

**ELIPSES DE TOLERANCIA ESPECÍFICAS PARA EL ANÁLISIS DE LA  
COMPOSICIÓN CORPORAL EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS DE  
CARTAGENA, COLOMBIA**

**JHOSELYN HINCAPIE VILLEGAS**

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ SECCIONAL CARTAGENA  
ESCUELA DE NUTRICIÓN Y DIETÉTICA  
PREGRADO  
X SEMESTRE  
CARTAGENA DE INDIAS D. T. H. Y C.  
2023**

**ELIPSES DE TOLERANCIA ESPECÍFICAS PARA EL ANÁLISIS DE LA  
COMPOSICIÓN CORPORAL EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS DE  
CARTAGENA, COLOMBIA**

**JHOSELYN HINCAPIE VILLEGAS**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
NUTRICIONISTA DIETISTA**

**ASESORA:**

**MARITZA DÍAZ RINCÓN**

**ND, Esp, MSc EPIDEMIOLOGÍA**

**DOCENTE – JEFE DISCIPLINAR ESCUELA DE NUTRICIÓN Y DIETÉTICA  
UNIVERSIDAD DEL SINÚ - SECCIONAL CARTAGENA**

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ SECCIONAL CARTAGENA**

**ESCUELA DE NUTRICIÓN Y DIETÉTICA**

**PREGRADO**

**X SEMESTRE**

**CARTAGENA DE INDIAS D. T. H. Y C.**

**2023**

**Cartagena, 05/Junio/2023**

**Doctor:**

**Ricardo Pérez Sáenz**

Director de Investigaciones

Universidad del Sinú EBZ

Seccional Cartagena

L. C.

Cordial saludo.

La presente tiene como fin someter a revisión y aprobación para la ejecución del proyecto de investigación titulado: Elipses de tolerancia específicas para el análisis de la composición corporal en estudiantes universitarios de Cartagena, Colombia, adscritos a la Escuela de Nutrición y Dietética en el área de pregrado.

**Atentamente,**

**Firma:** \_\_\_\_\_

Dra. Olga Tatiana Jaimes Prada

Director Escuela de Nutrición y Dietética

**Firma:** \_\_\_\_\_

Paola Andrea Olarte Hernández

Coordinador de Investigaciones

Escuela de Nutrición y Dietética

**Nota de aceptación**

-----  
-----  
-----  
-----  
-----

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Cartagena D.T.H y C., (05/Junio/2023)**

## **Dedicatoria**

A mis padres, por ser un cimiento sólido y robusto para mí durante tantos años, independientemente de lo difícil que pudo llegar a ser. En la mayoría de ocasiones los padres desconocen la magnitud y dimensión de los proyectos que realizamos, debido precisamente a la complejidad que conllevan, sin embargo, lo realmente mágico es cómo hacen su mayor esfuerzo para ofrecer apoyo, acompañamiento y serenidad, aunque no comprendan con exactitud los motivos por los que necesitamos de esas pequeñas acciones.

A mi hermana, por ser un ejemplo a seguir e inculcar en mí valores como la responsabilidad y la perseverancia desde que era muy pequeña. Estoy completamente segura de que no sería la persona que soy hoy si no fuera por su presencia en mi vida. Sigue pareciéndome increíble la cantidad de amor, apoyo incondicional y felicidad que puede brindarte alguien a lo largo de su vida; coincidir así es un golpe de suerte y, el hecho de que sea tan cercana a mí, me convierte en una persona doblemente afortunada, irrefutablemente.

A mi mentora, la nutricionista y dietista Maritza Díaz Rincón, por ser una persona crucial en la elaboración de este trabajo y creer en mí, incluso cuando yo estuve a punto de dejar de hacerlo.

A mis amigos, por ofrecer un hombro en que apoyarme cada vez que lo necesité durante todos estos años.

A todos los docentes que dejaron su granito de arena en cada etapa de mi educación.

## Agradecimientos

Escribir, borrar, empezar de cero, abandonarlo, regresar; al final del día cada cosa termina de la misma manera: ciclos. Pensar en ello o no, depende de cada persona, pero jamás me he caracterizado por dejar que todo pase desapercibido... ¿O sí? Deberíamos averiguarlo.

Detengámonos a pensar por un momento ¿qué nos motiva a cumplir cada cosa que soñamos todos los días? ¿no somos nosotros quienes nos quejamos diariamente de las rutinas que llevamos y las actividades que debemos cumplir? Indiscutiblemente, llegamos a conclusiones que nos dejan con más interrogantes que respuestas. Lo realmente importante de todo esto es que, en un mar de dudas e incógnitas, rescatemos aquello que nos impulsa todos los días a ser la persona de la que nos sentiríamos orgullosos.

Considero que la esencia de nuestra existencia se resume en eso que sucede y nos saca de casillas, desestabiliza, rompe esquemas, nos hace sentir vivos; es todo el afecto que das, recibes, los sueños que iluminan tu corazón con alegría, los momentos que compartes, las personas que te rodean, las experiencias que vives. Los seres humanos somos el cúmulo de tantas cosas que, intentar relatarlo con detalle, minucia y precisión es definitivamente una tarea complicada.

Este proyecto, al igual que muchos otros, es el resultado de un largo tiempo de trabajo, esfuerzo, disciplina y constancia, en donde intervinieron muchos más actores que la autora del mismo. Es por lo anterior que, intentaré mencionarlos a todos, aunque mi gratitud no se vea completamente expresada en esa lista.

En primer lugar, agradezco a mi familia por hacer parte fundamental de mi vida en todos los aspectos posibles. Por tener el amor, paciencia y comprensión necesaria para acompañarme

en cada paso, objetivo y logro que obtuve durante estos años. Sin ellos, no existirían atisbos de la persona en la que he logrado convertirme y definitivamente, nada de esto sería posible.

En segundo lugar, agradezco especialmente a mi mentora, la nutricionista y dietista Maritza Díaz Rincón, por ser desde hace varios años una luz para mí, en medio de lo oscuro que puede ser un mundo estrictamente académico. Puede resultar extraño que un estudiante hable con tanto cariño y afecto de un docente, pero si me preguntan, no existe otra manera en la que pueda referirme a ella. Podría intentar describirla para ustedes como una persona inteligente, carismática, empática, servicial, disciplinada, perseverante y, aunque definitivamente me quedo corta intentando explicarlo, cerraré este segmento diciendo que, cualquiera sería completamente afortunado de tener una docente como ella en cualquier etapa de su proceso formativo.

Finalmente, agradezco a Dios y mis amigos por ofrecerme soporte y aliento cada vez que el sentimiento de que todo era demasiado me invadía sin aviso alguno. Confío plenamente en que, las personas que elegimos para acompañarnos durante nuestra vida contribuyen de manera importante en las perspectivas que tenemos alrededor de situaciones, experiencias y proyectos, por lo que, elegir bien sí es un sinónimo de vivir mejor.

## Contenido

<b>Resumen .....</b>	<b>13</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>15</b>
<b>1 Planteamiento del problema .....</b>	<b>17</b>
<b>2 Pregunta de investigación .....</b>	<b>22</b>
<b>3 Justificación .....</b>	<b>23</b>
<b>4 Objetivos.....</b>	<b>30</b>
<b>5 Revisión literaria .....</b>	<b>31</b>
5.1 Marco teórico.....	31
5.1.1 Métodos indirectos para evaluar la composición corporal.....	31
5.1.1.1 Tomografía axial computarizada (TAC) .....	31
5.1.1.2 Resonancia magnética nuclear (RMN).....	32
5.1.1.3 Absorciometría dual de rayos X (DXA).....	32
5.1.1.4 Pletismografía .....	33
5.1.2 Métodos doblemente indirectos para evaluar la composición corporal.....	33
5.1.2.1 Bioimpedancia eléctrica (BIA) .....	33
5.1.2.2 Antropometría .....	35
5.1.3 Ángulo de fase y vectores de bioimpedancia .....	35
5.2 Antecedentes.....	41
5.3 Marco conceptual.....	45
<b>6 Metodología .....</b>	<b>48</b>
6.1 Tipo de investigación .....	48
6.2 Población .....	48
6.3 Muestra.....	48
6.4 Criterios de inclusión y exclusión.....	48
6.5 Variables de estudio y operacionalización .....	49
6.6 Fuentes, métodos y mecanismos de recolección de la información .....	52
6.6.1 Toma de medidas antropométricas y de bioimpedancia .....	52
6.6.1.1 Técnicas para la toma del peso .....	52
6.6.1.2 Técnicas para tomar la talla .....	53
6.6.1.3 Técnicas para la toma de bioimpedancia .....	54



6.6.2	Instrumentos para la toma de medidas antropométricas y de bioimpedancia .....	55
6.6.2.1	Especificaciones técnicas de los equipos usados para tomar el peso .....	55
6.6.2.2	Especificaciones técnicas de los equipos usados para tomar la talla .....	56
6.6.2.3	Especificaciones técnicas de los equipos usados para la toma de bioimpedancia	56
<b>7</b>	<b>Análisis estadístico.....</b>	<b>57</b>
<b>8</b>	<b>Consideraciones éticas.....</b>	<b>60</b>
<b>9</b>	<b>Marco legal .....</b>	<b>63</b>
<b>10</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>65</b>
<b>11</b>	<b>Discusión .....</b>	<b>77</b>
<b>12</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>82</b>
<b>13</b>	<b>Referencias bibliográficas .....</b>	<b>84</b>

## Lista de tablas

<b>Tabla 1:</b> Operacionalización de variables .....	49
<b>Tabla 2:</b> Especificaciones técnicas de los equipos usados para tomar el peso .....	55
<b>Tabla 3:</b> Especificaciones técnicas de los equipos usados para tomar la talla .....	56
<b>Tabla 4:</b> Especificaciones técnicas de los equipos usados para la toma de bioimpedancia .....	56
<b>Tabla 5:</b> Caracterización de la composición corporal en población universitaria colombiana ....	65
<b>Tabla 6:</b> Medidas de impedancia diferenciadas por sexo.....	67
<b>Tabla 7:</b> Vectores de bioimpedancia en población universitaria colombiana .....	68
<b>Tabla 8:</b> Vectores de bioimpedancia en población italiana de referencia y población universitaria colombiana.....	69
<b>Tabla 9:</b> Prueba $T^2$ de Hotteling entre población universitaria colombiana y población italiana de referencia .....	71
<b>Tabla 10:</b> Vectores de bioimpedancia en población mexicana de referencia y población universitaria colombiana .....	72
<b>Tabla 11:</b> Prueba $T^2$ de Hotteling entre población universitaria colombiana y población mexicana de referencia.....	74
<b>Tabla 12:</b> Vectores de bioimpedancia utilizados para la elaboración de elipses de tolerancia específicas en población universitaria colombiana.....	75

## Lista de gráficas

<b>Gráfica 1:</b> Vectores de impedancia en población universitaria colombiana sobre elipses de tolerancia específicas para población italiana .....	70
<b>Gráfica 2:</b> Media de la población universitaria colombiana y población italiana de referencia ..	71
<b>Gráfica 3:</b> Vectores de impedancia en población universitaria colombiana sobre elipses de tolerancia específicas para población mexicana .....	73
<b>Gráfica 4:</b> Media de la población universitaria colombiana y población mexicana de referencia .....	74
<b>Gráfica 5:</b> Elipses de tolerancia específicas para población universitaria colombiana .....	76

## Lista de figuras

<b>Figura 1:</b> Esquema de obtención del ángulo de fase y sus determinantes .....	36
<b>Figura 2:</b> Análisis de bioimpedancia eléctrica vectorial representada con la gráfica $RX_c$ .....	38
<b>Figura 3:</b> Bioimpedancia eléctrica vectorial con gráfico $RX_c$ .....	39

## Resumen

Los estudiantes universitarios pertenecen a un grupo de la población especialmente vulnerable a la adquisición de hábitos alimentarios inadecuados, ocasionados por cambios en el estilo de vida y exposición prolongada al estrés, que finalmente tienen repercusión sobre el peso y la composición corporal (CC). La determinación de la CC es de gran importancia, dada su relación con la salud y el riesgo de desarrollar enfermedades no transmisibles, como la enfermedad cardiovascular, renal, cáncer y diabetes. La BIA es un método doblemente indirecto para evaluar la CC y, teniendo en cuenta que, se encuentra expuesta a un margen de error asociado al uso de ecuaciones predictivas y asunciones sobre la CC, el presente estudio tiene como propósito establecer elipses de tolerancia específicas para analizar la CC en estudiantes universitarios de Cartagena, Colombia, dado que, no requieren el uso del peso corporal, son independientes de ecuaciones predictivas y se aplican fácilmente en la práctica diaria.

El proyecto es un estudio observacional, de corte transversal, llevado a cabo en una muestra de 608 estudiantes universitarios, aparentemente sanos, de una institución de educación superior de la ciudad de Cartagena, Colombia. Para el análisis de la CC se utilizó el equipo multifrecuencia y multialgoritmo Biody Xpert, siguiendo el procedimiento descrito en su manual de uso. Además, se utilizó el software STATA ® versión 16 para el análisis estadístico y el software BIVA 2002 para el análisis de los vectores de impedancia bioeléctrica resistencia (R) y reactancia (Xc) estandarizados por la estatura (R/E y Xc/E).

Los individuos incluidos en la muestra tenían edades entre 15 y 29 años, de los cuales el 66,12% eran mujeres (n=402) y el 33,8% hombres (n=206), con una edad promedio de  $20,19 \pm 2,62$  años, donde el menor tenía 15,91 años y mayor 29,71 años. En relación a la clasificación

antropométrica de los sujetos, se encontró que 54 de ellos presentaron bajo peso ( $IMC < 18,5$   $kg/m^2$ ), 363 tenían un peso normal ( $18,5$  a  $24,99$   $kg/m^2$ ), 185 presentaron sobrepeso ( $25$  a  $29,99$   $kg/m^2$ ) y 6 de los individuos evaluados presentaron obesidad ( $\geq 30$   $kg/m^2$ ). Las medidas de  $R$  obtenidas en mujeres presentaron un valor mayor en comparación con los hombres ( $670,94 \pm 87,16 \Omega$  vs  $532,88 \pm 68,06 \Omega$ ), asimismo,  $X_c$  fue significativamente mayor en el grupo femenino ( $73,58 \pm 8,86 \Omega$  vs  $68,053 \pm 8,05 \Omega$ ). Mientras que, el ángulo de fase presentó un valor mayor en el grupo masculino, con una diferencia estadísticamente significativa ( $7,31^\circ \pm 0,65$  vs  $6,29^\circ \pm 0,64$ ).

Finalmente, se realizó una comparación entre los vectores de impedancia bioeléctrica de la muestra de estudiantes universitarios y los vectores de referencia para poblaciones italiana y mexicana, dónde se encontraron diferencias estadísticamente significativas y, por ende, se establecieron elipses de tolerancia específicas que permitirán analizar la CC de la muestra estudiada en el presente trabajo.

## Introducción

En los últimos años ha incrementado la prevalencia de enfermedades no transmisibles en personas jóvenes, entre ellas la enfermedad cardiovascular, renal, cáncer y diabetes, un panorama completamente diferente al observado durante muchos años, siendo la obesidad y la inactividad física los principales factores de riesgo para el desarrollo de estas comorbilidades (Carrión y Elizabeth, 2014; Miravet-Jiménez et al., 2020). Los estudiantes universitarios son un grupo de la población que se ve expuesto a la adquisición de hábitos alimentarios y estilos de vida poco saludables, como consecuencia de la mayor autonomía e independencia que adquieren frente a su alimentación, factores culturales, ambientales, biológicos, entre otros.

Teniendo en cuenta lo abordado en el párrafo anterior, la evaluación de la CC se ha ido incorporando como una herramienta de gran utilidad en el ámbito clínico, aplicada a través de métodos indirectos o doblemente indirectos, distribuidos de la siguiente manera: tomografía axial computarizada (TAC), resonancia magnética nuclear (RMN), absorciometría dual de rayos X (DXA) y pletismografía son métodos indirectos, mientras que, la impedancia bioeléctrica (BIA) y la antropometría son considerados métodos doblemente indirectos (Costa et al., 2015).

La BIA es una técnica no invasiva, con bajo costo en comparación con otros métodos para evaluar la CC, caracterizada por ser de fácil aplicación y no generar efectos secundarios en el paciente, aún después de usarla en repetidas ocasiones (Carreira et al., 2022; Costa et al., 2015). Sin embargo, en diversos estudios se ha mostrado que, los resultados obtenidos a través de ecuaciones predictivas carecen de precisión en pacientes que presentan alteraciones en el

estado de hidratación (Atilano-Carsi, Miguel, et al., 2015; Barbosa-Silva y Barros, 2005; Piccoli et al., 1994).

En respuesta a las limitaciones que presenta la BIA, Piccoli et al. (1994) propuso un método para evaluar el estado de hidratación y los tejidos blandos (magro y adiposo), que no requiere de asunciones sobre la CC. Dicho método se aplica a través del posicionamiento de vectores de impedancia como resistencia ( $R$ ), reactancia ( $X_c$ ) y ángulo de fase ( $AF$ ) sobre el gráfico  $RX_c$  y se comparan con patrones de referencia de una población determinada (Elipses de tolerancia) (Atilano-Carsi, Bajo, et al., 2015; Espinosa-Cuevas et al., 2007; Piccoli et al., 1994).

El propósito del siguiente estudio es comparar los vectores de impedancia bioeléctrica de una muestra de estudiantes universitarios colombianos con poblaciones de referencia italiana y mexicana, de manera que, se determine si existen diferencias estadísticamente significativas entre ambas y se elaboren elipses de tolerancia específicas para la población analizada.



## **1 Planteamiento del problema**

Actualmente el mundo se enfrenta a una crisis producida por la transición hacia la doble carga nutricional, entendiéndose como la coexistencia de malnutrición por déficit y por exceso (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), 2020). El estado nutricional es una condición del organismo que resulta del balance entre las necesidades y el gasto de energía, mientras que, también es producto de la interacción entre factores físicos, culturales, biológicos, psicológicos, socioeconómicos y ambientales (Pedraza, 2004).

Teniendo en cuenta lo citado anteriormente, existen diversos factores que desencadenan estados de malnutrición, entre ellos se encuentra principalmente la baja calidad de los alimentos consumidos, ingesta de energía insuficiente o en exceso, enfermedades infecciosas, prácticas alimentarias empleadas, disponibilidad y acceso a los alimentos, condiciones del entorno, realización de actividad física, genética y factores hormonales (Montoya, s. f.; Rosado et al., 2006).

Resulta importante destacar que, en 2019 la Organización Mundial de la Salud (OMS) reportó que 2000 millones de adultos y 207 millones de adolescentes presentaban sobrepeso u obesidad (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2019), condiciones que se caracterizan por una acumulación anormal o excesiva de grasa que puede generar efectos negativos en la salud de las personas que la padecen (OMS, 2021). Lo explicado previamente, supone un problema para la salud pública, debido a que, el sobrepeso y la obesidad se han consolidado como un factor de riesgo para el desarrollo de diversas patologías, principalmente enfermedades coronarias, hipertensión y diabetes (Ceballos-Macías et al., 2018).

Dentro de los estudios, encuestas y censos que ofrecen información acerca de la salud poblacional se pueden destacar el estudio Global Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors Study (GBD) y la Encuesta Nacional de Situación Nutricional de Colombia (ENSIN).

El estudio GBD proporciona información sobre la de incidencia, prevalencia y mortalidad de 369 enfermedades y lesiones en 204 países y territorios. Según lo descrito en el análisis sistemático más reciente, durante los últimos años se ha evidenciado una tendencia alarmante alrededor del aumento en la proporción de la carga a los años vividos con discapacidad (AVD) por enfermedades no transmisibles (ECNT) y lesiones, arrojando que en 2019 había 11 países en los que los AVD originados por ECNT y lesiones constituían más de la mitad de toda la carga de morbilidad (GBD 2019 Diseases and Injuries Collaborators, 2020; Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME), 2020). Mientras que, la ENSIN tiene como propósito evaluar los indicadores de seguridad alimentaria y nutricional definidos por las políticas públicas vigentes. La última versión publicada en el año 2015 demuestra un aumento de 5,3 puntos porcentuales en el exceso de peso en adultos de 18 a 64 años, en comparación con el año 2010 (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) et al., 2015).

En los últimos años ha incrementado la prevalencia de enfermedades en personas jóvenes, un panorama completamente diferente al observado durante muchos años, dentro de las que se encuentran la enfermedad cardiovascular, diabetes, enfermedad renal y cáncer, siendo la obesidad y la inactividad física los principales factores de riesgo para el desarrollo de estas comorbilidades (Carrión y Elizabeth, 2014; Miravet-Jiménez et al., 2020).

Ahora bien, el crecimiento acelerado en las cifras de sobrepeso y obesidad se debe en gran proporción al estilo de vida y los hábitos alimentarios que ha adoptado la población durante

los últimos años, entre ellos, el consumo de alimentos que requieran un tiempo mínimo de preparación y actividades que no impliquen realizar un gran esfuerzo físico, favoreciendo la ingesta de productos ultraprocesados y el sedentarismo (Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2015).

Siguiendo con este razonamiento, resulta importante hacer un acercamiento sobre los estudiantes universitarios, una parte de la población que se ve expuesta a múltiples modificaciones en el estilo de vida, como consecuencia de una transición drástica hacia una etapa que supone una mayor independencia y un aumento en el ritmo de vida (Musaiger et al., 2017). Existen pocas investigaciones publicadas alrededor del exceso de peso en estudiantes universitarios, sin embargo, en el estudio realizado por González-Zapata et al. (2017) se encontró que aproximadamente una quinta parte de la población universitaria de la Universidad de Antioquia presentó sobrepeso u obesidad, en gran medida por la vulnerabilidad que presentan los estudiantes universitarios hacia una nutrición que carece de condiciones óptimas y aumenta el riesgo de desarrollar enfermedades relacionadas con la alimentación.

Dentro de los factores que tienen influencia sobre el patrón alimentario de los estudiantes universitarios se encuentra que muchos de ellos migran a otras ciudades, por lo que, adquieren mayor responsabilidad sobre su alimentación diaria y las decisiones alrededor de ella, situación que trae consigo la adquisición de hábitos alimentarios como la omisión del desayuno u otro tiempo de comida y el consumo excesivo de alimentos ultraprocesados, bebidas carbonatadas y alcohol (Musaiger et al., 2017; Tena-Suck et al., 2018). El comportamiento alimentario puede ser analizado desde cuatro dimensiones principalmente: respuesta del individuo frente a los alimentos, alimentación sin control, consumo de alimentos altamente calóricos y alimentación

emocional, donde las características organolépticas y los estímulos externos juegan un papel sumamente importante, dado que, el consumidor se ve influenciado por la palatabilidad de los productos y el placer que le produce ingerirlos de manera inmediata (Anastacio-Landa et al., 2022).

A su vez, la adquisición de hábitos alimentarios poco saludables genera cambios sobre el peso y la CC de los individuos, debido a que, se produce un desequilibrio energético entre aquello que se ingiere y lo que el organismo necesita para desempeñar cada una de sus funciones (Gálvez, 2020).

Es por lo expuesto anteriormente que, la evaluación de la CC ha tenido un auge en los últimos años, incorporándose como una herramienta de gran utilidad en el ámbito clínico y llevándose a cabo mediante la aplicación de métodos indirectos o doblemente indirectos, distribuidos de la siguiente manera: tomografía axial computarizada (TAC), resonancia magnética nuclear (RMN), absorciometría dual de rayos X (DXA) y pletismografía son métodos indirectos, mientras que, la impedancia bioeléctrica (BIA) y la antropometría son considerados métodos doblemente indirectos (Costa et al., 2015). Los métodos indirectos son validados a partir del método directo (diseción de cadáveres) o de la densitometría, que permite estimar diferentes compartimentos corporales; sin embargo, a pesar de tener alta fiabilidad, los métodos indirectos son poco accesibles, limitados y presentan un alto coste financiero (Costa et al., 2015). Por otro lado, los métodos doblemente indirectos fueron validados a partir de los métodos indirectos, motivo por el cual presentan mayor margen de error para estimar la CC al ser comparado con estos, no obstante, adquieren relevancia debido precisamente a su bajo costo, sencillez, aplicabilidad y bajas restricciones culturales, encontrándose ampliamente extendidos

en la práctica clínica diaria, lo que permite su utilización en investigaciones y estudios epidemiológicos (Costa et al., 2015).

La BIA es una técnica no invasiva, con bajo costo en comparación con otros métodos para evaluar la CC, caracterizada por ser de fácil aplicación y no generar efectos secundarios en el paciente, aún después de usarla en repetidas ocasiones (Carreira et al., 2022; Costa et al., 2015). Sin embargo, en diversos estudios se ha encontrado que, pueden existir sesgos en el resultado arrojado por las ecuaciones de regresión que utiliza la BIA para estimar la CC, debido en gran medida a que, asume que los diferentes tejidos corporales presentan una hidratación homogénea constante (Atilano-Carsi, Miguel, et al., 2015; Barbosa-Silva y Barros, 2005; Piccoli et al., 1994), por lo que, Piccoli et al. (1994) propuso el gráfico RXc como una alternativa para analizar los resultados arrojados por la BIA de manera más precisa y disminuyendo el margen de error asociado a ecuaciones predictivas y asunciones sobre la CC; dicho gráfico permite evaluar el estado de hidratación y los tejidos blandos (magro y adiposo), mediante el uso de los vectores de impedancia R, Xc y AF. En matemática y física, los vectores se definen como todo segmento determinado por un par ordenado de puntos (origen y extremo del vector) (Katz, 2013). Los vectores R y Xc estandarizados por la estatura (R/E y Xc/E), se ubican sobre el gráfico RXc y se analiza su posicionamiento y migración respecto a valores de referencia establecidos para una población determinada, a través de elipses de tolerancia específicas (Atilano-Carsi, Bajo, et al., 2015; Espinosa-Cuevas et al., 2007; Piccoli et al., 1994).

Finalmente, teniendo en cuenta lo mencionado en párrafos anteriores, surge la necesidad de establecer elipses de tolerancia específicas para el análisis de la composición corporal en estudiantes universitarios de Cartagena, Colombia.

## **2      Pregunta de investigación**

¿Cuáles son las elipses de tolerancia específicas para el análisis de la composición corporal en estudiantes universitarios de Cartagena, Colombia?

### 3 Justificación

La BIA es un método no invasivo, doblemente indirecto para evaluar la CC, que no produce efectos secundarios en los pacientes después de realizar múltiples exploraciones y presenta un costo mucho más accesible que otros métodos para evaluar la CC. Su funcionamiento se basa en la capacidad del cuerpo humano para conducir una corriente eléctrica y proporciona información útil para valorar la nutrición y la hidratación (Carreira et al., 2022; Quesada Leyva et al., 2016; Teruel-Briones et al., 2012).

El uso del índice de masa corporal (IMC) se encuentra ampliamente extendido debido a que, no requiere de medidas que representen un grado mayor de complejidad, así como tampoco implica un alto costo para su aplicación en el ejercicio diario. Sin embargo, presenta limitaciones al no discriminar la composición de los diferentes compartimentos corporales (Durá-Travé et al., 2020; Santos, 2011).

Lo anterior representa un gran problema para algunos sectores de la población, en los que, debido a las particularidades que los componen y caracterizan, el IMC podría arrojar clasificaciones erróneas del estado nutricional. Como ejemplo de lo explicado previamente se describe lo siguiente: en adultos mayores ocurre un cambio en la talla, peso y CC (aumento de masa grasa y disminución de la masa magra) como consecuencia del envejecimiento, existe la posibilidad de que la pérdida de masa muscular esquelética coexista con un exceso de peso, condición que recibe el nombre de obesidad sarcopénica y, el IMC no tendría mucha utilidad clínica, al no proporcionar datos acerca los diferentes compartimentos corporales, dado que, sólo arrojaría que el paciente presenta sobrepeso u obesidad (Basteiro et al., 2018; Núñez Sánchez y

Reyes Huarcaya, 2017). El IMC también ha demostrado tener baja precisión en deportistas de alto rendimiento, en la investigación realizada por Canda (2017) se concluyó que, aproximadamente el 72% de los participantes habrían sido mal catalogados por tener una clasificación de obesidad según el IMC, sin embargo, esto se debía a que tenían una mayor proporción de masa libre de grasa.

Por otra parte, resulta necesario destacar que, los jóvenes son considerados un subconjunto sano de la población, por lo que, se resta importancia a sus necesidades de salud. Asimismo, desde la perspectiva de los individuos involucrados, también se evidencia una subestimación del valor de la salud y las acciones preventivas que deben llevarse a cabo para preservarla (OPS y OMS, s. f.). Teniendo en cuenta lo explicado anteriormente, adquiere sentido el auge que ha tenido el interés sobre cambios en el estilo de vida y los hábitos alimentarios, dado que, el envejecimiento y las nuevas condiciones epidemiológicas han generado un aumento de las ECNT y la discapacidad, convirtiéndose en uno de los principales problemas de salud pública, situación que requiere un abordaje intersectorial y sistemas de salud con bases más sólidas; mayor cobertura, eficacia, talento humano y liquidez (GBD 2019 Diseases and Injuries Collaborators, 2020; OPS y OMS, 2020)

A su vez, los estudiantes universitarios a menudo se ven inmersos en situaciones que generan una sobrecarga de estrés y, como consecuencia de ello, se evidencia un aumento de hábitos que tienen efectos negativos sobre la salud, que se intensifican durante la época de exámenes y entregas finales. El estrés es producto de un desequilibrio entre las demandas externas o internas que recibe una persona y su capacidad para adaptarse a ellas, teniendo en



cuenta que, la última variará según factores individuales como las motivaciones, actitudes, experiencias y características predisponentes de cada uno (Marín, 2015).

Diversos estudios realizados en población universitaria han demostrado que, una exposición prolongada al estrés genera respuestas fisiológicas del organismo que incluyen el aumento en la producción de hormonas como la adrenalina y el cortisol, ocasionando cambios en el ritmo cardíaco, la presión arterial, el metabolismo y la actividad física, situación que desencadena taquicardias, cefaleas y alteración de los mecanismos que regulan el apetito (Sarubbi De Rearte y Castaldo, 2013). Dichos mecanismos relacionados con el apetito se ven afectados porque, en condiciones de estrés crónico la actividad del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal (regulador de la concentración de cortisol plasmático), promueve la ingesta de alimentos hipercalóricos y favorece la pérdida de control sobre la ingesta de alimentos, generando interrupciones sobre el balance energético del organismo y produciendo cambios en la CC de los individuos (Cortés et al., 2018). Por lo que, a raíz de los diferentes factores mencionados, los estudiantes universitarios se encuentran expuestos a varios factores de riesgo para el desarrollo de enfermedad cardiovascular (López et al., 2021).

Ahora bien, al ser un método doblemente indirecto, la BIA requiere de asunciones sobre los componentes corporales y ecuaciones predictivas que utilizan variables como el peso y estatura. Sin embargo, en diversos estudios se ha encontrado que, pueden existir sesgos en el resultado arrojado por las ecuaciones de regresión que utiliza la BIA para predecir la CC, dado que, asume que los diferentes tejidos corporales presentan una hidratación homogénea constante (Atilano-Carsi, Miguel, et al., 2015; Barbosa-Silva y Barros, 2005; Piccoli et al., 1994), por lo que, se recomienda obtener información sobre las propiedades eléctricas de los tejidos corporales

a través de las mediciones crudas de bioimpedancia, resistencia y reactancia, expresadas como una relación (AF) o sobre un gráfico de análisis de vectores de bioimpedancia (Atilano-Carsi, Miguel, et al., 2015; Barbosa-Silva y Barros, 2005; Piccoli et al., 1994; Rodríguez–Atristain et al., 2016).

Teniendo en cuenta lo anterior, Piccoli et al. (1994) propuso el gráfico  $RX_c$  para evaluar el estado de hidratación y los tejidos blandos (magro y adiposo), mediante el uso de los vectores de impedancia  $R$ ,  $X_c$  y  $AF$ , ubicados sobre elipses de tolerancia específicas. En matemática y física, los vectores se definen como todo segmento determinado por un par ordenado de puntos (origen y extremo del vector) (Katz, 2013), dichos vectores se ubican sobre el gráfico  $RX_c$ , donde se considera la relación vectorial entre los valores de  $R$ ,  $X_c$  estandarizados por la estatura del individuo y el  $AF$  obtenido de la relación entre ambos. Posteriormente, se evalúa, cómo se encuentran los vectores respecto a patrones de referencia de una población determinada (elipses de tolerancia específicas) (Atilano-Carsi, Bajo, et al., 2015; Espinosa-Cuevas et al., 2007; Piccoli et al., 1994).

Alrededor del método gráfico  $RX_c$  se han realizado múltiples estudios, tanto en población sana como en grupos que cursan con diversas condiciones fisiopatológicas, dentro de los que es posible mencionar los realizados en población sana, como el de Espinosa-Cuevas et al. (2007), Piccoli et al. (1995) y Atilano-Carsi, Bajo, et al. (2015), en los que establecieron elipses de tolerancia y vectores de bioimpedancia para población mexicana, italiana y española de referencia, respectivamente. Además, también se ha realizado análisis vectorial de bioimpedancia en deportistas, con el propósito de evaluar la  $CC$  y los cambios que presentan los diferentes compartimentos corporales tras periodos de desentrenamiento deportivo (Alvero-Cruz

et al., 2017). Respecto a los estudios llevados a cabo en población con diversas condiciones fisiopatológicas, se encuentran principalmente pacientes con enfermedad renal, como el realizado por Einöder, et al. (2011), basado en bioimpedancia vectorial en la valoración nutricional y del balance hídrico de pacientes con insuficiencia renal crónica y el de Atilano-Carsi, Miguel, et al. (2015), donde el análisis de vectores de impedancia fue utilizado para el ajustar el peso seco en los pacientes sometidos a hemodiálisis.

El presente estudio tiene como objetivo establecer elipses de tolerancia específicas para analizar la CC de una muestra de estudiantes universitarios de Cartagena, Colombia. Para ello, resulta necesario realizar una comparación con poblaciones de referencia que actualmente cuentan con elipses de tolerancia y vectores de bioimpedancia, de manera que, se determine si existen o no diferencias significativas entre ambas y la necesidad de establecer valores de referencia propios. Luego de realizar una extensa revisión de la evidencia científica existente alrededor del tema abordado en este estudio, se encontró que hasta la fecha ningún grupo poblacional colombiano cuenta con vectores de bioimpedancia y elipses de tolerancia, por lo que, la muestra analizada en este trabajo no pudo ser comparada con individuos que pertenecieran al mismo territorio nacional. Del mismo modo, tampoco pudo ser comparada con individuos que pertenecieran al mismo grupo etario (determinado según la edad y etapas específicas del ciclo vital), dado que, dentro de la bibliografía revisada no se encontraron análisis vectoriales llevados a cabo en población universitaria o personas que, por lo menos, pertenecieran a un rango de edad similar al de la muestra analizada en el presente estudio.

Ahora bien, teniendo en cuenta lo mencionado en el párrafo anterior, se seleccionaron poblaciones de referencia italiana y mexicana que, si bien no presentan similitudes considerables

con la muestra del estudio, permite analizar las diferencias que existen entre la CC de ambas, a través de la ubicación y migración de los vectores a lo largo del gráfico RXc. La población italiana es considerada la población de origen, al ser la primera en la que se implementó el análisis vectorial a través del método gráfico y, es precisamente por esto que, la mayoría de estudios realizados con el propósito de establecer valores de referencia en diferentes poblaciones toman las elipses y vectores de bioimpedancia de esta población como referencia (Atilano-Carsi, Bajo, et al., 2015; Jha et al., 2006; Piccoli et al., 1994, 1995; Piccoli, Pillon, et al., 2002). Mientras que, la población mexicana se seleccionó en función de la ubicación geográfica del país en la región de Latinoamérica, dado que, se considera la aproximación más cercana a la muestra incluida en el presente estudio para realizar la comparación (Espinosa-Cuevas et al., 2007).

Es de gran importancia establecer elipses de referencia para cada población específica, dado que, la CC presenta variaciones en función de múltiples factores, dentro de los que se encuentran hábitos alimentarios, cultura, estilos de vida, características sociodemográficas, entorno, economía, entre otros (Instituto Colombiano de Bienestar familiar (ICBF) y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2016; Istituto Superiore di Sanità, 2020; La Cámara Nacional de la Industria del Vestido, 2012; Urquiaga et al., 2017). Los valores de referencia permiten evaluar los cambios en los compartimentos corporales que presentan tanto individuos sanos, como aquellos que cursen con diversas condiciones fisiopatológicas, logrando evidenciar estados de sobrehidratación y deshidratación, además de ofrecer un panorama de los tejidos blandos (magro y adiposo) durante una evaluación o durante el seguimiento realizado en un periodo de tiempo determinado (Alvero-Cruz et al., 2017; Atilano-Carsi, Miguel, et al., 2015; Espinosa-Cuevas et al., 2007).

Partiendo de lo mencionado a lo largo de esta sección, el aporte de este trabajo se encuentra direccionado a disminuir las limitaciones que presenta la BIA para el análisis de la CC, a través de la determinación de elipses de tolerancia específicas y vectores de bioimpedancia que permitan evaluar la CC mediante métodos gráficos y, de esta manera, facilitar la interpretación de los resultados arrojados por el bioimpedanciómetro, involucrando progresivamente a otros profesionales sanitarios, con el propósito de promover la aplicación de esta técnica para analizar la CC en diversos entornos y consolidarla como parte fundamental de la evaluación nutricional y la toma de decisiones en el proceso de cuidado nutricional.

## 4 Objetivos

### **General**

Establecer elipses de tolerancia específicas para analizar la composición corporal de estudiantes universitarios de Cartagena, Colombia

### **Específicos**

- Caracterizar la composición corporal por BIA en una muestra de estudiantes universitarios.
- Estimar la asociación cruda entre las variables de composición corporal y el sexo, en la muestra de estudiantes universitarios.
- Calcular los vectores de bioimpedancia estandarizados por la estatura en la muestra de estudiantes universitarios.
- Comparar los vectores de bioimpedancia estandarizados por la estatura en la muestra de estudiantes universitarios, con poblaciones de referencia italiana y mexicana.

## 5 Revisión literaria

### 5.1 Marco teórico

#### 5.1.1 *Métodos indirectos para evaluar la composición corporal*

Los métodos indirectos son validados a partir del método directo (disección de cadáveres) o de la densitometría, que permite medir los diferentes compartimentos corporales; sin embargo, a pesar de tener alta fiabilidad, los métodos indirectos son poco accesibles, limitados y presentan un alto coste financiero (Costa et al., 2015). Dentro de los métodos indirectos se encuentra la tomografía axial computarizada (TAC), resonancia magnética nuclear (RMN), absorciometría dual de rayos X (DXA) y pletismografía, descritos en los próximos párrafos:

##### 5.1.1.1 **Tomografía axial computarizada (TAC)**

Esta técnica se fundamenta en el uso de un escáner de rayos X que atraviesa al sujeto, fue la primera en usarse para determinar el área muscular de sección transversal en 1979 y la grasa abdominal en 1982. En conjunto con la RMN, la TAC se considera el método más preciso para evaluar la cantidad y distribución del músculo y del tejido adiposo en el cuerpo. Dentro de sus principales ventajas se encuentra que, permite medir la grasa infiltrada en el músculo esquelético y proporciona mayor información acerca de los músculos, grasa corporal y órganos, en comparación con otras técnicas para estimar la CC, como DXA o BIA. Mientras que, las desventajas de este método se encuentran relacionadas con el alto precio que conlleva su aplicabilidad y la exposición del paciente a una elevada dosis de radiación (Ayvaz, 2011; Costa et al., 2015).

### **5.1.1.2 Resonancia magnética nuclear (RMN)**

La RMN es una técnica que puede proporcionar imágenes de los componentes corporales y la composición química de los tejidos. De igual manera, puede utilizarse para conocer la composición corporal total o de un área concreta. Esta técnica se fundamenta en la interacción entre los núcleos atómicos del hidrógeno y los campos magnéticos generados y controlados por el dispositivo. Las ventajas de este método son la alta fiabilidad para medir la grasa visceral y la capacidad de establecer inferencias sin someter al individuo a las radiaciones de la TAC, sin embargo, sus limitaciones al igual que otros métodos indirectos, consiste en el alto costo y baja accesibilidad (Costa et al., 2015).

### **5.1.1.3 Absorciometría dual de rayos X (DXA)**

La DXA es un instrumento utilizado para medir diferentes parámetros de la composición corporal, dentro de los que se encuentra la masa muscular, la masa grasa y la densidad mineral ósea, El procedimiento por el cual la DXA estima la composición corporal se establece a través de la atenuación de fotones, asumiendo que existen tres tipos de componentes en el cuerpo con base en las propiedades de atenuación de los rayos X: masa grasa, masa muscular y la masa mineral esquelética. Los tejidos blandos por su alto contenido en agua y compuesto orgánico reducen de menor manera el flujo de fotones en comparación con el mineral del hueso y por ello, los píxeles que contienen hueso son mucho más fáciles de distinguir. Si bien esta técnica presenta un costo menor que la TAC y RMN, sus desventajas se encuentran alrededor del tamaño de la zona de exploración y la dificultad que existe en individuos con estatura de 1.90 m (Costa et al. 2015; Plank, 2005).



#### **5.1.1.4 Pletismografía**

Esta técnica estima la composición corporal de manera indirecta, a través del volumen de aire que desplaza dentro de una cámara cerrada. Se fundamenta en la relación inversa entre presión y volumen, basada en la ley de Boyle para determinar el volumen corporal. Dentro de las ventajas se encuentra que es un método que presenta alta fiabilidad, sin embargo, dentro de las desventajas se encuentran las dificultades alrededor del mantenimiento de una temperatura constante para que la ley de Boyle pueda aplicarse (Costa et al., 2015).

#### **5.1.2 Métodos doblemente indirectos para evaluar la composición corporal**

Los métodos doblemente indirectos fueron validados a partir de los métodos indirectos, razón por la cual presentan un margen de error mayor al ser comparado con estos; en esta categoría se encuentra la bioimpedancia eléctrica y la antropometría. Dentro de sus principales ventajas se encuentra el bajo costo, sencillez, aplicabilidad y bajas restricciones culturales (Costa et al., 2015). A continuación, se describe cada uno:

##### **5.1.2.1 Bioimpedancia eléctrica (BIA)**

La BIA es una de las técnicas más extendidas para evaluar la CC, debido a su fácil aplicación, bajo costo y ausencia de efectos secundarios. Se fundamenta en la capacidad del cuerpo humano para conducir una corriente eléctrica y, por ende, se encarga de medir en varias frecuencias la resistencia del cuerpo humano, a partir de la estrecha relación que existe entre las propiedades eléctricas del organismo, la composición de los tejidos y el contenido total de agua (Alvero-Cruz et al., 2011; Carreira et al., 2022).

La impedancia corporal ( $Z$ ) está representada por dos componentes: resistencia ( $R$ ) y reactancia ( $X_c$ ) en ohmios ( $\Omega$ ), de acuerdo a la ecuación  $Z = (R^2 + X_c^2)^{1/2}$ , donde  $R$  es la

resistencia que presentan los tejidos al paso de una corriente eléctrica y depende en gran medida de la hidratación de los tejidos, mientras que,  $X_c$  refleja la celularidad, tamaño de las células y la integridad de las membranas celulares (Alvero-Cruz et al., 2011; Carreira et al., 2022; Llames et al., 2013). El ángulo de fase (AF) se puede calcular directamente de la R y la  $X_c$  como el arco tangente  $(X_c/R) \times 180^\circ/\pi$ , refleja la funcionalidad de la membrana celular y se ha empleado como un marcador pronóstico del estado nutricional en múltiples enfermedades no transmisibles, entre ellas el cáncer, insuficiencia cardíaca y pacientes con enfermedad renal crónica (ERC) (Aminogram, s. f.; Carreira et al., 2022; Costa et al., 2015; Llames et al., 2013; Quesada Leyva et al., 2016).

La BIA se clasifica como un método doblemente indirecto, debido a que, mide la propiedad del cuerpo humano para conducir una corriente eléctrica y, posteriormente, utiliza fórmulas matemáticas para estimar los compartimentos hídricos corporales: ACT, AIC y AEC, que luego se usan para calcular la masa libre de grasa (MLG) y la masa grasa (MG) (Carreira et al., 2022). Partiendo de lo expuesto anteriormente, es importante conocer y comprender los diferentes compartimientos y variables que estudia la bioimpedancia, descritos a continuación:

- **Agua corporal total (ACT):** El valor del ACT corresponde aproximadamente al 73% del peso corporal total y se distribuye en dos compartimentos: agua intracelular (AIC) y agua extracelular (AEC) (Calvo y Benjumea-Bedoya, 2021).
- **Densidad mineral ósea:** Se define como la medida en relación a la cantidad de minerales (principalmente calcio y fósforo) que contiene un volumen de hueso determinado. En la mayoría de los casos se usa como un criterio diagnóstico de osteoporosis y como predictor de fracturas (Instituto Nacional del Cáncer, 2011).

- **Masa grasa (MG):** Es un compartimento corporal conformado por adipocitos, corresponde al tejido graso sin agua (Carbajal, 2013)
- **Masa libre de grasa (MLG):** Es un compartimento corporal conformado por los huesos, músculos, agua extracelular, tejido nervioso y el resto de células que no sean adipocitos (Carbajal, 2013)

### 5.1.2.2 Antropometría

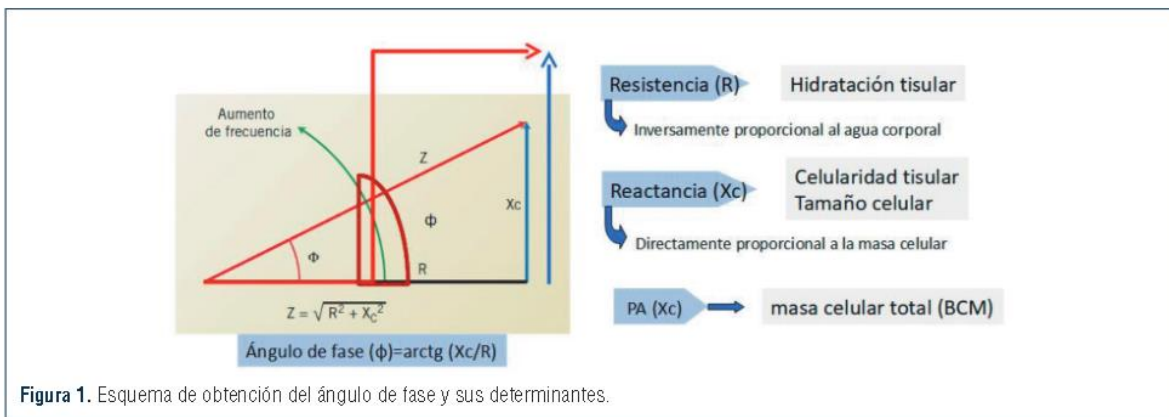
Se define como el estudio de la medición del cuerpo humano en relación a dimensiones del hueso, músculo y del tejido adiposo, se considera un método no invasivo utilizado para evaluar el tamaño, las proporciones y la composición del cuerpo humano, lo cual refleja tanto el estado de salud como el nutricional; permitiendo a su vez predecir el rendimiento y la supervivencia de las personas. Actualmente, su uso para estimar la masa grasa se encuentra ampliamente extendido en el entorno clínico precisamente por ser un método no invasivo, accesible y de fácil aplicación, sin embargo, presenta un margen de error que responde en gran proporción al nivel de preparación que tenga el evaluador (Katamba et al., 2021; Lara-Pérez et al., 2022). Dentro de las principales ventajas de este método se encuentra su bajo costo, facilitando, entre otras cosas, el uso de este recurso en lugares donde no es posible utilizar métodos más sofisticados (Manga et al., 2022).

### 5.1.3 *Ángulo de fase y vectores de bioimpedancia*

Se define el AF como el ángulo formado entre los vectores R y Xc, desde hace muchos años surgió interés sobre los principios físicos de esta medida y su aplicación en el estudio de la CC, por consiguiente, el AF ha sido ampliamente estudiado como un marcador pronóstico del estado nutricional en varias condiciones fisiopatológicas, tales como: cirrosis hepática, cáncer de

mama, colon, páncreas, pulmón, pacientes con VIH-positivos, entre otros. Lo anterior se debe a que, refleja el contenido de células del organismo, sus membranas e integridad, por lo que, se emplea mayormente en aquellas situaciones clínicas que traen consigo el deterioro y muerte de las células (Carreira et al., 2022; Ramírez-Herrera et al., 2021). En la siguiente figura puede observarse el esquema de obtención del AF y sus determinantes:

**Figura 1:** Esquema de obtención del ángulo de fase y sus determinantes



**Fuente:** (Carreira et al., 2022)

Teniendo en cuenta la Figura 1, el ángulo de fase (AF) se puede obtener directamente de la R y la Xc como el arco tangente, a través de la fórmula  $(Xc/R) \times 180/\pi$ , donde R es la resistencia que presentan los tejidos al paso de una corriente eléctrica y depende principalmente de la hidratación tisular, mientras que, Xc refleja la celularidad, tamaño de las células y la integridad de las membranas celulares (Alvero-Cruz et al., 2011; Carreira et al., 2022; Llamas et al., 2013).

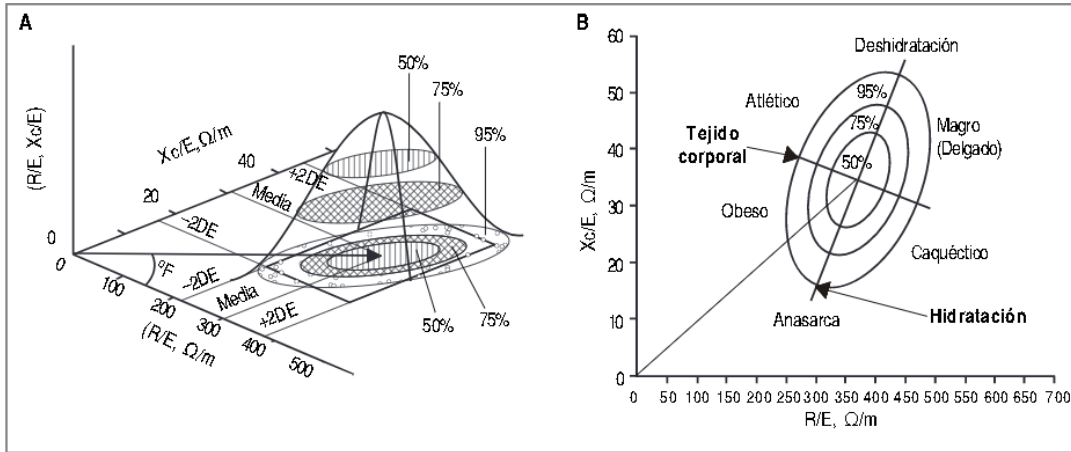
Diversos estudios consideran que el AF puede tener gran utilidad para evaluar la progresión de la enfermedad y ser superior a otros indicadores nutricionales, bioquímicos o

antropométricos, al existir una asociación positiva entre el AF y la supervivencia (Llames et al., 2013).

Ahora bien, la BIA requiere de asunciones sobre los componentes corporales y ecuaciones predictivas que utilizan variables como el peso y estatura, a raíz de esto, Piccoli et al. (1994) propuso el método gráfico RXc, que no depende de asunciones corporales ni de ecuaciones predictivas. El método gráfico RXc se basa en el análisis de la distribución bivariada del vector de impedancia en una población sana y en pacientes con un aumento del peso corporal, como consecuencia de obesidad o edema, debido a una variación de los fluidos corporales (Atilano-Carsi, Bajo, et al., 2015; Espinosa-Cuevas et al., 2007; Piccoli et al., 1994).

El gráfico RXc se forma a partir de la resistencia (R) y la reactancia (Xc) estandarizadas por la estatura (R/H y Xc/H), las cuales se pueden representar en coordenadas rectangulares, lo que permite observarlas como dos variables que forman una distribución gaussiana bivariada que se expresa en percentiles. La correlación entre R y Xc determina la forma elipsoidal de la distribución y, el arco tangente entre las dos variables recibe el nombre de ángulo de fase (AF). Esta distribución normal está realizada en población sana, de la que se desprenden tres percentiles de referencia o elipses de tolerancia al 50%, 75% y 95%, que representan la normalidad de los componentes corporales (Figura 2). El gráfico RXc se utiliza con el propósito de plasmar el vector de impedancia de un individuo o grupo y evaluar cómo se encuentra éste, respecto a los patrones de referencia de una población determinada (Atilano-Carsi, Bajo, et al., 2015; Espinosa-Cuevas et al., 2007; Piccoli et al., 1994)

**Figura 2:** Análisis de bioimpedancia eléctrica vectorial representada con la gráfica  $RXc$

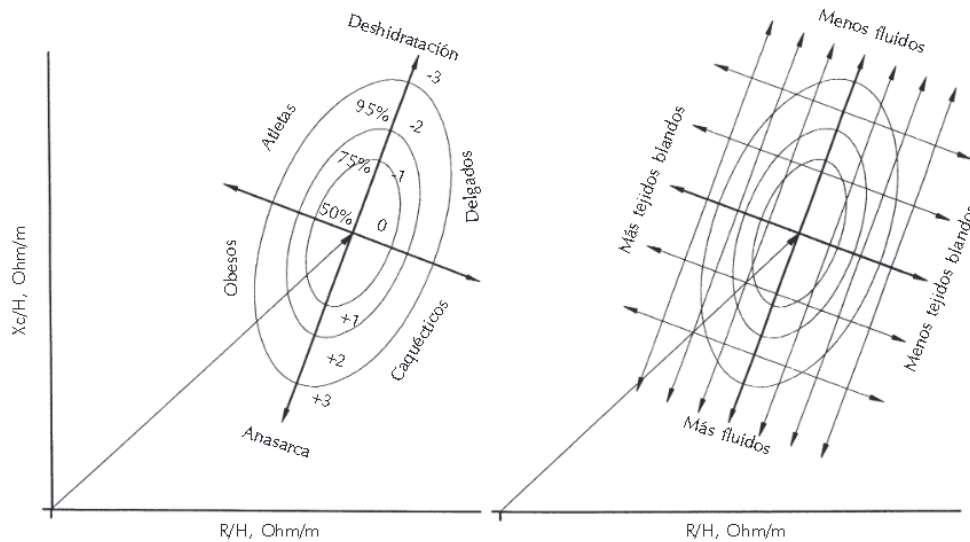


**Fuente:** (Atilano-Carsi, Bajo, et al., 2015; Espinosa-Cuevas et al., 2007; Piccoli et al., 1994)

De acuerdo con el método propuesto por Piccoli et al. (1994), en el ámbito clínico se considera una CC normal cuando el vector se ubica dentro de las elipses de tolerancia al 50% y 75%, debido a que, los intervalos bivariados de referencia en una distribución gaussiana considera  $\pm$  dos desviaciones estándar de las dos variables de impedancia y, la intersección de las dos desviaciones de las variables  $R/H$  y  $Xc/H$  forman un rectángulo que delimita la región de normalidad, que no incluye totalmente la elipse de tolerancia al 95% (Figura 2). Por lo tanto, con el propósito de evitar interpretaciones ambiguas de los resultados obtenidos, se excluye la elipse de tolerancia al 95% del rango de normalidad (Atilano-Carsi, Bajo, et al., 2015; Espinosa-Cuevas et al., 2007).

El vector de impedancia tiene dos direcciones principales sobre el gráfico  $RXc$ , donde su desplazamiento se da sobre un eje mayor y un eje menor, de la siguiente manera (Figura 3):

**Figura 3:** Bioimpedancia eléctrica vectorial con gráfico  $RXc$



**Fuente:** (Piccoli, Nescolarde, et al., 2002)

A partir de la figura 3 se desprenden los siguientes fundamentos:

- 1) Cuando se presentan variaciones en el estado de hidratación sin que exista una alteración en los tejidos, se visualiza un acortamiento (hiperhidratación) o un alargamiento (deshidratación) del vector en la dirección del eje mayor de las elipses de tolerancia (Piccoli, Nescolarde, et al., 2002).
- 2) Cuando se presentan variaciones sobre la masa-estructura de los tejidos blandos (magros o adiposos), se visualiza un desplazamiento del vector en la dirección del eje menor de las elipses, con incremento del AF (individuos con obesidad o atletas) o con disminución del AF (malnutrición-caquexia, anorexia) (Piccoli, Nescolarde, et al., 2002).

3) Cuando se presentan variaciones sobre la hidratación y nutrición de manera simultánea, se visualiza un desplazamiento del vector en la dirección combinada de ambos ejes principales (Piccoli, Nescolarde, et al., 2002).



## 5.2 Antecedentes

A través del tiempo ha surgido la necesidad de indagar cómo inciden los hábitos alimentarios sobre la CC y cuáles son los efectos que tiene sobre la salud de las personas a corto, mediano y largo plazo.

Es por lo anterior que, en la Universidad de Santiago de Compostela se realizó un estudio que tuvo como propósito caracterizar los patrones alimentarios, la CC y los perfiles bioquímicos de 62 estudiantes universitarios, a los que se les tomaron medidas antropométricas, presión arterial, glucemia, perfil lipídico y, además, se les aplicó una encuesta que buscaba obtener información acerca de los hábitos alimentarios y la actividad física. Los resultados obtenidos refieren que el 72% de los estudiantes tenía un IMC normal, el 12,90% presentó niveles elevados de colesterol y el 11,29% se encontraba en un estado de prehipertensión. El estudio concluyó que este grupo de la población es especialmente vulnerable a la adquisición de hábitos alimentarios poco saludables y que resulta necesario promover cambios hacia elecciones con mayores beneficios para la salud (Porto-Arias et al., 2018).

Los resultados obtenidos son coherentes con el estudio publicado por Musaiger et al. (2017), en el que investigaron sobre los patrones dietéticos y los comportamientos sedentarios entre estudiantes universitarios en Bahrein y encontraron que más del 50% de los estudiantes no desayunaba diariamente, el 41,6% de los hombres realizaba actividad física, mientras que, solo el 16% de las mujeres lo hacía. Concluyeron que un gran porcentaje de los estudiantes de ciencias de la salud de Bahrein presentaron hábitos alimentarios poco saludables y baja realización de actividad física, por lo que recomiendan un programa de intervención para promover patrones alimentarios y hábitos de vida saludable entre los estudiantes universitarios.

Asimismo, a través de una revisión sistemática de la literatura existente alrededor de los hábitos alimentarios de los universitarios y la incidencia de los mismos sobre la salud, Maza-Ávila et al. (2022) concluyeron que existe una alta prevalencia de malos hábitos alimentarios y un alto riesgo de padecer sobrepeso, obesidad y enfermedades no transmisibles.

Teniendo en cuenta lo mencionado en párrafos anteriores, resulta importante destacar la tesis doctoral realizada por Santos (2011) sobre una muestra de 371 estudiantes universitarios con edades entre 18 y 29 años, en la que buscaba analizar la validez de distintos métodos usados para evaluar la CC basados en la bioimpedancia y la interactancia de infrarrojos. Los resultados arrojaron que los métodos analíticos utilizados se comportan diferente en ambos sexos.

Ahora bien, realizando un acercamiento sobre la relación que existe entre la CC y los hábitos alimentarios, Gálvez (2020), elaboró un estudio que tuvo como objetivo identificar la relación entre la composición corporal y el consumo de alimentos ricos en fibra y grasa, entre los estudiantes de Cultura Física, Deporte y Recreación en Bogotá, Colombia. Tuvo una muestra de 91 estudiantes a los que se les evaluó la CC y se les aplicó un cuestionario de alimentos, que reveló un consumo moderado de grasa y un consumo moderado de fibra. Finaliza con conclusiones que incluyen aumentar el consumo de frutas y verduras, disminuir la ingesta de alimentos fritos y comidas rápidas, partiendo de la premisa de que, como futuros profesionales, deben promover los hábitos de vida saludable desde el ámbito personal.

Por otro lado, la BIA utiliza ecuaciones de regresión simples o múltiples para hacer predicciones de masas y volúmenes de los compartimentos corporales en individuos con un estado de hidratación normal, por lo que, cuando se presentan alteraciones en el estado de hidratación, estos algoritmos pueden producir estimaciones sesgadas de los compartimentos

corporales. Piccoli et al. (1994) propusieron el método gráfico RXc y establecieron elipses de tolerancia para población italiana, a partir de los valores de R y Xc estandarizados por la estatura, formando un vector gaussiano bivariado que no requería de asunciones sobre la CC ni ecuaciones predictivas. El método permite evaluar variaciones sobre el estado de hidratación y sobre la masa-estructura de los tejidos blandos (magros o adiposos).

A su vez, del análisis realizado por Piccoli et al. (1994) se desprendieron diversos estudios que buscaban comparar la CC de su población objetivo con los valores de referencia establecidos para la población italiana. Entre ellos se encuentran los realizados por Espinosa-Cuevas et al. (2007) y Atilano-Carsi, Bajo, et al. (2015), en población mexicana y española, respectivamente. Los individuos tenían una edad comprendida entre 18 y 82 años, con un IMC entre  $18\text{kg/m}^2$  y  $31\text{kg/m}^2$ . Ambos estudios concluyeron que su población presentaba una diferencia estadísticamente significativa con la población italiana de referencia, por lo que, construyeron elipses de tolerancia y establecieron valores de referencia ajustados a las características y CC de los individuos evaluados en cada una de las investigaciones.

A partir de las elipses de tolerancia construidas para población española, Atilano-Carsi, Miguel, et al. (2015) realizó una investigación para evaluar la utilidad de los vectores de bioimpedancia como herramienta para la determinación y ajuste del peso seco en 26 pacientes sometidos a hemodiálisis en el Hospital Universitario La Paz, entre diciembre de 2008 y abril del 2009. Los resultados indicaron que, de los 26 pacientes estudiados, 13 necesitaron un ajuste del peso seco, distribuidos de la siguiente manera; 7 de ellos necesitaron aumento de peso y 6 disminución del mismo. Finalmente, se concluyó que, a pesar de las limitaciones del estudio, el análisis de los vectores de impedancia es útil para el ajuste del peso seco en los pacientes

sometidos a hemodiálisis y, tiene la ventaja de ser una técnica de fácil aplicación, no invasiva, portátil y de bajo costo.

Asimismo, Rodríguez–Atristain et al. (2016) llevó a cabo un estudio para describir y comparar los cambios de la CC en 65 mujeres embarazadas durante los diferentes trimestres de la gestación, mediante el uso de los vectores de bioimpedancia, teniendo en cuenta que, actualmente el peso es el único indicador que se usa para evaluar los cambios que se presentan durante cada trimestre. En los resultados se obtuvo que la CC de las mujeres embarazadas evaluadas mediante vectores de impedancia eléctrica es diferente en cada trimestre de gestación; presentando cambios en el estado de hidratación y en el tejido adiposo. Concluyeron que, el método de vectores de impedancia es una herramienta útil para la evaluación de mujeres embarazadas.

Igualmente, Martins et al. (2021) realizó un análisis vectorial de impedancia bioeléctrica en deportistas universitarios, mediante la comparación de elipses de confianza y tolerancia de BIVA en atletas de deportes individuales y de equipo con una población de referencia que no es atleta. En el estudio participaron 117 atletas de deportes colectivos y 50 atletas de deportes individuales, los resultados mostraron que los individuos tenían un estado de hidratación adecuado, masa celular corporal más alta que la población de referencia no atleta y, la mayoría se ubicó dentro de las elipses de tolerancia al 50%

### 5.3 Marco conceptual

- **Agua corporal total (ACT):** El valor del ACT corresponde aproximadamente al 73% del peso corporal total y se distribuye en dos compartimentos: agua intracelular (AIC) y agua extracelular (AEC) (Calvo y Benjumea-Bedoya, 2021).
- **Agua intracelular (AIC):** Es la cantidad de agua contenida al interior de las células, corresponde al 65% del ACT (Calvo y Benjumea-Bedoya, 2021).
- **Agua extracelular (AEC):** Se encuentra en el plasma y líquido intersticial, corresponde al 35% del ACT (Aminogram, 2018; Calvo Y Benjumea-Bedoya, 2021).
- **Análisis de la composición corporal:** Constituye una parte fundamental de la valoración del estado nutricional, debido a que, permite cuantificar las reservas corporales del organismo (Carbajal, 2013; González Jiménez, 2013). Este análisis adquiere mucha relevancia alrededor de la conducta alimentaria de los individuos y los cambios que deben realizarse para tener una salud óptima.
- **Ángulo de fase (AF):** Es un parámetro de la BIA que ha sido ampliamente estudiado como un marcador pronóstico del estado nutricional en varias condiciones fisiopatológicas, debido a que, refleja el contenido de células del organismo, sus membranas e integridad, por lo que, se emplea mayormente en aquellas situaciones clínicas que traen consigo el deterioro y muerte de las células (Carreira et al., 2022; Ramírez-Herrera et al., 2021).

- **Antropometría:** Se define como el estudio de la medición del cuerpo humano en relación a dimensiones del hueso, músculo y del tejido adiposo. Actualmente, su uso para estimar la masa grasa se encuentra ampliamente extendido en el entorno clínico precisamente por ser un método no invasivo, accesible y de fácil aplicación, sin embargo, presenta un margen de error que responde en gran proporción al nivel de preparación que tenga el evaluador (Katamba et al., 2021; Lara-Pérez et al., 2022).
- **Biody Xpert:** Biompedenciómetro multifrecuencia, multialgoritmo, con certificado de calidad CE, liviano, indoloro, portátil, sin cables, que será usado para tomar la bioimpedancia en la investigación (Uribe, 2020).
- **Bioimpedancia:** Es un método doblemente indirecto para evaluar la CC a través de la capacidad que tiene el mismo para conducir la corriente eléctrica (Quesada Leyva et al., 2016). Se caracteriza por ser una técnica no invasiva y de fácil aplicación en todo tipo de poblaciones (Alvero-Cruz et al., 2011).
- **Estado nutricional:** Es una condición del organismo que resulta del balance entre las necesidades y el gasto de energía. A su vez, también es el resultado de la interacción entre factores físicos, culturales, biológicos, psicológicos, socioeconómicos y ambientales (Pedraza, 2004).
- **Índice de Masa Corporal (IMC):** Es un indicador de la relación entre el peso y la talla, a través del cual se obtiene una clasificación antropométrica del estado nutricional. Según los rangos establecidos por la OMS, un IMC igual o superior a

25kg/m<sup>2</sup> determina sobrepeso y mayor o igual a 30kg/m<sup>2</sup> determina obesidad (Navarrete et al., 2016).

- **Masa celular activa:** La masa celular activa (MCA), corresponde a la medición por BIA del número y tamaño de células activas que posee un organismo, esto incluye el contenido mineral, de proteína metabólicamente activa y del ADN, varía de una persona a otra según su tamaño y CC (Uribe, 2020).

- **Masa grasa (a la hidratación constante):** El porcentaje es calculado en relación al peso del sujeto, donde el agua es un elemento mayor. El porcentaje de agua se encuentra sujeta a fuertes variaciones, por lo que, con el objetivo de corregir estas variaciones, se usa la tasa de masa grasa a la hidratación constante, permitiendo obtener un resultado real del porcentaje de grasa en relación a la masa grasa de referencia (Aminogram, 2018).

- **Masa seca sin grasa:** Conjunto de tejidos, sin grasa, a los que se les ha quitado el agua. Un aumento o disminución de la masa seca entre dos medidas permite identificar ganancia o pérdida de masa real proteica (Aminogram, 2018).

- **Radio intra/extra celular:** Permite detectar un desequilibrio en el balance sodio/potasio (Aminogram, 2018).

- **Resistencia:** Resistencia que presentan los tejidos al paso de una corriente eléctrica (Alvero-Cruz et al., 2011; Carreira et al., 2022).

- **Reactancia:** Es la oposición adicional debida a la capacitancia de esos tejidos y las membranas celulares (Alvero-Cruz et al., 2011; Carreira et al., 2022)

## 6 Metodología

### 6.1 Tipo de investigación

Estudio observacional, de corte transversal, realizado durante el año 2022 y el primer periodo del año 2023.

### 6.2 Población

Se realizó una convocatoria dirigida a los estudiantes universitarios activos de los diferentes programas, durante los periodos 2022-1, 2022-2 y 2023-1.

### 6.3 Muestra

Para estimar el tamaño ideal de la muestra se asumió un nivel de confianza del 95%, margen de error del 5% y un tamaño poblacional de 4487 estudiantes universitarios, se utilizó el software estadístico STATA ® versión 16, el cual arrojó un tamaño ideal de muestra de 354, sin embargo, dada la asistencia a la convocatoria, se contó con un tamaño de muestra de 608 individuos.

En la muestra se incluyeron individuos sanos de ambos sexos, sin problemas clínicos que afectaran el estado de hidratación, que voluntariamente aceptaron participar en la investigación llevada a cabo en la Universidad del Sinú – Elías Bechara Zainúm. Todos los participantes fueron informados sobre los objetivos y desarrollo del estudio.

### 6.4 Criterios de inclusión y exclusión

#### Inclusión

- Estudiantes universitarios activos durante los periodos 2022-1, 2022-2 y 2023-1.
- Pertenecer a la jornada diurna.
- Tener una edad  $\geq 15$  años y  $\leq 30$  años.



## Exclusión

- Presencia de prótesis que construidas con partes metálicas.
- Mujeres en estado de embarazo.
- Presencia de dispositivos cardíacos.
- Estudiantes en el curso de transición a la universidad.

## 6.5 Variables de estudio y operacionalización

**Tabla 1:** *Operacionalización de variables*

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Escala de medición</b>
Edad	Tiempo transcurrido desde el nacimiento.	Edad en años cumplidos	Discreta
Sexo	Conjunto de características de los individuos de una especie que los divide en masculinos y femeninos.	Femenino Masculino	Nominal
Nivel de actividad física	Cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos, con el consiguiente consumo de energía.	Moderada Ligera Fuerte	Ordinal
Altura	Medida desde la planta de los pies hasta el vértice de la cabeza.	Medida en centímetros	Continua

Peso	Medida resultante de la acción que ejerce la gravedad terrestre sobre un cuerpo.	Medida en kilogramos	Continua
Clasificación antropométrica (IMC)	Rangos establecidos por la OMS para la clasificación del IMC.	Bajo peso Peso normal Sobrepeso Obesidad I Obesidad II Obesidad III	Ordinal
Masa magra	Hace referencia a la masa de tejido del cuerpo que no contiene grasa.	Medida en kilogramos	Continua
Masa grasa	Es la cantidad de grasa en % y en kg.	Medida en kilogramos	Continua
Masa celular activa	Es una medición de la BIA que arroja el número y tamaño de células activas que posee un organismo.	Medida en kilogramos	Continua
Masa muscular esquelética	Está constituida por un conjunto de fibras musculares	Medida en kilogramos	Continua
Agua corporal total	Corresponde aproximadamente al 73% del peso corporal total y se distribuye en dos compartimentos:	Medida en litros	Continua

	agua intracelular y agua extracelular		
Ángulo de fase	Es un parámetro de la BIA que ha sido ampliamente estudiado como un marcador pronóstico del estado nutricional.	Medida en grados	Continua
Coefficiente de bioimpedancia	Evalúa la distribución de los líquidos y electrolitos a través de la relación entre las mediciones de la impedancia con mayor frecuencia respecto a la más baja.	Medida en Ohmios ( $\Omega$ )	Continua
Resistencia	Resistencia que presentan los tejidos al paso de una corriente eléctrica.	Medida en Ohmios ( $\Omega$ )	Continua
Reactancia	Es la oposición adicional debida a la capacitancia de esos tejidos y las membranas celulares.	Medida en Ohmios ( $\Omega$ )	Continua

**Fuente:** Elaboración propia

## **6.6 Fuentes, métodos y mecanismos de recolección de la información**

Se realizó una convocatoria dirigida a los estudiantes universitarios activos de los diferentes programas, durante los periodos 2022-1, 2022-2 y 2023-1, por lo que, hubo una participación a conveniencia.

### **6.6.1 Toma de medidas antropométricas y de bioimpedancia**

Para realizar la toma de medidas antropométricas (peso y talla) se tuvo en cuenta la resolución 2465 de 2016, donde se establecen las condiciones específicas para los equipos y las técnicas de medición (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016). Los equipos utilizados fueron previamente calibrados, con el propósito de garantizar que los datos obtenidos no estuvieran sesgados.

La toma de medidas antropométricas fue realizada por estudiantes de último semestre y docentes de la escuela de Nutrición y Dietética, que recibieron capacitaciones con anterioridad.

#### **6.6.1.1 Técnicas para la toma del peso**

- Se ubicó la báscula sobre una superficie plana y firme, asegurándose de que estuviera tarada (0) (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016).
- Se solicitó al individuo ponerse de pie sobre las plantillas en la superficie de la báscula, en posición recta y erguida (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016).
- Se anotó el peso exacto en kilogramos con una aproximación de 50 gramos, de acuerdo con las especificaciones de la báscula SECA utilizada (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016).

- Por último, se repitió el procedimiento anteriormente descrito para validar la medición (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016).

#### **6.6.1.2 Técnicas para tomar la talla**

- Se aseguró el posicionamiento del tallímetro sobre una superficie plana; la medición se realizó en posición vertical (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016).

- Se ubicó al individuo contra la parte posterior del tallímetro, con los pies sobre las plantillas, en posición erguida con los talones juntos y las rodillas rectas (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016).

- Se verificó que los talones, pantorrillas, glúteos, tronco, hombros y espalda tocaran la tabla vertical. Además, se aseguró que los brazos permanecieran a los lados del tronco con las palmas hacia los muslos (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016).

- Se solicitó al individuo que mirara al frente y se verificó que la cabeza estuviera en el plano de Frankfort; con la mano derecha se deslizó la pieza movable hacia el vértice (coronilla) de la cabeza, hasta que se apoye suavemente sobre ésta (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016).

- Posterior a la verificación de la posición, se anotó el valor marcado en la pieza movable del tallímetro SECA, con una aproximación de 0,1 cm (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016).

- Finalmente, se repitió el procedimiento anteriormente descrito para validar la medición (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016) (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016).

### **6.6.1.3 Técnicas para la toma de bioimpedancia**

Para la obtención de las medidas que representaban la CC del paciente en su estado habitual se pidió a los participantes que, en la etapa previa a la toma de las medidas, debían tener en cuenta las siguientes especificaciones: no consumir grandes cantidades de líquido, no haber bebido alcohol en cantidades importantes el día anterior, no haber realizado actividad física antes de la toma y tener la vejiga vacía. La toma de medidas de bioimpedancia se realizó siguiendo cada uno de los pasos descritos a continuación:

- Se explicó al individuo la manera adecuada para tomar el dispositivo con la mano dominante, de manera que, los últimos tres dedos de la mano hicieran contacto con el cátodo principal y, el dedo pulgar se encontrara en el cátodo que funciona como interruptor para la toma de la medida (Aminogram, 2018).
- Se humedecieron los cátodos de contacto antes de la toma de cada medida y se aseguró que los dedos estuvieran en contacto con el equipo y el lugar donde reposa el equipo abajo del tobillo (Aminogram, 2018).
- Se ubicó al individuo en una silla, sentado al borde de ésta, descalzo, con el pie derecho ligeramente doblado hacia la pierna izquierda, de manera que, la rodilla derecha toque de manera sutil la pantorrilla izquierda (Aminogram, 2018).
- Se verificó que el individuo acomodara de manera adecuada el equipo por debajo del tobillo y que estuviera ligeramente levantado, con la punta del pie tocando el suelo (Aminogram, 2018).

- Se solicitó al individuo que presionara el interruptor sólo cuando se dieran las indicaciones y que dejara de hacerlo también hasta recibir las mismas (Aminogram, 2018).
- Se aseguró que el individuo estuviera en la posición correcta y se le dio la instrucción de presionar el interruptor y, cuando el equipo genere el sonido de finalización, recibir el aparato (Aminogram, 2018).
- Se enlazó la medida vía bluetooth con el software, para recopilar los datos y mostrar resultados generales al individuo (Aminogram, 2018).

### **6.6.2 Instrumentos para la toma de medidas antropométricas y de bioimpedancia**

Se describen las características de los equipos que fueron usados para la toma de las medidas, en concordancia con lo establecido en la resolución 2465 de 2016 (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016):

#### **6.6.2.1 Especificaciones técnicas de los equipos usados para tomar el peso**

**Tabla 2:** *Especificaciones técnicas de los equipos usados para tomar el peso*

<b>SITIO FIJO</b>
- Balanza de pie marca SECA Intervalo de medición: 2 a 200 kg Resolución: 0,10 kg Modelo: 813

**Fuente:** (Laboratorio de antropometría, 2022).

### 6.6.2.2 Especificaciones técnicas de los equipos usados para tomar la talla

**Tabla 3:** *Especificaciones técnicas de los equipos usados para tomar la talla*

<b>SITIO FIJO</b>
<p>- Tallímetro marca SECA Sensibilidad: 0,2 cm Graduación: 0,1 cm Rango de medición 20 a 210 cm Modelo: 213</p> <p>Si es tallímetro, se recomienda una base de 25 cm de ancho.</p> <p>Material de fabricación: resistente liviano y no deformable.</p> <p>No se recomienda el uso de metros de modistería, cintas métricas de papel o plástico, adheridos a la pared.</p> <p>No se recomienda el uso del tallímetro con balanzas mecánicas.</p>

**Fuente:** (Laboratorio de antropometría, 2022).

### 6.6.2.3 Especificaciones técnicas de los equipos usados para la toma de bioimpedancia

**Tabla 4:** *Especificaciones técnicas de los equipos usados para la toma de bioimpedancia*

<b>SITIO FIJO</b>
<p>- Bioimpedanciometro Biody Xpert Multifrecuencia: Z200, 100, 50, 20 y 5 Multialgoritmo Previamente cargado 12 horas para usarlo de manera portátil</p>

**Fuente:** (Aminogram, 2018).



## 7 Análisis estadístico

Se realizó un análisis exploratorio de la base de datos con el fin de identificar valores extremos, valores máximos y mínimos, escalas de medición y codificación de las variables. Luego, se elaboró un análisis univariado para obtener la frecuencia relativa y absoluta de las variables. Respecto a las variables, es importante destacar que, las variables cualitativas se presentaron en proporciones, mientras que, las variables cuantitativas se presentaron en medidas de tendencia central y dispersión, teniendo en cuenta el tipo de distribución evidenciada, de la siguiente manera; las variables con distribución normal se presentaron con media y desviación estándar, mientras que, aquellas que no tenían una distribución normal se presentaron en forma de mediana y rango intercuartílico.

Asimismo, se realizó un análisis bivariado entre: masa sin grasa, masa magra, masa grasa bruta, masa celular activa, masa muscular esquelética, masa proteica metabólica, agua corporal total, agua intracelular, agua intracelular sin grasa, agua extracelular sin grasa, hidratación sin grasa y contenido mineral óseo, por sexo y grupos de edad, a través de la prueba no paramétrica U Mann-Whitney, dado que, la distribución de las variables mencionadas no cumplía con una distribución normal dentro de cada uno de los grupos, evaluada a través de métodos gráficos. Finalmente, se realizó el coeficiente de Pearson para evaluar la correlación entre los valores de resistencia y reactancia estandarizados por la estatura. Para el análisis de datos, se usó el Software STATA ® versión 16 con licencia para la Universidad del Sinú, seccional Cartagena.

Por otra parte, se usó BIVA software 2002, *archivo BIVA tolerance de Antonio Piccoli y Giordano Pastori* (Piccoli et al., 1994), para calcular la resistencia y reactancia estandarizadas por la estatura ( $R/H$  y  $Xc/H$ ), a partir de los datos de resistencia y reactancia de cada uno de los individuos incluidos en la muestra, obtenidos por bioimpedancia. Posteriormente, se calcularon elipses de tolerancia de los percentiles al 50%, 75% y 95% diferenciadas por sexo, media y desviación estándar de  $R/H$  y  $Xc/H$  y la correlación  $r$  ( $R/H$ ,  $Xc/H$ ).

Actualmente, existen elipses de referencia para países con características étnicas muy diferentes a las de la muestra analizada en el presente estudio, dentro de las que se encuentra población italiana, norteamericana, hindú, española, entre otras (Atilano-Carsi, Bajo, et al., 2015; Jha et al., 2006; Piccoli et al., 1994, 1995; Piccoli, Pillon, et al., 2002). Es por lo anterior que, debido a la inexistencia de datos de referencia para población sana colombiana, una de las poblaciones de referencia seleccionadas fue mexicana, dada la ubicación geográfica del país en la región de Latinoamérica y los vectores de impedancia bioeléctrica establecidos por el estudio de Espinosa-Cuevas et al. (2007), con una muestra de 235 mujeres y 204 hombres entre 18 y 82 años, con índice de masa corporal entre 18 y  $31\text{kg}/\text{m}^2$ . También se realizó una comparación con población italiana de referencia, dado que, fue la primera en la que se implementó bioimpedancia vectorial, a través del método gráfico  $RXc$  y, el software con el que se grafican las elipses y los vectores se encuentra configurado por defecto para realizar una comparación con la población de origen, con una muestra de 354 hombres y 372 mujeres caucásicas entre 16 y 85 años, con índice de masa corporal entre 16 y  $31\text{kg}/\text{m}^2$  (Piccoli et al., 1995).

Ahora bien, los datos obtenidos a través del software STATA® versión 16 (media, DE, correlación  $R/H$ ,  $Xc/H$ ) fueron ingresados al BIVA software 2002, *archivo BIVA confidence*

(Piccoli et al., 1994) para realizar una comparación entre las poblaciones de referencia y la muestra de estudiantes universitarios colombianos, con el propósito de determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre las mismas. Se aplicó la prueba  $T^2$  de Hotelling, una extensión multivariante de la prueba T student para datos independientes o dependientes con el fin de comparar vectores medios de impedancia entre dos grupos. Todas las pruebas estadísticas realizadas se consideraron estadísticamente significativas si el valor de  $p < 0,05$ .

## 8 Consideraciones éticas

De acuerdo con el objetivo de este estudio, resulta importante enfatizar que se clasifica como una investigación con riesgo mínimo, debido a que, emplea el registro de datos obtenidos a través de procedimientos comunes. El uso de antropometría y bioimpedancia no genera efectos secundarios en los individuos, según lo concluido por múltiples estudios realizados en el campo de la CC a lo largo del tiempo, sin embargo, partiendo de lo señalado por la Resolución 8430 de 1993, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, las únicas investigaciones que no implican un riesgo son aquellas que emplean técnicas de investigación documental retrospectiva y no realizan ninguna modificación intencionada de las variables que engloban diferentes aspectos del ser humano (biológico, fisiológico, social) (Ministerio de Salud y Protección Social, 1993).

Ahora bien, para la realización del estudio se tuvieron en cuenta los principios éticos plasmados en la Declaración de Helsinki, donde se prioriza el bienestar de los individuos involucrados sobre los intereses de la ciencia y la sociedad. Asimismo, se reconoce que el propósito de la investigación médica en seres humanos es mejorar todos los procedimientos empleados para prevenir, detectar y tratar diversas patologías, mientras que, también aumenta la comprensión alrededor de la historia natural de la enfermedad. Finalmente, se tuvo en cuenta los principios éticos vigentes a nivel internacional y los requisitos éticos, legales y jurídicos para la investigación en seres humanos (Asociación Médica Mundial (AMM), 1964).

En concordancia con lo anterior, se solicitó a los participantes que diligenciaran un consentimiento informado, en el que aceptaban participar voluntariamente en la investigación

después de recibir información acerca de los objetivos del estudio, técnicas y equipos de medición, ausencia de riesgos y garantías acerca de la resolución de dudas.

Los códigos, normas y principios mencionados poseen gran relevancia en el campo de la investigación y la experimentación, ya que, propenden por la protección de la vida humana indiscriminadamente y el ejercicio de los profesionales sanitarios de acuerdo a los principios bioéticos de no maleficencia, justicia, autonomía y beneficencia. A continuación, se describe la aplicación de cada principio dentro del estudio:

En primer lugar, durante la aplicación de técnicas para obtener las medidas de impedancia y antropometría no estuvo presente la intención de inducir dolor, perjuicios o discapacidades en los individuos. Con el objetivo de reducir el daño al mínimo posible, se excluyó de la muestra a aquellos participantes que presentaban condiciones fisiológicas o estructurales que se encontraban contraindicadas en el manual de uso de los equipos, cumpliendo con el principio de no maleficencia.

En segundo lugar, la selección de la muestra se realizó a conveniencia, mediante la difusión de una convocatoria en los canales de comunicación de la institución universitaria, por lo que, todos los estudiantes activos durante los periodos 2022-1, 2022-2 y 2023-1 tuvieron una oportunidad equitativa de participar en la investigación, en correspondencia con el principio de justicia.

En tercer lugar, los individuos incluidos en la muestra aceptaron participar voluntariamente en la investigación, a través del diligenciamiento de un consentimiento

informado, sin ningún tipo de coacción, fraude, engaño o fuerza que influyera en la toma de la decisión, en concordancia con el principio de autonomía.

Finalmente, durante la toma de las medidas se brindó una atención respetuosa y de alta calidad, promoviendo el bien de los individuos a través de procedimientos seguros y efectivos, de acuerdo con lo establecido por el principio de beneficencia.

## 9 Marco legal

### **Resolución 2465 de 2016**

En la resolución 2465 de 2016 se adoptan los indicadores antropométricos, patrones de referencia y puntos de corte para la clasificación antropométrica del estado nutricional de niñas, niños y adolescentes menores de 18 años de edad, adultos de 18 a 64 años de edad y gestantes adultas (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016).

Este documento es una base fundamental para la evaluación nutricional de los diferentes grupos etarios, identificando el uso de cada indicador según sea el caso (individual o poblacional) (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016).

### **Resolución 8430 de 1993**

En la resolución 8430 de 1993 se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. Dentro de los aspectos más relevantes se encuentra que, siempre que se lleven a cabo investigaciones en seres humanos, debe priorizarse el respeto a su dignidad, autonomía, derechos y bienestar, ajustándose a los principios éticos y científicos que justifiquen la realización de dicho estudio (Ministerio de Salud y Protección Social, 1993).

Además, en cumplimiento con lo dictado por el documento, resulta necesario elaborar un consentimiento informado, entendido como el acuerdo por escrito a través del cual el sujeto de investigación o, según sea el caso, su representante legal, autoriza su participación en el estudio, conociendo los beneficios, riesgos, técnicas y procedimientos a los que se someterá, sin ningún

tipo de coacción y con la libertad de retirarlo en cualquier momento, sin recibir perjuicios a raíz de su decisión (Ministerio de Salud y Protección Social, 1993).



## 10 Resultados

La muestra estuvo constituida por 608 estudiantes universitarios con edades entre 15 y 29 años, de los cuales el 66,12% eran mujeres (n=402) y el 33,8% hombres (n=206), con una edad promedio de  $20,19 \pm 2,62$  años, donde el menor tenía 15,91 años y mayor 29,71 años. El peso promedio de los hombres fue de 70,7 kg y la altura fue de 172,8 cm, mientras que, las mujeres presentaron un peso promedio de 59,4 kg y una altura de 159 cm.

En relación a la clasificación antropométrica de los sujetos, se encontró que 54 de ellos presentaron bajo peso ( $IMC < 18,5 \text{ kg/m}^2$ ), 363 tenían un peso normal ( $18,5$  a  $24,99 \text{ kg/m}^2$ ), 185 presentaron sobrepeso ( $25$  a  $29,99 \text{ kg/m}^2$ ) y 6 de los individuos evaluados presentaron obesidad ( $\geq 30 \text{ kg/m}^2$ ).

Adicionalmente, se obtuvo una caracterización de la CC en población universitaria colombiana, diferenciada por sexo, como se evidencia en la siguiente tabla:

**Tabla 5:** Caracterización de la composición corporal en población universitaria colombiana

Variable	Todos Calculado (n=608)	Todos Referencia (n=608)	Hombres Calculado (n=206)	Hombres Referencia (n=206)	Mujer Calculado (n=402)	Mujer Referencia (n=402)	p U-Mann Whitney
	Mediana (IQR)	Mediana (IQR)	Mediana (IQR)	Mediana (IQR)	Mediana (IQR)	Mediana (IQR)	
Masa sin grasa (kg)	43,90 (39,7-53,9)	42,2 (39,7-54,6)	57,11 (53,1-61,1)	57,16 (54,5-59,8)	40,75 (38,3-43,9)	40,45 (38,2-42,2)	0,00
Masa magra (kg)	41,84 (37,9-51,3)	40,4 (37,7-52,2)	54,4 (50,6-58,3)	54,7 (52,2-57,1)	38,8 (36,5-41,8)	38,5 (36,5-40,4)	0,00
Masa grasa bruta (%)	26,14 (19,4-31,9)	11,1 (9,9-13,0)	16,7 (12,7-22,9)	10,4 (9,24-11,7)	29,9 (24,7-34,0)	11,5 (10,3-13,2)	0,00

<b>Masa celular activa (kg)</b>	26,80 (24,3-34,1)	27,8 (25,4-35,3)	36,3 (33,7-38,5)	37,04 (34,99-39,0)	24,92 (23,7-26,8)	26,0 (24,4-27,7)	0,00
<b>Masa muscular esquelética (kg)</b>	22,4 (19,7-28,5)	20,7 (19,4-27,8)	30,5 (28,1-33,0)	29,2 (27,8-30,5)	20,4 (18,8-22,4)	19,8 (18,7-20,7)	0,00
<b>Masa proteica metabólica (kg)</b>	9,1 (7,9-10,6)	8,8 (7,8-10,0)	11,0 (10,4-11,9)	10,4 (9,6-11,2)	8,3 (7,4-9,1)	8,2 (7,4-8,9)	0,00
<b>Agua corporal total (L)</b>	31,11 (27,9-38,2)	32,7 (29,4-39,4)	40,9 (37,8-44,3)	41,9 (38,8-44,8)	28,9 (27,0-31,1)	30,1 (28,2-32,7)	0,00
<b>Agua intracelular (L)</b>	17,7 (16,0-23,2)	Sin valor de referencia	24,9 (23,1-26,6)	Sin valor de referencia	16,5 (15,6-17,7)	Sin valor de referencia	0,00
<b>Agua intracelular sin grasa (L)</b>	16,8 (15,4-22,9)	17,7 (16,3-23,7)	24,4 (22,7-26,0)	25,1 (23,6-26,8)	15,8 (14,9-16,8)	16,7 (15,8-17,7)	0,00
<b>Agua extracelular sin grasa (L)</b>	11,2 (10,1-13,8)	11,6 (10,6-14,02)	14,5 (13,7-15,4)	14,8 (13,9-15,8)	10,4 (9,8-11,2)	10,9 (10,3-11,6)	0,00
<b>Hidratación sin grasa (%)</b>	69,13 (67,5-70,7)	72,2	70,2 (69,8-71,1)	72,2	68,4 (67,0-70,1)	72,2	0,00
<b>Contenido mineral óseo (kg)</b>	2,1 (1,8-2,6)	2,0 (1,9-2,4)	2,7 (2,5-2,8)	2,5 (2,4-2,7)	1,9 (1,7-2,1)	1,9 (1,8-2,0)	0,00

*Los resultados se muestran por columnas. **Valor calculado:** corresponde a la medida obtenida en los individuos; **Valor referencia:** corresponde a los rangos de normalidad según las características individuales y establecidos por el bioimpedanciómetro. **Convenciones:** L: litros; kg: kilogramos; %: porcentaje; IQR: Interquartile Range (Rango intercuartílico)*

**Fuente:** Elaboración propia

Al analizar la CC según el sexo, se encontró que la mediana del porcentaje de grasa corporal fue mayor en las mujeres que en los hombres, 29,9 % y 16,7 %, respectivamente. Los hombres presentaron mayor contenido de masa magra que las mujeres, con valores de 54,4 kg y

38,8 kg. La mediana de la masa celular activa calculada para hombres y mujeres estuvo ligeramente por debajo de los valores de referencia, presentando valores de 36,3 kg y 24,92 kg, respectivamente, indicando que las células no presentan un equilibrio adecuado entre el contenido de agua intracelular y las proteínas metabólicas. Respecto al contenido de agua corporal se observó que la mediana del valor calculado en los hombres fue de 40,9 L y 28,9 L en mujeres. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la mediana de todas las variables analizadas por sexo ( $p=0,00$ ).

Posteriormente, se evaluaron las medidas de bioimpedancia y se encontró que en las mujeres el valor de Z50 tenía una mediana de 677,5  $\Omega$  (IQR = 616 - 731  $\Omega$ ), mientras que, en los hombres fue de 531  $\Omega$  (IQR = 489 - 574  $\Omega$ ), presentando diferencias estadísticamente significativas. La mediana de Z50 en todos los individuos fue de 628,5  $\Omega$ .

Las medidas de R obtenidas en mujeres presentaron un valor mayor en comparación con los hombres (670,94  $\pm$  87,16  $\Omega$  vs 532,88  $\pm$  68,06  $\Omega$ ), asimismo, Xc fue significativamente mayor en el grupo femenino (73,58  $\pm$  8,86  $\Omega$  vs 68,053  $\pm$  8,05  $\Omega$ ). Mientras que, el ángulo de fase presentó un valor mayor en el grupo masculino, con una diferencia estadísticamente significativa (7,31°  $\pm$  0,65 vs 6,29°  $\pm$  0,64), como se observa en la tabla 6:

**Tabla 6:** *Medidas de impedancia diferenciadas por sexo*

<b>Medida de impedancia</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>
<b>Resistencia (<math>\Omega</math>)</b>	532,88 $\pm$ 68,06	670,94 $\pm$ 87,16
<b>Reactancia (<math>\Omega</math>)</b>	68,053 $\pm$ 8,05	73,58 $\pm$ 8,86
<b>Ángulo de fase (<math>^\circ</math>)</b>	7,31 $\pm$ 0,65	6,29 $\pm$ 0,64

*Los resultados se muestran por filas.*

**Fuente:** Elaboración propia

De la misma manera, R/H y Xc/H también fueron considerablemente mayores en mujeres ( $420,75 \pm 56,012 \Omega/m$  vs  $308,7508 \pm 41,81 \Omega/m$ ) y ( $46,15 \pm 5,79 \Omega/m$  vs  $39,44 \pm 5,01 \Omega/m$ ), respectivamente. Finalmente, se calculó la correlación de Pearson entre R/H y Xc/H en hombres y mujeres (0,76 vs 0,68, respectivamente) (tabla 7).

**Tabla 7:** *Vectores de bioimpedancia en población universitaria colombiana*

<b>Datos</b>	<b>Hombres colombianos</b>	<b>Mujeres colombianas</b>
<b>Tamaño de la muestra</b>	206	402
<b>R/H (<math>\Omega/m</math>)</b>	308,8	420,8
<b>R/H DE</b>	41,8	56,0
<b>Xc/H (<math>\Omega/m</math>)</b>	39,4	46,2
<b>Xc/H DE</b>	5,0	5,8
<b>Correlación (r)</b>	0,76	0,68

*Los resultados se muestran por filas. Convenciones: R/H: resistencia estandarizada por la estatura; R/H DE: desviación estándar de la resistencia estandarizada por la estatura; Xc/H: reactancia estandarizada por la estatura; Xc/H DE: desviación estándar de la reactancia estandarizada por la estatura; Correlación (r): correlación de Pearson*

**Fuente:** Elaboración propia

Después de obtener los datos anteriormente mencionados, se procedió a realizar una comparación entre la población de origen caucásico y la población universitaria colombiana, como se muestra en la tabla 8:

**Tabla 8:** Vectores de bioimpedancia en población italiana de referencia y población universitaria colombiana

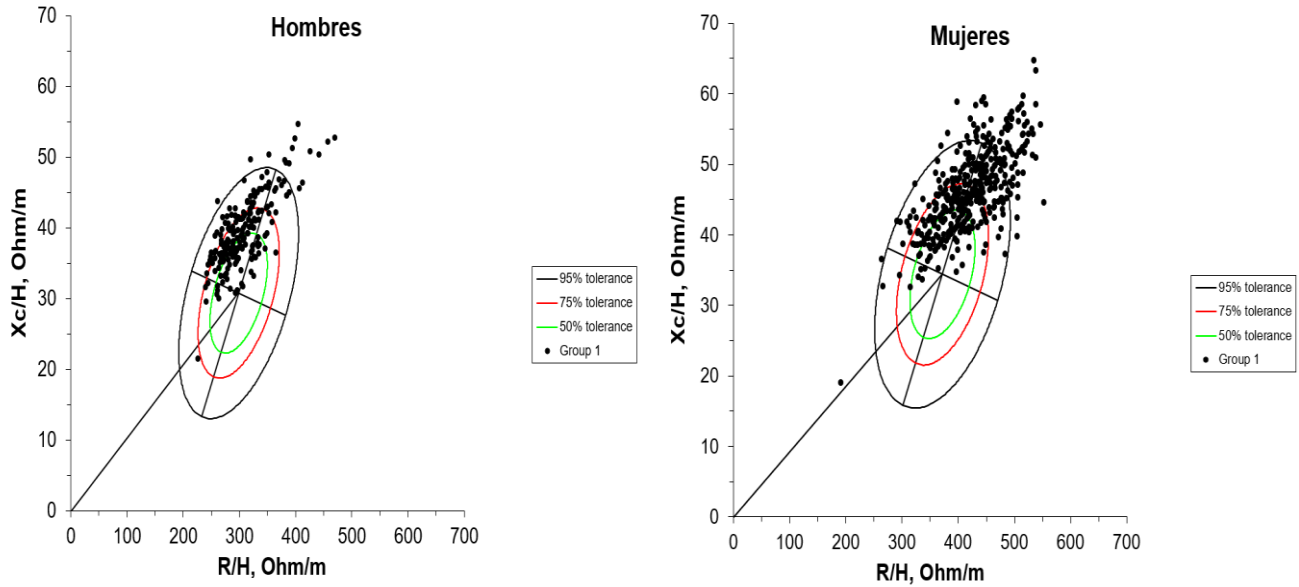
Datos	Hombres colombianos	Hombres italianos	Mujeres colombianas	Mujeres italianas
Tamaño de la muestra	206	354	402	372
R/H ( $\Omega/m$ )	308,8	298,6	420,8	371,9
R/H DE	41,8	43,2	56,0	49,0
Xc/H ( $\Omega/m$ )	39,4	30,8	46,2	34,4
Xc/H DE	5,0	7,2	5,8	7,7
Correlación (r)	0,76	0,47	0,68	0,41

*Los resultados se muestran por filas. Convenciones: R/H: resistencia estandarizada por la estatura; R/H DE: desviación estándar de la resistencia estandarizada por la estatura; Xc/H: reactancia estandarizada por la estatura; Xc/H DE: desviación estándar de la reactancia estandarizada por la estatura; Correlación (r): correlación de Pearson*

**Fuente:** Elaboración propia

Al ubicar los valores de R/H y Xc/H de la muestra analizada sobre las elipses de tolerancia específicas para población italiana (gráfica 1), se encontró que los vectores de hombres colombianos se encontraban desplazados, situándose en el cuadrante superior izquierdo y los vectores de las mujeres colombianas se encontraban principalmente sobre los cuadrantes superiores izquierdo y derecho, indicando que la CC de las poblaciones es distinta en ambos sexos.

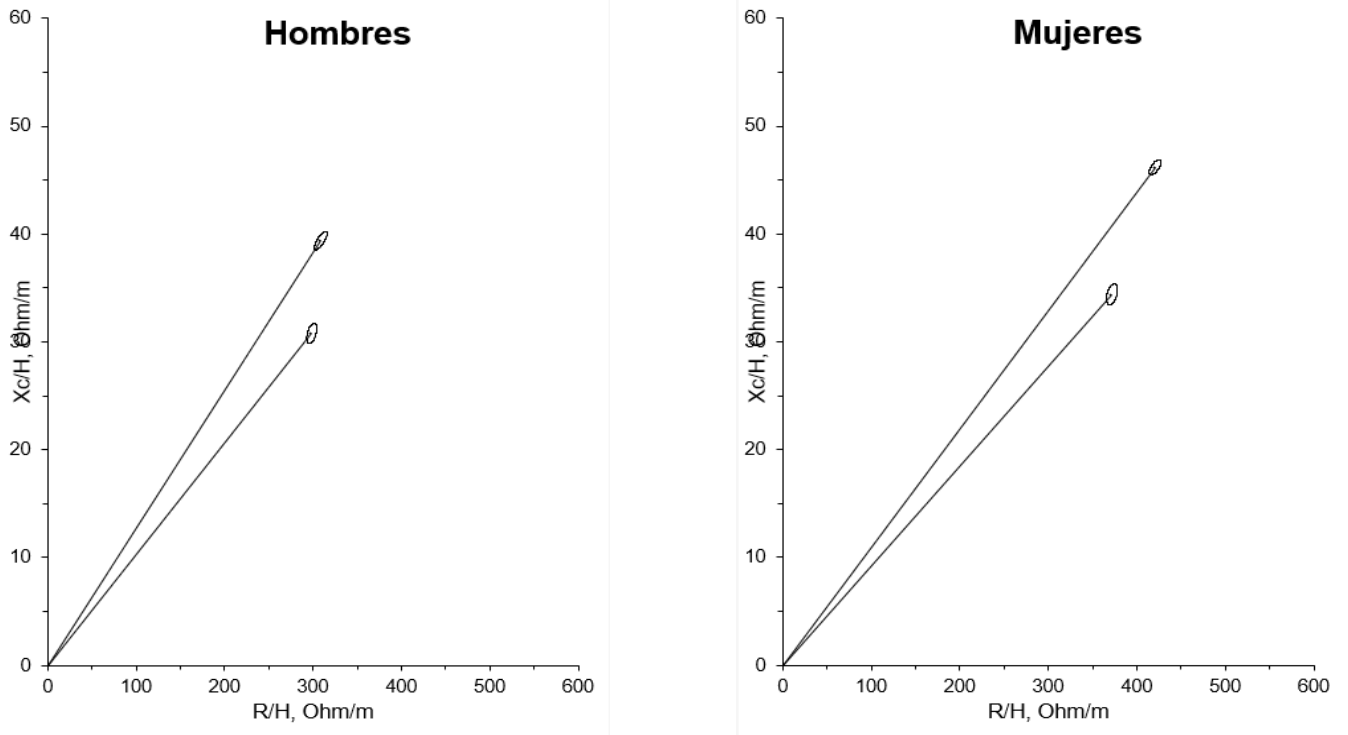
**Gráfica 1:** *Vectores de impedancia en población universitaria colombiana sobre elipses de tolerancia específicas para población italiana*



**Fuente:** Elaboración propia

A continuación, se utilizó un gráfico de medias para comparar ambas poblaciones (gráfica 2) y, a partir del posicionamiento de las mismas, se realizó la prueba  $T^2$  de Hotteling (tabla 6), con el propósito de determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre las muestras evaluadas en los diferentes estudios.

**Gráfica 2:** *Media de la población universitaria colombiana y población italiana de referencia*



**Fuente:** Elaboración propia

La prueba  $T^2$  de Hotteling arrojó un valor de  $p < 0.05$  en hombres y mujeres (tabla 9), por lo que, se considera que existen diferencias estadísticamente significativas entre las poblaciones analizadas.

**Tabla 9:** *Prueba  $T^2$  de Hotteling entre población universitaria colombiana y población italiana de referencia*

<b>Prueba <math>T^2</math> de Hotteling</b>		
<b>Resultados</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>
<b>P</b>	0,00	0,00

*Los resultados se muestran por filas.*

**Fuente:** Elaboración propia

Por otro lado, también se realizó una comparación entre la población de referencia mexicana y población universitaria colombiana, como se muestra en la tabla 10:

**Tabla 10:** *Vectores de bioimpedancia en población mexicana de referencia y población universitaria colombiana*

<b>Datos</b>	<b>Hombres colombianos</b>	<b>Hombres mexicanos</b>	<b>Mujeres colombianas</b>	<b>Mujeres mexicanas</b>
<b>Tamaño de la muestra</b>	206	204	402	235
<b>R/H</b>	308,8	308,6	420,8	398,2
<b>R/H DE</b>	41,8	38,4	56,0	46,3
<b>Xc/H</b>	39,4	39,7	46,2	44,3
<b>Xc/H DE</b>	5,0	6,2	5,8	7,1
<b>Correlación r</b>	0,76	0,57	0,68	0,39

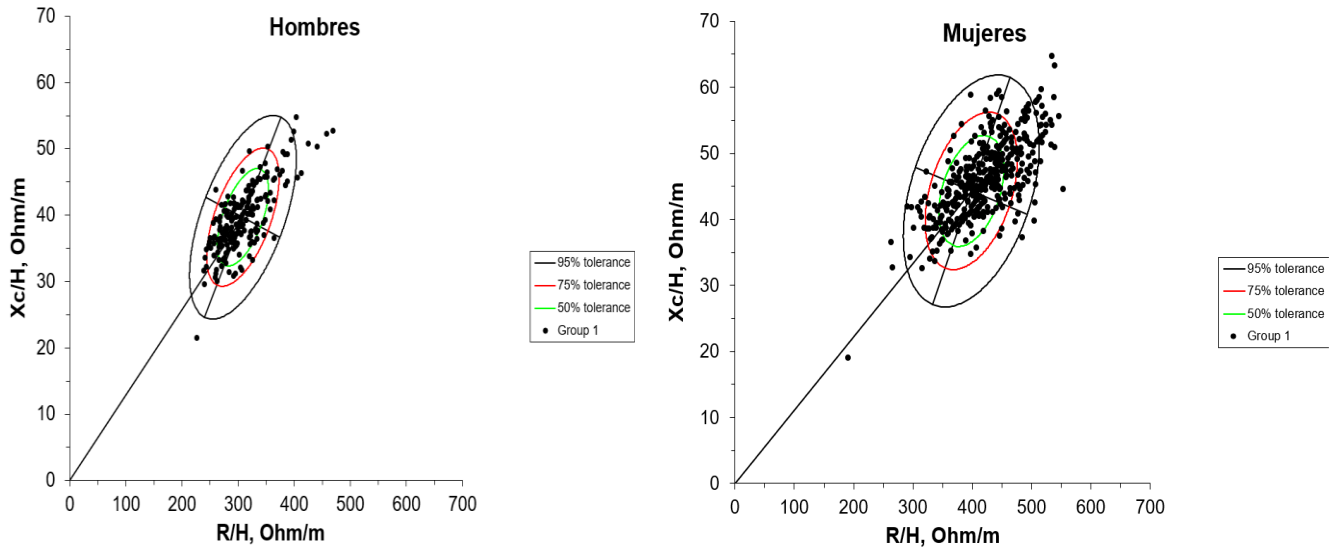
*Los resultados se muestran por filas. Convenciones: R/H: resistencia estandarizada por la estatura; R/H DE: desviación estándar de la resistencia estandarizada por la estatura; Xc/H: reactancia estandarizada por la estatura; Xc/H DE: desviación estándar de la reactancia estandarizada por la estatura; Correlación (r): correlación de Pearson*

**Fuente:** Elaboración propia

Al ubicar los valores de R/H y Xc/H de la muestra analizada sobre las elipses de tolerancia específicas para población mexicana (gráfica 3), se encontró que los vectores de hombres colombianos se posicionaron sobre todos los cuadrantes del gráfico; la mayoría de los individuos tenía una CC que se enmarcaba dentro de las elipses de tolerancia al 50 y 75%, indicando que se encontraban dentro del rango de normalidad.



**Gráfica 3:** Vectores de impedancia en población universitaria colombiana sobre elipses de tolerancia específicas para población mexicana

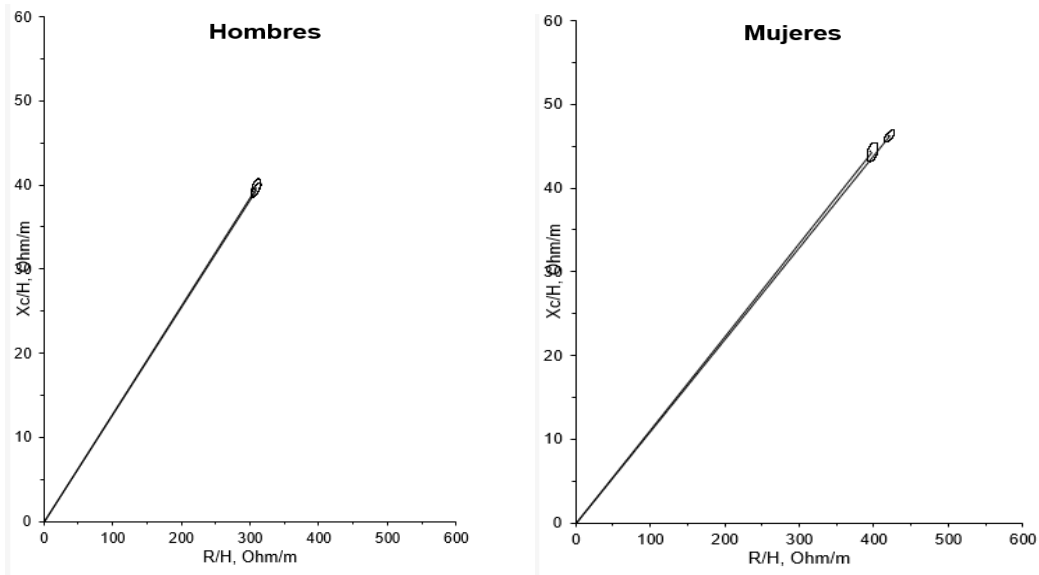


**Fuente:** Elaboración propia

Por otro lado, aunque los vectores de mujeres colombianas se ubicaron sobre todos los cuadrantes del gráfico, muchos de ellos se encontraban fuera de las elipses de tolerancia al 50 y 75%, mayormente desplazados hacia la zona de delgadez. Lo anterior puede ser ocasionado principalmente por dos motivos: las mujeres evaluadas se encuentran fuera del rango de normalidad o las poblaciones comparadas tienen una CC diferente.

Se utilizó un gráfico de medias para comparar ambas poblaciones (gráfica 4) y, a partir del posicionamiento de las mismas, se realizó la prueba  $T^2$  de Hotteling (tabla 11), con el propósito de determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre las muestras evaluadas en los diferentes estudios.

**Gráfica 4:** *Media de la población universitaria colombiana y población mexicana de referencia*



**Fuente:** Elaboración propia

La prueba  $T^2$  de Hotteling arrojó un valor de  $p < 0.05$  en mujeres, mientras que, en los hombres presentó un valor  $p > 0.05$  (tabla 11). A partir de lo anterior, se considera que existen diferencias estadísticamente significativas entre las mujeres que participaron de ambos estudios, pero no entre los hombres.

**Tabla 11:** *Prueba  $T^2$  de Hotteling entre población universitaria colombiana y población mexicana de referencia*

<b>Prueba <math>T^2</math> de Hotteling</b>		
<b>Resultados</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>
<b>P</b>	0,7518	0,00

*Los resultados se muestran por filas.*

**Fuente:** Elaboración propia

Teniendo los resultados obtenidos en cada una de las pruebas realizadas, se determinaron elipses de tolerancia específicas para población universitaria colombiana (gráfica 5), a partir de los datos mostrados en la siguiente tabla:

**Tabla 12:** *Vectores de bioimpedancia utilizados para la elaboración de elipses de tolerancia específicas en población universitaria colombiana*

<b>Datos</b>	<b>Hombres colombianos</b>	<b>Mujeres colombianas</b>
<b>R/H (<math>\Omega/m</math>)</b>	308,8	420,8
<b>R/H DE</b>	41,8	56,0
<b>Xc/H (<math>\Omega/m</math>)</b>	39,4	46,2
<b>Xc/H DE</b>	5,0	5,8
<b>Correlación (r)</b>	0,76	0,68

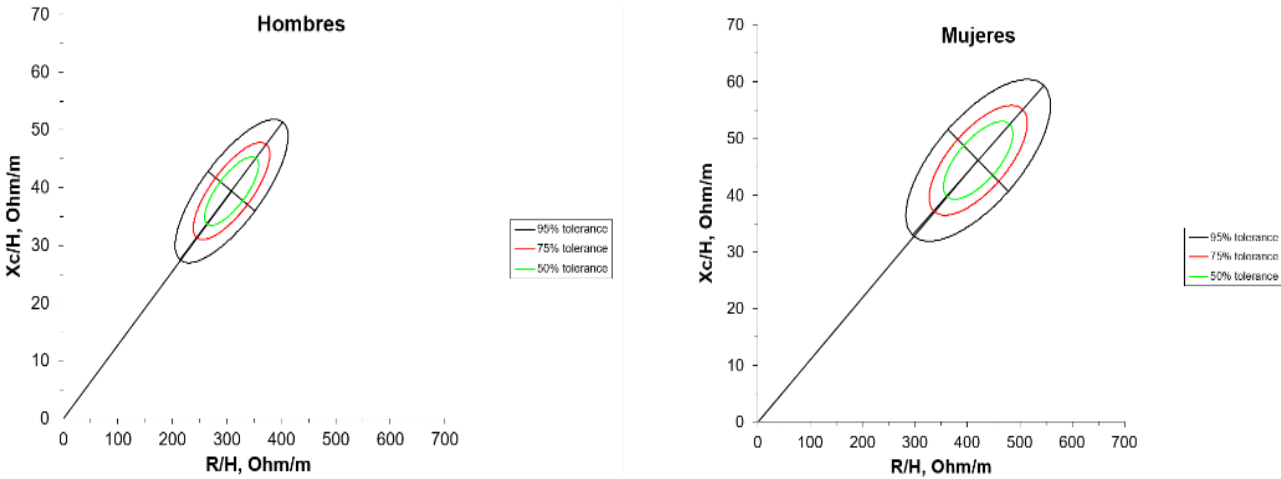
*Los resultados se muestran por filas. Convenciones: R/H: resistencia estandarizada por la estatura; R/H DE: desviación estándar de la resistencia estandarizada por la estatura; Xc/H: reactancia estandarizada por la estatura; Xc/H DE: desviación estándar de la reactancia estandarizada por la estatura; Correlación (r): correlación de Pearson*

**Fuente:** Elaboración propia

Los vectores de bioimpedancia R/H y Xc/H del grupo femenino fueron significativamente mayores que los presentados por el grupo masculino, lo que tiene coherencia con la caracterización de CC de la muestra de estudiantes universitarios, donde se observó que las mujeres presentaron mayor porcentaje de grasa corporal y, por ende, mayores valores de resistencia al paso de la corriente eléctrica.

Finalmente, se presentan las elipses de tolerancia específicas para población universitaria colombiana:

**Gráfica 5:** *Elipses de tolerancia específicas para población universitaria colombiana*



**Fuente:** Elaboración propia

## 11 Discusión

Dentro de los resultados más destacados se encuentra que la muestra de estudiantes presentó diferencias estadísticamente significativas con la población italiana de referencia. Mientras que, después de comparar la muestra del presente estudio con población mexicana, se encontró que solo en el grupo de mujeres hubo una diferencia estadísticamente significativa.

Además, los resultados obtenidos en el presente trabajo concuerdan con lo reportado por Atilano-Carsi, Bajo, et al. (2015), dado que, en ambos estudios se concluyó que existían diferencias estadísticamente significativas con la población italiana de referencia, debido a que, los vectores de impedancia bioeléctrica presentaban un desplazamiento hacia los cuadrantes superiores de la gráfica y la prueba estadística aplicada arrojó valores  $<0,05$ . Ahora bien, partiendo de lo anterior, es importante mencionar que dicha diferencia podría estar relacionada con los hábitos alimentarios, estilos de vida, cultura y características generales de ambas poblaciones. Respecto a lo anterior, el Instituto Nacional de Salud de Italia (ISS, por sus siglas en italiano), reportó en el 2020 que el 31,6% de la población adulta presenta sobrepeso y el 10,8% obesidad (Istituto Superiore di Sanità, 2020), mientras que, en Colombia el 56,4% de los adultos presenta sobrepeso y el 18,7% obesidad, según la ENSIN 2015 (ICBF et al., 2015), arrojando una diferencia de 24,8 y 7,9 puntos porcentuales en ambas categorías, respectivamente. Es decir, la prevalencia de sobrepeso y obesidad en Colombia se encuentra cercana a duplicar las cifras presentadas por Italia, por lo que, es importante realizar un acercamiento sobre la alimentación que se lleva en ambos países y el cómo repercuten sobre la CC de los individuos; en Italia se encuentra ampliamente extendida la dieta mediterránea, caracterizada principalmente por tener un bajo consumo de grasas saturadas y animales terrestres (especialmente carnes rojas)

y un alto consumo de grasas mono y poliinsaturadas, antioxidantes y fibra presentes en frutas, verduras, leguminosas y cereales integrales (Urquiaga et al., 2017), a diferencia de Colombia, en donde la mayor parte de la ingesta de verduras y hortalizas es a través de la preparación de sopas, el acceso permanente a fuentes de proteína animal se encuentra severamente restringido para gran parte de la población rural y urbana, los cereales y tubérculos como el arroz, papa, yuca y el ñame conforman el núcleo de la alimentación y, finalmente, los jugos de frutas siguen haciendo parte de la dieta cotidiana en la mayoría del territorio nacional (ICBF y FAO, 2016).

Por otro lado, al ubicar y comparar jóvenes universitarios colombianos sobre las elipses de tolerancia específicas para población mexicana, elaboradas por Espinosa-Cuevas et al. (2007), se encontró que solo existían diferencias significativas entre las mujeres incluidas en ambos estudios; dicha diferencia podría ser atribuida a factores genéticos, biológicos, socio-demográficos o culturales. La Cámara Nacional de la Industria del Vestido (2012) realizó un estudio antropométrico nacional en México, donde se observó que las mujeres tenían una estatura promedio de 158 cm y un peso de 68,7 kg, mientras que, la muestra de mujeres analizada en el presente estudio tuvo un promedio de estatura de 159 cm y un peso de 59,4 kg. Además, dentro de los aspectos relevantes alrededor de lo evidenciado se encuentra que, según los datos proporcionados por la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018, el 76,8% de las mujeres mexicanas  $\geq 20$  años presenta exceso de peso (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2018), en comparación con el 59,6% de mujeres colombianas con edades entre 18 y 64 años que presentan exceso de peso según la ENSIN 2015 (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar et al., 2015). Teniendo en cuenta lo anterior, es coherente que los vectores de impedancia bioeléctrica de mujeres colombianas, ubicados sobre elipses de tolerancia para mujeres mexicanas, se encuentren mayormente desplazados hacia el cuadrante de delgadez. Es

importante mencionar que, las medidas de tendencia central son susceptibles a valores extremos y, dentro de la muestra analizada en este estudio 5 mujeres presentaron valores superiores a 100 kg en el peso corporal.

Por otra parte, existe una diferencia importante entre los grupos seleccionados para llevar a cabo el análisis vectorial, que radica principalmente en las edades y el IMC como un criterio de exclusión. Los estudios de Atilano-Carsi, Bajo, et al. (2015), Espinosa-Cuevas et al. (2007) y Piccoli et al. (1995) incluyeron individuos con edades entre 18 y 82 años aproximadamente, con un IMC entre 18 y 31 Kg/m<sup>2</sup>, mientras que, en la muestra de estudiantes universitarios el rango de edad se estableció entre 15 y 29 años, sin realizar exclusión en función del IMC, debido a que, no se encontraron bases científicas que respaldaran y justificaran el uso del rango como criterio de exclusión en casos similares al abordado en el presente análisis.

Ahora bien, teniendo en cuenta cada uno de los puntos mencionados, es de gran importancia establecer elipses de tolerancia específicas para cada población, dado que, la CC varía en función de diversos factores y, el método analizado en este trabajo puede ser utilizado en individuos sanos o enfermos, mediante la realización de registros de seguimiento y evaluación de la migración que presentan los vectores en los diferentes cuadrantes del gráfico RXc a través del tiempo.

Como ejemplo de lo anterior se encuentra que, en individuos sanos se ha evaluado la migración de los vectores de impedancia tras el desentrenamiento deportivo, con el propósito de analizar cambios en la CC, evidenciando una recuperación del agua corporal total y sus compartimentos intra y extracelular (Alvero-Cruz et al., 2017). Además, se han elaborado elipses de referencia para población sana en países con características étnicas muy diferentes a las de la

muestra analizada en el presente estudio, dentro de las que se encuentra población italiana, norteamericana, hindú, española, entre otras (Atilano-Carsi, Bajo, et al., 2015; Jha et al., 2006; Piccoli et al., 1994, 1995; Piccoli, Pillon, et al., 2002). Teniendo en cuenta lo expuesto, resulta relevante establecer valores de referencia para cada población específica, dado que, permite evaluar los cambios en los compartimentos corporales que presentan individuos con diversas condiciones fisiopatológicas, como en el estudio realizado por Atilano-Carsi, Miguel, et al. (2015), donde el análisis de vectores de impedancia fue utilizado para el ajustar el peso seco en los pacientes sometidos a hemodiálisis, debido a la capacidad que presenta el método para identificar la sobrehidratación subclínica (antes de la aparición del edema) y estados de deshidratación (Espinosa-Cuevas et al., 2007).

El presente estudio establece vectores de impedancia bioeléctrica y elipses de tolerancia específicas para población joven colombiana. Según la búsqueda realizada previamente, ningún grupo poblacional colombiano cuenta con vectores de impedancia, ni elipses de referencia específicas.

Dentro de las fortalezas de este estudio se resalta que es pionero en establecer elipses de tolerancia específicas para vectores de impedancia bioeléctrica en estudiantes universitarios colombianos, a través del método gráfico RXc. Además, el equipo utilizado para tomar la medidas de bioimpedancia fue multifrecuencia, lo que permite diferenciar el agua intracelular y extracelular, dado que, los equipos monofrecuencia utilizan una frecuencia de 50 kHz y, las frecuencias para medir el agua extracelular deben encontrarse entre 1 y 7 kHz, debido a que, frecuencias mayores atraviesan la membrana celular y no permiten obtener esa información (Aminogram, 2020).



Respecto a las limitaciones del estudio se considera la no aleatorización de la muestra, sin embargo, es importante mencionar que se obtuvo una participación considerable dentro de la comunidad universitaria, teniendo en cuenta el cálculo muestral realizado y el tamaño de muestra en estudios similares llevados a cabo en otros países, entre los que se destacan México (439 sujetos), España (311 sujetos) e India (451 sujetos sanos y 162 pacientes con enfermedad renal) (Atilano-Carsi, Bajo, et al., 2015; Espinosa-Cuevas et al., 2007; Jha et al., 2006). Además, se presentaron limitaciones respecto a las poblaciones de referencia, dado que, dentro de la revisión bibliográfica realizada se encontró que hasta la fecha ningún grupo poblacional colombiano cuenta con vectores de bioimpedancia y elipses de tolerancia, por lo que, la muestra analizada en este trabajo no pudo ser comparada con individuos que pertenecieran al mismo territorio nacional. Del mismo modo, tampoco pudo ser comparada con individuos que pertenecieran al mismo grupo etario (determinado según la edad y etapas específicas del ciclo vital), dado que, dentro de la bibliografía revisada no se encontraron análisis vectoriales llevados a cabo en población universitaria o personas que, por lo menos, pertenecieran a un rango de edad similar al de la muestra analizada en el presente estudio.

En el futuro la presente investigación puede ser mejorada al incrementar la cantidad de personas incluidas en la muestra, con individuos de diferentes ciudades y grupos poblacionales con mayor rango de edad, con el fin de buscar una representatividad nacional.

## 12 Conclusiones

- Respecto a la clasificación antropométrica se encontró que más de la mitad de los individuos evaluados presentó un IMC normal, aproximadamente una tercera parte de la población presentó sobrepeso, una doceava parte de la población presentó delgadez y un porcentaje mínimo presentó obesidad.
- Las mujeres presentaron mayor porcentaje de grasa corporal que los hombres y ambos sexos presentaron valores ligeramente bajos de masa celular activa, indicando que las células no presentan un equilibrio adecuado entre el contenido de agua intracelular y las proteínas metabólicas.
- La estimación de la asociación cruda y la comparación entre ambos sexos arrojó diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de todas las variables de composición corporal analizadas.
- Los vectores de impedancia de la muestra de estudiantes universitarios se encuentran desplazados hacia los cuadrantes superiores de las elipses de referencia para población italiana y, las pruebas realizadas arrojaron diferencias estadísticamente significativas entre ambas. Por otro lado, después de comparar la muestra con elipses de referencia para población mexicana, se obtuvo que solo las mujeres presentaron diferencias estadísticamente significativas, desplazadas principalmente sobre el cuadrante superior derecho (delgadez). Es por lo anterior que, teniendo en cuenta que la composición corporal de la muestra analizada en el presente estudio es diferente a poblaciones de

referencia descritas en la literatura, fue necesario establecer elipses de tolerancia específicas para la muestra de estudiantes universitarios de Cartagena, Colombia.

- Las elipses de tolerancia específicas elaboradas son una herramienta útil para evaluar la composición corporal de estudiantes universitarios colombianos con características similares a las de la muestra analizada en el presente estudio, como una alternativa práctica ante la inexistencia de otros referentes en población colombiana, actualmente. Además, las elipses propuestas y la determinación de vectores de impedancia bioeléctrica en la muestra se consolidan como un precedente para la realización de futuras investigaciones.

### 13 Referencias bibliográficas

- Alvero-Cruz, J. R., Correas Gómez, L., Ronconi, M., Fernández Vázquez, R., Y Porta i Manzañido, J. (2011). La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal, normas prácticas de utilización. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 4(4), 167-174.
- Alvero-Cruz, J. R., Ronconi, M., García-Romero, J. C., Carrillo-de-Albornoz-Gil, M., Jiménez López, M., Correas Gómez, L., Carnero, E. A., Alvero-Cruz, J. R., Ronconi, M., García-Romero, J. C., Carrillo-de-Albornoz-Gil, M., Jiménez López, M., Correas Gómez, L., Y Carnero, E. A. (2017). Cambios de la composición corporal tras un periodo de desentrenamiento deportivo. *Nutrición Hospitalaria*, 34(3), 632-638. <https://doi.org/10.20960/nh.618>
- Aminogram. (s. f.). PhA (Ángulo de fase) y IR (Radio de impedancia). *Aminogram*. Recuperado 26 de febrero de 2023, de <https://aminogram.com/bio-impedancemetrie/pha-angle-de-phase-et-ir-ratio-dimpedance/?lang=es>
- Aminogram. (2018). *Biody Xpert - Análisis de la composición corporal por impedancia bioeléctrica: Manual de utilización*.
- Aminogram. (2020). *Los compartimentos corporales*. <https://aminogram.com/les-compartiments-corporels/?lang=es>
- Anastacio-Landa, F., Dominguez-Lara, S., Romo-González, T., Herrera-Meza, S., Y Campos-Uscanga, Y. (2022). Validación de un cuestionario para medir conductas alimentarias de riesgo de malnutrición por exceso en universitarios mexicanos. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 42(4), Article 4. <https://doi.org/10.12873/424campos>

Asociación Médica Mundial (AMM). (1964). *Declaración de Helsinki—Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos*.

[https://minciencias.gov.co/sites/default/files/ckeditor\\_files/6.pdf](https://minciencias.gov.co/sites/default/files/ckeditor_files/6.pdf)

Atilano-Carsi, X., Bajo, M. A., Peso, G. D., Sánchez, R., Y Selgas, R. (2015a). Vectores de impedancia bioeléctrica de referencia para la población española. *Nutrición Hospitalaria*, 31(3), 1336-1344.

<https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.3.8128>

Atilano-Carsi, X., Miguel, J. L., Martínez Ara, J., Sánchez Villanueva, R., González García, E., Y Selgas Gutiérrez, R. (2015a). Vectores de impedancia bioeléctrica como herramienta para la determinación y ajuste del peso seco en pacientes sometidos a hemodiálisis. *Nutr. hosp*, 31(5), 2220-2229. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.5.8649>

Ayvaz G, Çimen AR. (2011). Methods for Body Composition Analysis in Adults. *The Open Obesity Journal*, 3:62-9

Barbosa-Silva, M. C. G., Y Barros, A. J. D. (2005). Bioelectrical impedance analysis in clinical practice: A new perspective on its use beyond body composition equations. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 8(3), 311-317.

<https://doi.org/10.1097/01.mco.0000165011.69943.39>

Basteiro, Y. C. C., González, M. P., Y Graña, T. R. (2018). Exceso de peso y sarcopenia en ancianos que viven sin restricciones en la comunidad. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 28(1), Article 1.

Blaak, E. (2001). Gender differences in fat metabolism. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 4(6), 499-502. <https://doi.org/10.1097/00075197-200111000-00006>

- Calvo, D. E., Y Benjumea-Bedoya, D. (2021). Relación del volumen de agua corporal total, el extracelular, y preeclampsia. Revisión narrativa de la literatura. *Medicas UIS*, 34(2), 49-60.  
<https://doi.org/10.18273/revmed.v34n2-2021005>
- Cámara Nacional de la Industria del Vestido. (2012). *¿Cuánto mide México? El tamaño sí importa*.  
<https://es.scribd.com/document/80868699/Peso-Mexicanos>
- Canda, A. (2017). Deportistas de alta competición con índice de masa corporal igual o mayor a 30 kg/m<sup>2</sup>. ¿Obesidad o gran desarrollo muscular? *Apunts Sports Medicine*, 52(193), 29-36.
- Carbajal, Á. (2013). *Manual de nutrición y dietética*. Universidad Complutense de Madrid.  
<https://www.ucm.es/nutricioncarbajal/manual-de-nutricion>
- Carreira, J., Cornejo, I., Vegas, I., García, C., García, J., Y Bellido, D. (2022). Aplicaciones del ángulo de fase de la bioimpedancia en la nutrición clínica. *Nutrición Clínica en Medicina*, XVI(1), 33-46.
- Carrión, G., Y Elizabeth, G. (2014). Adolescencia e hipertensión arterial. *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*, 18(5), 743-752.
- Ceballos-Macías, J. J., Pérez Negrón-Juárez, R., Flores-Real, J. A., Vargas-Sánchez, J., Ortega-Gutiérrez, G., Madriz-Prado, R., Y Hernández-Moreno, A. (2018). Obesidad. Pandemia del siglo XXI. *Revista de sanidad militar*, 72(5-6), 332-338.
- Cortés, C., Escobar, A., Cebada, J., Soto, G., Bilbao, T., Y Vélez, M. (2018). Estrés y cortisol: Implicaciones en la ingesta de alimento. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 37(3).

<https://www.studocu.com/cl/document/universidad-austral-de-chile/fundamentos-biologicos-del-comportamiento/cortisol-y-estres/15013552>

Costa, O., Alonso-Alubin, D., de Oliveira, P., Candia-Luján, R., Y de Paz, J. (2015). Métodos de evaluación de la composición corporal: Una revisión actualizada de descripción, aplicación, ventajas y desventajas. *Archivos de Medicina del Deporte*, 32(6), 387-394.

Durá-Travé, T., Gallinas-Victoriano, F., Chacón, M., González, P., Ahmed-Mohamed, L., y Urretavizcaya, M. (2020). Reference values of fat mass index and fat-free mass index in healthy Spanish adolescents. *Nutricion hospitalaria*, 37. <https://doi.org/10.20960/nh.03161>

Einöder-Moreno, M., Atienza-Merino, G., Compostela, S. (2011). Bioimpedancia vectorial en la valoración nutricional y del balance hídrico de pacientes con insuficiencia renal crónica. *Consellería de Sanidade, Axencia de Avaliación de Tecnoloxías Sanitarias de Galicia (avalía-t)*

Espinosa-Cuevas, M. de los Á., Rivas-Rodríguez, L., González-Medina, E. C., Atilano-Carsi, X., Miranda-Alatraste, P., y Correa-Rotter, R. (2007a). Vectores de impedancia bioeléctrica para la composición corporal en población mexicana. *Revista de investigación clínica*, 59(1), 15-24.

Gálvez, Á. (2020). Hábitos alimentarios y composición corporal de los estudiantes de Cultura Física, Deporte y Recreación durante las cohortes 2017 I al 2019 II. *Ágora para la Educación Física y el Deporte*, 22, 403-413.

GBD 2019 Diseases and Injuries Collaborators. (2020). Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990-2019: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet (London, England)*, 396(10258). [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30925-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30925-9)

- González Jiménez, E. (2013). Composición corporal: Estudio y utilidad clínica. *Endocrinología y Nutrición*, 60(2), 69-75. <https://doi.org/10.1016/j.endonu.2012.04.003>
- González-Zapata, L., Carreño-Aguirre, C., Estrada, A., Monsalve-Alvarez, J., Alvarez, L. S., González-Zapata, L., Carreño-Aguirre, C., Estrada, A., Monsalve-Alvarez, J., Y Alvarez, L. S. (2017). Exceso de peso corporal en estudiantes universitarios según variables sociodemográficas y estilos de vida. *Revista chilena de nutrición*, 44(3), 251-261. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182017000300251>
- ICBF, Y FAO. (2016). *Documento técnico: Guías Alimentarias Basadas en Alimentos para la población colombiana mayor de 2 años*.  
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/guias-alimentarias-basadas-en-alimentos.pdf>
- Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). (2020, octubre 8). *Latest GBD results: 2019*.  
Institute for Health Metrics and Evaluation. <https://www.healthdata.org/gbd/gbd-2019-resources>
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, Ministerio de Salud y Protección Social, Instituto Nacional de Salud, Y Departamento Administrativo para la Prosperidad Social. (2015). *Encuesta Nacional de Situación Nutricional de Colombia—ENSIN 2015*.  
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/GCFI/ensin-colombia-2018.pdf>
- Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). (2020). *Serie 2019 sobre la Doble Carga de la Malnutrición*. The lancet. <http://www.incap.int/index.php/es/todas-publicaciones-2/554-the-lancet-la-doble-carga-de-la-malnutricion/file>



- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2018). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) 2018*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ensanut/2018/>
- Instituto Nacional del Cáncer. (2011, febrero 2). *Definición de densidad mineral ósea* (nciglobal,ncienterprise).  
<https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/densidad-mineral-osea>
- Istituto Superiore di Sanità. (2020). *Istituto Superiore di Sanità (ISS)—ISS (EN)—ISS*. ISS (EN).  
<https://www.iss.it/web/iss-en>
- Jha, V., Jairam, A., Sharma, M., Sakhuja, V., Piccoli, A. Y Parthasarathy, S. (2006). Body composition analysis with bioelectric impedance in adult Indians with ESRD: Comparison with healthy population. *Kidney international*, 69(9), 1649-1653. <https://doi.org/10.1038/sj.ki.5000293>
- Katamba, G., Musasizi, A., Kinene, M. A., Namaganda, A., Y Muzaale, F. (2021). Relationship of anthropometric indices with rate pressure product, pulse pressure and mean arterial pressure among secondary adolescents of 12–17 years. *BMC Research Notes*, 14(1), 101.  
<https://doi.org/10.1186/s13104-021-05515-w>
- Katz, R. (2013). *Vectores* (Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura).  
[https://www.fceia.unr.edu.ar/~pablos/Álgebra%20y%20Geometría%20Analítica/MATERIAL%20\(VIEJO\)/Apunte%20de%20vectores.pdf](https://www.fceia.unr.edu.ar/~pablos/Álgebra%20y%20Geometría%20Analítica/MATERIAL%20(VIEJO)/Apunte%20de%20vectores.pdf)
- Laboratorio de antropometría. (2022). *Hoja de vida de equipos - Universidad del Sinú*.

Lara-Pérez, E. M., Pérez-Mijares, E. I., Cuellar-Viera, Y., Lara-Pérez, E. M., Pérez-Mijares, E. I., Y

Cuellar-Viera, Y. (2022). Antropometría, su utilidad en la prevención y diagnóstico de la hipertensión arterial. *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*, 26(2).

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1561-](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1561-)

[31942022000200026&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1561-31942022000200026&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

Llames, L., Baldomero, V., Iglesias, M. L., Y Rodota, L. P. (2013). Valores del ángulo de fase por bioimpedancia eléctrica: Estado nutricional y valor pronóstico. *Nutrición Hospitalaria*, 28(2), 286-295. <https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.2.6306>

López, J., Chinchilla-Giraldo, N., Bermúdez, I., Y Álvarez, A. (2021). Dislipidemia y estrés en estudiantes universitarios: Un enemigo silencioso. *Revista de Ciencias Sociales*, 27(3).

<https://www.redalyc.org/journal/280/28068276006/28068276006.pdf>

Manga, M., Aguar, L., Usón, S., Y Civiriain, L. (2022). Importancia de la antropometría en el diagnóstico de la fragilidad y sarcopenia. *Revista Electrónica de PortalesMedicos.com*, XVII(5).

<https://www.revista-portalesmedicos.com/revista-medica/importancia-de-la-antropometria-en-el-diagnostico-de-la-fragilidad-y-sarcopenia/>

Marín, M. (2015). Estrés en estudiantes de educación superior de Ciencias de la Salud. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 6(11).

<https://www.redalyc.org/pdf/4981/498150319040.pdf>

Martins, P. C., Gobbo, L. A., Y Silva, D. A. S. (2021). Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) in university athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18(1), 7.

<https://doi.org/10.1186/s12970-020-00403-3>

Maza-Ávila, F. J., Caneda-Bermejo, M. C., Vivas-Castillo, A. C., Maza-Ávila, F. J., Caneda-Bermejo, M. C., Y Vivas-Castillo, A. C. (2022). Hábitos alimenticios y sus efectos en la salud de los estudiantes universitarios. Una revisión sistemática de la literatura. *Psicogente*, 25(47), 110-140. <https://doi.org/10.17081/psico.25.47.4861>

Ministerio de Salud y Protección Social. (1993). *Resolución 8430 de 1993*.

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>

Ministerio de Salud y Protección Social. (2016). *Resolución 2465 de 2016*.

[https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/resolucion\\_no.\\_2465\\_del\\_14\\_de\\_junio\\_de\\_2016.pdf](https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/resolucion_no._2465_del_14_de_junio_de_2016.pdf)

Miravet-Jiménez, S., Pérez-Unanua, M. P., Alonso-Fernández, M., Escobar-Lavado, F. J., González-Mohino Loro, B., Y Piera-Carbonell, A. (2020). Manejo de la diabetes mellitus tipo 2 en adolescentes y adultos jóvenes en atención primaria. *Medicina de Familia. SEMERGEN*, 46(6), 415-424. <https://doi.org/10.1016/j.semerg.2019.11.008>

Montoya, P. (s. f.). *Alimentación, nutrición y salud*. Recuperado 4 de marzo de 2023, de

<http://www.oda-alc.org/documentos/1341945107.pdf>

Musaiger, A. O., Awadhalla, M. S., Al-Mannai, M., AlSawad, M., Y Asokan, G. V. (2017). Dietary habits and sedentary behaviors among health science university students in Bahrain.

*International Journal of Adolescent Medicine and Health*, 29(2). <https://doi.org/10.1515/ijamh-2015-0038>

Navarrete, P. J., Loayza, M. J., Velasco, J. C., Huatuco, Z. A., Y Abregú, R. A. (2016). Índice de masa corporal y niveles séricos de lípidos. *Horizonte Médico (Lima)*, 16(2), 13-18.

Núñez Sánchez, M. C., Y Reyes Huarcaya, R. M. E. (2017). Importancia de diferenciar puntos de corte del IMC de acuerdo a la edad. *Nutrición Hospitalaria*, 34(5), 1263-1263.

<https://doi.org/10.20960/nh.1416>

OMS. (2021). *Obesidad y sobrepeso*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>

OPS, Y OMS. (s. f.). *Salud del adolescente*. Recuperado 5 de marzo de 2023, de <https://www.paho.org/es/temas/salud-adolescente>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2019). *La nutrición en la cobertura sanitaria universal [Nutrition in universal health coverage]*.

<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/331148/WHO-NMH-NHD-19.24-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2015). *Alimentos y bebidas ultraprocesados en América Latina: Tendencias, efecto sobre la obesidad e implicaciones para las políticas públicas*.

[https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/7698/9789275318645\\_esp.pdf](https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/7698/9789275318645_esp.pdf)

Organización Panamericana de la Salud (OPS), Y Organización Mundial de la Salud (OMS). (2020).

*Las funciones esenciales de la salud pública en las américas: Una renovación para el siglo XXI - Marco conceptual y descripción*. Organización Panamericana de la Salud.

[https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/53125/9789275322659\\_spa.pdf](https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/53125/9789275322659_spa.pdf)

Pedraza, D. F. (2004). Estado nutricional como factor y resultado de la seguridad alimentaria y nutricional y sus representaciones en Brasil. *Revista de Salud Pública*, 6, 140-155.

<https://doi.org/10.1590/S0124-00642004000200002>

- Piccoli, A. (1998). Identification of operational clues to dry weight prescription in hemodialysis using bioimpedance vector analysis. The Italian Hemodialysis-Bioelectrical Impedance Analysis (HD-BIA) Study Group. *Kidney International*, 53(4), 1036-1043. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1755.1998.00843.x>
- Piccoli, A., Nescolarde, L. D., Y Rosell, J. (2002). Análisis convencional y vectorial de bioimpedancia en la práctica clínica. *Nefrología*, 22(3), 228-238.
- Piccoli, A., Nigrelli, S., Caberlotto, A., Bottazzo, S., Rossi, B., Pillon, L., Y Maggiore, Q. (1995). Bivariate normal values of the bioelectrical impedance vector in adult and elderly populations. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 61(2), 269-270. <https://doi.org/10.1093/ajcn/61.2.269>
- Piccoli, A., Pillon, L., Y Dumler, F. (2002). Impedance vector distribution by sex, race, body mass index, and age in the United States: Standard reference intervals as bivariate Z scores. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, 18(2), 153-167. [https://doi.org/10.1016/s0899-9007\(01\)00665-7](https://doi.org/10.1016/s0899-9007(01)00665-7)
- Piccoli, A., Rossi, B., Pillon, L., Y Bucciante, G. (1994). A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: The RXc graph. *Kidney International*, 46(2), 534-539. <https://doi.org/10.1038/ki.1994.305>
- Pizzi, R., Y Fung, L. (2015). Obesidad y mujer. *Revista de Obstetricia y Ginecología de Venezuela*, 75(4), 221-224.
- Plank LD. (2005). Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*;8 (3):305-9.

- Porto-Arias, J. J., Lorenzo, T., Lamas, A., Regal, P., Cardelle-Cobas, A., Y Cepeda, A. (2018). Food patterns and nutritional assessment in Galician university students. *Journal of Physiology and Biochemistry*, 74(1), 119-126. <https://doi.org/10.1007/s13105-017-0582-0>
- Quesada Leyva, L., León Ramentol, C. C., Betancourt Bethencourt, J., Y Nicolau Pestana, E. (2016). Elementos teóricos y prácticos sobre la bioimpedancia eléctrica en salud. *Revista Archivo Médico de Camagüey*, 20(5), 565-578.
- Ramírez-Herrera, C. J., Pico-Tarazona, J. C., Sánchez, I. A., Garavito-Peña, F. R., Mendoza-Romero, D., Castro-Jiménez, L. E., Ramírez-Herrera, C. J., Pico-Tarazona, J. C., Sánchez, I. A., Garavito-Peña, F. R., Mendoza-Romero, D., Y Castro-Jiménez, L. E. (2021). Ángulo de fase como indicador de riesgo cardiovascular en estudiantes universitarios. *Revista Colombiana de Cardiología*, 28(6), 656-664. <https://doi.org/10.24875/rccar.m21000109>
- Rodríguez, P. (2017). *Valores de referencia de composición corporal para población española adulta, obtenidos mediante antropometría, impedancia eléctrica (BIA) tetrapolar e interactancia de infrarrojos* [Universidad Complutense de Madrid]. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/43420/1/T38958.pdf>
- Rodríguez–Atristain, A., Miranda-Alatríste, P. V., Sánchez-Hernández, O. E., Rodríguez-Arellano, M. E., Y Sánchez-Trampe, B. I. (2016). Vectores de impedancia bioeléctrica para analizar la composición corporal de mujeres mexicanas embarazadas. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, 21(2), 55-64.

- Rosado, E. L., Monteiro, J. B., Chaia, V., Y Lago, M. F. do. (2006). Efecto de la leptina en el tratamiento de la obesidad e influencia de la dieta en la secreción y acción de la hormona. *Nutrición Hospitalaria*, 21(6), 686-693.
- Santos, M. (2011). *Aplicación de nuevas tecnologías al análisis de la composición corporal: Contraste metodológico y utilidad en el diagnóstico de la condición nutricional* [Universidad Complutense de Madrid]. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/13037/1/T33033.pdf>
- Sarubbi De Rearte, E., Y Castaldo, R. I. (2013). *Factores causales del estrés en los estudiantes universitarios* (V Congreso Internacional de Investigación y Práctica Profesional en Psicología XX Jornadas de Investigación Noveno Encuentro de Investigadores en Psicología del MERCOSUR). <https://www.aacademica.org/000-054/466.pdf>
- Tena-Suck, A., Castro-Martínez, G., Marín-Navarrete, R., Gómez-Romero, P., Fuente-Martín, A. de la, Gómez-Martínez, R., Tena-Suck, A., Castro-Martínez, G., Marín-Navarrete, R., Gómez-Romero, P., Fuente-Martín, A. de la, Y Gómez-Martínez, R. (2018). Consumo de sustancias en adolescentes: Consideraciones para la práctica médica. *Medicina interna de México*, 34(2), 264-277. <https://doi.org/10.24245/mim.v34i2.1595>
- Teruel-Briones, J. L., Fernández-Lucas, M., Ruiz-Roso, G., Sánchez-Ramírez, H., Rivera-Gorrión, M., Gomis-Couto, A., Rodríguez-Mendiola, N., Y Quereda, C. (2012). Análisis de concordancia entre la bioimpedancia vectorial y la espectroscópica. *Nefrología (Madrid)*, 32(3), 389-395.
- Uribe, G. (2020). *Protocolo para la toma y registro de medidas antropométricas*. Universidad del Sinú - Elías Bechara Zainúm.

Urquiaga, I., Echeverría, G., Dussailant, C., Y Rigotti, A. (2017). Origen, componentes y posibles mecanismos de acción de la dieta mediterránea. *Revista médica de Chile*, 145(1), 85-95.

<https://doi.org/10.4067/S0034-98872017000100012>