

# SUPLEMENTO ERGOGÉNICO A BASE DE CAFEÍNA PARA LA RACIÓN SECA DEL EJÉRCITO

## ERGOGENIC CAFFEINE-BASED SUPPLEMENT FOR THE ARMY DRY RATION

PONCE CÁRDENAS, P. E., DILILLO F.

### RESUMEN

Los suplementos ergogénicos son sustancias o técnicas utilizadas para mejorar el rendimiento físico y deportivo. La cafeína es uno de los suplementos más estudiados y utilizados (1,3,7-trimetilxantina). Su estructura química consta de un anillo de purina, lo que le permite actuar como antagonista del receptor de adenosina en el cerebro. La adenosina es un neurotransmisor que favorece la relajación y la somnolencia, por lo que la cafeína bloquea sus efectos, manteniendo el cuerpo alerta y reduciendo la sensación de fatiga. Determinar el contenido de cafeína en la ración seca del alimento es fundamental para conocer la dosis a administrar en el suplemento ergogénico y su impacto en la ingesta diaria de este estimulante. Se realizaron pruebas de intervención con voluntarios para demostrar los efectos de un suplemento ergogénico a base de cafeína sobre el rendimiento físico sin afectar variables vitales. Una herramienta útil para este fin es el Test de Cooper, que evalúa la resistencia cardiovascular, comparando el rendimiento en este test antes y después de la administración de un suplemento ergogénico. Los resultados deberían mostrar una mejora significativa en el rendimiento sin alterar variables vitales como la frecuencia cardíaca o la presión arterial. Apoyando la utilidad de los suplementos ergogénicos en contextos militares.

### PALABRAS CLAVE

Cafeína,  
Suplemento ergogénico,  
Ración seca

### ABSTRACT

Ergogenic supplements are substances or techniques used to improve physical and sports performance. Caffeine is one of the most studied and used supplements (1,3,7-trimethylxanthine). Its chemical structure consists of a purine ring, which allows it to act as an antagonist of the adenosine receptor in the brain. Adenosine is a neurotransmitter that promotes relaxation and drowsiness, so caffeine blocks its effects, keeping the body alert and reducing the feeling of fatigue. Determining the caffeine content in the dry ration of the food is essential to know the dose to be administered in the ergogenic supplement and its impact on the daily intake of this stimulant. Intervention tests were carried out with volunteers to demonstrate the effects of an ergogenic caffeine-based supplement on physical performance without affecting vital variables. A useful tool for this purpose is the Cooper Test, which evaluates cardiovascular resistance, comparing performance in this test before and after the administration of an ergogenic supplement. The results should show a significant improvement in performance without altering vital variables such as heart rate or blood pressure. Supporting the utility of ergogenic supplements in military contexts.

### KEYWORDS

Nematodes,  
Biopesticides,  
*Trichoderma Spp.*,  
*Bacillus Thuringiensis*,  
Diatomaceous Earth,  
*Chard Beta vulgaris var. cicla*

## INTRODUCCIÓN

**E**n el mundo del deporte, tanto de alto nivel como aficionado, los deportistas buscan siempre mejorar su rendimiento y reducir la fatiga por el entrenamiento de múltiples maneras, una de estas es la ingesta de suplementos ergogénicos. Una sustancia es ergogénica cuando produce trabajo o tiende a incrementar el trabajo.

El proceso de ergogénesis significa producción de energía, por lo que, si una determinada sustancia mejora el rendimiento a través de la producción de energía, ésta se denominará ergogénica. En el ámbito deportivo, una ayuda ergogénica es cualquier técnica o sustancia empleada con el fin de mejorar la utilización de energía, incluyendo su producción, control y eficiencia. Es decir, se va a mejorar alguna cualidad como la fuerza, velocidad o coordinación, ayudando a rebajar la ansiedad, mejorando el control del peso, el aumento de la agresividad, la actitud competitiva, demora de la fatiga y acelera la recuperación. (Negueruela & Noriega, 2014)

La cafeína (1, 3 trimetilxantina), se trata de una purina alcaloide perteneciente a la familia de las xantinas metiladas. La cafeína es considerada una ayuda ergogénica farmacológica y nutricional, debido a que es una sustancia que mejora la respuesta del cuerpo a partir de la manipulación de la dieta, que se puede encontrar en distintas bebidas y alimentos, como el café, el té, bebidas de cola, energéticas, etc. (Negueruela & Noriega, 2014)

En el cuerpo humano la cafeína disminuye la concentración de K<sup>+</sup> en sangre, con el consiguiente retraso de la aparición de la fatiga, actúa como estimulante del sistema nervioso central, bloqueando una molécula clave para inducir el sueño, una sustancia llamada “adenosina”. La eficacia ergogénica de la cafeína se basa: A nivel metabólico es antagonista de la adenosina. La cafeína va a bloquear los receptores de la adenosina, inhibiendo competitivamente su acción, en especial los situados en el tejido adiposo. De tal modo que, al bloquear estos receptores, se va a evitar el efecto inhibitorio de la adenosina. A nivel muscular mejora la liberación del calcio desde el retículo sarcoplásmico e inhibe la recaptación, mejorando de esta manera la fuerza de contracción durante ejercicios submáximos, tanto en consumidores habituales como en los no habituales de cafeína.

El cuerpo necesita un suministro de energía constante que se obtiene rompiendo una molécula llamada ATP (Adenosine Triphosphate). En ese proceso esta molécula libera adenosina. Las neuronas del cerebro tienen receptores diseñados a la medida de esta molécula. Cuando la adenosina se acopla a los receptores, activa una cascada de reacciones bioquímicas que hacen producir a las neuronas señales cerebrales de forma más torpe y lenta. En otras palabras, el sujeto se siente somnoliento. La cafeína, el receptor antagonista de la adenosina, inhibe el proceso de retardar las neuronas bloqueando los receptores de adenosina. La cafeína y la adenosina tiene una estructura molecular similar, tan cercana, que la cafeína puede ubicarse en los receptores de la adenosina, pero no lo suficiente para activarlas. (Franco, 2009)

Los múltiples beneficios de esta ayuda ergogénica pueden ser aprovechados para atletas de alto rendimiento, militares y

estudiantes, por sus beneficios físicos y cognitivos. (Arteaga-Sacro & Villota-Bedoya, 2016)

La fatiga y el bajo rendimiento son problemas muy frecuentes en los soldados que se encuentran en situaciones de combate. Estos problemas pueden tener graves consecuencias tanto para los soldados como para las misiones militares. La fatiga, por ejemplo, puede provocar una disminución de la alerta y una disminución de la capacidad de atención, lo que aumenta la probabilidad de errores y accidentes. Por otro lado, el bajo rendimiento en soldados puede afectar la capacidad de respuesta rápida y adecuada en situaciones de combate, lo que aumenta el riesgo de muertes y lesiones. También puede afectar la capacidad de los soldados para realizar tareas físicas exigentes, lo que puede comprometer la misión o reducir la efectividad de la misma, lo que a su vez puede prolongar los conflictos y los costos económicos asociados.

Harris R y colaboradores en “Caffeine Use among Active Duty US Army Soldiers” (El consumo de cafeína entre los soldados del ejército de EE. UU. en servicio activo) publicada en el “Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics” y realizada por diferentes doctores especializados, estableció que el ochenta y dos por ciento de los soldados consumía cafeína cada semana. El consumo medio diario de cafeína era de 258 mg/día, 347 mg/día entre los consumidores habituales de cafeína. Los consumidores soldados regulares ingerían 365 mg/día para varones, 216 mg/día para mujeres mientras que los consumidores habituales soldados varones consumían, en promedio, 303 mg/día y las mujeres 163 mg/día. Entre los varones jóvenes, las bebidas energéticas fueron la mayor fuente de consumo de cafeína. La mayoría de los soldados consumen cafeína en niveles aceptados como seguros, pero algunos consumen cantidades superiores a las recomendadas, aunque no se dispone de información definitiva sobre los límites superiores seguros. (Harris R., y otros, 2012)

La prevalencia agregada de uso fue más alta para el café (56%) y las bebidas tipo cola (54%), seguidas de otras gaseosas que contienen cafeína (43%), bebidas energéticas (39 %) y bebidas frías a base de té (38 %), té caliente (10 %) y otros productos (goma de mascar/medicamentos 8%; otras bebidas 4%). (Harris R., y otros, 2012)

En otro estudio publicado en el 2022 acerca de la prevalencia de consumidores de cafeína, consumo diario de cafeína y factores asociados con el uso de cafeína entre el personal militar en servicio activo de los Estados Unidos (Prevalence of caffeine consumers, daily caffeine consumption, and factors associated with caffeine use among active duty United States military personnel) se realizó una encuesta aleatoria para determinar el consumo en los militares en diferentes productos de cafeína. De un total de 26 680 personas del servicio activo, el 87 % informó consumir productos con cafeína cada semana. La media  $\pm$  error estándar del consumo per cápita de todos los participantes fue de 251  $\pm$  2 mg/día y 195  $\pm$  3 mg/día para hombres y mujeres, respectivamente. Los consumidores de cafeína ingirieron 243  $\pm$  2 mg/día.

El objetivo principal de este trabajo es formular y mostrar la eficiencia de un suplemento ergogénico a base de cafeína, diseñado específicamente para su uso en situaciones de combate

por personal militar. Se postula como una estrategia para atenuar la fatiga y, en consecuencia, incrementar la capacidad de los militares para cumplir con las rigurosas demandas físicas de su labor en entornos de alta exigencia, sin que afecte significativamente los signos vitales de los combatientes.

## MÉTODOS Y MATERIALES

Para la cuantificación del contenido de cafeína en los diferentes productos alimenticios otorgados en la Ración Militar de Combate se realizó una extracción y cuantificación de cafeína mediante espectroscopía UV-Visible según la Norma Boliviana NB 315014. Este método se basa en la extracción de cafeína por adición del amoníaco y mediante cloroformo. Luego, mediante filtración se recogió el extracto, se aforó con cloroformo y se determinó mediante espectrofotometría en el rango de 246 nm a 298 nm.

Se determinó la pureza de la cafeína comercial utilizada para la preparación del suplemento ergogénico mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) y espectrometría de masas (MS).

Para el proceso de elaboración del suplemento ergogénico se siguieron los siguientes procesos:

Tabla 1. Materia prima para la elaboración del suplemento ergogénico

Sustancia	Peso en kg
Ácido cítrico	0,331048
Bicarbonato de sodio	0,307401
Cafeína al 75%	0,118231
Saborizante	0,070939
Edulcorante	0,008513
Colorante (E150d)	0,007803
Excipientes (aglutinantes)	0,108773
Ácido ascórbico	0,047293
<b>Total</b>	<b>1,000000</b>

**Pulverización.** Tiene por objetivo reducir el tamaño granulométrico, siendo el parámetro de control fundamental después de la pulverización y, eventualmente, derivados de ello, la superficie específica, el perfil térmico y la valoración química.

**Tamización.** Obtener de un polvo con tamaño granulométrico adecuado que sigue siendo el parámetro de control

**Mezclado.** Para la homogeneización del producto previo a la granulación, cuyo parámetro de control es la uniformidad de distribución del principio activo en

la mezcla. Esta fase sólo puede considerarse crítica y necesitada de validación en caso de formulaciones con bajo contenido porcentual de principio activo, puesto que las fases siguientes producen una posterior mezcla de los componentes, que generalmente, es más que suficiente.

**Compactación o Compresión.** La obtención comprimidos conformes con las especificaciones establecidas.

**Embalaje.** El suplemento ergogénico se utiliza en forma de tableta efervescente o en polvo. Se presenta en envases trilaminados, los cuales son bolsas de aluminio plastificadas que otorgan protección contra la luz solar, no permiten la entrada de humedad del exterior y evitan el ingreso de microorganismos hacia el producto. Además, que estos tipos de envases son resistentes al desgarro y se pueden sellar.

Se realizó un estudio de los efectos del suplemento ergogénico que contiene cafeína en el rendimiento físico durante situaciones de alta exigencia, como las operaciones militares en combate. De esta manera, se pretende responder interrogantes sobre si el producto influye en la resistencia,

fuerza, velocidad, concentración y otros aspectos clave del desempeño atlético y operativo.

Estos resultados pueden tener aplicaciones relevantes para mejorar el rendimiento de los militares en condiciones físicas y mentales extremas durante sus operaciones, donde la capacidad de mantenerse alerta y responder con eficiencia es fundamental para el éxito de la misión y la seguridad del personal y la población civil. En el estudio, se llevan a cabo pruebas y evaluaciones para medir el rendimiento físico y otras variables relevantes, incluyendo pruebas de resistencia, fuerza y velocidad.

### Procedimiento

El ensayo se dividió en tres Fases:

#### Fase I:

Preparación y selección de participantes.

Reclutamiento de participantes interesados en el estudio. Evaluación de elegibilidad y selección de los participantes que cumplen con los criterios de inclusión y exclusión.

Realización de una sesión informativa del estudio de intervención del suplemento ergogénico y firma del consentimiento informado.

#### Fase II:

Inicio del estudio de intervención del suplemento ergogénico a base de cafeína.

Se realizó una evaluación inicial de la línea de base para medir el rendimiento físico de los participantes antes de la administración del suplemento.

Los participantes recibieron el suplemento ergogénico a base de cafeína o placebo, según el grupo al que fueron asignados (grupo de tratamiento o grupo de control).

Condición física. Todos los participantes terminan los procedimientos y no presentan eventos adversos durante el desarrollo de las pruebas y la toma de los signos vitales.

Fase III: Análisis y conclusiones

Se realizó el análisis de los datos recopilados para evaluar los efectos del suplemento en el rendimiento físico de los participantes.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar el efecto de la cafeína en los signos vitales (presión arterial, frecuencia cardiaca y saturación sanguínea) y en los resultados del test de Cooper (Velocidad aeróbica máxima y volumen máximo de oxígeno) en 16 voluntarios con perfil similar al de reclutas del servicio militar obligatorio.

Los voluntarios son asignados aleatoriamente a dos grupos, uno recibió una dosis de 80 mg de cafeína y el otro un placebo 30 minutos antes del test de Cooper. Los signos vitales se miden antes y después del test.

El rendimiento físico se evalúa mediante la distancia recorrida y el consumo de oxígeno en 12 minutos de ejercicio.

RESULTADOS

De la determinación espectrofotométrica de cafeína en el café instantáneo de la ración seca de combate se estableció que contenía 35,03 mg de cafeína.

Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia, HPLC

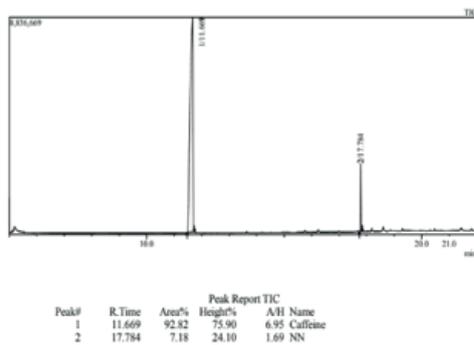


Figura 1. Cromatograma de la cafeína utilizada en el complemento

Espectro de Masas

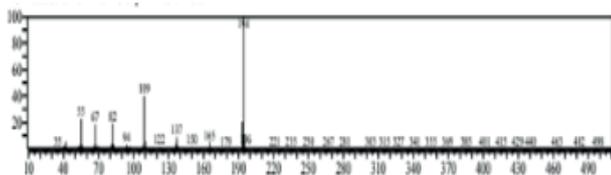


Figura 2. Espectro de Masas de la cafeína utilizada en el complemento

MS: 194 M<sup>+</sup>, 179, 165, 150,137, 122, 100, 94, 82, 67,55,35 m/z

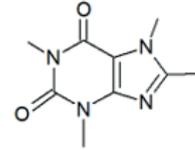


Figura 3. Estructura de la cafeína que cumple con todos los fragmentos presentados en el espectro de Masas

El diagrama de bloques del proceso para la elaboración del suplemento ergogénico empleado fue:



Figura 4. Diagrama de bloques del proceso de obtencion del suplemento ergonómico

Las tablas 2, 3 y 4 muestran los signos vitales de los voluntarios participantes en reposo en prueba con placebo y en prueba sin placebo respectivamente.

Tabla 2. Signos vitales de los voluntarios en estado de reposo

Voluntario	SIGNOS VITALES		
	Presión Arterial Máx./ Mín., mmHg	Frecuencia Cardiaca, lat/min	Saturación oxígeno en sangre, %
1	100 /60	77	96
2	110 /80	100	99
3	100/75	103	98
4	117/74	73	97
5	100/60	76	94
6	100/60	73	95
7	110/70	79	98
8	113 /70	72	99
9	100/ 60	74	98
10	100/ 80	82	99
11	120/ 75	83	97

Tabla 2. Signos vitales de los voluntarios en estado de reposo

Voluntario	SIGNOS VITALES		
	Presión Arterial Máx./ Min., mmHg	Frecuencia Cardiaca, lat/min	Saturación oxígeno en sangre, %
12	120/ 80	74	98
13	100/ 60	75	95
14	116/ 74	81	97
15	110/ 66	65	96
16	111 72	73	97
Promedio	107,94/ 69,75	78,75	97,06

Tabla 3. Signos vitales de los participantes después de la prueba sin placebo

Voluntario	SIGNOS VITALES		
	Presión Arterial Máx./ Min., mmHg	Frecuencia Cardiaca, lat/min	Saturación oxígeno en sangre, %
1	110/90	94	96
2	125/80	118	99
3	100/60	114	95
4	130/90	111	98
5	110/80	100	97
6	130/100	106	98
7	124/63	96	100
8	130/90	117	98
9	122/73	107	96
10	120/63	119	98
11	130/100	110	96
12	113/75	97	99
13	130/90	108	98
14	120/70	119	99
15	130/100	106	98
16	130/100	113	98
Promedio	122,125/82,75	108,44	97,69

Tabla 4. Signos vitales de los participantes después de la prueba con el suplemento

Voluntario	SIGNOS VITALES		
	Presión Arterial Máx./ Min., mmHg	Frecuencia Cardiaca, lat/min	Saturación oxígeno en sangre, %
1	120/100	120	97
2	140/110	130	99
3	135/110	120	98
4	120/90	111	98
5	140/110	130	97
6	120/90	100	98
7	107/61	116	94
8	130/100	117	98
9	130/90	110	97
10	109/64	118	99
11	125/100	106	98
12	130/86	94	97
13	130/110	125	97
14	130/90	94	97
15	130/100	110	98
16	120/110	120	97
Promedio	126/95,06	113,81	97,44

La tabla 5 indica el volumen máximo de oxígeno consumido por los voluntarios con o sin suplemento ergogénico.

Tabla 5. Volumen máximo de oxígeno de los participantes con y sin suplemento ergogénico

Voluntario	Sin suplemento	Con suplemento
1	45,70	45,70
2	30,93	39,37
3	26,71	37,26
4	21,44	28,82
5	43,59	45,70
6	45,70	47,81
7	38,51	42,07
8	47,81	43,59
9	42,07	48,00
10	39,69	45,03
11	20,38	37,26
12	43,85	51,56
13	37,26	47,81
14	44,65	47,81
15	35,15	38,32
16	37,26	49,92
Promedio	37,543	43,502

La tabla 6 reporta la velocidad aeróbica máxima de los participantes con y sin suplemento ergogénico.

**Tabla 6. Velocidad aeróbica máxima (Km/h) de los participantes con y sin suplemento ergogénico**

Voluntario	Sin suplemento	Con suplemento
1	12,66	12,66
2	8,23	10,76
3	6,96	10,13
4	5,38	7,60
5	12,03	12,66
6	12,66	13,29
7	10,50	11,57
8	13,29	12,03
9	11,57	13,35
10	10,86	12,46
11	5,06	10,13
12	12,10	14,42
13	10,13	13,29
14	12,34	13,29
15	9,50	10,44
16	10,13	13,93
Promedio	10,213	12,000

La tabla 7 se muestra la distancia recorrida por los participantes con y sin suplemento ergogénico

**Tabla 7. Distancia recorrida en metros por los participantes con y sin suplemento ergogénico**

Voluntario	Sin suplemento	Con suplemento
1	2532,00	2532,00
2	1645,80	2152,20
3	1392,60	2025,60
4	1076,10	1519,20
5	2405,40	2532,00
6	2532,00	2658,60
7	2100,40	2314,00
8	2658,60	2405,40
9	2314,00	2670,00
10	2171,60	2492,00
11	1012,80	2025,60
12	2420,80	2883,60

**Tabla 7. Distancia recorrida en metros por los participantes con y sin suplemento ergogénico**

Voluntario	Sin suplemento	Con suplemento
13	2025,60	2658,60
14	2468,70	2658,60
15	1899,00	2088,90
16	2025,60	2785,20
Promedio	2042,563	2400,094

La tabla 8 indica el tiempo empleado en recorrer un kilómetro por los participantes con y sin suplemento ergogénico.

**Tabla 8. Tiempo empleado en recorrer un kilómetro min/Km por los participantes con y sin suplemento ergogénico**

Voluntario	Sin suplemento	Con suplemento
1	2,37	2,37
2	3,65	2,79
3	4,31	2,96
4	5,58	3,95
5	2,49	2,37
6	2,37	2,26
7	2,86	2,59
8	2,26	2,49
9	2,59	2,25
10	2,76	2,41
11	5,92	2,96
12	2,48	2,08
13	2,96	2,26
14	2,43	2,26
15	3,16	2,87
16	2,96	2,15
Promedio	3,197	2,564

## DISCUSIÓN

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y en los resultados del test de Cooper. Se utilizó el análisis de varianza de un factor, con dos tratamientos (cafeína y placebo) como factor independiente y las variables dependientes ya mencionadas.

Se comprobó que se cumplían las condiciones de normalidad y homogeneidad de varianzas mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Se consideró un nivel de significación estadística de 0.05. Todo el análisis estadístico se llevó a cabo en el programa estadístico "Infostat", asegurando la precisión y la fiabilidad de los resultados obtenidos.

Para el supuesto de normalidad se realizó la prueba de Shapiro-Wilk y el método gráfico Q-Q (Quantile-Quantile) Plot.

Se realizó la prueba de homogeneidad de varianzas, mediante la prueba de Lévène.

Se realizó la prueba de independencia, para la cual utilizó el método gráfico para cada una de las variables.

De los análisis de varianza (ANOVA) realizados para evaluar el efecto de 80 mg de cafeína en 16 voluntarios que realizaron el Test de Cooper en comparación con otros 16 voluntarios que realizaron la prueba con un placebo. Cada ANOVA se realizó con un nivel de significancia ( $\alpha$ ) de 0,05 con el propósito de aceptar o rechazar la hipótesis nula en cada caso:

a) Presión Arterial máxima (Sistólica): El ANOVA para la presión arterial máxima no mostró diferencias significativas entre los grupos que consumieron cafeína y placebo ( $p > 0,05$ ), lo que sugiere que la cafeína no tuvo un impacto estadísticamente significativo en este parámetro.

b) Frecuencia cardíaca: El ANOVA para la frecuencia cardíaca no mostró diferencias significativas entre los grupos de cafeína y placebo ( $p > 0,05$ ), lo que sugiere que la cafeína no afectó de manera estadísticamente significativa en la frecuencia cardíaca.

c) Saturación sanguínea: el análisis de la saturación sanguínea no reveló diferencias significativas entre los grupos de cafeína y placebo ( $p > 0,05$ ), lo que sugiere que la cafeína no tuvo un impacto estadísticamente significativo en este indicador.

d) Distancia recorrida: el análisis de la distancia recorrida demostró diferencias significativas entre los grupos que consumieron cafeína y placebo ( $p < 0,0001$ ), que indica que la cafeína influyó en la distancia recorrida durante el Test de Cooper.

e) Velocidad Aeróbica Máxima (VAM): el ANOVA para la VAM mostró diferencias significativas entre los grupos de cafeína y placebo ( $p < 0,0001$ ), lo que indica un impacto estadísticamente significativo de la cafeína en la VAM.

f) Volumen Máximo de Oxígeno (VO<sub>2</sub> máx.): el ANOVA para el VO<sub>2</sub> máx. en reveló diferencias significativas entre los grupos de cafeína y placebo ( $p < 0,0001$ ), lo que sugiere que la cafeína influyó en el VO<sub>2</sub> máx.

g) Tiempo que tarda en recorrer 1 km (min/km): el análisis del tiempo necesario para recorrer 1 kilómetro reveló diferencias significativas entre los grupos de cafeína y placebo ( $p = 0,0133$ ), lo que sugiere que la cafeína influyó en este indicado,

Los resultados de los análisis de varianza (ANOVA) indican que la cafeína tuvo un efecto estadísticamente significativo en varios parámetros, incluida la distancia recorrida, la velocidad aeróbica

máxima, el VO<sub>2</sub> máx. y el tiempo por kilómetro. Sin embargo, no se encontraron efectos significativos en la presión arterial máxima, la frecuencia cardíaca ni la saturación sanguínea.

Dados los resultados se vio conveniente comparar las medias de las variables donde previamente se encontró evidencia estadística de que la cafeína tiene un efecto en las variables analizadas, con el fin de identificar y cuantificar las diferencias en que la cafeína puede tener en el rendimiento físico. Para esto se utilizó el método de separación de rangos múltiples o LSD (Fischer):

Después de realizar las pruebas de comparación de medias utilizando el método LSD (Fischer) para las variables en las que se encontró un efecto significativo del suplemento ergogénico, se determinó:

a) Distancia: la distancia recorrida por los voluntarios que tomaron el suplemento ergogénico (2358,96 m) es significativamente mayor que con placebo (2001,43 m) y la diferencia se considera estadísticamente significativa con un valor P-Value de 0,0018, que es menor que el nivel de significancia ( $\alpha$ ) de 0,05.

b) Velocidad Aeróbica Máxima (VAM): El grupo de voluntarios que consumieron el suplemento ergogénico mostró una VAM significativamente mayor que el grupo que tomó placebo. Esto sugiere que la cafeína tuvo un efecto positivo en la capacidad aeróbica en términos de velocidad.

c) Volumen Máximo de Oxígeno (VO<sub>2</sub> máx.): El grupo de voluntarios que tomaron el suplemento ergogénico presentó un VO<sub>2</sub> máx. significativamente mayor que el grupo placebo, indicando un efecto positivo de la cafeína en la capacidad aeróbica y captación de oxígeno.

d) Tiempo para recorrer 1 km: en esta variable, el grupo de voluntarios que consumieron placebo mostró un tiempo significativamente mayor para recorrer un kilómetro, lo que sugiere que la cafeína tuvo un efecto positivo en el tiempo de recorrido.

Con un nivel de significancia del 0,05, las variables relacionadas con la capacidad aeróbica (Velocidad Aeróbica Máxima y Volumen Máximo de Oxígeno), el suplemento ergogénico tuvo un efecto positivo, aumentando el rendimiento. De la misma manera el tiempo en que se toman los voluntarios en recorrer 1 km es significativamente menor, lo que indica que también la cafeína tuvo un efecto positivo.

De manera gráfica el volumen máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub> máx.), los resultados del Test de Cooper, son los siguientes: Para las mujeres, el promedio de edad es de 23 años y con placebo su VO<sub>2</sub>máx medio fue de 30,4 (con placebo) dando una clasificación de "Poor" según el Test de Cooper. Sin embargo, con cafeína el VO<sub>2</sub>máx medio es de 38,3, lo que indica que subió 7,9 puntos, logrando una clasificación de "Fair" (débil) en el Test de Cooper.

Para los hombres, el promedio de edad es de 24 años y con placebo su VO<sub>2</sub>máx medio fue de 43,09 dando una clasificación de "Fair" (débil) según el Test de Cooper. Sin embargo, con

cafeína el VO<sub>2</sub>máx medio es de 47,5, lo que indica que subió 4,41 puntos, logrando una clasificación de "Average" (regular) en el Test de Cooper.

En consecuencia, los datos respaldan la noción de que la administración del suplemento ergogénico específicamente diseñada para situaciones de combate militar puede atenuar la fatiga y mejorar el desempeño físico sin afectar significativamente los signos vitales.

## CONCLUSIONES

La revisión de varios estudios proporcionó información sobre las dosis máximas de cafeína por día recomendadas para cada individuo, siendo de 400 mg por día.

Los resultados de los análisis de determinación de cafeína dentro de la Ración Militar de Combate de la EMI UAC fueron de 35,03 mg de cafeína. Por otra parte, la materia prima que se utilizó para la elaboración del suplemento ergogénico mostró un contenido del 75,9 % según espectrometría de masas.

Se ha desarrollado un suplemento ergogénico a base de cafeína, compuesto por 80 mg de cafeína en forma de tableta efervescente con un peso total de 4,22 gramos, diseñado para disolverse en 250 ml de agua. Este producto incluye excipientes como ácido cítrico, bicarbonato de sodio, saborizantes, edulcorantes y colorantes. Los comprimidos se envasaron y

sellaron herméticamente en sobres al vacío para garantizar su conservación y calidad.

Los resultados del estudio de intervención del suplemento ergogénico indican que la cafeína puede tener un impacto positivo en el rendimiento aeróbico de algunos individuos, aunque puede variar con respecto a diferentes personas. Si se observa el promedio general de todas las pruebas, se ve que las pruebas con cafeína tienen un promedio superior en comparación con las pruebas de los voluntarios que tomaron el suplemento ergogénico (por ejemplo, en los resultados del VO<sub>2</sub>máx 43,5 vs. 37,5).

Se logró formular un suplemento ergogénico a base de cafeína diseñado específicamente para su utilización por parte de militares que consumen la Ración Militar de Combate. El suplemento propuesto, con su contenido de cafeína rigurosamente evaluado, se posiciona como una solución para combatir la fatiga provocada por las demandas físicas exigentes en las campañas militares.

## AGRADECIMIENTO

A José Antonio Bravo PhD por la cromatografía de alta resolución (HPLC) y la espectrometría de masas.

Al doctor Edwin Flores por la cafeína p.a. proporcionada para el desarrollo del presente trabajo de grado.

## REFERENCIAS

- ARTEAGA-SACRO, A. A., & VILLOTA-BEDOYA, D. F. (2016). EFECTO DEL CONSUMO AGUDO DE CAFEÍNA SOBRE LA FUERZA MÁXIMA Y LOS NIVELES DE LACTATO EN SANGRE EN JÓVENES SEDENTARIOS. UNIVERSIDAD Y SALUD, 266-275.
- CALLE AZNAR, S. (2011). DETERMINACIÓN ANALÍTICA DE LA CAFEÍNA EN DIFERENTES PRODUCTOS COMERCIALES. BARCELONA: UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA (UPC)
- CENTRO DE INVESTIGACIÓN AGROALIMENTARIO. (21 DE MARZO DE 2023). ESCUELA MILITAR DE INGENIERÍA. OBTENIDO DE ESCUELA MILITAR DE INGENIERÍA: [HTTPS://WWW.EMI.EDU.BO/INVESTIGACION/DNICYT.HTM](https://www.emi.edu.bo/investigacion/dnicyt.htm)
- EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. (27 DE MAYO DE 2015). CAFFEINE. OBTENIDO DE EFSA: [HTTPS://WWW.EFSA.EUROPA.EU/EN/TOPICS/TOPIC/CAFFEINE](https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/caffeine)
- FAO. (30 DE ENERO DE 2023). CODEX ALIMENTARIUS. OBTENIDO DE NORMAS INTERNACIONALES DE ALIMENTOS: [HTTPS://WWW.FAO.ORG/FAO-WHOCODEXALIMENTARIUS/ES/](https://www.fao.org/fao-whocodexalimentarius/es/)
- FRANCO, R. (2009). COFFEE AND MENTAL HEALTH. ATENCIÓN PRIMARIA, 578-581
- HARRIS R., L., TRISHA STAVINOHAN MS, R., SUSAN MCGRAW, ALAN WHITE PHD, LOUISE HADDEN, & BERNADETTE P., M. (2012). CAFFEINE USE AMONG ACTIVE DUTY US ARMY SOLDIERS. JOURNAL OF THE ACADEMY OF NUTRITION AND DIETETICS, 112, 902-912. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW.SCIENCEDIRECT.COM/SCIENCE/ARTICLE/ABS/PII/S2212267212001530](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212267212001530)
- IBNORCA. (2007). NORMA BOLIVIANA NB 315014 TÉ - DETERMINACIÓN DE CAFEÍNA. SANTA CRUZ: IBNORCA.
- NEGUERUELA, D., & NORIEGA, M. (2014). EJERCICIO FÍSICO Y AYUDAS ERGOGÉNICAS. ESCUELA UNIVERSITARIA DE ENFERMERÍA, 36.
- STEPHENS, M. B., ATTIPOE S., JONES, D., LEDFORD, C.J.W., DEUSTER, P. A., (2014), ENERGY DRINK AND ENERGY SHOT USE IN THE MILITARY. NUTRITION REVIEWS® VOL. 72(S1):72-77 OBTENIDO DE [HTTPS://ACADEMIC.OUP.COM/NUTRITIONREVIEWS/ARTICLE/72/SUPPL\\_1/72/1930210](https://academic.oup.com/nutritionreviews/article/72/suppl_1/72/1930210)

CITA

