



## EFFECTOS DEL EJERCICIO AERÓBICO EN LA COMPOSICIÓN CORPORAL, RESISTENCIA CARDIOVASCULAR, CICLO CIRCADIANO, SÍNDROME T3 POLAR EN LA PRIMERA MISIÓN DE COLOMBIA A LA ANTÁRTIDA \*

EFEITOS EXERCÍCIO AERÓBICO SOBRE A COMPOSIÇÃO CORPORAL, RESISTÊNCIA CARDIOVASCULAR CICLO CIRCADIANO, SÍNDROME T3 POLAR NA PRIMEIRA MISSÃO DA COLÔMBIA PARA A ANTÁRTIDA \*\*

AEROBIC EXERCISE EFFECTS ON BODY COMPOSITION, CARDIOVASCULAR ENDURANCE, CIRCADIAN CYCLE, POLAR T3 SYNDROME IN COLOMBIA'S FIRST MISSION TO ANTARCTICA \*\*\*

Juan Miguel Castro Herrera<sup>a</sup>

Centro de Medicina Aeroespacial, Fuerza Aérea Colombiana. Bogotá, Colombia

---

### CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-9468 / Volumen 12/ Enero-diciembre de 2017/ Colombia/ Pp. 72-90

Recibido: 10/11/2016

Aprobado: 01/12/2016

Doi: <http://dx.doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.562>



**Para citar este artículo:**

Castro, J. (2016). Efectos del ejercicio aeróbico en la composición corporal, resistencia cardiovascular, ciclo circadiano, síndrome T3 Polar en la primera misión de Colombia a la Antártida. *Ciencia y Poder Aéreo*, 12, 72-90. Doi: <http://dx.doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.562>

\* *Artículo científico original, como participación en la primera Expedición a la Antártida y tesis de Maestría en Ciencias Militares Aeronáuticas de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana. Médico Cirujano.*

\*\* *Artigo científico original, como a participação na primeira expedição à tese de Antártica e Mestre em Aeronáutica Militar Escola de Ciências de Pós-Graduação da Força Aérea Colombiana.*

\*\*\* *Original scientific article, as participation in the first Expedition to the Antarctic and thesis of Masters in Aeronautical Military Sciences of the Postgraduate School of the Colombian Air Force*

ª Oficial de la Fuerza Aérea Colombiana en el grado de Mayor. Especialista en Medicina del Deporte, Maestría en Ciencias y Tecnologías de la Actividad física y el Deporte. Fuerza Aérea Colombiana, Centro de Medicina Aeroespacial, Laboratorio de Fisiología del ejercicio. Bogotá, Colombia. Correo electrónico: jumicashe@yahoo.com

**Resumen:** en el verano austral 2014-2015 se desarrolló la Primera Expedición de Colombia a la Antártida. Con el propósito de ser país consultivo en el Sistema del Tratado Antártico, la Fuerza Aérea Colombiana se vinculó con un proyecto en ciencias de la salud que pretendía determinar los cambios fisiológicos cardiorrespiratorios, la composición corporal, el síndrome T3 Polar y la calidad del sueño, que se presentan en la aclimatación aguda al frío extremo, en un grupo de expedicionarios de la Antártida, con ejercicio aeróbico durante cuatro semanas de entrenamiento. Se valoraron, en Colombia y en la Antártida, 36 sujetos que aleatoriamente se dividieron en dos grupos; uno realizó ejercicio y otro se mantuvo sedentario. A los participantes se les aplicó el índice clínico de Zulewsky, la escala de Epworth, el cuestionario de Pittsburg, consumo máximo de oxígeno y composición corporal. De los 36 sujetos, el 80 % son hombres y solo el 20 % son mujeres, todos en un promedio de edad de 33.5 años. Los que realizaron ejercicio disminuyeron 4 % el IMC, disminuyeron 30 % la probabilidad de padecer hipotiroidismo, el 48 % mejoraron la calidad de sueño, el 51 % disminuyeron la probabilidad de somnolencia diurna y aumentaron el 7 % el consumo máximo de oxígeno. El grupo control de sedentarios aumentó 10 % de grasa y disminuyó 10 % su condición cardiovascular. Lo anterior muestra que el ejercicio es un mecanismo protector en la exposición a temperaturas extremas y disminuye la probabilidad de desarrollar patologías metabólicas y cardiovasculares. El sedentarismo, más el frío extremo, deteriora rápidamente las funciones, dando lugar a enfermedades de cualquier tipo.

**Palabras clave:** composición corporal, ejercicio, temperaturas extremas

**Resumo:** No verão austral 2014-2015 foi desenvolvido primeira expedição da Colômbia para a Antártida a fim de ser país consultivo no Sistema do Tratado Antártico, a Força Aérea Colombiana foi vinculado a um projeto em Ciências da Saúde fingindo determinar alterações fisiológicas cardiorrespiratórias, composição corporal, síndrome T3 Polar e qualidade do sono que ocorrem na aclimatação frio extremo aguda em um grupo de exploradores da Antártida, com o exercício aeróbico durante 4 semanas treinamento. Foram valorizados na Colômbia e na Antártida 36 indivíduos foram divididos aleatoriamente em dois grupos, um exercício e executar outras índice clínico sedentária, eles foram aplicados escala Zulewsky, Epworth, o questionário Pittsburg, consumo máximo de oxigênio e composição corporal. Dos 36 indivíduos, 80% são homens e apenas 20% são mulheres e têm uma idade média de 33,5 anos, aqueles que praticaram diminuiu 4% IMC, diminuiu 30% de chance de desenvolver hipotireoidismo, 48% melhor qualidade do sono, 51% diminuiram a probabilidade de sonolência diurna e aumento de 7% do consumo máximo de oxigênio. Aumentar o controle grupo sedentário de 10% de gordura e 10% de diminuição da aptidão cardiovascular. O exercício é um mecanismo de proteção da exposição a temperaturas extremas e diminui a probabilidade de desenvolvimento de doenças cardiovasculares e metabólicas. O sedentarismo, mais o frio extremo, deteriora rapidamente as funções, ocasionando doenças de qualquer tipo.

**Palavras-chave:** Composição Corporal, Exercício, Temperaturas extremas.

**Abstract:** In the austral summer 2014-2015 was developed Colombia's first expedition to Antarctica in order to be consultative country in the Antarctic Treaty System, the Colombian Air Force was linked to a project in Health Sciences pretending determine cardiorespiratory physiological changes, body composition, Polar T3 Syndrome and quality of sleep that occur in acute extreme cold acclimation in a group of explorers of Antarctica, with aerobic exercise for 4 weeks of training. Were valued in Colombia and in Antarctica 36 subjects were randomly divided into two groups, one performed exercise and a sedentary, we applied the clinical index of Zulewsky, Epworth scale, the questionnaire Pittsburg, maximum oxygen consumption and composition bodily. Of the 36 subjects 80 % are men and only 20 % are women and have an average age of 33.5 years, who exercised decreased 4 % BMI, decreased 30 % chance of developing hypothyroidism, 48 % improved sleep quality, 51 % decreased the likelihood of daytime sleepiness and increased 7 % maximum oxygen consumption. Increase control sedentary group 10 % fat and 10 % decreased cardiovascular fitness. Exercise is a protective mechanism in exposure to extreme temperatures and decreases the likelihood of developing metabolic and cardiovascular diseases. More sedentary lifestyle cold end functions facilitating rapidly deteriorating disease of any kind.

**Key Words:** Body composition, Exercise, Extreme temperatures.

## Introducción

El Antártico siempre ha sido un desafío para el ser humano, no solo por características topográficas, climatológicas y de variación del ciclo circadiano, sino también por el reto fisiológico que representa para sus visitantes. Con 14 millones de kilómetros cuadrados de hielo, es el segundo continente más grande después de Asia; es el sitio más frío, con más viento y el más seco del planeta; posee el 90 % del agua dulce y, si llegase a derretirse, los mares subirían 65 centímetros su nivel; no tiene población permanente, pero se estima que la pueden visitar unas 300.000 personas al año, entre científicos y turistas (Posada, 2014).

El majestuoso continente blanco es de todos pero no es de nadie. En 1959, en plena Guerra Fría, se creó el Sistema del Tratado Antártico por 12 países y actualmente lo conforman 51 naciones, de las cuales 29 están en calidad de país consultivo. Colombia se adhirió al tratado antártico en calidad de país observador en 1989, aceptando que su objetivo primordial tendría fines pacíficos y de cooperación para la ciencia, la investigación y la conservación de los recursos naturales de la humanidad.

En el marco de la primera misión colombiana a la Antártida, llamada CALDAS 2015, fue necesario conocer las respuestas fisiológicas cardiorrespiratorias, de composición corporal y metabólicas que presentan los habitantes de países ubicados sobre la línea del Ecuador cuando son expuestos a frío extremo y durante el tiempo de transición antes de llegar a la Antártida, así como las variaciones en el patrón de sueño y la somnolencia que este tipo de misión puede originar en esta población.

Se espera con estos resultados obtener un perfil desde el punto de vista cardiorrespiratorio, con la resistencia aeróbica, mediante la ergoespiometría; con el índice clínico-diagnóstico de hipotiroidismo de Zulewski; con el Índice de Pittsburg; y con la Escala de Epworth, para evaluar la calidad de sueño y fatiga, y la evaluación metabólica y psicosocial en el proceso de aclimatación de estos sujetos en el tiempo de exposición a temperaturas extremas. Lo anterior con el fin de emitir protocolos acordes a las características de la población colombiana, de acuerdo a sus lugares de origen y a sus condiciones psicofísicas para la realización de este tipo de misiones en un futuro.

## Descripción del problema

Son conocidos, a través de diferentes estudios, los cambios fisiológicos que se presentan en el cuerpo humano tras la exposición a ambientes extremos, como los que se encuentran en el ambiente antártico. Teniendo en cuenta

la primera misión por Colombia, en la cual participo personal de las Fuerzas Militares, se presenta la oportunidad de estudiar los cambios fisiológicos presentados por los mismos durante el proceso de aclimatación al ambiente antártico. Cabe resaltar que pocos estudios informan sobre la aclimatación de personas provenientes de países tropicales al ser expuestos a este tipo de ambientes.

Cuando se habla de estrés por frío o calor se consideran ciertas variables, como la temperatura, la velocidad del aire, la humedad y la energía radiante. Dichas variables están comprendidas en un concepto emitido en la década de los cuarenta por los científicos Siple y Passel, a saber: la sensación térmica. Este índice ha sido bien difundido y aplicado, pero en situaciones extremas, y sobre todo en frío, puede tener algunas alteraciones. A nivel fisiológico y homeostático, el cuerpo humano cuenta con diferentes mecanismos compensatorios como lo son la vasoconstricción –que consiste en realizar una redistribución del flujo sanguíneo a nivel periférico sobre la piel y los grandes vasos a nivel central–, acompañada del temblor muscular, que no es más que el titilar generando un aumento en el gasto calórico, lo que genera un aumento de la temperatura central para la conservación de las funciones vitales. Sin embargo, estos mecanismos duran un tiempo determinado, si persisten generarían daños y lesiones al tejido, lo que contribuiría a desarrollar patologías como lo es la hipotermia, la disfunción hormonal y, específicamente, afectaría la tiroides –Síndrome T3 Polar– (Kilbourne, 2000).

Cuando se realizan exposiciones agudas o crónicas a temperaturas extremas, se evidencian cambios no solo hormonales sino también psicológicos. Se encontró correlación en valores como la hormona del crecimiento, la hormona luteinizante (LH), la hormona folículo-estimulante (FSH), la prolactina, el cortisol, la insulina y los niveles de glucosa, con trastornos en la calidad de sueño, fatiga aguda y acumulativa, somnolencia diurna y cambios en el temperamento, lo que hace inferir la importancia de los procesos de preparación, selección y mantenimiento al someterse a estas temperaturas en estas latitudes (Hernanussen, 2005).

Se ha demostrado que la actividad física y el ejercicio cardiovascular de origen aeróbico, cuando se realizan de forma regular cumpliendo con las recomendaciones del Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM), disminuyen la probabilidad de muerte por cualquier causa; además, están asociados a un mayor rendimiento en las actividades laborales, especialmente en la toma de decisiones (Monteze, 2015). De lo anterior puede inferirse que con una buena condición física se podrán enfrentar los desafíos fisiológicos de temperaturas extremas en el continente antártico, aumentando la seguridad de las operaciones aé-



reas y marítimas de las personas que estén en el desarrollo de actividades en Antártida.

En cuanto a las respuestas metabólicas, estas están relacionadas con el tema neuroendocrinológico; se enuncia la homeostasis como la posibilidad de adaptación al medio, hace aproximadamente seis décadas se incorpora la definición de **estrés** como el desequilibrio de la homeostasis por variables químicas o físicas tales como toxinas, frío, ejercicio, traumas, lesiones, hemorragias, entre otras, que generan un tipo de respuesta positiva o negativa del sistema, dependiendo de sus características. Lo anterior no sería más que la respuesta del sistema nervioso central (SNC) en su rama autonómica con sus dos divisiones, el parasimpático y el simpático, que se vería reflejado en la respuesta de la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria, la tensión arterial, la lipólisis, las funciones de crecimiento y reproducción asociadas a la producción de neurotransmisores, como la adrenalina y las hormonas con la corticotropina. Al observar estas repuestas del sistema nervioso ante una agresión como el ejercicio y la temperatura extrema en el polo sur, nos genera una inquietud científica sobre el comportamiento de los sujetos colombianos en calidad de expedicionarios (Bianchi, 2013).

## Formulación del problema

¿Cuáles son los efectos de un programa de ejercicio aeróbico, durante cuatro semanas, en el proceso de adaptación a temperaturas extremas, de un grupo de sujetos del trópico, a nivel cardiorrespiratorio y metabólico, en la Antártida?

## Objetivos

### General

Determinar los cambios fisiológicos cardiorrespiratorios, la composición corporal, el síndrome T3 Polar y la calidad del sueño que se presentan en la aclimatación aguda al frío extremo, en un grupo de expedicionarios de la Antártida, con la práctica controlada de ejercicio aeróbico durante cuatro semanas de entrenamiento.

### Específicos

- Analizar el comportamiento de la composición corporal en el transcurso de la aclimatación al ambiente antártico mediante impedanciometría.
- Delimitar las variaciones en la calidad del sueño y presencia de fatiga durante la misión a la Antártida mediante el Índice de Pittsburg y la Escala de Epworth.

- Evaluar la variabilidad de la capacidad funcional durante la misión a la Antártida por medio de un consumo directo de oxígeno, mediante ergoespirometría, para determinar su resistencia cardio-pulmonar.
- Determinar la aparición de sintomatología sugestiva de hipotiroidismo (síndrome T3 Polar) durante la misión a la Antártida mediante el índice clínico-diagnóstico de hipotiroidismo de Zulewski.

## Marco teórico

La Antártida ofrece un reto para el ser humano, no solo desde el punto de vista de conquista, lo es también desde el punto de vista científico debido a que es un escenario ideal para el estudio de ecosistemas, del cambio climático y, desde la mirada de las ciencias biomédicas, para el estudio de la vida en este tipo de ambiente extremo. Se ha visto que las condiciones extremas de su territorio –como las bajas temperaturas, los cambios en la humedad ambiental y los cambios del ciclo día y noche– afectan la fisiología humana. Un ejemplo de esto es que, a bajas temperaturas, el aire frío hace más difícil el proceso de respiración y, por consiguiente, influye en el resecamiento de las vías aéreas. Así mismo, pese a ser un clima frío, se puede encontrar deshidratación por los mismos cambios del aire que producen cambios en la termorregulación humana (Stocks, 2004; Silva, 2006). De igual manera, se puede esperar estados de malnutrición y desnutrición por el poco acceso a alimentos que puede haber en condiciones comunes en otras áreas del mundo (Askew, 1995).

Este cambio en las condiciones de vida siempre será un reto para las personas que deciden ir a la Antártida, en especial para aquellas que no son nativas de zonas frías (van Ooijen, 2004), como es el caso de los habitantes cercanos a la línea del Ecuador, donde las condiciones climáticas son totalmente diferentes a las de los cascos polares. Este factor es muy importante para Colombia, ya que, dada su ubicación, sus habitantes tienen costumbres y estilos de vida poco relacionados con climas de frío extremo, y estos cambios podrían generar cambios metabólicos, específicamente en tiroides como lo es el hipotiroidismo inducido por temperaturas, o lo que se conoce como síndrome T3 Polar.

### Hipotiroidismo. Síndrome T3 Polar.

La hormona tiroidea disminuye la resistencia arterial periférica, disminuye la presión arterial, activa el sistema renina-angiotensina-aldosterona, incrementa la síntesis de eritropoyetina\* e incrementa volúmenes como la precarga y cambios en la contractibilidad del ventrículo izquierdo (Klein, 2004).

El hipotiroidismo se manifiesta como bradicardia, hipotensión, intolerancia al frío, fatiga, arritmias ventriculares, anemia normocrómica, el aumento de la resistencia vascular sistémica, la disminución de la contractibilidad cardíaca, la disminución del gasto cardíaco, el alargamiento del QT, los niveles de renina disminuidos y la disminución de la eritropoyetina (Crowley, 1997).

### Metabolismo cardiovascular

Con una disfunción tiroidea, observamos cambios sistémicos en el metabolismo del sistema cardiovascular; el miocito toma la triyotironina (T3) y la une a los receptores de la hormona tiroidea (Trs) y estos inducen la transcripción de elementos de respuesta (TREs) en la regulación y expresión adecuada de genes de la cadena pesada de miosina, regulando el ciclo del calcio intracelular, inhibiendo el fosfoloban y activando calcio ATPasa (Kahaly, 2005)

### Metabolismo de los lípidos

El catabolismo del colesterol es mediado por la enzima 7 -alfa-hidroxilasa que se encuentra en el hígado y es regulada por la triyotironina (T3), asociada al hipotiroidismo, con manifestaciones como la hipercolesterolemia, el incremento en las lipoproteínas de baja densidad (LDL) y la apolipoproteína B (Drover, 2004).

Con la alteración del metabolismo de los lípidos y la expresión genética de la función cardíaca, secundario a un hipotiroidismo, observamos cómo se facilita la predisposición a la enfermedad arteriosclerótica y, por consiguiente, el aumento del riesgo de un evento coronario agudo, evidenciándose un fuerte predictor de muerte cardiovascular y de todas las causas (Qureshi, 2006)

### Termorregulación y sistema nervioso autónomo

La termogénesis es un mecanismo esencial en la homeostasis, donde la tiroides juega un papel importante a nivel hormonal y en el sistema simpático, desde el punto de vista nervioso periférico; para poder realizar control de la temperatura necesitamos tener claridad del sustrato utilizado, la transformación de la energía de los diferentes nucleótidos, para poder conseguir el ATP y que sea utilizado adecuadamente en procesos vitales por la célula.

El aumento en la producción de la hormona tiroidea disminuye el metabolismo basal entre un 30 % y 50 %, por dos vías, aumentando la producción de calor y disminuyendo la eficacia de síntesis de ATP, postulando varios mecanismos:

1. Aumentando la permeabilidad de la membrana celular se observa la salida de potasio (K) de forma pasiva, lo que se ve reflejado en el aumento del gasto de la bomba Na -K ATPasa para tratar de mantener los gradientes.

2. El calcio en el intercambio entre citosol y retículo sarcoplásmico actúa como un segundo mensajero tratando de activar procesos como la contracción muscular; sin embargo, los receptores de la ryandina actúan sobre las fibras lentas, predominantemente representándose en pérdida de calcio con el consecuente inadecuado control térmico.
3. La disociación en la respiración mitocondrial a nivel de la membrana por un aumento en la presencia del gen de proteínas disociadoras que no permiten la producción de ATP sintetasa (Enrique, 2006).

El sistema nervioso simpático tiene control central a nivel del hipotálamo y, por medio de su principal neurotransmisor, la norepinefrina se almacena a nivel de las terminaciones simpáticas periféricas; su actividad es coordinar los cambios en el medio ambiente, activándose ante el frío y el ejercicio. La hormona tiroidea desencadena ajustes sobre el sistema simpático adrenal, ante la respuesta de la catecolamina se produce un proceso de fosforilación a nivel de los receptores T3-T4, mediados por el tejido graso pardo, manifestándose con el hipotiroidismo, excreción urinaria de noradrenalina y aumento en los niveles plasmáticos de norepinefrina.

Al ser estimulado el sistema simpático se disminuye la respuesta de los receptores B-adrenérgicos con un 60% menor en la activación del AMP-cíclico, la adenilciclasa, el aumento de las subunidades de proteínas G, el aumento en la actividad de la fosfodiesterasa y la respuesta inhibitoria de la adenosina, en el tejido graso blanco (Granneman, 1995).

### Insulina

La insulina modifica la termogénesis lo que aumenta la tasa metabólica basal con el efecto térmico de los alimentos, presentándose una disminución en la resistencia a la insulina a nivel muscular y aumentando la lipólisis, secundario a la pérdida de enzimas lipolíticas como la ácido grasa sintasa y málica.

Se cree que la insulina inducida por la activación simpática es el resultado de la acción directa de la hormona en el hipotálamo, donde se puede pasar la barrera hematoencefálica y reducir el neuropéptido Y (NPY) desde el núcleo arcuato, lo que contribuye a la saciedad. En los estados de ayuno prolongado, los niveles bajos de insulina pueden ser un factor en la reducción de la estimulación simpática del músculo y en la reducción de la termogénesis, así como en el aumento de hambre (Ferranini, 1999).



## Glucagón y glucocorticoides

El glucagón se asocia con un aumento en el consumo de oxígeno, desempeñando un papel permisivo, mediante la movilización de grasas e hidratos de carbono almacenados estimulando la gluconeogénesis. Los glucocorticoides, ante una situación de estrés, aumentan la producción de la hormona liberadora de corticotropina, activando el eje suprarrenal-tiroideo por ramas del sistema simpático que han sido señalizadas por proteínas relacionadas con el agutí (AGRP), que a su vez dependen de señales periféricas de la leptina y de la insulina, produciéndose el proceso de autorregulación en la función tiroidea y la termogénesis (Chrous, 2002).

## Leptina

La leptina, en la regulación del balance energético, se caracteriza por la intolerancia al frío y la hiperfagia. Su producción es una función de la reposición de las reservas de tejido adiposo, pero sus niveles en ayunas se reducen rápidamente, inhibe la ingesta de alimentos y aumenta la termogénesis a través de la activación del sistema nervioso simpático, y su reducción se asocia con hiperfagia y la reducción de la termogénesis. Por otro lado, no solo es un regulador del apetito y de la temperatura, sino que también desempeña un papel importante en la concertación de otras respuestas al estado nutricional, en particular, la reproducción y la función tiroidea (Margetic, 2002).

## Ejercicio y tiroides

En la respuesta al ejercicio, sobre el eje hipotálamo-hipófisis-tiroides, se evidencia una retroalimentación negativa entre la leptina y la insulina, como el metabolismo de los lípidos y carbohidratos respectivamente; la leptina activa el músculo por AMPK  $\alpha 2$  y al tiempo inhibe la acetil CoA carboxilasa, haciendo una lipólisis con niveles de insulina normales, cuando la reserva de carbohidratos se agota se estimula la interleukina 6 (IL-6) aumentando niveles de catecolaminas e inhibiendo la leptina.

## Intensidad del ejercicio

La hormona tiroidea regula la expresión genética de la fibra muscular codificando las cadenas pesadas de miosina y actina en el retículo sarcoplasmático mediante el calcio con la bomba ATPasa, lo que lleva a un acortamiento en la velocidad de la fibra muscular y a un aumento en los niveles de tiroides, con mayor sensibilidad de las fibras lentas sobre las rápidas. A nivel periférico, la TSH aumenta directamente proporcional a la intensidad, con respecto a la frecuencia cardíaca máxima, hasta 15 minutos después del ejercicio. Los niveles T4 y T3 van aumentando entre el 45-70% de la frecuencia cardíaca máxima; la T3 disminuye significativamente después de superar el 70% de la frecuencia cardíaca máxima y, en sus formas libres, presenta el mismo

comportamiento –deduciendo que el comportamiento de la función tiroidea puede ser prevenido con el control calórico en la ingesta– (Figen, 2005).

Las bajas temperaturas que se experimentan en la Antártida pueden producir un aumento de la hormona liberadora de TSH y un consumo adicional de hormonas tiroideas (T3 y T4), con la misión de mantener una adecuada tasa metabólica. Estos cambios adaptativos requieren varias semanas para hacerse evidentes y han sido descritos como el síndrome polar T3, al haberse documentado en el personal destacado a recientes expediciones a la Antártica (Reed, 1990; Reed, 2001). En este contexto, el ejercicio cardiovascular de intensidad moderada, asociado al trabajo de resistencia a la fuerza en pacientes con disfunción tiroidea demostró la mejoría de las capacidades físicas, reduciendo la fatiga y desarrollando actividades de la vida diaria sin limitaciones (Steinacker, 2005). Esta respuesta se ha encontrado mediada por el eje hipotálamo-hipófisis-tiroideo, en el cual se evidencia una retroalimentación negativa entre la leptina y la insulina, así como en el metabolismo de los lípidos y carbohidratos respectivamente. La leptina activa el músculo por AMPK  $\alpha 2$  y al tiempo inhibe la acetil CoA-carboxilasa haciendo una lipólisis con niveles de insulina normales, cuando la reserva de carbohidratos se agota se estimula la interleukina 6 (IL-6), aumentando niveles de catecolaminas e inhibiendo la leptina (Steinacker, 2005).

## Índices clínicos - diagnóstico de disfunción tiroidea

Cinco décadas atrás los investigadores buscaron, por medio de sus observaciones, algunas escalas de acuerdo a la sintomatología de los pacientes para confirmar diagnósticos que, a pesar del reporte paraclínico, se dudaba del tratamiento. (Crooks, 1959) crearon la primera escala de hipotiroidismo con aceptables resultados en estados subclínicos.

Por la década de los noventa, (Billewicz, 1969) realizó una mejor aproximación a estas escalas para hipotiroidismo con una buena sensibilidad. (Zulewski, 1997) realizó una modificación para mejorar su sensibilidad y especificidad, la cual consistía en una escala de doce preguntas con un total de doce puntos (+1 si presenta el síntoma o cero si no lo presenta); se consideraba hipotiroidismo si se obtenía una puntuación superior a +5 y eutiroidismo, menor de +3, intermedios o subclínicos entre +3 y +5, en mujeres mayores de 55 años se sumaba un punto (+1) (Galofre, 2006)

Dado que la disfunción tiroidea es tan multifactorial la y carece de registros fiables en los cuales podamos determinar la impregnación tisular de hormona tiroidea, las escalas clínico-diagnósticas son una herramienta válida

para detectar repercusiones sistémicas de la actividad hormonal y, por ende, un mecanismo complementario a los resultados paraclínicos.

El ambiente antártico también se ha descrito como un factor importante en la modificación del ciclo circadiano y en la calidad del sueño. Algunos factores propios de este tipo de misiones, como lo son aislamiento y confinamiento, cambios de horarios y cambios en el ciclo día noche, pueden afectar el ciclo circadiano y la calidad del sueño, lo cual puede causar impacto en las diferentes tareas de la tripulación.

## Metodología

### Tipo del estudio

La investigación que se realizó es básica al buscar la generación de conocimiento al describir la observación de fenómenos que suceden en la exposición del cuerpo humano a temperaturas extremas.

### Plan de obtención de datos

La obtención de los datos se realizó de forma cuantitativa, antes y durante la misión a la Antártida, con la aprobación por parte del Comité Independiente de Ética del Hospital Militar Central y firma del consentimiento informado por parte de los participantes voluntarios.

Posterior a la determinación de los tiempos de misión de ida y regreso, se estableció el cronograma de mediciones por días en etapas iniciales y posteriormente por semanas.

Los datos fueron registrados en un formato tipo línea del tiempo, que permitirá ver el comportamiento de todas las variables de medición, por sujeto, que sirvieron para realizar una correlación entre factores fisiológicos.

### Diseño del estudio

El proyecto que se desarrolló es un diseño experimental tomando dos grupos aleatoriamente con la variable ejercicio.

### Población – universo.

Sujetos (hombres y mujeres) voluntarios participantes de la tripulación del «ARC 20 de julio» de la misión Antártica CALDAS 2015.

### Muestra

Muestra a conveniencia, probabilística, aleatorizada seleccionando dos grupos, uno hace ejercicio y el otro no realiza ejercicio.

### Criterios de exclusión

Antecedentes de enfermedades cardiovasculares, respiratorias, metabólicas o hematológicas. Antecedentes de

patología psiquiátrica. Patología osteomuscular que limite la actividad física. Consumo de medicamentos estimulantes (cafeína, tabletas), sedantes (benzodiazepinas). Tabaquismo. Salida del régimen de alimentación suministrado por la embarcación.

### Criterios de inclusión

Hombres y mujeres entre 18-40 años. Miembros de la tripulación del «ARC 20 de Julio» pertenecientes al grupo de investigadores. Y firma del consentimiento informado.

### Técnicas de recolección

Previo firma de consentimiento informado, a cada sujeto se le realizó una evaluación médica antes del estudio. Cada sujeto fue asignado aleatoriamente a uno de los dos grupos propuestos (Grupo I: con intervención de ejercicio o grupo II: sin intervención de ejercicio).

La intervención de ejercicio para el Grupo I consistió en la aplicación de una prueba directa de consumo de oxígeno con ergoespirómetro Ultimate 2000 en cicloergómetro, con una cadencia de pedaleo mayor a 50 revoluciones por minuto hasta la fatiga, en un test incremental continuo escalonado. Se controló la frecuencia cardíaca mediante monitor polar RS800cx durante el esfuerzo y a los cinco primeros minutos de recuperación. Se realizó control de la tensión arterial en reposo en el tercer y quinto minuto de esfuerzo, así como en los cinco primeros minutos de recuperación. Se calculó el consumo de oxígeno de forma directa tanto al iniciar como al terminar el programa de ejercicio –este consistía en realizar actividad física aeróbica por lo menos 3 veces a la semana durante 30 minutos en un cicloergómetro con una intensidad moderada, entre el 65 % y el 75 % de la frecuencia cardíaca predicha con el consumo máximo de oxígeno del sujeto, mínimo durante 4 semanas.

Para los dos grupos se realizaron mediciones de composición corporal (músculo, grasa corporal, hueso, agua), peso talla, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, tensión arterial, consumo de oxígeno directo (VO<sub>2</sub>).

Teniendo en cuenta que los cambios de composición corporal son modificables por la ingesta de alimentos, se planeó, durante los últimos tres días previos al zarpe de la embarcación, obtener por parte del grupo de nutrición de la embarcación el tipo de dieta planificada para la misma, en conjunto con el gasto calórico y el índice glicémico de las raciones ingeridas por la tripulación durante los 90 días; teniendo en cuenta que es la única fuente de alimentación debido a que la tripulación se encontró confinada en la embarcación durante la misión. Se le recomendó así mis-



mo a los sujetos el consumo de alimentos suministrados por la embarcación.

Los cambios lumínicos al interior de la misión fueron descritos según el régimen interno establecido por el comandante del buque, en el que se determinó la hora de despertar y las horas de sueño, datos que serían consignados por el investigador en la notas de laboratorio.

Así mismo, antes de cada punto de mediciones, se realizó un cuestionario para evaluar las variables médicas presentadas durante el transcurso de la misión entre las que se incluyen: actividades realizadas, alimentación, hábitos de actividad física diferente a la establecida.

## Instrumentos de recolección de datos

### Escala o cuestionario de somnolencia de Epworth. (ESS)

Evalúa la fatiga y somnolencia con 8 situaciones de la vida cotidiana calificadas en baja, mediana y alta probabilidad de tener episodios de micro sueños durante el día, considerando calificación normal menor de 10 puntos (Ver Anexo 3).

### Índice de calidad de sueño de Pittsburg. (PSQI).

Evalúa diferentes situaciones con respecto a la calidad de sueño, como lo son la latencia, la duración, la eficiencia, las perturbaciones, las disfunciones o la necesidad de prescripción de medicamentos (Ver Anexo 2).

### Índice clínico-diagnóstico de hipotiroidismo de Zulewski.

Consiste en evaluar la presencia o ausencia de 12 síntomas y signos de la patología, considerando que más de 5 positivos es presencia de la patología; de 2 a 5 es sugestivo del desarrollo de la enfermedad; y menos de 2 puntos significa que no existe hipotiroidismo (Ver Formato composición corporal y variables fisiológicas. Anexo 1).

### Técnicas de procesamiento de datos

Los datos obtenidos serán analizados por programa estadístico SPSS versión 22. Para cada variable se realizan medidas estadísticas de tendencia central y descriptiva. Se aplicaron los test de normalidad de Kolmogorov - Smirnov y ShapiroWilks, encontrando una distribución no normal por lo cual se aplicaron pruebas no paramétricas. Se aplicó el test de Wilcoxon y consideran diferencias significativas con  $p < 0.05$ .

## Análisis de resultados

En el estudio participaron 36 voluntarios pertenecientes al grupo de investigadores de la misión. De ellos, el 80% fueron hombres y el 20% mujeres, con edad promedio de 33.5 años. En el grupo de las mujeres, la edad promedio fue de  $33.71 \pm 8.4$  años, con una estatura de  $1.60 \pm 0.055$  mts, peso promedio  $66.54 \pm 9.69$  kg e IMC de  $25.98 \pm 3.77$ . El grupo de los hombres presentó una edad promedio  $33.52 \pm 6.59$  años, con peso de  $76.87 \pm 12.44$  kg, estatura  $1.72 \pm 0.04$  mts e IMC  $25.76 \pm 3.34$ .

Los participantes fueron divididos en dos grupos: uno en el cual fueron expuestos a un protocolo de ejercicio (19 sujetos) y otros a un estado de inactividad (17 sujetos). En los dos grupos se realizaron dos mediciones, una al zarpar de Cartagena y la otra en la Antártida. Los resultados obtenidos se observan en la tabla 1.

Tabla 1.

Resultados obtenidos en las diferentes variables en cada uno de los grupos.

PROTOCOLO	SIN EJERCICIO		EJERCICIO	
	SALIDA	ANTÁRTIDA	SALIDA	ANTÁRTIDA
TIEMPO DE TOMA				
PESO (Kg)	74.735 ± 11.68	77.18 ± 11.7*	74.984 ± 13.58	73.09 ± 11.71*
IMC	25 ± 3	26 ± 3*	26 ± 4	25 ± 3*
H2O (%)	55.106 ± 4	55.5 ± 3.9	53.811 ± 5.3	55.77 ± 5*
MÚSCULO (%)	55 ± 8.2	54.37 ± 8.5*	56.037 ± 10	57.91 ± 10.48*
GRASA (%)	24.5 ± 6	26.87 ± 6.2*	25.2 ± 6.5	22.88 ± 5.6*
PESO VIS-CERAL	6 ± 2.18	6.94 ± 2.384*	6.63 ± 2.813	5.37 ± 2.191*
HUESO	2.82 ± 0.345	2.818 ± 0.33	2.868 ± 0.446	2.86 ± .446
KCAL	1690.06 ± 223.6	1756.59 ± 226*	1725.58 ± 263	1687 ± 252 *
EDAD MET	39.41 ± 11.47	42.24 ± 9.76 *	38.21 ± 12.11	34.21 ± 10.71 *
PITSBURG	7 ± 4.63	10 ± 3.4*	6 ± 3.687	6 ± 3.29
EPWORTH	6 ± 3.85	10 ± 3*	7 ± 3.95	7 ± 3.71
ZULEWSKI	1 ± 1.26	4 ± 0.98*	1 ± 1.46	1 ± 1.6
VO2 MAX	37.28 ± 5.73	33.9 ± 4.3*	40.36 ± 9.58	43.52 ± 8.59 *

\*diferencias significativas pre y Antártida ( $p < 0.05$ )



### Cambios en composición corporal

Se comparó el comportamiento de las variables de composición corporal obtenidas en la Línea del Ecuador y en la Antártida, teniendo en cuenta los grupos (sin ejercicio; con ejercicio). En el grupo que no estuvo sometido a régimen de ejercicio controlado, se observaron aumentos significativos  $p < 0.05$  en peso (3 %), IMC (4 %), Grasa corporal (10 %), Visceral (16 %) y edad metabólica (7 %); así mismo se observó una reducción significativa en el porcentaje de músculo (1 %) y no se observaron cambios en hueso ni en agua corporal total.

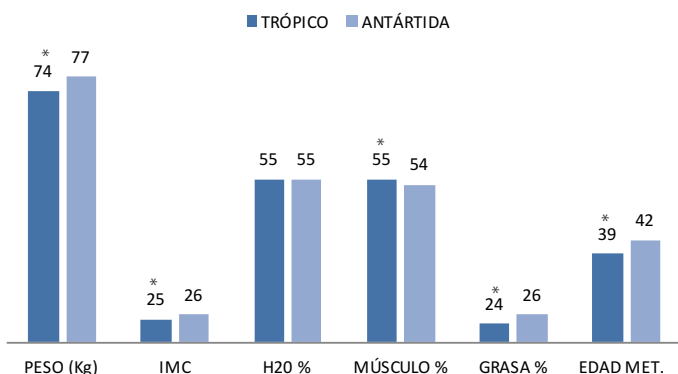


Figura 1. Composición corporal en sedentarios. Significancia estadística en peso, índice de masa corporal, grasa y edad metabólica.  $*p < 0,05$ .

En el grupo que estuvo sometido a régimen de ejercicio se observaron aumentos significativos en agua corporal (4 %) y músculo (3 %). De forma contraria se registraron disminuciones significativas en peso (3 %), IMC (4 %), Grasa corporal (9 %), vísceras (19 %) y edad metabólica (10 %). No se observaron cambios en agua corporal total.

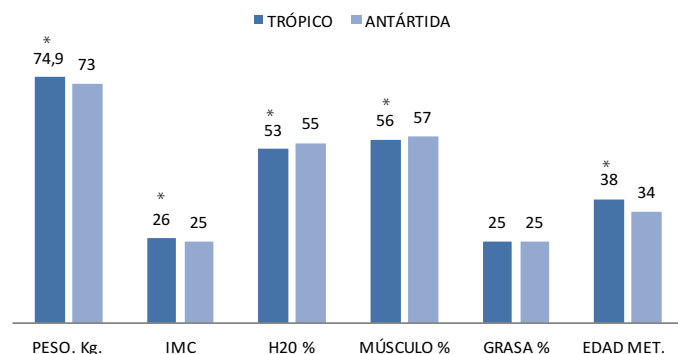


Figura 2. Composición corporal en activos. Significancia estadística en agua, músculo, peso, índice de masa corporal y edad metabólica.  $*p < 0,05$ .

### Síndrome T3 polar

Las variables para el estudio del Síndrome T3 polar fueron recolectadas en la zona tropical y durante la estancia

en el continente antártico. En el grupo que no se expuso a ejercicio se observó un aumento significativo del 300 % en el índice de Zulewski con una disminución significativa del 9 % en el consumo de oxígeno. Estos resultados son contrarios en el grupo expuesto a régimen de ejercicio, en el cual no se encontraron diferencias significativas en el índice de Zulewski y un aumento significativo del 8 % en el consumo de oxígeno.

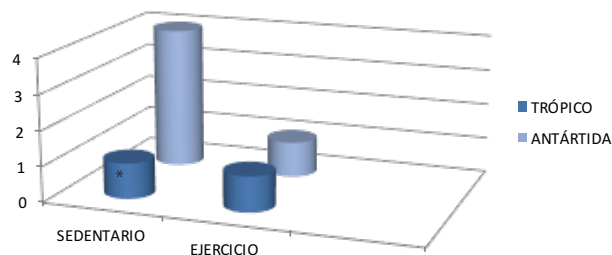


Figura 3. Índice Clínico de Zulewsky. Significancia estadística en el grupo que no realizó ejercicio con respecto al grupo control de actividad física controlada.  $*p < 0,05$ .

### Índices de calidad de sueño

Al analizar los test de calidad del sueño en los dos grupos, en la zona del Ecuador y en la Antártida, se encontró un aumento significativo en los índices de los test de Pittsburg (48 %) en el grupo que no estuvo expuesto a régimen de ejercicio; mientras que en el grupo expuesto a ejercicio no se observaron diferencias significativas entre los dos momentos de toma.

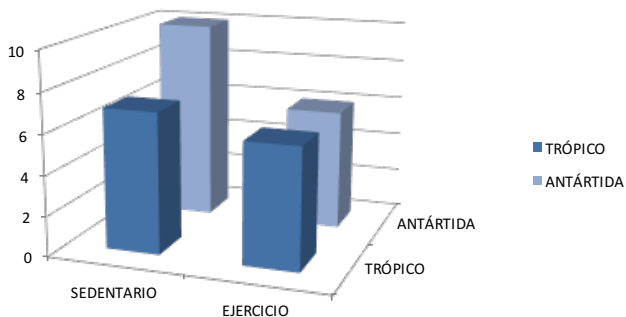


Figura 4. Índice de calidad de sueño de Pittsburg. Significancia estadística del grupo sedentario con respecto al grupo control físicamente activo.  $*p < 0,05$ .

### Escala de somnolencia de Epworth. (ESS).

Durante el desarrollo del análisis de datos de la escala de somnolencia de Epworth se observó un cambio estadísticamente significativo en el grupo que permaneció sedentario con un 51% con respecto al que realizó ejercicio, comparando los dos momentos tanto el Trópico como en la Antártida.

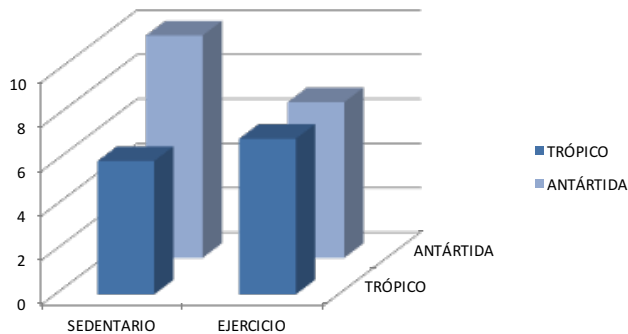


Figura 5. Escala de Somnolencia de Epworth (ESS). Significancia estadística del grupo sedentario con respecto al grupo control físicamente activo. \* $p < 0,05$ .

### Consumo máximo de oxígeno (Vo<sub>2</sub> Max.)

Con respecto al análisis de la condición de resistencia cardiorrespiratoria en el grupo que no realizó actividad física, su condición disminuyó significativamente un 8,8 % cuando se hizo el control en Antártida con respecto al primer momento sobre el Trópico. En el segundo grupo que realizó ejercicio controlado supervisado se observó un aumento con significancia estadística en un 7.3 % de su consumo máximo de oxígeno en el control sobre la península antártica con respecto a Cartagena como el primer momento.

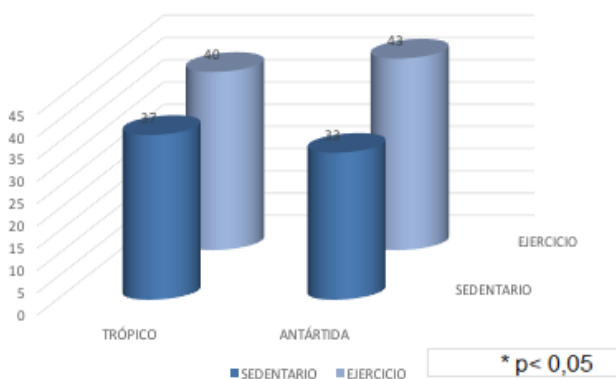


Figura 6. Consumo máximo de oxígeno. Disminución de la capacidad funcional en el grupo sedentario y aumento de la capacidad funcional en el grupo físicamente activo. \* $p < 0,05$ .

## Discusión

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que las misiones a la Antártida, desde la zona del Ecuador, por vía marítima, implican condiciones de confinamiento en los miembros de la tripulación. Estas condiciones ocasionan una disminución en la movilidad de los tripulantes, lo que lleva, en condiciones basales y sin ejercicio, a un aumento de peso y del índice de masa corporal a expensas de un aumento en el porcentaje de grasa corporal, peso visceral acompañado de una disminución del por-

centaje de músculo. Esto se ve contrarrestado cuando las tripulaciones realizan un esquema de ejercicio controlado y supervisado durante el tiempo de navegación, que lleva a una disminución del peso, de la grasa corporal y del peso visceral, con un aumento en el porcentaje de músculo.

Estos cambios, en condiciones basales sin ejercicio, lo cual es algo común entre las diversas misiones navales a la Antártida, pueden ser explicados por una aclimatación progresiva al descenso de la temperatura que ocasiona aumento del porcentaje de grasa y de la grasa parda, con una disminución del porcentaje de músculo, secundario a una transformación con tendencia hacia la conservación de las funciones vitales.

Para inicios de este nuevo siglo se hablaba de procesos de adaptación al estrés fisiológico en temperaturas extremas. Desde el punto de vista antropométrico y psicológico se observan cambios en el comportamiento y en la composición corporal. Se afirma que existe un predominio del sistema nervioso autónomo en su rama simpática y, como mecanismo compensatorio, un aumento del porcentaje de grasa de predominio pardo. Se realizaron algunas pruebas en regiones antárticas con buzos que realizan inmersiones superiores a 30 minutos con temperaturas de hasta -22 grados centígrados, actividad que generaba estos cambios con permanencia en estas latitudes superiores a 4 semanas (Kaiumov, 2000). Al comparar con esta investigación que se desarrolló en el buque colombiano, se encontró que el estrés del ejercicio se realizaba en temperaturas de hasta -10 grados centígrados por 30 minutos y por 4 semanas, situación que hace inferir los cambios en la composición corporal en los sujetos valorados. Los del grupo sedentario aumentaron significativamente en cuanto a su porcentaje de grasa y tuvieron una pérdida importante en el componente muscular; mientras que el grupo físicamente activo no tuvo cambios significativos en su porcentaje de grasa y, con relación a su capacidad cardiopulmonar, su consumo máximo de oxígeno no aumentó con significancia estadística; lo que nos hace pensar que el ejercicio no se comporta como un factor protector determinante; sin embargo, no deja deteriorar las condiciones con las que los sujetos llegan a realizar la exposición.

Al comparar los índices clínico-diagnósticos del hipotiroidismo, se observa que el índice de Zulewski aumentó en el grupo que no realizó ejercicio, hasta un 30% la probabilidad de desarrollar hipotiroidismo inducido por frío (Síndrome T3. Polar). En el grupo expuesto a ejercicio se consideró que no tenía sintomatología clínica para desarrollar la patología.

Estos hallazgos son similares a los obtenidos en la estación de Mc. Murdo (Palinkas, 2000), con un protocolo en el que se realizaron análisis en diferentes temporadas del año (verano e invierno) y se tomaron perfiles hormonales dentro de los que se incluía la función tiroidea y se evidenciaban cambios importantes por la presencia o ausencia de actividad física, la presencia de noche o luz durante los días de acuerdo a los meses de tomas y, por último, de acuerdo al tiempo de permanencia en estas temperaturas. Además, se incorporó el concepto de crono-farmacoterapia, tanto para el soporte hormonal como para la actividad física y se afirmó que el protocolo de ejercicio es una buena herramienta para contrarrestar los síntomas del síndrome T3 polar y para mejorar los niveles de consumo de oxígeno.

Pasando al índice de calidad del sueño de Pittsburg, al comparar las dos exposiciones en el Trópico y en el Polo Sur, se observa que en temperaturas extremas existe hasta un 48 % de disfunción en la higiene del sueño como son: los despertares, la latencia, la duración y la eficiencia del sueño. Como complemento con la escala de somnolencia de Epworth (ESS) observada en el presente estudio, se cuantifica que un poco más del 50 % presenta microsueños durante el día, demostrando cambios significativos en las poblaciones que habitan sobre la Línea del Ecuador (Cartagena) y que se desplazan a la Antártida. Lo anterior evidencia una disminución en la aclimatación a los cambios del ciclo circadiano, en donde se aclara que en este caso particular la exposición fue en el verano austral permaneciendo todo el tiempo con luz día.

En el estudio de Usui (2000) realizado entre Japón y la Antártida, específicamente en la ciudad de Kofu, se valoraron las características del sueño en las dos latitudes encontrando cambios importantes en los procesos de conciliación de sueño; somnolencia diurna; microsueños asociados a cefalea, irritabilidad, depresión y fatiga, más Trastorno Afectivo Estacional (TAE). Trastorno que los sujetos control sedentarios del estudio colombiano podrían padecer, además de los trastornos de sueño y somnolencia ya valorados.

Por otro lado, se evidencia que el realizar actividad física mejora la adaptación a este nuevo ciclo sueño-vigilia, lo que permite no tener cambios significativos en los índices de calidad del sueño y somnolencia. De acuerdo a (Buguet, 1998), el ejercicio debe tener características de intensidad, no superior al 70 % de frecuencia cardíaca máxima y frecuencia mínima de 3 a 5 días a la semana, para no alterar la arquitectura del sueño en la fase REM.

Además, la exposición prolongada al frío puede tener efectos de sincronía en esta fase del sueño, complementa-

do con una inadecuada secreción de hormonas tiroideas como la TSH, T3 y T4, que metabólicamente se relacionan con el hipotiroidismo inducido por sueño. Y, por último, la influencia de la resistencia cardiovascular observada en los cambios del consumo máximo de oxígeno.

En relación a la evaluación de las actividades diarias de los sujetos evaluados, al compararlas con el consumo máximo de oxígeno, se pudo observar que el grupo que realizaba ejercicio controlado mejoró su capacidad sin significancia estadística de menos del 5% y refería poder ejecutar sus tareas. Por el contrario, el grupo que permaneció sedentario disminuyó significativamente su funcionalidad, con pérdida de más de un 10% de su consumo máximo de oxígeno, y manifestó fatiga en sus actividades laborales. Lo anterior puede compararse con el estudio realizado en la base de Rusia Mirny, en la que tomaron tres grupos de trabajadores (administrativos, científicos, operarios) y encontraron cambios significativos adicionales de los conocidos por la temperaturas en los oficios en que generaban mayor gasto calórico: su capacidad funcional se mantenía; mientras que aquellos cuya labor generaba un menor gasto calórico, mostraban una menor capacidad funcional. En nuestro caso, fue un grupo homogéneo de investigadores con características similares a nivel laboral (Belkin, 2001).

## Conclusiones y recomendaciones

Para futuras expediciones es importante el proceso de selección de los expedicionarios en el aspecto psicofísico, ya que al enfrentarse a estos escenarios se encuentran situaciones fisiológicas de difícil control, que si no se cuenta con el suficiente entrenamiento y con las condiciones para realizar la misión se puede poner en riesgo al participante y a la operación.

Dentro de la composición corporal, la relación grasa-músculo es fundamental en los procesos de adaptación y aclimatación en el reto a la exposición a temperaturas extremas. Con respecto al ejercicio, no se puede afirmar que es un factor protector; sin embargo, este no deja deteriorar las condiciones iniciales con las que llegan los sujetos a este tipo de exposiciones. Por el contrario, los pacientes que se comportan como sedentarios, tienen estadísticamente mayor probabilidad de desarrollar patologías y de que exista un deterioro cardiorrespiratorio y metabólico de la condición base con que llegan a esta agresión fisiológica.

Los trastornos del ciclo circadiano, dados por la presencia de días o noches muy prolongadas, se evidencian con la repercusión en la calidad de sueño, la fatiga y presencia de somnolencia, que podrían ser mitigados por un adecuado proceso de entrenamiento físico previo a la



exposición y con una continuidad del mantenimiento del estado físico durante el desarrollo de la misión.

En exposiciones mayores a 12 semanas es importante considerar la posibilidad de realizar unos procesos de crono-farmacoterapia hormonal, disminuyendo la probabilidad de desarrollar alteraciones endocrinológicas, como lo es el hipotiroidismo inducido por frío –Síndrome T3 Polar–, asociadas a toda la sintomatología clínica que se manifiesta con trastornos afectivos estacionales.

## Referencias

- Askew, EW. (1995). Environmental and physical stress and nutrient requirements. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2, 631S-637S.
- Belkin, v. (2001). the effects of season on antropologic and physiological characteritic in Russian antarctic staff. *Int. Journal Circumpolar Health*, 72, 41-51.
- Bianchi, R. (2013). eje hipofisiario y estres en la pobalcion de las bases Antarticas. Universidad de mendoza. Ciencias de la salu. *Bioquimica*, supl.1, 1-8.
- Billewicz. (1969). Statistical methods applied to the diagnosis of hypothyroidism. *Q.J.Med.*, 38, 255-266.
- Buguet, A. (1998). Sleep and stressin exercise and exposure to extreme environments. *Journal Physiology Pharmacology*, 5, 553-561.
- Chrous, G. (2002). Hypothalamic axis neuroendocrine factor and stress. *Journal Physio.*, 4, 865-871.
- Colombiano, P. A. (15 de 12 de 2014). *www.programa antartico Colombiano*. Recuperado el 25 de 10 de 2016, de *www.programa antartico Colombiano*
- Crooks. (1959). Statistical methods apllied to the clinical of thyrotoxicosis. *Q.J. Med*, 28, 211-234.
- Crowley, R. (1997). Noinvasive evaluation of cardiac function in hypotiodism. *new England Med.*, 29: 1-6.
- Drover, A. (2004). regulation of the human cholesterol7- hydroxylase gene by thyroid hormone. *Endrinology rev.*, 2, 574-581.
- Enrique, S. (2006). Thermogenic mechanisms and their hormonal regulation. *physiol. rev.*, 86, 435-464.
- Ferranini, E. (1999). INSULINE. A hormone regulator of energy balance. *Endocrinology Rev.*, 13, 387-414.
- Figen, C. (2005). Exercise intensity and its effects on thyroid hormones. *neuroendocrinology lett.*, 26, 830-834.
- Galofre, J. (2006). Marcadores de funcion tiroidea. Evaluacion de actividad glandular. *Revista medica Univ.Navarra.*, 50, 545-553.
- Graneman, J. (2005). Expression of adenyl cyclase in brown adipose tissue. *Endocrinolgy rev.*, 83, 207-201.
- Granneman. (1995). Expression of adenyl cyclase subtypes in brown adipose tissue:neural regulation of type III. *Endocrinology*, 136, 2007-2012.
- Hernanussen, M. (2005). Acute and cronice effects of winter swimming on LH, fsh, prolactin, TSH, cortisol and insulin. *Artic med. res.*, 54, 45-51.
- INVIMA, 2. (08 de 11 de 2016). *www.INVIMA.gov.co*. Obtenido de *www.INVIMA.gov.co*: *www.INVIMA.gov.co*
- Kahaly, D. (2005). thyroid hormone action in the heart. *Endocrine revis.*, 26, 704-728.
- Kaiumov, A. (2000). Impact of extreme climate conditions on morphophysiological parameters in Anatrctic. *Gig. Saint*, 2, 14-17.
- Kilbourne, e. (2000). *Impacto de los deastres en la Salud publica*. Bogota: Organizacion Panamericana de la Salud.
- Klein, D. (2004). Thyroid hormone and the cardiovascular system. *Minerva Endocrinology*, 29, 139-150.
- Lucci, J. (2015). Dirrecion del Journal. *Journal de Asuntos Antarticos*, 5-70.
- Margetic, S. (2002). leptin. A review of its peripheral actions and intreactions. *International Journal Obesity*, 26, 1407-1433.
- Marino, F. (1998). thermoregulatory, metabolic and sympathoadrenal response to repeated exposure to cold. *Journal clin. invest.*, 58, 537-545.
- Palinkas, L. (2000). Predictor of behavior and performance in extreme environmnets. The Anatrctic space. *Aviat. Environ. Med*, 71, 619-625.
- Piezzi, R. (1994). Glandula pineal y la relacion con el fotoperiodo y los trastornos del sueño y la vigilia. *Depresion y Ansiedad*, 25, 325-339.
- Posada A. (2014). Primera Expedicion de Colombia a la Antartida. *El Tiempo*. (14 de Diciembre de 2014 1:48 AM)
- Prior, S. (2015). Desarrollo legal de nuevos instrumentos para la navegacion en la Anatrctica. *Journal Asuntos Antarticos*, 1, 59-68.
- Qureshi, S. (2006). Free thyroxine an risk of stroke. *Med.Science Monitor*. 12, 501-506.
- Usui, A. (2000). Seasonal changes in human sleep-wake in anatrctic and japan. *Psychiatry neuroscience*, 25, 361-365.
- Sistema Tratado Antartico. (01 de 12 de 1959). Recuperado el 22 de mayo de 2015, de *http://www.ats.aq*
- Zulewski. (1997). 1997. *J.Clin.Endocrinol.Metab.*, 82, 771-776.

## Anexos

### Anexo 1: formato recolección datos fisiológicos, composición corporal. Código participante:

VARIABLE	Premisión			Mes uno	Mes dos						Mes tres											
	Día		Día	Día		Pre Antártida		Antártida		Día		Llegada Colombia										
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Fecha																						
Hora																						
Frecuencia Cardíaca																						
Peso																						
Talla																						
IMC																						
% grasa																						
% de agua																						
Músculo																						

Recolección de Datos:      Nombre:      Cédula:

### Anexo 2: cuestionario de Pittsburg de calidad de sueño.

Código participante:..... Fecha:.....

Instrucciones:

Las siguientes preguntas solo tienen que ver con sus hábitos de sueño durante el último mes. En sus respuestas debe reflejar cuál ha sido su comportamiento durante la mayoría de los días y noches del pasado mes. Por favor, conteste a todas las preguntas.

1.- Durante el último mes, ¿cuál ha sido, normalmente, su hora de acostarse?	
2.- ¿Cuánto tiempo habrá tardado en dormirse, normalmente, las noches del último mes? (Marque con una X la casilla correspondiente)	
Menos de 15 min	<input type="checkbox"/>
Entre 16-30 min	<input type="checkbox"/>
Entre 31-60 min	<input type="checkbox"/>
Más de 60 min	<input type="checkbox"/>
3.- Durante el último mes, ¿a qué hora se ha levantado habitualmente por la mañana?	
4.- ¿Cuántas horas calcula que habrá dormido verdaderamente cada noche durante el último mes?	
5.- Durante el último mes, cuántas veces ha tenido usted problemas para dormir a causa de:	



a) No poder conciliar el sueño en la primera media hora:	
Ninguna vez en el último mes	
Menos de una vez a la semana	
Una o dos veces a la semana	
Tres o más veces a la semana	
b) Despertarse durante la noche o de madrugada:	
Ninguna vez en el último mes	
Menos de una vez a la semana	
Una o dos veces a la semana	
Tres o más veces a la semana	
c) Tener que levantarse para ir al servicio:	
Ninguna vez en el último mes	
Menos de una vez a la semana	
Una o dos veces a la semana	
Tres o más veces a la semana	
d) No poder respirar bien:	
Ninguna vez en el último mes	
Menos de una vez a la semana	
Una o dos veces a la semana	
Tres o más veces a la semana	
e) Toser o roncar ruidosamente:	
Ninguna vez en el último mes	
Menos de una vez a la semana	
Una o dos veces a la semana	
Tres o más veces a la semana	
f) Sentir frío:	
Ninguna vez en el último mes	
Menos de una vez a la semana	
Una o dos veces a la semana	
Tres o más veces a la semana	
g) Sentir demasiado calor:	
Ninguna vez en el último mes	
Menos de una vez a la semana	
Una o dos veces a la semana	
Tres o más veces a la semana	
h) Tener pesadillas o malos sueños:	
Ninguna vez en el último mes	
Menos de una vez a la semana	
Una o dos veces a la semana	
Tres o más veces a la semana	

i) Sufrir dolores:	
Ninguna vez en el último mes	
Menos de una vez a la semana	
Una o dos veces a la semana	
Tres o más veces a la semana	
j) Otras razones. Por favor descríbalas:	
Ninguna vez en el último mes	
Menos de una vez a la semana	
Una o dos veces a la semana	
Tres o más veces a la semana	
6) Durante el último mes, ¿cómo valoraría, en conjunto, la calidad de su sueño?	
Muy buena	
Bastante buena	
Bastante mala	
Muy mala	
7) Durante el último mes, ¿cuántas veces habrá tomado medicinas (por su cuenta o formuladas por el médico) para dormir?	
Ninguna vez en el último mes	
Menos de una vez a la semana	
Una o dos veces a la semana	
Tres o más veces a la semana	
8) Durante el último mes, ¿cuántas veces ha sentido somnolencia mientras conducía, comía o desarrollaba alguna otra actividad?	
Ninguna vez en el último mes	
Menos de una vez a la semana	
Una o dos veces a la semana	
Tres o más veces a la semana	
9) Durante el último mes, ¿ha representado para usted mucho problema el tener ánimos para realizar alguna de las actividades detalladas en la pregunta anterior?	
Ningún problema	
Sólo un leve problema	
Un problema	
Un grave problema	
10) ¿Duerme usted solo o acompañado?	
Solo	
Con alguien en otra habitación	
En la misma habitación, pero en otra cama	
En la misma cama	

Encuestador:  
 Nombre: \_\_\_\_\_  
 Cédula: \_\_\_\_\_



### Anexo 3: Cuestionario de somnolencia diurna de Epworth

Código:.....Fecha:.....

Este cuestionario pretende valorar la facilidad para quedarse dormido en cada una de las diferentes situaciones. Aunque no haya vivido alguna de estas situaciones recientemente, intente imaginar cómo le habría afectado.

Situación Probabilidad de que le dé sueño

1.- Sentado y leyendo

- a) Nunca tengo sueño
- b) Ligera probabilidad de tener sueño
- c) Moderada probabilidad de tener sueño
- d) Alta probabilidad de tener sueño

2.- Viendo la TV

- a) Nunca tengo sueño
- b) Ligera probabilidad de tener sueño
- c) Moderada probabilidad de tener sueño
- d) Alta probabilidad de tener sueño

3.- Sentado, inactivo en un lugar público (ej: cine, teatro, conferencia, etc.)

- a) Nunca tengo sueño
- b) Ligera probabilidad de tener sueño
- c) Moderada probabilidad de tener sueño
- d) Alta probabilidad de tener sueño

4.- Como pasajero de un coche en un viaje de 1 hora sin paradas

- a) Nunca tengo sueño
- b) Ligera probabilidad de tener sueño
- c) Moderada probabilidad de tener sueño
- d) Alta probabilidad de tener sueño

5.- Estirado para descansar al mediodía cuando las circunstancias lo permiten

- a) Nunca tengo sueño
- b) Ligera probabilidad de tener sueño
- c) Moderada probabilidad de tener sueño
- d) Alta probabilidad de tener sueño

6.- Sentado y hablando con otra persona

- a) Nunca tengo sueño
- b) Ligera probabilidad de tener sueño
- c) Moderada probabilidad de tener sueño
- d) Alta probabilidad de tener sueño

7.- Sentado tranquilamente después de una comida sin alcohol

- a) Nunca tengo sueño
- b) Ligera probabilidad de tener sueño
- c) Moderada probabilidad de tener sueño
- d) Alta probabilidad de tener sueño

8.- En un automóvil, estando parado por el tránsito unos minutos (ej: semáforo,

retención,...)

- a) Nunca tengo sueño
- b) Ligera probabilidad de tener sueño
- c) Moderada probabilidad de tener sueño
- d) Alta probabilidad de tener sueño

Encuestador:

Nombre: \_\_\_\_\_

Cédula: \_\_\_\_\_



### ANEXO 4: Índice clínico-diagnóstico de hipotiroidismo de Zulewski

Código:.....Fecha:.....

Síntomas	Presente	Ausente
Disminución de la sudoración		
Ronquera		
Parestesias		
Piel Seca		
Estreñimiento		
Pérdida de audición		
Aumento de Peso		

Signos	Presente	Ausente
Movimientos lentos		
Reflejo tobillo lento		
Piel gruesa		
Hinchazón periorbitaria		
Piel fría		

Encuestador:

Nombre: \_\_\_\_\_ Cédula: \_\_\_\_\_



## Anexo 5.

### FUERZAS MILITARES DE COLOMBIA FUERZA AÉREA CENTRO DE MEDICINA AEROESPACIAL

#### CONSENTIMIENTO INFORMADO

#### **Efectos del ejercicio aeróbico en la composición corporal, resistencia cardiovascular, ciclo circadiano, síndrome T3 Polar en la primera misión de Colombia a la Antártida.**

El Centro de Medicina Aeroespacial está llevando a cabo un estudio sobre los cambios que la misión a la Antártida, por vía marítima, puede generar en la composición corporal, en parámetros cardiorrespiratorios, sueño y fatiga, en los tripulantes del ARC 20 de julio y sobre cómo el realizar actividad física controlada puede cambiarlos.

El objetivo del estudio es realizar una descripción de cómo la actividad física controlada puede modificar su composición corporal, sus parámetros cardiorrespiratorios, la calidad del sueño, la fatiga, y cómo los factores ambientales propios de la misión a la Antártida podrían influir en los mismos. Para esto se recomienda no consumir alimentos diferentes a los suministrados por la embarcación.

Para establecer estos parámetros, los voluntarios deberán responder unos cuestionarios en tres ocasiones durante la misión, los cuales evaluarán su estado general y su calidad del sueño. Así mismo se les realizará evaluación de signos vitales utilizando un monitor de signos vitales, de la composición corporal utilizando una báscula y utilizando un monitor atado a una banda que se colocará en el pecho de cada participante –se realizará registro de la actividad del corazón por 5 minutos–. Los participantes serán divididos en dos grupos, uno de los cuales recibirá un protocolo de ejercicio supervisado que consiste en pedalear por 30 minutos en una bicicleta estática; durante este ejercicio, la actividad de su corazón será monitoreada por un monitor en banda colocada en su pecho. Este protocolo de ejercicio será realizado 3 días a la semana por 4 semanas distribuidas durante la misión.

A todos los participantes se les realizará una valoración médica antes de iniciar el estudio. El proceso será estrictamente confidencial y su nombre no será utilizado, por lo cual se le asignará un código de identificación. La participación es voluntaria. Usted tiene el derecho de retirar el consentimiento para no participar en cualquier momento, sin tener ningún tipo de repercusión legal o administrativa.

No se recibirá ninguna compensación ni retribución económica por participar, ni tampoco se exigirá algún pago por parte del participante. Los gastos de la investigación serán asumidos por la Institución e investigadores participantes. Los resultados grupales e individuales estarán disponibles en el Centro de Medicina Aeroespacial, sección Científica, si desea conocerlos. Si tiene alguna pregunta o duda sobre la investigación, se puede comunicar con el investigador: MY. Juan Miguel Castro: 3118988387, correo electrónico: jumicashe@yahoo.com.

El protocolo de estudio y este consentimiento informado fueron revisados y aprobados por el Comité Independiente de Ética en Investigación del Hospital Militar Central. En caso de información adicional se puede comunicar con el Dr. Javier Ignacio Godoy Barbosa, Presidente del comité Tel: 3486868 Ext. 5136

#### AUTORIZACIÓN

Yo \_\_\_\_\_ identificado con cédula de ciudadanía \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ he leído el procedimiento descrito arriba. Los investigadores me han explicado el estudio y han contestado mis preguntas. Voluntariamente doy mi consentimiento para participar en el estudio de investigación: Efectos del ejercicio aeróbico en la composición corporal, resistencia cardiovascular, ciclo circadiano, síndrome T3 Polar en la primera misión de Colombia a la Antártida.

\_\_\_\_\_  
Firma del participante

fecha:

Identificación No:

Dirección:

\_\_\_\_\_  
Firma del testigo

fecha:

Identificación No:

Dirección:

Tipo de relación con el participante:

\_\_\_\_\_  
Firma Investigador

Fecha:

Identificación No:

## Anexo 6.

**FUERZAS MILITARES DE COLOMBIA  
FUERZA AÉREA  
CENTRO DE MEDICINA AEROESPACIAL**

**Efectos del ejercicio aeróbico en la composición corporal, resistencia cardiovascular, ciclo circadiano, síndrome T3 Polar en la primera misión de Colombia a la Antártida.**

### FORMATO DE INFORMACIÓN AL PARTICIPANTE

Estamos llevando a cabo un estudio sobre los cambios que la misión a la Antártida, por vía marítima, puede generar en la composición corporal, en parámetros cardiorrespiratorios, sueño y fatiga en los tripulantes del ARC 20 de julio y sobre cómo el realizar actividad física controlada puede cambiarlos.

Se decidió realizar esta investigación teniendo en cuenta que pocos datos hay en la literatura sobre estos cambios y, debido a que es la primera misión que parte desde Colombia por vía marítima, se hace necesario la descripción de estos factores para realizar recomendaciones tendientes al mantenimiento de la salud de los tripulantes en este tipo de operaciones.

El objetivo del estudio es realizar una descripción de cómo la actividad física controlada puede modificar su composición corporal, sus parámetros cardiorrespiratorios, la calidad del sueño, fatiga y cómo los factores ambientales propios de la misión a la Antártida podrían influir en los mismos.

Durante el presente estudio no se espera que se presenten molestias o efectos secundarios dado que no hay intervenciones involucradas.

Los participantes incluidos son sujetos tripulantes militares del ARC 20 de julio, con edades entre 18 a 45 años, que no tengan historia de enfermedades cardíacas, respiratorias, metabólicas (ej. Hipotiroidismo, diabetes), lesiones osteomusculares que limiten actividad física, antecedentes de enfermedades psiquiátricas o quienes estén tomando medicamentos para el sueño o que contengan cafeína. Y que firmen el consentimiento informado. Los participantes deberán responder unos cuestionarios en tres ocasiones durante la misión, los cuales evaluarán su estado general y su calidad del sueño. Así mismo se les realizará evaluación de signos vitales utilizando un monitor de signos vitales, de la composición corporal utilizando una báscula y un monitor atado a una banda que se colocará en el pecho de cada participante. Se realizará registro de la actividad del corazón por 5 minutos. Los participantes serán divididos en dos grupos, uno de los cuales recibirá un protocolo de ejercicio supervisado que consiste en pedalear por 30 minutos en una bicicleta estática. Durante este ejercicio, la actividad de su corazón será monitoreada por un monitor en banda colocada en su pecho. Este protocolo de ejercicio será realizado 3 días a la semana por 4 semanas distribuidas durante la misión.

El proceso será estrictamente confidencial y su nombre no será utilizado. La participación es voluntaria. Por el tipo de estudio y procedimiento, el riesgo es considerado como mínimo. Usted tiene el derecho de retirar el consentimiento para no participar en cualquier momento, no genera consecuencias legales ni administrativas.

No se recibirá ninguna compensación ni retribución económica por participar, ni tampoco se exigirá algún pago por parte del participante, pero los resultados obtenidos serán un beneficio para la comunidad científica nacional e internacional. Los gastos de la investigación serán asumidos por la Institución e investigadores.

Los resultados grupales e individuales estarán disponibles en el Centro de Medicina Aeroespacial, sección Científica, si desea conocerlos.

Si tiene alguna pregunta o duda sobre la investigación, se puede comunicar con el investigador: MY. Juan Miguel Castro: 3118988387, correo electrónico: jumicashe@yahoo.com.

El protocolo de estudio y este consentimiento informado fueron revisados y aprobados por el Comité Independiente de Ética en Investigación del Hospital Militar Central. En caso de información adicional se puede comunicar con el Dr. Javier Ignacio Godoy Barbosa, Presidente del comité Tel: 3486868 Ext. 5136.



FUERZA AEREA COLOMBIANA

102