

## PUBLICACIÓN ANTICIPADA

### Publicación anticipada

El Comité Editor de la Revista del Cuerpo Médico Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo aprobó para publicación este manuscrito, teniendo en cuenta la revisión de pares que lo evaluaron y levantamiento de observaciones. Se publica anticipadamente en versión pdf en forma provisional con base en la última versión electrónica del manuscrito, pero sin que aún haya sido diagramado ni se le haya hecho la corrección de estilo. Siéntase libre de descargar, usar, distribuir y citar esta versión preliminar tal y como lo indicamos, pero recuerde que la versión electrónica final y en formato pdf pueden ser diferentes.

### Advance publication

The Editorial Committee of the Journal Cuerpo Medico Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo approved this manuscript for publication, taking into account the peer review that evaluated it and the collection of observations. It is published in advance in a provisional pdf version based on the latest electronic version of the manuscript, but without it having been diagrammed or style corrected yet. Feel free to download, use, distribute, and cite this preliminary version as directed, but remember that the final electronic and pdf versions may differ.

**Citación provisional** / Guevara-Tirado A. Ecuación para agua corporal total basada en fórmula de Watson según perímetro abdominal y edad. Rev. Cuerpo Med. HNAAA [Internet]. 19 de noviembre de 2024 [citado 19 de noviembre de 2024];17(3). DOI: [10.35434/rcmhnaaa.2024.173.2458](https://doi.org/10.35434/rcmhnaaa.2024.173.2458)

Recibido / 12/04/2024

Aceptado / 13/08/2024

Publicación en Línea / 19/11/2024



## **Ecuación para agua corporal total basada en fórmula de Watson según perímetro abdominal y edad**

### **Equation for total body water based on Watson's formula according to abdominal perimeter and age**

Alberto Guevara-Tirado<sup>1,a,b</sup>

1. Universidad Científica del Sur, Lima, Perú
- a. Médico cirujano
- b. Maestro en medicina

**ORCID:**

<https://orcid.org/0000-0001-7536-7884>

**Contribución de autor:** el autor es responsable por el contenido de esta investigación

**Fuentes de financiamiento:** financiado por el autor.

**Conflicto de intereses:** sin conflicto de interés.

**Correspondencia**

Alberto Guevara Tirado

**Correo electrónico:** [albertoguevara1986@gmail.com](mailto:albertoguevara1986@gmail.com)

**Teléfono:** +51 978459469

## RESUMEN

**Objetivo:** Desarrollar una ecuación antropométrica del agua corporal total simplificada en función del perímetro abdominal y edad basándose en la fórmula de Watson. **Material y métodos:** Estudio analítico y transversal, basado en datos de la encuesta nacional demográfica de salud de 2022 (población=32 066). Las variables fueron: agua corporal total, edad, sexo, perímetro abdominal. Se utilizó redes neuronales (perceptrón multicapa), regresión lineal múltiple, y correlación de Spearman para comparar los resultados con la población de la encuesta del año 2021 (población=31 966). **Resultados:** El perceptrón multicapa tuvo un error relativo de 0,17 y 0,12 en mujeres y hombres, respectivamente. La ecuación de regresión en mujeres fue:  $8,083 + (0,308 * \text{perímetro abdominal}) + (-0,084 * \text{edad})$ . En hombres:  $12,132 + (0,338 * \text{perímetro abdominal}) + (-0,166 * \text{edad})$ . Se comparó la correlación de ambas ecuaciones con un grupo control (ENDES-2021), hallándose correlaciones muy fuertes en hombres ( $Rho=0,821$ ) y mujeres ( $Rho=0,816$ ), similares a las del estudio principal (ENDES-2022) que tuvo correlaciones de 0,897 y 0,845 en hombres y mujeres, respectivamente. **Conclusiones:** La ecuación para determinar el agua corporal total basada en perímetro abdominal y edad es altamente cercana a la fórmula original de Watson. Al no requerir báscula, tallímetro, y ser una ecuación más simplificada, podría ser aplicable a grandes grupos poblacionales como instrumento de tamizaje.

**Palabras clave:** Agua Corporal; Modelos Lineales; Redes Neuronales de la Computación; Circunferencia de la Cintura; Antropometría (Fuente: DeCS BIREME)

## ABSTRACT

**Objective:** To develop a simplified anthropometric equation of total body water based on abdominal circumference and age based on Watson's formula. **Material and methods:** Analytical and cross-sectional study, based on data from the 2022 national demographic health survey (population=32,066). The variables were: total body water, age, sex, abdominal perimeter. Neural networks (multilayer perceptron), multiple linear regression, and Spearman correlation were used to compare the results with the 2021 survey population (population=31,966). **Results:** The multilayer perceptron had a relative error of 0.17 and 0.12 in women and men, respectively. The regression equation in women was:  $8.083 + (0.308 * \text{abdominal circumference}) + (-0.084 * \text{age})$ . In men:  $12.132 + (0.338 * \text{abdominal circumference}) + (-0.166 * \text{age})$ . The correlation of both equations was compared with a control group (ENDES-2021), finding very strong correlations in men ( $Rho=0.821$ ) and women ( $Rho=0.816$ ), similar to those of the main study (ENDES-2022) that had correlations of 0.897 and 0.845 in men and women, respectively. **Conclusions:** The equation to determine total body water based on abdominal perimeter and age is highly close to Watson's original formula. As it does not require a scale, stadiometer, and is a more simplified equation, it could be applicable to large population groups as a screening instrument.

**Keywords:** Body Water; Linear Models; Neural Networks, Computer; Waist Circumference; Anthropometry (Source: MeSH NLM)



## INTRODUCCION

El agua es el componente más abundante del organismo, representando más del 90% de la composición en recién nacidos <sup>(1)</sup>, disminuyendo con el avance de la edad, reduciéndose hasta alrededor del 50% en la adultos mayores <sup>(2)</sup>. El agua corporal total representa el total de líquidos en compartimientos intracelulares y extracelulares (intersticial, intravascular y transcelular) <sup>(3)</sup>, cuya regulación es imprescindible para la homeostasis corporal <sup>(4)</sup>. Su medición se realiza de forma directa, con equipos como la bioimpedancia eléctrica <sup>(5)</sup>, y por formulas basadas en el peso corporal pre-mórbido con factor de corrección, así como ecuaciones antropométricas como la de Humes-Weyer <sup>(6)</sup> y de Watson <sup>(7)</sup>, siendo esta ultima la fórmula más utilizada debido a que da estimaciones razonablemente cercanas a métodos como la bioimpedancia <sup>(8)</sup>, además de haber ha sido utilizada en diferentes poblaciones de distintos continentes <sup>(9)</sup>.

La fórmula de Watson, desarrollada en 1980, al ser de las ecuaciones más precisas para la estimación del agua corporal total, y representar una estimación derivada de una fórmula matemática, puede ser viable para tamizajes en grandes grupos poblacionales <sup>(10)</sup>. Sin embargo, su aplicabilidad podría verse mermada debido a la complejidad de su fórmula y al uso de instrumentos de medición como el tallímetro y la báscula, por lo que no suele ser aplicada en grandes grupos poblacionales, perdiendo la posibilidad de obtener datos antropométricos importantes que permitan una mejor valoración del estado de salud en diferentes localidades, regiones y países.

En ese sentido, el uso de redes neuronales artificiales simples, como el perceptrón multicapa, podrían ayudar a encontrar alternativas simplificadas para obtener datos cercanos a la ecuación de Watson, con el fin de generar fórmulas de menor complejidad aritmética que requieran menos materiales para las mediciones antropométricas. Por ello, el objetivo de esta investigación fue desarrollar una ecuación antropométrica del agua corporal total simplificada basándose en la fórmula de Watson, utilizando el perímetro abdominal y la edad

## MATERIAL Y METODOS

### Diseño y población de estudios

Estudio analítico y transversal proveniente de la base de datos secundaria de la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar peruana (ENDES-2022). La ENDES es una encuesta poblacional de muestreo complejo, probabilístico, bietápico e independiente realizada anualmente por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), disponible y abierta para entidades públicas, privadas, centros de investigación, universidades y público general <sup>(11)</sup>. La población para este estudio estuvo conformada por personas desde los 15 años de edad, de ambos sexos, no existiendo ningún criterio de exclusión. No hubo técnica de muestreo debido a que se contó con el total de la población registrada en la base de datos, por lo que no se precisó del desarrollo de procedimientos de selección de muestra y, por tanto, la muestra de estudio fue el total de la población que fue de 32 066 personas para el estudio principal de la ENDES-2022, y 31 966 pertenecientes a la ENDES-2021, el cual fue el grupo de control donde se aplicó la ecuación desarrollada a partir de la ENDES-2022.

### Variables y mediciones

Las variables utilizadas en la presente investigación fueron: sexo (hombre/mujer. Agua corporal total, la cual de cálculo previamente mediante la fórmula de Watson <sup>(12)</sup> la cual fue en:

Hombres:  $ACT = 2.447 - (0.09156 * Edad) + (0.1074 * Estatura) + (0.3362 * Peso)$

Y en mujeres:  $ACT = (0.1069 * Estatura) + (0.2466 * Peso) - 2.097$

Los valores de peso, talla y edad para la formula fueron tomados de la base de datos de la ENDES-2022. Perímetro abdominal, cuya medición fue realizada mediante el uso de una cinta métrica entre el reborde costal y la espina iliaca, con la cinta métrica perpendicular al eje longitudinal del cuerpo y la persona de pie <sup>(13)</sup>.

### Análisis estadístico

Se utilizaron tablas para la estadística descriptiva, obteniendo frecuencias absolutas y relativas. Se desarrolló una red neuronal simple tipo perceptrón multicapa, para encontrar las variables que cumplieran los objetivos de esta investigación: una buena capacidad predictiva y cuya posible formula requiera dos componentes, obteniéndose el perímetro abdominal y la edad, obteniendo un valor pronosticado basado en perímetro abdominal y edad que se comparó con los valores de agua corporal total de la fórmula de Watson mediante un gráfico de dispersión con coeficiente de determinación  $R^2$ . Posteriormente se realizó el modelo de regresión lineal múltiple, el cual es un modelo de regresión que estima la relación lineal entre una variable dependiente cuantitativa y dos o más variables independientes <sup>(14)</sup>, permitiendo obtener una ecuación de regresión.

Asimismo, se utilizó la prueba de correlación de Spearman, el cual es un método estadístico que evalúa la relación lineal entre dos variables continuas <sup>(15)</sup>, la cual se aplicó

en el grupo de estudio principal (ENDES-2022) y posteriormente en el grupo de control (ENDES-2021), donde previamente se utilizó la ecuación de regresión desarrollada en la ENDES-2022, con el fin determinar si es aplicable a diferentes grupos poblacionales. Se usó la correlación de Spearman debido a que las variables no tuvieron una distribución normal en la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Los cálculos y el procesamiento de datos se realizaron con el programa SPSS *statistics* 25. Los hallazgos se midieron con un valor de p significativo menor del 0,05 con un intervalo de confianza al 95 %. El análisis se realizó durante el mes de abril de 2024.

### **Consideraciones éticas**

La base de datos abiertos de libre acceso codifico numéricamente a cada individuo, haciendo inviable conocer la unidad de análisis (encuestados), y provino de una fuente secundaria (<https://www.datosabiertos.gob.pe/>)<sup>(16)</sup> perteneciente a un organismo estatal (Instituto Nacional de Estadística e Informática), que, acorde al memorando 001-2023-UDT-OTIC/INS, refiere que el portal de datos abiertos pone a disposición datos de manera simple, segura, confiable y anónima y, por tanto, no requiere documentos de autorización de uso de datos hallados en la plataforma de datos abiertos, así como de una autorización de un comité de ética debido a la naturaleza del estudio. Se respetó lo establecido en las normas de Helsinki.

PUBLICACIÓN ANTICIPADA

## RESULTADOS

Se analizaron 31 110 personas desde los 15 años, de los cuales son 17 546 mujeres y 13 654 hombres. La edad mínima fue de 15 años en ambos grupos, el promedio de agua corporal total fue mayor en hombres (Media:32,98; desviación estándar:3,91) que en mujeres (Media:29,88; desviación estándar:3,45) (tabla 1)

**Tabla 1. Características de la población de estudio**

<b>Mujeres (n=17 546)</b>	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>
<b>Agua corporal total (litros)</b>	18075	17.45	49.13	29.88	3.45
<b>Perímetro abdominal (centímetros)</b>	17552	52.3	154.2	91.45	12.03
<b>Edad (años)</b>	18242	15	97	38.01	16.16
<b>Hombres (n=13 654)</b>	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>
<b>Agua corporal total (litros)</b>	13673	20.32	58.31	32.98	3.91
<b>Perímetro abdominal (centímetros)</b>	13658	51.1	160	91.59	11.78
<b>Edad (edad)</b>	13824	15	95	39.79	16.61

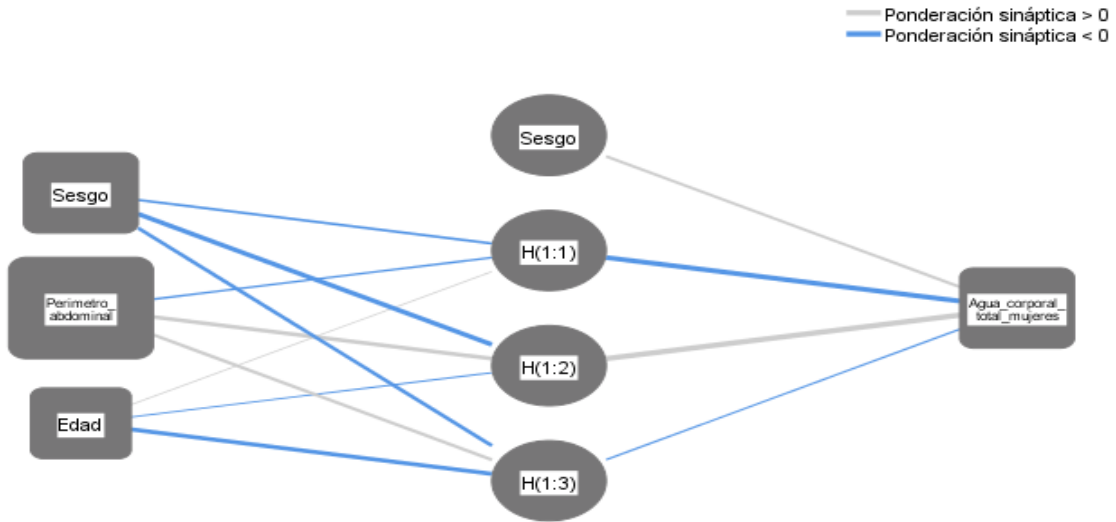
El modelo de redes neuronales se realizó con 12 305 (70,10%) y un error relativo de 0,22 para mujeres para el entrenamiento, y 5241 (29,90%) con un error relativo de 0,19 para la prueba (tabla 2)

**Tabla 2. Resumen del modelo de redes neuronales (perceptrón multicapa) para predicción de agua corporal total (fórmula de Watson) basado en perímetro abdominal y edad, en mujeres**

	<b>Recuento</b>	<b>Error relativo (%)</b>
<b>Entrenamiento</b>	12305(70,10%)	0,22
<b>Prueba</b>	5241(29,90%)	0,19
<b>Total</b>	17546(100%)	

El perceptrón multicapa tuvo 2 capas de entrada, 3 capas intermedias y 1 capa de salida, donde la variable de mayor importancia fue el perímetro abdominal (grafico 1)





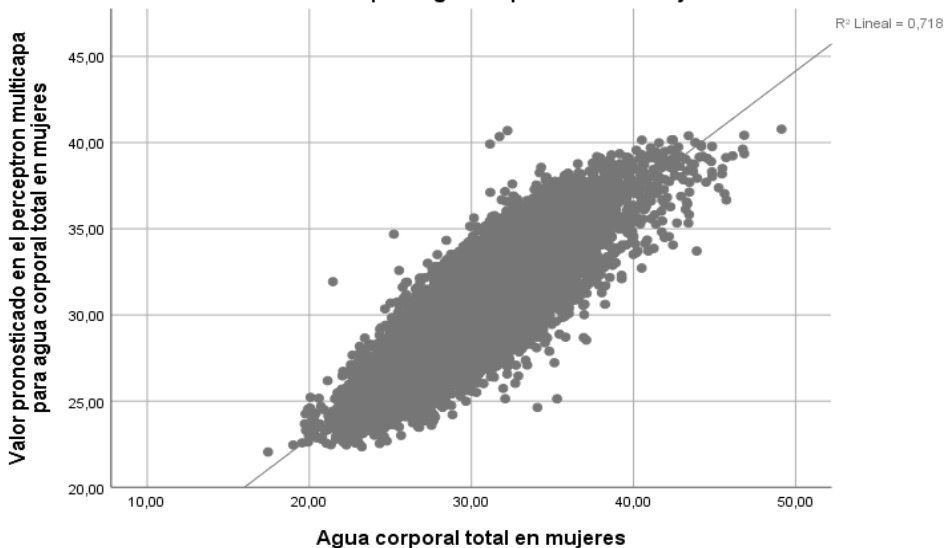
Función de activación de capa oculta: Tangente hiperbólica

Función de activación de capa de salida: Identidad

**Gráfico 1. Estructura de red neuronal artificial tipo perceptrón multicapa para predicción de agua corporal (según fórmula de Watson) basado en perímetro abdominal y edad, en mujeres**

Se realizó un gráfico de dispersión simple para comparar los resultados predichos de agua corporal total por el perceptrón multicapa basados en la estimación del perímetro abdominal y la edad, con los valores de agua corporal de la fórmula de Watson, encontrándose un coeficiente de determinación de 0,718 (grafico 2)

**Dispersión simple con ajuste de línea de valor pronosticado para agua corporal total por valor del perceptron para agua corporal total en mujeres**



**Gráfico 2. Dispersión de puntos para valores de agua corporal total (fórmula de Watson) y valor pronosticado de agua corporal basado en perímetro abdominal y edad, mediante perceptrón multicapa, en mujeres**

Se calculó la regresión lineal múltiple con modelo *intro* para predecir el efecto del perímetro abdominal y la edad sobre el agua corporal total. La ecuación de regresión fue estadísticamente significativa ( $F=21\ 885,07$   $p<0,001$ ,  $B-1=90\%$ ). El valor de  $R^2$  fue de 0,795, lo que indica que el 80% del cambio de la puntuación del agua corporal de la fórmula de Watson puede ser explicado por el modelo basado en el perímetro abdominal y la edad. La ecuación de regresión fue  $8,083 + (0,308 * \text{perímetro abdominal}) + (-0,084 * \text{edad})$ , donde la puntuación de agua corporal total aumenta 0,31 puntos por cada centímetro de perímetro abdominal, y disminuye 0,084 puntos por cada año de edad (tabla 3)

**Tabla 3. Ecuación de regresión lineal múltiple para el efecto del perímetro abdominal y la edad sobre el valor de agua corporal total en mujeres peruanas**

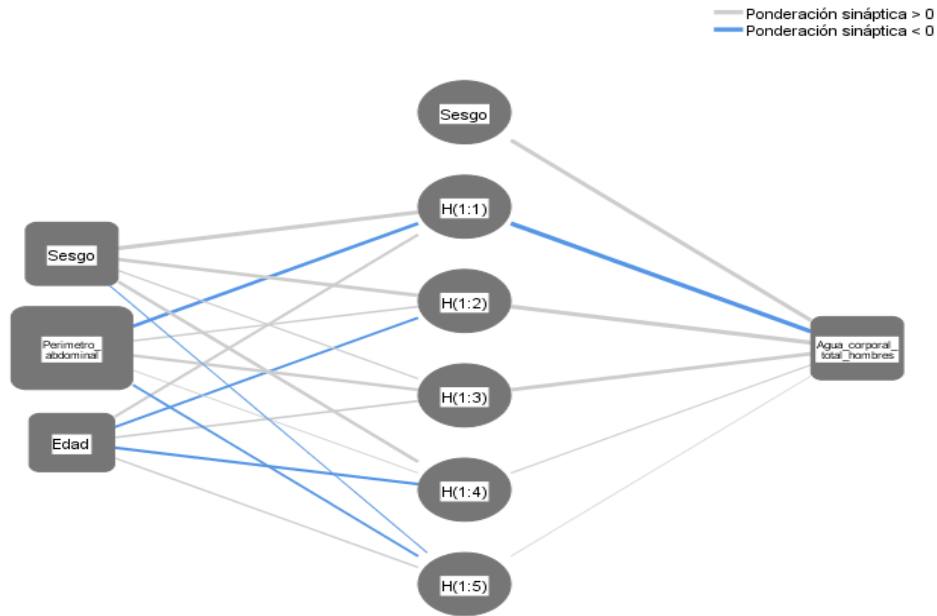
	F	R2	B	Error estándar	p	B-1
<b>(Constante)</b>			9.204	0.107	<0,001	
<b>Perímetro abdominal (cm)</b>	21885,07	0,795	0.250	0.001	<0,001	90%
<b>Edad (año)</b>			-0.058	0.001	<0,001	

El modelo de redes neuronales se realizó con 9547 personas (69,90%) y un error relativo de 0,17 para hombres para el entrenamiento, y 4107 personas (30,10%) con un error relativo de 0,12 para la prueba (tabla 4)

**Tabla 4. Resumen del modelo redes neuronales (perceptrón multicapa) para predicción de agua corporal total (fórmula de Watson) basado en perímetro abdominal y edad, en hombres**

	Recuento	Error relativo (%)
<b>Entrenamiento</b>	9547(69,90%)	0,17
<b>Prueba</b>	4107(30,10%)	0,12
<b>Total</b>	13654(100%)	

El perceptrón multicapa tuvo 2 capas de entrada, 5 capas intermedias y 1 capa de salida, donde la variable de mayor importancia fue el perímetro abdominal (grafico)

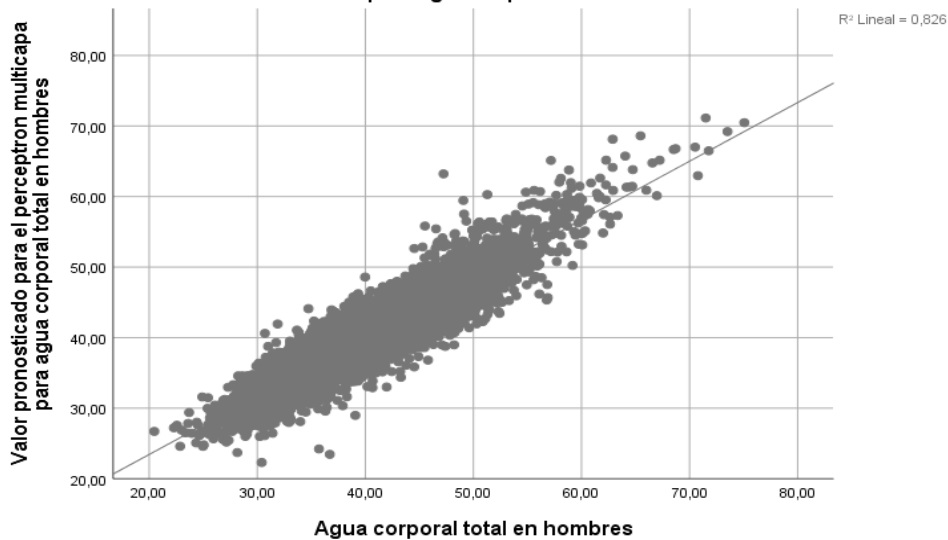


Función de activación de capa oculta: Tangente hiperbólica  
 Función de activación de capa de salida: Identidad

**Gráfico 3. Estructura de red neuronal artificial tipo perceptrón multicapa para predicción de agua corporal (fórmula de Watson) basado en perímetro abdominal y edad, en hombres**

Se realizó un gráfico de dispersión simple para comparar los resultados predichos de agua corporal total por el perceptrón multicapa basados en la estimación del perímetro abdominal y la edad, con los valores de agua corporal de la fórmula de Watson, encontrándose un coeficiente de determinación de 0,826 (grafico 4)

**Dispersión simple con ajuste de línea de valor pronosticado para agua corporal total por valor del perceptron para agua corporal total en hombres**



**Gráfico 4. Dispersión de puntos para valores de agua corporal total (formula de Watson) y valor pronosticado de agua corporal basado en perímetro abdominal y edad, mediante perceptrón multicapa, en hombres**

Se calculó la regresión lineal múltiple con modelo *intro* para predecir el efecto del perímetro abdominal y la edad sobre el agua corporal total. La ecuación de regresión fue estadísticamente significativa ( $F=31\,520,62$   $p<0,001$ ,  $B-1=93\%$ ). El valor de  $R^2$  fue de 0,825, lo que indica que el 83% del cambio de la puntuación del agua corporal de la fórmula de Watson puede ser explicado por el modelo basado en el perímetro abdominal y la edad. La ecuación de regresión fue de  $12,132 + (0,338 * \text{perímetro abdominal}) + (-0,166 * \text{edad})$ , donde la puntuación de agua corporal total aumento 0,39 puntos por cada centímetro de perímetro abdominal, y disminuyo 0,17 puntos por cada año de edad (tabla 5)

**Tabla 5. Ecuación de regresión lineal múltiple para el efecto del perímetro abdominal y la edad sobre el valor de agua corporal total en hombres peruanos**

	F	R2	B	Error estándar	p	B-1
<b>(Constante)</b>			10.464	0.155	<0,001	
<b>Perímetro abdominal (cm)</b>	31530.62	0,825	0.413	0.002	<0,001	93%
<b>Edad (año)</b>			-0.199	0.001	<0,001	

cm: centímetros

Se aplicaron las fórmulas de regresión lineal múltiple dirigidas hacia una población de pacientes encuestados en la ENDES-2021, observándose que los valores del agua corporal de la fórmula de Watson se correlacionaron con una intensidad muy fuerte con la ecuación de regresión lineal múltiple basada en el perímetro abdominal y la edad en hombres ( $Rho=0,821$ ) y mujeres ( $Rho=0,816$ ), de forma similar a la correlación muy fuerte obtenida en el estudio principal de la ENDES-2022 en hombres ( $Rho=0,897$ ) y mujeres ( $Rho=0,845$ ) (tabla 6)

**Tabla 6. Correlación entre agua corporal total (fórmula de Watson) con la ecuación basada en perímetro abdominal y edad comprada entre la población de la ENDES-2022(casos) y ENDES-2021(control)**

	ENDES-2022 (grupo de casos)			ENDES-2021(grupo control)		
	N	Rho	p	N	Rho	p
<b>Hombres</b>	13 824	0,897	<0,001	13 517	0,821	<0,001
<b>Mujeres</b>	18 242	0,845	<0,001	18 449	0,816	<0,001

Rho: coeficiente de correlación de Spearman

## DISCUSION

Se determinó que los parámetros antropométricos provenientes de la ENDES-2022, con mayor capacidad predictiva y posibilidad de generar una ecuación con resultados próximos a la fórmula de Watson fueron el perímetro abdominal y la edad, siendo muy importante el uso de las redes neuronales tipo perceptrón multicapa debido a que permitieron contrastar diferentes variables candidatas para el desarrollo de esta investigación, la cual buscaba una fórmula simplificada y de mayor accesibilidad, ya que el perímetro abdominal, a diferencia de la determinación del peso y la talla, solo requiere una cinta métrica, por lo que la posibilidad de realizar tamizajes a escala nacional con esta ecuación análoga a la fórmula de Watson es de una aplicación potencialmente viable. La ecuación obtenida fue:

En mujeres:  $8,083 + (0,308 * \text{perímetro abdominal}) + (-0,084 * \text{edad})$ , que equivaldría por ley de signos a:  **$8,083 + (0,308 * \text{perímetro abdominal}) - (0,084 * \text{edad})$**

En hombres:  $12,132 + (0,338 * \text{perímetro abdominal}) + (-0,166 * \text{edad})$ , que equivaldría por ley de signos a:  **$12,132 + (0,338 * \text{perímetro abdominal}) - (0,166 * \text{edad})$**

Sin embargo, es preciso analizar las razones por las que el perímetro abdominal y la edad fueron relevantes en el perceptrón y en la ecuación de regresión lineal múltiple. Es probable que el perímetro abdominal, independientemente de las posibles relaciones fisiológicas en relación al peso y la talla como componentes separados, haya sido una variable importante para la ecuación debido a su alta correlación con el índice de masa corporal (IMC), el cual es un marcador de sobrepeso y obesidad. Esta correlación es generalmente alta en estudios desarrollados por diferentes autores y en distintos contextos clínicos, como en el estudio de Gierach, quien encontró una correlación muy alta entre el IMC y el perímetro abdominal en pacientes con síndrome metabólico<sup>(17)</sup>. Dagan, mientras evaluó la aptitud respiratoria en adultos sanos, encontró una correlación alta entre IMC y perímetro abdominal<sup>(18)</sup>. Wilmet, en un estudio en la población de Bélgica, halló una muy alta correlación entre IMC y perímetro abdominal ( $r$  de pearson=0,91 en hombres y  $r=0,89$  en mujeres), sugiriendo que la asociación es tan alta que el uso de uno u otro parámetro antropométrico es virtualmente indistinto<sup>(19)</sup>.

Estos antecedentes, y el hallazgo en este artículo sugieren que la inclusión del perímetro abdominal en la ecuación podría deberse a que la exploración de este parámetro y el peso y la talla expresados en el IMC exploran el peso corporal, el cual tiende a distribuirse con mayor frecuencia en la región abdominal, la cual tiene un fuerte impacto en la concentración de agua corporal. Este aspecto ha sido poco explorado en la literatura médica; una posible explicación es que esto ocurra debido a que una gran parte de la grasa visceral y subcutánea se acumula en el abdomen<sup>(20)</sup>, y a que, a su vez, la mayor parte del flujo de agua corporal sucede en la cavidad abdomino-pélvica (sistema portal, intestinos, estómago, riñones, sistema álgico, entre otros)<sup>(21)</sup>. Sin embargo, se requieren de investigaciones que exploren las causas de esta probable relación que hizo viable una ecuación que reemplazó el peso y la talla por la circunferencia abdominal. Además, las ecuaciones difirieron según sexo,

probablemente porque las mujeres tienden a tener menos agua corporal que los hombres y mayor cantidad de tejido adiposo <sup>(22)</sup>.

Si bien el perímetro abdominal aporta significativamente a la ecuación, esta variable no podría explicar los cambios en el agua corporal total por sí sola, incluyéndose la edad debido a la importancia descubierta en el perceptrón multicapa. Si bien tuvo un aporte menor, su presencia fue necesaria para aumentar la potencia y correlación estadística. La edad es también una variable propia de la fórmula de Watson, y su presencia se justifica en la ecuación desarrollada debido a que el incremento de la edad genera un descenso en la concentración de líquidos corporales, presentándose una correlación negativa <sup>(23)</sup>.

Si bien se realizó un análisis inicial con aprendizaje supervisado mediante perceptrón multicapa, que permitió determinar la capacidad predictiva del perímetro abdominal y la edad, la cual fue confirmada tras la regresión lineal múltiple, dicha ecuación fue puesta a prueba mediante su aplicación en la población peruana de la ENDES del año 2021, observándose una alta correlación con la fórmula de Watson aplicada al mismo grupo poblacional, de forma similar al grupo original donde se desarrolló inicialmente la prueba (ENDES-2022). Ello sugiere la posibilidad de utilizar esta ecuación en grandes grupos poblacionales (en el orden de miles o decenas de miles), para poder determinar la concentración de agua corporal total, lo cual permitirá estudiar el estado de hidratación y acceso al agua para consumo lo cual es ventajoso desde el punto de vista médico y nutricional.

Esta medición, utilizando la fórmula de Watson, podría representar una dificultad debido a la complejidad de la ecuación, así como, en zonas bajos recursos, de acceso al tallímetro y básculas en buenas condiciones. Por lo que la ecuación de regresión lineal desarrollada en esta investigación podría resultar ventajosa para su aplicación en grandes estudios poblacionales debido a que su cálculo es más simplificado, pero, principalmente, solo requiere la cinta métrica para medir el perímetro abdominal. Sin embargo, las mediciones individualizadas en el contexto clínico deberían seguir utilizando métodos como la bioimpedancia e incluso la fórmula de Watson, hasta que se pueda verificar la compatibilidad y validez de la ecuación desarrollada frente a equipos de medición directa.

Las limitaciones de este estudio fueron: la ausencia de aleatorización y técnica de muestreo, sin embargo, el tamaño de la población estudiada, en torno a 30 000 personas, y a que la encuesta nacional demográfica fue de características complejas, probabilísticas, bietápica e independiente, y a que se utilizó dos grupos poblacionales con 1 año de diferencia al momento de la comparación de la aplicación de la ecuación de regresión lineal, los resultados se pueden considerar generalizables a la población peruana. Además, la ecuación desarrollada, hasta que no sea validada frente a instrumentos de medición directa, podría ser aplicable únicamente para estudios de tamizaje, lo cual a su vez representa una posible ventaja frente a otras ecuaciones de mayor complejidad y que requieren instrumentos de medición en condiciones adecuadas (como la báscula). Asimismo, esta ecuación, debido a que se ha desarrollado

en la población peruana, no podría ser extrapolable a poblaciones de otros países, siendo necesario la reproducción de ecuaciones de regresión lineal según las características antropométricas de cada país o región.

En conclusión, la ecuación desarrollada mediante regresión lineal múltiple, consistente en perímetro abdominal y edad, generó valores de agua corporal total cercanos a la fórmula de Watson en la población peruana. Se sugiere incluir el tamizaje de agua corporal total en grandes grupos poblacionales, utilizando ecuaciones según perímetro abdominal y edad, representando un cálculo simplificado de la fórmula de Watson, y siendo más viable al solo requerir de cinta métrica para la circunferencia abdominal. Es factible su aplicación en diferentes países y regiones, tras la determinación previa de las características antropométricas de cada población en particular.

**Conflicto de interés:** sin conflicto de interés.

**Financiamiento:** autofinanciado

**Agradecimientos:** Al instituto nacional de estadística e informática (INEI) cuyos datos disponibles en su página web y de libre acceso permitieron el desarrollo de esta investigación.

PUBLICACIÓN ANTICIPADA

## REFERENCIAS

- 1) Young A, Brown LK, Ennis S, Beattie RM, Johnson MJ. Total body water in full-term and preterm newborns: systematic review and meta-analysis. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 2021 [citado 12 de abril de 2024];106(5):542–8. <https://fn.bmj.com/content/106/5/542>
- 2) Lu H, Ayers E, Patel P, Mattoo TK. Body water percentage from childhood to old age. *Kidney Res Clin Pract* [Internet]. 2023;42(3):340–8. <http://dx.doi.org/10.23876/j.krcp.22.062>
- 3) Brinkman JE, Dorius B, Sharma S. Physiology, Body Fluids [Internet]. StatPearls Publishing; 2023 [citado 12 de abril de 2024]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482447/>
- 4) Tobias A, Ballard BD, Mohiuddin SS. Physiology, Water Balance [Internet]. StatPearls Publishing; 2022 [citado 12 de abril de 2024]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541059/>
- 5) Nickerson BS, Narvaez SV, Juarez MI, Czerwinski SA. Effect of total body water estimates via bioimpedance on bod pod-based three-compartment body fat models. *Eur J Clin Nutr.* 2022 [citado 12 de abril de 2024];76(4):581–7. <https://doi.org/10.1038/s41430-021-00982-7>
- 6) Kim MJ, Lee SW, Kim GA, Lim HJ, Lee SY, Park GH, et al. Development of anthropometry-based equations for the estimation of the total body water in Koreans. *J Korean Med Sci.* 2005 [citado 12 de abril de 2024];20(3):445. <http://dx.doi.org/10.3346/jkms.2005.20.3.445>
- 7) Watson PE, Watson ID, Batt RD. Total body water volumes for adult males and females estimated from simple anthropometric measurements. *Am J Clin Nutr* [Internet]. 1980 [citado 12 de abril de 2024];33(1):27–39. Doi: 10.1093/ajcn/33.1.27
- 8) Martínez-Fernández G, Ortega Cerrato A, de la Vara Iniesta L, Oliver Galera E, Gómez Roldán C, Pérez Martínez J. Comparación entre bioimpedancia espectroscópica y fórmula de Watson para medición de volumen corporal en pacientes en diálisis peritoneal. *Nefrología.* 2016 [citado 12 de abril de 2024];36(1):57–62. Doi: 10.1016/j.nefro.2015.11.002
- 9) Maskell PD, Jones AW, Heymsfield SB, Shapses S, Johnston A. Total body water is the preferred method to use in forensic blood-alcohol calculations rather than ethanol's volume of distribution. *Forensic Sci Int.* 2020;316(110532):110532. <http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110532>
- 10) Liu S, Feng Y, Zhang Q, Lu J, Li N, Liu Y, et al. Comparison of the Watson formula and bioimpedance spectroscopy for measuring body volume and calculating kt/V in patients with peritoneal dialysis. *Ren Fail.* 2024;46(1). <http://dx.doi.org/10.1080/0886022x.2024.2313360>
- 11) Instituto Nacional de Estadística e Informática [Internet]. Gob.pe. [citado 12 de abril de 2024]. <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/4233597-peru-encuesta-demografica-y-de-salud-familiar-endes-2022>



- 12) Lu H, Ayers E, Patel P, Mattoo TK. Body water percentage from childhood to old age. *Kidney Res Clin Pract* . 2023;42(3):340–8. Doi: 10.23876/j.krcp.22.062
- 13) Vega Abascal JB, Leyva Sicilia Y, Teruel Ginés R. La circunferencia abdominal. Su inestimable valor en la Atención Primaria de Salud. *CCH Correo cient Holguín* . 2019 [citado 31 de julio de 2023];23(1):270–4. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1560-43812019000100270](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1560-43812019000100270)
- 14) Hu YH, Yu SC, Qi X, Zheng WJ, Wang QQ, Yao HY. An overview of multiple linear regression model and its application. *Zhonghua Yu Fang Yi Xue Za Zhi*. 2019;53(6). Doi: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2019.06.021
- 15) Schober P, Boer C, Schwarte LA. Correlation coefficients: Appropriate use and interpretation. *Anesth Analg*. 2018 [citado 12 de abril de 2024];126(5):1763–8. Doi: 10.1213/ANE.0000000000002864
- 16) Plataforma Nacional de Datos Abiertos [Internet]. Gob.pe. [citado 2 de octubre de 2023]. <https://www.datosabiertos.gob.pe/>
- 17) Gierach M, Gierach J, Ewertowska M, Arndt A, Junik R. Correlation between body mass index and waist circumference in patients with metabolic syndrome. *ISRN Endocrinol*. 2014 [citado 11 de abril de 2024];2014:1–6. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/514589>
- 18) Dagan SS, Segev S, Novikov I, Dankner R. Waist circumference vs body mass index in association with cardiorespiratory fitness in healthy men and women: a cross sectional analysis of 403 subjects. *Nutr J*. 2013;12(1). <http://dx.doi.org/10.1186/1475-2891-12-12>
- 19) Wilmet G, Verlinde R, Vandevoorde J, Carnol L, Devroey D. Correlation between Body Mass Index and abdominal circumference in Belgian adults: a cross-sectional study. *Rom J Intern Med* [Internet]. 2017;55(1):28–35. <http://dx.doi.org/10.1515/rjim-2016-0050>
- 20) Staiano AE, Katzmarzyk PT. Visceral, subcutaneous, and total fat mass accumulation in a prospective cohort of adolescents. *Am J Clin Nutr*. 2022 [citado 12 de abril de 2024];116(3):780–5. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35544287/>
- 21) Mudie DM, Murray K, Hoad CL, Pritchard SE, Garnett MC, Amidon GL, et al. Quantification of gastrointestinal liquid volumes and distribution following a 240 mL dose of water in the fasted state. *Mol Pharm*. 2014 [citado 12 de abril de 2024];11(9):3039–47. Doi: 10.1021/mp500210c
- 22) Laaksonen DE, Nuutinen J, Lahtinen T, Rissanen A, Niskanen LK. Changes in abdominal subcutaneous fat water content with rapid weight loss and long-term weight maintenance in abdominally obese men and women. *Int J Obes (Lond)*. 2003 [citado 12 de abril de 2024];27(6):677–83. Doi: 10.1038/sj.ijo.0802296
- 23) Guevara Tirado A. Correlación del agua corporal total con la edad en pacientes con y sin diabetes mellitus tipo-2 en la población peruana. *Rev cient cienc salud*. 2023 [citado 12 de abril de 2024];5:01–7. [https://www.upacifico.edu.py:8043/index.php/PublicacionesUP\\_Salud/article/view/383](https://www.upacifico.edu.py:8043/index.php/PublicacionesUP_Salud/article/view/383)