



Revista Científica General José María Córdova

ISSN 1900-6586 (impreso), 2500-7645 (en línea)

Volumen 16, Número 22, abril-junio 2018, pp. 93-106

<http://dx.doi.org/10.21830/19006586.297>

**Citación:** Cortés Fernández, S., Camargo, I. Y., y Botero Rosas, D. (2018, abril-junio). Modificaciones en el índice de masa y composición corporal en personal activo del Ejército colombiano: un estudio de caso. *Rev. Cient. Gen. José María Córdova*, 16 (22), 93-106. DOI: <http://dx.doi.org/10.21830/19006586.297>

---

# Modificaciones en el índice de masa y composición corporal en personal activo del Ejército colombiano: un estudio de caso

---

Sección: TECNOCENCIA

Artículo de investigación científica y tecnológica

Santiago Cortés Fernández<sup>a</sup>

*Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova", Bogotá, Colombia*

Iván Yesid Camargo<sup>b</sup>

*Instituto Distrital de Recreación y Deportes, Bogotá, Colombia*

Daniel Botero Rosas<sup>c</sup>

*Universidad de La Sabana, Chía, Colombia*

---

Changes in body mass index and composition in active personnel in the Colombian Army: a case study

---

Modificações do índice de massa e composição corporal em pessoal ativo do Exército colombiano: um estudo de caso

---

Modifications de l'indice de masse et de la composition corporelle du personnel actif de l'Armée colombienne: une étude de cas

---

Recibido: 20 de mayo de 2017 • Aceptado: 28 de octubre de 2017

---

a <https://orcid.org/0000-0001-5189-9325>

b <https://orcid.org/0000-0003-1949-9545>

c <https://orcid.org/0000-0002-2590-0756> - Autor de correspondencia.

Contacto: [daniel.botero@unisabana.edu.co](mailto:daniel.botero@unisabana.edu.co)

**Resumen.** Los entrenamientos militares en el Ejército Nacional, programados por la Dirección de Instrucción y distribuidos a lo largo de la carrera militar, someten al combatiente a diversas condiciones que pretenden simular actividades desarrolladas en el ejercicio profesional. Actualmente, no existe literatura especializada sobre las modificaciones en el índice y composición corporal de quienes desarrollan actividades de entrenamiento militar y, en consecuencia, tampoco hay claridad respecto a la posible prevalencia de afectaciones a la salud generadas por este entrenamiento físico. El objetivo de este documento es caracterizar estas modificaciones en el personal militar participante en el Curso Avanzado de Combate del Ejército Nacional mediante la técnica de bioimpedancia eléctrica, con el propósito de establecer una línea base (*baseline*) sobre la cual desarrollar estudios posteriores en otros cursos de entrenamiento de las Fuerzas Militares de Colombia.

**Palabras clave:** bioimpedancia eléctrica; composición corporal; entrenamiento militar; índice de masa corporal; peso; pliegues cutáneos; talla.

**Abstract.** Military training in the National Army, programmed by the Office of Instruction and delivered throughout the military career, submits the combatant to a variety of conditions, which simulate the activities carried out in the professional practice. Currently, there is no specialized literature on the changes in the body composition of those participating in these military training activities and, consequently, no clarity concerning the possible prevalence of health effects resulting from this physical training. The objective of this document is to characterize these changes in military personnel participating in the National Army's Advanced Combat Course by using the electrical bioimpedance technique to establish a baseline on which to develop other training courses in the Colombian Military Forces.

**Keywords:** body composition; body mass index; electric bioimpedance; military training; size; skin folds; weight.

**Resumo.** Os treinos militares no Exército Nacional, programados pela Direção de Instrução e distribuídos ao longo da carreira militar, submetem ao combatente a diversas condições que pretendem simular as atividades realizadas no exercício profissional. Atualmente, não existe literatura especializada sobre as modificações que apresenta a composição corporal daqueles que desenvolvem estas atividades de treino militar e, como consequência, não existe clareza no que diz respeito à possível prevalência de afetações de saúde fruto desses processos de treino físico. O objectivo deste documento é caracterizar essas modificações no pessoal militar que participa no concurso avançado de combate do Exército Nacional mediante a técnica de bioimpedância eléctrica, com o propósito de estabelecer uma linha base (*baseline*) sobre a qual desenvolver estudos posteriores noutros cursos de treino das Forças Militares de Colômbia.

**Palavras-chave:** bioimpedância eléctrica; composição corporal; dobras cutâneas; índice de massa corporal; peso; tamanho; treino militar.

**Résumé.** Les séances d'entraînement militaire à l'Armée nationale, programmées par la Direction de l'Instruction et répartis tout au long de la carrière militaire, soumettent au combattant à plusieurs conditions qui prétendent simuler les activités réalisées dans son exercice professionnel. Aujourd'hui, il n'existe pas de littérature spécialisée sur les modifications qui présente la composition corporelle de ceux qui font ces activités d'entraînement militaire et, en conséquence, il n'y a pas non plus de clarté concernant la prévalence possible d'atteintes à la santé comme résultat de ces entraînements physiques. Le but de ce document est caractériser ces modifications chez le personnel militaire participant au cours avancé de combat de l'Armée nationale au moyen de la technique d'impédancemétrie électrique pour établir une ligne de base (*baseline*) sur laquelle développer des études ultérieures dans d'autres cours d'entraînement des Forces militaires de Colombie.

**Mots-clés :** composition corporelle ; entraînement militaire ; impédancemétrie ; indice de masse corporelle ; poids ; plis cutanés ; taille.

## Introducción

Durante sesenta años, el Ejército Nacional de Colombia ha afrontado un conflicto armado interno que ha mutado de la lucha ideológica social comunista de sus inicios en los albores de los años cincuenta, a la actual amenaza narcoterrorista. La Constitución del país es garante de la presencia de unas Fuerzas Militares y, para efectos de este estudio, de un Ejército que desarrolla su función a partir de las acciones esencialmente humanas —no es una máquina la que combate—.

Esa condición supuso la conformación de cursos de entrenamiento diseñados para dotar al individuo de cualidades diferenciadoras y especializadas con las cuales pueda afrontar la compleja misión que representa el combate.

A su vez, dada la crudeza de las acciones del enemigo, las dificultades topográficas y ambientales y la precariedad de las condiciones del combate, esos cursos se convierten en escenarios de un realismo insospechado, a tal medida que en el argot militar ha hecho carrera la siguiente máxima: “El entrenamiento debe ser tan duro que la batalla sea un descanso”.

El reflejo de la intensidad de los cursos de combate es visible muy rápidamente entre quienes retornan de ellos con sus vestuarios, equipos y armas sucios y con sus cuerpos demacrados —caquéxicos—, sobrepigmentados y claramente deshidratados.

Durante esporádicas conversaciones, los militares combatientes se refieren —y sonríen al hacerlo— a los efectos que tuvo determinado curso, en especial, sobre su percepción frente al peso corporal general. Las modificaciones del peso corporal general no han sido cuantificadas sistemáticamente, y si ese aspecto general no ha sido controlado, debe suponerse que mucho menos se encuentra valorada la forma como el entrenamiento de combate altera la composición histológica.

## Diseño estadístico

Considerando las características de los datos que se obtendrían, se formularon los siguientes procesos estadísticos:

- Shapiro-Wilk para probar la normalidad de los datos.
- Test T pareado para comparar entre dos tratamientos (antes y después).
- Análisis descriptivo, que incluyó gráficos de cajas y bigotes para determinar medias, variación y dispersión de los datos.

## Instrumentos

- Software MATLAB.
- Analizador de Composición Corporal por Bioimpedancia Tanita TBF-410 BF.

- Estadiómetro portátil Seca 213 con rango de 20 a 205 cm con división 1 mm x 1 mm.
- Software Statistix 8,0.
- Estudio exploratorio, descriptivo, en el cual participaron alféreces asistentes a un programa de entrenamiento militar denominado Curso Avanzado de Combate.

## Sujetos

Se incluyeron 72 alféreces de séptimo nivel de la Compañía Córdova que asistieron al Curso Avanzado de Combate durante ocho semanas en el primer semestre de 2015; todos del sexo masculino, todos mayores de 18 años. Las demás características de la población se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1.** Características de la población

<b>Población</b>	256
<b>N.º</b>	72
<b>Sexo</b>	Masculino
<b>Edad promedio</b>	20 ( $\pm 1,48$ )
<b>Peso promedio</b>	72,28 ( $\pm 7,98$ )
<b>Estatura promedio</b>	1,72 ( $\pm 5,52$ )

Fuente: elaboración propia.

## Referente teórico

Los primeros conceptos de composición corporal provienen de la Antigua Grecia, en la que se creía que el ser humano estaba hecho de los mismos elementos básicos que constituían el cosmos: fuego, aire, agua, tierra (Schultz, 2002).

La composición de un organismo refleja la acumulación neta durante la vida de nutrientes y otros sustratos adquiridos del medioambiente y retenidos por el cuerpo. Las técnicas de análisis de composición corporal permiten a los científicos estudiar la forma como los tejidos y órganos cambian con la edad y con el estado metabólico (Shen *et al.*, 2007).

Actualmente se reconocen alrededor de treinta a cuarenta componentes principales, que incluyen las posibles combinaciones matemáticas entre ellos y que conforman a su vez modelos dentro de los cuales se destacan los de predicción de masa sin grasa (*fat free mass*) a partir del agua corporal total (*total body water*) (Pace & Rathbun, 1945).

A su vez, estos modelos matemáticos pueden ser aplicados en relación con las capacidades técnicas y la presencia de equipos y procedimientos disponibles. La complejidad de

estos modelos abarca cinco niveles: atómico, molecular, celular, tejido-órganos y corporal total (Shen *et al.*, 2007).

La caracterización de la composición corporal del personal militar que acude al Curso Avanzado de Combate en el Ejército Nacional de Colombia utilizó para su estudio el nivel molecular (tabla 1), para lo cual empleó la mayor cantidad de información suministrada por el analizador de composición corporal Tanita TBF-410 BF, que soporta su tecnología en la bioimpedancia.

El principio en que se basa la bioimpedancia para valorar la composición corporal es su relación con el contenido de agua del cuerpo (Jenin *et al.*, 1976). La impedancia es la resistencia, dependiente de la frecuencia, de un conductor al flujo de una corriente eléctrica alterna. La resistencia es la oposición pura del conductor a la corriente alterna. Los analizadores de impedancia bioeléctrica utilizan una corriente alterna que entra en el cuerpo a un amperaje muy bajo y seguro. El conductor es el agua del cuerpo y el analizador de bioimpedancia mide la impedancia de ese conductor; la resistencia en el cuerpo se comporta de igual manera que en los conductores no orgánicos (metales). En correspondencia con la capacidad iónica de cada tipo de tejido y en las interfases que se presenta entre los tejidos, esta corriente eléctrica se retarda a través de su paso por estas diversas vías de corriente (Kushner & Schoeller, 1986).

Estudios muy recientes (Wang, Hui & Wong, 2014) indican la alta correlación entre la detección de la masa magra libre de grasa a través del procedimiento más complejo y considerado *gold standard* de carácter clínico: absorciometría radiográfica de energía dual (DEXA o DXA, por su sigla en inglés).

### **Masa de grasa**

La masa de grasa es el componente más variable de la composición corporal y oscila entre el 6 % y el 60 % del peso corporal total (Baumgartner *et al.*, 2007).

A partir de estudios longitudinales se pudo establecer para la masa grasa una velocidad incremental de 0,57 kg/año para hombres y 0,44 kg/año para mujeres entre los 18 y los 45 años, y una desaceleración de 0,37 kg/año entre los 45 y los 65 años de edad (Mott *et al.*, 1999).

Desde la perspectiva de la teoría de la evolución, el amplio intervalo de variabilidad de la masa grasa en los seres humanos puede atribuirse a la selección de genes que confieren una alta eficiencia de almacenamiento de grasa dentro de los adipocitos en el caso de cambios drásticos (o tal vez de estación) en el suministro de alimento: la hipótesis de “abundancia o hambruna” (Lev-Ran, 2001).

La capacidad de almacenar el exceso de energía durante épocas de abundancia le habría conferido una ventaja significativa para la supervivencia y reproducción durante los periodos subsiguientes de escasez. Hemos evolucionado hasta ser insensibles a las señales hormonales de que estamos demasiado gordos. Por otro lado, los niveles demasiado bajos de grasa corporal suspenden nuestra capacidad de reproducción.

## Masa magra

También conocida como *masa libre de grasa* (*fat free mass* o FFM, por su sigla en inglés), es un indicador privilegiado para la investigación de la composición corporal dada su relación con la morbilidad, la mortalidad, el desempeño físico y los requerimientos calóricos. Los constituyentes principales de la masa magra son los músculos, el hueso, los órganos vitales y el líquido extracelular. La masa magra es el cuerpo entero, excepto la masa magra extraíble. Al respecto, debe considerarse que las mediciones efectuadas bajo cualquier metodología son susceptibles de error. No obstante, la masa magra equivale, en promedio, a 1,9 kg para los varones y 1,5 para las mujeres (Lohman, 1991).

## Masa muscular

En el cuerpo, el músculo está presente en tres formas diferentes: esquelético, liso y cardíaco. El músculo esquelético representa entre el 30 y el 40 % del peso corporal total de una mujer de 59 kg o de un varón de 70 kg. Debido a que se requiere músculo esquelético para el movimiento, los científicos del ejercicio están interesados en relacionar las estimaciones de masa muscular con los diferentes tipos de rendimiento atlético aeróbico y anaeróbico, así como con los efectos del entrenamiento físico en la capacidad de trabajo y de desempeño físico. Asimismo, los médicos requieren estimaciones de masa muscular para evaluar enfermedades catabólicas y determinar la eficacia de los procedimientos terapéuticos (Lukaski, 2007).

La facilidad de las mediciones de impedancia bioeléctrica y la disponibilidad del instrumental evidencian las grandes posibilidades de usar de modo rutinario esta técnica para valorar la composición corporal (Lukaski, 2007).

## Índice metabólico basal

El gasto energético de reposo (*resting energy expenditure*) es la cantidad de energía mínima requerida para sostener las funciones corporales vitales en un estado de vigilia y, por tanto, es un parámetro biológico fundamental de los organismos vivos con serias interrelaciones con el requerimiento energético total, el desarrollo, el envejecimiento y la longevidad. Se estima que constituye el 60% del gasto energético total (Gallagher & Elia, 2007).

La expresión de la producción de calor con la masa corporal (Kcal) es esencial cuando se comparan los índices térmicos o de flujo de energía entre personas que difieren en tamaño, en el entendido de que, a mayor superficie, mayor tejido productor de calor. Dado que el componente graso es considerado un tejido que no produce calor, implícitamente el gasto energético de reposo también se reconoce como un indicador del tejido metabólicamente activo (Gallagher & Elia, 2007).

El índice metabólico basal (IMB) nos refiere su utilidad y trascendencia como indicador. Según Gallagher y Elia (2007), el 60 % de su totalidad es utilizado en proveer la energía que requiere el cerebro, el corazón y los riñones (cuyo peso combinado es menos

del 6 % del peso corporal), mientras que el componente de músculo esquelético (que comprende entre el 40 % o 50 % del peso corporal total) utiliza solo entre el 18 % y el 20 % del mismo índice.

El índice metabólico basal adquiere su mayor expresión en los neonatos (~ 56 kcal/kg de peso corporal / día) y declina hacia los valores de los adultos (~ 25 kcal/kg de peso corporal / día) (Gallagher & Elia, 2007).

### **Entrenamiento físico**

Los efectos del ejercicio (entrenamiento físico) sobre la composición corporal son diversos debido a que suelen mezclarse con otros tratamientos, en especial, con modificaciones dietéticas que impiden aislar las reales repercusiones que este tiene sobre el organismo humano. Se deben comprender los beneficios comprobados que la dieta y el ejercicio representan para la salud (Blair *et al.*, 2001), así como las incertidumbres que aún persisten respecto de la dosis óptima y la combinación de modo, intensidad, frecuencia y duración del ejercicio (Williams, Teixeira & Going, 2007).

La prevalencia de obesidad en niños y jóvenes adultos, la sarcopenia (poca masa muscular esquelética) y la osteopenia (poca densidad ósea) son cada vez más frecuentes en la población a nivel mundial (Baumgartner & Greenberg, 1998; Organización Mundial de la Salud [OMS], 2015), por lo cual se han convertido en un problema de salud pública.

### **Índice de masa corporal como indicador de condiciones de salud**

Según Hipócrates,

la salud positiva exige el conocimiento de la constitución primaria del hombre y de los poderes de varios alimentos, tanto los naturales como los que resultan de la habilidad humana. Pero comer bien no basta para tener salud. Además hay que hacer ejercicio, cuyos efectos también deben conocerse. La combinación de ambas cosas constituye un régimen, cuando se presta la debida atención a la estación del año, a los cambios de los vientos, a la edad de la persona y a la situación de la casa. Si hay alguna deficiencia en la alimentación o en el ejercicio, el cuerpo enfermará. (Bellido & de Luis, 2006)

La OMS define el *sobrepeso* y la *obesidad* como una acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud. El índice de masa corporal (IMC) es un indicador simple de la relación entre el peso y la talla que se utiliza para identificar el sobrepeso y la obesidad en los adultos. El IMC se calcula a partir del peso corporal expresado en kilogramos y dividido por la altura en metros al cuadrado (kg/m<sup>2</sup>) (OMS, 2015). Es una medida simple de gran valor epidemiológico (Gil, 2010) a partir de una estandarización que permite definir lo siguiente:

- Un IMC igual o superior a 25 determina sobrepeso.
- Un IMC igual o superior a 30 determina obesidad.

Los datos de la OMS establecen el sobrepeso y la obesidad como epidemia: en 2014, tenían sobrepeso 1.900 millones de adultos mayores de 18 años y 600 millones de ellos eran obesos. Tal estado se convierte en un factor de riesgo relacionado con las enfermedades prevenibles no transmisibles (cardiopatías, accidentes cerebrales, diabetes, osteoartritis y algunos tipos de cáncer).

De acuerdo con los datos proporcionados por la OMS, solo el 50,2 % de la población colombiana se encuentra en condición de normopeso (IMC 18,5-24,99) (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, 2010)

### **Composición corporal por bioimpedancia**

El método de análisis de la composición corporal por bioimpedancia (BIA) se centra en el estudio de la composición corporal molecular y mide la propiedad física del cuerpo de conducir la corriente eléctrica en función de su contenido de agua. De modo similar a otros métodos de composición corporal, la BIA se basa en suponer constantes preestablecidas en relación con propiedades eléctricas y con determinadas características físicas estáticas de los compartimientos (Gil, 2010).

Si se considera que la actividad militar representa en términos sociológicos una “carrera” que por efectos vocacionales e institucionales puede durar máximo 43 años (Decreto 1790 de 2000), se puede extrapolar la forma en que “los efectos acumulativos de años de malos hábitos alimenticios pueden aumentar el riesgo de muchas condiciones perjudiciales para la salud a medida que se envejece” (Gil, 2010).

La correlación entre la grasa corporal —medida por métodos de laboratorio como la disolución de isótopos o la hidrodensitometría— y el índice de masa corporal, según Bandini & Flynn (2003), es significativamente alta, y su mayor ventaja es que puede ser calculada con el peso y la talla, de manera que es más fiable que el uso de mediciones de los pliegues grasos subcutáneos.

Igualmente, Ripk *et al.* (2014) concluyeron una correlación alta entre la metodología tradicional de pliegues cutáneos y la que se produce con el uso de bioimpedancia. Esta última se aplica en esta investigación conforme a las recomendaciones particulares de empleo de la tecnología (Alvero *et al.*, 2011), para las características del personal objeto de estudio en cuanto a periodos de descanso, estado de hidratación, evacuación de la orina, privación de consumo de alcohol y otras que se convirtieron en las pertinentes para el diseño y ejecución del protocolo de toma de datos.

Para poder mantener las diferentes funciones corporales, es necesario ingerir una adecuada cantidad de energía a través de los alimentos. La Academia Nacional de las Ciencias en Estados Unidos (NAS, por su sigla en inglés) define los requerimientos energéticos estimados (REE) como la ingesta dietética de energía necesaria para mantener el balance energético en un individuo adulto sano de una determinada edad, sexo, peso, talla y nivel de ejercicio físico asociado a la salud (Oliveira, 2006).

Si se tiene en cuenta que el gasto energético total (GET) representa el resultado de la sumatoria entre el gasto energético basal (GEB), el efecto termogénico de los alimentos (ETA) y el gasto energético por actividad física (GEAF), es conveniente verificar las cantidades de alimento suministradas durante los procesos de entrenamiento físico (Oliveira, 2006). Por tal razón se registró esta información durante el entrenamiento físico militar del Curso Avanzado de Combate.

La composición corporal ha sido durante décadas el instrumento de control del desarrollo y crecimiento poblacional, el determinador de condiciones de salud y de enfermedad humanas, así como el primer factor seleccionador de participación deportiva con miras a logros elevados.

Su control se extiende desde el uso de balanzas y cintas métricas hasta mecanismos tan sofisticados como la radiación (DEXA o absorciometría de rayos X de energía dual) o el uso de pletismógrafos. Estos últimos constituyen en la actualidad los *gold standard* para este tipo de investigaciones.

Sin duda, el mecanismo más utilizado ha sido la valoración mediante pliegues cutáneos, perímetros óseos y diámetros musculares, que, combinados en apropiadas fórmulas, definen las clasificaciones somatotípicas humanas.

En el momento de realizar este estudio se han desarrollado con éxito las tecnologías relacionadas con la bioimpedancia, las cuales resultan económicas, prácticas y efectivas en el seguimiento continuo de grandes poblaciones.

## Condiciones generales

Para realizar el estudio se estableció un cronograma supeditado a la ejecución del Curso Avanzado de Combate en la Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”, evento de ocho semanas de duración en el Centro Nacional de Entrenamiento (Cenae) del Ejército, ubicado a setenta minutos de Bogotá, D. C., en el municipio de Melgar, en la otrora conocida como Hacienda Tolemaida.

La zona de entrenamiento, establecida a 493 metros sobre el nivel del mar, se caracteriza por un clima cálido —promedio de 34 °C— con predominancia vegetal selvática.

Luego de los sometimientos en diversas etapas de la formación académica de los participantes y previa aprobación de las entidades respectivas para el desarrollo de la investigación, se verificó la programación interna, sobre la cual se realizó la planificación de la intervención. Se coordinó con el personal militar que estaba al mando de los sujetos que habrían de participar en la toma de datos, y se les previno sobre las condiciones esenciales de participación, en especial, las relacionadas con el descanso previo y la alimentación. Asimismo, los investigadores viajaron a la zona del Cenae en el municipio de Melgar, meseta de Tolemaida, la noche del día siguiente al desplazamiento masivo de las tropas para no interferir con las labores administrativas de instalación de carpas y otras que tienen lugar en este tipo de ejercicios militares.

Después de la cena, se sostuvo una charla informativa con la totalidad del personal concentrado en los terrenos de la finca Chelenchele —asignada a la Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova” dentro del Cenae— sobre las características del estudio y se solicitó la colaboración del personal que fuese seleccionado como participante para la toma de datos, sobre todo, respecto a “soportar la molestia” que implicaría ser despertado una hora antes que sus demás compañeros para la acción correspondiente.

Conforme a la prueba de pilotaje, conocedores de la obligación imperante de dormir en pijama corta —situación que favoreció el protocolo de toma de datos de bioimpedancia respecto de usar la menor cantidad de ropa posible— y definida la muestra, uno a uno de los participantes en el experimento fueron saliendo de sus carpas según el llamado, de manera que los no participantes no fueran perturbados en su descanso.

Se recolectaron los datos de identificación básica, fecha de nacimiento, talla y peso, con los cuales se alimentó el analizador de composición corporal, y se esperó la impresión de resultados totales procesados por el equipo para proceder a su almacenamiento y posterior digitalización con fines de procesamiento y análisis. El equipo agradeció a los participantes por las facilidades prestadas para la actividad y retornó a Bogotá una vez finalizada la toma de datos.

El estudio consistió en permitir que el Curso Avanzado de Combate se llevara a cabo en las condiciones en que regularmente se efectuaba, durante ocho semanas del primer semestre del año 2015 en el Cenae del Ejército Nacional. La intervención de los investigadores fue mínima y supeditada a la toma de datos del día inicial y el día final. Los investigadores desconocieron los programas y planes diarios de entrenamiento ejecutados durante el curso, así como tampoco tuvieron conocimiento de las cantidades de alimento consumidas ni de las horas de sueño o vigilia ni demás detalles particulares.

Conocedores de la fecha de clausura del Curso Avanzado de Combate, el equipo optó por desplazarse nuevamente al Cenae cuando restaban dos días para esa ceremonia, nuevamente con el objetivo de no perturbar las labores administrativas del Centro. Una vez allí, se repitió el procedimiento de advertir a los participantes que serían convocados nuevamente para las mediciones de la investigación.

## Parámetros antropométricos

Se tomaron los siguientes datos: estatura (m) —medida con un estadiómetro telescópico de precisión (Seca)— y peso corporal (kg) —medido con una balanza de bioimpedancia (Tanita TBF-410 BF)—.

## Análisis estadístico

El tamaño de la muestra fue calculado usando la fórmula de muestra aleatoria simple para población conocida.

Se consideró un margen de error del 3 % y una confiabilidad del 95 % en el cálculo del resultado.

En consecuencia, el tamaño de muestra fue de 72 alféreces, quienes fueron seleccionados aleatoriamente entre los miembros de la Compañía Córdova y quienes firmaron consentimiento informado para participar en el estudio.

## Resultados

El estudio permitió agrupar los datos de los momentos previos y posteriores al Curso Avanzado de Combate (tabla 2).

**Tabla 2.** Consolidación de resultados

N.º	Indicador	Momento	Valores CAC			
			Promedio	Máximo	Mínimo	Variación
1	IMC	Previo	24,4 (±2,22)	31,4	19,1	12,3
		Posterior	23 (±1,78)	28,6	18,4	10,2
2	Peso en KG	Previo	72,2 (±7,99)	96,3	53,9	42,4
		Posterior	68,1 (±6,59)	85,6	53,2	32,4
3	Porcentaje graso	Previo	8,58 (±3,12)	17,7	3	14,7
		Posterior	6,96 (±2,66)	13,5	3	10,5
4	Grasa en kg	Previo	6,27 (±4,88)	15,9	1,8	14,1
		Posterior	4,88 (±2,15)	11,30	1,6	9,7
5	Masa magra en kg	Previo	66,3(±6,12)	82	51,9	30,1
		Posterior	63 (±5,58)	75,8	50,6	25,2
6	Masa muscular en kg	Previo	63 (±5,84)	78	49,3	28,7
		Posterior	59,8(±5,32)	72,1	48	24,1
7	Porcentaje agua	Previo	47 (±4,22)	57,5	37,5	20
		Posterior	44,6(±3,92)	53,3	35,9	17,4
8	Agua en kg	Previo	65,1(±3,09)	72,5	73,8	-1,3
		Posterior	65,6 (±2,09)	58,3	60,6	-2,3

Continúa tabla...

N.º	Indicador	Momento	Valores CAC			
			Promedio	Máximo	Mínimo	Variación
9	Masa ósea en kg	Previo	3,28 (±0,28)	4	2,6	1,4
		Posterior	3,13 (±0,25)	3,7	2,6	1,1
10	IMB	Previo	1951 (±186,9)	2470	2221	249
		Posterior	1851 (±163,8)	1532	1499	33

Fuente: elaboración propia.

## Conclusiones

Las pruebas estadísticas demostraron normalidad en todos los casos referidos en el estudio, en tanto que las modificaciones en los momentos previos y posteriores reflejaron una alta significación ( $p= 0,0001$ ).

Las mayores modificaciones se presentaron en el índice de masa corporal, el peso en kilogramos, el porcentaje de grasa y, por consiguiente, la grasa expresada en kilogramos, la masa magra y la masa muscular expresada en kilogramos.

Al inicio del Curso Avanzado de Combate se pudo determinar que el 4,16 % del personal se encontró en condición de obesidad y el 23 % en condición de sobrepeso. Así mismo, el 63% poseía normopeso y había un caso de delgadez. Esta información, después de tres años de preparación militar de los sujetos, indica deficiencias en la forma del entrenamiento físico que se lleva a cabo en la etapa “intramural” del proceso de formación del subteniente.

Los sujetos en condición de obesidad no deberían haber sido autorizados para asistir a un Curso Avanzado de Combate, dada la prevalencia de riesgo fisiológico funcional inherente a esa condición.

Aunque en estos individuos la masa grasa entró a niveles de normalidad luego del sometimiento al proceso de entrenamiento, debe considerarse que este indicador no alcance niveles tan bajos que le permitan clasificarse en el rango de grasa esencial superior al 12 % de la muestra.

Se advierten modificaciones que van en detrimento de la masa muscular expresada en kilogramos y que no deberían presentarse, si se considera que el entrenamiento busca la transformación de la grasa en músculo y no su deterioro. La pérdida de masa muscular se presentó en el 88,88 % de los casos, situación que demuestra deficiencias en la ingesta proteica durante el Curso Avanzado de Combate.

La masa ósea, como elemento estructural de la composición humana, no debería presentar alteraciones. Para este estudio específico se encontró un incremento de 11 casos con deficiencia ósea respecto a la muestra inicial (36,11 %). Se debe anotar que, en estudios posteriores, la densitometría ósea debe ser la prueba que determine la modificación en este compartimiento de la composición corporal, especialmente en los asistentes cuyas evaluaciones preliminares se enmarquen en un peso óseo de entre 2,5 y 3 kg.

El porcentaje de agua y el agua expresada en kilogramos fueron los únicos indicadores que reflejaron una modificación favorable, lo cual permite concluir que a los individuos se les suministró la hidratación prevista para este tipo de ejercicios, la cual se consume habitualmente durante el día y en las noches antes de dormir.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova” por haber permitido realizar el trabajo de investigación.

## Declaración de divulgación

Los autores declaran que no existe ningún potencial conflicto de interés relacionado con el artículo.

## Financiamiento

Este artículo se deriva del proyecto de investigación Caracterización Física del Personal Militar en Formación, circunscrito a la Facultad de Educación Física Militar de la Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”.

## Sobre los autores

*Santiago Cortés Fernández* es oficial en actividad del Ejército Nacional de Colombia en el grado de Mayor. Decano de la Facultad de Educación Física Militar de la Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”. MSc en Ciencias y Tecnologías del Deporte y la Actividad Física.

*Iván Yesid Camargo* es MSc en Ciencias y Tecnologías del Deporte y la Actividad Física.

*Daniel Botero Casas* es PhD en Ingeniería Biomédica de la Universidad Federal de Río de Janeiro.

## Referencias

Alvero Cruz, J. R., Carnero, E. A., Fernández García, J. C., Barrera Expósito, J. & Sardinha, L. B. (2011). A prediction equation of fat mass in Spanish Adolescents. *Obesity Reviews*, 11(Suppl 1.), 216.

- Bellido Guerrero, D. & de Luis Roman, D. (Eds.). (2006). Requerimientos nutricionales. En *Manual de nutrición y metabolismo* (pp. 35-39). Sevilla: Ediciones Díaz de Santos.
- Bandini, L. & Flynn, A. (2003). Overnutrition. En M. J. Gibney, I. A. McDonald, & H. M. Roche (eds.), *Nutrition and metabolism* (pp. 324-340). Oxford: Blackwell Publishing.
- Baumgartner, D. L. & Greenberg, B. (1998). The genus *Chrysomya* (Diptera: Calliphoridae) in the New World. *Journal of Medical Entomology*, 21, 105-113.
- Baumgartner, G. Pavanelli, C. S., Baumgartner, D., Gaspareto Bifi, A. Debona, T. & Frana., V. A. (2007). *Peixes do baixo rio Iguaçu*. Maringá, PR, Brasil: Editora da Universidade Estadual de Maringá.
- Blair, S. N., Cheng, Y. & Holder, J. S. (2001). Is physical activity or physical fitness more important in defining health benefits? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33 (6 Suppl), S379-399; discussion S419-320.
- Gallagher, D. & Elia, M. (2007). Composición corporal, masa de órganos y gasto energético de reposo. En *Composición corporal* (2.ª ed.) (pp. 219-240). Mc Graw Hill.
- Gil Hernández, A. (Coord.). (2010). *Tratado de Nutrición* (t. 3: Nutrición humana en el estado de salud, 2.ª ed.). Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar [ICBF]. (2010). *Encuesta Nacional de Situación Nutricional (ENSIN)*. Bogotá: Instituto Colombiano de Bienestar Familiar.
- Jenin, P., Lenoir, J., Rouillet, C., Thomasset, A. & Ducrot, H. (1976). Determination of body fluid compartments by electrical impedance measurements. *Aviation Space Environmental Medicine*, 46, 152-155.
- Kushner, R. & Schoeller, D. (1986). Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. *American Journal of Clinical Nutrition*, 44, 417-424.
- Lev-Ran, A. (2001). Human obesity: an evolutionary approach to understanding our building waistline. *Diabetes-Metabolism and Research Reviews*, 17, 347-362.
- Lohman, T. G. (1991). Anthropometric assessment of fat free body mass. En J. H. Himes (Ed.), *Anthropometric assessment of nutritional status* (pp. 173-183). New York: Wiley – Liss.
- Lukaski, H. (2007). Valoración de la masa muscular. En J. H. Himes (Ed.), *Composición corporal* (2.ª ed.) (pp. 203-218). Nueva York: Mc Graw Hill.
- Mott, J., Wang, J., Thornton, D., Heymsfield, S. & Pierson, R. (1999). Relation between body fat and age in 4 ethnic groups. *American Journal of Clinical Nutrition*, 69, 1007-1013.
- Oliveira, K. F. (2006). Degradação de pectina cítrica por complexos pectinolíticos excretados por leveduras *Saccharomyces sp* (Tese de mestrado). Universidade de São Paulo, Brasil.
- Pace, N. & Rathbun, E. (1945). Studies on body composition, III: The body water and chemical combined nitrogen content in relation to fat content. *Journal of Biological Chemistry*, 27, 281-298.
- Schultz, S. G. (2002). William Harvey and the circulation of the blood: The bird of a scientific revolution and modern physiology. *News on Physiological Science*, 71, 366-373.
- Shen, W. H., Balajee, A. S., Wang, J., Wu, H., Eng, C., Pandolfi, P. P., Yin, Y. (2007). Essential role for nuclear PTEN in maintaining chromosomal integrity. *Cell*, 128 (1), 157-170.
- Wang, L. Hui, S. S. C. & Wong, S. (2014). Validity of bioelectrical impedance measurement in predicting fat-free mass of Chinese children and adolescents. *Medical Science Monitor*, 20, 2298-2310.
- Williams, D., Teixeira, P., & Going, S. (2007). Ejercicio. En *Composición corporal* (2.ª ed.) (pp. 313-320). McGraw Hill.