

## EFECTOS FISIOLÓGICOS POR EXPOSICIÓN LABORAL A AMBIENTES CALUROSOS EN TRABAJADORES DE LA CONSTRUCCIÓN

## PHYSIOLOGICAL EFFECTS BY HEAT EXPOSURE IN BUILDING RESTORE WORKERS

Eduardo Lázaro Caballero Poutou <sup>1</sup>

Rugiere Suárez Cabrera <sup>2</sup>

Jesús Silvio Batle Munzuró <sup>3</sup>

### RESUMEN

**Introducción:** El estrés térmico por calor se produce cuando el entorno de una persona, su ropa y su actividad interactúan para producir una tendencia a que la temperatura corporal aumente. La respuesta termorreguladora del organismo puede ser enérgica y efectiva, pero puede provocar también tensión funcional conducente a incomodidad, fatiga, agotamiento, enfermedad por calor y aun a la muerte. De ahí la importancia de los estudios de los ambientes calurosos para conservar la salud y la seguridad de los trabajadores. **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; y contribuir a la introducción de nuevos indicadores para evaluar carga e intensidad de trabajo con fines de normalización ergonómica. **Método:** Investigación transversal en una muestra no probabilística de 29 constructores, evaluados en invierno y verano. Se registran las variables fisiológicas temperatura oral ( $t_{or}$ ) y frecuencia cardíaca (HR) cada 20 minutos, coincidentemente con las variables climáticas ambientales. Se evalúan también las variables subjetivas de sensación térmica al inicio, a las 4 horas de trabajo y al final de la jornada, y síntomas de fatiga al inicio y final de la jornada. Se calculan medidas de tendencia central y dispersión, ANOVA y prueba t para las variables continuas; Chi cuadrado para las discretas; y la correlación de Spearman para identificar asociaciones empleando los programas SPSS v.15.0 y Statistica 6.5. El nivel de significación estadística es de  $p < 0,05$ . **Resultados:** La  $t_{or}$  y la HR aumentaron en correspondencia con los cambios térmicos ambientales y la intensificación del trabajo. Las diferencias de medias invierno versus verano de la  $t_{or}$  y de la HR no fueron estadísticamente significativas, aun cuando hubo aumentos significativos de las variables ambientales en verano. La  $t_{or}$  correlacionó con todas las variables, excepto con la velocidad del aire en invierno. El trabajo clasifica como moderado, con tareas pesadas y muy pesadas de corta duración. Los criterios de referencia e indicadores propuestos para evaluar la carga funcional durante el trabajo resultan válidos y seguros para trabajadores cubanos, masculinos, expuestos laboralmente a condiciones de calor.

**Palabras clave:** ambientes calurosos, efectos fisiológicos, estrés térmico, exposición laboral a calor, criterios de referencia, carga de trabajo físico, indicadores fisiológicos

### ABSTRACT

**Background:** Physical work-load, garment and/or environmental climate interactions had mainly been cause of heat stress. Because of heat stress the thermoregulatory responses of the body would be energetic and effective, but the generated functional strain would produce discomfort, fatigue, exhaustion, stroke or death. The Cuban climate is characterized by high temperatures and humidity along the year; just there the importance to follow a line of investigation. **Objectives:** 1) to identify the relationship between physiological effects and both the work 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 the work intensity and work-load. **Method:** Non probabilistic sample was integrated by 29 selected builders who were assessed in winter and summer. Heart rate, oral temperature and climate variables were simultaneously registered each 20 minutes along the working day. Also both fatigue and thermal sense were respectively assessed with Yoshitake's questionnaire and ISO Subjective Scale. The statistical was processed with SPSS v15.0 and Statistica v6.5. Statistical significance  $p < 0,05$ . **Results:** Oral temperature and heart rate were increased at noon when it was registered the higher climate changes and work-load. Oral temperature in winter was inferior  $0,02^{\circ}\text{C}$  than it was in summer but there were not statistical differences. There were Oral temperature correlations ( $p=0,01$ ) with globe, natural wet and air temperatures and WBGT Index in Winter but only with air velocity ( $p=0,05$ ) in Summer with any variable. all variables except air velocity. Heart rates were modified a lot in winter and summer but there were not differences related seasons ( $p= 0,05$ ). Work classified like moderate with brief heavy activities. Criteria and indices proposed to assess work load had been safety and conservative.

**Key words:** hot environments, physiological effects, heat stress, heat work exposition, physiological criteria of work-load

### INTRODUCCIÓN

El estrés térmico por calor se produce cuando el entorno de una persona (temperatura del aire, temperatura radiante, humedad y velocidad del aire), su ropa y

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

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

<sup>3</sup> Ingeniero industrial, Especialista en Seguridad y Salud en el Trabajo. Oficina del Historiador de la Ciudad de La Habana, La Habana, Cuba

#### Correspondencia:

Eduardo Lázaro Caballero Poutou  
Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores  
Calzada de Bejucal km 7 1/2, apartado 9064, CP10 900, Arroyo Naranjo, Ciudad de La Habana, Cuba  
E-mail: [ecaballero@infomed.sld.cu](mailto:ecaballero@infomed.sld.cu)

su actividad interactúan para producir una tendencia a que la temperatura corporal aumente. El sistema termorregulador del organismo responde consecuentemente entonces, aumentando la pérdida de calor. Esta respuesta puede ser enérgica y efectiva, pero también puede provocar tensión, lo cual conduce a incomodidad, fatiga, agotamiento, ocasionalmente a enfermedad por calor y aun a la muerte. De ahí la importancia de los estudios de los ambientes calurosos para conservar la salud y la seguridad de los trabajadores<sup>1-3</sup>.

En Cuba predominan durante la mayor parte del año las altas temperaturas y humedad relativa, con una corta temporada de suave invierno, caracterizada por temperaturas promedio más frescas y humedad variable, por lo que la realización de trabajo moderado y pesado conlleva una elevada tensión fisiológica. Aun cuando la aclimatación en tales condiciones es un proceso prácticamente natural en sus habitantes, el trabajo físico, unido a las peculiaridades del ambiente laboral donde se desarrolla, impone una considerable carga a los sistemas reguladores de la temperatura corporal y muy especialmente al sistema cardiovascular, que puede ser perjudicial para el desempeño productivo seguro y la salud del trabajador. De modo que un trabajo con demanda energética de 290 watt/h puede suponer un compromiso grande de la reserva cardíaca, 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 trabajadores<sup>4-7</sup>. Dados los argumentos precedentes, esta investigación se propuso con el objeto de: 1) identificar la relación de las respuestas o efectos fisiológicos con los factores ambientales microclimáticos, con la tarea (intensidad) o ambos; 2) comparar las respuestas funcionales registradas en las etapas de invierno (2006) y verano (2007); y 3) contribuir a la validación de indicadores fisiológicos para la normalización ergonómica de la intensidad y la carga de trabajo en la población trabajadora cubana expuesta a condiciones calurosas.

## **MATERIAL Y MÉTODO**

Se trata de una 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 en el invierno por 29 trabajadores sanos (seleccionados mediante examen médico) del sexo masculino que laboraban en una empresa de la construcción de la ciudad de La Habana; 20 de ellos fueron evaluados nuevamente en el verano siguiente. Todos accedieron a colaborar voluntariamente como "sujetos de estudio" mediante la firma del acta de consentimiento informado correspondiente<sup>8</sup>.

### **Estudio de campo**

El modelo de evaluación de las variables fisiológicas tuvo en cuenta criterios normalizativos e indicado-

res de tensión fisiológica obtenidos por investigadores e instituciones extranjeras e investigaciones y normas cubanas.<sup>1,5-22</sup>. El análisis de los resultados se refiere a los registros fisiológicos obtenidos de los sujetos evaluados durante jornadas de trabajo en el invierno y en el verano.

### **• Valores de referencia de las variables fisiológicas**

A cada sujeto de estudio se le registraron, previo al inicio de la jornada laboral, en sus puestos de trabajo y en postura bípeda, por ser la predominante en su desempeño, la temperatura oral ( $t_{or}$ ) sublingual y la frecuencia cardíaca de reposo ( $HR_0$ )<sup>23,24</sup>.

### **• 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 segundos de medición a todos los sujetos en estudio con termómetros clínicos digitales Terumo, modelo C402, con precisión de 0,1°C cada 20 minutos. 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 cardíaca (HR): medida cada 20 minutos utilizando un registrador de frecuencia cardíaca polar modelo S-810<sup>TM</sup>. Se calcularon las HR medias de la jornada; las medias de las $HR_{peak}$ registradas y la distribución porcentual, en la jornada, de la 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 cardíaca límite ( $HR_L$ ), reserva cardíaca o costo cardíaco absoluto (RHR), costo cardíaco promedio (CC), costo cardíaco pico ( $CC_{peak}$ ), costo cardíaco límite ( $CC_L$ ), índice de costo cardíaco (ICC) e índice de costo cardíaco pico ( $ICC_{peak}$ ).

### **• Evaluación subjetiva del ambiente térmico y su efecto durante el desempeño**

1. Evaluación de la sensación térmica mediante la Escala de Juicio Subjetiva de la Norma ISO 10551:1995<sup>25</sup>, 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.
2. Evaluación subjetiva de fatiga (PSF): mediante el test autoadministrado para estudio de efectos negativos del trabajo "Cuestionario de Patrones Subjetivos de Fatiga" (Yoshitake, 30 ítems), que

fue respondido al inicio y final de la jornada de trabajo.

#### • Mediciones ambientales

Para las mediciones ambientales se cumplieron las recomendaciones establecidas para su registro. 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 un sistema portátil Testo 454<sup>26-31</sup>. 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 77243:1995<sup>32</sup>.

#### • 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 el SPSS 15.0 y el 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.

## RESULTADOS

La tabla 1 presenta la caracterización de la muestra de trabajadores seleccionados. Se trata de personas con edad promedio de 35 años y experiencia laboral promedio de casi 7 años en la labor que desempeñan. Los rangos de las variables fisiológicas de estudio en reposo están dentro de los límites normales para la edad y género de los sujetos. Estas mediciones se tomaron como valores de referencia para el estudio de campo.

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

**Tabla 1**  
Caracterización antropométrica y funcional de la muestra

| Variable                             | Media  | DE     | Mínimo - máximo | Amplitud |
|--------------------------------------|--------|--------|-----------------|----------|
| Edad (años)                          | 35,0   | 8,214  | 21,0-50,0       | 29,0     |
| Antigüedad (años)                    | 6,84   | 6,586  | 1,0-24,0        | 23,0     |
| Masa corporal (kg)                   | 72,38  | 11,962 | 52,1-94,30      | 42,2     |
| Estatura (cm)                        | 171,30 | 9,100  | 152,0-199,8     | 47,8     |
| Índice de masa corporal (%)          | 24,62  | 3,511  | 19,14-29,24     | 10,1     |
| Temperatura oral en reposo (°C)      | 36,91  | 0,259  | 36,2-37,3       | 1,1      |
| Frecuencia cardiaca en reposo (bpm)  | 79,52  | 8,331  | 64,0-108,0      | 44,0     |
| Frecuencia cardiaca máxima           | 186,92 | 5,419  | 177,0-196,14    | 19,1     |
| Reserva cardiaca (RHR o $CC_{max}$ ) | 107,41 | 8,521  | 84,2-131,5      | 47,3     |

**Tabla 2**  
Temperatura oral según estación y horario

| Variable  | Media | IC 95%      | n   | DE    | Mínimo | Máximo | Mediana |
|-----------|-------|-------------|-----|-------|--------|--------|---------|
| Invierno  | 36,99 | 36,95-37,02 | 369 | 0,285 | 36,0   | 38,1   | 37,0    |
| Horario 1 | 36,88 | 36,90-37,00 | 86  | 0,300 | 36,2   | 38,1   | 36,9    |
| Horario 2 | 37,02 | 37,03-37,21 | 283 | 0,296 | 36,0   | 37,8   | 37,0    |
| Verano    | 37,01 | 36,81-37,66 | 299 | 0,261 | 36,2   | 37,9   | 37,0    |
| Horario 1 | 37,03 | 37,05-37,13 | 75  | 0,263 | 36,3   | 37,7   | 37,1    |
| Horario 2 | 37,02 | 37,07-37,16 | 224 | 0,262 | 36,2   | 37,9   | 37,0    |
| Total     | 37,00 | 36,92-37,29 | 668 | 0,295 | 36,0   | 38,1   | 37,0    |

Las amplitudes de los registros de las  $t_{or}$  en invierno y verano fueron de 36,0-37,8 y 36,2-37,9°C, respectivamente, con incrementos promedios de 0,686°C

en el invierno (DE = 0,256; min 0,3 – máx 1,4°C), y de 0,64°C (DE = 0,290; min 0,3 – máx 1,4°C) el incremento promedio. En la estación de invierno 4 suje-

tos y 3 en el verano presentaron incrementos de la  $t_{or} \geq 1,0^{\circ}\text{C}$  de sus registros de referencia, pero sin manifestar síntomas de malestar físico; de ellos 2 tuvieron aumentos de  $t_{or}$  máximos de  $1,4^{\circ}\text{C}$ , uno en cada esta-

ción. Ningún trabajador tuvo temperaturas orales de  $38^{\circ}\text{C}$  ó más ni aquejó de molestias atribuibles al calor.

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

**Tabla 3**  
Frecuencia cardíaca según estación y horario

| Variable  | Media | IC 5%-95%   | n   | DE     | Mínimo | Máximo | Mediana |
|-----------|-------|-------------|-----|--------|--------|--------|---------|
| Invierno  | 92,21 | 90,69–93,72 | 370 | 14,831 | 62,0   | 156,0  | 91,00   |
| Horario 1 | 88,76 | 85,38–90,30 | 98  | 15,378 | 62,0   | 138,0  | 87,50   |
| Horario 2 | 93,45 | 88,42–96,73 | 272 | 14,456 | 63,0   | 156,0  | 91,50   |
| Verano    | 91,31 | 89,59–93,04 | 299 | 15,081 | 56,0   | 160,0  | 90,00   |
| Horario 1 | 92,03 | 90,68–93,33 | 75  | 15,611 | 65,0   | 158,0  | 91,00   |
| Horario 2 | 91,08 | 89,13–94,42 | 224 | 14,928 | 56,0   | 160,0  | 90,00   |
| Total     | 91,81 | 90,67–92,94 | 669 | 14,939 | 56,0   | 160,0  | 91,00   |

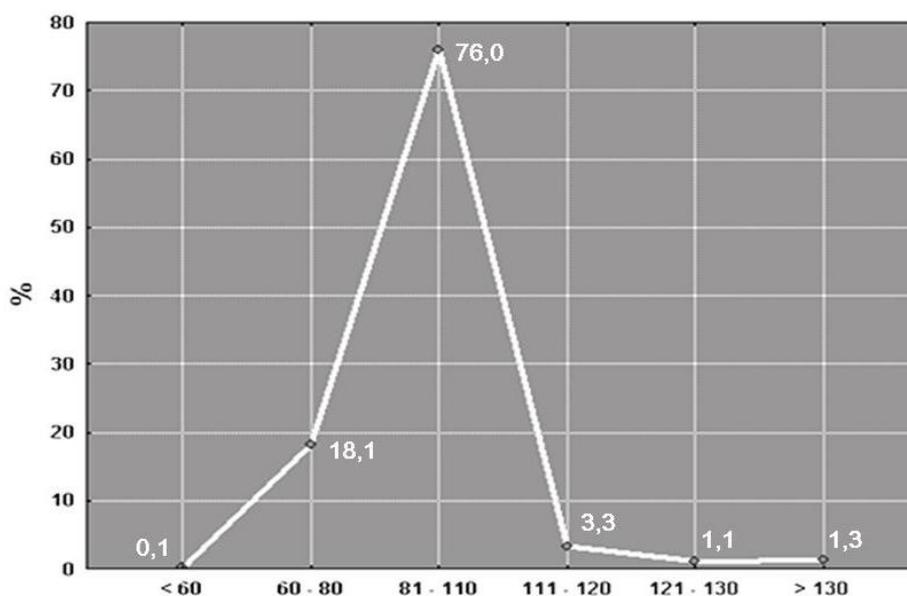
Se registraron amplitudes de 62 – 156 bpm en invierno y de 56 – 160 bpm en el verano. En invierno 19 sujetos (65,5%) tuvieron incrementos de más de 30 bpm con relación al valor de referencia, de los cuales 16 (55,17%) registraron HR de más de 110 bpm, 8 en el intervalo de 110 a 130 bpm y 8 de más de 130 bpm. Hubo 6 sujetos con  $CC_{peak\_task}$  mayores de 41 bpm. En verano fueron 11 (55,0%) los sujetos de estudio con  $CC_{ave} \geq 30$  bpm. En cuanto a  $HR \geq 110$  bpm, hubo 14 sujetos, de los cuales 3 tuvieron registros superiores a 130 bpm. Se registraron  $CC_{peak\_task}$  superiores a 50 bpm en 6 individuos en el invierno y 4 en el verano (51–73 y 54–76 respectivamente). En todos los casos

los incrementos de 30 bpm o superiores tuvieron duración menor de 4 minutos consecutivos.

En la figura 1 se presenta la distribución porcentual de los efectos de la carga de trabajo sobre del sistema cardiovascular. El mayor porcentaje (79,2%) corresponde a las frecuencias comprendidas en el intervalo de 81 a 110 latidos por minuto. Solamente el 10,4% de las frecuencias registradas superó los 110 latidos por minuto.

Las tabla 4 y 5 corresponden a los indicadores de carga cardiovascular según estación y las pruebas  $t$  de dichos indicadores, mientras que la tabla 6 muestra una caracterización general de la carga cardiovascular con sus pruebas  $t$  respectivas.

**Figura 1**  
Distribución porcentual de la frecuencia cardíaca



**Tabla 4**  
Indicadores de carga cardiovascular según la estación

| Indicador                | Estación | n  | Media  | DE     | EE    |
|--------------------------|----------|----|--------|--------|-------|
| HR <sub>ave</sub>        | Invierno | 29 | 91,91  | 9,213  | 1,682 |
|                          | Verano   | 20 | 91,40  | 9,634  | 2,154 |
| HR <sub>peak</sub>       | Invierno | 29 | 113,80 | 17,557 | 3,205 |
|                          | Verano   | 20 | 114,20 | 20,998 | 4,695 |
| HR <sub>o</sub>          | Invierno | 29 | 76,43  | 8,253  | 1,507 |
|                          | Verano   | 20 | 76,85  | 9,438  | 2,110 |
| HR <sub>L</sub>          | Invierno | 29 | 144,63 | 8,365  | 1,527 |
|                          | Verano   | 20 | 146,60 | 7,126  | 1,593 |
| ICC                      | Invierno | 29 | 14,14  | 4,813  | 0,879 |
|                          | Verano   | 20 | 13,16  | 4,230  | 0,946 |
| HR <sub>max</sub>        | Invierno | 29 | 186,66 | 5,521  | 1,008 |
|                          | Verano   | 20 | 187,96 | 4,703  | 1,052 |
| RHR (CC <sub>max</sub> ) | Invierno | 29 | 15,48  | 4,986  | 0,910 |
|                          | Verano   | 20 | 14,55  | 4,664  | 1,043 |
| CC <sub>max_task</sub>   | Invierno | 29 | 37,37  | 15,339 | 2,800 |
|                          | Verano   | 20 | 37,35  | 16,853 | 3,768 |
| RHR (CC <sub>max</sub> ) | Invierno | 29 | 110,22 | 9,175  | 1,675 |
|                          | Verano   | 20 | 111,11 | 9,141  | 2,044 |
| ICC <sub>max</sub>       | Invierno | 29 | 34,17  | 14,431 | 2,635 |
|                          | Verano   | 20 | 34,23  | 17,018 | 3,805 |

**Tabla 5**  
Diferencias estacionales de la carga cardiovascular

| Indicador              | t      | gl | Sig.<br>2-colas | Diferencia<br>de medias | EE diferencia<br>de medias | IC 95% de la diferencia de medias |          |
|------------------------|--------|----|-----------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------------|----------|
|                        |        |    |                 |                         |                            | Inferior                          | Superior |
| HR <sub>ave</sub>      | 0,190  | 48 | 0,850           | 0,515                   | 2,708                      | -4,930                            | 5,960    |
| HR <sub>peak</sub>     | -0,073 | 48 | 0,942           | -0,400                  | 5,483                      | -11,424                           | 10,624   |
| HR <sub>o</sub>        | -0,165 | 48 | 0,870           | -0,417                  | 2,523                      | -5,490                            | 4,657    |
| HRL                    | -0,863 | 48 | 0,393           | -1,967                  | 2,280                      | -6,551                            | 2,617    |
| ICC                    | 0,739  | 48 | 0,464           | 0,979                   | 1,325                      | -1,685                            | 3,644    |
| HR <sub>max</sub>      | -0,863 | 48 | 0,393           | -1,298                  | 1,505                      | -4,323                            | 1,72734  |
| CC <sub>ave</sub>      | 0,664  | 48 | 0,510           | 0,932                   | 1,403                      | -1,890                            | 3,753    |
| CC <sub>max_task</sub> | 0,004  | 48 | 0,997           | 0,0167                  | 4,606                      | -9,244                            | 9,277    |
| RHR)                   | -0,333 | 48 | 0,740           | -0,881                  | 2,645                      | -6,199                            | 4,436    |
| ICCmax                 | -0,014 | 48 | 0,989           | -0,063                  | 4,476                      | -9,063                            | 8,938    |

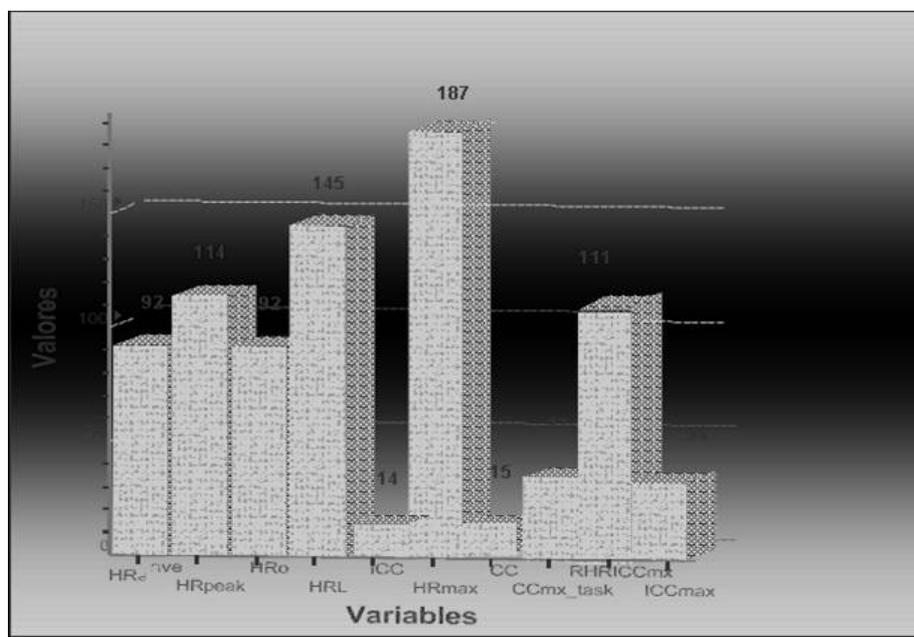
**Tabla 6**  
Caracterización de la carga cardiovascular

| Indicador                | Media  | DE     | N  | Mínimo | Máximo | EE      |
|--------------------------|--------|--------|----|--------|--------|---------|
| HR <sub>ave</sub>        | 91,70  | 9,289  | 49 | 69,30  | 116,56 | 1,31369 |
| HR <sub>peak</sub>       | 113,96 | 18,799 | 49 | 80,00  | 160,00 | 2,65867 |
| HR <sub>o</sub>          | 76,60  | 8,654  | 49 | 56,00  | 93,00  | 1,22391 |
| HR <sub>L</sub>          | 145,42 | 7,877  | 49 | 130,00 | 159,00 | 1,11395 |
| ICC                      | 13,75  | 4,569  | 49 | 6,20   | 26,62  | 0,64623 |
| HR <sub>max</sub>        | 187,18 | 5,199  | 49 | 177,00 | 196,14 | 0,73521 |
| CC <sub>ave</sub>        | 15,10  | 4,833  | 49 | 7,20   | 24,56  | 0,68349 |
| CC <sub>max_task</sub>   | 37,36  | 15,792 | 49 | 13,00  | 76,00  | 2,23328 |
| RHR (CC <sub>max</sub> ) | 110,58 | 9,078  | 49 | 92,26  | 130,48 | 1,28382 |
| ICC <sub>max</sub>       | 34,19  | 15,347 | 49 | 10,88  | 73,18  | 2,17044 |

La figura 2 trata de la representación gráfica de algunos valores de referencia de función cardiovascular y de los indicadores de carga cardiovascular. El compromiso promedio del ICC fue de 13,74%, que corresponde a una actividad laboral moderada desde el punto de vista cardiovascular. El ICC<sub>peak</sub> comprometido en los momentos

de mayor actividad promedió 34,19%, lo cual corresponde a un trabajo pesado y equivale a compromisos de la capacidad física de un trabajador promedio cubano del sexo masculino de 33 a 46%. Hubo 7 sujetos en invierno y 7 en verano cuyos CC<sub>max task</sub> alcanzaron cifras superiores a 50 bpm, y dos de ellos hasta 75-76 bpm.

**Figura 2**  
Valores de referencia e indicadores de carga cardiovascular



No se determinaron los pesos a inicio y final de la jornada, pues no se pudo medir y pesar la totalidad de los ingresos líquidos y sólidos y las excreciones, por dificultades de cooperación de los trabajadores. Sin embargo, puede afirmarse que el aporte y consumo de bebidas y alimentos no constituye un problema para mantener tanto la hidratación de los sujetos, como la producción de energía necesaria para el desempeño.

En la tabla 7 las pruebas *t* aplicadas a todas las variables ambientales del estudio muestran cambios significativos ( $p \leq 0,05$ ) relativos a horarios y estacionales. Las medias más altas corresponden al horario 2 de ambas

estaciones; también las variables fisiológicas  $t_{or}$  y HR aumentaron en el verano con relación al invierno, no siendo significativo dicho aumento para la HR. Tampoco resultaron significativos los aumentos registrados para ambas variables funcionales y para la  $v_a$  en el horario 2 respecto al horario 1 del verano. El índice WBGT se incrementó en ambas estaciones, pero solo resultó significativo en el invierno, con una diferencia de +0,07°C (horarios 1 vs. horario 2). En dos ocasiones, una en verano y la otra en invierno, en el horario 2 se registraron valores de  $t_g$  y  $t_a$  elevados con RH muy bajas, y consiguientemente del índice WBGT de entre 30,0 y 34°C.

**Tabla 7**  
Caracterización de la carga cardiovascular. Comparación estacional

| Indicador                | t       | gl | Sig. 2-colas | Media  | IC 95%   |          |
|--------------------------|---------|----|--------------|--------|----------|----------|
|                          |         |    |              |        | Inferior | Superior |
| HR <sub>ave</sub>        | 69,806  | 49 | 0,000        | 91,70  | 89,06    | 94,34    |
| HR <sub>peak</sub>       | 42,863  | 49 | 0,000        | 113,96 | 108,62   | 119,30   |
| HR <sub>0</sub>          | 62,586  | 49 | 0,000        | 76,60  | 74,14    | 79,06    |
| HR <sub>L</sub>          | 130,544 | 49 | 0,000        | 145,42 | 143,18   | 147,66   |
| ICC                      | 21,271  | 49 | 0,000        | 13,75  | 12,45    | 15,04    |
| HR <sub>max</sub>        | 254,591 | 49 | 0,000        | 187,18 | 185,69   | 188,65   |
| CC <sub>ave</sub>        | 22,098  | 49 | 0,000        | 15,10  | 13,73    | 16,48    |
| CC <sub>max task</sub>   | 16,729  | 49 | 0,000        | 37,36  | 32,87    | 41,85    |
| RHR (CC <sub>max</sub> ) | 86,131  | 49 | 0,000        | 110,58 | 107,99   | 113,16   |
| ICC <sub>max</sub>       | 15,754  | 49 | 0,000        | 34,19  | 29,83    | 38,55    |

En la tabla 8 se presenta una caracterización de las variables fisiológicas y ambientales estudiadas, y la tabla 9 destaca sus diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 8**  
Variabilidad ambiental y de la respuesta fisiológica según la estación

| Variable        | Media invierno | DE invierno | Media verano | DE verano | t       | gl     | p     |
|-----------------|----------------|-------------|--------------|-----------|---------|--------|-------|
| t <sub>or</sub> | 36,99          | 0,285       | 37,01        | 0,262     | -1,039  | 666    | 0,299 |
| HR              | 92,21          | 14,831      | 91,31        | 15,082    | 0,769   | 667    | 0,442 |
| t <sub>g</sub>  | 31,65          | 7,115       | 32,61        | 5,787     | -2,051  | 736,9  | 0,041 |
| t <sub>nw</sub> | 21,70          | 1,706       | 25,73        | 1,012     | -40,421 | 723,8  | 0,000 |
| v <sub>a</sub>  | ,978           | 0,706       | 0,404        | 0,400     | 8,466   | 264,33 | 0,000 |
| t <sub>a</sub>  | 28,13          | 2,426       | 30,55        | 2,803     | -6,731  | 679    | 0,000 |
| RH              | 56,58          | 8,975       | 71,48        | 11,720    | -18,155 | 585,2  | 0,000 |
| WBGT            | 24,54          | 3,101       | 27,78        | 2,162     | -16,854 | 746,6  | 0,000 |

**Tabla 9**  
Caracterización general de las variables de estudio

| Variable        | Media | IC 95%   |          | n   | DE     | Varianza | EE     | Mínimo | Máximo | Mediana |
|-----------------|-------|----------|----------|-----|--------|----------|--------|--------|--------|---------|
|                 |       | Inferior | Superior |     |        |          |        |        |        |         |
| t <sub>or</sub> | 37,00 | 36,92    | 37,29    | 668 | 0,295  | 0,087    | 0,011  | 36,0   | 38,1   | 37,0    |
| HR              | 91,81 | 90,68    | 92,94    | 669 | 14,939 | 223,173  | 0,578  | 56,0   | 160,0  | 91,0    |
| t <sub>g</sub>  | 31,39 | 30,99    | 31,79    | 750 | 5,592  | 31,272   | 0,204  | 24,00  | 48,80  | 30,1    |
| t <sub>nw</sub> | 23,38 | 23,21    | 23,56    | 750 | 2,464  | 6,073    | 0,090  | 19,40  | 35,80  | 23,8    |
| v <sub>a</sub>  | 0,76  | 0,61     | 3,21     | 267 | 0,669  | 0,448    | 0,0409 | 0,00   | 3,66   | 0,6     |
| t <sub>a</sub>  | 29,14 | 29,01    | 29,68    | 750 | 2,853  | 8,139    | 0,104  | 24,00  | 38,60  | 29,0    |
| RH              | 63,72 | 62,74    | 64,70    | 655 | 12,771 | 163,098  | 0,499  | 36,20  | 96,30  | 62,0    |
| WBGT            | 25,89 | 25,68    | 26,35    | 749 | 3,179  | 10,105   | 0,116  | 18,80  | 35,03  | 26,2    |

Según la tabla 10 (Patrones Subjetivos de Fatiga, Yoshitake, 30 ítems), respondieron el cuestionario al inicio de la jornada 22 sujetos (82,8%) en la estación de invierno, de los cuales 4 no lo respondieron al final del turno de trabajo, por lo cual se excluyeron del análisis, de modo que solo pudieron contrastarse las respuestas de 18 casos, encontrándose que de los sujetos “sin síntomas” al iniciar la jornada, solo 1 presentó patrón de síntomas de “fatiga física” al concluirla; los restantes no tuvieron modificaciones; 4 trabajadores cuyo patrón de síntomas

inicial correspondió al de “fatiga general” manifestaron mejoría al término de la jornada, pues, por sus respuestas finales, calificaron en la categoría de “sin síntomas”; 2 trabajadores con patrón inicial de “fatiga mental” también tuvieron modificaciones al concluir la jornada, uno “sin síntomas” y el otro con patrón de “fatiga general”. El único caso registrado con patrón de “fatiga física” no experimentó cambios. Asimismo, al término de la jornada se observó una disminución de los sujetos sintomáticos de poco más de 20%.

**Tabla 10**  
Prueba t para la caracterización de variables

| Variable        | t        | gl  | Sig. 2-colas | Media | IC 95% de la media |          |
|-----------------|----------|-----|--------------|-------|--------------------|----------|
|                 |          |     |              |       | Inferior           | Superior |
| t <sub>or</sub> | 3475,256 | 667 | 0,000        | 37,01 | 36,99              | 37,03    |
| HR              | 158,956  | 668 | 0,000        | 91,81 | 90,67              | 92,94    |
| t <sub>g</sub>  | 132,897  | 749 | 0,000        | 32,05 | 31,58              | 32,53    |
| t <sub>nw</sub> | 259,862  | 749 | 0,000        | 23,38 | 23,21              | 23,56    |
| v <sub>a</sub>  | 18,620   | 266 | 0,000        | 0,76  | 0,682              | 0,843    |
| t <sub>a</sub>  | 279,772  | 749 | 0,000        | 29,14 | 28,94              | 29,35    |
| RH              | 127,691  | 654 | 0,000        | 63,72 | 62,74              | 64,69    |
| WBGT            | 222,886  | 748 | 0,000        | 25,89 | 25,66              | 26,12    |

En la estación de verano respondieron los cuestionarios inicial y final 19 trabajadores de los 20 posibles (95%), ya que 8 de los sujetos inicialmente seleccionados para la investigación causaron baja laboral de la empresa, uno estaba desempeñando labores diferentes en otro colectivo y el otro rehusó responder. Los datos muestran que el 26,32% de los sujetos inició la jornada clasificado en alguno de los patrones de fatiga que describe la prueba, los cuales fueron “fatiga general” y “fatiga mental”, con 3 y 2 individuos respectivamente. De estos sujetos solo uno, con “fatiga mental”, clasificó “sin síntomas” al concluir la faena del día, mientras que el otro de igual patrón inicial cambió al de “fatiga general”. Otros dos de los clasificados en el patrón “fatiga general” inicialmente evolucionaron al patrón “fatiga física”.

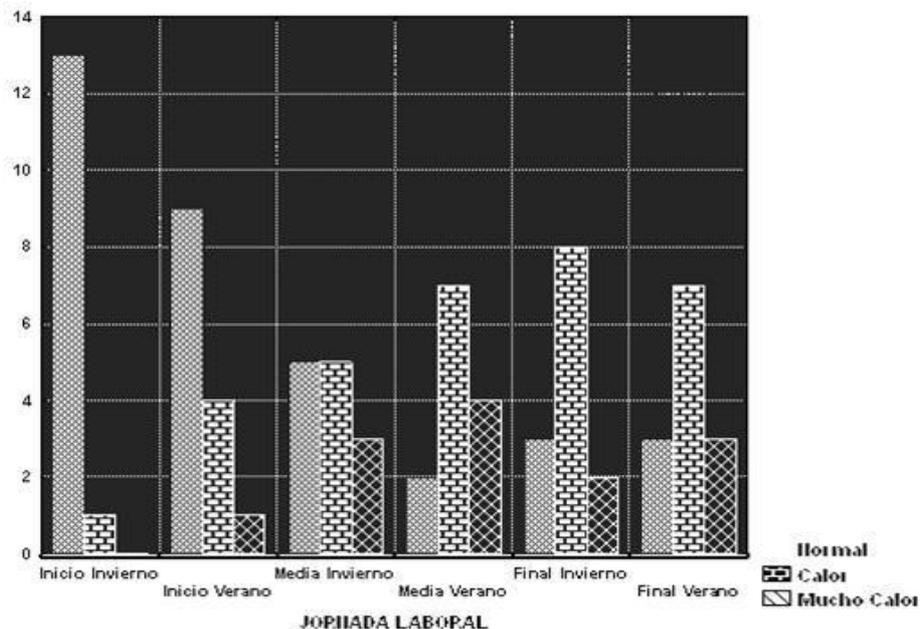
La tabla 11 y la figura 3 presentan los resultados de la aplicación de la escala de juicio subjetiva de

calor. Solamente pudieron obtenerse respuestas pareadas, es decir, en los 3 momentos previamente definidos en el diseño de la investigación, de 14 sujetos en el invierno y 13 en el verano. Uno de los sujetos en invierno solo respondió al inicio, por lo que se excluyó del análisis. La mayoría de los sujetos iniciaron la jornada de trabajo con sensación térmica normal (valor 0 en la escala), que corresponde al 92,6% de los sujetos en el invierno y 64,3% en el verano. Los porcentajes de sensación de “bienestar” disminuyeron notablemente en horas del mediodía en ambas estaciones. Al final de la jornada continuó el decrecimiento en el invierno, pero en verano se obtuvo un resultado similar al del mediodía. Resultaron notorias las sumatorias de los porcentajes obtenidos en las categorías *calor* y *mucho calor* durante el mediodía en el verano (84,6%) y al final en ambas estaciones (76,9%).

**Tabla 11**  
Patrones subjetivos de fatiga

| Fatiga       | Final de la jornada laboral |        |
|--------------|-----------------------------|--------|
|              | Invierno                    | Verano |
| Sin síntomas | 15                          | 15     |
| %            | 83,3                        | 79,0   |
| General      | 1                           | 2      |
| %            | 5,6                         | 10,5   |
| Mental       | 0                           | 0      |
| %            | 0,0                         | 0,0    |
| Física       | 2                           | 2      |
| %            | 11,1                        | 10,5   |
| n            | 18                          | 19     |
| No responden | 4                           | 0      |

**Figura 3**  
Escala de juicio subjetiva. Sensación de calor



Las tabla 12 y 13 muestran las correlaciones obtenidas entre las variables fisiológicas, psicofísicas y ambientales. Se obtuvieron, para el invierno, correlaciones significativas de la  $t_{or}$  con las variables ambientales de temperatura, mientras que en el verano hubo correlaciones significativas de esa variable fisiológica con la  $v_a$  y de la HR con la  $t_{nw}$  y los patrones de fatiga.

Por otra parte, puede verse que en general la  $t_{or}$  guarda relaciones significativas ( $p = 0,01$ ) con la escala de juicio subjetiva de calor y con todas las variables ambientales de temperatura. Por otra parte, y coincidentemente, la escala correlacionó con  $t_{or}$  y las mismas variables ambientales. La HR correlacionó con la RH y con patrones subjetivos de fatiga.

**Tabla 12**  
**Sensación de calor**

| Jornada laboral | Inicio   |        | Mediodía |        | Final    |        |
|-----------------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
|                 | Invierno | Verano | Invierno | Verano | Invierno | Verano |
| Normal          | 13       | 9      | 5        | 2      | 3        | 3      |
| %               | 92,6     | 64,3   | 38,5     | 15,4   | 23,1     | 23,1   |
| Calor           | 1        | 4      | 5        | 7      | 8        | 7      |
| %               | 7,1      | 28,6   | 38,5     | 53,8   | 61,5     | 53,8   |
| Mucho calor     | 0        | 1      | 3        | 4      | 2        | 3      |
| %               | 0,0      | 7,1    | 23,1     | 30,8   | 15,4     | 23,1   |
| n               | 14       | 14     | 13       | 13     | 13       | 13     |

**Tabla 13**  
**Correlaciones entre las variables fisiológicas y las variables ambientales**

| Variable        | $t_g$   | $t_{nw}$ | $v_a$  | $t_a$   | RH        | WBGT    | Sensación térmica | PSF     |
|-----------------|---------|----------|--------|---------|-----------|---------|-------------------|---------|
| <b>Invierno</b> |         |          |        |         |           |         |                   |         |
| $t_{or}$        | 0,225** | 0,142**  | 0,025  | 0,257** | -0,032    | 0,189** | 0,248             | 0,179   |
|                 | 0,000   | 0,010    | 0,812  | 0,000   | 0,609     | 0,001   | 0,054             | 0,262   |
| HR              | 0,140*  | -0,022   | 0,100  | 0,084   | -0,124    | 0,071   | -0,027            | 0,115   |
|                 | 0,011   | 0,695    | 0,339  | 0,128   | 0,051     | 0,196   | 0,836             | 0,472   |
| <b>Verano</b>   |         |          |        |         |           |         |                   |         |
| $t_{or}$        | 0,069   | 0,013    | 0,231* | 0,059   | -0,064    | 0,043   | 0,134             | 0,154   |
|                 | 0,251   | 0,831    | 0,027  | 0,324   | 0,283     | 0,473   | 0,317             | 0,355   |
| HR              | -0,023  | 0,145*   | 0,043  | -0,008  | 0,041     | 0,050   | 0,103             | 0,441** |
|                 | 0,703   | 0,015    | 0,685  | 0,898   | 0,495     | 0,410   | 0,437             | 0,006   |
| <b>General</b>  |         |          |        |         |           |         |                   |         |
| $t_{or}$        | 0,170** | 0,081*   | 0,036  | 0,170** | -0,055    | 0,137** | 0,240**           | 0,161   |
|                 | 0,000   | 0,046    | 0,626  | 0,000   | 0,210     | 0,001   | 0,008             | 0,156   |
| HR              | 0,076   | 0,016    | 0,091  | 0,040   | -0,087(*) | 0,054   | 0,031             | 0,262*  |
|                 | 0,061   | 0,693    | 0,216  | 0,328   | 0,045     | 0,183   | 0,740             | 0,020   |

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

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

## DISCUSIÓN

La comparación de medias de la  $t_{or}$  obtenidas en invierno y verano no reveló diferencias significativas ( $t = -1,2739$ ;  $p = 0,203$ ), ni tampoco la comparación de las medias entre los horarios 1 y 2 del verano ( $t = -1,789$ ,  $p = 0,0732$ ), pero si en el invierno ( $t = -3,778$ ,  $p = 0,000$ ). Las  $t_{or}$  de los horarios 1 de invierno y verano fueron significativamente diferentes, aunque mayores en el verano ( $t = -5,826$ ,  $p = 0,000$ ), pero no se obtuvo significación estadística de la comparación

de los datos registrados entre los horarios 2 de ambas estaciones. Los cambios observados en el invierno durante el transcurso de la jornada se explican por las condiciones microclimáticas propias de las primeras horas del día en dicha estación, las cuales provocan tendencia a temperaturas orales más bajas relacionadas con factores físicos tales como enfriamiento de la mucosa oral originado por la temperatura ambiente, a lo cual puede adicionarse la influencia circadiana sobre la temperatura corporal que va de sus valores más bajos en las horas del amanecer, a un ascenso

paulatino hacia el punto de ajuste fisiológico, facilitado por la propia naturaleza circadiana de la variable, por el calentamiento del día<sup>31</sup> y por la energía que demanda el trabajo muscular de la tarea. La  $t_{or}$  resulta una variable fisiológica de gran estabilidad, cuyas variaciones se dan en un rango muy estrecho y en este estudio se ha podido observar que cambios del orden de las centésimas de grado Celsius han resultado suficientes para calificar la significación estadística de la respuesta funcional. Lo expresado explica la inexistencia de diferencias entre los horarios 1 y 2 en el verano y entre los horarios 2 de ambas estaciones. Ninguno de los sujetos de estudio presentó incrementos de la  $t_{or}$  de 1°C ó más, ni se registraron temperaturas  $\geq 38$  °C. Estas temperaturas internas promedio son inferiores al límite de 38°C o de un incremento  $\geq 1$ °C de la temperatura oral de referencia, para un trabajo continuo, moderado, de personas aclimatadas al calor, índices recomendados por la ACGIH<sup>1</sup>, la Organización Internacional del Trabajo<sup>10</sup>, la ISO<sup>24</sup> y el NIOSH<sup>28</sup>, lo que puede estar relacionado con el control del ritmo e intensidad de la labor mediante las pausas que frecuente y espontáneamente toman estos trabajadores luego de realizar tareas moderadas a intensas por intervalos de tiempo irregulares e intermitentes<sup>33</sup>. Solamente un sujeto alcanzó temperaturas superiores a 38,0°C.

Como se muestra en la representación gráfica de la figura 2, algunos valores de referencia de función cardiovascular y de 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, y concuerda con la clasificación para estas ocupaciones desde el punto de vista energético. Los ICC máximos registrados equivalen a la carga cardiovascular de un trabajo pesado, entre 33 y 46% de la capacidad física, para un trabajador promedio cubano del sexo masculino cuyo consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) es de  $2,5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ <sup>15</sup>. Algunos sujetos tuvieron compromisos superiores (de 50 a más de 70% del  $VO_{2 \text{ máx}}$  estimado). Estas altas demandas se presentaron esporádicamente y por breves periodos de tiempo, seguidas de pausas de descanso y/o tareas de menor intensidad. Las frecuencias cardíacas promedio de los horarios 1 y 2 en la estación de invierno fueron significativamente diferentes ( $t = -2,784$ ;  $p = 0,006$ ), y también lo fue la media de caracterización de la variable ( $t = 278,484$ ;  $p = 0,000$ ). No resultó así con las medias estacionales ( $t = 0,769$ ;  $p = 0,442$ ) ni las horarias de la estación de verano ( $t = 0,472$ ;  $p = 0,637$ ). Tampoco hubo significación estadística para la comparación de las medias de caracterización de los horarios 1 y 2 ( $t = -1,723$ ;  $p = 0,085$ ). Similares hallazgos se observan en las pruebas  $t$  aplicadas para la comparación estacional de los indicadores de carga cardiovascular. Los resultados expuestos no satisfacen la hipótesis planteada de que los cambios ambientales del verano ocasionarían respuestas funcionales estadísticamente diferentes, sino que más bien ratifica los hallazgos de otros autores que plan-

tean que este comportamiento de las variables fisiológicas y psicofísicas confirma la probable influencia del proceso de aclimatación como un factor protector relevante para los sujetos expuestos, y muy especialmente para los oriundos de países cuyas condiciones ambientales han sido señaladas reiteradamente como adversas para el desempeño continuo de actividades con exigencias metabólicas moderadas y pesadas<sup>5,15,33-37</sup>.

Los resultados obtenidos del cuestionario de patrones subjetivos de fatiga de Yoshitake (PSF), mostraron porcentajes similares en ambas estaciones al final de la jornada laboral, lo cual coincide con los reportados por otros investigadores sobre este tema y que han aplicado igual método de evaluación<sup>37,38</sup>. Puede que factores individuales no considerados previamente en la muestra de trabajadores seleccionada y la organización de la labor, que permite autorregular la intensidad y duración del esfuerzo físico, así como la realización de pausas "ad libitum", prevengan del deterioro funcional que produce la tensión térmica generada por fuentes externas de calor, la propia actividad física (por momentos intensa) o ambas simultáneamente.

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 respecto de la otra, sí lo fueron para identificar fuerte asociación con el horario de medición, así se destaca que los índices horarios obtenidos del verano son mayores que los del invierno. Este resultado ofrece particular importancia desde el punto de vista ergonómico, ya que a pesar de que el resto de las variables evaluadas, fisiológicas y subjetivas no reflejaron cambios notables atribuibles a un comportamiento estacional ni superaron los límites recomendados en ninguna de las estaciones que pudiesen afectar la salud y la seguridad de los sujetos estudiados, esta escala proporciona información útil desde el punto de vista preventivo para regular las demandas del trabajo que se ejecute en condiciones similares, pues evidencia el estado de disconfort térmico que ocasionan las condiciones microclimáticas, cada vez más desfavorables en el transcurso de la jornada.

Las relaciones significativas entre la variable  $t_{nw}$  y las muy significativas de las variables horario,  $t_g$ ,  $t_a$ , índice WBGT y escala de juicio subjetiva de calor, con la  $t_{or}$ , permiten identificar a esta última, entre las variables fisiológicas y psicofísicas, como la variable de mayor susceptibilidad ante los cambios microclimáticos que ocurrieron en el ambiente de trabajo independientemente de la estación del año.

De manera general, las variables fisiológicas temperatura oral y frecuencia cardíaca presentaron variaciones relacionadas con la carga térmica estacional, el horario y la intensidad de la tarea, aunque solo se obtuvieron respuestas funcionales de significación estadística en

los momentos de ejecución de tareas de intensidad pico.

El cuestionario de patrones subjetivos de fatiga reportó resultados similares a los hallados por otros autores que han investigado sobre esta temática cuando los trabajadores pueden autorregular la duración de las tareas intensas y pueden decidir el momento y duración de las pausas durante la ejecución de sus labores.

La escala de juicio subjetivo de calor resultó un indicador que discriminó satisfactoriamente la insatisfacción térmica según horario, pero no hubo diferencias en la comparación de tipo estacional.

Hubo variaciones estacionales y horarias estadísticamente significativas de todas las variables del ambiente térmico, excepto  $t_a$ , según la estación, y la  $t_{nw}$  y la  $v_a$  según los horarios.

Se obtuvieron correlaciones significativas de las variables temperatura oral y frecuencia cardiaca con todas las variables ambientales, excepto con la velocidad del aire.

La carga física promedio del trabajo fue de intensidad moderada con momentos de carga pico de trabajo pesado a muy pesado, según los criterios de función cardiovascular para la evaluación de la carga de trabajo físico. Los indicadores de carga cardiovascular permitieron la caracterización de la carga general e individual. Estos resultados evidencian la utilidad de la aplicación de los indicadores para la elaboración y desarrollo de programas preventivos y de entrenamiento en salud de los trabajadores, así como para la normalización en el campo de la ergonomía.

## BIBLIOGRAFÍA

1. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Heat stress and strain: Documentation of TLV<sup>®</sup>s and BEI<sup>®</sup>s. 6<sup>th</sup> ed. 2000 Supplement. Cincinnati: ACGIH; 1991.
2. Brake DJ, Bates GP, Fatigue in industrial workers under thermal stress extended shift lengths. *Occup Med* 2001;51:456-63.
3. Mekjavic IB, Banister EW, Morrison JB. Environmental Ergonomics – Sustaining human performance in harsh environments. London: Taylor and Francis; 1988.
4. Guyton A, Hall R. Tratado de fisiología médica. 10<sup>a</sup> ed. México: Mc Graw Hill Interamericana; 2001. p. 993.
5. Astrand PO, Rodahl K. Fisiología del ejercicio físico. 3<sup>a</sup> ed. México: Mc Graw Hill Interamericana; 1992.
6. Ob. cit. 2 p. 998.
7. Ob. cit. 3 p. 462-64.
8. Organización Internacional de Normalización. Ergonomía del ambiente térmico. Vigilancia médica de las personas expuestas a ambientes cálidos o fríos extremos. ISO 12894:2001. Anexo A. Ginebra: Organización Internacional de Normalización.
9. Minard D. Physiological strain in steelworkers in relation to a proposed Standard for occupational heat exposure. In: SM Horvath, RC Jensen, eds. Proceedings of Symposium: Standards for occupational exposures to hot environments. Cincinnati: NIOSH, 1973. p. 7-8.
10. Vogt JJ. Heat and cold. In: Stellman JM, ed. Encyclopaedia of occupational health and safety. Chapter 42. Geneva: International Labour Organization, 1998.
11. Coutts A, Reaburn P, Mummery K. The effect of glycerol hyperhydration on Olympic distance triathlon performance in high thermal stress. In: WM Lau, ed. Proceedings of the International Conference on Physiological and Cognitive Performance in Extremes Environments. Canberra: Defence Scientific and Technology Organisation, Australian Department of Defense; 2000. p. 24-7.
12. Donoghue AM, Sinclair MJ, Bates GP. Heat exhaustion in deep, underground, metalliferous mine. *Occup Environ Med* 2000;57:165-74.
13. Suárez R, Caballero EL. Estrés térmico y su impacto en la efectividad y confort de los trabajadores. *Evaluación ambiental. Revista Cubana de Salud y Trabajo* 2006;7(1-2):63-5.
14. Krake A, et al. Health hazards to park rangers from excessive heat at Grand Canyon National Park: case studies. *App Occup Environ Hyg* 2003;18(5):295-317.
15. Manero R. Indicadores prácticos para la evaluación de la capacidad física de trabajo [Tesis doctoral]. La Habana: Academia de Ciencias de Cuba; 1985.
16. 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.
17. Comité Estatal de Normalización. Norma cubana NC (SNPHT) 19-00-03:1985 Carga e intensidad de trabajo. Criterios de evaluación. La Habana: CEN; 1985.
18. Louhevaara V, Tuomi T, Smolander J, Korhonen O, Tossavainen A, Jaakola J. Cardiorespiratory strain job that required respiratory protection. *Int Arch Occup Environ Health* 1985;55:195-206.
19. World Health Organization. Health factors involved in working under conditions of heat stress. Technical Report series N° 412. Geneva: WHO; 1969.
20. Hygge S. Heat and performance. In: Smith AP, Jones DM, eds. Handbook of human performance. Vol. 1. The physical environment. San Diego: Academic Press, 1992. p. 79-104.
21. 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.
22. 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.
23. Jones JG. The physiological cost of wearing a disposable respirator. *Am Ind Hyg Assoc J* 1991;56:219-25.
  24. UNE-EN ISO 9886:2002. Evaluación de la sobrecarga térmica mediante mediciones fisiológicas.
  25. 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.
  26. Organización Internacional de Normalización. Ambientes térmicos. Instrumentos y métodos para la cuantificación de magnitudes físicas. ISO 7726:1985. Ginebra: Organización Internacional de Normalización.
  27. Ramsey JD, Beshir MY. Thermal standards and measurements techniques. In: Di Nardi SR, ed. *The Occupational Environments*. Fairfax, VA: American Industrial Hygiene Association, 1997.
  28. 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. Washington DC: NIOSH; 1986.
  29. 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.
  30. 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.
  31. Suárez R. Experiencias y aplicabilidad de las normas ISO 7243 (EN 27243) e ISO 7933 (EN 12515) en Cuba y países del mar Caribe. *MAPFRE Seguridad* 2004; 96, Cuarto trimestre.
  32. Organización Internacional de Normalización. Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del estrés térmico mediante el cálculo de la sobrecarga térmica estimada. ISO 7933:2005. Ginebra: Organización Internacional de Normalización.
  33. Brake DJ, Bates GP. Deep body core temperatures in industrial workers under thermal stress. *J Occup Environ Med* 2002;44(2):125-35.
  34. Sawka MN, Wenger CB, Pandolf KB. Thermoregulatory responses to acute exercise-heat stress and heat acclimation. En: Fregly MJ, Blatteis CM, eds. *Handbook of physiology. Section 4. Environmental Physiology. Vol. 1* New York/Oxford: Oxford University Press; 1996. p. 157.
  35. Pommerenck C, Mourlot D, Valdivieso, J. Criterios fisiológicos para la normalización del trabajo en sobrecarga térmica: II. Trabajo ligero. *Rev Cub Hig Epidemiol* 1984;22(1):13-26.
  36. 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.
  37. Manero R, Wong C, Suárez A. Respuestas fisiológicas en el proceso de aclimatación al calor. *Rev Cub Hig Epidemiol* 1986;24(2):173-80.
  38. Mei-Lien Chen, Chiu-Jun Chen, Wen-Yu Yeh et al. Heat stress evaluation and worker fatigue in a steel plant. *AIHA Journal* 2003;64:352-9.

---

**Recibido:** 5 de octubre de 2009      **Aprobado:** 13 de julio de 2010