

Estimación y comparación de puntos de corte de ángulo de fase, resistencia, reactancia y coeficiente de bioimpedancia en una muestra de estudiantes de una institución universitaria privada en la ciudad de Cartagena, 2020-1

Sebastián Banquéz Trocha

Kevin David Fuentes Polo

Melissa Giraldo Padilla

Verónica Ruíz Álvarez

UNIVERSIDAD DEL SINÚ SECCIONAL CARTAGENA

ESCUELA DE NUTRICION Y DIETETICA

PREGRADO

X SEMESTRE

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

2020

Estimación y comparación de puntos de corte de ángulo de fase, resistencia, reactancia y coeficiente de bioimpedancia en una muestra de estudiantes de una institución universitaria privada en la ciudad de Cartagena, 2020-1

Sebastián Banquéz Trocha

Kevin David Fuentes Polo

Melissa Giraldo Padilla

Verónica Ruíz Álvarez

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO DE NUTRICIONISTA DIETISTA

ASESORES:

Maritza Díaz Rincón

ND, Esp, MSc en Epidemiología

Lyda Ximena Mora Cubillos

Lic. Química. MSc. PhD

Gildardo Uribe Gil

ND, MSc en Nutrición Salud Colectiva

UNIVERSIDAD DEL SINU SECCIONAL CARTAGENA

ESCUELA DE NUTRICION Y DIETETICA

PREGRADO

X SEMESTRE

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

2020

Cartagena, 29/11/2020

Doctor:

Oscar Torres Yarzagaray

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: **Estimación y comparación de puntos de corte de ángulo de fase, resistencia, reactancia y coeficiente de bioimpedancia en una muestra de estudiantes de una institución universitaria privada en la ciudad de Cartagena, 2020-1**, 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:

Lyda Ximena Mora

Coordinadora de Investigaciones Escuela de Nutrición y Dietética

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Cartagena DT y C, 29 de noviembre de 2020

DEDICATORIA

A Dios, por impulsar cada movimiento, por generar cada pensamiento y por alimentar nuestras almas con sabiduría, amor, discernimiento, paciencia, motivación; por llenarnos de vitalidad y salud para siempre continuar.

A nuestros padres, por ser guías, por ser motor, por su especial afecto y apoyo en cada estación del camino recorrido, por ser el pilar que nos sostuvo en cada momento durante todos los años de nuestra educación, y por su maravillosa labor en ayudarnos a descubrir lo que somos y queremos ser, por su irreprochable incondicionalidad que se ha mantenido en el tiempo y su desinteresada formación para toda la vida.

A ellos y a Dios les debemos todo.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, expresamos nuestros agradecimientos principalmente a N.D Maritza Díaz Rincón por su dedicación como asesor de proyecto de grado, por su excelente disposición, sus valiosos aportes académicos y consejos que impulsaron el desarrollo de este proyecto; al N.D Gildardo Uribe Gil puesto que su apoyo, colaboración y motivación fueron aportes esenciales para la culminación de este proyecto.

Así mismo, agradecemos a nuestros compañeros de la facultad, a la Universidad del Sinú - Elías Bechara Zainum, y a todas esas personas que hicieron posible la culminación de este proyecto y del estudio de esta carrera.

Gracias también a Dios y a nuestros padres por mantenerse firmes en el tiempo y su continuo acompañamiento. Este trabajo de investigación es también fruto del reconocimiento y del apoyo vital que nos ofrecen las personas que nos estiman, sin el cual no tendríamos la fuerza y energía que nos anima a crecer como personas y como profesionales. A todos, muchas gracias.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE GRÁFICOS E ILUSTRACIONES	IX
LISTA DE TABLAS	X
INTRODUCCIÓN	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	4
2. JUSTIFICACIÓN	5
3. OBJETIVOS	8
OBJETIVO GENERAL	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
4. REVISIÓN LITERARIA	9
4.1 MARCO TEÓRICO	9
4.2 ANTECEDENTES	13
4.3 MARCO CONCEPTUAL	20
5. METODOLOGÍA	23
5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	23
5.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	23
5.3 VARIABLES DE ESTUDIO Y OPERACIONALIZACIÓN	23
5.4 CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN	25
5.5 FUENTES, MÉTODOS Y MECANISMOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	26
5.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	28
7. MARCO LEGAL	30
8. RESULTADOS	31
ANÁLISIS COMPARATIVO	39
9. DISCUSIÓN	41
10. CONCLUSIONES	44
11. Limitaciones y recomendaciones a futuros estudios	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

LISTA DE GRÁFICOS E ILUSTRACIONES

Gráfico 1 Boxplot Ángulo de fase según el sexo.	33
Gráfico 2 Coeficiente de Bioimpedancia Z200/Z5.	34
Gráfico 3 Cajas y bigotes Resistencia y Reactancia según el sexo.	35
Gráfico 4 Comparación de curvas ROC para predecir exceso de peso.	36
Gráfico 5 Curva ROC predictor de exceso de peso en mujeres.	37
Gráfico 6 Curva ROC predictor de exceso de peso en hombres.	38
Gráfico 7 curva ROC índice de youden con mayor especificidad y sensibilidad en hombres	39
Gráfico 8 Curva ROC índice de youden con mayor especificidad y sensibilidad en mujeres	40
Ilustración 1 Técnica recomendada por el fabricante para la toma de bioimpedancia con el quipo Biody xpert.	26
Ilustración 2 Frecuencias del BiodyXpert y su relación con la célula.	42

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Antecedentes de otros estudios realizados en bioimpedancia.	13
Tabla 2 Operacionalización de variables incluidas en el estudio.	23
Tabla 3 Características sociodemográficas y composición corporal.	31
Tabla 4 Características bioeléctricas de la muestra en función del sexo y de la actividad deportiva (Arias, 2020).	39

INTRODUCCIÓN

La bioimpedancia eléctrica ha surgido como una nueva estrategia para la valoración de la composición corporal. La aplicación se basa en la resistencia que el organismo ofrece al paso de una corriente eléctrica, a través de esta se obtienen diferentes parámetros nutricionales que han sido evaluados como predictores pronósticos de morbilidad y mortalidad. Hoy en día cada vez son más los usos de la técnica de bioimpedancia en aplicaciones biomédicas, esto es debido principalmente a su bajo coste, su fácil manejo y a la mejora de los dispositivos electrónicos. Con el presente proyecto se pretende determinar los puntos de corte de ángulo de fase, resistencia, reactancia y coeficiente de bioimpedancia en una muestra de estudiantes de una institución universitaria privada en la ciudad de Cartagena, 2020-I. Estudio observacional descriptivo de corte transversal que se realizará con una muestra no probabilística de estudiantes de la Escuela de Nutrición y Dietética de la Universidad del Sinú, seccional Cartagena, que estuvieran activos durante el periodo 2020-1. A través de un equipo de bioimpedanciometría, multifrecuencia, multi algoritmo, de fabricación francesa con respaldo de calidad de la comunidad europea, portátil, indoloro y sin cable, marca Budy Xpert. Para el análisis de la información se usará el software estadístico STATA 14, mediante el cual se realizarán análisis exploratorio, descriptivo y bivariado con el fin de encontrar asociaciones. Adicionalmente, se realizará una curva ROC para determinar los puntos de corte de los parámetros por bioimpedancia. Se espera con el siguiente proyecto caracterizar la población evaluada, estimar los puntos de corte para los diferentes parámetros por bioimpedancia y comparar los puntos de corte establecidos con población española.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La bioimpedancia eléctrica (BIE) es una técnica no invasiva, inmediata e inócua que requiere sólo de unos pocos minutos y es de simple ejecución en cualquier contexto clínico, la BIE permite la estimación de la composición corporal de manera rápida, arrojando además resultados sobre otros parámetros como ángulo de fase, resistencia y reactancia que son de suma importancia en la predicción del estado nutricional del ser humano al que se le aplique. En la actualidad, la bioimpedancia (BIA) tiene un papel destacado en las ciencias de la salud, debido a su capacidad como indicador pronóstico en el estado celular ya que uno de los parámetros que mide, el ángulo de fase (AF), tiene múltiples cualidades predictivas y un rol que puede llegar a ser fundamental en varias condiciones patológicas.

El AF se puede calcular directamente de la R y la Xc como el arco tangente $(Xc/R) \times 180^\circ/\pi$. Por lo tanto, el ángulo de fase, por una parte, es dependiente de la capacitancia de los tejidos (Xc) asociado con la celularidad, tamaño de la célula, e integridad de la membrana celular, y por otro lado del comportamiento de la R, que depende principalmente de la hidratación de los tejidos, sin mencionar que también se ha utilizado para predecir la masa celular corporal (MCC). (Llames, Baldomero, Iglesias y Rodota, 2013)

El análisis de la composición corporal es un procedimiento fundamental en la valoración del estado nutricional que varía de acuerdo a los hábitos alimentarios y que está relacionado con la educación de las personas, por ende los puntos de corte de algunos parámetros de bioimpedancia varían según el estado nutricional de las personas. En Colombia aún no hay datos y/o valores de referencia para los diferentes puntos de corte en la población sana joven según ángulo de fase o de otros parámetros de bioimpedancia, por eso es necesario determinar valores de referencia para que nos ayude a establecer un modelo de los puntos de corte para la población Colombiana sana (Arias, 2020).

Existen valores de referencia en varios países Europeos y latinoamericanos (México y Brasil) que son utilizados frecuentemente en diferentes campos debido a que les permite evaluar el estado nutricional de las personas, para una adecuada intervención del mismo, por lo tanto, es importante profundizar e investigar estos valores de referencia, ya que nos permite comparar y

establecer si existen similitudes o diferencias entre estas poblaciones y Colombia, teniendo en cuenta la etnia y las costumbres que hay en este (Arias, 2020).

Es importante que se comiencen a desarrollar estudios enfocados en parametrizar los valores de AF en la población colombiana, y que además de eso se le de la relevancia que la aplicación de esta prueba merece, pero, ¿por qué aún parte de las investigaciones que a diario se realizan en Colombia no están enfocadas a establecer rangos de valores de normalidad en aspectos como AF, R y Xc? Existen tal vez muchas razones por las que este tipo de búsqueda aún no se llevan a cabo en algunas instituciones de ciencias de la salud como algo primordial en avances de estimación del estado celular, entre estas encontramos que una de ellas puede ser el costo, porque si bien la aplicación de la prueba en cada persona puede tener un coste mínimo, el valor de equipo utilizado para tomar bioimpedancia es un poco elevado, sin embargo, es algo varía dependiendo del tipo de bioimpedanciometro que se utilice. Otro aspecto importante es el desconocimiento que se tiene a nivel nacional sobre este tema y los beneficios y oportunidades que resultan de realizar bioimpedancia eléctrica no solo en pacientes sanos, sino también en pacientes enfermos o críticamente enfermos, generando datos de referencia sobre el AF , por ejemplo, como posible predictor del estado celular en ese estado patológico, sin mencionar la poca confianza o fe que se le tiene a este método y a la veracidad de la información que este arroja, y es quizás por esa razón que en los últimos años no se habla de investigaciones que propongan esquemas de referencia en cuanto a AF, R y Xc, porque no existe mucha credibilidad en el poder que representa conocer esta información, y solo se cuenta con estudios que están más encaminados a usar la bioimpedancia eléctrica para determinar o estimar la composición corporal y algunos parámetros que este implica, como la masa libre de grasa, la masa muscular, estado hídrico, entre otros, en investigaciones más generalizadas como por ejemplo aquellas que son de tipo departamentales o regionales y no en una población delimitada, con características puntuales y condiciones específicas, limitando las capacidades de lo que la bioimpedancia eléctrica y el análisis de la totalidad de los parámetros que arroja nos puede brindar (Uribe Gil, 2020).

Al día de hoy, en Cartagena no se han adelantado investigaciones que lleven como base la aplicación de bioimpedancia eléctrica, por lo que se desconocen estas características, tanto de composición corporal basada en BIE como de estado celular específico de esta población.

1.1 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Teniendo en cuenta lo anterior, las preguntas que orientan la presente investigación son las siguientes:

- ¿Cuáles son los puntos de corte de algunos parámetros de bioimpedancia en una muestra de estudiantes universitarios de la ciudad de Cartagena durante el periodo 2020-I?
- ¿Cuáles son las similitudes y diferencias entre los puntos de corte de algunos parámetros de bioimpedancia en una muestra de estudiantes de una institución universitaria privada en la ciudad de Cartagena y una población española?

2. JUSTIFICACIÓN

La bioimpedancia eléctrica ha surgido como una nueva estrategia para la medición de los porcentajes de masa corporal, tanto masa grasa y masa muscular, así como también valores de ángulo de fase y otros parámetros bioeléctricos. Hoy en día cada vez son más los usos de la técnica de bioimpedancia en aplicaciones biomédicas, esto es debido principalmente a su bajo coste, su fácil manejo y a la mejora de los dispositivos electrónicos. Las aplicaciones de la bioimpedancia van desde la medida de parámetros nutricionales muy útiles para diagnosticar enfermedades o realizar una dieta apropiada, hasta la monitorización de forma continua de la frecuencia cardíaca y la velocidad del pulso de onda del corazón. (Antecedentes de las aplicaciones de bioimpedancia. S.f).

Otra aplicación de la técnica de bioimpedancia es la detección de cambios en los tejidos biológicos, permitiendo una detección temprana, por ejemplo, de la aparición de un edema, isquemia y otras desviaciones no saludables. En ocasiones se ha usado esta técnica para monitorizar pacientes durante y después de la cirugía de corazón. La medida de la bioimpedancia permite la caracterización del estado del tejido, para conseguir imágenes de diagnóstico o estimar parámetros hemodinámicos (Antecedentes de las aplicaciones de bioimpedancia. S.f).

En Colombia, al igual que en muchos otros países, tradicionalmente se han utilizado criterios antropométricos, como los índices basados en el peso, la talla y el índice de masa corporal (IMC), para definir la obesidad, la desnutrición y los trastornos alimentarios. Estas variables poseen poca sensibilidad para monitorear la respuesta al tratamiento, y es por eso que la evaluación de la composición corporal puede cualificar este proceso; adicionalmente, la grasa corporal y su distribución necesita una mayor atención en su relación con la etiología de las enfermedades cardiovasculares, la hipertensión y la diabetes tipo 2, enfermedades que ahora se considera que tienen su "periodo de incubación" durante la niñez y la adolescencia (Antecedentes de las aplicaciones de bioimpedancia. S.f).

Es importante establecer puntos de corte de las mediciones obtenidas en la investigación para poder evaluar y comparar la normalidad de los datos basados en los parámetros de bioimpedancia para decretar valores y/o características de la población universitaria; se

establecen los puntos de corte porque el cuerpo humano no es un elemento uniforme, ni en longitud, ni en sus áreas transversales de sección, ni en su composición iónica, y estas circunstancias afectan a la precisión de las medidas, además la impedancia corporal es diferente entre etnias, lo cual tiene influencias en la precisión de la BIA, esta también puede afectarse por múltiples y diferentes situaciones que se deberán tener muy en cuenta, como son: la posición del cuerpo, la hidratación, la ingestión de comida y bebida, el aire ambiente y la temperatura de la piel, la actividad física reciente y la conductancia del lugar donde se realiza, por lo tanto es de suma importancia que los puntos de corte de las mediciones obtenidas en los estudiantes universitarios sanos sean establecidos para así poder realizar la comparación de estos mismos con los puntos de corte de la población española (Residente, R. 2019).

Kettaneh et al en 2005 publicaron los resultados de un estudio realizado en una población del norte de Francia, en la cual evaluaron 64 niños entre los 9 y los 12 años de edad midiendo la talla, el peso, la circunferencia de la cintura, cuatro pliegues (bicipital, tricípital, subescapular y suprailíaco), los valores de leptina y el análisis por impedancia bioeléctrica (AIB) en un analizador pie-pie Tanita mod. Estos autores reportaron un nivel de reproducibilidad en el estimado de la masa grasa similar entre la antropometría y el AIB pie-pie; con excepción de los varones en etapa puberal, la correlación entre las mediciones de la masa grasa por AIB y la antropometría fueron similares en adultos y en niños, por lo que concluyen que el AIB proporciona una estimación adecuada de la adiposidad corporal, conveniente para estudios epidemiológicos sin embargo, advierten que se necesitan estudios adicionales en niños obesos.

En Colombia, estudios publicados recientemente relacionados con el tema fueron realizados por Aristizábal, Restrepo y Estrada en Antioquia, con el objetivo de comparar la composición corporal de adultos sanos evaluados por antropometría y bioimpedancia. Se evaluaron 70 mujeres (entre los 22 y 56 años) y 53 hombres (entre los 24 y 54 años) por el método antropométrico utilizando las ecuaciones de Durning/Womersley y Jackson/Pollock, así como por bioimpedancia técnica pie-pie. Estos investigadores encontraron que el método antropométrico sobreestimó los porcentajes de grasa y la bioimpedancia los subestimó, con diferencias significativas entre los métodos y entre las ecuaciones antropométricas, lo cual sugiere que sus resultados no son comparables ni intercambiables (Martínez, E. G. 2010).

Será importante esta investigación porque originará información relevante que permitirá delimitar rangos de normalidad del ángulo de fase según grupos de edades en una población específica. Este estudio permitirá establecer una comparación de los diferentes parámetros de bioimpedancia entre un grupo de personas de Colombia y las tablas de normalidad disponibles para la población española. Se trata de una investigación que no tiene antecedentes en América Latina, por lo tanto, no existen datos de referencia sobre los puntos de corte de ángulo de fase, resistencia, reactancia y coeficiente de bioimpedancia que puedan ser guía para conocer el estado nutricional de una población específica. Este análisis puede ser clave para impulsar otras investigaciones que pretendan dar continuidad a la temática planteada, ya sea para determinar los valores de normalidad en cuanto a parámetros de bioimpedancia en otro tipo de población que no haya sido estudiada o para la resolución de alguna hipótesis que surja como producto de esta, como también podría abrir paso a investigaciones futuras que pretendan evaluar en el análisis de ángulo de fase en pacientes clínicos que padezcan enfermedades crónicas.

3. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar los puntos de corte de ángulo de fase, resistencia, reactancia y coeficiente de bioimpedancia en una muestra de estudiantes de una institución universitaria privada en la ciudad de Cartagena, 2020-I.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la composición corporal a través de bioimpedancia en una muestra de estudiantes de una institución universitaria privada en la ciudad de Cartagena.
- Estimar el valor predictivo del ángulo de fase sobre el estado nutricional en una muestra de estudiantes de una institución universitaria privada en la ciudad de Cartagena.
- Comparar los puntos de corte de algunos parámetros de bioimpedancia en una muestra de estudiantes de una institución universitaria privada en la ciudad de Cartagena con respecto a una población española.

4. REVISIÓN LITERARIA

4.1 MARCO TEÓRICO

“La composición corporal permite conocer las proporciones de los distintos componentes del cuerpo humano y su estudio constituye el eje central de la valoración del estado nutricional. La estimación del agua corporal total (ACT), de la masa grasa (MG), de la masa libre de grasa (MLG) y de la masa mineral ósea, permite la adecuada caracterización de la composición corporal. Los componentes del cuerpo humano se distribuyen en cinco niveles de organización: atómico, molecular, celular, tisular y corporal, correspondiendo la suma de ellos al peso corporal total” (Jaeger, A. S., & Barón, M. A. 2009).

La bioimpedancia (BIA) ha ganado popularidad en la evaluación y el monitoreo del estado nutricional, permite medir los parámetros bioeléctricos en sistemas biológicos, debido a la estrecha relación de estos con los parámetros biológicos: agua corporal total (ACT), sus compartimentos (agua intracelular, extracelular y del tercer espacio) y la composición corporal (masa libre de grasa (MLG); masa grasa (MG), índice de masa corporal (IMC) y metabolismo basal (MB) entre otros). La BIA es una técnica que se usa para medir la composición corporal que tiene el cuerpo humano, se basa en la capacidad de éste para conducir la corriente eléctrica. Permite medir los parámetros bioeléctricos en sistemas biológicos. El principio físico de la BIA consiste en la oposición que ofrece un tejido biológico al paso de la corriente eléctrica alterna. Es decir, proporciona datos sobre composición corporal basándose en las propiedades de la conducción eléctrica de los tejidos (Leyva, L. Q., & Betancourt, J. 2019).

Los parámetros bioeléctricos que se estiman son: la resistencia eléctrica (R), la reactancia inductiva (XL) y la reactancia capacitiva, Xc (en ohm). Se define resistencia (R) como la oposición del tejido al pase de la corriente y reactancia (Xc), es el otro efecto negativo sobre la conducción eléctrica y está descrito por el comportamiento como condensador de la membrana celular y depende a su vez de la frecuencia. Otro parámetro importante de la BIA es el ángulo de fase (AF), mayormente establecido para el diagnóstico de la desnutrición y el pronóstico clínico, ambos asociados con cambios en la integridad de la membrana celular y las alteraciones en el balance de líquido. El AF expresa cambios en la cantidad y la calidad de la

masa de los tejidos blandos (es decir, permeabilidad de la membrana celular e hidratación). Algunos autores proponen valores de referencia para evaluar adecuadamente las desviaciones individuales en relación con la población promedio y otros proponen puntos de corte específicos por patología como indicadores de pronóstico clínico-nutricional (*Leyva, L. Q., & Betancourt, J. 2019*).

El AF también se ha utilizado para predecir la masa celular corporal (MCC), por esta razón, también se ha utilizado como un indicador nutricional en adultos y niños. Se ha estudiado el papel del AF, como un indicador de pronóstico y este puede variar en diferentes condiciones clínicas. La corriente eléctrica aplicada es de una intensidad muy pequeña, por debajo de los umbrales de percepción en el tejido a medir. Esta corriente produce una tensión eléctrica que es tan alta como mayor sea la impedancia que muestra el tejido evaluado al paso de dicha corriente. Este tipo de examen se hace en balanzas especiales que tienen placas de metal que conducen un tipo de corriente eléctrica débil que atraviesa todo el cuerpo. Estas balanzas también muestran la cantidad de músculo, grasa, agua y hasta las calorías que el cuerpo gasta a lo largo del día según el sexo, la edad, la altura y la intensidad de la actividad física, siendo estos datos que se introducen en la balanza para que puede realizar los cálculos correctos. La metodología más utilizada para realizar una BIA de cuerpo entero es la tetrapolar, que consiste en la colocación de 4 electrodos: dos a través de los cuales se introduce una corriente alterna (generada por el impedanciómetro) y otros dos que recogen esta corriente midiéndose, entre estos, los valores de impedancia, resistencia y reactancia corporal. Esta corriente viaja fácilmente por el agua y por esto los tejidos muy hidratados como los músculos, dejan que la corriente pase rápidamente. La grasa y los huesos poseen poca agua por lo que la corriente tiene mayor dificultad en pasar. Por lo que la diferencia entre la resistencia de la grasa en dejar pasar la corriente y la velocidad con que pasa en tejidos como los músculos, por ejemplo, permite que el aparato calcule el valor que indica la cantidad de masa magra, grasa y agua. La mayor diferencia entre estos dos métodos de bioimpedancia es que en la balanza los resultados son más precisos para la composición de la mitad inferior del cuerpo, mientras que en el aparato que se sostiene en las manos, el resultado se refiere a la composición del tronco, brazos y cabeza. De esta forma, la manera más rigurosa de saber la composición corporal es utilizar una balanza que combine los dos métodos (*Tatiana Zanin. October 5, 2020*).

Para que el examen indique los valores correctos de masa grasa y magra es necesario garantizar algunas condiciones como: Evitar comer, beber café o hacer actividad física durante las 4 horas anteriores; beber 2 a 4 vasos de agua 2 horas antes del examen, no ingerir bebidas alcohólicas durante las 24 horas anteriores, no colocar crema en los pies o en las manos. Toda la preparación es muy importante porque en lo que se refiere al agua, si no hay una adecuada hidratación, el cuerpo tiene menos agua para que la corriente eléctrica se proyecte y, por lo tanto, el valor de masa grasa puede ser mayor que el valor real. La cantidad de masa grasa se expresa en % o en Kg, dependiendo del tipo de dispositivo (*J.R.. Alvero-Cruz, L.. Correas Gómez, M.. Ronconi, R.. Fernández Vázquez, J.. Porta i Manzañido. 2011*). Al igual que la masa grasa, la masa magra también debe estar en el rango de valores definidos como normales, sin embargo, los atletas generalmente presentan valores superiores debido a los entrenamientos frecuentes que facilitan la construcción de músculo. Ya las personas sedentarias o que no hacen ejercicios de musculatura en el gimnasio, normalmente presentan un valor inferior.

Los valores de referencia para la cantidad de agua en hombres y en mujeres son diferentes y están descritos a continuación:

-Mujer: 45% a 60%. -Hombre: 50% a 65%.

La grasa visceral es la cantidad de grasa que está almacenada en la región abdominal alrededor de los órganos vitales como el corazón. El valor puede variar entre 1 y 59, dividiéndose en dos grupos:

-Saludable: 1 a 12. -Perjudicial: 13 a 59.

El metabolismo basal es la cantidad de calorías que el cuerpo consume para funcionar correctamente, por lo que este número se calcula a partir de la edad, el sexo y la actividad física que se introduce en la balanza. Conocer este valor es muy útil para las personas que están haciendo dieta para saber cuántas calorías tienen que consumir al día para bajar de peso o para aumentar de peso (*Tatiana Zanin, October 5, 2020*).

La bioimpedancia eléctrica se mide con instrumentos o equipos multifrecuencia, es decir, son equipos que pueden sincronizarse con varias frecuencias de escaneo. Los instrumentos BIA multifrecuencia utilizan modelos empíricos de regresión lineal a diferentes frecuencias, como 0, 1, 5, 50, 100, 200 y 500 Khz, para estimar el ACT, el AEC y el agua intracelular (AIC), y por derivación, la MLG. Los aparatos multifrecuencia son precisos para diferenciar variaciones en los niveles de hidratación. A frecuencias por debajo de 5 Khz y por encima de 200 Khz, se ha comprobado una baja reproducibilidad especialmente para la reactancia a bajas frecuencias. Igualmente se ha descrito una mejor precisión y un sesgo menor de los aparatos multifrecuencia para las estimaciones de AEC respecto a los aparatos monofrecuencia, y una mejor predicción del ACT que los de espectroscopia bioeléctrica (*Aminogram Academy 2020, octubre 8*).

Otra de las variables que se tuvo en cuenta para el análisis de bioimpedancia en los estudiantes universitarios fue el coeficiente de bioimpedancia (Z_{200}/Z_5). En cuanto a la masa grasa, este parámetro indica que la persona evaluada presenta exceso de peso cuando el valor es superior a 1. Si el valor es inferior a 1 indica que el individuo se encuentra en perfecta composición de masa grasa. Respecto a la masa muscular si el valor está superior a 1 significa que está muy bien, y si el valor es inferior a 1 la masa muscular está cerca del estándar, la referencia estimada es de 27.82kg; en el caso de la masa ósea mineral si el valor es igual a 1 significa que está correcta y la referencia estimada es de 2.46 kg (*Aminogram Academy 2020, octubre 8*).

La variable de hidratación sin grasa permite tener una buena representación de la hidratación de la persona indiferente de su % de masa grasa. El valor de referencia es **72,2%**, pero puede variar en función de los individuos o del momento del día. Es importante no estar por debajo de 68% y de no superar el 76%; las células grasas tienen mayor cantidad de agua extra celular que intra, por eso es importante tener en cuenta la hidratación sin grasa. En el agua intra y extra celular el valor de referencia dependerá del sexo, estas deben estar en un perfecto equilibrio por lo que regulan todos los procesos eléctricos en el cuerpo y son base fundamental para el principio de la bioimpedancia, es decir, no es posible realizar una evaluación de la hidratación del paciente si no se tiene en cuenta el agua total y el agua intra y extra celular (*Aminogram Academy 2020, octubre 8*).

El ángulo de fase (A50) es el valor predictor de la masa celular activa, trabaja sobre la membrana celular, la capacitancia y predice la salud de la célula, el tamaño, la cantidad de células y la hidratación de estas mismas. El A50 ha sido empleado para predecir estado nutricional, pronosticar efectividad de tratamientos y para estimar la supervivencia a la enfermedad. Los valores de referencia varían según el sexo, actividad física y estatura; el valor de referencia de A50 en la población general para hombres con actividad física liviana podría oscilar de una mediana de 6° a 7,5° y para mujeres con actividad física liviana hasta un rango de mediana entre 5,5° a 6,6°. El A50 es el punto de inicio y final de la bioimpedancia por lo tanto del A50 se predicen otros indicadores como es el caso de la masa celular activa, por lo tanto si el A50 está bajo, la masa celular activa también lo estará, es decir, la masa celular activa es la cantidad de células que tiene el organismo, por lo tanto es un indicador fundamental ligado con el A50 para poder diagnosticar desnutrición, sarcopenia, caquexia, así mismo fundamental para la práctica deportiva, para pacientes que están siendo dializados, por lo tanto este indicador debe estar evaluándose permanentemente en cualquier condición de salud, la referencia estimada es de 34.76kg. En relación a la masa celular activa, se encuentra el indicador de masa de proteína metabólica, la cual está contenida en el indicador anteriormente mencionado, se utiliza para determinar cuánta proteína disponible hay para realizar procesos metabólicos, son muy útiles en preparación deportiva de alta nivel y para vigilar el estado nutricional del paciente, la referencia estimada es de 10,03 kg (*Aminogram Academy 2020, octubre 8*).

4.2 ANTECEDENTES

En la tabla 1 se relacionan los principales antecedentes que sustentan el presente estudio.

Tabla 1

Antecedentes de otros estudios realizados en bioimpedancia.

AUTORES	TÍTULO	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
L. Llames, V. Baldomero, M. L. Iglesias y L. P. Rodota. mar./abr. 2013	Valores del ángulo de fase por bioimpedancia eléctrica; estado nutricional y valor pronóstico.	En estudios poblacionales se observó que el AF fue mayor en hombres que en mujeres, excepto para los mayores de 70 años. Los grupos por edad y sexo tendían a aumentar el AF a medida que aumenta el IMC hasta el valor de 35 kg/m ² , y disminuía en los grupos de mayores IMC. El AF tiene correlación negativa con la edad.	La interpretación de los valores del AF en la práctica clínica se ha limitado a la consideración de un solo punto de corte, sin distinción entre los géneros y la edad de los pacientes. Según lo revisado estos puntos de corte no son necesariamente transferibles a otras poblaciones y no podrían por lo tanto ser aplicables en el uso clínico general.

<p>MsC. Maraelys Morales González, MsC. Manuel Verdecia Jarque, MsC. Tamara Rubio González, Dr.C. Luis Enrique Bergues Cabrales, MsC. Alcibíades Lara Lafargue y Est. José Pablo Martínez Tassé. Santiago de Cuba oct. 2013.</p>	<p><i>Influencia de la Resistencia eléctrica en la estimación del agua corporal total y la masa libre de grasa.</i></p>	<p>Los valores de Rsc obtenidos con ambos analizadores BIA, con el tipo de ecuación y población fijos. Los valores de Rc que se introdujeron a ambos equipos, para los tipos de ecuación y población de estudio constantes; y los valores de Rsc y Rc, para cada tipo de analizador, ecuación y población de estudio. También, existieron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las ACT estimadas con las ecuaciones, para cada tipo de analizador BIA y población de estudio.</p>	<p>Lo mostrado anteriormente es de gran interés para este campo de investigación, puesto que las diferencias significativas entre los valores de Rsc y Rc no necesariamente conducen a variaciones significativas en las estimaciones del ACT y la MLG, lo cual puede sugerir que las diferencias entre los valores de Rsc y Rc son una condición suficiente pero no necesaria, por lo que se recomienda que en la estimación de cada parámetro biológico se tengan en cuenta los valores no corregidos y corregidos de R y Xc, para cada tipo de analizador BIA.</p>
--	---	--	---

<p><i>Ingrid Schifferli, Fernando Carrasco, Jorge Inostroza.</i> Año de publicación: dic. 2011</p>	<p><i>Formulación de una ecuación para predecir la masa grasa corporal a partir de bioimpedanciometría en adultos en un amplio rango de edad e índice de masa corporal.</i></p>	<p><i>El coeficiente de correlación entre el porcentaje de masa grasa (%MG) estimado por la nueva ecuación y el obtenido a través de DEXA fue de 0,92 (R² = 0,85; p < 0,001). Del análisis de concordancia entre la MG estimada por la nueva ecuación y la estimada por el equipo de bioimpedanciometría en relación a la medición hecha con DEXA, se obtuvo que la ecuación del equipo tiende a subestimar el %MG en $2,49 \pm 9,54\%$ (NS)</i></p>	<p><i>Aunque no hubo un efecto significativo de la edad en la estimación de masa grasa con ambos métodos en comparación con DEXA, la nueva ecuación predictiva se comporta de manera más homogénea en los diferentes rangos de edad de los sujetos estudiados. Tampoco hubo diferencia entre ambos métodos al separar la muestra en voluntarios normopeso y con exceso de peso. De todas formas, siempre la diferencia contra DEXA fue menor para la nueva ecuación.</i></p>
--	---	---	--

<p><i>Un pietrobelli, F Rubiano, MP St-Onge ySB Heymsfield. 12 de mayo de 2004.</i></p>	<p><i>Nuevo sistema de análisis de bioimpedancia: fenotipo mejorado con análisis de todo el cuerpo</i></p>	<p><i>Hubo una buena correlación entre el% de grasa corporal total por BIA de 8 electrodos vs DXA ($r = 0.87, P < 0.001$) que excedió la asociación correspondiente con BIA de 4 electrodos ($r = 0.82, P < 0.001$). Las estimaciones de porcentaje de grasa segmentario medio grupal de BC-418 no diferían significativamente de las estimaciones correspondientes de DXA. No se detectó sesgo entre métodos en todo el cuerpo, ALST y análisis de músculo esquelético</i></p>	<p><i>El nuevo sistema BIA de 8 electrodos ofrece una nueva oportunidad importante de evaluar SM en entornos de investigación y clínicos. Los electrodos adicionales del nuevo sistema BIA también mejoran la asociación con las estimaciones de% de grasa DXA sobre las proporcionadas por el BIA convencional pie-pie.</i></p>
---	--	---	--

<p>María de los Ángeles Espinosa-Cuevas, Lucía Rivas-Rodríguez, Enna Cristal González-Medina, Ximena Atilano-Carsi, Paola Miranda-Alariste, Ricardo Correa-Rotter. México ene./feb. 2007</p>	<p>Vectores de impedancia bioeléctrica para la composición corporal en población mexicana.</p>	<p>Se estudiaron 520 sujetos sanos, de los cuales 81 fueron excluidos debido a que 39 presentaban IMC > 31, y 42. En cuanto a las características de bioimpedancia, las mujeres en comparación con los hombres, presentaron valores mayores de impedancia ($622.96 \pm 66.16 \Omega$ vs. $523.59 \pm 56.56 \Omega$) y resistencia ($618.96 \pm 66.10 \Omega$ vs. $521.73 \pm 61.97 \Omega$), así como de resistencia y reactancia estandarizadas por la estatura ($398.24 \pm 46.30 \Omega/m$ vs. 308.66 ± 38.44 y $44.32 \pm 7.14 \Omega/m$ vs. 39.75 ± 6.29) siendo las diferencias estadísticamente significativas en todos los casos ($p < 0.0001$). El ángulo de fase fue mayor en los hombres que en las mujeres, con una diferencia estadísticamente significativa ($7.33^\circ \pm 0.88$ vs. $6.36^\circ \pm 0.97$; $p < 0.0001$). Al graficar los datos de R/E y Xc/E en las elipses de la población italiana</p>	<p>El método de vectores de impedancia bioeléctrica (VIBE) contrarresta las dificultades metodológicas de la IBE convencional en estados de composición corporal extrema (anasarca, deshidratación, obesidad, caquexia, etc.). La utilización de los vectores de impedancia permite conocer la composición corporal de un sujeto, dependiendo de sus valores de resistencia y de reactancia, así como del ángulo de fase. Una propiedad importante del método es la de funcionar independientemente del conocimiento del peso corporal.</p>
--	--	---	---

		<p><i>tanto las mujeres mexicanas como los hombres mexicanos se encontraron en los cuadrantes superiores izquierdos, indicando que estas dos poblaciones son distintas a pesar de tener características generales similares.</i></p>	
<p><i>Natalia Arias Herguedas México, 2015</i></p>	<p><i>Aplicaciones de la bioimpedancia en el estudio de la composición corporal en grupo de estudiantes universitarios: comparación entre deportistas y sedentarios</i></p>	<p><i>No se observaron diferencias significativas en el IMC en función de la práctica deportiva. Los varones presentaron mayor porcentaje de masa libre de grasa y masa muscular esquelética que las mujeres. En función de la actividad física, se observó mayor porcentaje de masa grasa en las mujeres sedentarias respecto a las deportistas; lo que no ocurrió en los varones. El análisis de BIVA sugirió un mayor porcentaje de grasa corporal en los sujetos no deportistas de ambos sexos.</i></p>	<p><i>No se observaron diferencias significativas en el análisis de composición corporal mediante BIA convencional entre los varones deportistas y los que no practicaban deporte. Sin embargo, las mujeres no deportistas presentaron mayor porcentaje de masa grasa que las que practicaban deporte de forma regular. El análisis de los parámetros eléctricos sugiere una asociación positiva entre la práctica regular de actividad física, la composición corporal y la salud.</i></p>

Fuente: Elaboración propia.

4.3 MARCO CONCEPTUAL

- **Ángulo de fase:** El ángulo de fase (AF) es el parámetro de la bioimpedancia (BIA) mayormente establecido para el diagnóstico de la desnutrición y el pronóstico clínico, ambos asociados con cambios en la integridad de la membrana celular y las alteraciones en el balance de líquido. El AF expresa cambios en la cantidad y la calidad de la masa de los tejidos blandos (es decir, permeabilidad de la membrana celular e hidratación) (*Dr. Héctor Torres. Resistencia Eléctrica o Impedancia. oct 5, 20*).

- **Bioimpedancia:** La bioimpedancia eléctrica (BIA) es un método no invasivo y de fácil aplicación en todo tipo de poblaciones.

-**Composición corporal:** El estudio de la composición corporal resulta imprescindible para comprender el efecto que tiene la dieta, el crecimiento, la actividad física, la enfermedad y otros factores del entorno sobre el organismo. Y constituye el eje central de la valoración del estado de nutrición, de la monitorización de pacientes con desnutrición aguda o crónica y del diagnóstico asociado a obesidad (*Dr. Héctor Torres. Resistencia Eléctrica o Impedancia. oct 5, 20*).

-**Estado nutricional:** Condición del organismo que resulta de la relación entre las necesidades nutritivas individuales y la ingestión, absorción y utilización de los nutrientes contenidos en los alimentos.

-**Valores de referencia:** Los valores de referencia son importantes para la evaluación de las desviaciones individuales en relación con la media de la población. La consideración de un punto de corte único de AF en una población específica parece ser suficiente para su interpretación como un factor pronóstico.

-Reactancia: Es la oposición ofrecida al paso de la corriente alterna por inductores (bobinas) y condensadores, se mide en Ohmios y su símbolo es Ω (*Dr. Héctor Torres. Resistencia Eléctrica o Impedancia. oct 5, 20*).

-Resistencia: Es la oposición al paso o flujo de electrones (corriente eléctrica) que circulan mediante un material conductor. La relación entre los términos, voltaje, corriente y resistencia está dada por la Ley de Ohm (*Dr. Héctor Torres. Resistencia Eléctrica o Impedancia. oct 5, 20*).

-Capacitancia: Es un elemento pasivo de dos terminales que almacena cargas eléctricas entre un par de placas separadas por un dieléctrico creando una diferencia de potencial entre las dos placas. Esa diferencia de potencial creada por la acumulación de las cargas tiene una relación directa con la energía almacenada por la capacitancia (*Salazar, A. 2013*).

-Impedancia: Es una magnitud que establece la relación (cociente) entre la tensión y la intensidad de corriente, tiene especial importancia si la corriente varía en el tiempo (Impedancia S.f).

5. METODOLOGÍA

5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Estudio cuantitativo de tipo observacional descriptivo de corte transversal. Dado que se pretende medir las características de la composición corporal en un momento específico en el tiempo.

5.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Estudiantes de la Escuela de Nutrición y Dietética de una institución educativa superior de la ciudad de Cartagena, activos durante el periodo académico 2020-1. La participación en el estudio fue a conveniencia.

5.3 VARIABLES DE ESTUDIO Y OPERACIONALIZACIÓN

En la tabla 2 se relacionan las variables de este estudio y su operacionalización.

Tabla 2

Operacionalización de variables incluidas en el estudio.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional
Edad	Tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta la evaluación.	Años cumplidos
Peso kg	Fuerza con la que la tierra atrae un cuerpo, por acción de la gravedad.	Valor de peso en Kg
Ángulo de fase	Predictor de masa celular corporal, a través de una	Hombres: 6° a 7,5° Mujeres: 5,5° a 6,6°

	relación entre resistencia y reactancia, cumpliendo como indicador nutricional.	
Z5 Ohm/Z200 ohm	Paso de corriente eléctrica de voltaje muy bajo	Reflejada en ohm.
Resistencia a 50khz ohm	Oposición de un conductor biológico al flujo de una corriente eléctrica alterna.	Corriente de monofrecuencia (50khz).
Reactancia a 50khz ohm	Oposición al paso de una corriente alterna que ofrece una inductancia pura o una capacidad en un circuito.	Se expresa en ohm.
Masa magra valor calculado	Masa de tejido del cuerpo que no contiene grasa compuesta de órganos internos, músculos, sistema esquelético y sistema nervioso central.	Expresada en kg.
Masa proteica valor calculado	Volumen del tejido corporal total que corresponde al músculo.	Expresada en kg.
Masa grasa Valor calculado kg	Porcentaje de peso corporal constituido por el tejido adiposo	Expresada en kg.
Masa celular activa Valor calculado kg	Es la totalidad de las células activas en nuestro cuerpo.	Expresada en kg. (BCM).

Masa muscular esquelética	Es el reflejo del estado nutricional de la proteína.	Expresada en Kg.
Masa proteica metabólica Valor calculado kg	Son las proteínas contenido en la masa celular activa.	Expresada en Kg, 14% del peso total.
Índice de masa muscular Valor calculado		
Agua intracelular sin grasa Valor calculado L		Expresado en litros.
Agua extracelular sin grasa Valor calculado L		Expresado en litros.
Agua total Valor calculado L	Es todo el agua contenido en el cuerpo.	<ul style="list-style-type: none"> • Rango Valor normal - hombres: 50 - 60% • Rango Valor normal - mujeres: 55 - 65% • Personal altamente musculada: 70 - 80% • Persona obesa: 45-50%.
Agua intracelular Valor calculado L		57% de la ACT. (Agua corporal total).
Agua extracelular Valor calculado L		43% de la ACT (transcelular, intersticial, linfa, plasma)

Fuente: Propia.

5.4 CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Criterios de inclusión

- Estudiantes de la Escuela de Nutrición y Dietética de la Universidad del Sinú, seccional Cartagena, con datos de bioimpedanciometría realizada durante el 2020-1.
- No estar en estado de embarazo.
- No tener algún material metálico de osteosíntesis.
- No estar enfermo.

Criterios de exclusión

- No se tuvieron en cuenta criterios de exclusión.

5.5 FUENTES, MÉTODOS Y MECANISMOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Se utilizó el método doblemente indirecto de bioimpedancia para determinar la composición corporal y por ende el estado nutricional; para ello se utilizó un equipo multi frecuencia, multi algoritmo, de fabricación francesa con respaldo de calidad de la comunidad europea, portátil, indoloro y sin cable, marca Biody xpert de propiedad de la escuela de nutrición.

Para la toma de la bioimpedancia se ingresaron los datos en un software en línea, cuya licencia venía con el equipo. Los valores de peso en (kg) fueron tomados con una báscula de marca seca, con una sensibilidad de 50gr y una capacidad de 200 kg recién calibrada; los valores de estatura en (cm) tomados con un estadiómetro marca seca, con un milímetro de densidad y una capacidad de 2 metros, y los datos de la edad en años, género y nivel de actividad físico suministrados verbalmente por el participante evaluado.

Una vez digitalizado los datos anteriores se procedió a la toma de bioimpedancia de acuerdo a la técnica que se aprecia en la figura 1, y los datos resultantes fueron trasladados vía bluetooth al software, pudiendo entregar en tiempo real los resultados a cada uno de los estudiantes y alimentándose en una base de datos que posteriormente se exporto a Excel.

Ilustración 1 Técnica recomendada por el fabricante para la toma de bioimpedancia con el quipo Biody xpert.



Fuente: Bioimpedancia en la práctica clínica. Uribe,G.2020

El equipo utilizado para la toma de bioimpedancia eléctrica es llamado BiodyXpert, es la nueva generación de analizadores de composición corporal, totalmente portátiles e inalámbricos. Tiene medición directa mano/pie con sensores integrados en el dispositivo (sin electrodos de cable), con un peso de sólo 300 gramos. Más de 77 biomarcadores / datos con una sola medición. Los resultados pueden mostrarse directamente en el software o imprimirse.

BiodyXpert fue fabricado en Francia, con certificación CE MEDICAL validada por la organización francesa LNE GMED y aprobada por la FDA.

A continuación de describen las condiciones necesarias para la toma eficiente de bioimpedancia:

1. Verificar que se cumpla con las condiciones para realizar una toma eficiente de bioimpedancia, y así mismo se le solicita retirar los accesorios metálicos antes de realizar la operación.

2. Tomar peso y estatura.
3. Diligenciar los datos solicitados por la aplicación “BiodyManager” correspondientes a género, edad, fecha de nacimiento, nivel de actividad, peso y estatura previamente tomados, y se van ingresando en la plataforma de la aplicación.
4. Facilitar un paño húmedo al evaluado para que este humedezca sus dedos pulgar, índice y medio, y que posteriormente los coloque en los electrodos del equipo.
5. Indicar al evaluado la posición que debe adoptar para realizar una correcta toma de bioimpedancia (Figura 1).
6. Indicar al evaluado que debe presionar uno de los electrodos durante el tiempo que la persona encargada de la toma de bioimpedancia le diga.
7. Trasladar datos obtenidos vía bluetooth al software aplicación.

5.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En primer lugar, con la base de datos generada con el software Biody Manager se realizará un análisis exploratorio de las variables a través de medidas de tendencia central y dispersión en caso de las variables cuantitativas, y para las variables cualitativas proporciones. Finalmente, se realizará validación del ángulo de fase, obtenido por bioimpedancia, como herramienta predictiva en el estado y pronóstico nutricional en estudiantes universitarios, por lo que se determinarán la sensibilidad, especificidad y valores predictivos de la misma a través de curvas ROC para evaluar la capacidad discriminativa del ángulo de fase, reactancia, resistencia y coeficiente de bioimpedancia. Todos los análisis se realizarán en el software estadístico Stata 14.

6. CONSIDERACIONES ÉTICAS

De acuerdo con los principios establecidos en la norma de los aspectos éticos de la investigación en seres humanos (artículo 5) y en la Resolución 008430 de octubre 4 de 1993, esta investigación se consideró una investigación con riesgo mínimo dado emplea el registro de datos a través de procedimientos comunes como pesar, tallar al sujeto y tomar bioimpedancia. En cumplimiento con los aspectos mencionados con el Artículo 6 de la Resolución 008430/93, este estudio se desarrolló conforme a los siguientes criterios:

- Ajustar y explicar brevemente los principios éticos que justifican la investigación de acuerdo a una normatividad a nivel internacional y a nivel nacional la Resolución 008430/93.
- Explicar si el conocimiento que se pretende producir no puede obtenerse por otro medio idóneo (fórmulas matemáticas, investigación en animales)
- Expresar claramente los riesgos y las garantías de seguridad que se brindan a los participantes.
- Contar con el Consentimiento Informado y por escrito del sujeto de investigación o su representante legal con las excepciones dispuestas en la Resolución 008430/93.

De conformidad con la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, sobre los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos, se realizan las siguientes consideraciones:

1. Beneficencia: se respetarán las decisiones de los sujetos de investigación de conformidad con el consentimiento informado y por considerarse una investigación con MÍNIMO RIESGO, no causará daño al paciente, ya que el procedimiento que se les realiza no tiene ningún efecto secundario lesivo sobre su salud.
2. Respeto a las Personas: los individuos serán tratados como agentes autónomos y las personas con autonomía disminuida serán protegidas toda vez que su familiar y/o representante legal será quien reciba la información sobre el estudio y otorgue el consentimiento debido.
3. Justicia: todos los pacientes serán tratados de igual forma.

7. MARCO LEGAL

- Resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud y Protección Social por la cual se establecen las normas las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud.
- Decreto 2378 de 2008 del Ministerio de Protección Social, por la cual se adoptan las Buenas Prácticas Clínicas para las instituciones que conducen investigación con medicamentos en seres humanos.

8. RESULTADOS

La muestra se compuso de 81 estudiantes del programa de nutrición y dietética pertenecientes a una universidad privada de la ciudad de Cartagena, la edad promedio de los estudiantes fue de 20.93 años, y un peso promedio de 61,17 kg. Respecto al ángulo de fase, se encontró un A50 con un promedio general de 6.42, no obstante, este valor fue mayor en hombres en comparación con las mujeres con cifras de 7.87 y 6.19, respectivamente. Así mismo, un promedio de 0.8 en el indicador Z5 Ohm/Z200 Ohm. Además, se obtuvo una media de 658,54 en la Resistencia a 50khz Ohm y una media de 73,1 en la Reactancia a 50khz Ohm, del mismo modo en la masa magra se obtuvo como resultado una media de 41,59, una media de 10,16 en la masa proteica valor calculado, 43,65 de masa sin grasa valor calculado, 26,73 en el indicador de Masa celular activa Valor calculado, 22,18 en la masa muscular esquelética y 8,59 en la masa proteica metabólica (ver Tabla 3).

Tabla 3

Características sociodemográficas y composición corporal.

Variables	Todos (n= 81)		Mujeres (n=70)		Hombres (n=11)	
	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar
Edad	20.93	2.64	20.84	2.76	21.54	1.57
Peso kg	61.17	12.37	58.78	10.31	46.42	13.96
A50	6.42	0.85	6.19	0.57	7.87	0.92
Z5 Ohm/Z200 Ohm	0.8	0.02	0.81	0.01	0.75	0.02
Resistencia a 50khz Ohm	658.54	92.63	684.3	61.73	494.65	90.31
Reactancia a 50khz Ohm	73.1	7.44	74.02	7.2	67.27	6.51
Masa magra valor calculado	41.59	8.28	38.9	4	58.7	8

Masa proteica valor calculado	10.16	2.02	9.59	1.4	13.82	1.46
Masa sin grasa Valor calculado kg	43.65	8.66	40.84	4.24	61.53	8.36
Masa celular activa Valor calculado kg	26.73	5.69	24.81	2.49	39.93	5.16
Masa muscular esquelética	22.18	5.51	20.39	2.63	33.55	5.53
Masa proteica metabólica Valor calculado kg	8.59	1.76	8.1	1.27	11.66	1.29
Índice de masa muscular Valor calculado	1.03	0.11	1.02	0.09	1.13	0.16
Agua intracelular sin grasa Valor calculado L	17.13	4.06	15.7	1.35	26.22	3.82
Agua extracelular sin grasa Valor calculado L	11.16	2.16	10.44	0.95	15.7	2.25
Agua total Valor calculado L	30.92	6.34	28.84	2.79	44.16	6.68
Agua intracelular Valor calculado L	17.85	4.09	16.43	1.48	26.83	4

Los resultados se muestran por columnas.

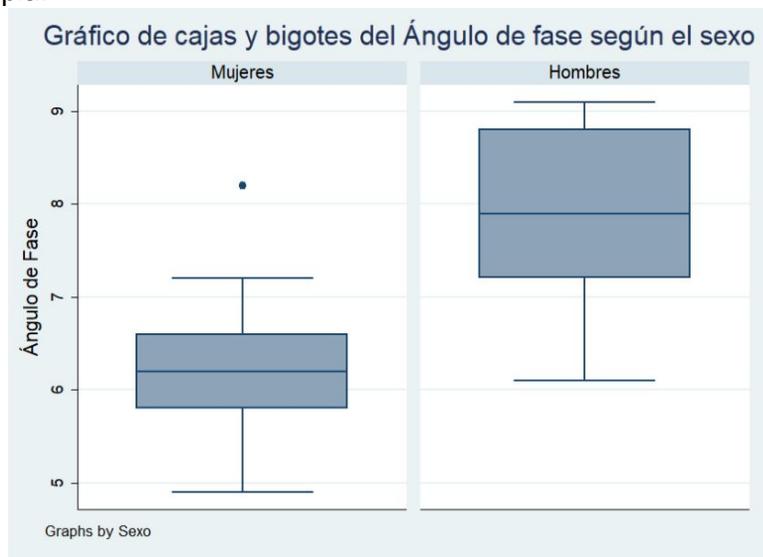
Fuente: Propia.

El promedio calculado para el índice de masa muscular fue de 1,03. Adicionalmente se identificó la media del agua intracelular sin grasa valor calculado de 17,13 litros (L). También se

hizo lo mismo con el agua extracelular sin grasa valor calculado en L donde su media fue de 11,16. Así mismo, la media del agua total valor calculado L fue de 30,92, la del agua intracelular valor calculado L 17,85, y por último la media de agua extracelular valor calculado L fue de 13,07. En la tabla 3 se describen las principales características de los participantes y la distribución de los parámetros obtenidos a través de la composición corporal (ver gráfica 1).

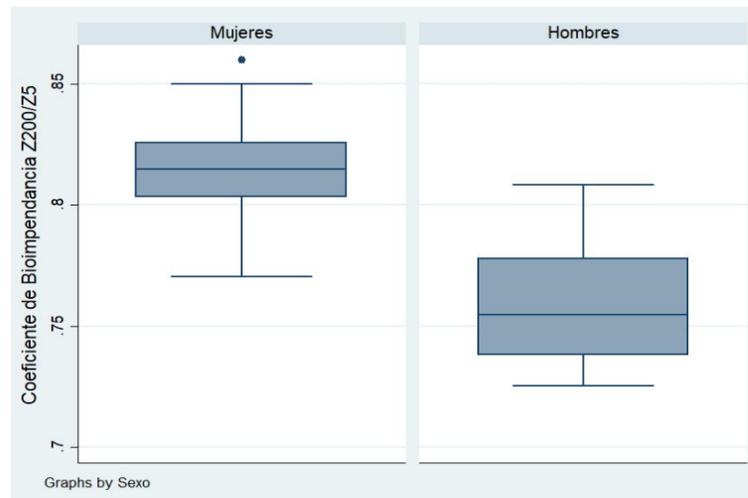
Gráfico 1 Boxplot Ángulo de fase según el sexo.

Fuente: propia.



En la gráfica 1 se observa que el AF de las mujeres oscila entre 4,9 y 7,2, siendo la mediana de 6,3 sin embargo, uno de los sujetos de estudio arrojó un ángulo de fase por fuera del rango promedio; teniendo en cuenta el valor promedio para AF de las mujeres, se puede decir que se encuentran dentro del rango adecuado para su composición corporal, siendo de este de 5,5 a 8. Por otro lado, en la figura 2 dentro de este gráfico se observa que el AF de los hombres oscila entre 6,1 y 9,1, y que la mediana es de 7,9; en base a este resultado promedio en el AF de hombres se puede decir que de encuentran dentro del rango adecuado para el sexo masculino y su composición corporal que va desde 6 a 9.

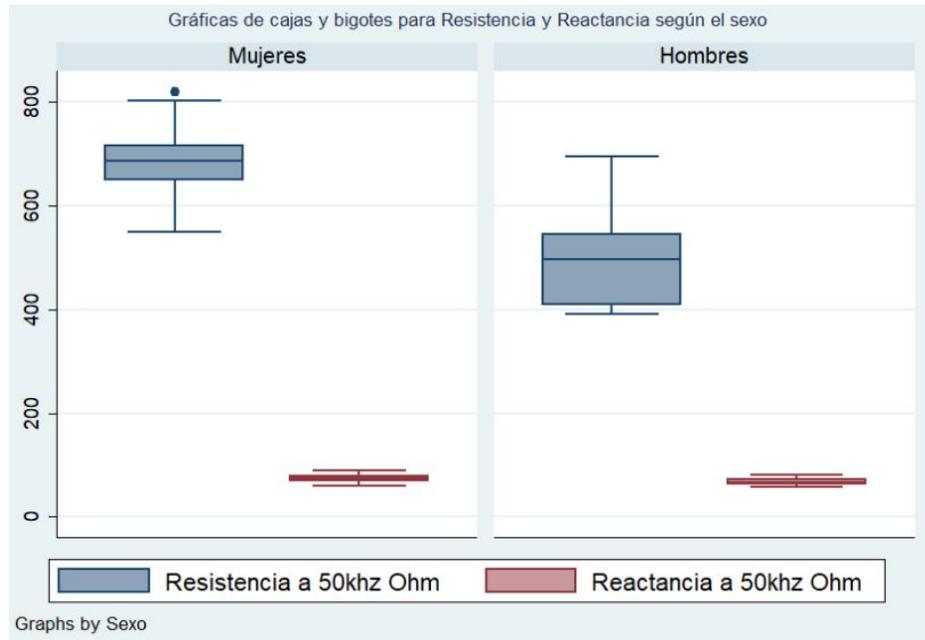
Gráfico 2 Coeficiente de Bioimpedancia Z200/Z5.



Fuente: Propia

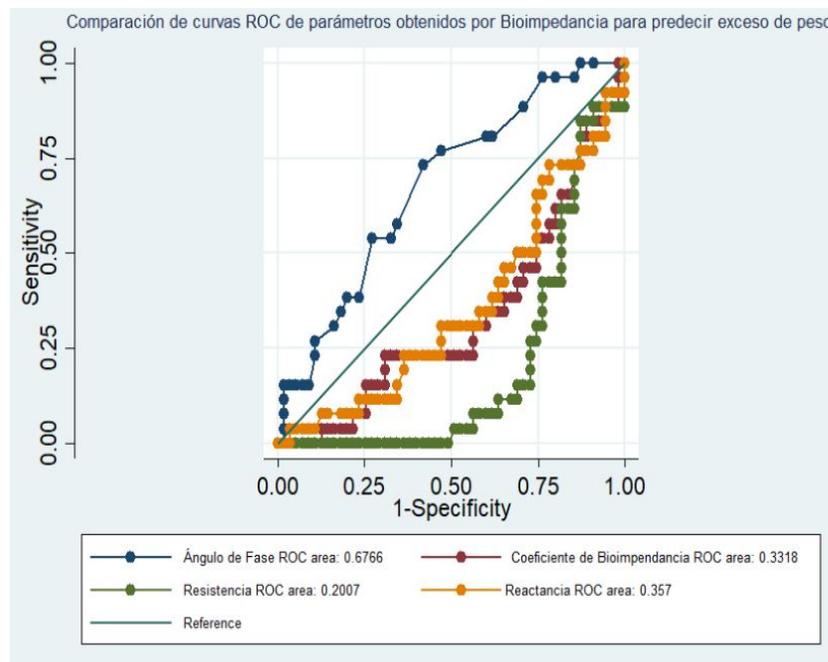
En el gráfico de cajas y bigotes de Coeficiente de Bioimpedancia Z200/Z5, se observa que el Coeficiente de Bioimpedancia Z200/Z5 de las mujeres oscila entre 0,77 y 0,85, siendo la mediana de 0.83, sin embargo, uno de los sujetos de estudio arrojó un coeficiente de bioimpedancia por fuera del rango promedio siendo este de 0,87. Por otro lado, en la figura 2 dentro de este gráfico se observa que el Coeficiente de Bioimpedancia Z200/Z5 de los hombres oscila entre 0,73 y 0,81, y la media es de 0,76. El coeficiente de BIA es mayor en mujeres que en hombres dado que el porcentaje de grasa es mayor en las mujeres, por lo tanto, la resistencia al paso de la corriente eléctrica es mayor. (ver gráfica 2)

Gráfico 3 Cajas y bigotes Resistencia y Reactancia según el sexo.



En el gráfico de cajas y bigotes se muestra la Resistencia a 50 khz Ohm de color azul y la reactancia a 50 khz Ohm de color rojo, el cual se observa que en la figura 1 las mujeres tienen una mediana en la resistencia de 684,3 y en la reactancia 7,44 en comparación con los hombres que estuvieron un poco por debajo con una media en la resistencia de 494,65 y en la reactancia 67,27. La oposición alterna (reactancia) tanto en hombres como mujeres es similar en las medidas de tendencia central y dispersión. (ver gráfica 3)

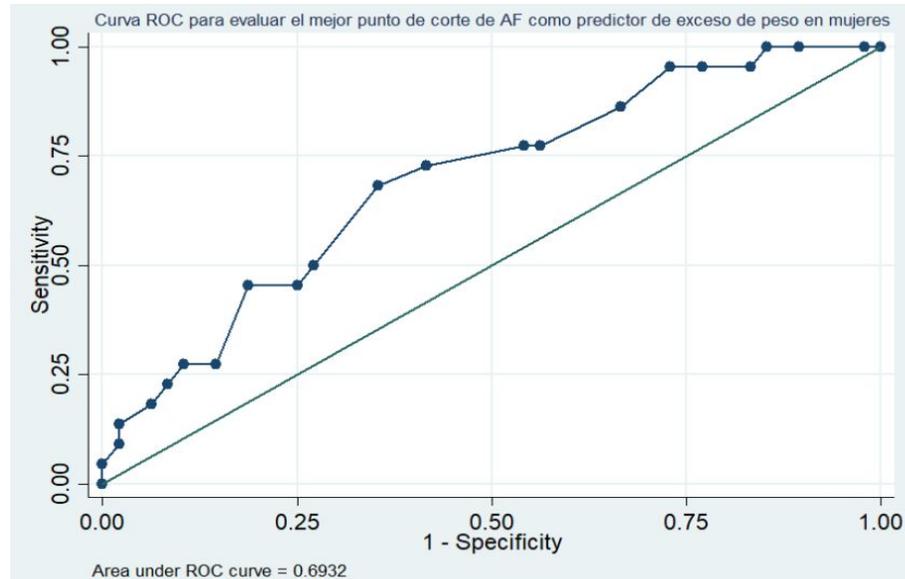
Gráfico 4 Comparación de curvas ROC para predecir exceso de peso



Fuente: Propia

En la gráfica de curvas ROC se muestra una comparación de los parámetros obtenidos por Bioimpedancia para predecir exceso de peso, en donde el AF tiene un área bajo la curva de 0,67, siendo el único parámetro que podría ser útil como valor predictivo del exceso de peso, en comparación con la resistencia, la reactancia y el coeficiente de bioimpedancia, dado que estas últimas tuvieron un área bajo la curva menor de 0.05, lo cual sugiere bajo poder predictivo. (ver gráfica 4)

Gráfico 5 Curva ROC predictor de exceso de peso en mujeres.

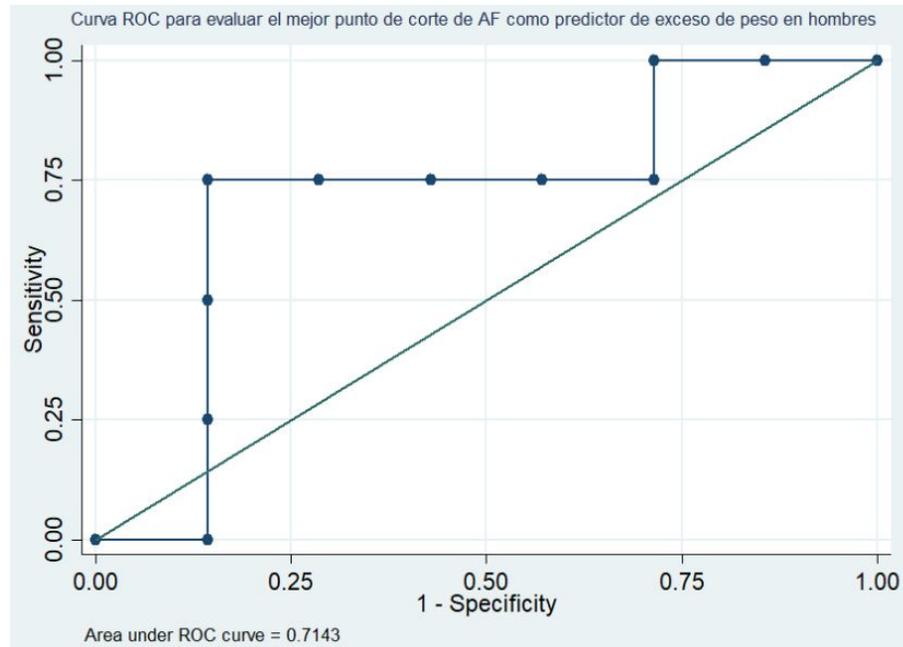


Fuente: Propia

En esta gráfica se estudia el comportamiento del parámetro obtenido por bioimpedancia (AF), en la que se observa que el punto más alto de la curva es el punto de corte con mayor especificidad y sensibilidad siendo de 0,7. Adicionalmente, el área bajo la curva fue de 0,69 lo cual indica una capacidad discriminatoria moderada del ángulo de fase en mujeres.

Guion: Debido a que se encontró que solo el AF tenía una capacidad predictiva se decidió analizar la capacidad predictiva del AF de acuerdo al sexo dado que la composición corporal cambia de acuerdo al sexo.

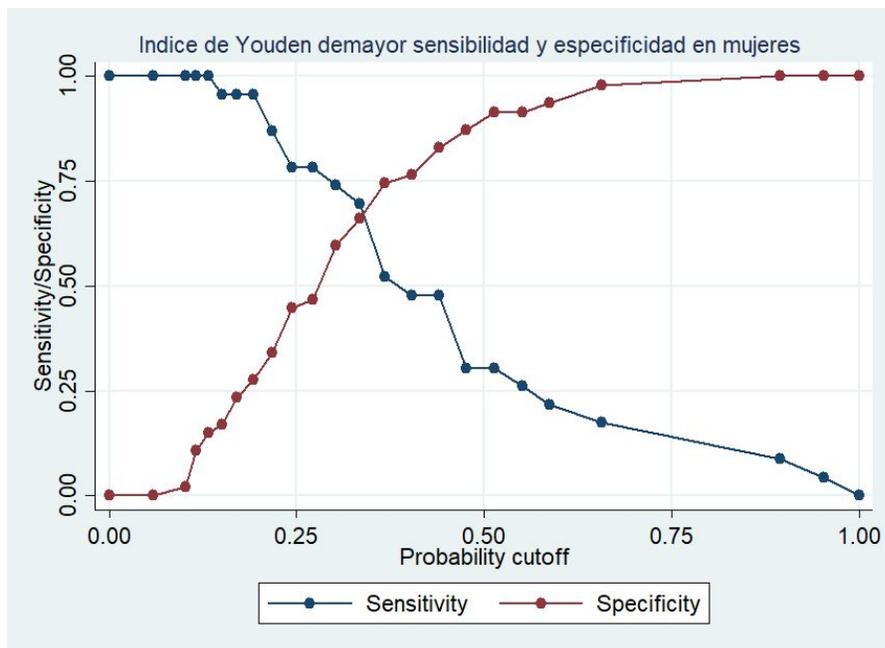
Gráfico 6 Curva ROC predictor de exceso de peso en hombres.



Fuente: Propia

En la gráfica se observa que cada punto de la curva ROC corresponde a un posible punto de corte para predecir el exceso de peso en hombres según AF. La figura 5, ilustra que entre más alta es la especificidad y sensibilidad, mayor va hacer la exactitud diagnostica para este predictor en el sexo masculino, en el cuál en el punto ubicado en 0,75. El área bajo la curva del AF en hombres fue de 0,71 (ver gráfica 6).

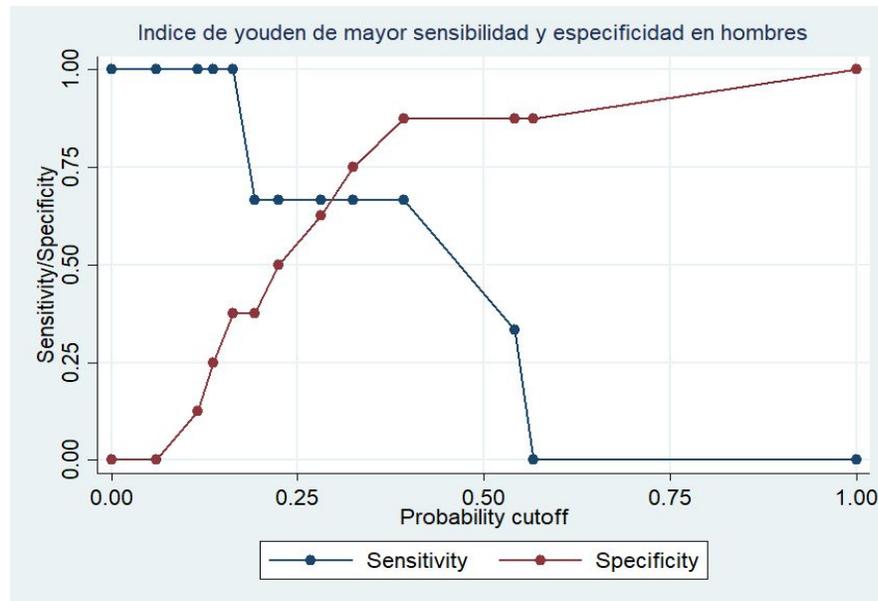
Gráfico 7 curva ROC índice de Youden de mayor sensibilidad y especificidad en mujeres



Fuente: Propia

En la gráfica 7 se presenta el punto de corte de la escala continua del ángulo de fase que determina la sensibilidad y especificidad más alta. El índice de youden estimado en mujeres fue de 6,2.

Gráfico 8 curva ROC índice de Youden de mayor sensibilidad y especificidad en hombres



En la gráfica 8 se presenta el punto de corte de la escala continua del ángulo de fase que determina la sensibilidad y especificidad más alta. El índice de youden estimado en hombres fue de 8,2.

Para los parámetros resistencia, reactancia y coeficiente de bioimpedancia no se determinaron puntos de corte dado que la capacidad predictiva de acuerdo con los resultados de la curva ROC fue baja.

ANÁLISIS COMPARATIVO

Se hizo una comparación de los parámetros de bioimpedancia entre una muestra de 49 estudiantes voluntarios de la Universidad de Valladolid, España (Población A) y 81 estudiantes

de una universidad privada en Cartagena de Indias, Colombia (Población B). A esta población se le realizó un estudio de la composición corporal mediante bioimpedancia eléctrica y las variables fueron analizadas en función del sexo.

En la tabla 4 se presentan las características bioeléctricas de la muestra de la Universidad de Valladolid.

Tabla 4

Características bioeléctricas de la muestra en función del sexo y de la actividad deportiva.

Variables	Hombres (n=17)		Mujeres (n=32)		Todos (n=49)	
	Deportistas (n=10)	No deportistas (n=7)	Deportistas (n=12)	No deportistas (n=20)	Hombres	Mujeres
R/H (Ohm/m)	275.0 (26.5)	291.6 (19.8)	345.6 (15.4)	395.8 (40.3) ^a	281.8 (24.8) [*]	377.0 (41.1)
Xc/H (Ohm/m)	38.4 (2.7)	38.0 (4.0)	43.5 (4.5)	42.3 (4.9)	38.2 (3.2) [*]	42.8 (4.7)
PA (grados)	8.0 (0.5)	7.4 (0.6)	7.2 (0.7)	6.1 (0.6) ^a	7.7 (0.6) [*]	6.5 (0.8)

R/H, resistencia / talla; Xc/H, reactancia / talla; PA, ángulo de fase (phase angle).
Los resultados se describen como media (DE).

Tomado de Arias, (2020).

Los datos anteriores indican que en la población A el valor promedio para AF en las mujeres es de 6,5, mientras que en la población B este valor corresponde a 6,19, lo que indica que tanto en la población A, como en la población B, las mujeres se encuentran dentro de la normalidad nutricional. También se puede observar, respecto a este mismo parámetro (AF), que entre los hombres de la población A, con un valor promedio de 7,7 y los hombres de la población B, con un valor promedio de 7,87, no existe diferencia significativa, y que ambos se encuentran dentro del rango de normalidad manejado para este parámetro.

Por otra parte, cuando se analizó la muestra evaluada, se observaron diferencias significativas en los valores de resistencia y reactancia, dado que los valores arrojados por la población B doblaban los valores obtenidos en la población A.

En un trabajo realizado por Baumgartner et al. (1988) el AF promedio para hombres (n: 29) fue 7° (5,3°-8,8°) y en mujeres (n: 44) fue 6,3° (4,9°-7,7°), teniendo en cuenta que los valores arrojados en este estudio fueron realizados en personas sanas. Comparando los resultados

hallados en la muestra de la población universitaria de Cartagena y la del trabajo realizado por Baumgartner, muestran una semejanza en los resultados arrojados, porque el rango del valor promedio de AF entre ambas poblaciones no varía considerablemente. Por otro lado, en un estudio realizado por Selberg (2002) el AF promedio en 50 personas (20 hombres y 30 mujeres) fue de $6,6^\circ$ ($5,4^\circ$ - $7,8^\circ$). En los hombres el AF fue de $6,8^\circ$ ($6,1^\circ$ - $8,5^\circ$) y no fue significativamente diferente al de las mujeres con un promedio de $6,5^\circ$ ($5,3^\circ$ - $7,3^\circ$) ($P = 0,1$), concluyendo que según los estudios realizados por diferentes autores, en diferentes lugares del mundo en personas sanas, el ángulo de fase no tiene variaciones significativas, y que este depende considerablemente de variables como la actividad física, la edad, el género, el IMC y el estado de salud de las personas (Arias, 2020).

9. DISCUSIÓN

De acuerdo con Llames, L. (2013), parámetros como resistencia (R), reactancia (Xc), ángulo de fase (AF) y coeficiente de bioimpedancia $Z5/Z200$ permiten determinar el estado nutricional en un individuo a través de la composición corporal. En el presente estudio se determinaron estos parámetros por bioimpedancia en una muestra de jóvenes universitarios colombianos, teniendo en cuenta el sexo. Los resultados obtenidos en relación a variables en las mujeres fueron de 684,3 Ohm; 74,02 Ohm; 6,19° y 0,81, respectivamente; mientras que, en los hombres fueron de 494,65 Ohm; 67,27 Ohm; 7,87° y 0,75, respectivamente.

Asimismo, en este estudio se encontró que sólo el AF, dado por la suma de vectores de Xc y R, siendo Xc quien refleja la cantidad de células y R quien representa el volumen hídrico que refleja la cantidad de células activas y la funcionalidad de su membrana celular, es un buen predictor del estado nutricional debido a que los valores encontrados en la población estudiada hacen parte del rango de normalidad estipulado, y el área bajo la curva es de 0,67 en la curva ROC.

Es importante destacar que, dada la muestra en este estudio, se hace importante determinar el punto de corte, lo cual se obtiene a través del índice de youden, y cuyos valores para el caso del AF en hombres fue de 8,2, y de 6,2 en mujeres. Resultados similares a los puntos de corte de AF establecidos fueron encontrados en los estudios de Llames, L. (2013), Arias (2020) y Baumgartner et al. (1988), donde se evidenció que los valores de AF están dentro del rango de normalidad para personas sanas no deportistas, no obstante la determinación de los puntos de corte de estos estudios se realizó a través de la media del grupo estudiado. Es importante mencionar que la metodología empleada en los estudios anteriormente descritos fue semejante a la de nuestro estudio, es decir, no se realizó una valoración objetiva del estado nutricional, y solo se tuvieron en cuenta valores antropométricos de la población estudiada.

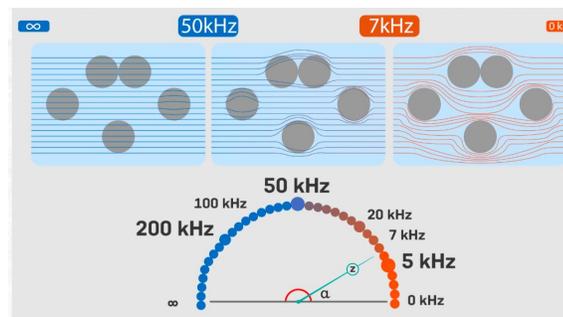
Nuestro estudio confirma de forma prospectiva que, el AF por medio de la BIA a 50 kHz se asocia con el estado nutricional como ha sido descrito por otros autores Llames, L. (2013), Arias (2020) y Baumgartner et al. (1988). El contenido de agua en la composición corporal del organismo depende fisiológicamente de la cantidad de tejido graso que contiene cada persona, motivo por el que, normalmente, es necesario tener valores de referencia similares a la población que deseamos analizar. En general, los analizadores de bioimpedancia están

integrados por un software, basados en fórmulas validadas que permite calcular varios parámetros como, por ejemplo, hidratación y composición corporal. Estos datos como ya se había mencionado están individualizados en razón al sexo, pero, teóricamente, deberían también estarlo en función de la edad, del estado nutricional e incluso de la raza; estos factores influyen directamente en los resultados que se obtienen, es decir, en los estudios citados por otros autores en esta investigación, los participantes tienen, otras costumbres alimentarias, el estilo de vida es diferente y la raza no es la misma, entre otros factores que, comparándolos a los colombianos, los resultados en cuanto a AF pueden ser similares o diferentes (Tarducci, G., 2012).

La escasa información existente de investigaciones enfocadas en determinar los puntos de corte de AF, R, Xc y coeficiente de bioimpedancia Z_{5}/Z_{200} en población sana universitaria a nivel regional y/o nacional, incentivó la realización de este análisis, sin mencionar que tampoco existe información referente a la comparación de estos parámetros entre una población colombiana y una de otro país. Otro aspecto importante sobre este estudio fue el equipo utilizado para la realización del test de bioimpedancia, ya que se usó un bioimpedanciometro multifrecuencia, multivariable y multialgoritmo (ver **Ilustración 2**), lo que permitió obtener resultados más confiables, que generan mayor certeza sobre la veracidad de los valores arrojados porque al ser multifrecuencia, permite analizar cada uno de los tejidos por los que pasan las diferentes corrientes (5 kHz, 50 kHz y 200 kHz) y de esta forma se evalúan todos los compartimentos de la célula (Aminogram, Bioimpedancia, 2020).

Ilustración 2

Frecuencias del BodyXpert y su relación con la célula.



Fuente: Aminogram Academy

Con el fin de evitar los sesgos que se pueden originar cuando se estima la composición corporal, en este estudio se utilizaron como variables principales los datos brutos de la bioimpedancia, haciendo especial énfasis en el ángulo de fase como resultado combinado de la resistencia y la reactancia. Sin embargo, también se analizaron variables secundarias proporcionadas por el software del equipo utilizado. Es recalable que la determinación del AF varía de unas series a otras, posiblemente a causa del tipo de analizador de BIA empleado. La media obtenida en nuestros datos para ángulo de fase es un poco más baja en mujeres que en hombres, a diferencia de resistencia y reactancia que es más alta comparada a la encontrada por otros autores (*Arias, S. (2020), Llames, L (2013)* y Baumgartner et al. (1988)), aunque nuestros resultados también estiman que existe una buena asociación entre el estado de nutrición y el ángulo de fase.

Es preciso recordar que la eficacia de este método consiste en valorar el estado de la persona en un tiempo concreto, por lo que puede haber cambios corporales, siendo imprescindible para ello seguir una metodología de medición adecuada y correcta, con el fin de minimizar todos los errores que presenta realizar el test de bioimpedancia eléctrica (Abad, S., 2020).

Dentro de las principales fortalezas de este estudio se resalta la estimación pionera de puntos de corte en población universitaria, a través de una prueba estadística como el índice de Youden, dado que la mayoría de estudios evaluados establecen el punto de corte como el punto promedio de los datos (media). Por otra parte, la evaluación de la composición corporal fue obtenida a través del equipo BiodyXpert, perteneciente a la nueva generación de analizadores de composición corporal, totalmente portátiles, inalámbricos y multifrecuencia.

10. CONCLUSIONES

- La grasa corporal fue mayor en las mujeres en comparación con los hombres, lo que está en concordancia con la distribución corporal conocida de acuerdo al sexo.
- Así mismo, en este estudio se logró determinar que el ángulo de fase es el mejor parámetro predictor para el estado nutricional dado que la curva ROC indicó un área bajo la curva de 0,67 a diferencia de las variables R, Xc y coeficiente de bioimpedancia donde la curva ROC indicó un área bajo la curva de 0,2; 0,37 y 0,33, el cual no genera una especificidad y sensibilidad relacionada para ser consideradas como un buen predictor del estado nutricional.
- Por otra parte, se estableció que las variables R, Xc y coeficiente de bioimpedancia no son buenas predictoras del estado nutricional, sin embargo es necesario realizar otros estudios con mayor rigor metodológico donde se utilice una valoración nutricional objetiva, que catalogue a la población objetivo como malnutridos o bien nutridos, en lugar de solo usar una valoración antropométrica, como en este caso.
- A través de este estudio se logró establecer el punto de corte para ángulo de fase, tanto para hombres como para mujeres, siendo en el caso de las mujeres el valor de 6,2 y en los hombres 8,2.
- No se encontraron grandes diferencias entre los puntos de corte de AF de una muestra de estudiantes de una institución universitaria privada en la ciudad de Cartagena con respecto a una población española estudiada.
- Es posible que los resultados de la capacidad predictiva del ángulo de fase varíen si se comparan con una prueba gold estándar como la valoración nutricional objetiva y no con el índice de masa corporal.

11. LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES A FUTUROS ESTUDIOS

La realización de este estudio contó con algunas limitaciones, una de ellas fue la condición en la que se eligió la muestra, dado que esta se escogió por conveniencia en lugar de seleccionarse de manera aleatoria. Así mismo teniendo en cuenta que se utilizó una base de datos preexistente en la institución universitaria, es decir, que estos valores no fueron tomados directamente por los representantes del proyecto y esto podría representar un mayor porcentaje de sesgo en los resultados. Otro de los condicionamientos al que estuvo expuesto esta investigación fue el número de participantes mujeres, que corresponde al 86,4% de la muestra, mientras que la cantidad de hombres dentro de este grupo solo corresponde al 13,6% restante, lo que representa una amplia diferencia entre ambos sexos, y esto podría verse reflejado en los resultados generales de toda la muestra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, S., 2020. El Ángulo De Fase De La Impedancia Eléctrica Es Un Predictor De Supervivencia A Largo Plazo En Pacientes En Diálisis. Scielo.isciii.es. Available at: <<http://scielo.isciii.es/pdf/nefrologia/v31n6/original1.pdf>> [Accessed 7 December 2020].
- Ángeles Carbajal Azcona, 2013. Departamento de Nutrición. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid.
- Alvero-Cruz, J.R.; Correas Gómez, L.; Ronconi, M.; Fernández Vázquez, R.; Porta i Manzañido, J. La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal: normas prácticas.
- Aminogram academy [Aminogram Academy]. (2020, octubre 8). Webinar 6- uso de los indicadores de Biody Manager [Archivo de video]. Recuperado de (<https://youtu.be/oYSZ13t07zk>)*
- Antecedentes de las aplicaciones de bioimpedancia. S.f (http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70403/fichero/8.+Cap%C3%ADtulo+3_Antecedentes+de+las+aplicaciones+de+bioimpedancia..pdf)
- Bioimpedancia: qué es y cómo funciona - Tatiana Zanin. (October 5, 2020)(https://www.tuasaude.com/es/bioimpedancia/?fbclid=IwAR1_R7QOirDEQfbyKIJKC08wvLzdmAJZITmhUpejwdf_uLIEyfOucX-jOR4)* Disponible en: (<https://core.ac.uk/download/pdf/61909117.pdf>)
- Dr. Héctor Torres. Resistencia Eléctrica o Impedancia. oct 5, 20. (<https://hetpro-store.com/TUTORIALES/resistencia-electrica/>)*
- Impedancia S.f (<http://www.casdreams.com/cesf/foc/fo/impedancia.pdf>).
- J.R.. Alvero-Cruz, L.. Correas Gómez, M.. Ronconi, R.. Fernández Vázquez, J.. Porta i Manzañido (2011). La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal, normas prácticas de utilización | Revista Andaluza de Medicina del deporte. (<https://www.elsevier.es/es-revista-revista-andaluza-medicina-del-deporte-284-articulo-l-a-bioimpedancia-electrica-como-metodo-X1888754611937896>)*
- Jaeger, A. S., & Barón, M. A. (2009). Uso de la bioimpedancia eléctrica para la estimación de la composición corporal en niños y adolescents. In *Anales Venezolanos de Nutrición* (Vol.

22, Issue 2, pp. 105–110).
(http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522009000200008)

José Ramón Alvero-Cruza, Elvis Álvarez Carnero, José Carlos Fernández-García, Jesús Barrera Expósito, Margarita Carrillo de Albornoz Gil, Luis B.Sardinha. Validez de los índices de masa corporal y de masa grasa como indicadores de sobrepeso en adolescentes españoles: estudio Escolca.

Leyva, L. Q., & Betancourt, J. (2019). *Elementos teóricos y prácticos sobre la bioimpedancia eléctrica en salud Theoretical and practical facts about health electric bioimpedance. March.*

L. Llames, V. Baldomero, M. L. Iglesias y L. P. Rodota, (2013) Valores del ángulo de fase por bioimpedancia eléctrica; estado nutricional y valor pronóstico.)

Llames, L. (2013). Valores del ángulo de fase por bioimpedancia eléctrica: estado nutricional y valor pronóstico.

Martínez, E. G. (2010). Composición corporal: Su importancia en la práctica clínica y algunas técnicas relativamente sencillas para su evaluación. En Salud Uninorte (Vol. 26, Issue 1, pp. 98–116).
(<http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/salud/article/viewArticle/75/5796>.)

MsC. Maraelys Morales González, MsC. Manuel Verdecia Jarque, MsC. Tamara Rubio González, Dr.C. Luis Enrique Bergues Cabrales, MsC. Alcibíades Lara Lafargue y Est. José Pablo Martínez Tassé, Influencia de la resistencia eléctrica en la estimación del agua corporal total y la masa libre de grasa.

Residente, R. (2019). Medicina del deporte. Acta Médica Colombiana, 43(2S), 176.
(<https://doi.org/10.36104/amc.2018.1400>)

S. Abad, G. Sotomayor, A. Vega, A. Pérez de José, U. Verdalles, R. Jofré, J.M. López-Gómez. El ángulo de fase de la impedancia eléctrica es un predictor de supervivencia a largo plazo en pacientes en diálisis.

Salazar, A. (2013). 7. Capacitancia e Inductancia 7.1. Introducción.
(http://wwwprof.uniandes.edu.co/~ant-sala/cursos/FDC/Contenidos/07_Inductancia_y_Capacitancia.pdf)

Tarducci, G., 2012. ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL EN NIÑOS Y SU RELACIÓN CON LA ACTIVIDAD FÍSICA: DESARROLLO DE ECUACIONES DE PREDICCIÓN DE MASA GRASA y MASA LIBRE DE GRASA.