

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

Escuela Profesional de Nutrición Humana



Una Institución Adventista

Análisis comparativo del agua corporal total medida por bioimpedancia eléctrica y las fórmulas convencionales en jóvenes de una universidad privada de Lima-este

Por:

Keysi Amelida Arias Huamani

Asesor:

Lic. Daniel Bryan Navarro Azabache

Lima, diciembre del 2019

**DECLARACIÓN JURADA
DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS**

Lic. Daniel Bryan Navarro Azabache, de la Facultad de Ciencias de la Salud, Escuela Profesional de Nutrición Humana de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL AGUA CORPORAL TOTAL MEDIDA POR BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA Y LAS FÓRMULAS CONVENCIONALES EN JÓVENES DE UNA UNIVERSIDAD PRIVADA DE LIMA-ESTE"** constituye la memoria que presenta el **Bachiller Keysi Amelida Arias Huamani** para aspirar al título Profesional de Licenciado en Nutrición, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Lima, a los 10 días de diciembre del año 2019.

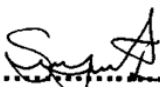

Lic. Daniel Bryan Navarro Azabache

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL AGUA CORPORAL TOTAL MEDIDA POR
BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA Y LAS FÓRMULAS CONVENCIONALES EN
JÓVENES DE UNA UNIVERSIDAD PRIVADA DE LIMA-ESTE**

TESIS

**PRESENTADA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO EN
NUTRICIÓN HUMANA**

JURADO CALIFICADOR




.....
Lic. Jacksaint Saintila
PRESIDENTE



.....
Lic. Olger Dawis Román Vilchez
SECRETARIO



.....
Lic. Joel David Bezold Cayro
VOCAL



.....
Lic. Daniel Bryan Navarro Azabache
ASESOR

Lima, 16 de abril del 2019

Dedicatoria

A mis padres Gabriel y Julia por su amor, paciencia y apoyo incondicional en todos estos años, porque permitieron forjar el inicio de mi camino y llegar a este momento.

A toda mi familia, en especial a mi hermano Gary y mis tíos Yeny y Demetrio por su apoyo constante y por estar en los momentos más significativos, gracias por sus consejos brindados a lo largo de la carrera universitaria.

A mis amigos y compañeros que me apoyaron a la realización del trabajo con sus constantes ánimos para no desistir y seguir adelante.

Con cariño,

Keysi Amelida Arias Huamani

Agradecimientos

En primer lugar, agradecer a Dios por su bendición y cuidado a lo largo de mi vida, en especial por llegar a este momento importante de mi formación profesional y por la oportunidad que me da día a día para seguir en busca de mis sueños.

Al Lic. Daniel Navarro por su paciencia, enseñanza, conocimientos, apoyo continuo y su acertado asesoramiento que permitieron culminar este trabajo.

A la Lic. Mirian Maguiña por su ayuda incondicional a lo largo de este proceso de investigación, con sus constantes consejos y aportes respecto a la línea de bioimpedancia.

A cada uno de los docentes de la carrera de Nutrición Humana por el aporte de los conocimientos necesarios y por facilitarme el uso de instrumentos y equipos del consultorio de nutrición.

Tabla de contenido

Dedicatoria.....	v
Agradecimientos	v
Tabla de contenido.....	vi
Índice de tablas	ix
Índice de figuras.....	x
Índice de anexos	xi
Resumen.....	xii
Abstract.....	xiii
Capítulo I.....	14
El problema.....	14
1. Planteamiento del problema.....	14
2. Formulación del problema.....	15
3. Objetivos	15
3.1 Objetivo general	15
3.2 Objetivo específico	15
4. Justificación de la investigación	15
5. Presuposición filosófica.....	16
Capítulo II.....	17

Revisión de la literatura.....	17
1. Antecedentes de la investigación	17
2. Marco conceptual.....	22
2.1 Agua corporal total	22
2.2 Aportes de agua al cuerpo humano	30
2.3 Métodos de determinación del agua corporal total.....	32
3. Definición de términos.....	34
Material y métodos.....	35
1. Lugar de ejecución del estudio.....	35
2. Participantes	35
2.1 Criterios de inclusión y exclusión	35
2.2 Características de la muestra	36
3. Tipo de diseño de investigación	37
4. Formulación de la hipótesis.....	37
5. Identificación de variables	37
6. Operacionalización de variables.....	38
7. Instrumentos de recolección de datos	39
7.1 Información general.....	39
7.2 Mediciones antropométricas	39
7.3 Medición por bioimpedancia	39

7.4 Fórmulas convencionales	40
8. Técnicas de recolección de datos	40
9. Plan de procesamiento de datos	40
10. Consideraciones éticas	41
Capítulo IV	42
Resultados y discusión.....	42
Capítulo V	47
Conclusiones y recomendaciones	47
1. Conclusiones	47
2. Recomendaciones	47
Referencias.....	49
Anexos.....	54

Índice de tablas

Tabla 1. Causas posibles de los tres tipos de deshidratación.....	28
Tabla 2. Agua metabólica producida por la oxidación de los macronutrientes.....	28
Tabla 3. Valores de referencia sobre la ingesta total del agua.....	30
Tabla 4. Distribución de las variables sociodemográficas de los estudiantes.....	34
Tabla 5. Prueba de Kolmogorov-Smirnov	39
Tabla 6. Desviación estándar de edad, peso y talla.....	40
Tabla 7. Concordancia de bioimpedancia y las fórmulas antropométricas.....	40
Tabla 8. Valor del agua corporal total medido por bioimpedancia eléctrica.....	41
Tabla 9. Valor del agua corporal medido por Watson.....	41
Tabla 10. Valor del agua corporal medido por Hume-Weyers.....	41
Tabla 11. Valor del agua corporal medido por formula según peso.....	41

Índice de figuras

Figura 1. Composición en agua de los tejidos y órganos por peso.....	21
Figura 2. Distribución del contenido total de agua en el cuerpo entre compartimentos..	22
Figura 3. Ingestión, absorción y distribución del agua hasta las células.....	23
Figura 4. Formación de la orina en la nefrona.....	26
Figura 5. Producción del sudor.....	27

Índice de anexos

Anexo 1. Consentimiento informado.....	50
Anexo 2. Ficha técnica de recojo de datos.....	51
Anexo 3. Fotos.....	52

Resumen

El agua corporal total es el compuesto químico más abundante del cuerpo y representa el solvente básico en el cual ocurren todos los procesos vitales. Su estimación es importante para tratamientos con soluciones parenterales, correcciones hidroelectrolíticas y del estado ácido-base; así también, para evaluaciones farmacocinéticas, entre otros. **Objetivo:** Determinar la concordancia entre la bioimpedancia eléctrica y las fórmulas convencionales (Watson, Hume-Weyers, fórmula empírica) en la determinación del agua corporal total. **Método:** La metodología del estudio es cuantitativa, pues se evaluará a cada persona con el equipo de bioimpedancia y con las fórmulas convencionales. **Sujetos:** Se evaluaron a 150 jóvenes de 18 a 24 años de ambos sexos, 43 varones y 107 mujeres con un promedio de edad de $20,27 \pm 1,63$ años, talla $159,73 \pm 9,46$ cm, peso $57,57 \pm 8,63$ kg, e IMC $22,46 \pm 1,63$ kg/m². **Resultados:** El agua corporal promedio según la Bioimpedancia eléctrica fue $29,95 \pm 7,04$ litros y según fórmulas de Watson $31,67 \pm 6,54$ litros; de Hume-Weyers $31,29 \pm 5,81$ litros y según el peso y sexo fue $30,69 \pm 6,84$ litros. **Conclusiones:** Todas las fórmulas muestran concordancia con bioimpedancia, sin embargo no es estadísticamente significativa ($p=0,10$).

Palabras clave: Agua corporal total, bioimpedancia, fórmulas de Watson, Hume-Weyers, porcentaje de peso.

Abstract

Total body water is the most abundant chemical compound in the body and represents the basic solvent in which all vital processes occurred. Its analysis is important for treatments with parenteral solutions, hydroelectrolytic corrections and acid-base state; likewise, for pharmacokinetic evaluations, among others. **Objective:** To determine the agreement between electric bioimpedance and specific formulas (Watson, Hume-Weyers, empirical formula) in the determination of total body water. **Method:** The methodology of the study is quantitative, since each person is evaluated with the bioimpedance team and with the methodological formulas. **Subjects:** 150 young people of 18 to 24 years of both sexes, 43 men and 107 women with an average age of 20.27 ± 1.63 years, height 159.73 ± 9.46 cm, weight 57.57 ± 8.63 kg, and BMI 22.46 ± 1.63 kg / m². **Results:** The average body water according to the Electric Bioimpedance was 29.95 ± 7.04 liters and according to the Watson formulas 31.67 ± 6.54 liters; of Hume-Weyers 31.29 ± 5.81 liters and according to weight and sex it was 30.69 ± 6.84 liters. **Conclusions:** All formulas determined in accordance with bioimpedance, however, are not statistically significant ($p = 0.10$).

Key words: Total body water, bioimpedance, Watson formulas, Hume- Weyers, weight percentage.

Capítulo I

El problema

1. Planteamiento del problema

El agua corporal total (ACT) es el compuesto químico más abundante del cuerpo humano y representa el solvente básico en el cual ocurren todos los procesos vitales (1). Este compuesto tiene múltiples funciones como participar en la regulación del volumen celular, transporte de nutrientes, remoción de desechos y regulación térmica (2).

Sin embargo, cuando existe la alteración del ACT, esta afecta en gran medida a la salud; por lo cual, es importante tener una aproximación certera de este indicador como patrón referencial del estado de salud o enfermedad; considerando que su estimación es importante para tratamientos con soluciones parenterales, correcciones hidroelectrolíticas y del estado ácido-base, así también para evaluaciones farmacocinéticas, entre otros (3).

En la actualidad, existen algunos métodos y técnicas para la determinación del ACT; incluyen, el uso de isótopos estables (deuterio o tritio), bioimpedancia y fórmulas convencionales (4). Entre estos, destaca la técnica de dilución con óxido de deuterio que es considerado el método más directo y exacto, pero requiere demasiado tiempo y es de alto costo (5). Así mismo, la bioimpedancia eléctrica (BIA) ha sido validada para la determinación de agua corporal, por ser un método de evaluación rápido, seguro y no invasivo para la evaluación del estado de nutrición e hidratación, siendo importante en el estudio de las interacciones entre nutrición y sobrecarga de líquidos (6).

Los métodos previamente mencionados demuestran ser muy exactos por su éxito en los estudios en pacientes con alguna patología relacionada a la alteración hídrica (3,7) sin embargo, por ser relativamente costosos o de difícil uso no son fácilmente accesibles a las poblaciones en vías de desarrollo como en el Perú, por lo que se han desarrollado diversas fórmulas para estimar el agua corporal usando las medidas antropométricas de la persona(8). Dentro de las fórmulas antropométricas usadas internacionalmente, y a su vez usada en la práctica clínica diaria, existe la de fórmula de Watson(9) y la de Hume–Weyers (10), las cuales fueron desarrolladas utilizando métodos de regresión lineal en población sin alteración hídrica clínica evidenciable. También, se usa el cálculo

del agua corporal de acuerdo a una proporción fija del peso: 60% para varones y 50% para mujeres (11).

Si bien estas fórmulas pueden ser muy operativas para la práctica clínica diaria, no se sabe en qué medida subestima o sobrestima los valores reales del ACT en individuos jóvenes sanos y si es adecuado el uso de las fórmulas antropométricas internacionales de Watson y Hume-Weyers, así como el uso del porcentaje del peso según el sexo. Por lo mencionado, este estudio pretende determinar la concordancia entre la bioimpedancia eléctrica y las fórmulas convencionales en jóvenes sanos.

2. Formulación del problema

¿Qué concordancia existe entre la bioimpedancia eléctrica y las fórmulas convencionales (Watson, Hume-Weyers, porcentaje de peso) en la determinación del agua corporal total en jóvenes de una universidad privada de Lima- Este?

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Determinar la concordancia entre la bioimpedancia eléctrica y las fórmulas convencionales (Watson, Hume-Weyers, porcentaje de peso) en la determinación del agua corporal total en jóvenes de una universidad privada de Lima- Este.

3.2 Objetivo específico

Evaluar el agua corporal total mediante la bioimpedancia eléctrica en jóvenes.

Evaluar el agua corporal total mediante las fórmulas de Watson.

Evaluar el agua corporal total mediante las fórmulas de Hume-Weyers.

Evaluar el agua corporal total mediante las fórmulas de porcentaje de peso.

4. Justificación de la investigación

Relevancia metodológica: La metodología empleada servirá como antecedente para estudios similares, permitirá a que otros investigadores aborden el problema con los diferentes instrumentos que existen para la determinación exacta de alguna variable.

Relevancia teórica: Este estudio aporta al conocimiento existente sobre la bioimpedancia eléctrica y las fórmulas convencionales como instrumentos de evaluación del agua corporal total, en cuyos resultados, se podrá sistematizarse en una propuesta para ser incorporado como parte de la evaluación nutricional.

Relevancia práctica: Pues existe la necesidad de determinar el grado de exactitud de las diversas estimaciones del agua corporal mediante el uso de la bioimpedancia eléctrica y las formulaciones más usadas en la práctica clínica diaria.

5. Presuposición filosófica

Como profesionales de la salud y nutricionistas cristianos, tenemos la motivación que nos mueve a realizar estos estudios por mejorar el estilo de vida, restaurar la imagen divina y el bienestar general. Por lo tanto, estudios como este, generará mayor concientización e interés en las personas, pues se sabe que el agua es un elemento indispensable para la sostenibilidad de la vida, es por eso que tenemos el deber y compromiso de velar por el bienestar del prójimo.

De esta manera, Jesús se compara con el agua viva que sustenta nuestra vida espiritual; en Juan 4:13-14, menciona a una mujer que se acerca a retirar agua de un pozo, Jesús va a su encuentro y le dice: "Cualquiera que bebiere de esta agua, volverá a tener sed; mas el que bebiere del agua que yo le daré, no tendrá sed jamás; sino que el agua que yo le daré será en él una fuente de agua que salte para vida eterna."

Por otro lado, el agua del pozo requería un trabajo duro para obtenerla, y aclara cualquiera volvería a tener sed; es decir, que el cuerpo la pediría nuevamente, y por eso el agua es necesaria. Así mismo, nos hace la invitación en Juan 7:37 "Si alguno tiene sed, que venga a mí y beba".

Elena G. White indica que en la salud, el agua pura es una de las más distinguidas bendiciones de cielo (12). Su uso, además de conveniente, es influyente en la salud del hombre; ayuda al organismo a hacer frente a la enfermedad. Aplicada externamente, el agua es uno de los medios más sencillos y más eficaces para regularizar la circulación de la sangre; y es mejor líquido que hay para limpiar los tejidos.

De tal manera que esta investigación aportará sobre el conocimiento de la importancia del agua en nuestro organismo.

Capítulo II

Revisión de la literatura

1. Antecedentes de la investigación

Basile *et al.* (13), en el año 2008 en Italia, realizaron una investigación sobre el agua corporal total en la salud y la enfermedad. El objetivo del estudio fue comparar el agua corporal total estimado mediante dos ecuaciones antropométricas (por Watson y Hume) con agua corporal total (ACT) obtenido por BIA (ecuaciones propuestas por Sun *et al.*). Fue un estudio descriptivo, transversal y comparativo en el que participaron un grupo de individuos blancos sin enfermedad siendo 3625 y 688 pacientes con hemodiálisis blanca y ambos grupos se sometieron a una medición de BIA y al uso de ecuaciones antropométricas. En el caso de varones, fueron 481 pacientes sin enfermedad y 270 pacientes con hemodiálisis. Se compararon los resultados y se encontró que el agua corporal total no era diferente al usar las formulas antropométricas, pues usaron parámetros bastantes idénticos como la edad, talla y peso corporal. Sin embargo, con el uso de bioimpedancia hubo diferencia estadística significativa entre pacientes con hemodiálisis y los que están sin enfermedad. Lo mismo sucedió en el grupo de mujeres. La conclusión a la que llegaron fue que se pueden usarse ecuaciones antropométricas para la estimación de agua corporal total, solo si es dentro de una población específica para evaluar diferencias individuales y no para comparar poblaciones diferentes.

Jordan R. Moon *et al.*(14) realizaron un estudio el 2008 en USA sobre las estimaciones de agua corporal total en hombres y mujeres sanos usando espectroscopia de bioimpedancia: una comparación de óxido de deuterio. El objetivo fue examinar la validez del SFB7 para estimar el agua corporal total en hombres y mujeres en edad universitaria sanos en comparación con El 4000B y el óxido de deuterio (D2O). En el estudio participaron 28 personas, 14 hombres y 14 mujeres. Los resultados del estudio fueron: ambos dispositivos produjeron un error estándar de estimación (SEE) y r valores (SFB7, SEE = 2.12L, r = 0.98; 4000B, SEE = 2.99L, r = 0.96) en comparación con D2O, aunque una significativa. Se detectó un error constante (CE) para el 4000B (2.26L, $p \leq 0.025$). El 4000B produjo un mayor error total (TE) y CE (TE = 3.81L, CE = 2.26L) en comparación con el SFB7 (TE = 2.21L, CE = -0.09L). Además, los límites de acuerdo fueron mayores para el 4000B (-3.88 a 8.39L) que para el SFB7 (-4.50 a 4.31L). Estos resultados fueron consistentes cuando el sexo se analizó por separado, aunque las mujeres produjeron valores de SEE y TE más bajos para ambos dispositivos. La

conclusión a la que llegaron fue que el nuevo dispositivo SFB7 mostró mayor precisión en comparación con el 4000B, lo que puede disminuir el error al estimar ACT de manera individual.

Cameron *et al.* (15), en el año 2011, realizaron un estudio en Estados Unidos. Su objetivo fue presentar nuevos valores de referencia de predicción para el agua corporal total de antropometría para adultos blancos y negros. En el estudio participaron 604 hombres blancos, 128 hombres negros, 772 mujeres blancas y 191 mujeres negras que tenían entre 18 y 90 años de edad. La concentración fue medida por métodos de dilución y la composición corporal se midió con un equipo de rayos X de energía dual (DXA). Los resultados del estudio fueron que los negros tenían medios ACT más grandes que los blancos en todos los grupos de edad. El percentil 75 ACT para blancos se aproximó a la mediana ACT para negros en la mayoría de las edades. Los hombres blancos y los hombres y mujeres negros tuvieron el medio más grande de ACT que se haya reportado a individuos sanos. Las ecuaciones de predicción de ACT específicas de raza y sexo incluyeron edad, peso y estatura, con índice de masa corporal (IMC) sustituido por peso en los hombres blancos. Los errores de la raíz cuadrada media (RMSE) y los errores estándar para el individuo (SEI) variaron de aproximadamente 3.8 a 5.0 L para los hombres y de 3.3 a 3.6 L para las mujeres. Tanto en hombres como en mujeres, los valores altos de TBW se asociaron con altos niveles de grasa corporal total (TBF) y masa libre de grasa (FFM). El estudio concluyó que en estos adultos sanos es relativamente estable a través de una gran parte de la edad adulta. Existen importantes diferencias de raza y sexo en ACT. Estas ecuaciones precisas para ACT proporcionan una herramienta útil para la predicción clínica de agua corporal total en enfermedad renal para adultos blancos y negros.

Sun *et al.*(16) en el 2003 realizó un estudio sobre el desarrollo de ecuaciones de predicción de análisis de bioimpedancia para la composición corporal. El objetivo del estudio fue desarrollar ecuaciones de BIA específicas del sexo para predecir el agua corporal total (TBW) y la masa libre de grasa (FFM) con el uso de un modelo de componentes múltiples para niños y adultos. Se trabajó con una muestra de 1474 blancos y 355 negros de 12 a 94 años. El ACT se midió por dilución y la FFM por densitometría. Los resultados fueron que las ecuaciones de predicción de ACT finales combinadas con la raza incluyeron estatura² / resistencia y peso corporal ($R^2 = 0.84$ y 0.79 y errores de la media cuadrática de la raíz de 3.8 y 2.6 L para hombres y mujeres, respectivamente; CV: 8%) y tendieron a predecir el ACT en varones negros (2.0 L) y mujeres (1.4 L) y para predecir el ACT en varones blancos (0.5 L) y mujeres (0.3 L). Se concluyó que las ecuaciones de predicción del ACT estas ecuaciones tienen una

precisión excelente y se recomiendan para uso en estudios epidemiológicos para describir niveles normales de composición corporal.

Woodrow *et al.*(1) en el año 2003 realizó un estudio sobre fórmulas antropométricas para estimar el agua corporal total. El objetivo fue evaluar su validez en pacientes con diálisis peritoneal en comparación con el ACT estimado por la dilución de óxido de deuterio. El método que usó fueron las ecuaciones de Chertow, Chumlea, Hume-Weyers, Johansson, Lee, Watson y ACT como el 58% del peso corporal en 31 pacientes en diálisis peritoneal (DP) y 32 controles. Las estimaciones se compararon con los resultados de la dilución de óxido de deuterio. El agua extracelular (ECW) también se estimó por dilución con bromuro de sodio. Los resultados En pacientes con EP, la TBWD media fue de 35.04. Las estimaciones fueron mayores para las fórmulas de Chertow, Chumlea, Hume-Weyers, Johansson y el porcentaje de peso. La media de la fórmula de Lee y Watson no difirió de la dilución de óxido de deuterio. Las estimaciones fueron mayores para las fórmulas de Chertow, Hume-Weyers, Chumlea, Johansson y porcentaje de peso. El promedio de Lee y Watson no se diferenció de dióxido de deuterio (como porcentaje de la media) fueron similares para todas las ecuaciones en los controles, y más cerca que en los pacientes con diálisis peritoneal (entre "9.1 y" 11.5%) excepto la fórmula de porcentaje de peso, que nuevamente fue mucho mayor que otras ecuaciones ("28.1%). Al final del estudio se concluyó que las ecuaciones predictivas fueron menos precisas en la diálisis peritoneal que en los controles. La fórmula de porcentaje de peso fue el más inexacto, con una sobreestimación sistemática de ACT con un IMC en aumento. No hubo diferencias en los límites de acuerdo con el dióxido de deuterio para las otras ecuaciones dentro de cada grupo.

Johansson *et al.*(17) realizaron un estudio el 2001 llamado "Limitaciones en los cálculos antropométricos del agua corporal total en pacientes en diálisis peritoneal". El objetivo fue tener una estimación precisa del agua corporal total pues es esencial para la evaluación de la eficacia de la diálisis en pacientes con diálisis peritoneal. En el estudio de Johansson los volúmenes de ACT se midieron con tritio en 165 pacientes con diálisis peritoneal y se compararon con las fórmulas de Watson. También desarrollaron y validaron una fórmula antropométrica alternativa basada en la actual población de diálisis peritoneal en una muestra independiente de 29 pacientes con diálisis peritoneal. Los valores medios de ACT por las fórmulas de Watson fueron casi idénticos a los de tritio, y el coeficiente de correlación para la relación de los volúmenes calculados con los medidos fue de 0,89 (P = 0,001). En los resultados del estudio se observó que la fórmula de Watson se sobreestimaba en pacientes obesos y pacientes delgados, al igual que los pacientes que estaban sobrehidratados. Al término del estudio

se concluyó que las fórmulas antropométricas para calcular ACT mostraron una considerable variabilidad intraindividual en comparación con los valores medidos. Esto se relacionó con las características de la composición corporal, como el grado de obesidad e hidratación. El ACT estimado por las fórmulas antropométricas debe analizarse con precaución, especialmente en pacientes muy obesos o muy magros.

Martinez *et al.*(18) en el 2016 realizaron un estudio en España titulado “Comparación entre bioimpedancia espectroscópica y fórmula de Watson para medición de volumen corporal en pacientes en diálisis peritoneal”, donde el objetivo fue evaluar si aparecen diferencias entre ambas formas de medir el volumen corporal total en una unidad de diálisis peritoneal y analizar qué factores clínicos se asocian a estas diferencias. El estudio fue observacional, y se incluyeron 74 pacientes en diálisis peritoneal, se midió el volumen corporal total y se recogieron 271 mediciones por cada método. Se calculó la diferencia entre volúmenes y se analizaron si existen diferencias entre bioimpedancia y el volumen corporal. También valoraron si existe asociación entre las diferencias entre volúmenes y la presencia de los parámetros clínicos analizados (chi cuadrado). Los resultados del estudio fueron: el 58,67% de las mediciones tenían diferencia entre Volumen corporal total y bioimpedancia $\geq 10\%$. Aparecen diferencias significativas al comparar la presencia de diferencia entre volúmenes y la presencia o no de diabetes ($p=0,03$), hipertensión ($p=0,036$), hipoalbuminemia ($p<0,01$), hipoprealbuminemia ($p<0,01$), bajo ángulo de fase a 50Hz ($p<0,01$), proteína C reactiva elevada ($p<0,01$), obesidad ($p=0,027$), exceso de grasa corporal ($p<0,01$), E/I ratio (cociente entre agua extracelular y agua intracelular) ≥ 1 ($p<0,01$) y diuresis residual ($p=0,029$). Al terminar el estudio se concluyó que existen diferencias en el volumen corporal total de los pacientes de una unidad de diálisis peritoneal según sea calculado por fórmula de Watson o por bioimpedancia. La presencia de hipertensión, diabetes, hipoalbuminemia, obesidad, malnutrición, inflamación, E/I ratio ≥ 1 y la ausencia de diuresis residual se asocia con la aparición de estas diferencias.

Zapata Negreiros *et al.*(11), en el año 2016 realizaron un estudio en Perú cuyo objetivo fue determinar el grado de precisión de las fórmulas antropométricas de Watson, Hume-Weyers, y la fórmula calculada en función del peso ideal y el sexo para estimar el agua corporal con la medida por impedancia eléctrica, en jóvenes con sobrepeso u obesidad. Fue un estudio observacional, comparativo y auto controlado que se realizó en 11 voluntarios sanos con edad entre 21 y 29 años e IMC >25 . El agua corporal promedio según la impedancia eléctrica fue $39,7 \pm 6,49$ litros y según las fórmulas de Watson $42,66 \pm 7,40$; Hume-Weyers $40,51 \pm 6,31$, peso y sexo $45,90 \pm 8,80$ y peso ideal y sexo $39,90 \pm 6,10$ litros, respectivamente. La fórmula de Hume-Weyers y

la estimación en función del peso ideal estimaron sin error significativo el agua medida por impedancia ($p > 0,05$). Sin embargo, todas tuvieron buena correlación lineal con la impedancia. El estudio concluyó que fórmula de Hume-Weyers y el cálculo del agua corporal según el peso ideal mostraron mayor precisión en la estimación del agua corporal en jóvenes con sobrepeso y obesidad en relación con la medida por impedancia.

Avitia Castillo (19), en el 2018, realizó un estudio comparativo sobre la determinación de agua corporal total por método de bioimpedancia eléctrica y método de hidrometría por dilución de deuterio durante el embarazo en mujeres con IMC y obesidad. El estudio fue observacional de diseño cuantitativo y longitudinal. Se evaluaron a 31 mujeres embarazadas pertenecientes al Instituto Nacional de Perinatología (INPer) con índice de masa corporal normal y con obesidad para evaluar si existían diferencias entre dichos grupos. Todas fueron evaluadas por ambos métodos mediante prueba de saliva e Inbody. En los resultados se observó que el contenido de ACT era menor en mujeres con obesidad, sin embargo, lo demás compartimentos no mostraron diferencias significativas. Realizaron la prueba estadística de U Mann Whitney y se evaluaron los resultados de ambos métodos mostrando poca diferencia significativa. Al final del estudio concluyeron que BIA es una buena opción en embarazo independientemente del IMC y es un método de mayor accesibilidad.

Gallardo Castro *et al.*(8), realizó un estudio en Perú en el año 2016, el cual tuvo como objetivo comparar la precisión de las fórmulas antropométricas de Watson, Hume-Weyers, y el basado en el porcentaje del peso según sexo, para estimar el agua corporal total en relación a la medida por bioimpedancia eléctrica. El estudio es descriptivo, transversal y comparativo en el que se utilizaron 17 voluntarios jóvenes sanos entre 21 a 29 años de edad, con antropometría normal y en condiciones de vida cotidiana. Para evaluar la precisión en la estimación del agua corporal se usó la t de Student pareada, pues la muestra pertenece a una misma entidad de estudio y para estimar el error sistemático se usó el análisis de regresión lineal y la correlación de Pearson. El agua corporal promedio según la bioimpedancia eléctrica fue $35,46 \pm 6,71$ litros y según fórmulas de Watson $37,28 \pm 7,10$ litros; de Hume-Weyers $36,46 \pm 5,83$ litros y según la fórmula de porcentaje de peso y sexo fue $36,88 \pm 7,47$ litros. En el análisis la fórmula de Watson subestimó el agua corporal total, pero todas tuvieron buena correlación lineal con la bioimpedancia ($p > 0,05$). La fórmula de Humes-Weyers mostró un menor error sistemático con respecto a la bioimpedancia. En el estudio, la conclusión a la que llegaron es que la fórmula de Hume-Weyers es la que brinda mayor precisión en la estimación del agua corporal.

2. Marco conceptual

Carbajal (20), en su manual de Nutrición y Dietética, establece que nuestro cuerpo está constituido por múltiples componentes (agua, grasa, hueso, musculo, etc.) pero, de todas ellas, el agua es el componente mayoritario en el cual este estudio está enfocado. El agua constituye más de la mitad del peso corporal total (50-65%) y en su mayor parte (80%) se encuentra en los tejidos metabólicamente activos, por lo tanto, su cantidad depende de la composición corporal y, en consecuencia, de la edad y del sexo.

Así mismo, la determinación del agua corporal total (ACT) es una herramienta útil para la evaluación del estado nutricional a distintas edades y permite entender de manera más exacta las posibles asociaciones entre la proporcionalidad de los distintos compartimentos orgánicos y su alteración debido a diversas enfermedades(8).

En la práctica clínica, el ACT es un parámetro ampliamente usado. Su cálculo es útil en tratamientos con soluciones parenterales, corrección hidroelectrolítica y equilibrio ácido-base, evaluaciones farmacocinéticas y en diálisis peritoneal representa una variable crítica para la estimación de la dosis de diálisis (3), sin embargo hay pocas investigaciones sobre la determinación de ACT en personas sanas.

2.1 Agua corporal total

El agua corporal total es el solvente básico en el cual ocurren todos los procesos vitales, representando el compuesto químico más abundante del cuerpo humano.

El ACT cumple con diferentes funciones en el organismo, algunas de ellas son que es el medio en el que tienen lugar diversas reacciones químicas del organismo, es transportadora de nutrientes a las células y vehículo para los productos de deshecho, previene el estreñimiento, interviene en la respiración y la digestión, regula la función hídrica a través del sistema renal, lubrica y actúa como soporte estructural de tejidos y articulaciones y contribuye a la termorregulación.

Según García Jiménez (21), todas las reacciones químicas que ocurren dentro de las células dependen de los fluidos (agua) y del balance de electrolitos. Nuestra supervivencia depende más del consumo de líquidos que del consumo de sustratos energéticos.

2.1.1 Contenido de agua en el cuerpo humano

El agua representa, de media, el 60% del peso corporal en los hombres adultos, y el 50-55% en las mujeres (22). Este valor medio varía entre individuos, principalmente por las diferencias que existen en la composición del cuerpo: mientras que el contenido de agua en la masa corporal magra es constante en los mamíferos, con un 73%, los tejidos

adiposos (la grasa corporal) tienen solo un 10% de agua(23). Por lo tanto, la masa relativa a la grasa corporal influye directamente en la cantidad total de agua del cuerpo.

Esto explica porque algunos factores como la edad, el sexo y la forma física influyen en el contenido total de agua en el cuerpo: las mujeres y las personas mayores tienen un menor contenido total de agua en el cuerpo, debido a que su proporción de masa magra es menor(24).

Lizarraga (25), en un estudio que realizó, menciona que durante el envejecimiento disminuye la sensación de la sed, hay una pérdida del ACT de alrededor del 1% y también hay pérdida de la homeostasis renal. En cambio los atletas tienen un contenido total de agua corporal relativamente alto debido justamente a que su masa magra es mayor. El agua se distribuye por el cuerpo y los órganos. El contenido en agua de los distintos órganos depende de su composición y varía desde un 83% en la sangre hasta sólo un 10% en los tejidos adiposos (**Figura 1**).

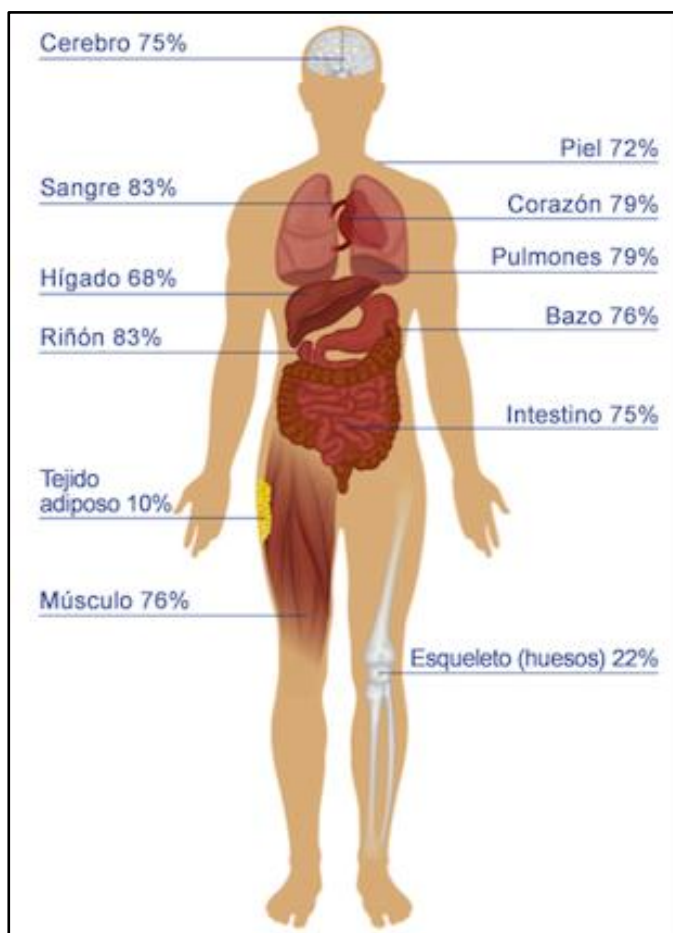


Figura 1. Composición en agua de los tejidos y órganos por peso.

2.1.2 Distribución del agua entre los compartimentos

En individuos sanos el volumen total está bien regulado, distribuyéndose en dos grandes espacios: líquido intracelular que ocupa del 35 al 40% del peso corporal total y el líquido extracelular que comprende entre el 20 y 25%. (19) **(Figura 2)**

El agua corporal se localiza en 4 diferentes compartimentos, los cuales son los siguientes:

- Fluido intracelular (localizado dentro de las células).
- Fluido extracelular (localizado fuera de las células).
- Fluido intersticial (circulando entre las células). El fluido intersticial se mezcla con la sangre a través de los capilares.
- Fluido transcelular (localizado en las articulaciones, en los ojos y en la espina dorsal). Las secreciones digestivas se consideran dentro de esta subdivisión.

Agua intracelular (AIC). La mayoría del fluido corporal se encuentra dentro de la masa celular corporal y contiene grandes cantidades de iones de potasio, magnesio y fósforo. Los cambios registrados en el agua intracelular reflejan cambios en la masa celular corporal. Un incremento en el agua intracelular usualmente significa que hay un incremento en la masa celular (anabolismo). Una disminución en la misma significaría destrucción y pérdida de la masa celular (catabolismo).

Agua extracelular (AEC). Es el fluido que se encuentra fuera de las células y circula por todo el organismo. Este fluido está incluido en la masa extracelular. A su vez, se encuentra dividido por el endotelio vascular, en líquido intersticial (entre las células) e intravascular (dentro de los vasos), y por una barrera epitelial de los líquidos transcelulares (secreciones digestivas, humor acuoso, líquido sinovial, líquido en tejido conectivo denso y en el hueso). El AEC contiene grandes cantidades de iones de sodio, cloro y bicarbonato, además de nutrientes para las células.

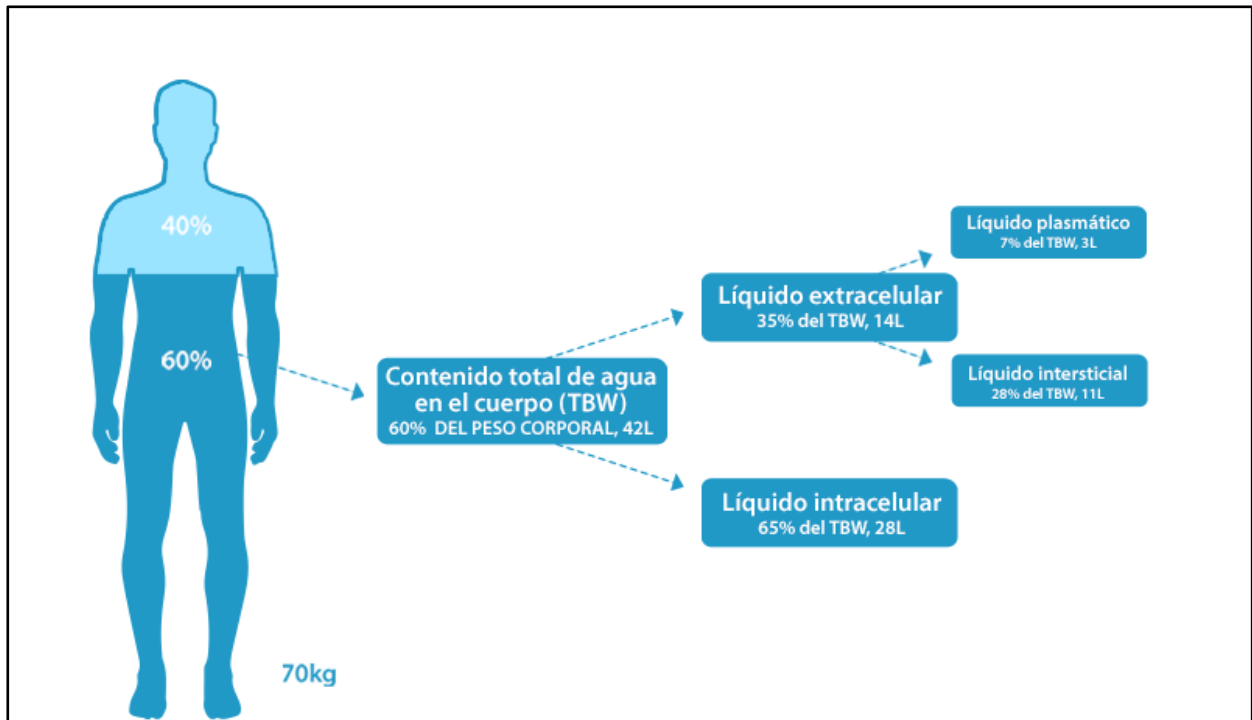


Figura 2. Distribución del contenido total de agua en el cuerpo entre compartimentos

2.1.3 Absorción y distribución del agua en el cuerpo

Tras ser ingerida, el agua es absorbida por el tracto gastrointestinal. Entra en el sistema vascular, va a los espacios intersticiales, y es transportada a cada célula (**Figura 3**). El agua intracelular supone el 65% del contenido total de agua en el cuerpo.

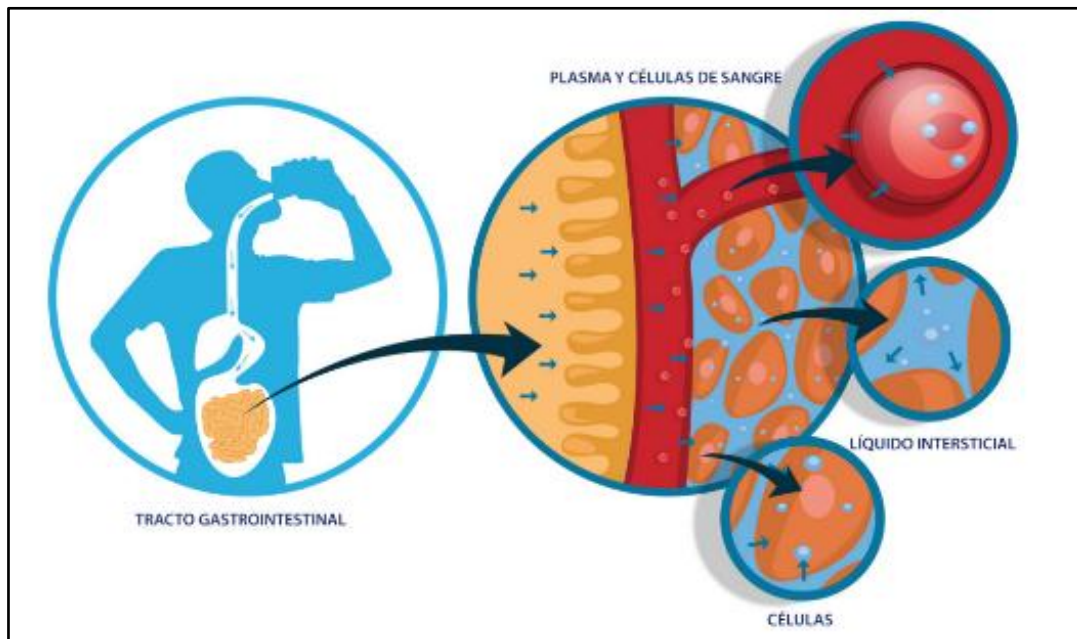


Figura 3. Ingestión, absorción y distribución del agua hasta las células

Después de pasar por el estómago, el agua es absorbida principalmente en los primeros segmentos del intestino delgado, el duodeno y el yeyuno. Una pequeña parte

de toda la absorción de agua se produce en el estómago y el colon (26): el intestino delgado absorbe 6,5L/día, mientras que el colon absorbe 1,3L/día. Estas cantidades corresponden al agua ingerida a diario, además del agua producida por las secreciones de las glándulas salivales, el estómago, el páncreas, el hígado y el propio intestino delgado (27). El proceso de absorción es muy rápido: un estudio demostró que el agua ingerida aparece en el plasma y las células de la sangre tan solo cinco minutos después de ser ingerida (23). El agua pasa desde el lumen intestinal al plasma principalmente mediante un transporte pasivo, regulado por gradientes osmóticos. Seguidamente, las moléculas de agua son transportadas por la circulación sanguínea para ser distribuidas por todo el cuerpo, a los líquidos intersticiales y a las células. El agua se mueve libremente por el compartimiento intersticial y se desplaza a través de las membranas de las células por unos canales específicos de agua, las acuaporinas. Los intercambios de líquidos entre compartimentos están regulados por presión osmótica e hidrostática, y flujos de agua de acuerdo con los cambios en la osmolaridad de los líquidos extracelulares(28). La reserva de agua corporal se renueva a una velocidad que depende de la cantidad de agua ingerida: cuanto más bebe una persona, más rápido se renueva el agua corporal. La renovación del agua corporal es determinada por el agua ingerida, que reemplaza las pérdidas constantes que afronta el cuerpo. Esto permite mantener el equilibrio hídrico corporal.

2.1.4 Equilibrio hídrico corporal

El equilibrio hídrico corporal se define como la diferencia neta entre la suma de la ingesta de agua más la producción endógena de agua, menos la suma de las pérdidas de la misma (22), está rigurosamente controlada para responder a los cambios de consumo y las pérdidas para así mantener la homeostasis.

Las pérdidas de agua se producen principalmente a través de la orina, el sudor, pérdidas insensibles (piel y pulmones) y las heces. La producción de agua metabólica compensa solo una pequeña parte de estas pérdidas, que por lo tanto deben compensarse mediante la ingesta de alimentos y líquidos en la dieta para alcanzar el equilibrio hídrico(29).

Sherwood (30) indica que las pérdidas de agua insensibles, incluyen el agua que se pierde por la evaporación en la piel y por la respiración. La difusión de agua a la epidermis es esencial para el funcionamiento normal de la piel, pues este proceso fisiológico permite hidratar las capas superficiales de la piel. Verdier-Sevrain y Bonte (31) indican que en los adultos la difusión insensible a través de la piel representa aproximadamente 450 mL/día; la cifra varía según la temperatura, humedad o ropa.

De igual manera, se pierde agua por evaporación a través de los pulmones, Gradjean (21) afirma en un estudio realizado el 2003 que esta pérdida varía según la actividad física; en personas sedentarias esta pérdida supone 250-300 mL/día; a diferencia de personas con una mayor actividad física presentan una pérdida de 500-600 mL/día pues a mayor nivel de actividad física aumenta el volumen de ventilación. Las pérdidas por respiración son aproximadamente equivalentes a la producción de agua metabólica.

Las pérdidas de agua por heces son relativamente bajas en adultos sanos, oscila entre 200 mL/día. Existe un aumento en personas que sufren diarreas o tiene algún problema hidroelectrolítico.

También la pérdida de agua por la orina suele representar la mayoría de pérdida de agua en adultos. No obstante el volumen puede variar considerablemente de unos 500 mL a varios litros al día. Brenner y Rector (32) indican que la orina es el resultado de dos de las principales funciones de los riñones; la excreción de los residuos solutos y la regulación de los volúmenes de líquidos corporales. En la mayoría de los casos, estas funciones pueden realizarse independientemente: por ejemplo, si hay un gran volumen de agua que eliminar, no habrá cambios sustanciales en la cantidad de la carga total de solutos que deba excretarse. Esto se basa en la capacidad de los riñones para producir una concentración de orina muy variada, de 50 mOsm/L a 1200 mOsm/L.

El sistema tracto urinario incluye los riñones que producen la orina(33). La orina fluye por los uréteres a la vejiga, donde es almacenada hasta su eliminación por la uretra. En los riñones, la orina es producida por las unidades funcionales de los riñones: las nefronas. Cada riñón humano contiene alrededor de un millón de nefronas.

La orina se elabora a partir de la filtración de la sangre en tres pasos:

1. Filtración: La sangre es filtrada en el glomérulo, a lo largo de un gradiente de presión en la cápsula de Bowman. El glomérulo, compuesto de vasos sanguíneos fenestrados, da lugar a la retención de moléculas grandes tales como proteínas y células sanguíneas; en esta fase sólo entran en la nefrona las moléculas más pequeñas. El índice de filtrado glomerular (IFR), o el índice de formación del filtrado en los riñones es de aproximadamente 125 mL/min. o 180L/día. Así, el volumen total de sangre es filtrado 50 veces al día.
2. Reabsorción: La mayoría de las sustancias filtradas son reabsorbidas para preservar la homeostasis del cuerpo. Por ejemplo, más del 99% del agua y sodio son reabsorbidos. La glucosa es una molécula pequeña, normalmente es reabsorbida por completo. La capacidad de reabsorción máxima de la glucosa es de aproximadamente 200 mg de glucosa por 100 ml de plasma. Cuando el

nivel de glucosa en sangre supera este límite, como en el caso de la diabetes, el exceso permanece en la orina (glicosuria).

3. **Secreción:** En los túbulos renales, algunas sustancias adicionales son secretadas desde la sangre a los líquidos tubulares para después ser eliminadas con la orina. La secreción tubular selectiva de iones de amonio hidrogenados ayuda a regular el pH del plasma y el equilibrio ácido-base de los líquidos corporales. Los productos finales del metabolismo, tales como la creatinina, y los productos de detoxificación son también secretados a los túbulos renales en esta fase.

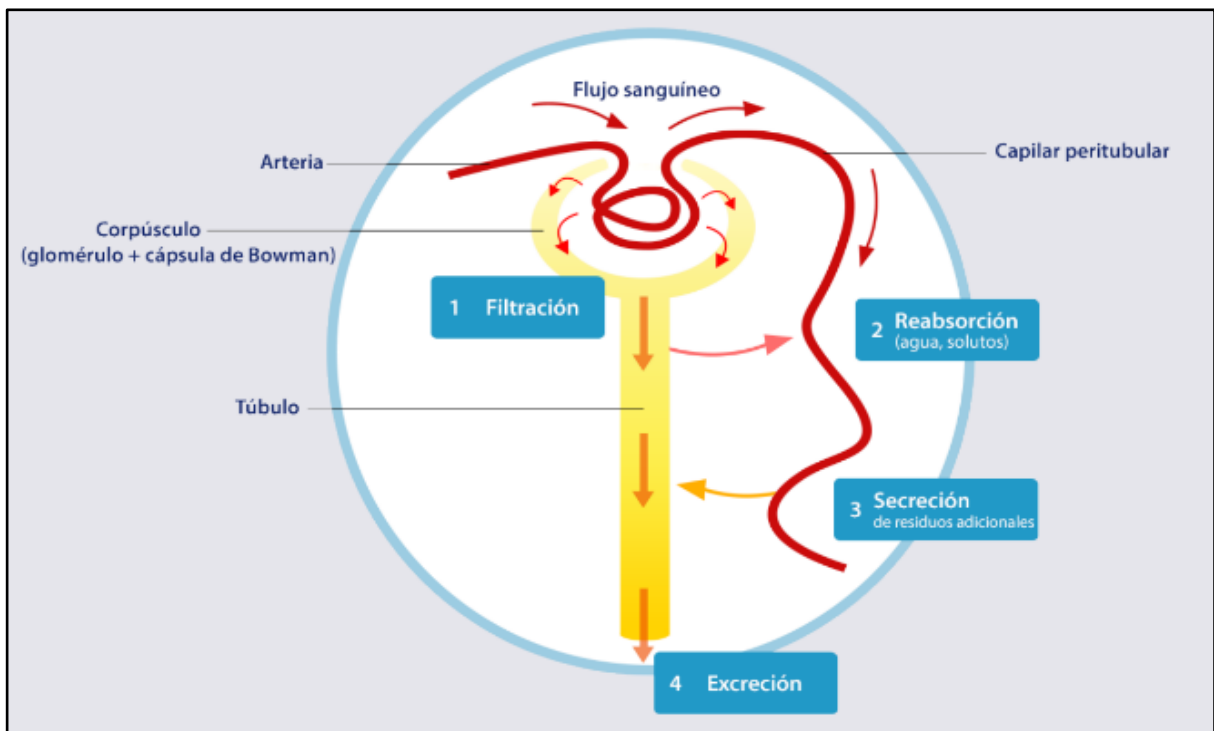


Figura 4. Formación de la orina en la nefrona

La producción de sudor es un factor importante en el equilibrio hidroelectrolítico. Powers y Howley(34) afirman que el cuerpo adapta la producción de sudor para mantener la temperatura corporal. Así mismo esta es muy variable; es baja en las personas sedentarias expuestas a una temperatura moderada, pero puede llegar a ser de varios litros al día durante una actividad física intensa, a temperatura ambiente alta y/o con un alto grado de humedad ambiental.

El sudor es producido en la dermis por las glándulas sudoríparas. Viene del agua intersticial y es filtrado en profundidad por el túbulo de la glándula sudorípara tubular antes de ser reabsorbido distalmente(22). El sudor suele estar compuesto en un 99% de agua, con un pH entre 5 y 7. Contiene aproximadamente un 0,5% de minerales

(potasio y cloruro de sodio) y un 0,5% de sustancias orgánicas (urea, ácido láctico)(Figura 5).

El sudor es el principal mecanismo termorregulador en las personas activas. Durante la actividad física, por ejemplo, la eficiencia metabólica de los músculos es de aproximadamente un 20%, y liberan un 80% de energía en forma de calor(34). La evaporación del sudor es, en este proceso, especialmente eficiente: la evaporación de 1 litro de sudor a 30 °C genera una pérdida de 580 kcal en forma de calor. Sin embargo, la evaporación del sudor se ve influida por diversos factores tales como la temperatura, la humedad, las corrientes de aire, la intensidad del sol y la ropa (22). Cuanto mayor sea la humedad, menos sudor se evaporará y por lo tanto enfriará el cuerpo.

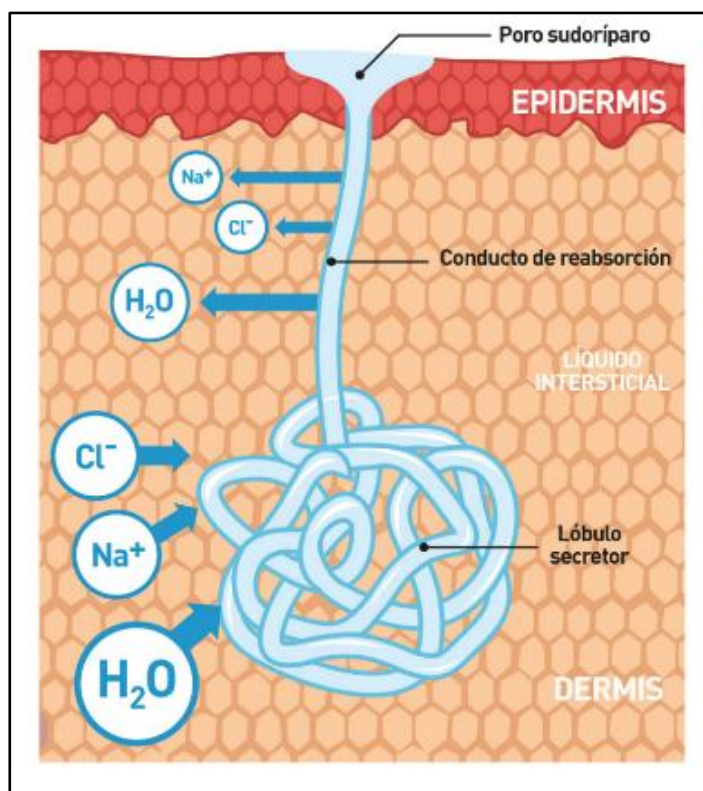


Figura 5. Producción del sudor

2.1.5 Alteración del equilibrio hídrico corporal

A pesar de estar rigurosamente regulado, el equilibrio hídrico corporal puede plantear problemas que den lugar a un estado temporal de hipohidratación o hiperhidratación. La deshidratación es el proceso de pérdida de agua corporal, mientras que la hipohidratación se refiere a un estado equilibrado de déficit de agua corporal, y es por lo tanto el resultado de la deshidratación (22). Según Grandjean(21) la pérdida relativa de agua y solutos desde los líquidos extracelulares, la deshidratación puede ser hipertónica (la pérdida de agua concentra agua extracelular), hipotónica (la pérdida de

sodio diluye el agua extracelular) o isotónica (pérdidas de agua y sodio sin cambio de concentración). Las causas posibles de estos distintos tipos de deshidratación se resumen en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Causas posibles de los tres tipos de deshidratación

Tipo de deshidratación	Causas posibles
Isotónica	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de líquidos gastrointestinales, vómitos, diarrea - Ingesta inadecuada de líquidos y sal
Hipertónica	<ul style="list-style-type: none"> - Sudoración sin reposición de líquidos - Medicamentos diuréticos - Ingesta inadecuada de agua
Hipotónica	<ul style="list-style-type: none"> - Sudor con alto contenido en sodio - Pérdida de líquidos gastrointestinales

Por el contrario, un consumo excesivo de agua durante un breve periodo de tiempo puede generar una hiperhidratación e hiponatremia, definida como unos niveles de sodio en suero inferiores a 135 mmol/L. Esta situación se ha observado en pacientes psiquiátricos con polidipsia, pero también en atletas durante o después de un ejercicio intenso y prolongado (p.ej., ultramaratón, entrenamiento militar). Mientras que la hiponatremia sintomática potencialmente grave es rara, está asociada con un consumo de líquidos que supera con creces las pérdidas de agua, así como un ritmo lento al correr y una larga duración del ejercicio. Sin embargo, en personas sanas con hábitos dietéticos normales está ampliamente reconocido que la hiponatremia es muy difícil de alcanzar (22). De hecho, significaría, en individuos sanos, superar el límite de excreción máximo del riñón, es decir, 0,7 - 1,0 L/hora.

2.2 Aportes de agua al cuerpo humano

Para compensar la pérdida diaria de agua, es necesario un aporte de agua. El cuerpo produce una pequeña cantidad de agua a partir de su actividad metabólica, pero la mayoría de los aportes de agua vienen de la dieta (alimentos y líquidos).

El agua metabólica es producida por la oxidación de los sustratos con contenido en hidrógeno o de los nutrientes que generan energía(35). La oxidación de los lípidos es la que más agua produce por gramo.

Tabla 2. Agua metabólica producida por la oxidación de los macronutrientes

Nutrientes	Agua metabólica producida por la oxidación	
	mL/100g	mL/100 kcal
Lípidos	107	11.8
Carbohidratos	55	15
Proteínas	41	10

Así pues, la producción de agua metabólica es proporcional a la ingesta de energía. Se calcula que la producción de agua metabólica representa de media aproximadamente entre 250 y 350ml/día para las personas sedentarias (22) pero puede aumentar hasta 600 ml/día con una actividad física vigorosa (36). Sin embargo, las pérdidas por la respiración también aumentan con la actividad física, y estos dos procesos se compensan más o menos entre sí (37).

Danone (33) sugiere que la distribución varía según la dieta; cuanto mayor sea el consumo de alimentos ricos en agua (por ejemplo, frutas, verduras o sopas), mayor será la ingesta de agua a través de los alimentos. Las frutas y verduras son el grupo de alimentos que más agua contiene: desde un 96% en el pepino hasta un 72% en el aguacate, la mayoría contienen más de un 85% de agua.

Cabe destacar que la mayoría de las frutas tiene aproximadamente el mismo contenido en agua que la mayoría de las bebidas. Las sopas son la categoría que contiene el segundo nivel más alto de agua, con unos valores que oscilan entre un 82 y un 95% de agua, según las recetas. Los productos secos tales como los cereales de desayuno, los frutos secos, las galletas y los chocolates suelen tener un contenido en agua inferior al 5%.

El cuerpo humano es capaz de adaptarse a una amplia variedad de indigestas y pérdidas de líquidos gracias a una regulación homeostática precisa y gracias a los amplios rangos de osmolaridad de la orina que los riñones son capaces de alcanzar. Pero, a diferencia de otros nutrientes, hoy por hoy no existen suficientes estudios sobre la cantidad de agua necesaria para evitar enfermedades o mejorar la salud. Como resultado, no se han asociado claramente límites de consumo máximos ni mínimos a un beneficio o un riesgo específico(22).

Esto puede explicar por qué la mayoría de las directrices sobre la ingesta total de agua se basan en la ingesta media de la población. Esto es cierto en EE.UU. y Canadá, por

ejemplo, donde la ingesta adecuada se basa en la ingesta media de agua de los datos de NHANES III (38). Australia y Nueva Zelanda siguen esta misma metodología.

En 2010(22), la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) publicó unas directrices oficiales sobre la ingesta total de agua (agua + bebidas + agua contenida en los alimentos). Estas directrices son las primeras que utilizan tanto la ingesta observada como los parámetros fisiológicos observados para establecer la ingesta adecuada. Se propone una osmolaridad de la orina deseable de 500 mOsmol/L, y sobre la base de este valor y de la carga osmótica de una dieta europea estándar, se establece un volumen de orina y la ingesta total de líquidos asociada. Esta recomendación no tiene en cuenta la pérdida adicional de líquidos debida a la actividad física, que genera una gran variación en la ingesta adecuada de agua. Ver **Tabla 3**.

Estas recomendaciones de ingesta total de agua incluyen el agua procedente de los alimentos y el agua de bebidas de todo tipo, incluida el agua.

Tabla 3. Valores de referencia sobre la ingesta total del agua

	Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria 2010	National Health an Medical Research Council 2006	Institute of Medicine 2004	Organización Mundial de la Salud 2003
Hombres	2,5	3,4	3,7	Sedentario 2,9 Activo 4,5
Mujeres	2,0	2,8	2,7	Sedentario 2,2 Activo 4,5

2.3 Métodos de determinación del agua corporal total

En la actualidad, existen numerosos estudios de la composición corporal, y suelen presentar diferentes métodos de los que destacan: dilución de isótopos, densitométricos (peso bajo el agua o pletismografía), antropometría, DEXA (dual energy X-ray absorptiometry), y bioimpedancia (BIA). De estos métodos, el más exacto para la determinación del ACT es mediante el uso de dióxido de deuterio diluido, cuyo error es menor del 0,1%(39). Por otra parte, la dilución isotópica con deuterio permite evaluar al mismo tiempo la composición corporal de la persona a partir de la determinación del ACT de la misma (40). Este método es simple de realizar y requiere una mínima cooperación del sujeto pero las desventajas del uso son que requiere tiempo y es de alto costo considerando que el Perú no es económicamente accesible(11).

2.3.1 Bioimpedancia eléctrica

La bioimpedancia eléctrica se fundamenta en la oposición de las células, los tejidos o líquidos corporales al paso de una corriente eléctrica. La masa grasa libre (MLG) contiene la mayoría de fluidos y electrolitos corporales, siendo un buen conductor eléctrico (baja impedancia u oposición), mientras que la masa grasa (MG) actúa como un aislante (alta impedancia). El valor de la impedancia corporal; medida en ohm; proporciona una estimación directa del ACT y permite estimar indirectamente la MLG y la MG(39).

Aunque hasta el momento, la BIA monofrecuencia (50 kHz) ha sido la forma más utilizada, la bioimpedancia espectroscópica multifrecuencia (BIS) ha surgido como un método con bases teóricas más desarrolladas y complejas con el objetivo de estimar con más precisión no sólo el agua corporal total sino también los diferentes compartimentos de distribución (intracelular y extracelular)(41).

El método de estimación se basa en la aplicación de una corriente eléctrica de una intensidad muy pequeña, por debajo de los umbrales de percepción en el tejido a medir. Esta corriente produce una tensión eléctrica que es tan alta como mayor sea la impedancia que muestra el tejido evaluado al paso de dicha corriente. La impedancia eléctrica de un tejido biológico tiene dos componentes; resistencia y reactancia. La resistencia es la oposición al flujo de la corriente a través de las soluciones electrolíticas intra y extracelular; y la reactancia determina las propiedades dieléctricas o mal conductoras de los tejidos. La impedancia medida puede ser originada por el paso de corriente a diferentes frecuencias y al posicionar los electrodos sobre diferentes regiones cutáneas(42).

2.3.2 Técnicas antropométricas

La evaluación antropométrica consiste en la obtención de mediciones corporales que se comparan con valores de referencia y permite cuantificar algunos de los compartimentos corporales. También ayuda a cuantificar cambios en individuos o poblaciones cuando se realiza en forma secuencial (con al menos dos mediciones en el tiempo). La antropometría es un método sencillo, no invasivo y aceptado universalmente para conocer situaciones de exceso, deficiencia o normalidad del estado de nutrición en un individuo o en un grupo. Las mediciones deberán ser realizadas por personal capacitado y con el equipo adecuado (43).

2.3.3 Fórmulas estimativas del agua corporal total

La fórmula Hume-Weyers fue propuesta en el año 1971, la muestra provino de pacientes de un hospital inglés sin evidencia de retención de fluidos ni malnutrición y actualmente es usada en muchos estudios como referencia mas parecida a la exacta de la determinacion del ACT (8).

Fórmula de Hume en varones = $(0,194786 \times \text{talla}) + (0,296785 \times \text{peso}) - 14,012934$

Fórmula de Hume en mujeres = $(0,34454 \times \text{talla}) + (0,183809 \times \text{peso}) - 35,270121$

En 1980 Watson, recolectó la información a partir de las publicaciones existentes hasta esa fecha sobre agua corporal total, en la literatura mundial (excluyendo la asiática), recabando la edad, sexo, peso y talla de los sujetos incluidos en esos estudios. En la actualidad la formula es muy usada en el área clinica, sin embargo no son precisos. Los basados en medidas antropométricas tienen el inconveniente de estar derivados de población sana y con ellos se puede sobrestimar los valores reales (44).

Fórmula de Watson en varones = $2,447 - (0,09156 \times \text{edad}) + (0,1074 \times \text{talla}) + (0,3362 \times \text{peso})$

Fórmula de Watson en mujeres = $-2,097 + (0,1069 \times \text{talla}) + (0,2466 \times \text{peso})$

La fórmula de porcentaje de peso

Formula Porcentaje de peso = $K * \text{Peso}$; donde $K = 0,6$ si es varón ó $0,5$ si es mujer

3. Definición de términos

Agua corporal total: Representa el solvente básico en el cual ocurren todos los procesos vitales, representando el compuesto químico más abundante del cuerpo humano (40-60%). En individuos sanos el volumen total está bien regulado, distribuyéndose en agua intracelular y extracelular (3).

Bioimpedancia eléctrica: Se fundamenta en la oposición de las células, los tejidos o líquidos corporales al paso de una corriente eléctrica(45). La masa libre de grasa contiene la mayoría de fluidos y electrolitos corporales, siendo un buen conductor eléctrico, mientras que la masa grasa actúa como un aislante (alta impedancia). El valor de la impedancia corporal (medida en ohm) proporciona una estimación directa del ACT y además permite estimar indirectamente la masa libre de grasa y masa grasa (39).

Fórmulas convencionales: Son el conjunto de diversas fórmulas antropométricas que se van a usar a lo largo de este estudio, que precisa del género, peso, talla o edad; estos datos para medir el ACT del cuerpo humano. Entre estas fórmulas se encuentra la fórmula de Watson, Hume-Weyers y el porcentaje de peso según sexo; las cuales son más usadas en la práctica clínica diaria (11).

Capítulo III

Material y métodos

1. Lugar de ejecución del estudio

El estudio se realizó en el consultorio nutricional de la Escuela de Nutrición Humana perteneciente a la Universidad Peruana Unión ubicada en la Carretera Central Km19.5 Ñaña, Lurigancho, por un periodo de 3 semanas.

2. Participantes

2.1 Criterios de inclusión y exclusión

2.1.1 Criterios de inclusión

- Edad entre 18 a 25 años de ambos sexos.
- Aceptar y firmar el consentimiento informado.
- Examen médico previo considerando estar completamente sano.

2.1.2 Criterios de exclusión

- Menores de 18 y mayores de 25 años.
- Presentar alguna enfermedad clínica.
- Negarse a firmar el consentimiento informado.
- Presentar evidencia de trastornos hemodinámicos.
- Ingesta de medicamentos (diuréticos).

2.2 Características de la muestra

Tabla 4. Distribución de las variables sociodemográficas de los estudiantes

Variable	n	%
Facultad		
Ciencias de la Salud	78	52.0%
Ingeniería y Arquitectura	38	25.3%
Ciencias Humanas y Educación	11	7.3%
Ciencias Empresariales	23	15.3%
Género		
Femenino	107	71.3%
Masculino	43	28.7%
Lugar de procedencia		
Costa	73	48.7%
Sierra	37	24.7%
Selva	18	12.0%
Extranjero	22	14.7%
Edad		
18 a 20 años	98	65.3%
21 a 23 años	44	29.3%
24 a 25 años	8	5.3%
Adventista		
Sí	140	93.3%
No	10	6.7%
Total	100	100%

En la tabla 4 se observa que gran parte de estudiantes que fueron evaluados son de la Facultad de Ciencias de la Salud, que entre sus carreras incluye Medicina, Nutrición, Enfermería y Psicología. En relación al género, el 71.3% de evaluados son mujeres. Respecto a su lugar de procedencia un 48.7% son de la costa. Por otro lado, se observa que más de la mitad de estudiantes (65.3%) oscilan entre los 18 y 20 años de edad. Asimismo, la mayoría de los evaluados son adventistas (93.3%).

3. Tipo de diseño de investigación

El enfoque de esta investigación es cuantitativo porque se analizó estadísticamente a las variables. El diseño del estudio es no experimental porque no se manipularon las variables. De tipo descriptivo, comparativo y observacional ya que se determinó la concordancia entre la bioimpedancia y las fórmulas convencionales en relación al agua corporal total comparando ambos métodos; y de corte transversal porque las variables se medirán en un mismo tiempo.

4. Formulación de la hipótesis

4.1 Hipótesis general

Hi: El estudio va a determinar la concordancia de la bioimpedancia eléctrica y las fórmulas convencionales en el análisis del agua corporal total en jóvenes sanos de una institución educativa privada.

Ho: El estudio no va a determinar la concordancia de la bioimpedancia eléctrica y las fórmulas convencionales en el análisis del agua corporal total en jóvenes sanos de una institución educativa privada.

5. Identificación de variables

Variable 1: Agua corporal total

Variable 2: Bioimpedancia eléctrica y fórmulas convencionales

6. Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Indicadores	Tipo de variable	Instrumento
Agua corporal total (ACT)	El agua corporal total es el solvente básico en el cual ocurren todos los procesos vitales, representando el compuesto químico más abundante del cuerpo humano (40-60%)	Para determinar el agua corporal existen distintos métodos en este caso se usará: -Bioimpedancia -Fórmulas convencionales	Litros	InBody 120 Fórmulas convencionales
Bioimpedancia eléctrica (BIA) y	La bioimpedancia eléctrica es un método no invasivo y de fácil aplicación, determina el agua corporal y la masa libre de grasa, masa magra y líquidos corporales.	Para determinar los resultados de ambos métodos es necesario saber: -agua corporal total	Litros	Equipo de bioimpedancia InBody 120
Fórmulas convencionales	Las fórmulas convencionales que se usan para estimar el agua corporal usando las medidas antropométricas de la persona.	-sexo -peso -talla -edad	Kg Cm Años	Tallmetro Balanza

7. Instrumentos de recolección de datos

La técnica que se usó en este estudio se basa en la recolección de datos del equipo y las formulas, y los pasos del estudio fueron de manera secuencial y sistemática, como se indica en los siguientes puntos:

7.1 Información general

Se explicó a cada voluntario el objetivo y procedimiento a realizar. Seguidamente se les entregó una ficha con el consentimiento informado para firmar la participación voluntaria del estudio. **(Anexo 1)**

7.2 Mediciones antropométricas

Después de la información general se procedió a las mediciones antropométricas de peso y talla en condiciones estándar usando una balanza de pie previamente calibrada, así mismo un tallímetro para estimar la talla. En ambos casos, balanza y tallímetro fueron de la marca Seca. El procedimiento para pesar correctamente a los estudiantes fue que antes de subir a la balanza se retire todo tipo de objeto pesante como llaves, dinero, celular entre otros objetos, de igual manera se les pidió quitarse las zapatillas y estar con la ropa más ligera posible para que el peso actual sea exacto.

En el caso del tallado también fue sin zapatillas con los talones pegados al tallímetro, cabeza derecha y sin moverse hasta que se tome la medida.

7.3 Medición por bioimpedancia

Para evaluar el agua corporal total con el equipo de bioimpedancia InBody 120, se siguió algunos criterios como: no realizar ningún tipo de ejercicio físico las 24 horas previas a los análisis, no ingerir alimento durante las 4 horas anteriores al inicio de las pruebas, mantener un buen estado de hidratación, así como no beber líquidos y realizar la última micción y/o defecación 30 minutos antes del inicio de las pruebas. Además, en el caso de las mujeres se consideró la fase del ciclo menstrual en la que se encuentre en el momento de la prueba(46).

Antes de la prueba, se solicitó al voluntario retirar todo objeto metálico y estar sin zapatos ni calcetines, en una posición erguida sobre el equipo, con los pies en separación de 45° y los brazos pegadas al tronco(45).

7.4 Fórmulas convencionales

Las fórmulas para calcular el agua corporal se estimarán según las fórmulas de Watson y Hume-Weyers(9,10) y la que utiliza el 60% del peso para varones y 50% para mujeres (P1) de la siguiente manera:

a) Fórmula de Watson en varones = $2,447 - (0,09156 \times \text{edad}) + (0,1074 \times \text{talla}) + (0,3362 \times \text{peso})$

b) Fórmula de Watson en mujeres = $-2,097 + (0,1069 \times \text{talla}) + (0,2466 \times \text{peso})$

c) Fórmula de Hume en varones = $(0,194786 \times \text{talla}) + (0,296785 \times \text{peso}) - 14,012934$

d) Fórmula de Hume en mujeres = $(0,34454 \times \text{talla}) + (0,183809 \times \text{peso}) - 35,270121$

e) Fórmula Porcentaje de peso = $K * \text{Peso}$; donde $K = 0,6$ si es varón ó $0,5$ si es mujer

8. Técnicas de recolección de datos

Para llevar a cabo el estudio y la recolección de datos, en primer lugar se solicitó el apoyo en el consultorio de nutrición para contactar a los estudiantes de interés y que cumplan los requisitos de inclusión. Seguidamente se pidió el permiso correspondiente a cada alumno para realizar la evaluación antropométrica y por bioimpedancia por medio de la hoja de consentimiento firmada. Finalmente, se entregó a cada estudiante el resultado de la evaluación por bioimpedancia.

Para la aplicación del instrumento y recolección de datos, estos se llevaron a cabo en los consultorios de Nutrición humana, pertenecientes a la Escuela Profesional de Nutrición humana, se tuvo acceso a los instrumentos y a la información que posteriormente se registró en la hoja de recojo de datos.

9. Plan de procesamiento de datos

En esta investigación se recolectaron los datos y para tabular los datos, se tomó el resultado de cada fórmula y del equipo de bioimpedancia y luego se elaboró una hoja de datos en Microsoft Excel en el cual se fue ingresando los datos y resultados, para después exportar toda la base de datos al programa estadístico SPSS versión 25 y analizar las variables de estudio.

Para evaluar la distribución de la muestra, se hizo mediante la Prueba de Kolmogorov—Mirnov que verifica la normalidad de una distribución, donde el $p < 0.05$ y en este caso muestra que la distribución no es normal ($p < 0.00$).

Tabla 5. Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	Sexo	Peso	Talla	IMC	Edad	Bio	Wats on	H Weyers	P1
N	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Sig. asintótica(bilateral)	,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c	,200 ^c	,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c

10. Consideraciones éticas

La información recolectada para el estudio fue manejada por la investigadora con estricta confidencialidad y con el respeto a la dignidad de las personas involucradas a la protección de sus derechos y su bienestar.

Se brindó un consentimiento informado el cual las personas involucradas conocerán la finalidad de la información recabada.

Capítulo IV

Resultados y discusión

Los voluntarios fueron 43 varones y 107 mujeres con un promedio de edad de $20,27 \pm 1,63$ años, talla $159,73 \pm 9,46$ cm, peso $57,57 \pm 8,63$ kg, e IMC $22,46 \pm 1,63$ kg/m². En la tabla 6, se presentan los resultados de la desviación estándar de algunos parámetros como edad, peso, talla e Índice de masa corporal indicando los rangos mínimos y máximos de cada variable.

Tabla 6. Desviación estándar de edad, peso y talla

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación
Edad	150	18	25	20,27	1,639
Peso	150	42,0	86,5	57,573	8,6393
Talla	150	140,7	190,5	159,735	9,4611
IMC	150	17,9	25,0	22,462	1,6338

Se eligió este tipo de población pues existe una necesidad actual de saber cuáles son los métodos de evaluación de agua corporal total y cuál de las formulas tiene más concordancia con el “*gold standar*” que en esta ocasión es la bioimpedancia.

Este es un lógico primer paso, para determinar si estas formulaciones funcionarían en otras condiciones diferentes de masa corporal, estados socio económico, edad y enfermedad, en quienes finalmente es más relevante conocer su contenido acuoso. Se consideró estas características, pues la idea del estudio es que la población tenga las mismas características, ya que en otros estudios como los de Basile et al.(13) se demostró que existe una diferencia para la estimación de agua corporal total cuando las poblaciones son diferentes. Resaltar el hecho de que el propósito del estudio no es desarrollar fórmula alguna, como otros estudios parecidos (16), que tienen una muestra mucho mayor, sino conocer la concordancia de fórmulas aceptadas y usadas en el ámbito clínico.

Para determinar la concordancia de estos dos métodos que son bioimpedancia y fórmulas antropométricas se usó el índice kappa (k) que en estadística se usa para evaluar la concordancia o reproducibilidad de instrumentos. En la tabla 7 se observa la concordancia de bioimpedancia y las tres fórmulas antropométricas, el valor es ,010 que nos indica que existe concordancia, sin embargo no es significativa.

Tabla 7. Concordancia de bioimpedancia y las fórmulas antropométricas

	Valor	Error estándar asintótico	T aproximada	Significación aproximada
Medida de acuerdo Kappa	,010	,009	2,355	,019

Gallardo *et al.*(8) en su estudio realiza una prueba estadística para determinar correlación entre las fórmulas convencionales y las fórmulas antropométricas y el mostró que tampoco había una diferencia estadística al comparar los promedios entre las diversas formulaciones por bioimpedancia según la t pareada de student.

A esto se pueden adjudicar muchos otros factores externos como por ejemplo la cantidad de población que cada autor realiza en su estudio, en el caso de Basile *et al.* (13) evaluó una población sumamente grande 3625 personas sanas, sin embargo también evaluó 688 pacientes con hemodiálisis. Es por eso mismo, que el al concluir su estudio sugiere que, si se va realizar una comparativa entre fórmula y fórmula, sean de una misma población.

Continuando con el análisis de las variables del estudio, en la tabla 8, se muestra los resultados de desviación de bioimpedancia, se puede observar que el promedio fue de $29,99 \pm 7,04$ litros, donde el valor mínimo encontrado en los estudiantes evaluados fue de 20,4 y como valor máximo 53,1 litros.

Tabla 8. Valor del agua corporal total medido por bioimpedancia eléctrica

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación
Bioimpedancia	150	20,4	53,1	29,995	7,0447

Si bien es cierto que este estudio fue diseñado para evaluar la concordancia existente entre las fórmulas antropométricas y la bioimpedancia en la estimación del agua corporal total en una población peruana joven y sana; sin embargo, de manera individual podemos apreciar cada parámetro y su comportamiento frente a la población propuesta. Moon (14), en su estudio, comparó dos equipos diferentes de bioimpedancia con deuterio para determinar si ambos equipos guardaban similitud con los resultados de este último. En el desarrollo del estudio se observó que uno de los equipos llamado SFB7 es el que mostro mucha más correlación con el deuterio, que el otro equipo 4000B.

En tal sentido, el método bioimpedancia para estimar el ACT en individuos sanos requiere investigación adicional para reducir aún más los errores individuales. Si bien el

nuevo dispositivo SFB7 mejora sobre el antiguo 4000B, todavía hay un pequeño margen de desacuerdo entre los valores BIS y deuterio de ACT. Sin embargo, tanto el 4000B como el SFB7 son dispositivos portátiles aparentemente válidos, no invasivos para estimar el ACT en hombres y mujeres caucásicos en edad universitaria, con mayor precisión en las mujeres. Es por eso que las investigaciones futuras deberían incluir un tamaño de muestra más grande y categorizar poblaciones sanas basadas en ACT para generar coeficientes más precisos.

Así mismo, en la tabla 9 se observa los resultados de la desviación estándar de la fórmula de Watson, el promedio fue de $31,67 \pm 6,54$ litros, donde el valor mínimo en los estudiantes evaluados fue de 23,6 y como valor máximo 50,2 litros.

Tabla 9. Valor del agua corporal medido por Watson

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación
Fórmula Watson	150	23,6	50,2	31,677	6,5422

La fórmula de Watson, actualmente, es la más usada en el ámbito clínico en más de un estudio ha mostrado sobreestimar los valores de ACT. Johansson (17) halló que las fórmulas antropométricas tienden a sobreestimar el agua corporal total en pacientes obesos en diálisis peritoneal y en personas con sobrehidratación, y tiende a subestimarla en delgados.

Es importante reconocer que para determinar esta fórmula propuesta en el año 1971 la muestra fue muy similar al presente estudio, con la única diferencia que la recolección de los voluntarios provino de pacientes de un hospital inglés sin evidencia de retención de fluidos ni malnutrición, mientras que la actual muestra fue realizada en jóvenes universitarios sanos. En contraposición, Watson en 1980 recolectó la información a partir de las publicaciones existentes hasta esa fecha sobre agua corporal total, en la literatura mundial (excluyendo la asiática), recabando la edad, sexo, peso y talla de los sujetos incluidos en esos estudios.

La fórmula de Watson ha sido muy estudiada en pacientes con problemas de desequilibrio hídrico, así como un estudio realizado el 2015 por Martinez *et al.* (18) que tuvo como objetivo comparar la bioimpedancia espectroscópica y fórmula de Watson para medir el volumen corporal en pacientes en diálisis peritoneal, donde concluyeron que ambos métodos fueron alterados por el exceso de agua, es por eso la importancia de conocer cómo funcionan estas fórmulas en personas sanas.

En este estudio y en el de Gallardo *et al.* (8) que también evaluó con esta fórmula a su población de jóvenes sanos, se ha dado una situación similar. Los resultados de

media estándar de Watson están elevados a diferencia de otras fórmulas y la desviación también.

Por otro lado, se observa en la tabla 10 respecto a la fórmula de Hume-Weyers que la desviación estándar es de $31,29 \pm 5,81$ litros. El valor máximo es de 48,8 y el mínimo de 21,8.

Tabla 10. Valor del agua corporal medido por Hume-Weyers

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación
Fórmula Hume -Weyers	150	21,8	48,8	31,294	5,8187

Este resultado se asemeja a un estudio realizado por Gallardo(8), el 2016, en una investigación en jóvenes estudiantes, donde buscaba determinar el agua corporal total según el peso y sexo, y después de analizar las variables se dio la sorpresa que algunas fórmulas antropométricas como la fórmula de Watson subestimo el agua corporal total y no tenían la correlación esperada con la bioimpedancia. Sin embargo, en el estudio concluyeron que la fórmula Hume-Weyers tenía una mayor precisión en la estimación de agua corporal total. Si bien no es la que más se asemeja en nuestro estudio, su media y la desviación estándar no están tan alejadas del resultado de la bioimpedancia.

Por último, se aprecia en la tabla 11 que la desviación estándar es $30,69 \pm 6,84$, y su valor mínimo es 21 litros y el máximo 51,9 litros por los 150 estudiantes evaluados.

Tabla 11. Valor del agua corporal medido por formula según peso

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación
Fórmula% peso según sexo	150	21,0	51,9	30,693	6,8493

Los resultados de la fórmula del porcentaje de peso según sexo y bioimpedancia por desviación según la media muestran que su propuesta tiene una mejor concordancia con la medición del agua corporal. En el estudio realizado por Gallardo en 11 jóvenes sanos, incluyeron esta fórmula que si bien es cierto se usa en el ámbito clínico diario, ha sido la que ha demostrado mayor similitud en la media respecto a bioimpedancia, con una desviación estándar incluso menor que la última mencionada. Sin embargo esta fórmula debería tener una investigación más profunda y minuciosa.

Por lo tanto, las fórmulas antropométricas, además de demandar más tiempo para la determinación de los resultados, no suelen ser exactas en su totalidad, pues habría que considerar también el método correcto del pesado y tallado en la persona, la adecuada

operacionalización de la fórmula para evitar errores al desarrollar esta misma. Es por eso que la bioimpedancia en muchos de otros estudios ha demostrado ser más exacto en la determinación de agua corporal, por ejemplo en un estudio realizado el 2014 por Ramírez (5), evaluaron a pacientes con enfermedades renales para determinar el peso seco con un equipo de bioimpedancia y formulas antropométricas, y al final del estudio concluyeron que la bioimpedancia permitió una mayor exactitud respecto al agua corporal total que las fórmulas antropométricas.

En otro estudio realizado por Zapata, el 2016 (11), llego a la misma conclusión; al final del estudio concluyó que la bioimpedancia es un método más rápido y mucho más exacto al determinar agua corporal total. Por lo cual, debemos de reconocer que la bioimpedancia actualmente es uno de los métodos menos invasivo, exacto y práctico en determinar agua corporal total y otros parámetros.

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

1. Conclusiones

En el estudio se puede concluir que:

- Entre la bioimpedancia y las fórmulas convencionales existe concordancia, sin embargo, es leve.
- Se evaluó el agua corporal medida por bioimpedancia y se observó que tiene una mayor desviación, pues logra abarcar más litros a diferencia de las otras fórmulas.
- El agua corporal desarrollada por la fórmula de Watson mostró que tiene una desviación menor pero aun así es la fórmula que menos se ha asemejado a la de bioimpedancia.
- El agua corporal medida por la fórmula Hume-Weyers al evaluarse mostró una desviación menor que todas las fórmulas, y así mismo se relaciona con los resultados de bioimpedancia.
- La fórmula por porcentaje de peso al ser evaluada nos indica que su desviación está dentro de lo esperado y se asemeja más a los parámetros de bioimpedancia que en este estudio fueron el “gold estándar”, a diferencia de las otras fórmulas.

2. Recomendaciones

En base a los resultados obtenidos del estudio, se recomienda lo siguiente:

- Para futuros realizados en esta misma población, se tome en cuenta si es que se va a realizar un estudio similar usar solo una fórmula para determinar con exactitud el nivel de concordancia.
- Realizar otros estudios en población con otras características como el peso, pues en personas con delgadez, sobrepeso u obesidad estos resultados cambian considerablemente y dar a conocer si estas fórmulas subestiman o sobreestiman el agua corporal total.
- A los futuros investigadores comparar con otros métodos de evaluación de agua corporal como de isótopos estables (deuterio o tritio) para determinar

si la diferencia es muy significativa con los resultados de las fórmulas antropométricas.

- Se recomienda en un próximo estudio realizar con un equipo de bioimpedancia multifrecuencia para así determinar parámetros más minuciosos como el agua extracelular e intracelular.

Referencias

1. Woodrow G, Oldroyd B, Wright A, Coward WA, Truscott JG, Turney JH, et al. Comparison of anthropometric equations for estimation of total body water in peritoneal dialysis patients. *Nephrol Dial Transpl* [Internet]. 2003;18(2):384–9.
2. Arturo E, Talva L. La importancia de la hidratación en el deporte. Univ San Carlos Guatemala. 2010;
3. Azócar P. M, Cano Sch. F, Marín B. V, Díaz B. E, Salazar R. G, Vásquez F. L. Estimación del agua corporal total por deuterio en diálisis peritoneal pediátrica. Vol. 74, *Revista chilena de Pediatría*. 2003. p. 504–10.
4. Acosta D. Métodos de evaluación de la composición corporal: Tendencias Actuales (l i i). *Arch medicion del Deport* [Internet]. 2005;22(106):121–7.
5. Erick RL. Uso del BOD POD, DXA y dilución con deuterio en la evaluación de la masa grasa y masa libre de grasa. 2008.
6. de Araujo Antunes A, Vannini FCD, Martin LC, Zanati SG, Barretti P, Caramori JCT. Relevância do estado de hidratação na interpretação de parâmetros nutricionais em diálise peritoneal. *Rev Nutr*. 2011;24(1):99–107.
7. Caravaca F, del Viejo CM, Villa J, Gallardo RM, Ferreira F. Estimación del estado de hidratación mediante bioimpedancia espectroscópica multifrecuencia en la enfermedad renal crónica avanzada. *Nefrología*. 2011;31(5):537–44.
8. Gallardo Castro JA, Zapata Negreiros JA, Lluncor Vásquez JO, Cieza Zevallos JA. Evaluación del agua corporal medida por bioimpedancia eléctrica en adultos jóvenes sanos y su correlación estimada según formulaciones convencionales. *Rev Med Hered*. 2016;27:146–51.
9. Watson PE, Watson ID, Bait RD. Total body water females estimated volumes for adult males and from simple anthropometric measurements. *Am J Clin Nutr*.

1980;33(1):27–39.

10. Hume R, Weyers E. Relationship between total body water and surface area in normal and obese subjects. *J Clin Pathol* [Internet]. 1971;24(3):234–8.
11. Zapata Negreiros JA, Gallardo Castro JA, Lluncor Vásquez JO, Cieza Zevallos JA. El agua corporal medida por impedancia eléctrica y su estimación según fórmulas convencionales y en función del peso ideal y sexo, en adultos con sobrepeso u obesidad. *Rev Medica Hered* [Internet]. 2016;27(3):162–7.
12. White EG De. Consejos sobre el Régimen Alimenticio. *Bibl del Espíritu Profecía*. 1995;2:608.
13. Basile C, Vernaglione L, Bellizzi V, Lomonte C, Rubino A, D'Ambrosio N, *et al*. Total body water in health and disease: Have anthropometric equations any meaning. *Nephrol Dial Transplant*. 2008;23(6):1997–2002.
14. Moon JR, Tobkin SE, Roberts MD, Dalbo VJ, Kerksick CM, Bembem MG, *et al*. Total body water estimations in healthy men and women using bioimpedance spectroscopy: A deuterium oxide comparison. *Nutr Metab*. 2008;5(1):1–6.
15. Chumlea WC, Guo SS, Zeller CM, Reo N V, Baumgartner RN, Garry PJ, *et al*. Total body water reference values and prediction equations for adults. *Kidney Int* [Internet]. 2001;59(6):2250–8.
16. Sun S, Chumlea W, Heymsfield S, Lukaski H, Schoeller D, Friedl K, *et al*. Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiological surveys. *Am J Clin Nutr*. 2003;77(2):331–40.
17. Johansson AC, Samuelsson O, Attman PO, Bosaeus I HB. Limitations in anthropometric calculations of total body water in patients on peritoneal dialysis. 2001;
18. Fernández GM, Cerrato AO, de la Vara Iniesta L, Galera EO, Roldán CG,

- Martínez JP. Comparación entre bioimpedancia espectroscópica y fórmula de Watson para medición de volumen corporal en pacientes en diálisis peritoneal. *Nefrología*. 2016;36(1):57–62.
19. Castillo A, Sofía L. Comparación de determinación de agua corporal total por método de bioimpedancia eléctrica y método de hidrometría por dilución de deuterio durante el embarazo en mujeres con IMC normal y obesidad . 2018;
 20. Carbajal A. Manual de Nutrición y Dietética. Universidad Complutense de Madrid. 2013;1–7.
 21. Grandjean. Hydration: Fluids for Life. A monograph by the North American Branch of the, Institute. ILS.2004.
 22. Panel E, Nda A. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for water. *EFSA J* [Internet]. 2010;8(3):1–48.
 23. Péronnet F, Mignault D, Du Souich P, Vergne S, Bellego L Le, Jimenez L, et al. Pharmacokinetic analysis of absorption, distribution and disappearance of ingested water labeled with D2O in humans. *Eur J Appl Physiol*. 2012;112(6):2213–22.
 24. Marie L, Lo P, Kang MY, Yi SJ, Chung SI. *Food & Nutrition*. 2016;1:1–12.
 25. Lizárraga-cañedo J, Robles-sardin A, Salazar G. Influencia del sobrepeso y la obesidad sobre el tiempo de equilibrio del deuterio , pero no en el agua corporal total y la composición corporal en mujeres mayores de 60 años. 2015;32(6):2792–9.
 26. EA S, ABR T. No Title. First Princ Gastroenterol basis Dis an approach to Manag Can Assoc Gastroenterol Astra Pharma Inc. 1994;
 27. Miller MJS, Macnaughton WK, Zhang XJ, Thompson JH, Charbonnet RM, Bobrowski P, et al. Treatment of gastric ulcers and diarrhea with the Amazonian herbal medicine sangre de grado. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*

- [Internet]. 2000;279(1):G192.
28. K. ME and H. Fluid, electrolyte, and acid-base balance. In: Human Anatomy and Physiology. 2007;
 29. LE. A. Hydration assessment techniques. 2005;Nutr Rev.
 30. Sherwood L. Human Physiology: From Cells to Systems. 2010;7th ed. Be.
 31. Verdier-Sevrain S BF. Skin hydration: a review on its molecular mechanisms. 2007;J Cosmet.D:6:75-82.
 32. FC BB and R. The Kidney. 8th. Philadelphia. 2008;
 33. Nutricia D. Agua e Hidratación: Bases Fisiológicas en Adultos. Res Hydration Heal Initiat. 2009;
 34. Power S, Howley E. Exercise Physiology. Theory and Application to Fitness and Performance. 1997;3rd ed. Co.
 35. Academies) I (Institute of M of the N. Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride, and sulfate. 2004;
 36. RA. PJ and P. Water and electrolytes during exercise. In: Hickson, J. F and Wolinski, I., ed. Water and electrolyte balance during rest and exercise. 1994;
 37. RW H. Environmental influences on body fluid balance during exercise: altitude. In: Buskirk, E. R. and Puhl, S. M., ed. Body fluid balance: exercise and sport. 1996;
 38. Australian Government Department of Health and Ageing. Nutrient Reference Values for Australia and New Zealand Including Recommended Dietary Intakes. Nutrition. 2005.
 39. Jaeger AS, Barón MA. Uso de la bioimpedancia eléctrica para la estimación de la composición corporal en niños y adolescentes. An Venez Nutr Apartado Post El Trigal Val Estado Carabobo Venez. 2009;22(3458):105–10.
 40. Vidueiros SM, Nápoli C, Possidoni C, Tarducci G, Giordanengo S, Fernandez I,

- et al. Dilución isotópica con deuterio para determinar ingesta de leche humana y composición corporal materna. 2017;51(2).
41. González NP. Análisis de la composición corporal por bioimpedancia espectroscópica en pacientes trasplantados renales . 2017;
 42. Sánchez-Iglesias A, Fernández-Lucas M, Teruel JL. Fundamentos eléctricos de la bioimpedancia. Nefrología. 2012;32(2):133–5.
 43. Castro Porras LV. Validación de una ecuación predictiva de masa libre de grasa basada en la densidad corporal determinada por un modelo bicompartimental, utilizando predictores antropométricos en adultos del estado de Hidalgo con sobrepeso u obesidad. 2013;168.
 44. Vázquez R. Artemisa. 2003;41(3):229–33.
 45. De T, Román MC. Técnicas de valoración del estado nutricional. 2003;1:26–35.
 46. Portao J, Bescós R, Irurtia A, Cacciatori E, Vallejo L. Valoración de la grasa corporal en jóvenes físicamente activos: Antropometría vs bioimpedancia. Nutr Hosp. 2009;24(5):529–34.

Anexos

Anexo 1: Consentimiento Informado

Consentimiento informado

Le invitamos a participar de un estudio que tiene como objetivo determinar la cantidad de agua corporal total que presentan los estudiantes de la Universidad Peruana Unión, Lima, Perú 2019, que será llevado a cabo por la investigadora Keysi Arias, quien recogerá información.

Riesgos.

Participar en este estudio no expone un riesgo alguno

Beneficios

Realizada la evaluación usted tendrá conocimiento de los resultados.

Derechos del participante

Su participación es completamente voluntaria. Tiene el derecho a participar si así lo desea, denegarse o de terminar su participación en cualquier momento.

Confidencialidad

La confidencialidad de su participación está asegurada desde el momento que se realiza la toma de datos y evaluación.

Declaración de informe de consentimiento

Yo..... he leído el contenido de este documento de CONSENTIMIENTO INFORMADO dado por la investigadora, y quiero colaborar con este estudio para bien de la sociedad.

.....

Firma y Fecha

Anexo 2: Ficha de recolección de datos

Ficha de datos antropométricos

Lea detenidamente y con atención las preguntas que a continuación se le presentan, tómese el tiempo que considere necesario y luego marque con un aspa (X) la respuesta que crea que sea la correcta o llene los enunciados con datos reales.

Datos socio-demográficos:

1. Facultad: _____ EP: _____

2. Nombre y Apellidos: _____

3. Edad: ____ años Sexo: _____ Adventista? SÍ NO

4. Procedencia

a. Costa b. Sierra c. Selva d. Extranjero

5. Estado civil

a. Soltero b. Casado c. Divorciado d. Viudo e. Conviviente

Datos antropométricos

Peso _____ Talla _____ IMC _____ Dx

IMC _____

Datos de bioimpedancia

ACT: _____

VN: _____

Anexo 3: Fotos

Instrumentos de uso en el consultorio de nutrición para la evaluación de la población.

