



universidad  
de león

## TRABAJO FIN DE MÁSTER

*del Máster Universitario de Investigación en  
Ciencias SocioSanitarias*

Curso Académico 2016-2017

Comparación entre el IMC, CUN-BAE y DXA

Comparison between IMC, CUN-BAE AND DXA.

Realizado por: Andrea Aguado Arconada

Dirigido por: Antonio José Molina de la Torre

En León, a 4 de Diciembre de 2017

VºBºDIRECTOR/A

VºBºAUTOR/A

# ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>7</b>
TIPO DE ESTUDIO .....	7
MÉTODO ESTADÍSTICO.....	9
ANÁLISIS DESCRIPTIVO. ....	10
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>21</b>
FORTALEZAS Y LIMITACIONES.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>24</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>25</b>

## RESUMEN

**OBJETIVO:** El IMC presenta problemas de correlación con la grasa corporal que se intentan resolver mediante el uso de estimadores que tienen en cuenta el sexo, la edad y la raza.

Comparar la validez del IMC y el CUN-BAE para estimar la grasa corporal.

**MATERIAL Y MÉTODOS:** Se calculó la grasa corporal (GC) mediante densitometría. Se compara mediante correlación de Pearson ( $r$ ) el % de GC con el IMC y el CUN-BAE. Mediante kappa ponderado se comparó la concordancia entre %GC, el IMC y el CUN-BAE para cuatro categorías de %GC. Se estima la validez para el diagnóstico de obesidad del IMC y el CUN-BAE, entendiendo por obesidad un %GC mayor o igual al 25% en hombres y del 35% en mujeres.

**RESULTADOS:** Se estudió a 843 personas. El %GC fue de  $27,4\% \pm 14,2\%$ ; el IMC  $26,0 \text{ Kg/m}^2 \pm 4,5 \text{ Kg/m}^2$  y el CUN-BAE de  $28,9\% \pm 14,2\%$ . El CUN-BAE presentó una mejor correlación que el IMC en su correlación con el %GC ( $r=0,919$ ; IC95%: 0,908-0,929 vs 0,651; IC95%: 0,610-0,688). La concordancia del %GC con cuatro categorías fue superior en el CUN-BAE que en el IMC (Kappa=0,704; IC95%: 0,693-0,721 vs 0,402; IC95%: 0,398-0,418). La prevalencia de obesidad estimada fue del 44,4% con %GC, del 17,4% con el IMC y del 44,5% con el CUN-BAE. La sensibilidad y la especificidad observada fue respectivamente del 38,5% y 99,5% para el IMC y del 89,3% y 92,3% para el CUN-BAE.

**CONCLUSIONES:** El CUN-BAE presenta una mejor correlación que el IMC con la GC y una mejor validez interna para la clasificación de obesidad. Es discutible el patrón oro utilizado con el %GC puesto que el criterio de obesidad más utilizado es el del IMC.

## ABSTRACT

**OBJECTIVE:** BMI presents correlation problems with body fat that are attempted to solve by using estimators that take into account gender, age and race. It compares the validity of BMI and CUN-BAE to estimate body fat as well.

**MATERIAL AND METHODS:** Body fat (GC) was calculated by densitometry. Pearson's (r) correlation was used to compare to the % of GC with BMI and CUN-BAE. Weighted Kappa was used to compare the concordance between GC%, BMI and CUN-BAE for the four GC categories. The validity for the diagnosis of obesity of BMI and CUN-BAE was estimated. Obesity refers to a % of GC greater or equal to 25% in men and 35% in women.

**RESULTS:** We studied 843 people. The GC % was  $27.4\% \pm 14.2\%$ ; the BMI  $26.0 \text{ Kg/m}^2 \pm 4.5 \text{ Kg/m}^2$  and the CUN-BAE of  $28.9\% \pm 14.2\%$ . The CUN-BAE presented better values than the BMI in its correlation with the GC % ( $r = 0.919$ , 95% CI: 0.908-0.929 vs. 0.651, 95% CI: 0.610-0.688). The concordance of GC % with four categories was higher in CUN-BAE than in BMI (Kappa = 0.704, 95% CI: 0.693-0.721 vs. 0.402, 95% CI: 0.398-0.418). The estimated prevalence of obesity was 44.4% with the % of GC, 17.4% with BMI and 44.5% with CUN-BAE. The sensitivity and specificity observed was 38.5% and 99.5% respectively for BMI and 89.3% and 92.3% respectively for CUN-BAE.

**CONCLUSIONS:** The CUN-BAE presents a better correlation than the BMI with the CG and a better internal validity for the classification of obesity. The gold standard used with the GC% is debatable since the most used criterion of obesity is that of BMI.

# INTRODUCCIÓN

La obesidad y el sobrepeso son causa de una elevada carga de enfermedad y muerte en el mundo. La OMS ha estimado que, en el mundo, el 4,8% de la mortalidad global es debida al sobrepeso y la obesidad (4,8 millones de muertes) y que en el caso de los países de altos ingresos alcanza el 8,4% (700.000 muertes). En los países de altos ingresos, suponen la tercera causa de años de vida perdidos ajustados por discapacidad con el 6,5% (8 millones de años de vida perdidos)<sup>1</sup>. Esta elevada carga de enfermedad y muerte es debido a dos razones, por un lado, la asociación de la obesidad y el sobrepeso con un gran número de enfermedades y por otra a la elevada prevalencia de este factor de riesgo para la salud en la población.

Es bien sabido como las personas que padecen obesidad y/o sobrepeso presentan una reducción en su esperanza de vida, presentan con mayor frecuencia enfermedades cardiovasculares, cáncer y diabetes, entre otras y tienen una peor calidad de vida<sup>2</sup>. Por otro lado, cada vez hay un mayor número de personas obesas o con sobrepeso en un mayor número de países de manera que la OMS considera que nos encontramos ante una epidemia emergente y global<sup>3</sup>, estimando que desde 1980 se han duplicado las prevalencias de sobrepeso y obesidad en el mundo y en 2014 unos 1900 millones de personas de 18 o más años tenían sobrepeso, de las que el 600 millones eran obesas<sup>4</sup>. Nuestro país no es una excepción y se estima que la prevalencia de obesidad se ha incrementado de manera mantenida en las últimas décadas y en la actualidad uno de cada cuatro españoles adultos es obeso<sup>5</sup>.

La obesidad es una enfermedad compleja consistente en un exceso y/o anormal distribución del tejido adiposo que da lugar a alteraciones metabólicas, endocrinas y del sistema inmune que dan como resultado un incremento en la morbi-mortalidad<sup>6</sup>. Conocer la cantidad y distribución de la grasa corporal requiere de técnicas diagnósticas caras y complejas tales como la absorciometría dual de rayos X, también conocida como densitometría o DEXA o DXA o bien la pletismografía por desplazamiento de aire. El uso de estas técnicas no está al alcance de la gran mayoría de estudios epidemiológicos ni de la práctica clínica diaria razón por la que se utilizan otras técnicas más sencillas y baratas como el Índice de Masa Corporal (IMC).

El IMC es una ecuación que formuló el científico belga Jacques Quételet en el siglo XIX tras observar que el peso de las personas es, de manera general, proporcional a la altura. De esta manera, definió el IMC como el peso en kilogramos entre la altura en metros al cuadrado ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )<sup>7</sup>. Este índice de relación ha sido y es ampliamente usado debido a su simplicidad, bajo coste, fácil obtención, aceptable correlación con la grasa

corporal (GC) y estar bien documentada su correlación con diversas causas de morbi-mortalidad<sup>8,9</sup>. Por estas razones, la clasificación recomendada por la OMS y la mayoría de las sociedades científicas para el diagnóstico de sobrepeso y obesidad se fundamenta en el IMC<sup>10,11</sup>.

Sin embargo, la correlación del IMC con la GC se ve afectada, entre otras, por el sexo, la edad y la raza no diferenciado de manera correcta, en muchas situaciones, entre la masa magra y la masa grasa ni sobre la ubicación de esta<sup>12,13</sup>. Por esta razón son diversos los grupos de investigación, que sin perder las ventajas del IMC, están proponiendo estimadores que teniendo en cuenta el IMC, el sexo, la edad y la raza correlacionen de mejor manera con la GC y por lo tanto estimen de forma más precisa el riesgo de enfermar y la carga de enfermedad debida al sobrepeso y la obesidad. Entre estos estimadores destaca el Clínica Universidad de Navarra - BodyAdiposityEstimator (CUN-BAE), un estimador para caucásicos basado en el IMC, el sexo y la edad que ha demostrado una mejor correlación con la GC y el riesgo cardiovascular y se presenta como una herramienta útil para estudios epidemiológicos y en la clínica diaria<sup>14,15,16</sup>.

Entre los problemas que se encuentran con este estimador, el CUN-BAE, es que la ecuación se validó en una muestra con otros fines, y que la mayoría de los individuos eran sedentarios pudiendo no ser válida para personas físicamente activas, lo que hace necesario valorar en población general o en otras muestras<sup>14</sup>.

Es por todo ello que el objetivo del presente trabajo fin de máster es valorar la correlación y concordancia del IMC y el CUN-BAE con la grasa corporal y la validez interna de ambos para el diagnóstico de obesidad.

# MATERIAL Y MÉTODOS

Tipo de estudio: descriptivo observacional.

Sujetos: 843 caucásicos.

Lugar: Servicio de deportes de la Universidad Católica de Murcia (UCAM).

Medidas antropométricas:

- IMC: Se midió y talló a los participantes siguiendo un procedimiento estándar y se calculó el IMC (peso en kg entre el cuadrado de la altura en metros).
- CUN-BAE. Se calculó el CUN-BAE con la siguiente fórmula:

$$\text{BF\%} = -44,988 + (0,503 \times \text{edad}) + (10,689 \times \text{sexo}) + (3,172 \times \text{IMC}) - (0,026 \times \text{IMC}^2) + (0,181 \times \text{IMC} \times \text{sexo}) - (0,02 \times \text{IMC} \times \text{edad}) - (0,005 \times \text{IMC}^2 \times \text{sexo}) + (0,00021 \times \text{IMC}^2 \times \text{edad})$$

Clasificación:

Los participantes fueron clasificados según la grasa corporal, el IMC y el CUN-BAE según los siguientes criterios:

**Tabla 1. Clasificación de la grasa corporal según IMC<sup>10,11</sup>**

Clasificación del IMC	
Bajo peso	<18,5 Kg/m <sup>2</sup>
Normo peso	18,5-24,9 Kg/m <sup>2</sup>
Sobrepeso	25,0-29,9 Kg/m <sup>2</sup>
Obesidad	≥30 Kg/m <sup>2</sup>
Clase I	30,0-34,9 Kg/m <sup>2</sup>
Clase II	35,0-39,9 Kg/m <sup>2</sup>
Clase III	≥40 Kg/m <sup>2</sup>

**Tabla 2. Clasificación de la grasa corporal según DXA y CUN-BAE <sup>14</sup>**

	Normal	Sobrepeso	Obesidad	Obesidad > Tipo I
Hombre	<20%	≥20% ; <25%	≥25% ; <30%	≥30% ; <90%
Mujer	<30%	≥30% ; <35%	≥35% ; <40%	≥40% ; <90%

Densitometría.

- Se utilizó una máquina General Electrity cuyo Software es Encore® 2009 software, Lunar Corp., Madison WI. Previo a realizar la densitometría, el dispositivo se calibra usando el bloque de calibración estándar recomendado por el fabricante.
- Preparación del paciente. Antes de realizar la densitometría, se pregunta al paciente y se comprueba su historia clínica con el fin de excluir situaciones que contraindiquen la prueba: embarazo, la administración de contraste oral los cinco días previos, o la realización de estudio isotópico en los dos días previos<sup>17</sup>.

Tras ello, y previo a la realización de la prueba, el paciente no requiere ningún tipo de preparación específica, salvo despojarse de todo lo metálico.

- Colocación del paciente. El paciente se coloca en decúbito supino, centrado en la mesa, con los brazos estirados y la palma abierta, mirando hacia las piernas sin tocarlas.
- Tiempo. El tiempo empleado es de unos 10 minutos por paciente cuando se realiza la medición de cuerpo total.

La precisión del DXA respecto a la composición corporal es alta, con un margen de error del 2-6%. Aporta medidas de la composición corporal total y regional.<sup>17</sup>



### Método estadístico.

Se ha realizado un análisis descriptivo para las variables sociodemográficas y antropométricas recogidas.

Se ha comparado, mediante correlación de Pearson ( $r$ ) y Coeficiente de Determinación ( $R$ ) la relación de la GC valorada mediante densitometría y el IMC y el CUN-BAE, así como entre el IMC y el CUN-BAE.

Mediante kappa ponderado se ha comparado el grado de concordancia de la GC valorada mediante densitometría y el IMC y el CUN-BAE, así como entre el IMC y el CUN-BAE, para las cuatro categorías establecidas.

Se estimó la validez interna del IMC y el CUN-BAE para establecer el diagnóstico de obesidad entendiendo por obesidad un %GC, valorado mediante DXA, mayor o igual al 25% en hombres y del 35% en mujeres.

El análisis de los datos se ha realizado con el software estadístico Stata/SE vs.13.0

# RESULTADOS

## Análisis descriptivo.

De los 843 sujetos incluidos en el estudio, 490 eran hombres (58,1%) y 353 mujeres (41,9%), cuya edad media era de  $38,8 \pm 18,9$  años. En los hombres  $28,9 \pm 13,3$  años y en las mujeres  $52,4 \pm 16,9$  años. (Tabla 3).

En la Tabla 2 se puede observar los valores antropométricos de la muestra estudiada. Los valores de %GC, IMC y CUN-BAE fueron en todos los casos mayores en las mujeres que en los hombres. Y tanto en hombres como en mujeres el CUN-BAE mostró cifras más cercanas al %GC que el IMC.

**Tabla 3. Características de la población a estudio.**

	HOMBRES		MUJERES		TOTAL	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE
Edad	28,9	13,3	52,4	16,9	38,8	18,9
Altura	176,3	7,7	157,8	7,5	168,5	11,9
Peso	77,0	10,8	68,3	11,1	73,4	11,7
IMC	24,8	3,2	27,7	5,4	26,0	4,5
Grasa total %	17,8	8,3	40,8	8,7	27,4	14,2
CUNBAE	21,2	5,8	39,5	7,7	28,9	14,2

Tabla 4. Distribución de la correlación de Pearson entre el %GC, el IMC y el CUN-BAE.

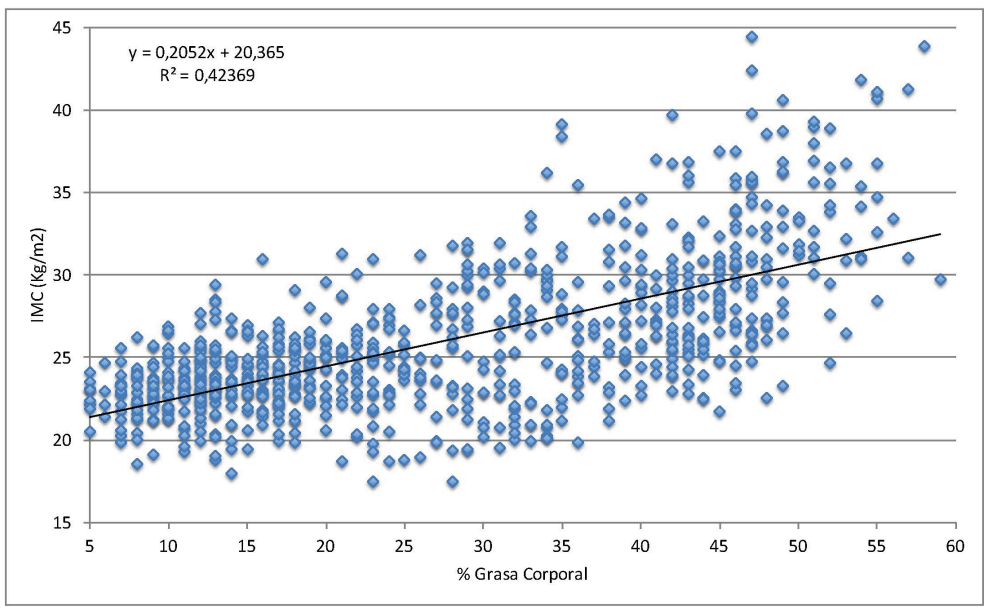
Variables		%GC			IMC		
		r	IC 95%		r	IC 95%	
<b>Total</b>	<b>IMC</b>	0,651	0,610	0,688	1		
	<b>CUN-BAE</b>	0,919	0,908	0,929	0,787	0,760	0,811
<b>Hombres</b>	<b>IMC</b>	0,711	0,664	0,752	1		
	<b>CUN-BAE</b>	0,753	0,712	0,789	0,965	0,958	0,970
<b>Mujeres</b>	<b>IMC</b>	0,730	0,677	0,775	1		
	<b>CUN-BAE</b>	0,803	0,763	0,837	0,945	0,933	0,956

En la Tabla 3 y en los siguientes gráficos del 1 al 9, se puede observar la correlación entre el %GC, el IMC y el CUN-BAE. En todos los casos el CUN-BAE presenta valores de correlación con el %GC más elevados que el IMC.

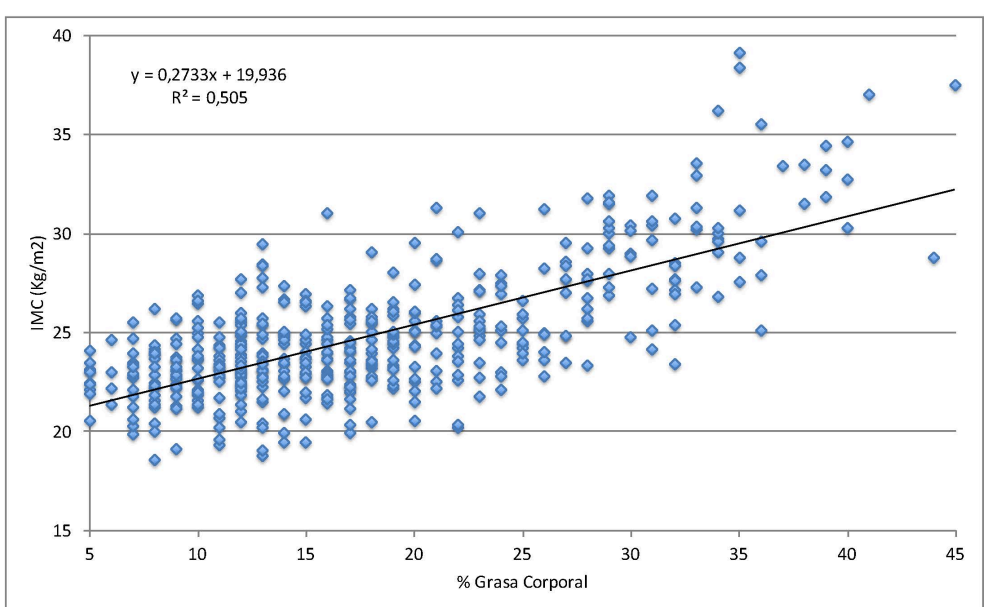
La correlación obtenida entre el CUN-BAE y la %GC es muy alta ( $r = 0,919$ ), moderada entre IMC y % GC ( $r = 0,651$ ) y alta entre IMC y el CUN-BAE ( $r = 0,787$ ).

En el análisis por sexo, las correlaciones entre el porcentaje de %GC, IMC y el CUN-BAE son altas en ambos sexos lo mismo que sucede entre el IMC y el CUN-BAE.

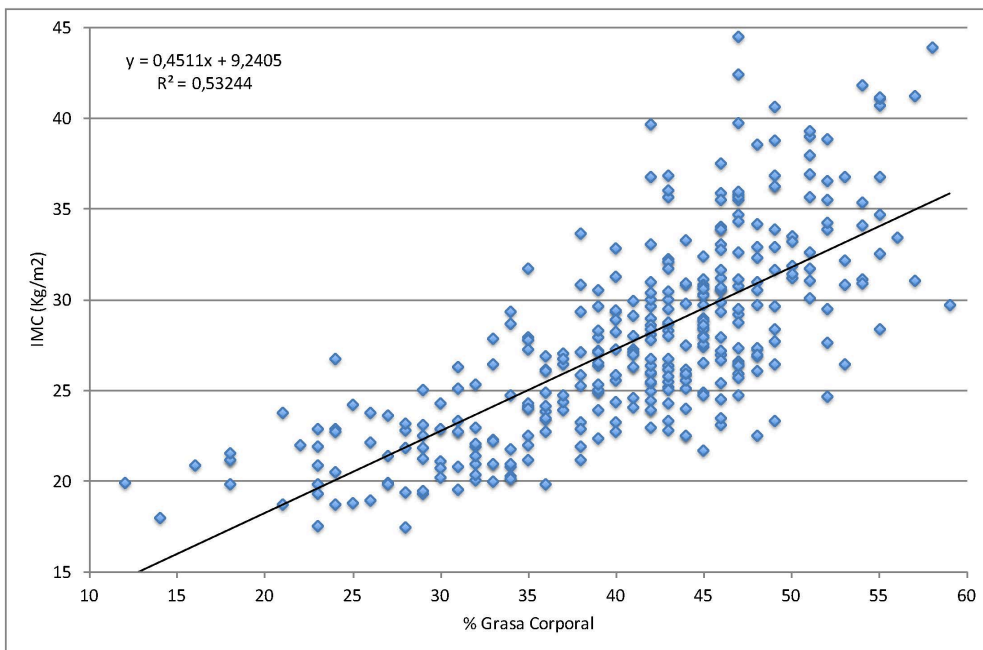
En los siguientes gráficos se muestra de manera visual, los resultados obtenidos en la tabla anterior:



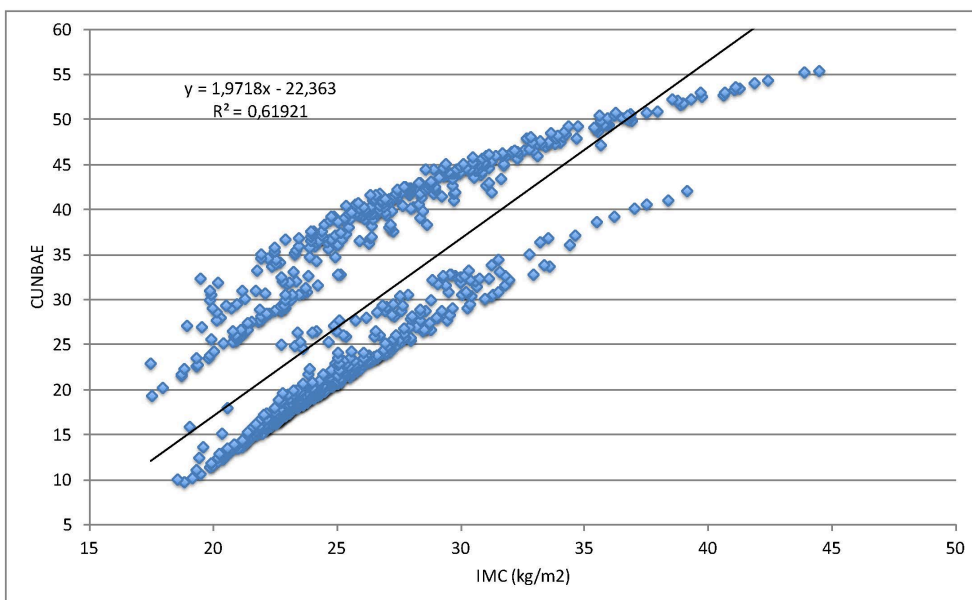
1. Gráfico: Correlación entre el %GC e IMC en la muestra total.



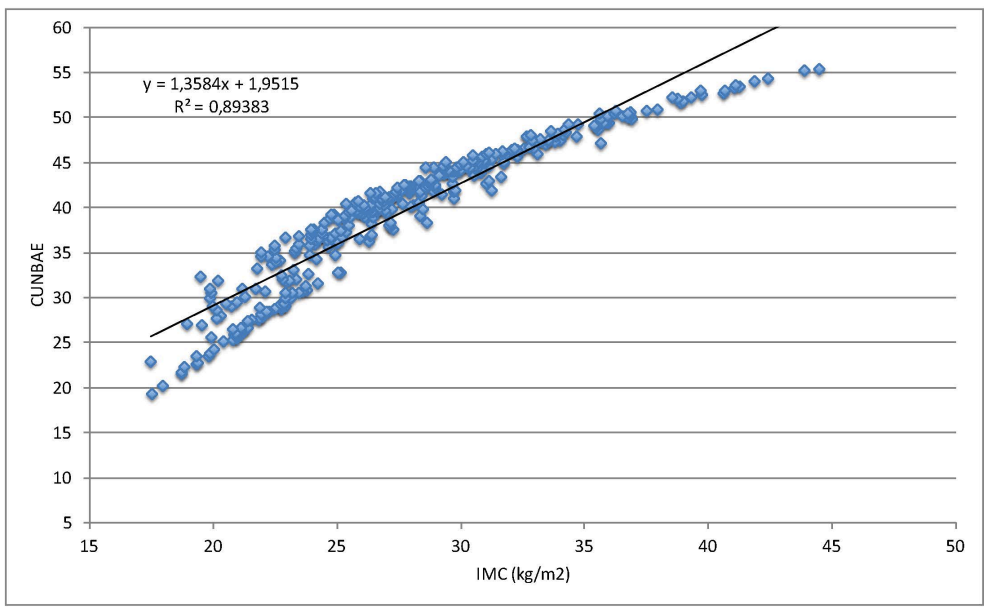
2. Gráfico: Correlación entre el %GC e IMC en la muestra de mujeres.



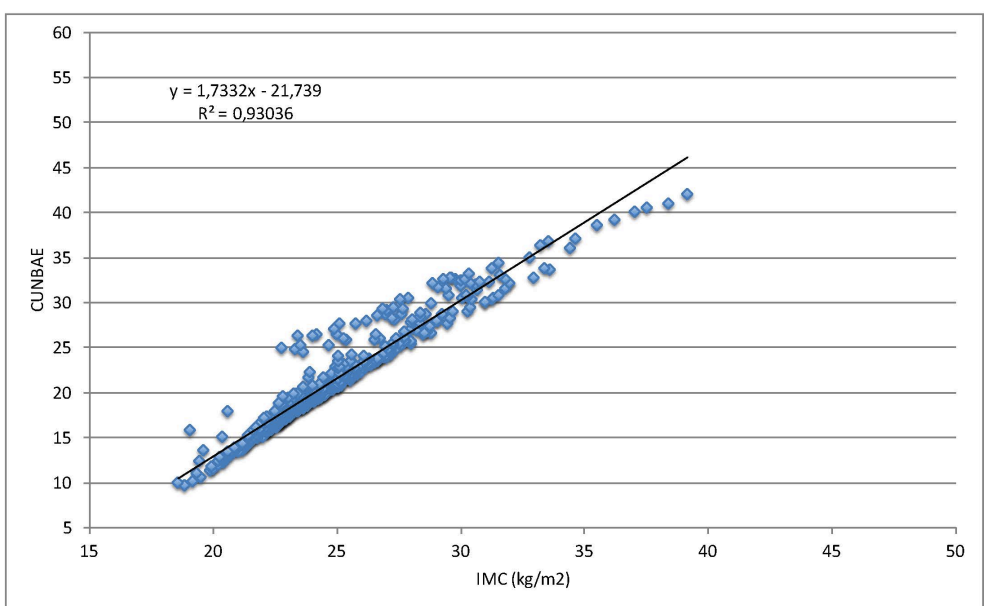
3. Gráfico: Correlación entre el %GC e IMC en la muestra de hombres.



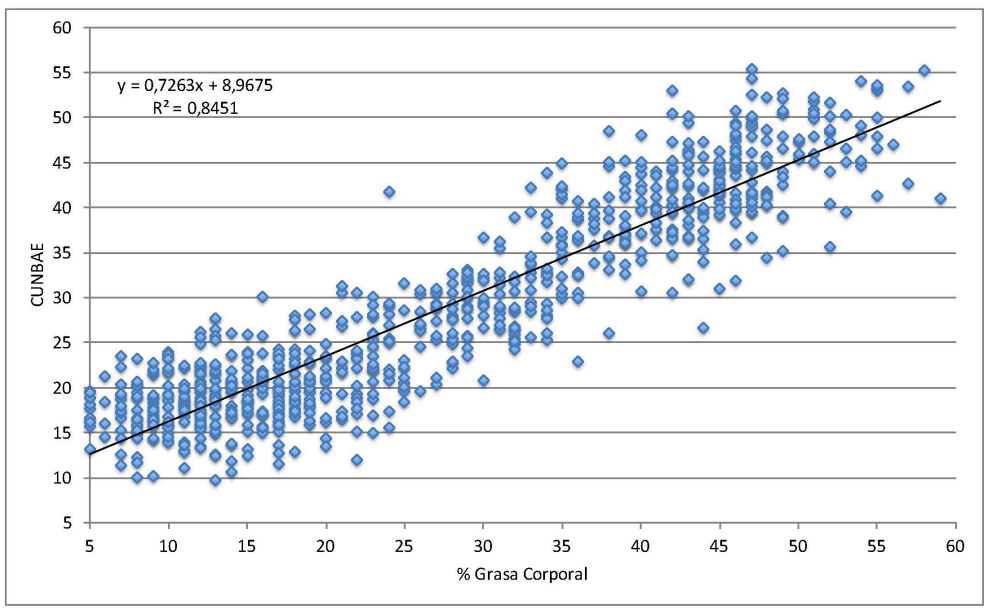
4. Gráfico: Correlación entre IMC y CUN-BAE en la muestra total.



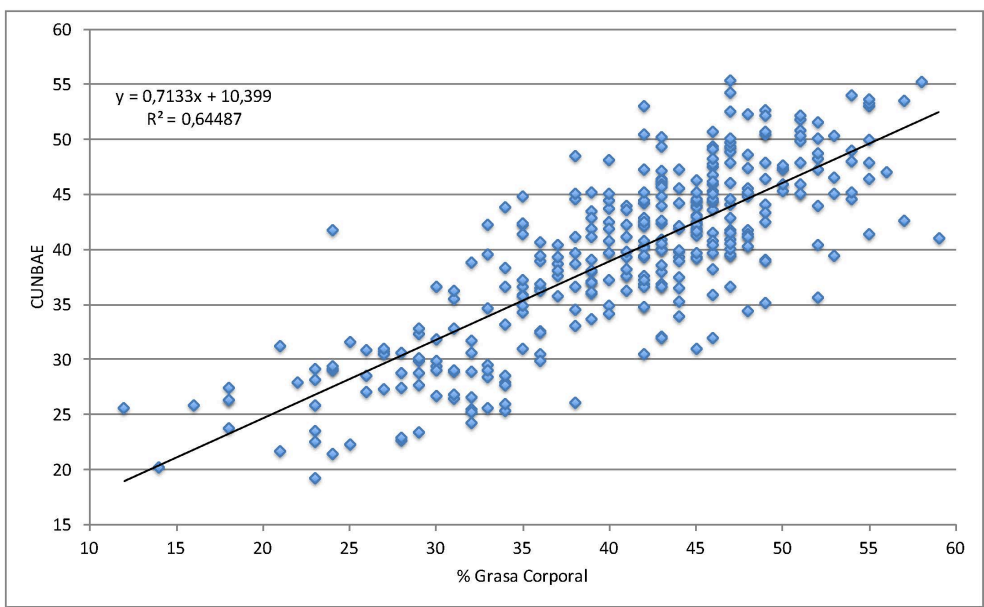
5.Gráfico: Correlación entre el IMC y CUN-BAE en la muestra de mujeres



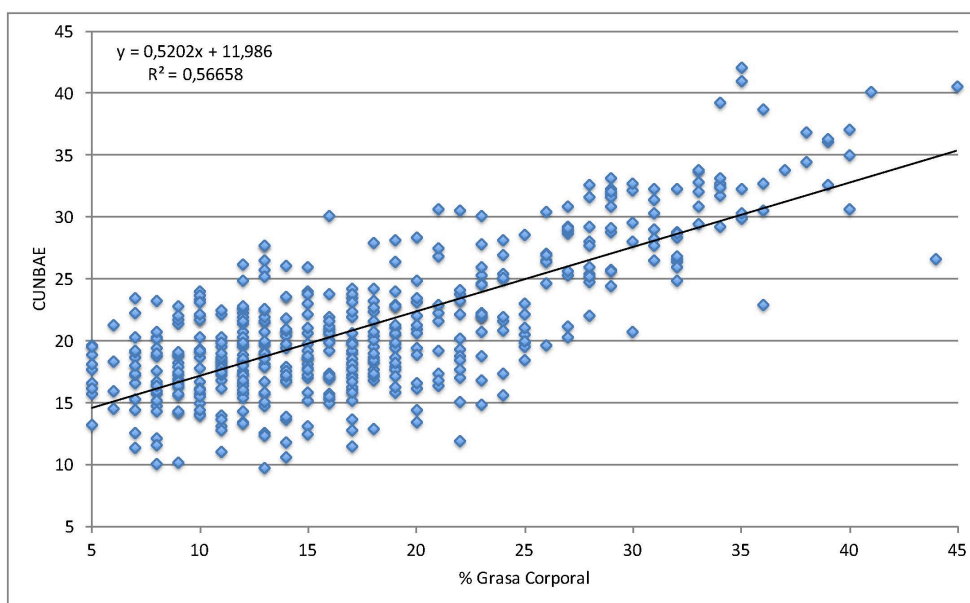
6.Gráfico: Correlación entre el IMC y el CUN-BAE en la muestra de hombres.



7.Gráfico: Correlación entre el CUN-BAE y la GC en la muestra total.



8.Gráfico: Correlación entre CUN-BAE y la GC en la muestra de mujeres.



9.Gráfico: Correlación entre el CUN-BAE y la GC en la muestra de hombres.

Analizando los resultados de las gráficas IMC-GC% (mujeres) y IMC-GC% (hombres), podemos observar como el porcentaje de GC es explicado por el IMC en un 42%, mientras que por CUN-BAE, es explicado el 85% de la grasa corporal, reflejado en las gráficas 8 y 9.

Tabla 5.Índice Kappa Ponderado (4 categorías).

Variables		% GC		IMC	
		Kappa	IC 95%	Kappa	IC 95%
Total	IMC	0,402	(0,398 – 0,418)	1	
	CUN-BAE	0,704	(0,693 – 0,721)	0,493	(0,487-0,499)
Hombres	IMC	0,445	(0,399 – 0,469)	1	
	CUN-BAE	0,584	(0,579 – 0,606)	0,599	(0,586-0,605)
Mujeres	IMC	0,226	(0,211 – 0,240)	1	
	CUN-BAE	0,638	(0,294 – 0,342)	0,307	(0,294-0,342)



Respecto al nivel de concordancia, en la tabla 5, podemos observar que en el total de la muestra, el IMC presenta una concordancia débil con el DXA (0,402), mientras que el CUN-BAE (0,704), tiene una buena concordancia.

Si lo analizamos por sexos, tanto el IMC como el CUN-BAE, presentan una concordancia moderada respecto a los hombres (0,445 y 0,584 respectivamente), y débil (0,226) con el IMC en el caso de las mujeres, siendo buena (0,638) con el CUN-BAE.

La concordancia entre IMC y el CUN-BAE (0,493) es moderada en el análisis total y en el caso de los hombres (0,599), siendo débil en las mujeres (0,307).

La concordancia del %GC con cuatro categorías fue superior en el CUN-BAE que en el IMC (Kappa=0,704; IC95%: 0,693-0,721 vs 0,402; IC95%: 0,398-0,418).

**Tabla 6 Clasificación de las medidas antropométricas en función del IMC, GC y CUNBAE.**

		Normopeso		Sobrepeso		Obesidad Tipo I		Obesidad > Tipo I	
		N	%	N	%	N	%	N	%
TOTAL	GC	365	43,3	103	12,2	97	11,5	278	33
	IMC	429	50,9	267	31,7	103	12,2	44	5,2
	CUN-BAE	303	35,9	169	20	136	16,1	235	27,9
HOMBRES	GC	323	65,9	66	13,5	46	9,4	55	11,2
	IMC	308	62,9	142	29,0	34	7,0	6	1,2
	CUN-BAE	248	50,6	133	27,1	60	12,4	49	10,0
MUJERES	GC	42	11,9	37	10,5	51	14,5	223	63,2
	IMC	121	34,3	125	35,4	69	19,6	38	10,8
	CUN-BAE	55	15,6	36	10,2	76	21,5	186	52,7

Como se puede observar en la tabla 5, la prevalencia de la obesidad tiene grandes variaciones según el método utilizado. Con el IMC, sería 17,4%, mientras que con el % GC es del 44,5% y con el CUNBAE del 44.0%

En el análisis estratificado por sexo, las diferencias son más marcadas en el caso de las mujeres.

La prevalencia de obesidad en los hombres según la GC: 20,6%, CUN-BAE: 22,45% IMC: 8,2%.

En el caso de las mujeres, el porcentaje obesidad según la GC: 77,7%, CUN-BAE: 74,2% IMC: 30,4%.

**Tabla 7 Índice Kappa Lineal (NO obesos vs Obesos)**

	Tipo de Medida	DXA	CUN-BAE
		Índice Kappa (IC 95%)	Índice Kappa (IC 95%)
DXA	Total		0.817 (0.778 - 0.856)
	Hombres		0.733 (0.659 - 0.808)
	Mujeres		0.752 (0.672 - 0.833)
IMC	Total	0.397 (0.344 - 0.450)	0.424 (0.371 - 0.476)
	Hombres	0.446 (0.343 - 0.549)	0.474 (0.376 - 0.572)
	Mujeres	0.223 (0.169 - 0.277)	0.262 (0.204 - 0.321)

Al realizar una división entre personas obesas y no obesas, en la tabla 7, podemos observar que en el total de la muestra, el DXA, presenta una concordancia muy buena respecto al CUN-BAE (0,817), siendo ésta entre el IMC y el CUN-BAE moderada (0,424).

Si hacemos el análisis por sexo, el DXA respecto al CUN-BAE (0,817), presenta una concordancia similar entre hombres y mujeres, considerada buena (0,733 y 0,752 respectivamente).

Sin embargo, respecto al IMC y CUN-BAE, encontramos una concordancia moderada (0,424), que tras la estratificación por sexos se mantiene moderada para los hombres (0,474), pero débil en las mujeres (0,262).

En cuanto el nivel de concordancia del IMC y DXA es débil, incluso estratificándose por sexos.

**Tabla 8 Sensibilidad y especificidad validez interna IMC CUN-BAE en la población total**

TOTAL

		GC% (DEXA)		
		OBESIDAD	SI	NO
IMC	SI	143	4	147 (17,4%)
	NO	232	464	696 (82,6%)
CUNBAE	SI	335	36	371 (44%)
	NO	40	432	472 (56%)

En la tabla 8 podemos observar, que la sensibilidad que presenta el CUN-BAE (89,3%), es muy superior a la del IMC (38,1%). Sin embargo, respecto a la especificidad es superior en el IMC (99,2%) respecto al CUN-BAE (92,3%)

Según el criterio de grasa corporal el 45 % de la muestra es obesa, siendo diagnosticado por el IMC una prevalencia 17,4 % y por el estimador CUN-BAE un 44%.

**Tabla 9 Sensibilidad y especificidad validez interna IMC CUN-BAE en la muestra de mujeres**

		GC% (DEXA)		
		OBESIDAD	SI	NO
IMC	SI	107	0	107 (30,3%)
	NO	167	79	246 (69,7%)
CUN-BAE	SI	252	10	262 (74,2%)
	NO	22	69	91 (25,8%)

Respecto a las mujeres, según el criterio de grasa corporal, el 45,19 % de las mujeres son obesas, según el IMC, el 30,3% y según CUNBAE el 74,2%.

La prevalencia de obesidad estimada fue del 44,4% con %GC, del 17,4% con el IMC y del 44,5% con el CUN-BAE. La sensibilidad y la especificidad observada fue respectivamente del 38,5% y 99,5% para el IMC y del 89,3% y 92,3% para el CUN-BAE.

**Tabla 10 Sensibilidad y especificidad validez interna IMC CUN-BAE en la muestra de hombres**

		GC% ( DEXA )		
		OBESIDAD	SI	NO
IMC	SI	36	4	40 (8,2%)
	NO	65	385	450 (91,8%)
CUN-BAE	SI	83	26	109 (22,2%)
	NO	18	363	381 (77,8%)

Respecto a los hombres, según el criterio de grasa corporal, el 12,0 % son obesos, mientras que según el IMC solo es el 8,2% y según el estimador CUN-BAE, es el 22,2%.

## DISCUSIÓN

El CUN-BAE muestra una mejor correlación con el %GC que el IMC, una mejor concordancia con la clasificación por categorías y una mayor validez interna para el diagnóstico de obesidad; especialmente en el caso de las mujeres.

Efectivamente, mientras la correlación observada entre el %GC, calculado mediante DXA, y el IMC es moderada ( $r = 0,651$ ), es muy alta con el CUNBAE ( $r=0,919$ ). Esto es consistente con el estudio de Vinknes et al. , quién también utilizan DXA como método de referencia para la obtención de la grasa corporal ( $r=0,88$ ; %GC- IMC;  $r= 0,56$ ; %GC- CUN-BAE). Bergman et al. comparando el IMC con la GC obtenida mediante DXA, observó una correlación también moderada ( $r= 0,569$ ). Otros autores que han estudiado estas correlaciones con métodos diferentes como impedancia bioeléctrica o plestimografía de desplazamiento aéreo, han observado correlaciones similares a las nuestras , oscilando entre 0,54 y 0,70 para % GC y el IMC <sup>(14,18,29)</sup> y valores entre 0,69-0,89 para el %GC y el CUN-BAE <sup>(15,18,20)</sup>.

Numerosos estudios, <sup>(14,18,19,22)</sup> afirman que el porcentaje de grasa corporal no correlaciona correctamente con el IMC, debido a las limitaciones de éste. Es sabido que la adiposidad que presenta una persona está relacionada con la edad, el sexo y la raza<sup>8</sup>. Las personas a medida que envejecen aumentan su masa grasa, mientras que la masa magra disminuye. Respecto al sexo las mujeres presentan una mayor cantidad de grasa (entre el 9 y el 30%) que los hombres ( entre 15 y el 22%), además de una diferente ubicación de la misma<sup>(14,14,18)</sup>. CUN-BAE es una fórmula que se desarrolló en una población caucásica para estimar la GC a partir del IMC, la edad y el sexo. Al incluir las variables edad y sexo se espera una mayor correlación y concordancia, entre el CUN-BAE y el %GC.

Una de las razones de la peor correlación del IMC con la GC es la no consideración del sexo, de manera que en el análisis estratificado por sexo mejora la correlación del IMC con la GC tanto en hombres ( $r= 0,711$ ) como en mujeres ( $r=0,730$ ), si bien sigue siendo una correlación moderada. Esto es consistente en los estudios encontrados, en los que la correlación entre el IMC y el %GC <sup>(14,15,18)</sup> aumenta tras la estratificación por sexo, cuyos valores fueron comprendidos entre  $r= 0,74$  a  $0,84$ . La diferente cantidad de grasa entre hombres y mujeres está en la razón de esta mejor correlación al estratificar en función del peso.

Sin embargo, en el caso del CUN-BAE, tras la estratificación por sexo la correlación entre la GC y el CUNBAE disminuye, tanto en hombres ( $r= 0,753$ ) como en mujeres ( $r=0,803$ ), si bien su correlación se mantiene en valores superiores a los del IMC. Esto es consistente con lo observado por Vinkens et al y Fuster et al. <sup>(18,24)</sup>

En nuestro caso, las diferencias de edad y de valores de IMC y grasa corporal entre los hombres (jóvenes y con valores bajos de IMC) y las mujeres (de más edad y valores altos de IMC) pueden estar en la base de los cambios observados en el análisis estratificado. Abunda en este hecho la diferente correlación observada entre el IMC y el CUN-BAE en nuestro estudio en comparación con el de Martín et al. Efectivamente en el nuestro la correlación fue buena ( $r=0,787$ ) y en el de Martín et al ( $r=0,692$ ), tras la estratificación por sexo, la correlación aumenta en hombres ( $r= 0,965$ ) y en las mujeres ( $r=0,945$ ) al igual que Martin et al. quienes encuentran valores superiores a  $r=0,938$  en ambos sexos. Esto puede ser debido a las diferencias entre las poblaciones, Martin et al. presenta una muestra de 3088 personas, hombres y mujeres, con una media de edad de 50 años ambos sexos. Sin embargo, nuestra población esta compuesta por 843 personas donde los hombres tienen una edad media de 29 años, mientras que las mujeres tienen una media de edad de 52.

Puesto que la correlación no es el mejor método para validar pruebas diagnósticas toda vez que puede existir una elevada correlación midiendo cosas diferentes, se llevó a cabo también un análisis de concordancia. En el análisis para clasificar los diferentes grados de obesidad o de distribución del IMC se siguió la recomendación de la OMS y de la SEEDO española. Por el contrario, al no existir el mismo acuerdo con relación a la grasa corporal se siguió la clasificación llevada a cabo por Ambrosi et al. en el estudio que publicaron la fórmula del CUNBAE<sup>14</sup>.

Esperar una concordancia buena o muy buena es difícil cuando la metodología llevada a cabo para conocerla es diferente. La concordancia entre el %GC y el CUN-BAE (Kappa= 0,704) es buena mientras que la concordancia entre el %GC y el IMC es moderada (Kappa= 0,402). La razón de estas diferencias las encontramos en las mismas comentadas con anterioridad, que el IMC y su correlación con la GC está afectada por el sexo y la edad. Esto se pone de manifiesto en el análisis estratificado por sexo, mientras que el Kappa ponderado en el caso del CUNBAE está en torno a bueno, el IMC presenta un kappa ponderado moderado en el caso de los hombres y en mujeres débil. No hemos encontrado ningún artículo que haya analizado la concordancia con las cuatro categorías y kappa ponderado. Se optó por el kappa ponderado al entender que no es lo mismo una discrepancia entre, por ejemplo, normopeso-sobrepeso que entre normopeso-obesidad <sup>25</sup>.

En cuanto a la clasificación de la obesidad, este estudio optó por un  $IMC \geq 30 \text{ kg/m}^2$  criterio establecido por la OMS<sup>1</sup>, mientras el punto de corte para CUN-BAE y la GC se basó en los criterios indicados por los autores que describieron la fórmula.<sup>14</sup> La prevalencia de obesidad, según el criterio utilizado presenta diferencias muy relevantes, del 17,4% siguiendo criterios de la OMS-SEEDO a cifras superiores al 44% tanto con el CUNBAE como con GC. Estos resultados son coincidentes con otras publicaciones<sup>(13,14,21,23)</sup>. Ante estos resultados la validez interna del IMC y el CUNBAE son muy diferentes tal y como era de esperar y es superior en el caso del CUNBAE que el IMC. Los estudios<sup>(15,22)</sup> que han evaluado su utilidad para clasificar la obesidad obtienen el mismo resultado que nosotros, mostrando que CUN-BAE clasifica a un mayor número de sujetos como obesos que el IMC, obteniendo resultados similares al estratificar por sexo. Efectivamente, la sensibilidad del CUNBAE (89,3%) , es muy superior a la del IMC (38,1%) y presentan especificidades similares (99,2% y 92,3%, respectivamente).

## FORTALEZAS Y LIMITACIONES

Una posible limitación de nuestro estudio es que la muestra no es una muestra representativa de la población general y hay una gran diferencia de edad y peso entre hombres y mujeres. Sin embargo, es una población mas variada que la utilizada para la elaboración del CUNBAE, pacientes de elevado peso que acudían para tratamiento a la Universidad de Navarra.

Otro problema del estudio es el criterio de obesidad establecido de manera arbitraria en contraposición al IMC, una variable ya contrastada con muchos estudios y un gran acuerdo internacional. Sin embargo, también es cierto que los estudios llevados a cabo hasta la fecha observan como la GC y el CUNBAE muestran mejores correlaciones con los factores de riesgo cardiometabólicos y diabetes mellitus que el IMC<sup>(2,14,15)</sup>. No debemos de olvidar que la causa de los problemas ligados a la obesidad es el exceso de grasa corporal y no el IMC, una medida indirecta de la misma.

Como fortalezas destacamos que la población pertenece a una misma zona geográfica y que la obtención de la grasa corporal se realiza a través del DEXA, considerado patrón de oro para la medición de la grasa corporal.

## CONCLUSIÓN

El porcentaje de grasa corporal calculado con CUN-BAE muestra una mayor correlación con el porcentaje de grasa real, por lo que podemos considerar que CUN-BAE es una nueva fórmula apta y rápida pudiendo estimar de manera más precisa el porcentaje de grasa, sin necesidad de mediciones especializadas de la composición corporal. Demostrando que el IMC, presenta un rendimiento diagnóstico limitado para identificar correctamente a las personas con exceso de grasa corporal, infraestimando el número de personas diagnosticadas por obesidad.



## BIBLIOGRAFÍA

1. World Health Organization: Global Health Risks: Mortality and Burden of Disease Attributable to Selected Major Risks. Geneva, WorldHealthOrganization, 2009. Disponible en: [http://www.who.int/healthinfo/global\\_burden\\_disease/GlobalHealthRisks\\_report\\_full.pdf](http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/GlobalHealthRisks_report_full.pdf) Consultado el 1 de septiembre de 2017.
2. Seidell JC, Halberstadt J. The Global Burden of Obesity and the Challenges of Prevention. *Ann NutrMetab.* 2015;66(suppl 2):7–12 .
3. World Health Organization. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation. Geneva, World Health Organization, 2000 (WHO Technical Report Series, No. 894).
4. World Health Organization. Obesity and overweight. Update June 2016. Fact sheet nº 311. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/> Consultado el 1 de Septiembre de 2017.
5. Gutiérrez-Fisac JL, Guallar-Castillón P, León-Muñoz LM, Graciani A, Banegas JR, Rodríguez-Artalejo F. Prevalence of general and abdominal obesity in the adult population of Spain, 2008-2010: The ENRICA study. *Obes Rev.* 2012;13:388–392.
6. Haslam D, James W. Obesity. *Lancet.* 2005; 366(9492):1197–1209.
7. Rodríguez G, Moreno L, Sarría A. La obesidad en la historia: Sobre el índice de Quetelet y obesidad. *Revista Española de Obesidad.* 2010;8(1):34-40.
8. Gallagher D, Visser M, Sepúlveda D, Pierson RN, Harris T, Heymsfield SB. How useful is body mass index for comparison of body fatness across age, sex, and ethnic groups?. *Am J Epidemiol.* 1996;143:228–239.
9. Whitlock G, Lewington S, Sherliker P, Clarke R, Emberson J, Halsey J, et al. Prospective Studies Collaboration. Body-mass index and cause-specific mortality in 900000 adults: Collaborative analyses of 57 prospective studies. *Lancet.* 2009;373:1083–1096.

10. World Health Organization. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. Report of a WHO Consultation. Geneva: Technical Report Series, No. 894; 2000.
11. Salas-Salvadó J, Rubio M, Barbany M, Moreno B, Grupo colaborativo de la SEEDO. SEEDO 2007 Consensus for the evaluation of overweight and obesity and the establishment of therapeutic intervention criteria. *Med Clin (Barc)*. 2007;128(5):184–196.
12. Prentice AM, Jebb SA. Beyond body mass index. *Obes Rev*. 2001;2(3):141–147.
13. Romero-Corral A, Somers V, Sierra-Johnson J, Thomas R, Collazo-Clavell M, Korinek J, et al. Accuracy of body mass index in diagnosing obesity in the adult general population. *Int J Obes*. 2008;32(6):959–966.
14. Gómez-Ambrosi J, Silva C, Catalán V, Rodríguez A, Galofré J, Escalada J, et al. Clinical usefulness of a new equation for estimating body fat. *Diabetes Care*. 2012;5(2):383.
15. Martín V, Dávila-Batista V, Castilla J, Godoy P, Delgado-Rodríguez M, Soldevila N, et al. Comparison of body mass index (BMI) with the CUN-BAE body adiposity estimator in the prediction of hypertension and type 2 diabetes. *BMC Public Health*. 2016; 16:82.
16. Dávila-Batista V, Gómez-Ambrosi J, Fernández-Villa T, Molina AJ, Frühbeck G, Martín V. Escala colorimétrica del porcentaje de grasa corporal según el estimador de adiposidad CUN-BAE. *Aten Primaria*. 2016; 48:422-423.
17. Llorente Ramos R, Azpeitia Armán J, Arévalo Galeano V, Muñoz Hernández A, García Gómez JM, Gredilla Molinero J. Absorciometría con rayos X de doble energía. Fundamentos, metodología y aplicaciones clínicas. 2012;54(5):410-423.
18. Fuster-Parra P, Bennasar-Veny M, Tauler P, Yañez A, López-González AA, Aguiló A. A comparison between multiple regression models and CUN-BAE equation to predict body fat in adults. *PLoS ONE*. 2015;10(3): e0122291.
19. López AA, Céspedes ML, Vicente T, Tomas M, Bennasar-Veny M, Tauler P, et al. Body Adiposity Index Utilization in a Spanish Mediterranean Population: Comparison with the Body Mass Index. *PLoS ONE*. 2012;7(4): e35281

20. Jackson A, Stanforth P, Gagnon J, Rankinen T, Leon A, Rao D, et al. Efecto del sexo, la edad y la raza en la estimación del porcentaje de grasa corporal del cuerpo índice de masa: TheHeritageFamilyStudy. *Int J Obes*. 2001;26(6):789-796.
21. Zubiaga L, Ruiz-Tovar J, Díez-Tabernilla M, Giner L, Arroyo A, Calpena R. CUN-BAE formula and biochemical factors as predictive markers of obesity and cardiovascular disease in patients before and after sleeve gastrectomy. *NutrHosp*. 2014;30(2):281-286.
22. Vinknes KJ, Nurk E, Tell GS, Sulo G, Refsum H, Elshorbagy AK. The relation of CUN-BAE index and BMI with bodyfat, cardiovascular events and diabetes during a 6-year follow-up; the Hordaland Health Study. *ClinicalEpidemiology*. 2016;55:555-566.
23. Shah N, Braverman E. La adiposidad de medición en pacientes: la utilidad del cuerpo índice de masa (IMC), porcentaje de grasa corporal y leptina. *Másuno*. 2012;7(4):e33308.
24. Marrero-Gordillo N, Álvarez-Plaza PY, Marrero-Díaz M, Hernández-Abad FJ. Valoración de un nuevo método de estimación de la grasa corporal: su utilidad en el Sistema de Clasificación de luchadores de Lucha Canaria. *Majorensis*. 2015;11:28-36.
25. de Ullibarri Galparsoro L, Pita Fernández S. Medidas de concordancia: el índice de Kappa.