

TENSIÓN FISIOLÓGICA POR EXPOSICIÓN LABORAL A AMBIENTES CALUROSOS EN TRABAJADORES DE COCINA

PHYSIOLOGICAL STRAIN BY HEAT STRESS IN KITCHEN WORKERS

Eduardo Lázaro Caballero Poutou ¹
Rugiere Suárez Cabrera ²

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 en 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 14 trabajadores evaluados en invierno y verano. La temperatura oral (t_{or}) se registró coincidentemente con las variables climáticas ambientales cada 20 minutos. La frecuencia cardiaca (HR) se registró cada 5 segundos. Se estimó la pérdida por sudor por pérdida de masa corporal (BM) entre el inicio y el final de jornada. El procesamiento estadístico se realizó con los programas SPSS v.15.0 y Statistica 6.5, calculándose medidas de tendencia central y dispersión, ANOVA y prueba t para las variables continuas, y χ^2 para las discretas; se calculó la correlación de Spearman para identificar asociaciones. Para todos los cálculos, se asumió $p < 0,05$. **Resultados y discusión:** La t_{or} y la HR aumentaron en proporción a los cambios del ambiente térmico y de la intensificación del trabajo en horas del mediodía en invierno y en verano. La t_{or} en invierno fue inferior $0,08\text{ }^{\circ}\text{C}$ con respecto al verano ($p = 0,008$); la diferencia de las medias de HR no resultó significativa ($p = 0,34$). En invierno, la t_{or} correlacionó con todas las variables excepto con la velocidad del aire. Tampoco la pérdida de peso corporal resultó significativa. El trabajo clasifica como ligero con tareas pesadas de corta duración. Los criterios de referencia e indicadores propuestos resultan conservadores y seguros para trabajadores cubanos, masculinos, expuestos laboralmente a condiciones de calor.

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 like decrease of quality and productivity and promote 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 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:** A non probabilistic sample was conformed by 14 selected cooks 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 SPSS v15.0 and Statistical v6.5. **Results and discussion:** 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 $0,08\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($p = 0,008$) 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 work-load 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 like light with brief heavy activities. Criteria and indexes proposed to assess work load had been safety and conservative.

Key words: hot environments, physiological effects, heat stress, occupational exposure to heat

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 responde consecuentemente entonces aumentando la pérdida de calor ¹. Esta respuesta puede ser energética 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

¹ 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

² 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

Correspondencia:

MSc Eduardo Lázaro Caballero Poutou
Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores
Calzada de Bejucaí km 7 1/2, Apartado 9064, CP10900, Arroyo Naranjo, Ciudad de La Habana, Cuba
E-mail: ecaballero@infomed.sld.cu

con demanda energética de 290 watt.h 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 ambos; 2) comparar las respuestas funcionales registradas en las etapas de invierno (2005) y de verano (2006); 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

La investigación tuvo 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 14 trabajadores sanos (seleccionados mediante examen médico) en 4 centros de elaboración de alimentos, todos del sexo masculino, que accedieron a colaborar voluntariamente como *sujetos de estudio* mediante firma del Acta de Consentimiento Informado⁵.

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 la población cubana, considerándose, además, los criterios recomendados por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), la International Organization of Standardization (ISO), e investigaciones previas 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 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^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 segundos de medición, a todos los sujetos en estudio con termómetros clí-

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

nicos digitales de 0,1°C de precisión cada 20 minutos. Se calcularon las temperaturas medias y máxima en la jornada.

- Timpánica (t_y): 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 segundos 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 minutos 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), e índice de costo cardiaco pico (ICC_{peak})
 3. Pérdidas por sudoración (% peso perdido): se calculó empleando la siguiente expresión:

$$BM_{perdido} \Rightarrow P_{sudor}$$

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

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 con un grado de precisión de 100 g.

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

• 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 dis-

persión, 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 χ^2 para las 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 cardíaca se empleó el Polar Precision Performance v. 3.02, y para las variables ambientales el programa Comfort Software v. 2.50.

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

- **Características de área de trabajo:** Centros de elaboración de alimentos donde se elaboran como promedio más de 1 000 raciones de comida en una jornada de trabajo extensa (más de 8 horas). Predominan los procesos húmedos relacionados con la pre-elaboración de los alimentos, el vapor emitido por los medios de cocción y fugas de las tuberías de vapor de agua. Existen ventiladores instalados en paredes que dan al exterior de los locales que inyectan aire, pero la ventilación no es uniforme en todas las áreas por su inadecuada distribución, por interferencias de estructuras arquitectónicas y/o por tuberías de vapor. Buena parte de las áreas carecen de aire fresco. Habitualmente se percibe sensación de calor y mucha humedad a media mañana. Los locales son espaciosos con techos altos, paredes con zócalo sanitario, deficientemente iluminados debido a la altura y ubicación de las luminarias y la niebla formada por el vapor de agua ambiental.
- **Vestuario de trabajo:** el personal usa pantalones largos, camisas de mangas cortas y gorros (todo de color blanco y material textil con predominio de fibra de algodón). Calzado: botas de PVC.
- **Características de la labor:** La elaboración de alimentos se ejecuta con tiempo ajustado a horarios establecidos en la jornada laboral.

- **Cocinero:** La labor se realiza predominantemente de pie, con desplazamientos frecuentes del trabajador por el área donde atiende la elaboración de alimentos en dos o más medios de cocción; durante sus tareas asume diferentes posturas, que incluyen encorvada y/o cuclillas. Las distancias de desplazamientos por el área se estima entre 4 y 15 m (almacenes). Con frecuencia se manipula carga manualmente. Durante la cocción de los alimentos en varias ocasiones, dos a tres veces, debe removerlos en el recipiente de cocción usando una pala de metal o madera. Cuando se trata de freír u hornear alimentos, permanece durante periodos prolongados frente a las cocinas de gas y los hornos; estos últimos frecuentemente presentan puertas averiadas permitiendo la salida de calor.
- **Ayudante:** Generalmente labora en las mismas condiciones medioambientales descritas, excepto que realiza las labores de pre-elaboración de alimentos muchas veces manualmente (pelar viandas, escoger, beneficiar verduras y hortalizas y prepararlas para su consumo o cocción) y sentado.

RESULTADOS

La tabla 1 presenta la caracterización de la muestra. Se trata de personas jóvenes predominantemente, con antigüedad promedio de más de 5 años en el trabajo; el índice de masa corporal en las categorías de normopeso a sobrepeso grado 1^{15,16}. Los rangos de las variables fisiológicas de estudio en reposo están dentro de los límites normales para la edad y género de los sujetos.

En la tabla 2 se presentan los resultados de la temperatura oral (t_{or}) en el estudio de campo. Las amplitudes respectivas de los registros de la t_{or} en invierno y verano fueron 36,1–37,9 y 36,2–37,7 °C. En el verano los máximos incrementos individuales fueron de 0,8 °C. En la estación de invierno un sujeto presentó incremento de la t_{or} de 1,1 °C, pero no manifestó síntomas de indisposición física ni malestar; este aumento de la t_{or} se produjo a las 11:00 horas. Ningún trabajador tuvo temperaturas orales de 38,0 °C ó más.

Tabla 1
Caracterización de la muestra

Variable	Media	DE	Mínimo - máximo	Amplitud
Edad (años)	36,92	9,46	25 - 50	25
Antigüedad (años)	6,31	5,42	1-20	19,0
Masa corporal (kg)	67,14	11,61	48,0 - 91,0	43,0
Estatura (cm)	169,90	0,01	151,0 - 181,0	30,0
Índice de masa corporal (%)	23,79	3,25	18,5 - 28,7	10,54
Temperatura oral reposo (°C)	36,71	0,35	36,1 - 37,4	1,30
Frecuencia cardíaca reposo (bpm)	74,77	6,98	64 - 87	23
Frecuencia cardíaca máxima	186,37	6,72	168,4 - 193,5	25,08
Reserva cardíaca (RHR o $CC_{absoluto}$)	111,60	9,72	96,6 - 126,86	30,24

Tabla 2
Temperatura oral según estación y horario

Variable	n	Media	DE	IC 5%-95%	Mínimo	Máximo	Mediana
Invierno	133	36,99	0,281	36,97 – 37,06	36,3	37,9	37,00
Horario 1	84	36,95	0,237	36,90 – 37,00	36,3	37,7	37,10
Horario 2	49	37,10	0,314	37,03 – 37,21	36,6	37,9	37,20
Verano	227	37,08	0,244	37,06 – 37,11	36,2	37,7	37,10
Horario 1	143	37,06	0,267	37,04 – 37,12	36,2	37,7	37,10
Horario 2	84	37,11	0,203	37,05 – 37,13	36,6	37,7	37,07
Total	360	37,01	0,246	37,03 – 37,08	36,2	37,9	37,07

La tabla 3 muestra que la frecuencia cardiaca (HR) tuvo amplitudes de 65–133 bpm en invierno y en verano de 67–132 bpm. En invierno hubo 5 sujetos cuyas frecuencias se incrementaron más de 30 bpm con relación al valor de referencia, y uno de ellos tuvo CC_{peak} en el trabajo de 41 bpm; en verano sólo un sujeto tuvo incremento mayor de 30 bpm con un regis-

tro de CC_{peak} promedio de 53 bpm, equivalente a un compromiso de más de 70% de la capacidad aerobia máxima promedio de la población trabajadora masculina cubana (872 J/s)¹⁷. En todos los casos los incrementos de 30 bpm o superiores duraron menos de 4 minutos consecutivos.

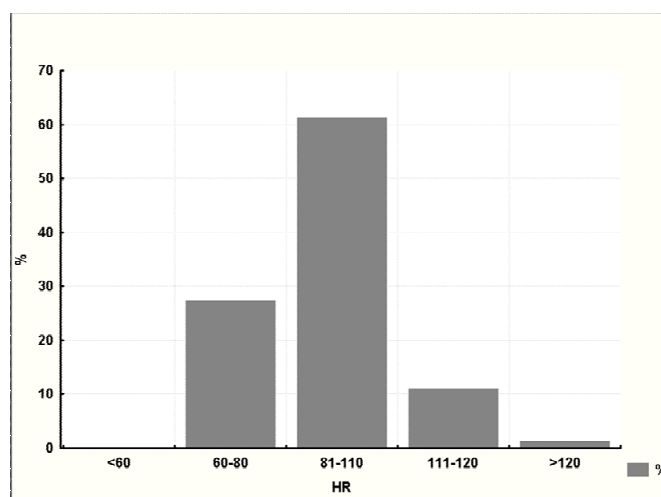
Tabla 3
Frecuencia cardiaca según estación y horario

Variable	n	Media	DE	IC 5%-95%	Mínimo	Máximo	Mediana
Invierno	86	89,15	15,866	85,75 - 92,55	65,00	133,00	90,37
Horario 1	56	86,57	13,768	82,88 - 90,26	65,00	121,00	83,00
Horario 2	30	93,97	18,479	87,07 - 100,87	65,00	133,00	92,50
Verano	227	90,84	6,136	90,03 - 91,64	67,67	132,00	92,30
Horario 1	143	90,76	0,964	90,60 - 90,92	90,37	93,44	90,37
Horario 2	84	90,96	10,045	88,78 - 93,14	67,67	132,00	92,08
Total	313	90,37	9,819	89,28 - 91,46	65,00	133,00	86,90

En la figura 1 puede observarse la distribución porcentual de la HR que refleja los efectos del trabajo sobre el sistema cardiovascular. El mayor porcentaje

(61,23%) correspondió a las HR comprendidas en el intervalo de 61 a 110 bpm. Solamente el 12,3% de las frecuencias registradas superó los 110 bpm.

Figura 1
Distribución porcentual promediada de la frecuencia cardiaca



El ICC promedio de 13,8% fue de un compromiso cardiovascular correspondiente a una actividad laboral moderada. El ICC_{peak} registrado en los momentos de mayor actividad promedió 47,5%.

La pérdida de peso durante la jornada laboral para estimar las pérdidas por sudoración fue inferior a 10 g. La diferencia de las medias de la BM perdida durante la jornada laboral en las estaciones de invierno y verano no resultó significativa ($p = 0,426$).

En la tabla 4 se muestran los resultados de la comparación de las medias estacionales de las variables evaluadas. Se registraron diferencias significativas de las medias de la t_{or} , la t_g , la t_{nw} , la t_a y el índice WBGT, que presentaron cifras más altas en el verano; significativa fue también una disminución de 2,2% de la RH en dicha estación. La HR_{ave}, aunque fue mayor en el verano, tal incremento no resultó significativo.

Tabla 4
Comparación de las respuestas fisiológicas y de las variables del ambiente térmico registradas en las estaciones de invierno y de verano

Variable	Invierno		Verano		Diferencia de medias	t	gl	p
	Media	DE	Media	DE				
t_{or}	37,01	0,279	37,09	0,221	+ 0,08	-2,666	230	0,008
HR	89,15	15,866	90,84	6,136	+ 1,69	-0,966	95	0,336
t_g	24,64	1,637	30,52	1,348	+ 5,88	-33,594	201	0,000
t_{nw}	21,61	1,572	26,73	1,432	+ 5,12	-29,578	218	0,000
v_a	0,339	0,162	0,294	0,268	- 0,05	1,917	336	0,056
t_a	24,11	1,651	30,00	1,472	+ 5,89	-32,591	214	0,000
RH	79,47	7,208	77,25	7,292	- 2,22	2,695	240	0,006
WBGT	22,80	1,581	28,10	1,370	+ 5,30	-30,89	210	0,000

Las varianzas de las variables estudiadas resultaron homogéneas excepto para la temperatura oral (Levene: $p=0,005$; Br-Fors: $p=0,006$). El test t con varianzas separadas corroboró la diferencia significativa ($p=0,011$) de las medias de la t_{or} en las estaciones de invierno y de verano.

Durante la jornada laboral se observaron variaciones significativas de todas las variables ambientales, excepto de la v_a (tabla 5). La v_a no se modificó apreciablemente; solamente en el invierno presentó un incremento de 0,1 m/s. El índice WBGT aumentó en

ambas estaciones, pero sólo resultó significativo en el invierno, con una diferencia entre las medias de los horarios 1 y 2 de +0,07 °C. El valor más alto del índice WBGT (31,1 °C) se registró en el horario 1 y coincidió con una RH de 99,9%; los valores promedio respectivos del índice WBGT y de la RH en ese periodo fueron de 30,1 °C y 93,8%.

En cuanto al comportamiento horario de las variables fisiológicas, sólo se registró aumento significativo de la t_{or} en el horario 2 del invierno.

Tabla 5
Caracterización general de las variables ambientales según horario

Variable	Media		t	ANOVA	
	Horario 1	Horario 2		gl	p
t_g	27,9	29,6	-4,764	258,2	0,000
t_{nw}	24,8	25,3	-1,498	285,6	0,135
v_a	0,3	0,3	0,207	292,3	0,836
t_a	27,3	29,2	-5,327	264,3	0,000
RH	81,0	72,5	12,309	247,0	0,000
WBGT	26,0	26,8	-2,548	275,7	0,011

La tabla 6 muestra las correlaciones obtenidas entre las variables fisiológicas y las ambientales. En el invierno la t_{or} tuvo correlaciones muy significativas con todas las variables, excepto con la v_a ; por otra parte, se obtuvieron correlaciones significativas entre HR, t_{or} , t_g , t_a , RH e índice WBGT. En el verano sola-

mente hubo correlación muy significativa entre la HR y la t_{nw} ($p=0,005$).

Los datos registrados de cada variable durante todo el periodo que abarcó la investigación, mostraron correlaciones significativas de la t_{or} con las variables HR, t_g , t_{nw} , t_a e índice WBGT; la HR correlacionó con t_g , t_a , RH e índice WBGT.

Tabla 6
Correlaciones entre las variables funcionales y ambientales

Variable	t_{or}	HR	t_g	t_{nw}	v_a	t_a	RH	WBGT	
Invierno									
t_{or}	Pearson	1	0,417**	0,409**	0,233*	0,133	0,390**	-0,239**	0,302**
	Sig.	—	0,000	0,000	0,011	0,150	0,000	0,009	0,001
	N	133	86	118	118	118	118	118	118
HR	Pearson	0,417**	1	0,325**	0,174	0,151	0,268*	-0,194	0,201
	Sig.	0,000	—	0,003	0,124	0,183	0,017	0,087	0,076
	N	86	86	79	79	79	79	79	79
Verano									
t_{or}	Pearson	1	0,048	-0,014	-0,081	0,088	-0,015	-0,034	-0,084
	Sig.	—	0,685	0,838	0,246	0,210	0,824	0,628	0,231
	N	225	75	208	207	205	208	207	207
HR	Pearson	0,048	1	0,093	-0,323**	0,078	-0,002	-0,220	-0,187
	Sig.	0,685	—	0,432	0,005	0,510	0,984	0,060	0,111
	N	75	75	74	74	74	74	74	74
Caracterización general									
t_{or}	Pearson	1	0,318**	0,280**	0,233**	0,083	0,277**	-0,131*	0,248**
	Sig.	—	0,000	0,000	0,000	0,136	0,000	0,018	0,000
	N	358	161	326	325	323	326	325	325
HR	Pearson	0,318**	1	0,211**	0,152	0,098	0,191*	-0,247**	0,168*
	Sig.	0,000	—	0,009	0,060	0,226	0,018	0,002	0,038
	N	161	161	153	153	153	153	153	153

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

DISCUSIÓN

La temperatura interna es reflejo del nivel de actividad metabólica y del ambiente térmico en la cual se desarrolla. El registro de la temperatura oral tradicionalmente se ha empleado por ser un buen indicador de la temperatura del núcleo, no obstante los inconvenientes metodológicos relacionados fundamentalmente con el nivel de cooperación y de motivación de los sujetos evaluados. Los resultados obtenidos en esta investigación realizada a una muestra de trabajadores de servicios que laboran en centros de elaboración de alimentos, reveló la existencia de diferencias significativas de la t_{or} . La comparación de las t_{or} medias registradas en los horarios 1 y 2 de la estación de invierno demostró la presencia de diferencias estadísticamente significativas, que se explican por un aumento de la actividad a partir de las 10:30 horas, que es habitualmente cuando se inicia el periodo de mayor carga laboral y que coincide con las horas más desfavorables desde el punto de vista ambiental, caracterizadas por un aumento significativo de la temperatura con t_g , t_a y WBGT más altos, y descenso de la RH, que favorece el mecanismo de disipación del calor corporal mediante la evaporación del sudor. Esta situación entre horarios no se observó en el verano ($t = -0,217813$; $p = 0,827792$), debido a que la t_{or} media de horario 1 de verano resultó ser significativamente más alta que la del invierno, y entre las medias de los horarios 2 de ambas estaciones no hubo diferencias de significación estadística. Al comparar las t_{or} entre

estaciones, se observó que estas fueron estadísticamente diferentes ($t = -2,666$; $p = 0,008$). No obstante, la diferencia de las medias registradas entre las estaciones fue solo de 0,08 °C. Este hecho confirma la estabilidad de los mecanismos de regulación de la temperatura corporal, los cuales son producto de la aclimatación¹⁸, ya que todos los sujetos llevan laborando en estos ambientes térmicos más de 5 años. En particular, se han reportado semejantes respuestas fisiológicas en otros trabajadores cubanos expuestos a labores en ambientes calurosos, sin que esto afecte su desempeño laboral, señalándose que la aclimatación no solo es un factor protector, sino una predisposición natural de las personas que han vivido ancestralmente expuestos a un medio caracterizado por altas temperaturas y humedad⁸⁻¹⁰. Otros autores han comentado resultados funcionales obtenidos de sujetos aclimatados que laboran expuestos a condiciones de altas temperaturas y humedad, destacándose la ausencia de efectos negativos y la tolerancia a aumentos de la t_{co} de más de 1 °C^{19,20}.

La HR es otra de las variables de elección cuando se evalúan los efectos del calor en las personas laboralmente expuestas⁽²¹⁾. La HR mostró diferencias interindividuales en las respectivas estaciones de invierno y de verano, pero no fueron determinantes en el comportamiento de las medias grupales diarias ni estacionales. Aunque se registró una HR media de unos 7 bpm mayor en el horario 2 de invierno, no resultó ser estadísticamente significativa la comparación de las medias de los horarios 1 y 2 en la estación de invierno

($p=0,34$). Los aumentos de HR de 30 y más latidos por minuto por encima de los registros individuales de referencia, son indicativos de trabajo intenso; estos incrementos tuvieron lugar en diferentes momentos de la jornada de trabajo, pero predominaron en el horario 2, producto del incremento de la demanda física que habitualmente ocurre en ese horario para terminar la elaboración de las raciones de alimentos del almuerzo e iniciar la elaboración de los correspondientes al horario vespertino. La carga física en el horario 2 se caracteriza por desplazamientos frecuentes, movimientos de miembros superiores frecuentes y realización de fuerza; también desempeña un papel importante el componente muscular estático, dado por la postura de pie sosteniendo y manipulando diversos medios de trabajo. Hubo dos sujetos que alcanzaron valores de $HR_L^{(3,11)}$, pero no rebasaron el tiempo de 4 minutos consecutivos requeridos por dicho indicador para calificar la exposición a estrés térmico³. La comparación de las medias de HR obtenidas en el horario 2 de ambas estaciones no obtuvo significación estadística, pues la media del verano fue solo discretamente superior (+1,69 bpm), como puede verse en la tabla 3. Las frecuencias cardíacas (CC_{peak} , HR_L , ICC_{peak} , RHR) por encima de los límites seguros registradas en este estudio, denotan momentos de elevada tensión funcional cardiovascular; no obstante, esas cargas, aisladas, resultaron de corta duración, o sea, que aunque hubo HR_{peak} en la actividad con valores de compromiso fisiológico importante, equivalentes a intensidades superiores al 70% de la CTF del trabajador masculino cubano promedio, por su brevedad no satisficieron el criterio de HR_L en ningún caso.

La pérdida de peso por sudoración tampoco evidenció cambios significativos estadísticamente en ninguna de las dos estaciones ni entre ellas, debido a, entre otras razones, los efectos de la aclimatación y la frecuencia de ingestión de líquidos facilitada por el medio en el cual se labora.

En cuanto a las variables ambientales, como era esperado, experimentaron cambios horarios y estacionales significativos:

- Las t_g más altas en el horario 2 están relacionadas con: a) el funcionamiento de nuevas fuentes generadoras de calor radiante (hornos, freidoras), pues a medida que avanza la jornada de trabajo, su número se incrementa; y b) un mayor efecto térmico proveniente de la radiación solar característico del calentamiento del día; en el verano es significativamente notable la influencia estacional, con registros muy superiores a los del invierno.
- Asimismo, se registraron aumentos de las temperaturas húmeda natural, del aire y del índice WBGT. Solamente la v_a no sufrió cambios horarios ni estacionales de significación estadística.
- La RH en los horarios 2 fue significativamente menor en invierno ($p=0,002$) y en verano ($p=0,007$) con relación a las registradas en los horarios 1 respectivos, pudiendo estar asociado principalmente a los

aumentos de la temperatura radiante registrados. Por igual razón, las medias de las RH de los horarios 2 de invierno y de verano no resultaron diferentes, probablemente debido a las peculiaridades del ambiente térmico que se desarrolla en el área de trabajo al aumentar el número de fuentes generadoras de calor, las cuales deshidratan el aire de la zona. Las correlaciones negativas de la RH con la t_g , obtenidas^b parecen confirmar este hecho.

La asociación entre las variables fisiológicas y ambientales demostrada en esta investigación es información a considerar sobre el empleo conveniente de las mediciones fisiológicas como predictores del nivel de riesgo para la salud del trabajador, y su aplicación en la normalización ergonómica resulta factible por la simplicidad del procedimiento (puede desarrollarlo una persona con formación general de nivel secundario), y por requerir recursos tecnológicos mínimos y económicos^{12,22-24}.

Igualmente, las variables ambientales, en particular la temperatura radiante, la temperatura húmeda natural y la velocidad del aire, conjuntamente (pero no necesariamente) con el índice WBGT, que obtuvieron correlaciones muy significativas con la temperatura oral, la variable fisiológica que se mostró más sensible a los cambios del ambiente térmico en esta investigación, pueden aplicarse como predictores de riesgo para la salud, pero requieren de personal con formación técnica especializada y recursos más complejos y costosos. El índice WBGT, a pesar de haber sido objeto de numerosas críticas por sus limitaciones metodológicas, continúa siendo el indicador del ambiente térmico caluroso más utilizado actualmente en el mundo.

La interrogante de si el deterioro funcional en el verano resultaba mayor que en invierno, dada las características geográficas y climáticas de Cuba, continúa pendiente de respuesta, pues los resultados obtenidos en este estudio no evidencian tal deterioro, que más bien refuerzan los criterios del rol de la aclimatación como factor protector para este tipo de labor, donde la intensidad de trabajo y las temperaturas ambientales son de ligeras a moderadas con muy escaso tiempo de tareas altamente demandantes. Por otra parte, el hecho de que se hayan reportado muy pocos casos en el país de eventos patológicos relacionados con la exposición laboral al calor, y que haya quienes defienden el criterio de que la *aclimatación natural* del cubano no es razón suficiente para afirmar la imposibilidad de su ocurrencia, pues existen condiciones en el ambiente laboral y otros determinantes favorables. De ahí que sea necesario continuar las investigaciones sobre el tema, extendiéndolas a otros colectivos laborales y que incluyan trabajos pesados, metalúrgicos, constructores, reparadores de vías férreas y obreros agrícolas entre, otras ocupaciones, en las cuales se da la doble condición de trabajo con altas demandas metabólicas realizado a la intemperie, con exposición a una fuente

^b Invierno: $r=-0,528$; $p=0,000$; verano: $r=-0,486$; $p=0,000$

de calor radiante (energía solar) y, por lo general, con exigencias organizativas que responden a un plan de actividad o a una norma de cumplimiento de objetivos en la jornada laboral.

En síntesis, los principales resultados de la presente investigación fueron los siguientes:

1. Las variables fisiológicas temperatura oral y frecuencia cardiaca aumentaron significativamente al incrementarse la carga térmica del ambiente causada por el calentamiento del día y por una mayor demanda metabólica de la labor.
2. La temperatura oral y la frecuencia cardiaca medias del verano fueron mayores que las del invierno (efecto estacional). Las variables ambientales y temperatura oral registraron aumentos significativos. El incremento promedio de la frecuencia cardiaca no tuvo significación estadística ni tampoco la pérdida de peso por sudoración.
3. Se obtuvieron correlaciones significativas de las variables temperatura oral y frecuencia cardiaca con todas las variables ambientales excepto con la velocidad del aire.
4. Los criterios de referencia y los indicadores fisiológicos propuestos permiten la evaluación de la tensión térmica para el establecimiento de límites de seguridad funcional y el control del ambiente para el trabajo ligero y moderado en las condiciones laborales semejantes a la descrita en esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Sawka MN, Wenger CB, Pandolf KB. Thermoregulatory responses to acute exercise-heat stress and heat acclimation. En: Fregly MJ, Blatteis CM, editors. Handbook of Physiology. Section 4. Environmental Physiology v. 1. New York/Oxford: Oxford University Press; 1996. p. 157.
2. 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.
3. 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
4. World Health Organization. Health factors involved in working under conditions of heat stress. Technical Report Series No. 412. Geneva: WHO; 1969.
5. 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; 2001.
6. 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.
7. National Institute for Occupational Safety and Health. Criteria for a recommended standard: occupational exposure to hot environments, rev. DHHS (NIOSH) Publication No. 86-113. Washington DC: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, NIOSH; 1986.
8. 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.
9. Pommerenck C et al. Problema Principal de Estudio PPE No. 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).
10. Manero R, Wong C, Suárez A. Respuestas fisiológicas en el proceso de aclimatación al calor. *Rev Cub Hig Epid* 1986;24(2):173-80.
11. Manero R. Indicadores prácticos para la evaluación de la capacidad física de trabajo [Tesis doctoral]. La Habana: Academia de Ciencias de Cuba; 1985.
12. Caballero EL, González N. Propuesta de indicadores para modificar la Norma Cubana NC (SNPHT) 19-00-03:1985 Carga e intensidad de trabajo, criterios de evaluación. La Habana: Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores; 2000.
13. Comité Estatal de Normalización. SNPHT. Carga e intensidad de trabajo. criterios de evaluación. NC 19-00-03:1985. La Habana: CEN; 1985.
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; 1995.
15. Royal College of Physicians, Obesity. *J Roy Col Phys of Lon* 1983;17(1):1-58.
16. Comité de Expertos de la OMS. Clasificación del índice de masa corporal (IMC). Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
17. Manero R. Indicadores prácticos para la evaluación de la capacidad física de trabajo [Tesis doctoral]. La Habana: Academia de Ciencias de Cuba; 1985.
18. Astrand PO, Rodahl K. Fisiología del Ejercicio Físico. 3^a ed. México DF: Mc Graw Hill Interamericana; 1992.
19. Brake DJ, Bates GP. Deep body core temperatures in industrial workers under thermal stress. *J Occup Environ Med* 2002;44(2):125-35.
20. Brake DJ, Bates GP, Fatigue in industrial workers under thermal stress extended shift lengths. *Occup Med* 2001;51:456-63.
21. UNE-EN ISO 9886:2002. Evaluación de la so-

- brecarga térmica mediante mediciones fisiológicas.
22. 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.
 23. 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;24(96):15-28.
 24. 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.
-

Recibido: 5 de mayo de 2009

Aprobado: 8 de julio de 2009