en Uruguay. Se trata de un análisis odontométrico de 1005 modelos de yeso (481 superiores y 524 inferiores), de 507 pacientes masculinos y 498 femeninos, con edades comprendidas entre 18 y 60 años, asistidos en una clínica ortodóncica de la ciudad de Montevideo, Uruguay, consistente en las mediciones del diámetro mesiodistal y altura gingivoincisoral de los caninos y distancia intercanina. Los datos son analizados empleando dos métodos de clasificación no supervisada usando métodos jerárquicos (algoritmo de Ward), y no jerárquico (K Means), pudiéndose establecer cuatro o cinco clusters, bien diferenciados, según las variables consideradas. Se concluye que la tipificación de los caninos y distancia intercanina, permitió proponer la existencia de una diferenciación odontométrica por sexo.

1-Presentación del Problema

Los órganos dentales presentan una ingente resistencia taxonómica, al estar compuestos por estructuras prácticamente indestructibles, posibilitando llevar a cabo pormenorizados análisis odontométricos, comparativos y reconstructivos post mortem (1), (2). Las medidas más asiduamente realizadas, sobre modelos de yeso, radican en los diámetros mesiodistal, vestibulopalatino, mesiovestibular-distopalatino y distovestibular-mesioopalatino, altura gingivoincisoral y distancia intercanina, per se o como constituyentes de índices (3),(4),(2),(5),(6),(7),(8). Los dientes, en general, y los caninos permanentes, en particular, son indicados como elementos sexualmente dimórficos, por varios autores en poblaciones mundiales (9),(10),(11). Estos estudios, relativos a su tamaño, han facultado u orientado en el proceso de determinación del sexo. El hecho de que la mayor parte de las piezas dentales, se desarrollen antes de la maduración esquelética, hacen de éstas un valioso indicador del sexo, principalmente en individuos subadultos, ante la ausencia o ínfima eclosión de los caracteres sexuales secundarios. La odontología legal y/o forense ha contado con la invaluable contribución de la estadística e informática, las cuales elaboran arquetipos matemáticos ajustados a las condiciones de cada caso (8).

2-Metodología de Análisis Odontométrico

El diámetro mesiodistal (DMD) se define como la máxima distancia lineal entre las superficies proximales de la corona, medido a nivel de los correspondientes puntos de contacto, al tiempo que la altura gingivoincisoral (AGI), como la mayor distancia entre la mitad del margen gingival (cuello anatómico) y el vértice cuspidado, mensurándose en los caninos (13, 23, 33 y 43). La distancia intercanina (DIC), también denominada ancho del arco canino, fue concebida como el segmento lineal delimitado por los vértices cuspidados de los caninos superiores (13 y 23) e inferiores (33 y 43), midiéndose con el auxilio de un calibre digital de puntas finas, con una resolución de 0,01 mm, ver Figura 1.

3-Aprendizaje Estadístico

En la lógica del aprendizaje estadístico (statistical learning) considerando (12) hay 2 caminos:

Clasificación Supervisada

- ▶ Variable de resultado Y (también llamada variable dependiente, respuesta, objetivo).
- ▶ Matriz X (también llamadas entradas, predictoras) regresores, covariables, características, variables independientes).
- ▶ Dependiendo de Y puede ser problema de regresión o problema de clasificación,

Clasificación No Supervisada

- ▶ Sin variable de resultado, solo un conjunto de predictores X (características) medida en un conjunto de datos.
- ▶ Objetivo aprender: encontrar grupos de datos que se comportan de manera similar, encontrar características que se comporten de manera similar.

4-Algoritmos

Algoritmos Jerárquicos (En este caso Ward)

- ▶ Criterio de agregación: minimizar el crecimiento de la inercia intra-grupos resultante de la agregación de dos grupos en una nueva clase.
- ▶ $T = W + B$, donde T es la matriz de variabilidad total, W matriz variabilidad dentro y B la matriz de variabilidad entre.
- ▶ $traza(T) = traza(W + B) = traza(W) + traza(B) \Rightarrow SCT = SCT_{dentro} + SCT_{entre}$
- ▶ $\Rightarrow \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I (x_i - \bar{x}_j)^2 = \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n_k} (x_{ij(k)} - \bar{x}_j(k))^2 + \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (x_{j(k)} - \bar{x}_j)^2$.

Algoritmos No Jerárquicos (En este caso k-means)

- ▶ Proceso con m iteraciones.
- ▶ La agregación entorno a centros móviles, implica el decrecimiento de la variabilidad intra-clases, en cada iteración, hasta obtener la convergencia.
- ▶ Se elijen K centros provisorios: $(C_1^0, C_2^0, \dots, C_k^0)$.
- ▶ Los centros provisorios $(C_1^0, C_2^0, \dots, C_k^0)$ inducen la primera partición P_1 de I , $(I_1^0, I_2^0, \dots, I_k^0)$.
- ▶ Se generan nuevos centros y nuevas particiones al reasignar observaciones dentro de los k grupos hasta el paso m
- ▶ Los centros $(C_1^{m-1}, C_2^{m-1}, \dots, C_k^{m-1})$ generan una nueva partición P_m , $(I_1^{m-1}, I_2^{m-1}, \dots, I_k^{m-1})$ que determina nuevos centros C_k^m .

Referencias Bibliográficas

[1] Harvey JWS (1975). Dental identification and Forensic Odontology. In Forbes, G Watson AA. Legal aspects of dental Practice. Bristol: John Wright & Sons, 140-157.

[2] Acharya AB, Prabhu S, Muddapur MB (2011). Odontometric sex assessment from logistic regression analysis. Int J Legal Med; 125:199-204.

[3] Rao NG, Rao NN, Pai ML, Kotian MS (1989). Mandibular canine index a clue for establishing sex identity. Forensic Sci Int; 42:(3) 249-54.

[4] Eboh DEO, Etetafia MO. (2010). Maxillary canine teeth as supplement tool in sex determination, Annals of Biomedical Sciences 9 (1).

[5] Picapedra A, Sassi C, Massa F, Francesquin Jr L, Daruge E, Daruge Jr E (2012). Odontometric analysis of maxillas: a device for sex determination. Inter J Dental Anthropol 21: 01-16. ID: ijda00074 (ISSN 0124-7336)

[6] Sassi C, Picapedra A, Lima L, Francesquini Jr L, Daruge E, Daruge Jr E (2012). Sex determination in Uruguayans by odontometric analysis Braz J Oral Sci; 11(3): 381-386

[7] Gargano V, Picapedra A, Sassi C, Lima L, Alvarez R, Francesquini Jr. L Daruge Jr. E. ¿Son los índices caninos mandibular y maxilar herramientas fidedignas para la determinación del sexo? Actas odontológicas 2014; XI (1):22-34

[8] Alvarez-Vaz, R. & Sassi, C. (2020). Índice Canino Maxilar: Determinación del sexo mediante técnicas de clasificación supervisada. Revista de la Facultad de Ciencias, 9 (1), 1-19. DOI: <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v9n1.56684>

[9] Kaushal S, Patnaik VVG, Agnihotri G (2003). Mandibular Canines In Sex Determination J Anat. Soc. India; 52(2) 119-124. Kaushal Rai B, Anand SC (2007). Gender Determination by Diagonal Distances Of Teeth. The Internet Journal of Biological Anthropology . 2007;1(1)

[10] Srivastava PC (2010). Correlation of Odontometric Measures in Sex Determination. J Indian Acad Forensic Med [Internet]. 2010 32 (1): 56-61.

[11] James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2021). An introduction to statistical learning an introduction to statistical learning: With applications in R (2nd ed.). Springer.

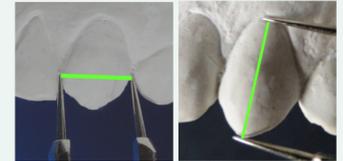
[12] R Core Team (2021). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

[13] Maechler, M., Rousseeuw, P., Struyf, A., Hubert, M., Hornik, K.(2021). cluster: Cluster Analysis Basics and Extensions. R package version 2.1.2.

5-Descripción de los datos del estudio

Esta investigación consistió en un estudio descriptivo, transversal y cuantitativo de 1005 modelos de yeso (481 superiores y 524 inferiores), pertenecientes a 507 pacientes masculinos y 498 femeninos, asistidos en la clínica de ortodoncia del IUCEDDU (Instituto Universitario Centro de Estudio y Diagnóstico de las Disgnacias del Uruguay), con edades comprendidas entre 18 y 60 años, dentición permanente sana, incisivos y caninos totalmente erupcionados, sin restauraciones, aparatología ortodóncica, desgaste ni anomalías dentales, quienes declararon, de manera libre y espontánea, por medio de consentimiento informado, su aspiración y disposición de participar de la misma.

- ▶ AGId altura gingivoincisoral derecha.
- ▶ AGIi altura gingivoincisoral izquierda.
- ▶ DMDd diámetro mesiodistal derecha.
- ▶ DMDi diámetro mesiodistal izquierda.
- ▶ ICD distancia intercanina.



	Femenino	Masculino	Total
Mi (Inferior)	261	264	525
MS (Superior)	237	243	480
Total	498	507	1005

Cuadro 1: Distribución de los modelos por sexo según maxilar

Figura 1: Medidas de diámetro, altura y distancia intercanina

6-Resultados

Para el análisis global se trabaja con el software libre R (13), para la determinación de los clusters con los algoritmos presentado en la metodología se usa la librería *cluster* (14).

Antes de proceder a efectuar la clusterización se estandarizan las 5 variables y en los Cuadros 2 y 3 pueden verse las medias de cada distancia considerada.

Cluster	n	AGId	AGIi	DMDd	DMDi	ICD
1	262	-0,863	-0,872	-1,0018	-1,0127	-0,857
2	287	-0,4981	-0,493	0,415	0,415	0,642
3	238	0,738	0,756	-0,447	-0,447	-0,767
4	218	0,8865	0,871	1,145	1,158	1,021

Cuadro 2: Medias de las distancias mediante k-means

Cluster	n	AGId	AGIi	DMDd	DMDi	ICD
1	291	-0,4884	-0,4595	0,390	0,347	0,656
2	214	0,843	0,798	1,190	1,204	1,039
3	207	0,819	0,842	-0,598	-0,591	-0,845
4	190	-0,419	-0,409	-0,519	-0,591	-0,743
5	103	-1,2441	-1,298	-1,414	-1,452	-0,943

Cuadro 3: Medias de las distancias mediante ward

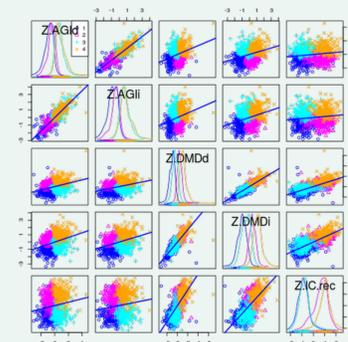


Figura 2: Matriz de Scatterplots para las 5 variables con el método de k-means

Cluster	MI	MS	Total	MI	MS	Total
1	246	16	262	93,9	6,1	100
2	51	236	287	17,8	82,2	100
3	217	21	238	91,2	8,8	100
4	10	208	218	4,6	95,4	100

Cuadro 4: Distribución de los clusters por maxilar y sexo para k-means

Cluster	MI	MS	Total	MI	MS	Total
1	47	244	291	16,2	83,8	100
2	7	207	214	3,3	96,7	100
3	198	9	207	95,7	4,3	100
4	173	17	190	91,1	8,9	100
5	99	4	103	96,1	3,9	100

Cuadro 5: Distribución de los clusters por maxilar y sexo para Ward

Cluster	Fem	Mas	Total	Fem	Mas	Total
1	166	125	291	57,0	43,0	100
2	62	152	214	29,0	71,0	100
3	103	104	207	49,8	50,2	100
4	93	97	190	48,9	51,1	100
5	74	29	103	71,8	28,2	100

7-Discusión y Conclusiones

- ▶ Viendo Figura 2 las alturas derechas e izquierda y los diámetros derechos e izquierdos muestran muy alta correlación, que expresa simetría en la forma de los dientes, algo esperable.
- ▶ La Tipología de k-means muestra 2 grupos de caninos chicos (1) y grandes (4); el (2) y (3) muestran relaciones invertidas entre alturas y diámetros.
- ▶ En cambio la Tipología de Ward aísla 2 grupos de dientes chicos (4) y (5), uno de dientes grandes (2) y el (1) y (3) que también muestran relaciones invertidas entre alturas y diámetros.
- ▶ Para ambas tipologías se encuentra grupos que se asocian fuertemente con ambos maxilares.
- ▶ Es mas clara para la Tipología 2 mediante Ward la asociación de los grupos con el sexo, con el (5) mayoritariamente femenino, conformado por dientes pequeños y a poca distancia o el (2) mayoritariamente masculino con dientes mas grandes y mas distanciados en maxilares probablemente de mayor tamaño.
- ▶ Dado que se está en un escenario de clasificación no supervisado a futuro para mejorar la identificación de grupos de dientes divididos por sexo se propone probar modelos de variables latentes o de mezcla o también evaluar la performance de clustering de tipo fuzzy, con umbrales de pertenencia.