Asociación entre la densidad mineral ósea y la morfometría esquelética: evidencia a partir de perímetros y diámetros óseos en deportistas universitarios

Association between bone mineral density and skeletal morphometry: evidence from bone perimeters and diameters in college athletes

Autores

Ricardo López-García [1]
José Omar Lagunes-Carrasco [1]
Luis Enrique Carranza-García [1]
Andrés Aquilino Castro-Zamora [2]
Luis Alberto Flores-Olivares [3]

[1] Universidad Autónoma de Nuevo León (México)
[2] Universidad Estatal de Sonora (México)
[3] Universidad Autónoma de Chihuahua (México)

Autor de correspondencia:
Ricardo López García
ricardo.lopezgr@uanl.edu.mx

Cómo citar en APA

López García, R., Lagunes Carrasco, J. O., Carranza García, L. E., Castro Zamora, A. A., & Flores Olivares, L. A. (2025). Asociación entre la densidad mineral ósea y la morfometría esquelética: evidencia a partir de perímetros y diámetros óseos en deportistas universitarios. *Retos*, *71*, 429–440. https://doi.org/10.47197/retos.v71.114032

Resumen

Introducción: La mineralización ósea está influenciada por factores como la alimentación, la actividad física, la genética y la composición corporal.
Objetivo: el objetivo que nos planteamos en este estudio fue relacionar la densidad mineral ósea (DMO) con la morfometría esquelética (perímetros y diámetros óseo) en deportistas universitarios.
Metodología: Participaron 275 atletas (111 hombres y 164 mujeres), a quienes se les realizaron mediciones antropométricas, de composición corporal y DMO.
Resultados: En los hombres, se encontró una alta correlación entre el diámetro del húmero (r= .613; p= .000) y el perímetro del brazo flexionado (r= .645; p= .000) con la DMO del brazo. En las mujeres, las correlaciones fueron moderadas para el diámetro del húmero (r= .427; p= .000), el perímetro del brazo relajado (r= .538; p= .000), el brazo flexionado (r= .582; p= .000) y el antebrazo (r= .544; p= .000). En la región de la pierna, los hombres presentaron correlaciones moderadas entre la DMO y el perímetro del muslo (r= .490; p= .000) y la pierna (r= .415; p= .000), mientras que en las mujeres la correlación más relevante se observó entre el diámetro del fémur y la DMO de la pierna (r= .432; p= .000).
Conclusiones: Se concluye que un mayor diámetro óseo y mayores perímetros musculares en las extremidades pueden estar asociados con una mayor DMO.

Palabras clave

Antropometría, atletas, diámetros óseos, densidad mineral ósea, DXA.

Abstract

Introduction: Bone mineralization is influenced by factors such as diet, physical activity, genetics and body composition.
Objective: The objective of this study was to relate bone mineral density (BMD) with skeletal morphometry (bone diameters and perimeters) in university athletes.
Methodology: A total of 275 athletes (111 men and 164 women) participated and underwent anthropometric, body composition and BMD measurements.
Results: In men, a high correlation was found between humerus diameter (r= .613; p= .000) and flexed arm circumference (r= .645; p= .000) with arm BMD. In women, correlations were moderate for humerus diameter (r= .427; p= .000), relaxed arm circumference (r= .538; p= .000), flexed arm (r= .582; p= .000) and forearm (r= .544; p= .000). In the leg region, men presented moderate correlations between BMD and thigh (r= .490; p= .000) and leg (r= .415; p= .000), circumference, while in women the most relevant correlation was observed between femur diameter and leg BMD (r= .432; p= .000).
Conclusions: It is concluded that greater bone diameter and greater muscle perimeters in the extremities may be associated with greater BMD.

Keywords

Anthropometry, athletes, bone diameters, bone mineral density, DXA.

Introducción

La densidad mineral ósea (DMO) es un indicador clave de la salud esquelética, ya que representa la cantidad de minerales, especialmente calcio, presente en el hueso (Bristow et al., 2014; Reid et al., 2008). Una mayor DMO actúa como factor protector frente a enfermedades como la osteopenia y la osteoporosis, las cuales aumentan el riesgo de fracturas, especialmente por caídas en personas de edad avanzada (Porthouse et al., 2004; Zwart et al., 2011). La mineralización ósea está influida por diversos factores que pueden favorecer el mantenimiento o incremento de la DMO. Entre ellos se encuentran la práctica regular de actividad física (Palma Pulido et al., 2024), una alimentación adecuada, particularmente una dieta rica en calcio y vitamina D (Fassio et al., 2018; Neglia et al., 2016), la abstinencia del consumo de alcohol y tabaco (S Abukhadir et al., 2013; Chen et al., 2013), el correcto funcionamiento del sistema endocrino (Valdmanis et al., 2008), así como la predisposición genética, que también juega un papel fundamental en la mineralización ósea (Chen et al., 2013; Valdmanis et al., 2008).

Además, diversos estudios han evidenciado una asociación entre la DMO y variables de la composición corporal, como la masa corporal total, el índice de masa corporal (IMC), la masa grasa y la masa magra. Se ha observado que personas con un IMC en rango de sobrepeso (25–29,9 kg/m^2) u obesidad (30–39,9 kg/m^2) tienden a presentar mayores niveles de DMO (Barger-Lux & Heaney, 2005; Espallargues et al., 2002; García et al., 2021; Shapses & Riedt, 2006), lo cual puede atribuirse, en muchos casos, a un mayor contenido de masa magra o masa muscular (García et al., 2021), que incrementa la carga mecánica sobre el hueso y estimula su remodelación.

La estructura corporal también ha sido objeto de estudio en relación con la salud ósea. Diferencias morfológicas observadas entre grupos étnicos y entre géneros incluyen variaciones en talla, masa corporal, perímetros, pliegues cutáneos y diámetros óseos (Kagawa et al., 2007), las cuales podrían estar influenciadas por factores hormonales, ambientales y genéticos (Wulan et al., 2010). En este contexto, se ha planteado que tanto la composición corporal como la estructura esquelética pueden relacionarse con el volumen del hueso y, en consecuencia, con su resistencia (Szulc et al., 2006). Por ejemplo, los hombres, quienes suelen presentar una mayor anchura ósea, tienden a experimentar una menor incidencia de fracturas en comparación con las mujeres (Nieves et al., 2005; Rivadeneira et al., 2004). Asimismo, se ha reportado que los individuos con fracturas presentan diámetros femorales más estrechos que aquellos sin antecedentes de fractura (Beck et al., 1996; Giladi et al., 1987).

La DMO se evalúa habitualmente mediante densitometría ósea por absorciometría dual de rayos X (DXA), que proporciona una medida areal (g/cm^2) basada en el contenido mineral óseo dentro de una región específica (Cummings et al., 1994; Beck et al., 1993). No obstante, esta técnica no estima directamente el diámetro óseo ni los perímetros corporales de la zona analizada, lo que limita su capacidad para reflejar completamente la estructura tridimensional del hueso. Por su parte, la antropometría ofrece herramientas prácticas y estandarizadas para estimar la morfometría esquelética mediante mediciones de perímetros y diámetros óseos (Esparza-Ros et al., 2019), que pueden aportar información adicional sobre la complexión y la robustez del esqueleto.

Estudios previos han vinculado el grosor del hueso con la DMO utilizando métodos como la tomografía computarizada (TC) (Guglielmi et al., 2006) y la tomografía computada cuantitativa (QCT) (Boivin & Meunier, 2002; Szulc et al., 2004; Szulc et al., 2006). Sin embargo, son escasos los trabajos que han empleado protocolos antropométricos reconocidos, como los de la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK), para examinar esta asociación a partir de mediciones de diámetros óseos y perímetros corporales (Arazi et al., 2016; Deng et al., 2021; Meybodi et al., 2011; Zaki, 2014). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue analizar la relación entre la densidad mineral ósea y la morfometría esquelética en una muestra de deportistas universitarios.

Método

Participantes

En un diseño de tipo comparativo y correlacional, participaron un total de 111 hombres (21.25 ± 1.80 años de edad) y 164 mujeres (20.79 ± 2.12 años de edad) deportistas de nivel universitario del representativo de la Universidad Autónoma de Nuevo León (México). A todos los deportistas se les informó

el protocolo del estudio, para lo cual tuvieron que firmar una carta de consentimiento informado. El estudio fue registrado en los proyectos de la Facultad de Organización Deportiva (FOD) de la Universidad Autónoma de Nuevo León de acuerdo con las leyes y regulaciones nacionales e internacionales vigentes que controlan el uso de participantes humanos (Declaración de Helsinki II). Para ser incluidos en el estudio, los participantes debían cumplir con los siguientes criterios: asistencia superior al 90 % de las sesiones de entrenamiento, al menos dos años de experiencia en competición, y ausencia de lesiones al momento de las evaluaciones.

Procedimiento

El protocolo que se llevado a cabo con los sujetos para las mediciones consistió en asistir al laboratorio con mínima vestimenta, no aportar objetos de metal en el cuerpo, tener un ayuno de más de 4 horas, y se les prohibió realizar actividad física durante los días de las mediciones. Se contó con tres personas certificadas (nivel 2) y una persona certificado (nivel 3) por la International Society for the Advancement of Kinanthropometry/Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK), se siguieron las normas del protocolo del manual, que establece realizar mediciones del lado derecho del sujeto, se toma las medidas por duplicado, el error técnico de medición intra-evaluador se consideró menor de 5% para pliegues y del 1% para las demás medidas, mayores a esos valores se les realizó una tercera medición (Esparza-Ros et al., 2019).

Mediciones básicas y composición corporal

Se evaluaron la masa corporal, la talla y el porcentaje de grasa corporal. La masa corporal y el porcentaje de grasa se determinaron mediante una báscula bioimpedancia Tanita TBF-410 (rango: 0–200 kg; precisión: ±0,01 kg). La talla se midió con un estadiómetro portátil Seca 213 (rango: 20–205 cm; precisión: ±5 mm). A partir de estos valores, se calculó el índice de masa corporal (IMC) utilizando la fórmula: masa (kg) / [talla (m)]^2.

Mediciones antropométricas (morfometría esquelética)

Se midieron diámetros óseos y perímetros corporales en brazos, piernas, cadera y tronco. Los diámetros óseos se midieron utilizando un antropómetro de ramas cortas (modelo Campbell 10) y largas (modelo Campbell 20) de la marca Tommy (Rosscraft), mientras que los perímetros se midieron con una cinta antropométrica flexible Lufkin.

En los brazos se determinó el diámetro biepicondíleo del húmero, midiendo la distancia lineal entre los epicóndilos medial y lateral del húmero. Asimismo, se evaluaron el perímetro del brazo relajado a nivel del punto medio acromiale-radiale, el perímetro del brazo flexionado a nivel del punto de máxima circunferencia del bíceps contraído, y el perímetro del antebrazo, medido en la parte de mayor circunferencia distal a los epicóndilos humerales, en todos los casos de forma perpendicular al eje longitudinal del segmento (Esparza-Ros et al., 2019).

En las piernas se midió el diámetro biepicondíleo del fémur, correspondiente a la distancia entre los cóndilos medial y lateral. Los perímetros evaluados incluyeron el del muslo, medido en el punto medio entre el patellare y el punto inguinal; y el de la pierna, medido en su parte de mayor circunferencia a nivel del pliegue de la pierna, ambos perpendiculares al eje longitudinal del miembro (Esparza-Ros et al., 2019).

Para la región de la cadera, se midió el diámetro biiliocrestal, definido como la distancia entre los puntos más laterales de las crestas ilíacas. El perímetro de la cadera se midió en la prominencia glútea posterior máxima, perpendicular al eje longitudinal del tronco (Esparza-Ros et al., 2019).

Finalmente, en el tronco se evaluó el perímetro de la cintura, medido en la parte más estrecha del abdomen, situada entre el borde inferior de la décima costilla y la parte superior de la cresta ilíaca, perpendicular al eje longitudinal del cuerpo (Esparza-Ros et al., 2019).

Densidad mineral ósea

Fue evaluada el mismo día que se los toma mediciones antropométricas por absorciometría dual de rayos X (DXA) modelo (M) ([GE Healthcare Lunar Technology bone radiodensitometry] con software enCORE Modelo LU43616ES), operado por personal certificado. Para escanear el cuerpo, el sujeto se colocó en posición supina en la plataforma del DXA. Se evaluó la DMO de los brazos, piernas y caderas.

Los brazos y piernas se evaluaron en ambos lados (derecho e izquierdo) obteniendo el valor medio de ambos. El software de la DXA arrojó la cantidad de gramos de mineral en un área cuadrado de la región del hueso, obteniendo así la DMO (g/cm2).

Análisis de datos

Los datos fueron analizados en el paquete estadístico SPSS (versión 25.0). Se hizo un análisis descriptivo de los datos para obtener las medias y la desviación estándar (media ± desviación estándar) de las variables de las mediciones básicas, composición corporal, mediciones antropométricas (morfometría Esquelética) y de la DMO. Para comparar las mediciones básicas, composición corporal, mediciones antropométricas (morfometría Esquelética) y densitométricas entre hombres y mujeres, se aplicó una prueba t para muestras independientes (Student's t-test), considerando un nivel de significancia de $p < .05$. Asimismo, se estimó el tamaño del efecto mediante el coeficiente d de Cohen, con el propósito de cuantificar la magnitud de las diferencias observadas, considerando como umbrales de interpretación: pequeño (0.2), moderado (0.5) y grande (≥ 0.8). Para la prueba de correlación se usó el análisis de Pearson, relacionando las variables de las DMO con las mediciones antropométricas (morfometría Esquelética), en el que se consideró un coeficiente de correlación baja (0.2 a 0.4), moderada (0.4 a 0.6), alta (0.6 a 0.8) y muy alta (0.8 a 1.0). El valor de significancia fue establecido en un valor de $p < .05$.

Resultados

Se midieron un total de 111 hombres y 164 mujeres deportistas, en la que se muestra en la tabla 1, los resultados descriptivos de las mediciones básicas, composición corporal, mediciones antropométricas (morfometría esquelética) y de la DMO de hombres y mujeres, encontrándose diferencias altamente significativas ($p < .001$) a favor del grupo de los hombres en la talla ($t = 13.192$, $d = 1.621$), en la composición corporal como la masa corporal ($t = 9.434$, $d = 1.160$) con tamaños del efecto grandes. El índice de masa corporal también fue significativamente mayor en hombres ($t = 3.007$, $p = .003$, $d = 0.370$), aunque con un efecto más moderado. Respecto al porcentaje graso, fue significativamente menor en hombres ($t = -13.484$, $p < .001$, $d = -1.657$), indicando diferencias sustanciales en la distribución y proporción de masa magra.

En las mediciones antropométricas (morfometría Esquelética) que se presentan en la tabla 1, los hombres presentaron mayores valores en medidas de diámetros óseos y perímetros en los brazos y piernas, destacando diferencias con tamaños del efecto muy grandes en el diámetro del húmero ($t = 15.702$, $d = 1.930$), perímetro de brazo relajado ($t = 10.840$, $d = 1.330$), perímetro de brazo flexionado ($t = 15.253$, $d = 1.875$), perímetro del antebrazo ($t = 18.319$, $d = 2.252$). Y en las piernas se observaron diferencias significativas en el diámetro del fémur ($t = 9.333$, $d = 1.147$), perímetro del muslo ($t = 3.116$, $p = .002$, $d = 0.383$), perímetro de la pierna ($t = 5.758$, $d = 0.708$). Asimismo, las medidas de la cadera y tronco, como es el diámetro biiliocrestal y el perímetro de cintura también mostraron diferencias significativas a favor de los hombres (biiliocrestal: $t = 4.999$, $d = 0.614$; cintura: $t = 8.393$, $d = 1.032$).

En la DMO (Tabla 1), se arrojaron altamente significancias ($p < .001$) a favor de los hombres en los brazos ($t = 13.530$, $d = 1.663$), piernas ($t = 9.908$, $d = 1.218$), cadera ($t = 3.919$, $p < .001$, $d = 0.482$) y cuerpo total ($t = 7.311$, $d = 0.899$).

Tabla 1. Resultados descriptivos, análisis de la prueba t para muestras independientes (Student's t-test), y el tamaño del efecto de la prueba de coeficiente de d de Cohen, de las mediciones básicas, composición corporal, mediciones antropométricas (morfometría esquelética) y de la DMO entre ambos géneros.

	Hombres (n = 111)	Mujeres (n = 164)	t	p	Cohen's d
Mediciones básicas					
Edad (años)	21,25 ± 1,80	20,80 ± 2,12	1.84	0.067	0.23
Talla (cm)	173,83 ± 8,05	162,12 ± 6,59	13.19	< .001	1.62
Composición corporal					
Masa corporal (kg)	74,95 ± 13,53	61,70 ± 9,74	9.43	< .001	1.16
IMC (kg/m2)	24,71 ± 3,66	23,44 ± 3,27	3.01	0.003	0.37
Porcentaje grasa	19,43 ± 6,09	28,92 ± 5,46	-13.48	< .001	-1.66
Mediciones antropométricas					
Brazos (cm)					
Diámetro del húmero	7,11 ± ,51	6,17 ± ,46	15.70	< .001	1.93

Perímetro del brazo relajado	31,40 ± 3,41	27,25 ± 2,90	10.84	< .001	1.33
Perímetro del brazo flexionado	33,34 ± 3,17	27,92 ± 2,68	15.25	< .001	1.88
Perímetro del antebrazo	27,16 ± 1,96	23,14 ± 1,64	18.32	< .001	2.25
Piernas (cm)					
Diámetro del fémur	9,94 ± ,64	9,20 ± ,65	9.33	< .001	1.15
Perímetro del muslo medio	53,01 ± 4,76	51,20 ± 4,71	3.12	0.002	0.38
Perímetro de la pierna	36,51 ± 2,94	34,67 ± 2,33	5.76	< .001	0.71
Cadera (cm)					
Diámetro biiliocrestal	28,39 ± 2,54	27,10 ± 1,5	5.00	< .001	0.61
Perímetro de la cadera	96,00 ± 7,42	95,73 ± 6,19	0.32	0.751	0.04
Tronco (cm)					
Perímetro de la cintura	80,05 ± 9,08	71,5 ± 7,25	8.39	< .001	1.03
DMO (g/cm²)					
Brazos	1,082 ± ,128	0,908 ± ,084	13.53	< .001	1.66
Piernas	1,444 ± ,129	1,297 ± ,114	9.91	< .001	1.22
Cadera	1,290 ± ,154	1,221 ± ,132	3.92	< .001	0.48
Cuerpo total	1,359 ± ,116	1,265 ± ,096	7.31	< .001	0.90

Nota; los datos se presentan como promedio ± desviación estándar; n: número de muestra; cm: centímetros; kg: kilogramos; IMC: índice de masa corporal; kg/m²: kilogramos sobre metros cuadrados; DMO: densidad mineral ósea; g/cm²: gramos sobre centímetros cuadrados

Las correlaciones entre los diámetros de los huesos y perímetros corporales con la DMO, mostraron asociaciones positivas entre todas las variables (Tabla 2). En los hombres, se evidenciaron correlaciones altas en los brazos con el diámetro del húmero (r= .613; p= .000) y perímetro del brazo flexionado (r= .645; p= .000) con la DMO de los brazos (Figura 1), y correlaciones moderadas en el perímetro del brazo relajado (r= .553; p= .000) y perímetro del antebrazo (r= .560; p= .000) con la DMO de los brazos (Figura 1). Igualmente, en las piernas, los hombres se encontraron correlaciones moderadas en el perímetro del muslo medio (r= .490; p= .000) y perímetro de la pierna (r= .415; p= .000) con la DMO de las piernas (Figura 2), y correlaciones bajas en el diámetro de fémur (r= .303; p= .001) con la DMO de las piernas.

En las mujeres (Tabla 2), en los brazos se encontraron correlaciones moderadas en el diámetro del húmero (r= .427; p= .000), perímetro de brazo relajado (r= .538; p= .000), perímetro del brazo flexionado (r= .582; p= .000) y perímetro del antebrazo (r= .544; p= .000) con la DMO de los brazos (Figura 3). En las piernas, se observaron correlaciones moderadas en el diámetro del fémur (r= .432; p= .000) con la DMO de las piernas (Figura 4), y correlaciones bajas en el perímetro del muslo medio (r= .367; p= .000) y perímetro de la pierna (r= .385; p= .000) con la DMO de las piernas. En la zona de las caderas (Tabla 2), los hombres y las mujeres se hallaron correlaciones bajas en el perímetro de las caderas (r= .274; p= .004 y r= .254; p= .001) con la DMO de las caderas. Y en el perímetro de la cintura, las mujeres observaron correlaciones bajas (r= .225; p= .004) con la DMO de las caderas.

Tabla 2. Análisis de correlación de Pearson entre la DMO con las mediciones antropométricas (morfometría esquelética).

		Hombres (n = 111)	Mujeres (n = 164)
Región del cuerpo		DMO (g/cm²)	
Brazos (cm)		DMO de los brazos	
Diámetro del húmero	r	,613*	,427*
Perímetro del brazo relajado	r	,553*	,538*
Perímetro del brazo flexionado	r	,645*	,582*
Perímetro del antebrazo	r	,560*	,544*
Piernas (cm)		DMO de las piernas	
Diámetro del fémur	r	,303*	,432*
Perímetro del muslo medio	r	,490*	,367*
Perímetro de la pierna	r	,415*	,385*
Cadera (cm)		DMO de la cadera (pelvis)	
Diámetro biiliocrestal	r	,123	,135
Perímetro de la cadera	r	,274*	,254*
Tronco (cm)		DMO de la cadera (pelvis)	
Perímetro de la cintura	r	,145	,225*

Nota; n: número de muestra; cm: centímetros; DMO: densidad mineral ósea; g/cm²: gramos sobre centímetro cuadrados; cm: centímetros; r: Coeficiente de Pearson. * $p < .05$

Figura 1. Relación de la DMO de los brazos con las mediciones antropométricas (morfometría esquelética) del diámetro del humero, perímetros de brazo relajado, brazo flexionado y antebrazo en hombres.

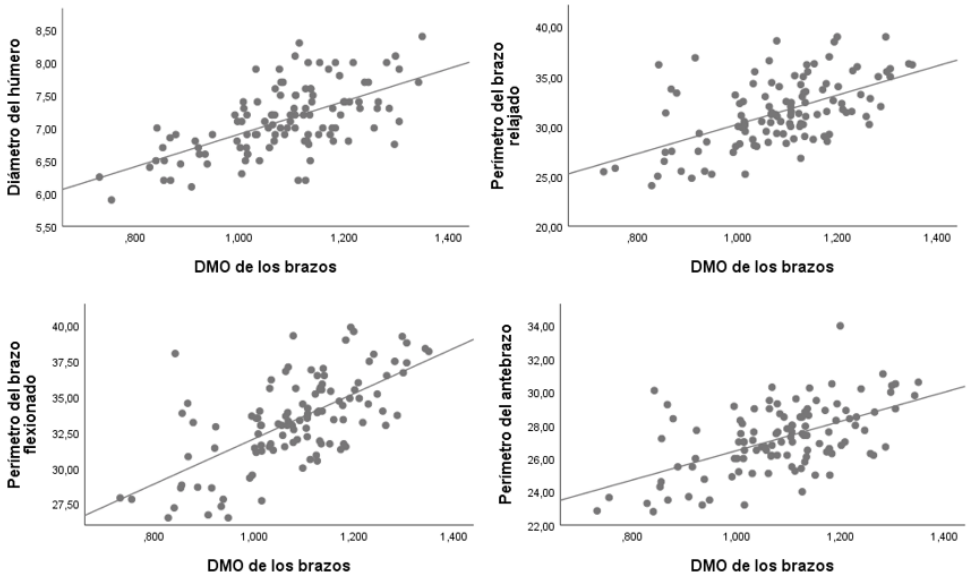


Figura 2. Relación de la DMO de las piernas con las mediciones antropométricas (morfometría esquelética) de los perímetros del muslo medio y pierna en hombres.

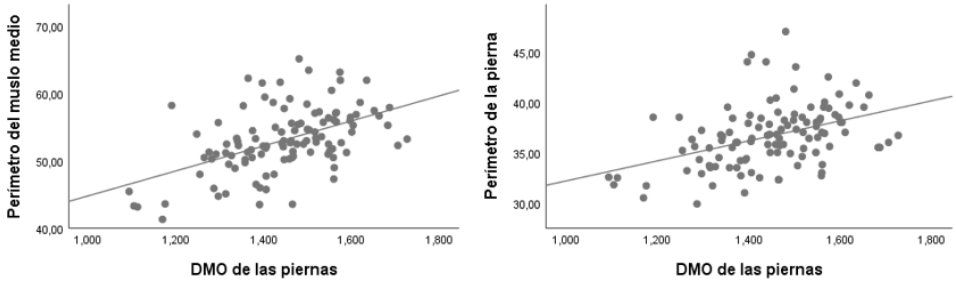
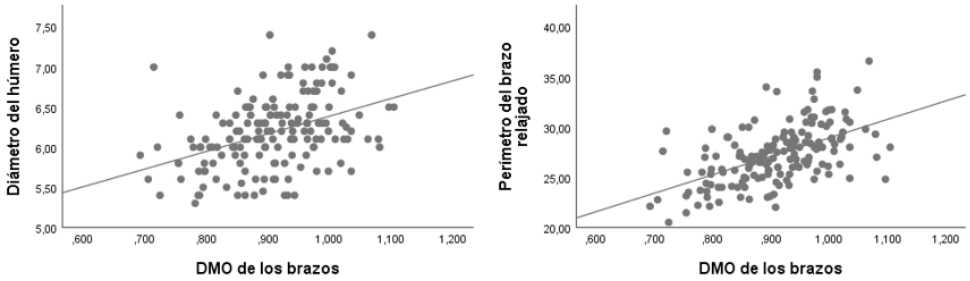


Figura 3. Relación de la DMO de los brazos con las mediciones antropométricas (morfometría esquelética) del diámetro del humero, perímetros de brazo relajado, brazo flexionado y antebrazo en mujeres.



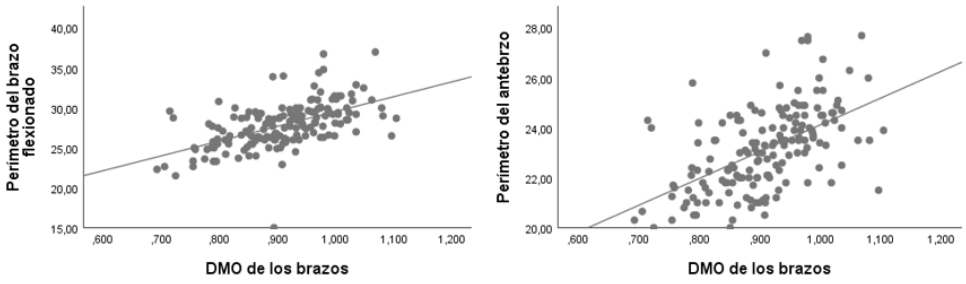
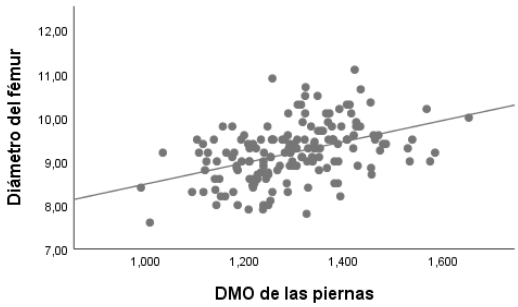


Figura 4. Relación de la DMO de las piernas con las mediciones antropométricas (morfometría esquelética) del diámetro del fémur en mujeres.



Discusión

Existen pocos estudios que relacionen directamente las mediciones antropométricas con la densidad mineral ósea (DMO). La mayoría de las investigaciones han evaluado el ancho del hueso mediante equipos como la absorciometría dual de rayos X (DXA), la tomografía computarizada (CT) y la tomografía computarizada cuantitativa (QCT). En el presente estudio, se analizó la morfometría esquelética a través de mediciones antropométricas como el diámetro óseo y los perímetros corporales de brazos, piernas y caderas, y su relación con la DMO.

Los primeros resultados mostraron que ambos sexos presentaron un índice de masa corporal (IMC) dentro del rango de normopeso (18,5 a 24,9), de acuerdo con los criterios establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). En cuanto al perímetro de cintura, los hombres registraron un promedio de 80,05 cm y las mujeres 71,75 cm, ambos valores dentro del rango normal (hombres < 95 cm; mujeres < 82 cm) según la misma fuente (OMS). Respecto al diámetro del húmero, los hombres presentaron un valor promedio de 7,11 cm y las mujeres de 6,17 cm, ubicándose ambos dentro del rango de complexión mediana (hombres: 6,6–7,9 cm; mujeres: 5,6–6,8 cm), según los criterios antropométricos de Frisancho (1984). De manera general, los hombres mostraron valores más altos que las mujeres en todas las mediciones antropométricas (diámetros óseos y perímetros corporales) y en los niveles de DMO, lo que sugiere que una mayor estructura corporal o una complexión ósea más robusta podría estar asociada con una mayor densidad ósea.

Los hallazgos más destacados se observaron en las mediciones de los brazos. En los hombres, se encontraron correlaciones altas entre el diámetro del húmero y el perímetro del brazo flexionado con la DMO del brazo. Asimismo, se observaron correlaciones moderadas tanto en hombres como en mujeres entre el perímetro del brazo relajado y el del antebrazo con la DMO del brazo. Estos resultados coinciden con lo reportado por Nicks et al. (2012), quienes hallaron que una mayor estructura ósea en el radio se asocia con mayor DMO trabecular y cortical en hombres y mujeres. Igualmente, Haapasalo et al. (2000) encontraron que tenistas masculinos presentaban un mayor espesor cortical y mayor área transversal del húmero y radio en comparación con un grupo control, lo cual resultó en mayor DMO. Por otro lado, Szulc et al. (2006) observaron que, aunque los hombres mayores (50–80 años) presentaban mayor área ósea en el radio y la ulna que los hombres jóvenes (35–50 años), su DMO era menor, probablemente debido al aumento de la porosidad cortical asociado al envejecimiento (Pistoia et al., 2003; Zebaze et al., 2014).

En cuanto a las extremidades inferiores, se encontraron correlaciones moderadas entre el perímetro del muslo medio y el perímetro de la pierna con la DMO de las piernas en hombres, lo que sugiere que un mayor volumen muscular en estas regiones puede beneficiar la densidad ósea. En mujeres, se observó una correlación moderada entre el diámetro del fémur y la DMO de las piernas, lo cual indica que una mayor anchura femoral podría estar asociada con una mayor mineralización ósea en esta zona. Estos hallazgos concuerdan con los estudios de Nieves et al. (2005), quienes observaron que los hombres presentan mayor área ósea en el trocánter mayor, el cuello anatómico del fémur, el fémur proximal total y el tercio distal de la tibia, y, en consecuencia, mayor DMO. Hallazgos similares fueron reportados por Henry & Eastell (2000) y Ng et al. (2006), quienes también encontraron que los hombres tienden a tener una mayor área ósea y, por ende, mayor DMO en el cuello del fémur y trocánter mayor. Sin embargo, los beneficios de una mayor área ósea pueden atenuarse con la edad, como lo mostró Szulc et al. (2006), donde una mayor área no compensó la pérdida de densidad asociada al envejecimiento.

En las regiones de la cadera y la cintura, no se encontraron correlaciones moderadas ni altas entre las mediciones antropométricas (diámetro biiliocrestal, perímetro de cadera y perímetro de cintura) y la DMO de la cadera. A pesar de ello, algunos estudios como el de Ng et al. (2006) han reportado que una mayor área pélvica puede asociarse con una DMO más elevada. Por otro lado, Kagawa et al. (2007) encontraron que hombres australianos, quienes presentaban un mayor perímetro de cintura en comparación con hombres japoneses, también mostraban una mayor DMO, lo cual sugiere una posible relación positiva entre estas variables.

Cabe destacar que un mayor perímetro muscular puede estar condicionado por la complexión esquelética. Es decir, una mayor anchura ósea, determinada genéticamente, puede facilitar el desarrollo de masa muscular y, por consiguiente, aumentar la DMO, como lo demuestran los resultados de este estudio y los reportados en la literatura (Luna-Villouta et al., 2022; Dantas et al., 2025). Además, una mayor masa muscular suele estar asociada con mayor fuerza muscular, relación que a su vez se vincula positivamente con una mayor mineralización ósea (da Costa et al., 2025; Hernández-Davó et al., 2021; Ortega et al., 2025; Seabra et al., 2012). Asimismo, diversos estudios han sugerido que el grosor óseo puede ser un predictor fiable de una DMO elevada (Haapasalo et al., 2000; Henry & Eastell, 2000; Nicks et al., 2012; Nieves et al., 2005). No obstante, también debe considerarse el papel de la composición corporal y el IMC, que pueden tener efectos beneficiosos sobre la densidad ósea (Luna-Villouta et al., 2022; Dantas et al., 2025).

Finalmente, si bien diversos estudios han evaluado la relación entre el área ósea y la DMO en regiones como los brazos (húmero, radio, cúbito), piernas (cuello del fémur, trocánter, tibia), caderas y tronco (columna vertebral y lumbar) (Haapasalo et al., 2000; Henry & Eastell, 2000; Kagawa et al., 2007; Nicks et al., 2012; Nieves et al., 2005; Szulc et al., 2004; Szulc et al., 2006), las mediciones antropométricas no permiten evaluar directamente dichas regiones, limitando la comparación con estudios que emplean técnicas como CT, QCT o DXA (Henry & Eastell, 2000; Ng et al., 2006; Nieves et al., 2005).

Conclusiones

Los resultados de este trabajo con deportistas hombres y mujeres muestran que tener un perímetro muscular elevado, suelen tener una mayor DMO. Igual se muestra que tener un mayor grosor en el diámetro del húmero es un indicador de tener mayor densidad ósea en el miembro superior. Por lo tanto, con estos resultados obtenidos refuerzan una asociación de que tener una complexión esquelética de huesos anchos, beneficia al desarrollo de perímetros musculares y por ende favorece a una mejor densidad del hueso. Hay que considerar que la edad, la alimentación, el estilo de vida y la práctica deportiva, son factores que pueden determinar la DMO en el hueso, aun así, con estos resultados podemos predecir a través de las mediciones antropométricas un estado sobre qué tan mineralizado está el hueso de una región determinada o un miembro. Sin embargo, es necesario realizar más estudios relacionados con este tipo de medición a distintos tipos de etnias, ya que la estructura y la morfometría esquelética puede variar.

Agradecimientos

Agradecemos a los investigadores, a los especialistas en mediciones antropométricas y a los deportistas que participaron en este estudio. Su contribución fue fundamental: los profesionales aportaron valiosos conocimientos técnicos, y los deportistas dedicaron su tiempo y disposición, elementos esenciales para la correcta ejecución y finalización del estudio en tiempo y forma.

Financiación

No aplica.

Referencias

Arazi, H., Eghbali, E., Saeedi, T., & Moghadam, R. (2016). The relationship of physical activity and anthropometric and physiological characteristics to bone mineral density in postmenopausal women. Journal of Clinical Densitometry, 19(3), 382-388. https://doi.org/10.1016/j.jocd.2016.01.005

Barger-Lux, M. J., & Heaney, R. P. (2005). Calcium absorptive efficiency is positively related to body size. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 90*(9), 5118-5120.
https://doi.org/10.1210/jc.2005-0636

Beck, T. J., Ruff, C. B., & Bissessur, K. (1993). Age-related changes in female femoral neck geometry: implications for bone strength. *Calcified tissue international*, 53, S41-S46.
https://doi.org/10.1007/BF01673401

Beck, T. J., Ruff, C. B., Mourtada, F. A., Shaffer, R. A., Maxwell-Williams, K., Kao, G. L., ... & Brodine, S. (1996). Dual-energy X-ray absorptiometry derived structural geometry for stress fracture prediction in male US Marine Corps recruits. *Journal of Bone and Mineral Research, 11*(5), 645-653.
https://doi.org/10.1002/jbmr.5650110512

Bristow, S. M., Gamble, G. D., Stewart, A., Horne, L., House, M. E., Aati, O., ... & Reid, I. R. (2014). Acute and 3-month effects of microcrystalline hydroxyapatite, calcium citrate and calcium carbonate on serum calcium and markers of bone turnover: a randomised controlled trial in postmenopausal women. *British journal of nutrition*, *112*(10), 1611-1620.
https://doi.org/10.1017/S0007114514002785

Boivin, G., & Meunier, P. J. (2002). The degree of mineralization of bone tissue measured by computerized quantitative contact microradiography. *Calcified tissue international, 70*(6), 503.
https://doi.org/10.1007/s00223-001-2048-0

Chen, H., Liu, N., Xu, X., Qu, X., & Lu, E. (2013). Smoking, radiotherapy, diabetes and osteoporosis as risk factors for dental implant failure: a meta-analysis. *PloS one, 8*(8), e71955.
https://doi.org/10.1371/journal.pone.0071955

Cummings, S. R., Marcus, R., Palermo, L., Ensrud, K. E., & Genant, H. K. (1994). Does estimating volumetric bone density of the femoral neck improve the prediction of hip fracture? A prospective study. *Journal of bone and mineral research, 9*(9), 1429-1432.
https://doi.org/10.1002/jbmr.5650090915

da Costa, L. F. G. R., Lugão, E. C., Dantas, K. B., de Souza Vale, R. G., Corey, M. T., de Melo, C. M., & Dantas, E. H. M. (2025). Functional autonomy, bone mineral density and risk of falls in older women with two distinct body composition profiles. *Retos, 66,* 274-284. https://doi.org/10.47197/retos.v66.111143

Martin Dantas, E. H., Moraes Ramos, A., Andrade Dantas, K. B., Gomes de Souza Vale, R., Rodrigues Scartoni, F., Lustosa de Figueiredo, D., … Gomes Ribeiro da Costa, L. F. (2025). Assessing body composition in older adults: comparing BMI, Calf circumference, and DXA. *Retos*, *67*, 472–481. https://doi.org/10.47197/retos.v67.110167

Deng, G., Yin, L., Li, K., Hu, B., Cheng, X., Wang, L., ... & Cheng, X. (2021). Relationships between anthropometric adiposity indexes and bone mineral density in a cross-sectional Chinese study. The Spine Journal, 21(2), 332-342. https://doi.org/10.1016/j.spinee.2020.10.019

Espallargues, M., Estrada, M. D., Solà, M., Sampietro-Colom, L., Del Río, L., & Granados, A. (1999). Guía para la indicación de la densitometría ósea en la valoración del riesgo de fractura. *Agència d'Avaluació de Tecnologia Mèdica, Barcelona, 2.*

Esparza-Ros, F., Vaquero-Cristóbal, R., & Marfell-Jones, M. (2019). *International standards for anthropometric assessment.* International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK).

Fassio, A., Idolazzi, L., Rossini, M., Gatti, D., Adami, G., Giollo, A., & Viapiana, O. (2018). The obesity paradox and osteoporosis. *Eating and Weight Disorders-Studies on Anorexia, Bulimia and Obesity, 23,* 293-302. https://doi.org/10.1007/s40519-018-0505-2

Frisancho, A. R. (1984). New standards of weight and body composition by frame size and height for assessment of nutritional status of adults and the elderly. *The American journal of clinical nutrition, 40*(4), 808-819. https://doi.org/10.1093/ajcn/40.4.808

García, R. L., Carrasco, J. O. L., García, L. E. C., & Orocio, R. N. (2021). Relación entre composición corporal y densidad mineral ósea en jugadores de fútbol americano. *Atena Journal of Sports Sciences, 3*, 2-2.

Giladi, M., Milgrom, C., Simkin, A., Stein, M., Kashtan, H., Margulies, J., ... & Aharonson, Z. (1987). Stress fractures and tibial bone width. A risk factor. *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume, 69*(2), 326-329. https://doi.org/10.1302/0301-620X.69B2.3818769

Guglielmi, G., Van Kuijk, C., Li, J., Meta, M. D., Scillitani, A., & Lang, T. F. (2006). Influence of anthropometric parameters and bone size on bone mineral density using volumetric quantitative computed tomography and dual X-ray absorptiometry at the hip. *Acta Radiologica, 47*(6), 574-580. https://doi.org/10.1080/02841850600690363

Haapasalo, H., Kontulainen, S., Sievänen, H., Kannus, P., Järvinen, M., & Vuori, I. (2000). Exercise-induced bone gain is due to enlargement in bone size without a change in volumetric bone density: a peripheral quantitative computed tomography study of the upper arms of male tennis players. *Bone, 27*(3), 351-357. https://doi.org/10.1016/S8756-3282(00)00331-8

Henry, Y. M., & Eastell, R. (2000). Ethnic and gender differences in bone mineral density and bone turnover in young adults: effect of bone size. *Osteoporosis international, 11*, 512-517.
https://doi.org/10.1007/s001980070094

Hernández-Davó, J. L., Loturco, I., Pereira, L. A., Cesari, R., Pratdesaba, J., Madruga-Parera, M., Sanz-Rivas, D., & Fernández-Fernández, J. (2021). Relationship between Sprint, Change of Direction, Jump, and Hexagon Test Performance in Young Tennis Players. Journal of Sports Science & Medicine, 20(2), 197-203. https://doi. org/10.52082/jssm.2021.197. https://doi.org/10.52082/jssm.2021.197

Luna-Villouta, P. F., Paredes-Arias, M., Vásquez-Gómez, J., Matus-Castillo, C., Flores-Rivera, C., Zapata-Lamana, R., & Vitoria, R. V. (2022). Determinantes de la masa ósea en tenistas jóvenes chilenos (Determinants of bone mass in young Chilean tennis players). *Retos*, *46*, 1084-1092. https://doi.org/10.47197/retos.v46.93943

Kagawa, M., Binns, C. B., & Hills, A. P. (2007). Body composition and anthropometry in Japanese and Australian Caucasian males and Japanese females. *Asia Pac J Clin Nutr, 16*(Suppl 1), 31-36

Meybodi, H. A., Hemmat-Abadi, M., Heshmat, R., Homami, M. R., Madani, S., Ebrahimi, M., ... & Larijani, B. (2011). Association between anthropometric measures and bone mineral density: population-based study. Iranian Journal of Public Health, 40(2), 18.

Neglia, C., Argentiero, A., Chitano, G., Agnello, N., Ciccarese, R., Vigilanza, A., ... & Piscitelli, P. (2016). Diabetes and obesity as independent risk factors for osteoporosis: updated results from the ROIS/EMEROS registry in a population of five thousand post-menopausal women living in a region characterized by heavy environmental pressure. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 13*(11), 1067. https://doi.org/10.3390/ijerph13111067

Nicks, K. M., Amin, S., Atkinson, E. J., Riggs, B. L., Melton III, L. J., & Khosla, S. (2012). Relationship of age to bone microstructure independent of areal bone mineral density. *Journal of Bone and Mineral Research, 27*(3), 637-644. https://doi.org/10.1002/jbmr.1468

Nieves, J. W., Formica, C., Ruffing, J., Zion, M., Garrett, P., Lindsay, R., & Cosman, F. (2005). Males have larger skeletal size and bone mass than females, despite comparable body size. Journal of Bone and Mineral Research, 20(3), 529-535.size. *Journal of Bone and Mineral Research., 20*(3): 529-535, 2005. https://doi.org/10.1359/JBMR.041005

Ng, M. Y. M., Sham, P. C., Paterson, A. D., Chan, V., & Kung, A. W. C. (2006). Effect of environmental factors and gender on the heritability of bone mineral density and bone size. *Annals of human genetics, 70*(4), 428-438. https://doi.org/10.1111/j.1469-1809.2005.00242.x

Ortega, J. A. F., Romero, D. M., & Cuartas, L. A. H. (2025). Efectos de dos tipos de entrenamiento en fuerza uno basado en la velocidad de ejecución y otro en% de 1RM sobre: la composición corporal, activación neuromuscular, y variables cinéticas y cinemáticas, en mujeres físicamente activas. *Retos, 62,* 979-989. https://doi.org/10.47197/retos.v62.108002

Palma Pulido, L. H., Cardona Castiblanco, J. F., Palma Pulido, A. Y., & Vélez Better, M. (2024). Entrenamiento de la fuerza sobre la mineralización ósea en futbolistas sub15, del Club Cortuluá. *Retos, 54*. https://doi.org/10.47197/retos.v54.97751

Pistoia, W., van Rietbergen, B., & Rüegsegger, P. (2003). Mechanical consequences of different scenarios for simulated bone atrophy and recovery in the distal radius. *Bone, 33*(6), 937-945.
https://doi.org/10.1016/j.bone.2003.06.003

Porthouse, J., Birks, Y. F., Torgerson, D. J., Cockayne, S., Puffer, S., & Watt, I. (2004). Risk factors for fracture in a UK population: a prospective cohort study. *Qjm, 97*(9), 569-574.
https://doi.org/10.1093/qjmed/hch097

OMS. Base de datos global sobre el índice de masa corporal (IMC). Disponible en: https://www.who.int/ [consultado: 26 de julio del 2023].

Reid, I. R., Ames, R., Mason, B., Reid, H. E., Bacon, C. J., Bolland, M. J., ... & Horne, A. (2008). Randomized controlled trial of calcium supplementation in healthy, nonosteoporotic, older men. *Archives of Internal Medicine*, *168*(20), 2276-2282. https://doi.org/10.1001/archinte.168.20.2276

Rivadeneira, F., Houwing-Duistermaat, J. J., Beck, T. J., Janssen, J. A., Hofman, A., Pols, H. A., ... & Uitterlinden, A. G. (2004). The influence of an insulin-like growth factor I gene promoter polymorphism on hip bone geometry and the risk of nonvertebral fracture in the elderly: The Rotterdam Study. *Journal of bone and mineral research, 19*(8), 1280-1290. https://doi.org/10.1359/JBMR.040405

S Abukhadir, S., Mohamed, N., & Mohamed, N. (2013). Pathogenesis of alcohol-induced osteoporosis and its treatment: a review. *Current drug targets, 14*(13), 1601-1610.
https://doi.org/10.2174/13894501131466602 31

Seabra, A., Marques, E., Brito, J., Krustrup, P., Abreu, S., Oliveira, J., ... & Rebelo, A. (2012). Muscle strength and soccer practice as major determinants of bone mineral density in adolescents. *Joint bone spine*, *79*(4), 403-408. https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2011.09.003

Shapses, S. A., & Riedt, C. S. (2006). Bone, body weight, and weight reduction: what are the concerns?. *The Journal of nutrition, 136*(6), 1453-1456. https://doi.org/10.1093/jn/136.6.1453

Szulc, P., Uusi-Rasi, K., Claustrat, B., Marchand, F., Beck, T. J., & Delmas, P. D. (2004). Role of sex steroids in the regulation of bone morphology in men. The MINOS study. *Osteoporosis International, 15*, 909-917. https://doi.org/10.1007/s00198-004-1635-0

Szulc, P., Munoz, F., Duboeuf, F., Marchand, F., & Delmas, P. D. (2006). Low width of tubular bones is associated with increased risk of fragility fracture in elderly men-the MINOS study. *Bone, 38*(4), 595-602. https://doi.org/10.1016/j.bone.2005.09.004

Valdmanis, P. N., Kabashi, E., Dion, P. A., & Rouleau, G. A. (2008). ALS predisposition modifiers: knock NOX, who's there? SOD1 mice still are. *European journal of human genetics: EJHG, 16*(2), 140-142.
https://doi.org/10.1038/sj.ejhg.5201961

Zaki, M. E. (2014). Effects of whole body vibration and resistance training on bone mineral density and anthropometry in obese postmenopausal women. Journal of osteoporosis, 2014.
https://doi.org/10.1155/2014/702589

Zebaze, R. M., Libanati, C., Austin, M., Ghasem-Zadeh, A., Hanley, D. A., Zanchetta, J. R., ... & Seeman, E. (2014). Differing effects of denosumab and alendronate on cortical and trabecular bone. *Bone, 59*, 173-179. https://doi.org/10.1016/j.bone.2013.11.016

Zwart, M., Azagra, R., Encabo, G., Aguye, A., Roca, G., Güell, S., ... & Diez-Perez, A. (2011). Measuring health-related quality of life in men with osteoporosis or osteoporotic fracture. *BMC Public Health, 11*, 1-8. https://doi.org/10.1186/1471-2458-11-775

Datos de los/as autores/as y traductor/a:

Ricardo López García	ricardo.lopezgr@uanl.edu.mx	Autor/a
José Omar Lagunes Carrasco	jose.lagunesca@uanl.edu.mx	Traductor/a
Luis Enrique Carranza García	luis.carranzagr@uanl.edu.mx	Autor/a
Andrés Aquilino Castro Zamora	andres.castrozamora@ues.mx	Autor/a
Luis Alberto Flores Olivares	lolivares@uach.mx	Autor/a