

TENSIÓN FISIOLÓGICA POR EXPOSICIÓN LABORAL A AMBIENTES CALUROSOS EN TRABAJADORES DE UNA EMPRESA DE FUNDICIÓN Y TRATAMIENTO TÉRMICO DE METALES

PHYSIOLOGICAL STRESS BY OCCUPATIONAL EXPOSURE TO HOT ENVIRONMENTS IN WORKERS OF AN ENTERPRISE OF MELTING AND THERMAL TREATMENT OF METALS

Eduardo Lázaro Caballero Poutou¹
Rugiere Suárez Cabrera²
Oneida Edilena Moreno del Sol³

RESUMEN

Introducción: El ambiente térmico en que se realiza el trabajo puede afectar en mayor o menor medida la salud y seguridad de los trabajadores, e influir en la calidad del trabajo y en el rendimiento laboral. **Objetivos:** Identificar la relación de las respuestas fisiológicas con los factores del ambiente térmico, de la tarea o de ambos; comparar las respuestas funcionales registradas en invierno y verano; contribuir a la introducción de nuevos indicadores para evaluar carga e intensidad de trabajo con fines de normalización ergonómica. **Material y método:** Investigación transversal en una muestra no probabilística de 14 trabajadores de una empresa de fundición, tratamiento y conformación de metales, evaluados en invierno y verano. Las variables temperatura oral (t_{or}) y del ambiente térmico se registraron coincidentemente cada 20 minutos. La frecuencia cardiaca (HR) se registró cada 5 segundos. Se estimó la pérdida por sudor en la jornada laboral. Se calcularon medidas de tendencia central, de dispersión, ANOVA y prueba t para las variables continuas, y Chi cuadrado para las discretas; se calculó la correlación de Spearman para identificar asociaciones. Para todos los cálculos se asumió $p < 0,05$. **Resultados:** t_{or} y HR aumentaron en proporción a los cambios del ambiente térmico y a la intensificación del trabajo en horas del mediodía en invierno y verano. La diferencia estacional de las medias de la t_{or} fue de $0,08\text{ }^{\circ}\text{C}$, significativamente superior en el verano ($p = 0,008$); aunque en verano la HR_{ve} fue mayor, la diferencia de las medias no resultó significativa ($p = 0,34$). En invierno la t_{or} correlacionó con todas las variables, excepto con la velocidad del aire. La pérdida de peso corporal no fue significativa. Los criterios de referencia e indicadores funcionales para trabajadores cubanos masculinos identificaron que la intensidad y carga de trabajo físico evaluadas corresponden a trabajo ligero con tareas pesadas de corta duración.

Palabras clave: ambientes calurosos, efectos fisiológicos, estrés térmico, exposición laboral a calor

ABSTRACT

Background: Working in heat environments could affect the workers' health and safety. Nevertheless it would impact in several aspects of the labour decreasing quality and productivity and promot-

ing prejudicial economical effects. The Cuban climate is characterized by high temperatures and humidity along the year and it is the reason by which the heavy work means an important physiological effort. **Objectives:** 1) To identify the relationships among physiological effects, the thermal environment and the task in Cuban conditions; 2) to assess differences of the physiological effects in winter and summer; 3) to contribute with those results to improve the Cuban standards to assess workload and intensity. **Material and method:** A non probabilistic sample was conformed by 14 selected cookers and assistants who were assessed in winter 2005 and summer 2006. Heart rate was registered each 5 minutes with polar monitors; and oral temperatures with Terumo digital thermometers were registered simultaneously with the climate environmental measurements with a Testo 454 portable system each 20 minutes. Body mass were measured at beginning and ending of schedule. The statistical was processed with SSPS v.15.0 and Statistical v. 6.5. **Results:** Oral temperature and heart rate were increased at noon when it was registered the higher climate changes and workload. Oral temperature in winter was $0,08\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($p = 0,008$) lesser than it was in summer. Winter and summer oral temperature correlated (Spearman's) with all variables except air velocity. Heart rates were modified proportionally to the workload in winter and summer but there were not differences related to both seasons ($p = 0,05$). There were not differences of body mass loss. Work classified as light with brief heavy activities. Criteria and indexes proposed to assess workload had been safety and conservative.

Keywords: hot environments, physiological effects, heat stress, occupational heat exposure

INTRODUCCIÓN

La carga térmica aparece cuando por interacción del ambiente, el vestuario y la actividad de una persona se produce una tendencia al incremento de la temperatura corporal. El sistema termorregulador del organismo

¹ Médico especialista de II grado en Medicina del Trabajo, Máster en Salud de los Trabajadores, Investigador Auxiliar, Profesor Auxiliar. Departamento de Fisiología, Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores, La Habana, Cuba

² Ingeniero industrial, Máster en Salud de los Trabajadores, Investigador Auxiliar y Profesor Instructor. Departamento de Riesgos Físicos, Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores, La Habana, Cuba

³ Médico especialista de I grado en Medicina General Integral. Centro Provincial de Higiene, Epidemiología y Microbiología de Camagüey, Camagüey, Cuba

Correspondencia:

MSc Eduardo Lázaro Caballero Poutou
Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores
Calzada de Bejuical km 7 ½, Apartado 9064, CP 10 900, Arroyo Naranjo, La Habana, Cuba
E-mail: ecaballero@infomed.sld.cu

responde consecuentemente entonces, aumentando la pérdida de calor¹. Esta respuesta puede ser enérgica y efectiva, pero también puede provocar tensión, lo cual conduce a disconfort y ocasionalmente a enfermedad por calor, y aun a la muerte.

Cuba se caracteriza por tener condiciones ambientales en las que predominan temperaturas y humedad relativa altas durante la mayor parte del año, y una corta temporada de suave invierno con temperaturas promedio más frescas y humedad variable; esto hace que la realización de trabajo moderado y pesado conlleve una elevada tensión fisiológica, aun cuando la aclimatación es un proceso prácticamente natural en sus habitantes. Dadas estas interferencias climáticas, la disipación del calor metabólico impone una considerable carga a los sistemas reguladores de la temperatura corporal y muy especialmente al sistema cardiovascular, de modo que un trabajo con demanda energética de 290 watt.hora puede suponer un compromiso grande de la reserva cardiaca, equivalente al necesario para una labor con exigencias metabólicas muy superiores. De ahí la importancia de los estudios de los ambientes calurosos para conservar la salud y seguridad de los trabajadores²⁻⁴. Dados los argumentos precedentes, esta investigación se propuso:

- 1) Identificar la relación de las respuestas o efectos fisiológicos con los factores ambientales microclimáticos, con la tarea (intensidad) o con ambos;
- 2) comparar las respuestas funcionales registradas en las etapas de invierno (2005) y verano (2006); e
- 3) introducir nuevos indicadores fisiológicos para la evaluación ergonómica de la intensidad y la carga de trabajo en la población trabajadora cubana expuesta a condiciones calurosas.

MATERIAL Y MÉTODO

Investigación con un diseño observacional transversal para el estudio de los efectos fisiológicos causados por exposición laboral a condiciones de calor en una muestra no probabilística integrada por 13 trabajadores sanos (seleccionados mediante examen médico) de una industria de tratamiento térmico y conformación de metales, todos del sexo masculino, que accedieron a colaborar voluntariamente como 'sujetos de estudio mediante firma del Acta de Consentimiento Informado'⁵.

Estudio de campo

El modelo de evaluación de las variables fisiológicas tuvo en cuenta criterios normalizativos e indicadores de tensión fisiológica obtenidos en investigaciones realizadas en población cubana, considerándose además los criterios recomendados por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), la Inter-

national Organization of Standardization (ISO), investigaciones y normas cubanas^{1,4,6-13}. El análisis de los resultados se refiere a los registros fisiológicos obtenidos de cada sujeto evaluado durante una jornada de trabajo en el invierno y otra en el verano.

• Valores de referencia de las variables fisiológicas

A cada sujeto de estudio se le registraron al inicio de la jornada laboral, en su puesto de trabajo y en postura bípeda, por ser la predominante en su desempeño, la temperatura oral (t_{or}) sublingual^a y la frecuencia cardiaca de reposo (HR_0).

• Registro de la respuesta funcional durante el desempeño laboral

1. Temperatura interna (t_{cr}):

- Oral (t_{or}): se registraron los valores estimados obtenidos a los 60 s de medición a todos los sujetos en estudio, con termómetros clínicos digitales Terumo, modelo C402, con precisión de 0,1 °C cada 20 min. Se calcularon las temperaturas medias y máxima en la jornada.
- Timpánica (t_{ty}): se realizaron mediciones aleatorias como medida de control de calidad de los registros de temperatura oral, empleando un termómetro timpánico Thermo Scan Pro 3000, de la firma alemana Braun Welch Allyn, con precisión de 0,1 °C.

2. Frecuencia cardiaca (HR): medida cada 5 s utilizando el registrador de frecuencia cardiaca Polar, modelo S-810TM, para obtener HR media de la jornada; media de la frecuencia cardiaca pico (HR_{peak}) registrada durante periodos mayores de 4 min consecutivos, y el tiempo total con HR en los rangos <60, 60-80, 81-110, 111-120 y >120 latidos por minuto (bpm).

2.1 Índices relativos a la función cardiovascular: frecuencia cardiaca límite (HR_L), reserva cardiaca o costo cardiaco absoluto (RHR), costo cardiaco promedio (CC), costo cardiaco pico (CC_{peak}), costo cardiaco límite (CC_L), índice de costo cardiaco (ICC), índice de costo cardiaco pico (ICC_{peak}).

3. Pérdidas por sudoración (% peso perdido): se calculó empleando la siguiente expresión:

$$BM_{perdido} = [(BM_{inicial} + Ingresos) - (BM_{final} + Egresos)]$$

^a Se tuvieron en cuenta todos los procedimientos recomendados para este tipo de medición (Erickson, 1976).

El peso corporal (BM) se determinó al inicio ($BM_{inicial}$) y al final (BM_{final}) de la jornada laboral. Para las pesadas los sujetos de estudio vistieron solamente ropa interior. Se empleó una báscula clínica C.A.M., de industria argentina, con grado de precisión de 100 g.

Se controlaron los líquidos ingeridos y excretados en el periodo de tiempo utilizando copas graduadas Kartell (Italia) de 250 y 500 mL (20 °C), con precisión de 5 mL; los alimentos sólidos se pesaron con una báscula digital Ohaus S5000 con capacidad de pesaje de 5000 g y precisión de $\pm 2,0$ g.

4. Evaluación de la sensación térmica mediante la escala de juicio subjetiva de la norma ISO 10551: 1995¹⁵, aplicada por el investigador al sujeto estudiado, al inicio, a las 4 horas del inicio y al final de la jornada de trabajo del primer día de estudio^b.
5. Evaluación subjetiva de fatiga (PSF): se evaluó mediante el Cuestionario de Patrones Subjetivos de Fatiga (Yoshitake, 30 ítems), test autoadministrado para estudio de efectos negativos del trabajo que el investigador instruyó previamente a cada sujeto de estudio para su respuesta. Se aplicó al inicio y al final de la jornada de trabajo. El cuestionario (anexo 3) consta de 30 preguntas, las cuales se agrupan en 'síntomas generales de fatiga' (10 ítems), 'síntomas de fatiga mental' (10 ítems) y "síntomas de fatiga física" (10 ítems), caracterizados de la siguiente forma:

- Síntomas generales de fatiga: pesadez en la cabeza, cansancio en el cuerpo, torpeza, somnolencia y deseos de acostarse.
- Síntomas de fatiga mental: dificultad para pensar, nerviosismo, problemas de atención, ansiedad e intranquilidad.
- Síntomas de fatiga física: dolor de cabeza, dolores en el cuerpo y cansancio físico general.

Los síntomas fueron agrupados en tres patrones: 1) fatiga general (aburrimiento-monotonía), 2) fatiga mental (incapacidad para la concentración) y 3) fatiga física (proyección del deterioro).

El llenado de los cuestionarios fue supervisado por el responsable de la ejecución y solo se compararon los resultados de las encuestas pareadas (el par de inicio y final de jornada del sujeto encuestado), en las que los 30 ítems fueron respondidos en cada encuesta.

^b Las variables 6 y 7 solamente se registraron en los trabajadores metalúrgicos y en los constructores.

• Mediciones ambientales

Las variables temperatura del aire (t_a), temperatura de globo (t_g), temperatura húmeda natural (t_{nw}), velocidad del aire (v_a) y humedad relativa (RH), se registraron con el sistema portátil Testo 454. Se calculó el índice WBGT utilizando la ecuación para interiores o exteriores sin sol. Los valores o criterios de referencia utilizados del índice WBGT fueron los de la tabla 2 del anexo B de la norma EN ISO 27243:1995¹⁴.

• Procesamiento, análisis y evaluación de la información

Para la caracterización de la muestra y el procesamiento de los registros fisiológicos individuales y muestrales obtenidos en cada etapa (estaciones y horarios) del estudio, se calcularon: medidas de tendencia central y de dispersión, ANOVA, prueba *t* asumiendo varianzas separadas cuando los tests de Levene y Brown-Forsythe demostraron diferencias significativas de las varianzas para las variables continuas, y el Chi Cuadrado para las variables discretas. Para determinar la existencia de asociaciones entre las variables fisiológicas y ambientales y su dependencia estacional, se aplicó la correlación de Pearson. Los programas informáticos utilizados para el procesamiento matemático de los datos fueron SPSS 8.0 y Statistica 6 para Windows. Para el análisis de la frecuencia cardiaca se empleó el Polar Precision Performance v. 3.02, y para las variables ambientales el programa Comfort Software v. 2.50.

Trabajadores industriales (tratamiento y conformación de metales)

• Descripción de las características del trabajo y de las áreas de labor

Características del área de trabajo

- **Fundición:** Local de grandes dimensiones orientado de norte a sur, con elevado puntal de más de 6 m, amplias ventanas de material translúcido en las paredes laterales ubicadas al este y al oeste. En la pared este están ubicados varios ventiladores inyectores de aire. En el área existen diferentes máquinas del procesamiento industrial de las piezas fundidas, medios de transporte y elevación de carga (grúas). Existe un generador de electricidad que suministra energía al horno de fundición y que produce altos niveles de ruido. El horno está ubicado en una amplia plataforma de aproximadamente 1,5 m de alto, en la cual trabajan el fundidor y otro operario. En la plataforma, además del horno, se encuentran ubicados otros medios. El metal fundido (aluminio y metal ferroso)

se extrae volteándolo de la cazuela a un recipiente, y desde la plataforma se transporta manualmente hasta donde están ubicados los moldes de arena para realizar la colada. En esa zona existen montículos de arena para los moldes.

- **Objeto de trabajo:** Fabricación de piezas de diversas dimensiones.
- **Organización del trabajo:** horario de 8 am a 4 pm con pausa de media hora para el almuerzo. Debe cumplirse una norma de producción diaria per cápita; no obstante, se trabaja a un ritmo cómodo, con breves periodos de descanso no programados, en la propia área de trabajo. Aunque en el local todos los trabajadores se exponen al calor, el puesto de mayor exposición es el de hornero.
- **Vestuario de trabajo y equipos de protección personal:** Overol de algodón poliéster de mangas largas, casco de seguridad, delantal, guantes ignífugos y botas de seguridad.
- **Características de la labor:** Postura de trabajo predominantemente de pie, con cuclillas, flexiones de tronco frecuentes, manipulación y transporte manual

de carga a distancias de hasta 20 m en el caso de los moldeadores fundidores.

RESULTADOS

En la tabla 1 se presenta la caracterización de la muestra de los sujetos seleccionados para el estudio, en la cual destaca que se trata de sujetos jóvenes con una edad promedio de 31,7 años, experiencia laboral promedio de casi 10 años en las labores que desempeñan en ambientes térmicos calurosos, el índice de masa corporal promedio que corresponde a la categoría de normopeso; no obstante, hubo algunos individuos con índices de sobrepeso grado I^{16,17}. Los rangos, en reposo de las variables fisiológicas de estudio resultaron normales y compatibles con la edad y género de los sujetos de estudio, y se tomaron como valores de referencia para el estudio de campo.

En la tabla 2 se presentan los resultados de temperatura oral (t_{or}).

Tabla 1
Metalurgia: Caracterización de la muestra

Variable	Media	DE	Mínimo - máximo	Amplitud
Edad (años)	32,50	8,397	19,0 - 43,0	24,0
Antigüedad (años)	9,82	5,525	2,0 - 19,0	17,0
Masa corporal (kg)	64,79	8,581	55,5 - 86,5	31,0
Estatura (cm)	167,6	9,5	155,0 - 181,0	26,0
Índice de masa corporal (%)	23,28	2,60	19,4 - 27,9	8,5
Temperatura oral reposo (°C)	36,44	0,298	36,0 - 36,9	0,9
Frecuencia cardíaca reposo (bpm)	75,53	5,198	63,0 - 86,0	23,0
Frecuencia cardíaca máxima	188,12	5,231	181,6 - 197,5	15,9
Reserva cardíaca (RHR)	118,27	20,96	104,3 - 196,1	92,2

Tabla 2
Metalurgia: Temperatura oral según estación y horario

Variable	n	Media	DE	Mínima	Máxima
Invierno	210	37,01	0,324	36,0	37,6
Horario 1	73	37,06	0,331	36,0	37,6
Horario 2	137	36,99	0,318	36,0	37,4
Verano	221	37,13	0,380	35,7	38,0
Horario 1	77	37,01	0,421	35,7	37,9
Horario 2	144	37,19	0,342	36,0	38,0
Total	431	37,07	0,358	35,7	38,0

Las amplitudes de los registros de las t_{or} en invierno y verano fueron 36,0–37,6 °C y 36,0–38,0 °C, respectivamente, con incrementos promedios de 1,077 °C en el invierno

(DE 0,352; min 0,4 °C y máx 1,6 °C), y de 0,954 °C (DE 0,448; min 0,3 °C y máx 1,6 °C). En la estación de invierno 9 sujetos y 7 en el verano presentaron incrementos de la t_{or}

$\geq 1,0$ °C de sus registros de referencia, pero ninguno presentó manifestaciones de malestar físico; de ellos 5 tuvieron aumentos de t_{or} máximos de $\geq 1,5$ °C, dos en invierno y 3 en verano. Un trabajador tuvo temperatura oral media en el horario 2 de verano de 37,8 °C (min 37,7 °C y máx 38,0 °C), y un incremento de 1,5 °C durante la jornada, pero tampoco aquejó de molestias atribuibles al calor. Las t_{or} medias de invierno y verano de 7 casos tuvieron cambios

significativos ($p \geq 0,05$), de las cuales 3 fueron más altas en el invierno y 4 en el verano. También 4 casos presentaron incrementos de 1 °C o más en ambas estaciones, mientras que otros 7 tuvieron similar incremento solo en una de las estaciones (3 en invierno y 4 en verano).

En la tabla 3 pueden observarse las medias de la HR según estación ($t = -1,27076$; $p = 0,204256$) y horario ($t = 0,769085$; $p = 0,442115$).

Tabla 3
Metalurgia: Frecuencia cardiaca según estación y horario

Variable	n	Media	DE	Mínima	Máxima
Invierno	209	88,42	8,662	63	113
Horario 1	66	87,27	7,373	73	104
Horario 2	143	88,94	9,172	63	113
Verano	224	90,73	7,517	68	108
Horario 1	77	88,23	7,678	68	108
Horario 2	147	92,03	7,1153	74	108
Total	433	89,61	8,1630	63	110

Se registraron amplitudes de 63-113 bpm en invierno y de 68-108 bpm en el verano. En invierno 3 sujetos (65,5 %) tuvieron incrementos de más de 30 bpm con relación al valor de referencia. En cuanto a la distribución porcentual de la HR, predominan los registros de 90 a 110 bpm (43,54 % en el invierno y 58,04 % en el verano). En las frecuencias de más de 110 bpm solo hubo un 1,44 % en el invierno; en el verano ningún sujeto tuvo registros en dichas frecuencias.

Dos sujetos tuvieron HR_0 de 63 y 66 bpm con registros picos respectivos de 113 y 128 bpm en el horario 2 de invierno, que equivalen a compromisos en el rango del 50 a más del 70% del consumo de oxígeno máximo del adulto cubano (2,5 L/min)¹⁸, lo cual determinó que sus correspondientes $CC_{peaktask}$ fuesen de 50 y 62 bpm, o sea, superiores al CC_L (34 bpm) establecido como indicador de seguridad para trabajadores cubanos masculinos. En verano los $CC_{peaktask}$ más altos fueron de 28 latidos y se observaron en 2 casos. El CC_{ave} fue de 32,7 bpm.

La tabla 4 muestra los resultados de las pruebas t de las medias de los indicadores de carga cardiovascular. Puede observarse que no hubo diferencias de significación estadística en la respuesta funcional atribuibles a las estaciones de invierno y verano; la tabla 5, por su parte, ofrece una caracterización general de la carga cardiovascular promedio para los trabajos estudiados.

En la tabla 6 (patrones subjetivos de fatiga (Yoshitake, 30 ítems) se muestra que el 80,0 % de los sujetos en invierno iniciaron la jornada laboral sin síntomas de fatiga, y al concluir la jornada el 100 % registró en patrones de fatiga general y fatiga física. A diferencia, en el verano todos los sujetos manifestaron síntomas al inicio de la jornada laboral, y a su término se observó que el 15 % de los casos registrados en el patrón de fatiga física, había estado incluido al inicio en el patrón de fatiga general, y el resto en el propio patrón de fatiga física.

Tabla 4
Metalurgia: Diferencias estacionales de la carga cardiovascular

Variable	Diferencia media	t	Sig. 2-colas	gl	IC 95 % de la diferencia de medias	
					Inferior	Superior
HR_{ave}	-1,4608	-0,720	0,478	24	-5,645	2,724
HR_{peak}	0,6154	0,196	0,847	24	-5,876	7,107
$CC_{avetask}$	-1,4608	-0,529	0,601	24	-7,156	4,234
$CC_{peaktask}$	1,15385	0,291	0,774	24	-7,039	9,347
ICC	-1,2300	-0,550	0,588	24	-5,848	3,388
$ICC_{peaktask}$	0,9815	0,309	0,760	24	-5,578	7,541

Tabla 5
Metalurgia: Caracterización de la carga cardiovascular media

Indicador	N	Media	DE	Mínimo	Máximo
HR _{ave}	26	90,10	5,1199	80,92	100,13
HR _{peak}	26	101,92	7,8639	88,00	128,00
CC _{avetask}	26	18,71	6,9339	7,06	34,13
CC _{peaktask}	26	30,27	9,9349	17,00	62,00
ICC	26	15,85	5,624	6,79	28,21
ICC _{peaktask}	26	25,66	7,955	14,17	51,24

Tabla 6
Metalurgia: Patrones subjetivos de fatiga

Síntomas	Inicio		Final	
	Invierno	Verano	Invierno	Verano
Sin síntomas	12	0	11	0
%	80,0	0,0	73,33	0,0
Fatiga general	2	2	3	4
%	13,33	15,38	20,0	30,77
Fatiga mental	1	0	1	0
%	6,67	0,0	6,67	0,0
Fatiga física	0	11	0	9
%	0,0	84,62	0,0	69,23
n	15	13	15	13

La tabla 7 presenta los resultados de la aplicación de la escala de juicio subjetiva de calor. La mayoría de los sujetos iniciaron la jornada de trabajo, 88,9 % de los sujetos en el invierno y el 100 % en el verano, con sensación térmica de calor (valor 1 en la escala), para disminuir los casos de esta categoría en horas del mediodía

a 11 % en el invierno. En la encuesta del mediodía predominó la categoría de mucho calor (valor 2 en la escala), tanto en invierno como en verano, y al final de la jornada, en ambas estaciones, el 100 % de los sujetos respondió sentir mucho calor.

Tabla 7
Metalurgia: Sensación de calor

Jornada laboral	Inicio		Mediodía		Final	
	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano
Normal	0	0	0	0	0	0
%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Calor	16	13	2	0	0	0
%	88,9	81,3	11,1	0,0	0,0	0,0
Mucho Calor	2	3	16	16	18	16
%	11,1	18,7	88,9	100,0	100,0	100,0
n	18	16	18	16	18	16

La tabla 8 muestra las correlaciones significativas obtenidas entre las variables fisiológicas, psicofísicas y ambientales. Se obtuvieron, para el invierno, correlaciones significativas de la t_{or} con las variables t_g , t_a y el

índice WBGT en el invierno, mientras que en el verano hubo correlaciones significativas de esa variable fisiológica solo con la t_{nw} y el índice WBGT. En general, la t_{or} correlacionó con todas las variables ambientales, excep-

to la RH y con la HR.

Por otro lado, se obtuvieron correlaciones de significación estadística de la HR con la v_a en el verano y los patrones de fatiga. En la caracterización general de la HR se observó una relación significativa ($p = 0,018$) con la t_a .

DISCUSIÓN

Las medias estacionales de la t_{or} resultaron estadísticamente diferentes ($t = -3,59291$; $gl = 417$; $p = 0,000$), siendo más alta la del verano. También fue significativamente mayor la t_{or} media del horario 2 de esa misma estación ($t = -4,16434$; $gl = 283$; $p = 0,000$) respecto a la del invierno, y la t_{or} media del horario 2 versus horario 1 ($t = -2,79064$; $gl = 417$; $p = 0,005$); los resultados en los

horarios 1 de invierno y de verano no fueron significativamente diferentes. Estos comportamientos de la t_{or} en el verano y en los horarios 2, son atribuibles al predominio de condiciones microclimáticas más desfavorables en dicha estación, que con el calentamiento que ocurre generalmente en horas del mediodía, hacen más ineficaz la disipación del calor corporal y propicia con ello un incremento de la temperatura interna del cuerpo^{2,3,8,19}, puesto que, para ambas estaciones, podrían considerarse constantes el efecto funcional ocasionado por las fuentes de calor de las instalaciones y por las características de la labor.

La variable fisiológica t_{or} es una de gran estabilidad y sus variaciones se dan en un rango muy estrecho; en este estudio se ha podido observar que cómo mínimos cambios resultan estadísticamente significativos.

Tabla 8
Metalurgia: Correlaciones entre variables funcionales y ambientales

Variable	t_g	t_{nw}	v_a	t_a	RH	WBGT	
Invierno							
t_{or}	r	0,200**	0,054	-0,085	0,194**	-0,204**	0,163*
	p	0,007	0,470	0,255	0,008	0,007	0,027
	n	183	183	181	183	172	183
HR	r	0,077	0,074	-0,011	0,066	-0,012	0,090
	p	0,289	0,304	0,875	0,360	0,876	0,212
	n	193	193	190	193	182	193
Verano							
t_{or}	r	0,076	0,184**	0,069	0,066	0,095	0,176*
	p	0,286	0,009	0,335	0,350	0,179	0,013
	n	200	200	200	200	200	200
HR	r	0,024	-0,159*	0,280**	0,057	-0,166*	-0,134
	p	0,731	0,024	0,000	0,420	0,018	0,057
	n	203	203	203	203	203	203
Caracterización general							
t_{or}	r	0,194**	0,242**	-0,105*	0,226**	-0,013	0,258**
	p	0,000	0,000	0,040	0,000	0,807	0,000
	n	383	383	381	383	372	383
HR	r	0,090	0,088	0,017	0,119*	-0,084	0,069
	p	0,075	0,079	0,730	0,017	0,099	0,169
	n	396	396	393	396	385	396

** Correlación significativa al nivel de 0,01 (2-colas)

* Correlación significativa al nivel de 0,05 (2-colas)

Los incrementos individuales de 1 °C o más y de temperaturas de hasta 38 °C fueron bien tolerados. Esto puede guardar relación con la aclimatación de los sujetos expuestos, el nivel de entrenamiento y la antigüedad en el desempeño de la ocupación en tales condiciones; por otra parte, aun cuando ninguno de los sujetos ha tenido antecedentes de eventos negativos producto de la

exposición al calor, está bien documentado que tales incrementos pueden ser perniciosos, principalmente cuando las necesidades de producción o del servicio demandan un mayor tiempo de exposición o el aumento de la intensidad de la actividad¹⁹. La extensión de la jornada laboral en campañas con duración de más allá de las 8 horas habituales, incrementa el riesgo de deterioro

funcional y sus consecuencias pueden ser imprevisibles.^{1,6,20-24} La situación comentada anteriormente no puede verse aislada de otros resultados obtenidos en esta investigación, v.g. la escala de sensación de calor, el cuestionario de síntomas de fatiga y el índice WBGT. Este último superó en reiteradas ocasiones los límites recomendados como seguros^{1,9,25,27} para el trabajo moderado, continuo, de personas aclimatadas al calor. Solamente un sujeto alcanzó temperaturas superiores a 38,0 °C.

Los Indicadores de carga cardiovascular muestran un compromiso promedio de la RHR que corresponde a una actividad laboral moderada desde el punto de vista cardiovascular, lo que concuerda con la clasificación para estas ocupaciones desde el punto de vista energético (ver en el anexo 3). Los ICC_{peak} registrados equivalen a la carga cardiovascular de un trabajo pesado para un trabajador cubano masculino promedio (VO₂ = 2,5L/min), o sea, un compromiso de la capacidad de trabajo físico entre 33 y 46 %. Los registros de HR_{peak} obtenidos de algunos sujetos revelan compromisos puntuales que pueden haber estado en el rango del 50 a más del 70% del consumo de oxígeno máximo, si bien la dificultad de no poder lograr un registro continuo constituyó una seria limitante para una más conveniente interpretación de la carga cardiovascular. Las HR_{peak} nunca alcanzaron duraciones de f4 o más minutos²⁵. Las HR_{ave} de los horarios 1 y 2 de ambas estaciones fueron significativamente diferentes, y también lo fueron las medias estacionales de la variable, confirmándose de este modo una mayor carga funcional en el verano. Estos resultados confirman el criterio de que los cambios ambientales del verano ocasionarían respuestas funcionales estadísticamente diferentes a las del invierno, con independencia del probable efecto protector que se le atribuye al proceso de aclimatación de los sujetos expuestos, y muy especialmente, para los oriundos de países cuyas condiciones ambientales han sido reseñadas por diversos autores como adversas para el desempeño continuo de actividades con exigencias metabólicas moderadas y pesadas^{1,3,8,25-27,29-33}.

La HR y la t_{or} correlacionaron débil, aunque muy significativamente (r² = 0,088; p = 0,000), coincidiendo con los resultados reportados por varios autores, quienes han señalado a la HR como 'indicador de la carga funcional' en las situaciones de exposición a estrés térmico por calor^{25,28-30,32}.

Los resultados del cuestionario de patrones subjetivos de fatiga de Yoshitake mostraron un hecho curioso: el 100 % de los sujetos de estudio, tanto al inicio como al final de la jornada en el verano, clasificó en los patrones de fatiga general y física; en el invierno solo un 13 % al inicio de la jornada y 20 % al final. Según Meilien et al³², el trabajador en ambientes calurosos experimenta una tendencia subjetiva a la fatiga y sus síntomas se incrementan en relación directa con los niveles de exposición al calor.

En cuanto a las evaluaciones psicofísicas de la exposición a través de la percepción subjetiva del calor, aunque no se registran diferencias significativas entre las respuestas obtenidas para caracterizar una estación (VCramer = 0,83; p= 0,764) o un horario respecto de los otros (VCramer = 0,040; p= 0,838), resulta evidente que los trabajadores manifiestan en la encuesta una importante percepción de calor que desde el punto de vista funcional condiciona el nivel de desempeño, generando reservas de productividad como mecanismo de defensa del organismo ante las condiciones de estrés térmico y que pasan gradualmente por disminución de la actividad física y la fatiga producto de la actividad neurovegetativa para prevenir el agotamiento, la disminución de la actividad perceptual y motora y otros eventos negativos que pueden aparecer como consecuencias de las condiciones del ambiente térmico. Este resultado ofrece particular importancia desde el punto de vista ergonómico, ya que junto al resto de las variables evaluadas, fisiológicas y subjetivas, que en algunos casos superaron los límites recomendados en ambas estaciones, pero predominantemente en el verano, con periodos de tiempo e intensidad variables, pero que sin lugar a dudas constituyen riesgos potenciales para su salud y su seguridad. Esta escala proporciona información útil para regular las demandas de los trabajos que se ejecuten en condiciones similares, puesto que se refiere al estado de insatisfacción térmica que, en este caso, aumentó paralelamente al cambio de las condiciones microclimáticas cada vez más desfavorables en el transcurso de la jornada y que estuvieron dadas por aumento de las t_g, t_{nw} y t_a, disminución de la RH, escasa o nula v_a y aumento del índice WBGT.

Dentro de los elementos resultantes del estudio, los más significativos fueron los siguientes:

1. La temperatura oral y la frecuencia cardíaca presentaron variaciones relacionadas con la carga térmica estacional y el horario.
2. Se obtuvieron respuestas funcionales de significación estadística en la comparación estacional y horaria de las variables fisiológicas.
3. El cuestionario de patrones subjetivos de fatiga aportó resultados de interés a los efectos de la discriminación de efectos relacionados con el trabajo y con las condiciones del ambiente térmico.
4. La escala de juicio subjetivo de calor resultó un buen indicador para la caracterización del ambiente térmico.
5. Las variables ambientales, excepto la RH, variaron significativamente según la estación y el horario.
6. Las variables ambientales tuvieron incrementos de significación estadística en el verano con relación al invierno y en el horario 2 con respecto al horario 1 en ambas.
7. La temperatura oral se relacionó significativamente con la frecuencia cardíaca y con todas las variables

ambientales, excepto con la humedad relativa. La frecuencia cardíaca solo obtuvo relación con la temperatura del aire.

8. Los indicadores de carga cardiovascular empleados en esta investigación permitieron caracterizar la carga física promedio del trabajo como de intensidad moderada, con momentos de carga pico de trabajo pesado a muy pesado.
9. Los indicadores de carga cardiovascular permitieron la caracterización de la carga general e individual. Estos resultados evidencian que tales indicadores podrían tener aplicación para el desarrollo de programas preventivos y de entrenamiento en salud de los trabajadores, así como de la normalización en el campo de la ergonomía.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Conference of Governmental Industrial Hygienists: Heat Stress and Strain: Documentation of TLV[®]s and BEI[®]s. 6th ed. 2000 Supplement. Cincinnati, OH: ACGIH[®]; 1991.
2. Guyton A, Hall R. Tratado de fisiología médica. 10ma Ed. México: Mc Graw Hill Interamericana; 2001. p. 993.
3. Astrand PO, Rodahl K. Fisiología del ejercicio físico. 3^a ed. México: Mc Graw Hill Interamericana; 1992.
4. Ob. cit. 2 p. 998.
5. Ob. cit. 3 p. 462-4.
6. Brake DJ, Bates GP. Fatigue in industrial workers under thermal stress extended shift lengths. *Occup Med.* 2001;51:456-63.
7. Brown WJ, Jones PR. The distribution of body fat in relation of physical activity. *Ann Hum Biol.* 1977;4:537-50.
8. Minard D. Physiological strain in steelworkers in relation to a proposed standard for occupational heat exposure. In: Horvath SM, Jensen RC, eds. *Proceedings of Symposium: Standards for occupational exposures to hot environments.* Cincinnati, OH: NIOSH; 1973. p 7-8.
9. Vogt JJ, Heat and cold. In: Stellman JM, ed. *Encyclopaedia of occupational health and safety.* Geneva: International Labour Organization; 1998. Ch. 42.
10. Coutts A, Reaburn P, Mummery K. The effect of glycerol hyperhydration on olympic distance triathlon performance in high thermal stress. In: Lau WM, ed. *Proceedings of the International Conference on Physiological and Cognitive Performance in Extremes Environments.* Canberra: Defence Scientific and Technology Organisation, Australian Department of Defence; 2000; p. 24-7.
11. Donoghue AM, Sinclair MJ, Bates GP. Heat exhaustion in deep, underground, metalliferous mine. *Occup Environ Med.* 2000;57:165-74.
12. Ramsey JD, Beshir MY. Thermal standards and measurements techniques. In: Di Nardi SR, ed. *The occupational environments.* Fairfax, VA: American Industrial Hygiene Association; 1997.
13. Hygge S. Heat and performance. In: Smith AP, Jones DM, eds. *Handbook of human performance v. 1. The physical environment.* San Diego, CA: Academic Press; 1992. p 79-104.
14. Organización Internacional de Normalización. *Ergonomía. Estimación del estrés térmico en el ambiente de trabajo basada en el índice WBGT.* ISO 27243:1995. Ginebra: Organización Internacional de Normalización.
15. International Organization for Standardization *Ergonomics of the thermal environment - Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales.* ISO 10551:1995 Geneva: International Organization for Standardization.
16. Royal College of Physicians. *Obesity.* *J Roy Col Phys of Lon.* 1983;17(1):1-58.
17. Comité de Expertos de la OMS. *Clasificación del índice de masa corporal (IMC).* Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
18. Manero R. *Indicadores prácticos para la evaluación de la capacidad física de trabajo [Tesis doctoral].* La Habana: Academia de Ciencias de Cuba; 1985.
19. Parsons KC. *International standards for the assessment of the risk of thermal strain on clothed workers in hot environments.* *Ann Occup Hyg.* 1999;43(5):297-308.
20. Suárez R, Baqués R, Suárez R. *Evaluación de estrés térmico en una empresa textil.* *Revista Cubana de Salud y Trabajo.* 2004;5(1):20-5.
21. González N, Caballero EL. *Propuesta de indicadores para modificar la norma cubana NC (SNPHT) 19-00-03:1985. Carga e intensidad de trabajo. Criterios de evaluación [Tesis de maestría].* La Habana: INSAT; 2000.
22. World Health Organization. *Health factors involved in working under conditions of heat stress.* Technical Report series N° 412. Geneva: WHO; 1969.
23. Brake DJ, Bates GP. Limiting metabolic rate (thermal work Limit) as an index of thermal stress. *App Occup Environ Hyg.* 2002;17(3):176-86.
24. Brake DJ, Bates GP. Deep body core temperatures in industrial workers under thermal stress. *J Occup Environ Med.* 2002;44(2):125-35.
25. Comité Estatal de Normalización. *Norma cubana NC (SNPHT) 19-00-03:1985. Carga e intensidad de trabajo. Criterios de evaluación.* La Habana: CEN; 1985.
26. National Institute for Occupational Safety and Health. *Criteria for a recommended standard: Occupational exposure to hot environments.* *Rev.*

- DHHS (NIOSH) Publication N° 86-113. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, Washington DC: NIOSH; 1986.
27. UNE-EN ISO 9886:2002. Evaluación de la sobrecarga térmica mediante mediciones fisiológicas.
 28. Normalización. Ergonomía del ambiente térmico. Vigilancia médica de las personas expuestas a ambientes cálidos o fríos extremos. ISO 12894:2001. Ginebra: Organización Internacional de Normalización. Anexo A.
 29. Pommerenck C, Mourlot D, Valdivieso, J. Criterios fisiológicos para la normalización del trabajo en sobrecarga térmica: II. Trabajo ligero. *Rev Cub Hig Epid.* 1984;22(1):13-26.
 30. Pommerenck C et al. Problema Principal de Estudio PPE N° 030. Quinquenio 1976-1980. El microclima y su relación con la salud y la productividad del trabajador de la industria azucarera. Informe final. La Habana: Instituto de Medicina del Trabajo; 1980 (no publicado).
 31. Manero R, Wong C, Suárez A. Respuestas fisiológicas en el proceso de aclimatación al calor. *Rev Cub Hig Epid.* 1986;24(2):173-8.
 32. Sawka MN, Wenger CB, Pandolf KB. Thermoregulatory responses to acute exercise-heat stress and heat acclimation. In: Fregly MJ, Blatteis CM, eds. *Handbook of physiology. Section 4. Environmental physiology.* v. 1. New York/Oxford: Oxford University Press; 1996. p. 157.
 33. Mei-Lien Chen, Chiu-Jun Chen, Wen-Yu Yeh et al. Heat stress evaluation and worker fatigue in a steel plant. *AIHA Journal.* 2003;64:352-59.

Recibido: 7 de junio de 2010

Aprobado: 9 de abril de 2011