

# Evaluación de la concordancia odontométrica a través del error entre observadores e instrumentales

Alejandro Serna y Leandro H. Luna

Recibido 27 de diciembre 2017. Aceptado 3 de abril 2018

## RESUMEN

La evaluación del error de medición en estudios odontométricos es importante debido a la necesidad de que los resultados generados sean comparables. Entre las diversas fuentes capaces de introducir error, aquella generada por los diferentes instrumentos empleados puede ser muy relevante. El objetivo de este trabajo es evaluar el grado de concordancia entre las medidas obtenidas por dos observadores con dos calibres odontométricos diferentes. Para ello, se relevaron los diámetros bucolinguales y mesiodistales de coronas y cuellos de dientes de 26 individuos y se aplicaron estadísticos uni- y multivariados. Los resultados indican que la forma de medición de los calibres difiere, ya que los puntos en los que se posicionan no son generalmente los mismos. La relevancia de este estudio radica en la posibilidad de plantear análisis odontométricos a gran escala, por medio de la integración de información generada por diferentes investigadores con distintos instrumentales. Se destaca la necesidad de tener cautela al considerar conjuntos de datos obtenidos bajo los mismos preceptos pero con instrumentos diferentes. En estos casos, las interpretaciones solo deben realizarse en términos comparativos, sin incorporar los datos obtenidos en un mismo análisis.

**Palabras clave:** Antropología dental; Odontometría; Error de observación; Calibres; Análisis multivariados.

## ABSTRACT

EVALUATION OF ODONTOMETRIC CONCORDANCE BY THE ERROR BETWEEN OBSERVERS AND INSTRUMENTS. The assessment of measurement error in dental studies is important due to the need to generate comparable results. Among the potential error sources, the one generated by the different instruments used can be very relevant. The aim of this paper is to evaluate the degree of agreement between the measurements obtained by two observers with two different odontometric calipers. For this purpose, the buccolingual and mesiodistal diameters of tooth crowns and necks of 26 individuals were analyzed through uni and multivariate statistical procedures. The results indicate that the way the calipers measure is different, since the points in which they must be positioned are not generally the same. The importance of this paper lies in the possibility of proposing large-scale odontometric studies through the integration of information generated by different researchers with different instruments. Comparisons between data sets obtained with different calipers must be exercised with caution. In these cases, the interpretations should only be made in comparative terms, without incorporating the data obtained in the same analysis.

**Keywords:** Dental anthropology; Odontometrics; Observation error; Calipers; Multivariate analysis.

Alejandro Serna. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). División Arqueología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. Anexo Museo, Av. 122 y 60 (1900), La Plata. Buenos Aires. Argentina. E-mail: [aserna@fcnym.unlp.edu.ar](mailto:aserna@fcnym.unlp.edu.ar)

Leandro H. Luna. Instituto Multidisciplinario de Historia y Ciencias Humanas (IMHICIHU)-CONICET. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. E-mail: [lunaranda@gmail.com](mailto:lunaranda@gmail.com)

## INTRODUCCIÓN

La investigación odontométrica ofrece la posibilidad de identificar patrones y grados de relación biológica entre individuos y poblaciones (e.g., Hanihara e Ishida 2005; Pinhasi *et al.* 2015; Hemphill 2016; Luna *et al.* 2017), así como también contribuir a la estimación del sexo en restos esqueletizados (e.g., Mitsea *et al.* 2014; Viciano *et al.* 2015; Luna y Flensburg 2017). Este tipo de inferencias son especialmente útiles a la hora de caracterizar y comparar la dinámica social de los grupos humanos del pasado y también, en el ámbito antropológico forense, para la identificación de personas desaparecidas (Pilloud y Hefner 2016).

El estudio del error de observación es un paso fundamental en cualquier investigación bioarqueológica (Bernal *et al.* 2004), y especialmente en aquellas que involucran el análisis métrico dental (Hillson *et al.* 2005; Pilloud y Kenyhercz 2016). Esto se debe a la necesidad de que los resultados generados por un mismo investigador a lo largo del tiempo, o por diferentes investigadores, sean comparables (Bernal *et al.* 2004). Toda la variabilidad que no es inherente al objeto de estudio es introducida de algún modo por el observador y puede ser considerada como *error de medición*. En términos cuantitativos, esta variabilidad accesoria se define como la diferencia entre medidas repetidas de una misma variable (Hair *et al.* 1999). Independientemente de la estructura anatómica que se estudie, existen diversas fuentes capaces de introducir error: la propia variabilidad generada por los observadores (*i.e.*, experiencia), la ambigüedad de las definiciones de los rasgos observados y/o las diferencias en los instrumentos de medición (Utermohle *et al.* 1983; Bernal *et al.* 2004; Perez *et al.* 2006; Serna *et al.* 2013). Esta última fuente de error es particularmente relevante en el ámbito de la antropología dental debido a que en la actualidad existen distintos tipos de calibres con los cuales pueden relevarse las medidas requeridas para realizar investigaciones odontométricas. Además, el reducido tamaño de las piezas dentales y los escasos puntos de referencia para la medición que poseen los dientes implican que el efecto de este error pueda llegar a ser significativo a nivel interpretativo (Jamison y Ward 1993; Hillson 1996). Sumado a esto, tradicionalmente las investigaciones se han centrado en evaluar el error intraobservador y no entre observadores diferentes (Passalacqua 2015).

El objetivo principal de este trabajo es evaluar el grado de concordancia existente entre las medidas dentales obtenidas en forma independiente por dos observadores con dos calibres odontométricos diferentes, uno de punta cónica y otro de punta plana. Esto implica no solo considerar la magnitud de la variación introducida por cada investigador al usar diferentes calibres, sino también evaluar la posibilidad de

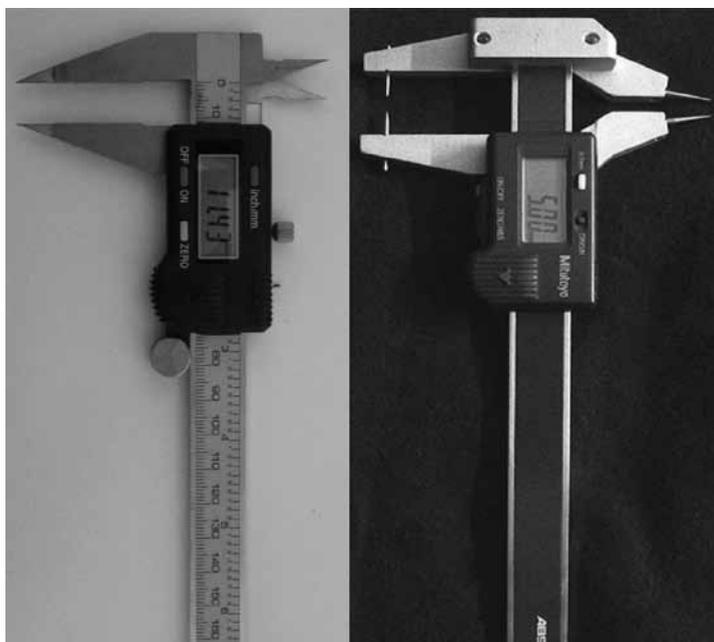
incluir medidas tomadas con ambos instrumentos en un mismo análisis multivariado, lo cual contribuiría a optimizar los tamaños muestrales. Para ello se elaboró un protocolo de relevamiento con el que se pretende identificar los grados de incidencia de los diferentes tipos de error mencionados y discutir su impacto en las inferencias realizadas.

## MUESTRA, DISEÑO Y MÉTODOS

La muestra de este trabajo está conformada por 224 piezas dentales ( $N_{\text{incisivos}} = 28$ ,  $N_{\text{caninos}} = 30$ ,  $N_{\text{premolares}} = 65$ ,  $N_{\text{molares1}} = 45$  y  $N_{\text{molares2}} = 56$ ) pertenecientes a 26 individuos asignados a las colecciones Zabaleta y Hnos. Pozzi, albergadas en el Área de Antropología Biológica del Museo Etnográfico "J. B. Ambrosetti" (Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires). Se priorizó el relevamiento de aquellos cráneos con mandíbulas que tuvieran la mayor cantidad de dientes en buen estado de preservación (véase Aranda y Luna 2014) y bajo grado de desgaste del esmalte, de manera de alcanzar un tamaño muestral adecuado para la aplicación de las pruebas estadísticas.

Las mediciones fueron realizadas durante el año 2014 por los autores (en adelante O1 y O2) y se utilizaron para ello dos calibres distintos, de amplia implementación para estudios odontométricos: uno de puntas cónicas (Hillson *et al.* 2005; en adelante, CPC) y uno de puntas planas y elongadas (en adelante, CPP) (Figura 1). Sobre cada pieza dental se relevaron los diámetros mesiodistales y bucolinguales de la corona y del cuello (en adelante MDCor, MDCue, BLCor y BLCue, respectivamente), siguiendo las consideraciones de Mayhall (2000), Kieser (2008) y Hillson *et al.* (2005). El diámetro MDCor es la distancia entre dos planos paralelos tangenciales a dos puntos, uno mesial y el otro distal, de la corona de cada pieza. El diámetro BLCor se mide como la distancia máxima entre dos planos paralelos, uno tangencial al punto más lingual de la corona y otro tangencial a la cara bucal. Por otra parte, el diámetro MDCue en caninos e incisivos es la distancia entre el punto más cercano a la cara oclusal de la unión del esmalte con el cemento de las caras mesial y distal. Esta misma medida en premolares y molares corresponde a la distancia entre los puntos medios a lo largo de la unión del esmalte con el cemento sobre las caras mesial y distal. Finalmente, el diámetro BLCue en caninos, incisivos y premolares corresponde a la distancia entre la línea de unión del esmalte con el cemento en las caras bucal y lingual, en el punto de mayor inflexión hacia el extremo apical (Hillson *et al.* 2005).

Cada observador realizó en forma independiente y con intervalos de al menos una semana de diferencia, cuatro series de mediciones, dos con cada calibre. De



**Figura 1.** Calibres utilizados en el presente estudio: de puntas planas y elongadas (CPP) a la izquierda, y de puntas cónicas (CPC) a la derecha.

las 224 piezas dentales relevadas se obtuvieron ocho conjuntos de 690 medidas para los diferentes tipos de dientes incluidos en la muestra (Tabla 1). Para el análisis de los datos, los dientes fueron agrupados por tipo, dada la morfología similar que presentan, a excepción de los molares, los cuales presentan configuraciones distintivas. En estos casos se decidió separar entre primeros y segundos molares.

Posteriormente, se evaluaron los distintos tipos de error: a) entre las dos series de resultados realizadas por el mismo observador con el mismo calibre (*i.e.*, error intraobservador); b) entre observadores con un mismo calibre (*i.e.*, interobservador); c) entre un mismo observador con diferentes calibres (*i.e.*, interinstrumental); y d) entre distintos observadores con distintos instrumentos (*i.e.*, interobservador-instrumental). Una vez obtenidos los datos, se observó la distribución de los resultados en gráficos de caja, con el objeto de identificar *outliers* y removerlos de los análisis. Posteriormente, se evaluó la normalidad de cada variable a través del estadístico *W* (Shapiro y Wilk 1965), el cual es adecuado para tamaños muestrales

Diámetro	Diente					Total
	I	C	PM	M1	M2	
MDCor	15	22	46	20	29	132
BLCor	20	25	47	45	56	193
MDCue	28	30	65	38	31	192
BLCue	23	29	57	37	27	173
Total	86	106	215	140	143	690

Referencias: I: incisivo; C: canino; PM: premolar; M1: primer molar; M2: segundo molar.

**Tabla 1.** Medidas relevadas por tipo de diente. Nota: Cada medida fue tomada en ocho oportunidades, dos veces con cada calibre por cada observador.

menores a 50 (Zar 1999). Con el objetivo de identificar de manera independiente el error sistemático y el aleatorio se utilizaron los análisis de *T* pareada (*T-p*; David y Gunnink 1997; Harris 2008) y el Coeficiente de Correlación Intraclase (*CCI*; Zar 1999), respectivamente (Bernal *et al.* 2004; Harris 2008). La primera prueba se utilizó en todas las variables, y la segunda, únicamente en aquellas que presentaban una distribución normal. Para calificar cualitativamente los resultados del *CCI* se utilizó una escala ordinal basada en la propuesta de Landis y Koch (1977), con modificaciones: pobre = 0; leve = 0,01-0,2; regular = 0,2-0,4; moderado = 0,41-0,6; sustancial = 0,61-0,8; casi perfecto = 0,81-0,99 y perfecto = 1. El nivel de significación o probabilidad de error tipo I (*i.e.*, de rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera) de todos los análisis estadísticos fue establecido en  $\alpha = 0,01$ . No se tuvieron en cuenta aquellas variables que

indicaron influencias del error sistemático intraobservador (*i.e.*, diferencias estadísticamente significativas en el test *T-p*) en la etapa de evaluación de los errores interobservador; en esta instancia, se utilizó para la comparación la segunda serie de mediciones de cada observador, porque se considera que está menos influenciada por los errores de medición introducidos por los observadores. Por último, se realizó un análisis gráfico bi- y multivariado, con el objeto de identificar tendencias comparando los resultados obtenidos con los dos calibres por ambos observadores.

## RESULTADOS

Se removieron 14 *outliers* luego de analizar la distribución de los datos de las cuatro series de medición de cada observador. En consecuencia, la cantidad de medidas consideradas para cada conjunto de registros fue de 676. Los resultados del análisis de la normalidad de cada variable indican que todas se distribuyen normalmente, a excepción de las medidas del diámetro bucolingual del cuello (BLCue) de los premolares obtenidas por O1 con CPP y por O2 con ambos calibres. Por este motivo, esta variable no fue considerada en la aplicación del *CCI*.

### Error intraobservador

En la Tabla 2 se presentan los estadísticos del error generado por ambos observadores midiendo con los mismos calibres (*i.e.*, intraobservador). Los resultados de la prueba de *T-p* indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las series de

Diámetro	Diente	N	T-p								CCI			
			CPC				CPP				CPC		CPP	
			O1		O2		O1		O2		O1	O2	O1	O2
			T	Sig.	T	Sig.	T	Sig.	T	Sig.				
BLCor	I	19	-0,072	0,943	-2,494	0,023	0,623	0,541	-0,685	0,502	0,993	0,997	0,978	0,978
	C	21	-0,466	0,646	-0,788	0,441	-1,098	0,285	-0,503	0,62	0,971	0,976	0,956	0,967
	PM	41	-0,4	0,692	-0,655	0,516	-1,307	0,199	-0,774	0,443	0,962	0,989	0,962	0,959
	M1	21	-1,154	0,262	-1,016	0,322	-0,754	0,46	1,554	0,136	0,963	0,97	0,959	0,954
	M2	26	-0,271	0,789	-1,602	0,122	0,688	0,498	-2,283	0,031	0,976	0,983	0,964	0,959
BLCue	I	23	-2,028	0,055	-2,02	0,056	1,321	0,201	-1,172	0,254	0,992	0,968	0,998	0,987
	C	25	-1,745	0,094	-1,66	0,11	1,316	0,201	-1,134	0,268	0,989	0,999	0,984	0,994
	PM	53	-0,17	0,865	-0,261	0,795	-0,216	0,83	-1,835	0,072	0,99	-	-	-
	M1	33	-2,792	0,009**	-2,295	0,028	-0,545	0,589	0,576	0,569	0,964	0,974	0,976	0,988
	M2	25	-1,711	0,1	-1,158	0,258	0,134	0,895	-0,72	0,479	0,93	0,95	0,971	0,982
MDCor	I	13	0,221	0,829	-1,326	0,21	0,62	0,548	-0,483	0,638	0,989	0,987	0,983	0,978
	C	19	0,868	0,398	-1,726	0,101	0,962	0,349	-1,518	0,146	0,978	0,979	0,998	0,987
	PM	38	0,477	0,636	-1,503	0,142	0,313	0,756	-2,952	0,06	0,965	0,967	0,987	0,973
	M1	18	0,042	0,967	-2,562	0,02	0,634	0,534	-2,261	0,038	0,951	0,957	0,946	0,979
	M2	28	-0,902	0,375	-3,381	0,002**	0,818	0,421	-0,584	0,564	0,953	0,978	0,968	0,967
MDCue	I	23	-0,693	0,496	-1,516	0,144	1,136	0,269	-1,627	0,119	0,987	0,993	0,99	0,998
	C	25	-1,787	0,087	-0,309	0,760	1,009	0,323	0,612	0,546	0,976	0,988	0,998	0,998
	PM	58	0,703	0,485	-5,642	0,00**	-1,792	0,078	-2,571	0,013	0,978	0,983	0,987	0,973
	M1	32	-0,014	0,989	-2,611	0,014	-0,702	0,488	-1,366	0,182	0,974	0,978	0,976	0,969
	M2	31	0,094	0,926	-1,287	0,208	0,019	0,985	-0,042	0,966	0,963	0,97	0,978	0,981

Referencias: Sig.: Valor de significación; I: incisivos; C: caninos; PM: premolares; M1: primeros molares; M2: segundos molares.

**Tabla 2.** Resultados de la evaluación del error intraobservador. Nota: \*\*p < 0,01. Los resultados ausentes son pruebas no llevadas a cabo por tratarse de distribuciones no-normales.

medición de cada uno de los observadores con ninguno de los dos calibres, en prácticamente ningún caso. Solo un 3,8% de las pruebas (n = 3) muestra una variación importante de las mediciones obtenidas, las cuales corresponden a las variables BLCue del M1, MDCor del M2 y MDCue de PM, tomadas con el CPC. Por otra parte, los resultados del CCI para ambos observadores muestran en todos los casos grados de acuerdo casi perfectos con ambos calibres.

**Error interobservador**

La Tabla 3 muestra los resultados de la comparación entre observadores midiendo con los mismos calibres (i.e., interobservador). El análisis de los resultados del estadístico T-p, a partir de los datos obtenidos con el CPC, muestra que un 47% de las medidas presenta diferencias estadísticamente significativas. Los diámetros y dientes que concentran los errores más altos con este calibre son el MDCor y el MDCue en todas las piezas dentales, salvo el canino en el último caso. Los resultados del CCI para este mismo calibre muestran un acuerdo moderado de 5,2% y sustancial de 47,4%, expresados mayoritariamente en los diámetros mesiodistales de molares y premolares. El resto de la muestra (47,4%) presenta un acuerdo casi perfecto, de manera que, considerando este estadístico, se podría afirmar en líneas generales que el acuerdo de las medidas entre los observadores es aceptable.

Respecto del CPP, los resultados obtenidos del estadístico T-p muestran que el 42,1% de las medidas presenta errores significativos. Los diámetros y dientes más comprometidos son el MDCue en PM, C e I, el MDCor en C e I y el BLCue (25%) en M1 y M2.

Diámetro	Diente	N	O1 vs. O2					
			CPC			CPP		
			T-p		CCI	T-p		CCI
			T	Sig.		T	Sig.	
BLCor	I	19	-0,355	0,727	0,879	-1,404	0,177	0,898
	C	21	0,354	0,727	0,898	-1,099	0,285	0,967
	PM	41	-0,07	0,944	0,934	-3,153	0,003**	0,79
	M1	21	2,25	0,036	0,745	2,708	0,014	0,808
	M2	26	-0,393	0,697	0,756	-0,408	0,687	0,835
BLCue	I	22	-0,685	0,501	0,89	-1,124	0,274	0,898
	C	25	-1,31	0,203	0,908	-1,949	0,063	0,876
	PM	52	-0,955	0,344	-	-1,625	0,11	-
	M1	33	-	-	0,675	-4,72	0,00**	0,698
	M2	25	-3,583	0,002**	0,598	-5,832	0,00**	0,745
MDCor	I	12	-4,082	0,002**	0,856	-3,224	0,008**	0,898
	C	19	-5,521	0,00**	0,812	-3,152	0,006**	0,878
	PM	37	-8,986	0,00**	0,798	-	-	0,799
	M1	18	-5,681	0,00**	0,656	-2,646	0,017	0,901
	M2	27	-	-	0,698	0,134	0,895	0,935
MDCue	I	22	-4,051	0,001**	0,787	-4,447	0,00**	0,956
	C	25	-2,719	0,012	0,665	-3,084	0,005**	0,901
	PM	57	-	-	0,716	-2,854	0,006**	0,889
	M1	32	-7,396	0,00**	0,823	-2,258	0,031	0,869
	M2	30	-3,98	0,00**	0,876	-0,398	0,694	0,884

Referencias: Sig.: Valor de significación; I: incisivos; C: caninos; PM: premolares; M1: primeros molares; M2: segundos molares.

**Tabla 3.** Resultados de la evaluación del error interobservador. Nota: \*\*p < 0,01. Los resultados ausentes son pruebas no llevadas a cabo por tratarse de variables que indicaron error intraobservador o distribuciones no-normales.

Diámetro	Diente	N	CPC vs. CPP					
			O1			O2		
			T-p		CCI	T-p		CCI
			T	Sig.		T	Sig.	
BLCor	I	19	-6,342	0,00**	0,73	-8,573	0,00**	0,717
	C	21	-13,018	0,00**	0,775	-11,826	0,00**	0,816
	PM	41	-18,639	0,00**	0,708	-16,632	0,00**	0,786
	M1	21	-15,27	0,00**	0,699	-6,843	0,00**	0,783
	M2	26	-10,983	0,00**	0,656	-7,07	0,00**	0,698
BLCue	I	22	-6,946	0,00**	0,69	-11,583	0,00**	0,687
	C	25	-13,747	0,00**	0,787	-9,191	0,00**	0,726
	PM	52	-11,526	0,00**	-	-8,307	0,00**	-
	M1	33	-	0,00**	0,617	-8,008	0,00**	0,697
	M2	25	-4,468	0,00**	0,626	-7,278	0,00**	0,709
MDCor	I	12	-8,879	0,00**	0,786	-8,136	0,00**	0,798
	C	19	-23,163	0,00**	0,735	-15,727	0,00**	0,709
	PM	37	-21,844	0,00**	0,698	-	0,00**	0,764
	M1	18	-4,825	0,00**	0,607	-10,822	0,00**	0,626
	M2	27	-7,428	0,00**	0,597	-	0,00**	0,606
MDCue	I	22	-14,819	0,00**	0,765	-4,874	0,00**	0,705
	C	25	-28,363	0,00**	0,809	-5,262	0,00**	0,746
	PM	57	-16,664	0,00**	0,698	-	0,00**	0,767
	M1	32	-14,084	0,00**	0,567	-7,348	0,00**	0,608
	M2	30	-6,62	0,00**	0,597	-7,516	0,00**	0,543

Referencias: Sig.: Valor de significación; I: incisivos; C: caninos; PM: premolares; M1: primeros molares; M2: segundos molares.

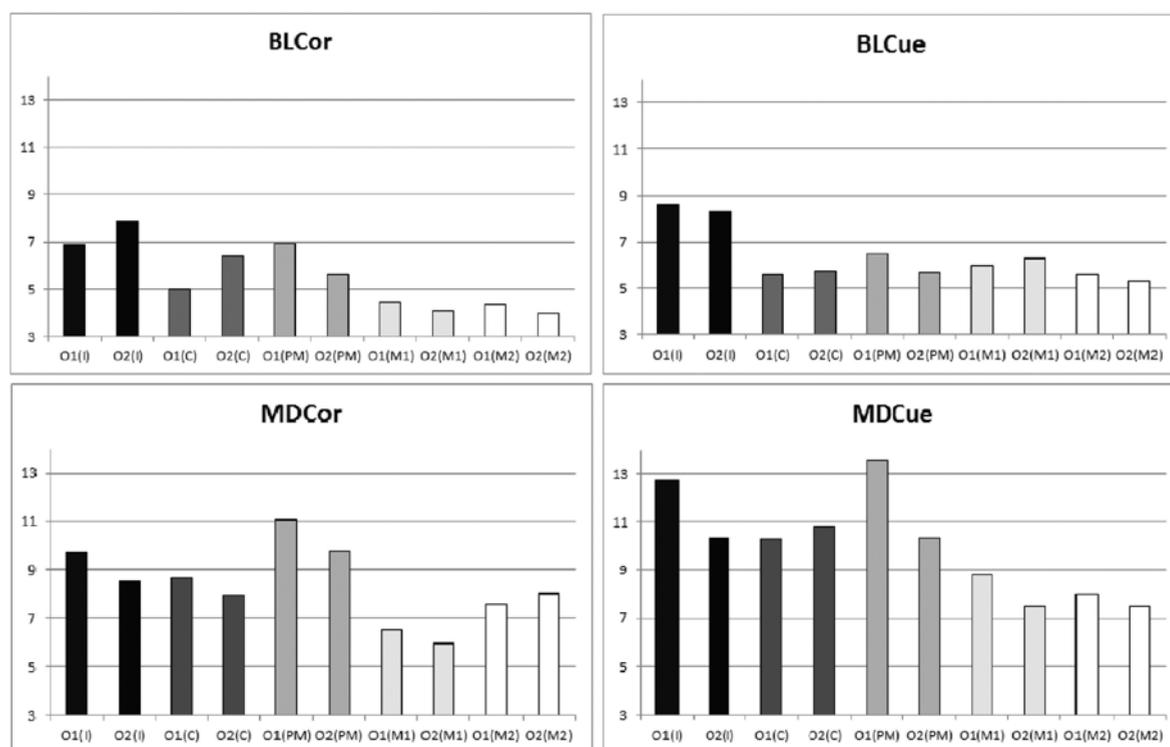
**Tabla 4.** Resultados de la evaluación del error interinstrumental. Nota: \*\*p < 0,01. Los resultados ausentes son pruebas no llevadas a cabo por tratarse de variables que indicaron error intraobservador o distribuciones no-normales.

Por otro lado, el CCI muestra porcentajes de acuerdo sustancial en el 21,1% de los casos, principalmente en los diámetros bucolinguales de los molares, y casi perfecto en el 78,9% de las medidas (Tabla 3).

## Error interinstrumental

La Tabla 4 muestra los resultados obtenidos de cada observador midiendo con ambos calibres (*i.e.*, interinstrumental). Los resultados de la prueba de *T-p* señalan diferencias estadísticamente significativas en todas las variables consideradas cuando se comparan las mediciones tomadas con ambos calibres, independientemente del observador. Considerando los resultados de ambos observadores en forma conjunta, los resultados del CCI muestran un 8,1% de acuerdo moderado, un 86,5% sustancial y solo un 5,4% casi perfecto. Los valores más bajos de este coeficiente ( $\leq 0,61$ ) son los de MDCue (40%), MDCor (40%) y BLCue (20%), todos correspondientes a molares (Tabla 4).

Dadas las marcadas diferencias entre los resultados obtenidos con cada calibre, se procedió a explorar el comportamiento de aquellas. Para ello se calcularon los promedios de las diferencias porcentuales para cada medida, comparando los segundos resultados obtenidos con cada calibre por cada observador (Figura 2). Las diferencias oscilan entre el 3,94 y el 7,84% para BLCor, entre el 5,32 y el 8,57% para BLCue, entre el 5,96 y el 11,06% para MDCor y entre el 7,47 y el 13,56% para MDCue (Tabla 5). Se observa también que los porcentajes más altos –que indican mayores divergencias entre calibres– corresponden a los diámetros mesiodistales, principalmente los del cuello. Asimismo, de las 690 medidas tomadas por cada



**Figura 2.** Promedios de las diferencias porcentuales para cada variable, comparando los resultados de ambos calibres.

	BLCor	BLCue	MDCor	MDCue
O1(I)	6,90	8,57	9,71	12,74
O2(I)	7,84	8,31	8,54	10,34
O1(C)	4,97	5,58	8,7	10,3
O2(C)	6,39	5,73	7,97	10,84
O1(PM)	6,91	6,46	11,06	13,56
O2(PM)	5,62	5,67	9,76	10,36
O1(M1)	4,43	5,97	6,53	8,8
O2(M1)	4,03	6,29	5,96	7,47
O1(M2)	4,33	5,58	7,57	7,96
O2(M2)	3,94	5,32	8,03	7,48

**Tabla 5.** Promedios de las diferencias porcentuales para cada variable considerada, a partir de la comparación de los datos obtenidos con ambos calibres.

observador para las cuatro variables, solo 30 (2,17%) fueron mayores con CPC, mientras que la mayoría (97,83%) presentó mayores dimensiones con CPP.

### Error interobservador-instrumental

La Tabla 6 presenta los resultados obtenidos a partir de las comparaciones entre distintos observadores midiendo con diferentes calibres (*i.e.*, interobservador-instrumental). Los resultados de la prueba de *T-p* señalan la existencia de diferencias estadísticamente significativas en prácticamente todas las variables (94,4%), al comparar a los diferentes observadores con calibres distintos. Llamativamente, un 5,6% (BLCue en M2 y MDCor en M1) no presenta diferencias (Tabla

Diámetro	Diente	N	O1-CPC vs. O2-CPP			O1-CPP vs. O2-CPC		
			<i>T-p</i>		<i>CCI</i>	<i>T-p</i>		<i>CCI</i>
			<i>T</i>	Sig.		<i>T</i>	Sig.	
BLCor	I	19	-9,519	0,00**	0,687	5,389	0,00**	0,746
	C	21	-11,433	0,00**	0,674	11,820	0,00**	0,699
	PM	41	-18,820	0,00**	0,598	17,654	0,00**	0,713
	M1	21	-10,382	0,00**	0,534	11,595	0,00**	0,524
	M2	26	-15,333	0,00**	0,512	6,250	0,00**	0,598
BLCue	I	22	-8,907	0,00**	0,798	7,042	0,00**	0,797
	C	25	-11,303	0,00**	0,787	9,221	0,00**	0,715
	PM	52	-13,659	0,00**	-	6,635	0,00**	-
	M1	33	-	-	0,646	3,347	0,002**	0,579
	M2	25	-9,226	0,00**	0,523	1,807	0,084	0,786
MDCor	I	12	-9,786	0,00**	0,654	6,223	0,00**	0,608
	C	19	-23,314	0,00**	0,716	14,091	0,00**	0,698
	PM	37	-	-	0,698	15,994	0,00**	0,746
	M1	18	-12,802	0,00**	0,507	1,822	0,087	0,587
	M2	27	-9,670	0,00**	0,535	-	-	0,782
MDCue	I	22	-13,905	0,00**	0,735	3,676	0,001**	0,699
	C	25	-19,397	0,00**	0,798	3,921	0,001**	0,646
	PM	57	-25,296	0,00**	0,699	-	-	0,635
	M1	32	-10,992	0,00**	0,513	4,909	0,00**	0,735
	M2	30	-12,395	0,00**	0,576	4,568	0,00**	0,599

Referencias: Sig.: Valor de significación; I: incisivos; C: caninos; PM: premolares; M1: primeros molares; M2: segundos molares.

**Tabla 6.** Resultados de la evaluación del error interobservador-instrumental. Nota: \*\*p < 0,01. Los resultados ausentes son pruebas no llevadas a cabo por tratarse de variables que indicaron error intraobservador o distribuciones no-normales.

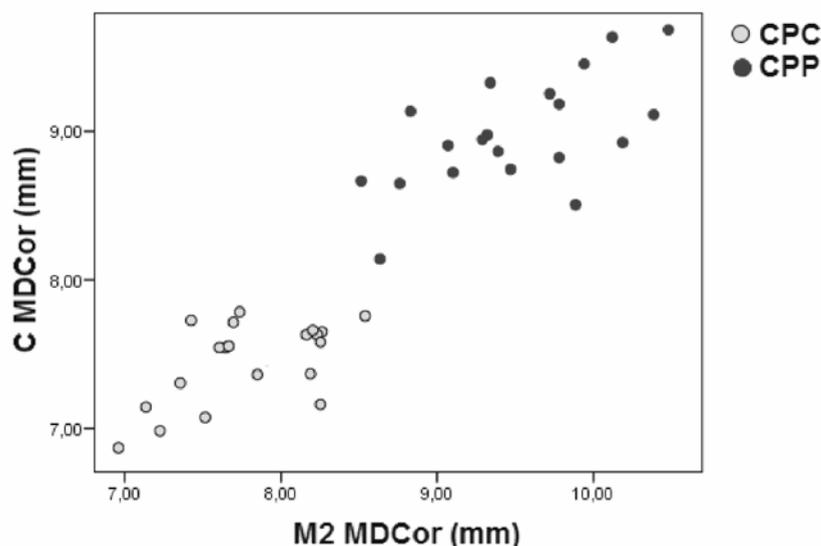
6). Considerando los resultados de ambos observadores en forma conjunta, los del CCI muestran un 34,2% de acuerdo moderado y un 65,8% de acuerdo sustancial. En este caso, los valores más bajos del coeficiente ( $\leq 0,61$ ) corresponden a los diámetros BLCor (35,7%), MDCor (28,6%), MDCue (21,4%) y BLCue (14,3%), y ocurren en molares en el 85,7% de los casos (Tabla 6).

### Evaluación gráfica

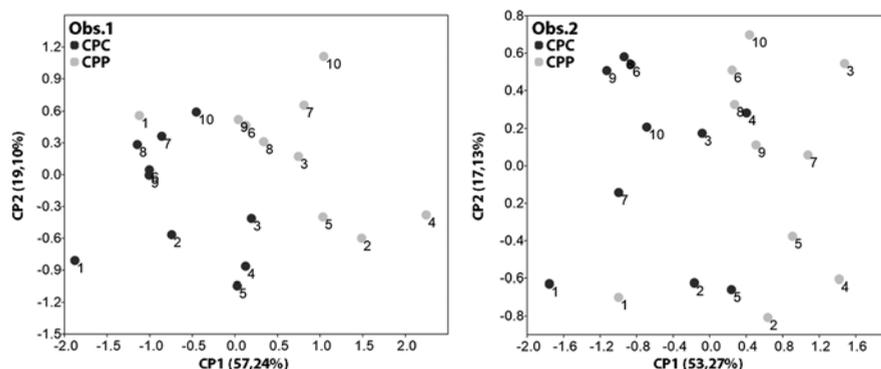
Para el análisis bivariado se presentan como ejemplo los gráficos correspondientes a las segundas medidas obtenidas con ambos calibres para la variable MDCor correspondientes a los caninos y a los segundos molares superiores (n = 10, elegidos al azar). Dicha elección pretende mostrar las distribuciones de las variables relevadas en un diente cuya medición presenta poca dificultad (caninos), dada su morfología estable y regular y su ubicación en el sector anterior de la boca, lo que facilita la toma de datos; en relación con las de otro, de morfología más compleja y ubicado en el sector posterior, cerca de la rama ascendente mandibular, lo cual puede complicar la ubicación del calibre en la posición adecuada. El gráfico de la Figura 3 muestra las distribuciones de las medidas obtenidas por cada observador con ambos calibres y se observa que las dimensiones dentales a partir del CPC tienden a ser de menor magnitud que aquellas relevadas con CPP. Asimismo, los desvíos estándar de las medidas de los segundos molares son mayores cuando se los compara en conjunto con los de los caninos, y también con aquellos generados a partir de las mediciones del CPC.

Para realizar los Análisis de Componentes Principales se seleccionaron otros diez casos al azar y se utilizaron como variables los diámetros BLCue y MDCue del segundo premolar y del primer molar, el diámetro BLCor del primer premolar y el diámetro MDCor del segundo molar. Estas variables fueron seleccionadas por ser aquellas que ofrecían la menor cantidad de datos perdidos y posibilitaban comparar un número adecuado de individuos.

Los gráficos presentan la dispersión de los individuos medidos con ambos calibres por cada observador (Figura 4). Independientemente del observador, los ordenamientos generados muestran un corrimiento de todos los individuos medidos con el CPC hacia el sector más negativo del primer componente (CP1), mientras que los medidos con el CPP se distribuyen hacia los valores positivos del mismo eje. Pese a este desplazamiento, las relaciones de similitud de los individuos en el espacio multivariado son relativamente similares, independientemente del calibre con el que fueron tomadas las medidas. Por ejemplo, los individuos 6, 8 y 9 se encuentran siempre agrupados (Figura 4).



**Figura 3.** Distribución de diez casos a partir de las medidas del diámetro mesiodistal de la corona de caninos y segundos molares, tomadas con los dos calibres por ambos observadores.



**Figura 4.** Análisis de Componentes Principales interinstrumental para ambos observadores.

## DISCUSIÓN

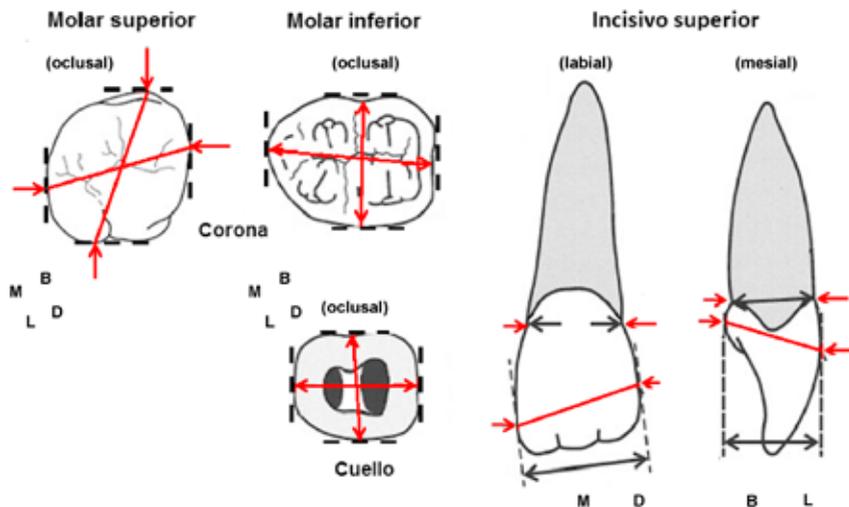
A nivel intraobservador, los resultados de los estadísticos indican que los observadores no introducen error sistemático o aleatorio, con ninguno de los dos calibres, prácticamente en ningún caso. Los escasos errores registrados fueron sistemáticos y generados por el CPC sobre cuello y corona, y comprometen a molares y premolares (Tabla 2). En cambio, el análisis interobservador muestra mayores porcentajes de error sistemático que en la evaluación anterior (Tabla 3). El CPC generó diferencias en cerca de la mitad de las pruebas de *T-p*, y se vieron afectados principalmente los diámetros mesiodistales de los molares. Los porcentajes de acuerdo más bajos registrados por el CCI para este calibre se expresaron en los diámetros mesiodistales de molares y premolares. En líneas generales, el CPP mostró mejores resultados en ambas pruebas respecto del anterior. El porcentaje de error sistemático fue menor y la mayor parte de variables comprometidas fueron los diámetros mesiodistales sobre el cuello de caninos, incisivos y premolares. El CCI exhibió

porcentajes más elevados de acuerdos casi perfectos y no registró valores moderados; los más bajos fueron sustanciales para los diámetros bucolinguales de los molares (Tabla 5).

Los resultados sugieren que, sin importar quién mida, el CPC tiende a generar más error sistemático y aleatorio que su análogo de puntas planas. Aunque en primera instancia puede plantearse que la experiencia de cada observador con cada calibre debe ser un factor determinante, los resultados del error intraobservador son bajos. Una parte importante del error generado por el uso del CPC está relacionado con la dificultad de

posicionar las puntas en los sectores de medición adecuados en todos los casos. Al ser muy pequeño el punto de contacto entre el diente y el instrumental, mínimas variaciones de posición pueden generar diferencias importantes en las medidas. Los resultados también indican que los diámetros mesiodista-

les en molares y premolares fueron las medidas más afectadas, situación esperable en piezas dentales de morfología irregular, como ya ha sido señalado en investigaciones previas (e.g., Kieser y Groeneveld 1991; Hillson *et al.* 2005). La dificultad de medición con este calibre está relacionada también con los problemas para posicionar la punta en los lugares adecuados sin que esta se deslice. Las puntas cónicas suelen resbalar sobre la superficie del esmalte, de manera que resulta difícil que dos observadores repliquen con exactitud la misma ubicación para obtener el mismo diámetro. En cambio, en el caso del CPP, el procedimiento resulta más sencillo, ya que lo único que debe garantizarse es mantener los bordes de las puntas en forma paralela u ortogonal al eje alveolar, según la medida que se desee tomar, y ubicar los dos puntos más extremos del elemento (Figura 5); en el caso del cuello, se suma además la necesidad de identificar el sector correspondiente a la unión del esmalte con el cemento. Como se observa en la Figura 5, este requerimiento no puede alcanzarse con el CPC, ya que la morfología dental impide obtener varias de las medidas ortogonales. No obstante, este último calibre está



**Figura 5.** Comparación de la ubicación de las medidas tomadas con el CPP (líneas punteadas y flechas negras) y con el CPC (líneas continuas y flechas rojas).

diseñado con el objetivo de obtener medidas en el punto medio del cuello de los dientes implantados, sector en el cual el CPP puede, en ocasiones, no acceder con precisión (Hillson *et al.* 2005). No es propósito de este trabajo postular las ventajas puntuales de un instrumental sobre otro, ya que, como fue señalado, cada uno presenta virtudes y problemas particulares. Aunque el CPP permite tomar medidas de modo más sencillo y replicable que su homólogo de puntas cónicas, esta situación es potencialmente subsanable con la adquisición de experiencia por parte del observador mediante la repetición de la toma de medidas.

La comparación de los resultados obtenidos por un mismo observador utilizando los dos calibres (*i.e.*, error interinstrumental) indica la existencia de errores sistemáticos y aleatorios de gran magnitud en ambos casos. Los análisis de *T-p* muestran diferencias significativas para todas las variables, y los del *CCI*, valores de acuerdo considerablemente menores respecto de aquellos obtenidos por medio de la evaluación intra-observador (Tabla 4). Según estos últimos resultados, las correlaciones más bajas se dieron en el diámetro mesiodistal del cuello de los molares, lo que se explica por el hecho de que el CPC alcanza sin inconvenientes el punto medio del cuello, o sea que mide los diámetros mínimos, mientras que las medidas del CPP son las de los diámetros máximos (Figura 5). Como tendencia general, es posible afirmar que el CPP produce mediciones de mayores dimensiones para todos los diámetros dentales, independientemente del tipo de diente relevado, como se observa en el ejemplo presentado en la Figura 3. Asimismo, los desvíos estándar de las medidas de los segundos molares son mayores cuando se las compara en conjunto con los de los caninos, y también aquellos generados a partir de las mediciones del CPC. Esta situación no es infrecuente y ha sido destacada por Hillson *et al.* (2005), quienes

señalan que los molares tienen puntos de referencia poco claros sobre los cuales basar las mediciones y que, por lo tanto, suelen obtenerse valores que presentan una alta dispersión.

La comparación multivariada por medio del Análisis de Componentes Principales muestra que las diferencias entre los calibres se ven principalmente a lo largo del CP1 (Figura 4). Además de ser el componente que mayor porcentaje de la varianza explica, el CP1 suele ser considerado un eje que re-

presenta mayoritariamente el tamaño, mientras que los subsecuentes CPs condensan la información correspondiente a la forma (Pilloud y Kenyhercz 2016). Teniendo en cuenta esto, es claro que las diferencias en los ordenamientos se deben principalmente a que con un calibre se obtienen sistemáticamente medidas más pequeñas (CPC) que con el otro (CPP). Asimismo, la información obtenida permite afirmar que, si bien no resulta adecuado desde el punto de vista heurístico incorporar datos generados con distintos calibres en una misma matriz, los resultados generados por cada uno de ellos son interpretables, en forma independiente, de la misma forma. En otras palabras, las tendencias generales observables mediante los componentes principales se mantienen, sin importar el tipo de instrumental que se utilice. En varios casos, las relaciones de proximidad entre individuos son similares cuando se comparan las dispersiones de datos obtenidos con ambos calibres (*e.g.*, individuos 6, 8 y 9) por lo que, en términos de biodistancias, ambos instrumentos generarían resultados similares, no en términos absolutos, pero sí relevantes desde una perspectiva comparativa.

## CONCLUSIONES

Las evaluaciones de error realizadas en este trabajo han permitido discutir algunas implicancias importantes acerca del instrumental que suele ser utilizado para estudios odontométricos. En primer lugar, a nivel intra- e interobservador, el calibre de punta cónica presenta mayores errores que su análogo de punta plana. Esto se debe a la forma en que se mide con el primero, es decir, a la imposibilidad de garantizar mediciones ortogonales o paralelas a la línea de los alveolos, para muchas de las variables. En segundo lugar, los calibres no miden exactamente los mismos diámetros, ya que el de punta cónica ofrece información sobre el diámetro

máximo en las coronas, mientras que en el cuello, algunas medidas se corresponden con el diámetro mínimo (Figura 5; Hillson *et al.* 2005). En contraste, el calibre de punta plana siempre toma los diámetros máximos, tanto en las coronas como en los cuellos. En tercer lugar, a pesar de estas consideraciones, los resultados multivariados son similares, lo que implica una tendencia hacia el mantenimiento de relaciones de similitud entre individuos fenotípicamente semejantes.

Teniendo en cuenta estos resultados, se destaca que puede ser adecuado incorporar datos de distintos observadores siempre que estos hayan utilizado el mismo tipo de calibre, aunque no combinar información obtenida a partir del relevamiento realizado con calibres diferentes en un mismo análisis. Por último, independientemente del calibre utilizado, los análisis multivariados efectuados con cada tipo de instrumental son comparables en términos relativos, ya que las tendencias observadas son similares. En definitiva, los resultados de este trabajo plantean la posibilidad de diseñar estudios odontométricos a gran escala, mediante la integración de bases de datos generadas con un mismo tipo de instrumental y diferentes investigadores. Las interpretaciones de conjuntos de datos relevados con calibres diferentes deberían ser realizadas solo en términos comparativos.

### Agradecimientos

A la Prof. Lic. Claudia Aranda (jefa del Área de Antropología Biológica al momento de realizar las mediciones), Julia De Stéfano y Karina Zuccala por su colaboración para acceder a las muestras relevadas. A los Dres. S. Ivan Perez y Valeria Bernal por sus comentarios acerca del uso de los estadísticos y por el préstamo de uno de los calibres. A los revisores anónimos, que contribuyeron a mejorar sustancialmente este trabajo. La presente investigación pudo ser desarrollada gracias al financiamiento otorgado por ANPCyT (PICT 2015-3645) y CONICET (PIP 2012/2014-0122).

### REFERENCIAS CITADAS

- Aranda, C. y L. Luna  
2014 Inventario y reasociación de restos humanos en el área de Antropología Biológica del Museo Etnográfico J. B. Ambrosetti (Universidad de Buenos Aires, Argentina). Implicancias para el tratamiento respetuoso de las colecciones y para las investigaciones bioarqueológicas. En *Avances recientes de la bioarqueología latinoamericana*, editado por L. Luna, C. Aranda y J. Suby, pp. 337-357. Grupo de Investigación en Bioarqueología, Buenos Aires.
- Bernal, V., P. González, I. Perez y M. Del Papa  
2004 Evaluación del error intraobservador en bioarqueología. *Intersecciones en Antropología* 5: 129-140.
- David, H. y J. Gunnink  
1997 The Paired t Test under Artificial Pairing. *The American Statistician* 51 (1): 9-12.
- Hair, J., R. Anderson, R. Tatham y W. Black  
1999 *Análisis multivariante*. Prentice Hall, Madrid.
- Hanihara, T. y H. Ishida  
2005 Metric Dental Variation of Major Human Populations. *American Journal of Physical Anthropology* 128: 287-298.
- Harris, E.  
2008 Statistical Applications in Dental Anthropology. En *Technique and Application in Dental Anthropology*, editado por J. Irish y G. Nelson, pp. 35-67. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hemphill, B.  
2016 Assessing Odontometric Variation among Populations. En *A Companion to Dental Anthropology*, editado por D. Irish y G. Scott, pp. 311-336. John Wiley & Sons, Nueva York.
- Hillson, S.  
1996. *Dental Anthropology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hillson, S., C. FitzGerald y H. Flinn  
2005 Alternative Dental Measurements: Proposals and Relationships with other Measurements. *American Journal of Physical Anthropology* 126: 413-426.
- Jamison, P. y R. Ward  
1993 Brief Communication: Measurement Size, Precision, and Reliability in Craniofacial Anthropometry: Bigger is Better. *American Journal of Physical Anthropology* 90 (4): 495-500.
- Kieser, J.  
2008 *Human Adult Odontometrics. The Study of Variation in Adult Tooth Size*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kieser, J. y H. Groeneveld  
1991 The Reliability of Human Odontometric Data. *The Journal of the Dental Association of South Africa* 46: 267-270.
- Landis, J. y G. Koch  
1977 The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics* 33 (1): 159-174.
- Luna, L. y G. Flensburg  
2017 Determinación del sexo a través de la métrica dental en cazadores recolectores de la transición Pampeano-Patagónica oriental. *Revista del Museo de Antropología de Córdoba* 10 (1): 53-60.

- Luna, L., G. Flensburg y G. Martínez  
2017 Relaciones biológicas en grupos cazadores-recolectores de la transición Pampeano-Patagónica oriental (Argentina) durante el Holoceno Tardío. Aportes desde la Métrica Dental. *Revista Argentina de Antropología Biológica* 19 (2): 1-14.
- Mayhall, J.  
2000 Dental Morphology: Techniques and Strategies. En *Biological Anthropology of the Human Skeleton*, editado por M. Katzemberg y S. Saunders, pp. 103-134. Wiley-Liss, Nueva York.
- Mitsea, A., K. Moraitis, G. Leon, K. Nicopoulou-Karayianni y C. Spiliopoulou  
2014 Sex Determination by Tooth Size in a Sample of Greek Population. *HOMO-Journal of Comparative Human Biology* 65: 322-329.
- Passalacqua, K.  
2015 An investigation of Late Woodland and Mississippian biological relationships using odontometric and dental non-metric trait analyses. Doctoral dissertation, Indiana University.
- Perez, I., P. González, V. Bernal, M. Del Papa, A. Barreiro, C. Negro y L. Martínez  
2004 El error de observación y su influencia en los análisis morfológicos de restos óseos humanos. *Revista Argentina de Antropología Biológica* 6: 61-75.
- Pilloud, M. y J. Hefner  
2016 *Biological Distance Analysis: Forensic and Bioarchaeological Perspectives*. Academic Press, Nueva York.
- Pilloud, M. y M. Kenyhercz  
2016 Dental Metrics in Biodistance Analysis. En *Biological Distance Analysis: Forensic and Bioarchaeological Perspectives*, editado por M. Pilloud y J. Hefner, pp. 135-155. Elsevier, Nueva York.
- Pinhasi, R., V. Eshed y N. von Cramon-Taubadel  
2015 Incongruity between Affinity Patterns Based on Mandibular and Lower Dental Dimensions Following the Transition to Agriculture in the Near East, Anatolia and Europe. *PLoS ONE* 10 (2): e0117301.
- Serna, A., L. D'Addona y I. Perez  
2013 Precisión y replicabilidad de una aproximación no discreta al estudio de las modificaciones artificiales del cráneo. *Intersecciones en Antropología* 14 (2): 477-481.
- Shapiro, S. y M. Wilk  
1965 An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika* 52 (3-4): 591-611.
- Utermohle, C., S. Zegura y G. Heathcote  
1983 Multiple observers, humidity, and choice of precision statistics: factors influencing craniometric data quality. *American Journal of Physical Anthropology* 61: 85-95.
- Viciano, J., R. D'Anastasio y L. Capasso  
2015 Odontometric Sex Estimation on Three Populations of the Iron Age from Abruzzo Region (Central-Southern Italy). *Archives of Oral Biology* 60: 100-115.
- Zar, J.  
1999 *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, Nueva York.