

Efectos fisiológicos de la termorregulación en trabajadores expuestos a altas temperaturas en una Siderúrgica en Colombia.

V Danna Karenina *, V Juan Carlos

RESUMEN

Introducción: La exposición a altas temperaturas en ambientes laborales conlleva a cambios fisiológicos que se manifiestan como mecanismos de compensación a la alteración del equilibrio homeostático corporal. El propósito del presente estudio fue determinar los cambios y el comportamiento de variables fisiológicas a través de frecuencia cardíaca, densidad urinaria, temperatura corporal y tasa de sudoración, en dos escenarios con condiciones térmicas ambientales diferentes definidas por la exposición (grupo expuesto y no expuesto). Adicional, en dos áreas de trabajo diferentes correspondientes al proceso de fundición del acero, una de ellas, Horno eléctrico donde se hace la fusión de la chatarra y demás materias primas, obteniendo así el acero líquido, el cual se vierte en el Horno Cuchara y en este, libre ya de escoria se realiza el afinado y ajuste definitivo de la composición química del acero. **Objetivos:** Identificar la relación de las respuestas fisiológicas a carga física y térmica, comparar las respuestas funcionales registradas en el grupo expuestos y no expuestos y contribuir a la introducción de nuevos indicadores para evaluar carga e intensidad de trabajo con fines de normalización ergonómica. **Método:** Investigación experimental en una muestra de 30 trabajadores evaluados en dos condiciones ambientales diferentes. La temperatura oral se registró al inicio de la jornada y con intervalos de toma de 3 horas. La frecuencia cardíaca (HR) se registró durante las 8 horas de trabajo continuas con pulsometría. Igualmente, se estimó la sudoración por pérdida de masa corporal entre el inicio y el final de la jornada laboral teniendo en cuenta ingestas y pérdidas. El procesamiento estadístico se realizó con el programa SPSS v. 20.0, calculándose medidas de tendencia central y dispersión, prueba de Wilcoxon para las variables dependientes y correlación para identificar asociaciones. Para todos los cálculos se asumió $p < 0,05$. **Resultados:** No se observaron diferencias significativas frente a la variación de la frecuencia cardíaca (media y máxima), la tasa de sudoración y la densidad urinaria. A pesar de que no hubo diferencias significativas en la variación de la temperatura corporal en horno cuchara, si se observó una diferencia significativa en el horno eléctrico. **Conclusión:** Aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la mayoría de las variables, es un hecho que la exposición a temperaturas elevadas extremas tiene un impacto en el comportamiento fisiológico del organismo. Futuros estudios deben considerar la posibilidad de estandarizar protocolos que permitan la exposición térmica basada en el perfil particular de cada trabajador.

Palabras clave: Alta temperatura, termorregulación, pulsometría, uroanálisis, termometría, tasa de sudoración y carga física.

ABSTRACT

Introduction: The exposure to high temperatures in the work place involves physiological changes expressed as compensation mechanisms to the impaired homeostatic balance of the body. The purpose of this study is to determine changes and behavior of physiological variables through heart rate, urine density, and body temperature

and sweat rate, carried out in two scenarios, with two different environmental temperatures prescribed by exposure – group exposed and unexposed. Additional in two different areas of work for the steel melting process, one, electric oven where melting of scrap and other raw materials is made, thus obtaining the liquid steel, which is dumped into the oven and spoon this, free of slag refining and final adjustment of the steel chemistry is performed. **Objectives:** To identify the relationship between the physiological responses to thermal and physical load thus, to compare the functional responses recorded from the exposed and unexposed group. Similarly, to add new indicators that allow assessing load and work intensity aim to ergonomic standardization. **Method:** Experimental research conducted on a sample of 30 workers tested in two different environmental conditions. Oral temperature was recorded at the beginning of the shift and within 3-hour interval. Heart rate was recorded, continuously, during the whole 8 hour shift with a heart rate monitor. In addition, sweat rate was estimated by calculating the body mass lost between the start and the end of the shift taking into account intake and losses. Statistical calculation were performed using SPSS v.20.0 software, calculating measurements of central tendency and dispersion, Wilcoxon test for the dependent variables; correlation was calculated to identify association. For all calculations, $p < 0.05$ was assumed. **Results:** There were no significant differences between the heart rate variations (maximum and minimums), the sweat rate and the urine density. Although, there were no significant differences within the corporal temperature changes inside the ladle furnace, a notorious difference was observed in the electric furnace. **Conclusion:** Even though, and based on statistics, no significant differences in most variables were found, it has been proved that exposure to extreme heat has an impact on the physiological behavior of the human body. There for, future studies should consider standardizing protocols for the thermal exposure based on the particular profile of each worker.

Key Words: High Temperature, thermoregulation, heart rate monitor, urinalysis, thermometry, sweat rate and physical load.

INTRODUCCIÓN

La termorregulación es un proceso natural del cuerpo que consiste en la activación de mecanismos centrales y periféricos que tienen como objetivo mantener la homeostasis corporal y las funciones vitales estables. En términos generales, el control de la temperatura esta mediado por tres mecanismos generales, como son la sudoración, el flujo sanguíneo y el flujo de electrolitos en el organismo, como se muestra en la Figura 1 (Havenith, 2002). No obstante, existen otros factores que influyen en este proceso como lo son el ciclo circadiano, la vestimenta utilizada, el nivel de hidratación y el nivel de actividad física, entre otros.

De acuerdo a (Lichtenbelt y cols.2001), la temperatura corporal varía de acuerdo a la región corporal y por lo tanto la respuesta a las modificaciones térmicas ambientales no tiende a ser homogénea. De hecho, la temperatura corporal puede

ser dividida en un compartimento interno y otro externo, (Lichtenbelt y cols, 2001). Esto hace que haya un intercambio constante de calor entre estructuras y tejidos adyacentes con el ambiente, a fin de mantener el equilibrio homeostático.

La exposición a altas temperaturas en ambientes laborales conlleva a cambios fisiológicos que se manifiestan como mecanismos de compensación a la alteración de equilibrio homeostático. Estos cambios se pueden observar y cuantificar a través de la medición de índices fisiológicos como la frecuencia cardiaca, la densidad urinaria, temperatura corporal (TC) y el índice de sudoración.

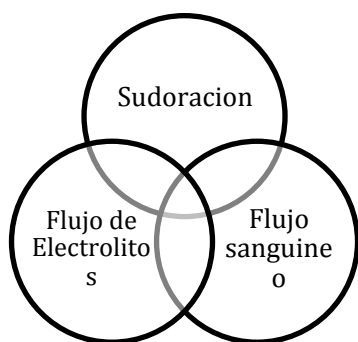


Figura 1. Termorregulación

De acuerdo a Zhe Tian y cols. (2011) temperaturas ambientales sobre los 32°C son consideradas como ambientes extremos para llevar a cabo en actividades laborales. De hecho, bajo estas condiciones termicas la respuesta fisiologica tiende a ser exagerada, disminuyendo la tolerancia del cuerpo a los cambios homeostaticos y aumentando la probabilidad de un choque termico con consecuencias adversas (SAHU, SETT, & KJELLSTROM, 2013). Estas condiciones pueden reducir significativamente el rendimiento de los trabajadores al igual que la productividad de la empresa.

El propósito del presente estudio fue determinar la variación de variables fisiológicas como la frecuencia cardiaca en dos condiciones térmicas diferentes de trabajo. Para efectos de simplicidad, el análisis de asociación entre estas variables fisiológicas y su posible impacto en el equilibrio homeostático, esta fuera del alcance de este estudio y por lo tanto no se tendrá en cuenta.

1. METODOLOGIA

1.1.Participantes

Se seleccionó una muestra de treinta trabajadores (hombres) bajo el cargo de auxiliar de horno que laboraban en tres turnos de la jornada laboral: mañana (7:00 am – 3:00 pm), tarde (3:00 pm a 11:00 pm) y noche (11:00 pm a 7:00 pm). La caracterización de los muestra de participantes está resumida en la Tabla 1. Los participantes fueron distribuidos en dos grupos: grupo de no expuestos (primer día) y grupo de expuestos (segundo día).Definida la exposición por temperatura externa de 35° por el horno eléctrico y horno cuchara. Todos

los trabajadores rotaron por los dos grupos y por ende fueron expuestos a dos condiciones térmicas diferentes.

Tabla 1
Caracterización de participantes

	n=30
Edad (años)	37,5 ± 9,1
Peso (kg)	76 ± 9,7
Talla (m)	1,69 ± 0,0 7
IMC	26,6 ± 2,9

1.1.1. Criterios de inclusión

Para poder formar parte del estudio, los participantes debían ser mayor de 18 años, aceptar de forma voluntaria, llevar más de dos semanas de trabajo y estar expuesto a trabajo en altas temperaturas.

1.1.2. Criterios de exclusión

Como criterios de exclusión se estableció que no podían formar parte del estudio quienes tuvieran antecedentes patológicos cardiovasculares, hubieran consumido bebidas energizantes o cafeinadas previo a la toma de datos, haber tenido una enfermedad infecciosa, tener fiebre el día del estudio, presentar una Frecuencia Cardiaca en Reposo (FCR) superior a 100 lpm o tener bradicardia o taquicardia fisiológica.

1.2.Diseño experimental

Para la realización del estudio se seleccionaron dos áreas diferentes que generaban exposición constante a altas temperaturas. En las dos áreas había

manipulación continua de dos modalidades de horno (horno cuchara y horno eléctrico).

El horno cuchara es utilizado para refinación del acero fundido por medio de un horno de arco eléctrico, hogar abierto y convertidor. Cumple con

los requisitos específicos de colada continua y laminado. Ha sido ampliamente utilizado en la industria siderúrgica, así como de otros sectores. Puede acelerar la producción y mejorar la eficiencia. El horno eléctrico se calienta por medio de un arco eléctrico. Los tamaños van desde la tonelada de capacidad (utilizado en fundiciones) hasta las 400 toneladas de capacidad en la industria metalúrgica. La descripción de la población estudiada se realizó con base en las medidas de tendencia central y variabilidad

La descripción de las distribuciones obtenidas se hizo con base en la media y su desviación estándar; la comparación de las distribuciones de probabilidad obtenidas se realizó con base en la prueba T de Wilcoxon para medidas repetidas y datos relacionados. Se estableció a priori un nivel de significación estadística $\alpha = 0,05$. El procesamiento de la información se hizo con el paquete estadístico SPSS versión 2.0.

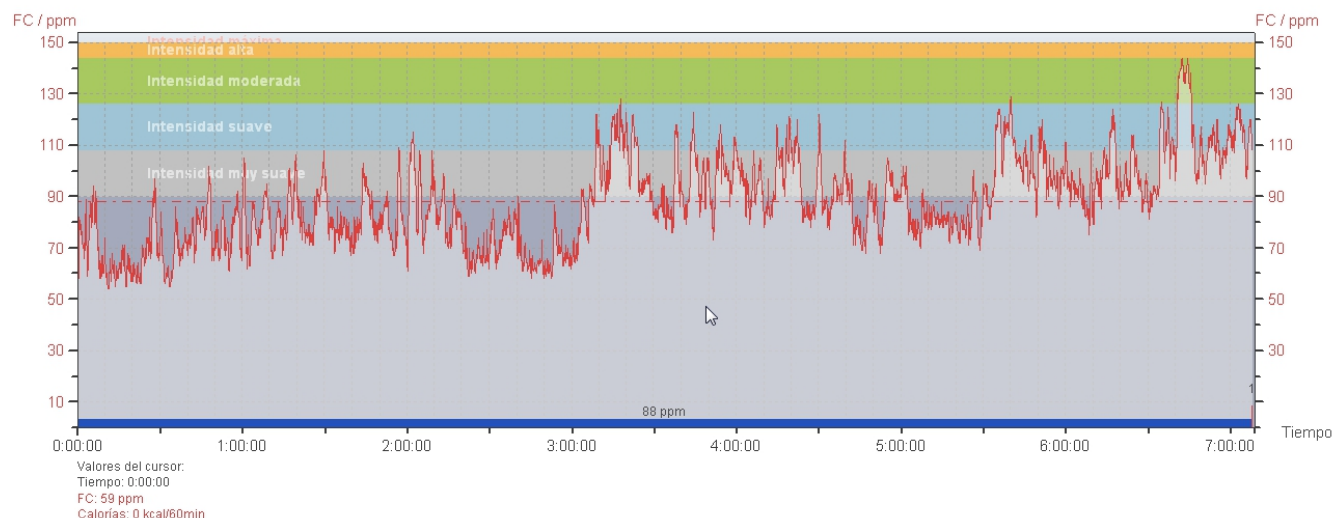
1.3. Herramientas

1.3.1. Pulsometría

Para el monitoreo de la frecuencia cardiaca media (FCM) y frecuencia cardiaca máxima (FCMáx) se

Imagen 1

Histograma de pulsometría



utilizó un pulsometro de alta gama POLAR CX600-

RS800 a través del cual se generaron histogramas a través del software PRO TRAINER 5 una vez finalizó la toma de datos, como se muestra en la Imagen 1. La recolección de estos datos permitió calcular el Costo Cardiaco Absoluto (CCR) definido como la diferencia entre frecuencia cardiaca media y

frecuencia cardiaca de reposo. Igualmente el Índice de costo cardiaco relativo definido como la división entre el costo cardiaco absoluto y la diferencia entre a frecuencia cardiaca teórica y la frecuencia de reposo cuyos valores mide la tolerancia de trabajo del sujeto.

1.3.2. Termometría

Para la toma de la temperatura corporal se utilizó un termómetro convencional de mercurio por vía oral.

1.3.3. Uroanálisis

Para medir la densidad urinaria, se utilizó una Tira colorimétrica colocada en la muestra de orina de cada participante. Para su interpretación se utilizó una guía igualmente colorimétrica.

1.3.4. Tasa sudoración

Para el cálculo de la sudoración se aplicó la siguiente fórmula matemática:

Tabla 2
Mediciones fisiológicas

Variables	n	Horno Eléctrico		Prueba T Wilcoxon	n	Horno Cuchara		Prueba T Wilcoxon
		Media ± D. S.		Valor_p		Media ± D. S.		Valor_p
		Expuesto	No Expuesto			Expuesto	No Expuesto	
T°C inicial	9	35,3 ± 0.18	35,9 ± 0,17	0,326	6	35,6 ± 1,2	36,0 ± 0,2	0,599
T°C a 3 h	9	36,0 ± 0,5	36,1 ± 0,52	0,932	6	35,9 ± 0,3	35,9 ± 0,3	0,891
T°C a 6 h	9	36,1 ± 0,5	35,8 ± 0,35	0,260	6	36,3 ± 0,3	36,2 ± 0,5	0,416
T°C final	9	36,3 ± 0,4	35,9 ± 0,27	0,049	6	36,3 ± 0,4	35,8 ± 0,6	0,143
Densidad urinaria	9	1,028 ± 0,003	1,026 ± 0,004	0,334	6	1019 ± 3,7	1020 ± 5,4	0,655
Sudoración	9	2779 ± 753	2626 ± 973	0,484	6	2778,1 ± 2520,	3298,2 ± 1057.1	0,463

$Sudoración = (Peso\ inicial + Ingesta\ liquida + ingesta\ solida) - (Peso\ final + perdida\ liquida + perdida\ solida).$

1.4.Procedimiento

El estudio comenzó con el grupo no expuesto. Al inicio del primer turno se aplicó el test PARQ, por el Canadian Society for Exercise Physiology se pesaron a los trabajadores en ropa interior, se tomó a temperatura corporal oral (inicial) a cada trabajador. Posteriormente se les colocó el pulsometro previamente sincronizado con el peso, estatura y edad de cada participante.

Para la toma de la temperatura corporal, se establecieron rangos de mediciones cada tres horas. Para la densidad urinaria se hizo entrega de un vaso personal (marcación personal), y una vez obtenida la muestra se pesó y midió. Para la sudoración, se pesó cada ingesta liquida y sólida que tuviera el individuo restando el peso de los recipientes, igualmente la perdida liquida y sólida. La pulsometría fue verificada cada 30 minutos corroborando la frecuencia

Tabla 3
Análisis pulsometría

Variables	n	Horno Eléctrico		Prueba T Wilcoxon	n	Horno Cuchara		Prueba T Wilcoxon
		Media ± D. S.		Valor_p		Media ± D. S.		Valor_p
		Expuesto	No Expuesto			Expuesto	No Expuesto	
FC media	9	85,56 ± 8,6	88,3 ± 12,1	0,292	6	91,0 ± 10,9	78,6 ± 9,0	0,141
FC máxima	9	137 ± 16,9	147,8 ± 19,7	0,208	6	138,0 ± 18,6	130,33 ± 18,9	0,400
ICC relativo	9	,24 ± ,055	,24 ± ,065	0,483	6	,28 ± ,064	,20 ± ,044	0,080
CCA absoluto	9	30,67 ± 8,4	29,63 ± 8,1	1,000	6	35,17 ± 7,2	25,5 ± 6,0	0,116

cardiaca revisada en el monitoreo del reloj Polar. Al final de cada turno se pesaron a los trabajadores nuevamente en ropa interior seca y se midió la temperatura corporal oral (final). Se finalizó con el cierre de la grabación del reloj POLAR® y la remoción de la banda.

A cada trabajador se le indico que debía depositar la orina en el vaso previamente identificado para así pesarlo y tomarle la densidad urinaria.

RESULTADOS

Respecto a la tabla 2 la descripción de las distribuciones obtenidas se hizo con base en la media y su desviación estándar; la comparación de las distribuciones de probabilidad obtenidas se realizó con base en la prueba T de Wilcoxon para medidas repetidas y datos relacionados. Se estableció a priori un nivel de significación estadística $\alpha = 0,05$.

La temperatura corporal identificada en el horno eléctrico para los expuestos fue ascendiendo y varió entre 35,3 grados (momento inicial) y 36,3 grados (momento final). En el grupo no expuesto no se observó una tendencia creciente ya que no hubo un aumento significativo entre la temperatura inicial y final comparar la temperatura entre expuestos y no expuestos, solo se observaron diferencias

estadísticamente significantes al momento de finalizar el trabajo(p=0,049).

Tabla 4
Comparación pesos iniciales y finales

Turno mañana

Variables	n	Horno Eléctrico		Prueba T Wilcoxon	n	Horno Cuchara		Prueba T Wilcoxon
		Media ± D. S.		Valor_p		Media ± D. S.		Valor_p
		Expuesto	No Expuesto			Expuesto	No Expuesto	
Peso inicial	3	75900 ± 6584,8	75466,7 ± 6294,7	0,102	2	70500,0 ± 7778,1	71050,0 ± 8555,9	0,317
Peso final	3	76333,3 ± 6709,2	76033,3 ± 6107,6	0,285	2	69500,0 ± 9192,3	71550,0 ± 7141,7	0,655

Turno tarde

Variables	n	Horno Eléctrico		Prueba T Wilcoxon	n	Horno Cuchara		Prueba T Wilcoxon
		Media ± D. S,		Valor_p		Media ± D. S.		Valor_p
		Expuesto	No Expuesto			Expuesto	No Expuesto	
Peso inicial	3	71200,0 ± 6763,8	71500,0 ± 6264,9	0,564	6	72000,0 ± 1414,2	725000,0 ± 3535,5	0,655
Peso final	3	71266,7 ± 6572,9	71900,0 ± 5500	0,990	6	73000,0 ± 2969,8	71500,0 ± 3535,5	0,157

Turno noche

Variables	n	Horno Eléctrico		Prueba T Wilcoxon	n	Horno Cuchara		Prueba T Wilcoxon
		Media ± D. S,		Valor_p		Media ± D. S.		Valor_p
		Expuesto	No Expuesto			Expuesto	No Expuesto	
Peso inicial	3	87033,3 ± 11113,2	85366,7 ± 12516,5	0,285	2	76500,0 ± 17677,6	77650,0 ± 16263,4	0,317
Peso final	3	87366,7 ± 11449,1	77850 ± 636,4	0,180	2	76500,0 ± 16263,4	76000,0 ± 15556,3	0,180

La temperatura en el horno cuchara para los expuestos tuvo un comportamiento similar al observado en el horno eléctrico; varió entre 35,6 grados (momento inicial) y 36,3 grados (momento final). En el grupo no expuesto no se observó una tendencia creciente y su comportamiento fue similar al observado en el horno eléctrico. En el grupo de expuestos se observó un aumento de temperatura de un grado, lo que expresa que en una directa correlacione entre el aumento de carga física y

termica puede traer como resultado el aumento de aspectos fisiologicos como la termometria. si Al comparar la temperatura entre expuestos y no expuestos, no se observaron diferencias estadísticamente significantes.

El comportamiento de la densidad urinaria en el Horno eléctrico fue similar en ambos grupos (1028 y 1026 respectivamente); las diferencias observadas no fueron estadísticamente significantes (p=0,334). En el horno cuchara se observaron medias un poco más bajas que en el Horno eléctrico en ambos grupos (1019 y 1020 respectivamente); las diferencias observadas no fueron estadísticamente significantes (p=0,655).

Con respecto a sudoración en el horno eléctrico se aprecia una media mayor en los expuestos (2779) que en los no expuestos (2626); sin embargo, las diferencias observadas no fueron estadísticamente significantes ($p=0,484$). En el horno los trabajadores cuchara la media de sudoración fue mayor en no expuestos (3298) que en expuestos (2778); las diferencias observadas no fueron estadísticamente significantes ($p=0,463$) que en expuestos; sin embargo, las diferencias observadas no fueron estadísticamente significantes. Lo que se identifica como un equilibrio entre la ingesta y la pérdida donde no se evidencia una deshidratación o pérdida de agua por encima del límite permisible.

Respecto al análisis de la frecuencia cardíaca evidenciado en la tabla 3 en el horno eléctrico, la frecuencia cardíaca media (88,3), y máxima (147,8) fue mayor en no expuestos que en expuestos; sin embargo, las diferencias observadas no fueron estadísticamente significantes. En el horno cuchara, sucedió lo contrario: la frecuencia cardíaca media (78,6), máxima (130,3) y el índice de costo cardíaco (0,20) fue menor en no expuestos que en expuestos; sin embargo, las diferencias observadas no fueron estadísticamente significantes.

Al realizar el análisis de la relación entre el peso inicial y el peso final los resultados evidenciados en la tabla 4 se concluyó que en el Horno eléctrico se observó que, cuando el grupo estuvo expuesto, el promedio de peso al final de la jornada (78322,2 gm) aumentó en promedio 277,8 gm con respecto al peso inicial; sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significantes ($p = 0,062$). Al comparar las medias de peso según exposición se observaron medias de peso menor en el grupo no expuestos tanto al momento inicial como al final. No obstante, las diferencias observadas no fueron estadísticamente significantes ($p = 0,064$ y $p = 0,671$ respectivamente.) Lo anterior estima que el nivel

Cuando se analizó por turno se observó igual tendencia en todos los turnos en el grupo expuesto. El comportamiento de la variación del peso en el grupo no expuesto fue a aumentar en los turnos de la mañana y la noche. No obstante, las diferencias observadas no fueron estadísticamente significantes. En el Horno Cuchara se observó que, cuando el grupo estuvo expuesto, el promedio de peso al final de la jornada (72666,6 gm) disminuyó en promedio 333,4 gm con respecto al peso inicial; sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significantes ($p = 0,713$).

En el Horno cuchara se presentaron medias de peso similares en los grupos tanto al momento inicial como al final. No obstante, las diferencias observadas no fueron estadísticamente significantes ($p = 0,713$ y $p = 0,248$ respectivamente.). Cuando se analizó por turno se observó igual tendencia en los turnos de la mañana y la tarde en el grupo expuesto. El comportamiento de la variación del Peso en el grupo no expuesto fue a aumentar en el turno de la mañana y la noche. No obstante, las diferencias observadas no fueron estadísticamente significantes

DISCUSION

Desde el punto de vista de salud ocupacional, se encuentran múltiples estudios en la literatura científica que han reportado los efectos fisiológicos de trabajadores expuestos a condiciones térmicas extremas (Piekarski, 1995; Hancock y Vasmatazidis, 1998; Liu, 2007; Hoof 2008).

Es claro que la respuesta fisiológica que genera el organismo frente a la exposición a altas temperaturas se puede medir a partir de índices fisiológicos como los que se utilizaron en el presente estudio. Zhe y cols. (2011) llevaron a cabo un estudio similar en el cual se incluyó índices fisiológicos como la temperatura corporal oral, la frecuencia cardíaca, la presión sanguínea y la tasa de sudoración. En ese estudio, los autores observaron una diferencia significativa en la temperatura corporal oral antes y después de someter los participantes a un acondicionamiento térmico. Lo anterior refleja el proceso normal de termoregulación que ocurre con el organismo luego de estar expuesto continuamente a un estímulo térmico diferente al usual. Esto se convierte en un factor protector para el trabajador, disminuyendo el riesgo asociado a la exposición a altas temperaturas sin previo acondicionamiento.

Zhe y cols (2011) también reportaron modificaciones importantes en la tasa de sudoración luego de exponer los participantes a un programa de acondicionamiento térmico, mostrando un aumento con respecto al inicio del programa. Esto sugiere que la pérdida de líquidos de los trabajadores que se encuentran acondicionados térmicamente luego de un periodo de tiempo, es mayor en proporción, lo que implica un manejo diferencial de hidratación. Estos resultados sugieren que el acondicionamiento previo a la exposición no solo reduce el riesgo, sino genera una variabilidad en la tasa de sudoración, aspecto que debe ser debatido en futuros estudios.

Adicionalmente, el presente estudio muestra una discrepancia en relación a la variabilidad de la temperatura corporal oral, dado que los resultados mostraron diferencias significativas entre los dos grupos entre el horno eléctrico, pero no en el horno cuchara. Es probable que la vía por la cual se monitorea la temperatura corporal pueda influir en la interpretación de los resultados en relación a como el organismo responde a los cambios de temperatura. En el estudio llevado a cabo por Yang y cols. (2014), la temperatura corporal fue monitoreada por vía rectal y axilar, arrojando una diferencia significativa en relación a la temperatura central (compartimento interno) y la temperatura superficial (compartimento externo). Debido a que en el presente estudio la temperatura fue monitoreada por vía oral, es probable que la interpretación no refleje a profundidad la variabilidad real de la temperatura corporal.

De igual forma, a pesar que en el presente estudio no se observaron diferencias estadísticamente significativas en relación a la variación de la frecuencia cardiaca, existe evidencia científica que prueba lo contrario. En el estudio llevado a cabo por Wong y cols. (2014), se encontraron diferencias significativas en el comportamiento de la frecuencia cardiaca en dos grupos de trabajadores expuestos a temperaturas altas (31°C) en espacios abiertos. Por otro lado, en otros estudios llevados a cabo (Zhe y cols, 2011; SAHU & cols, 2013) se ha reportado modificaciones significativas de la frecuencia cardiaca bajo condiciones termicas extremas.

Considerar tiempos de reposo ideal de acuerdo al perfil del trabajador y del puesto de trabajo es un elemento fundamental para reducir los efectos adversos de la exposicion a tempratura extrema. De hecho, a pesar que en el presente estudio no se llevó a cabo un análisis referente a los tiempos de exposición/reposo tolerables, es evidente la necesidad de generar estandares para limitar el tiempo de exposición. En ese sentido, en un estudio llevado a cabo por Yi y Chan (2013), los autores estimaron los valores de tiempo de tolerancia al calor (TTC) a traves de la tecnica de Monte Carlo para la jornada de la mañana y de la tarde, con unas condiciones estandar de temperatura de 29°C y 32°C, respectivamente. De acuerdo a los hallazgos, los autores reportan que en la jornada de la mañana un tiempo promedio de exposición es ideal si esta alrededor de 120 minutos, mientras que en la tarde es de 115 minutos.

CONCLUSION

Aunque no se encontraron diferencias estadisticamente significativas en la mayoría de las variables, es un hecho que la exposicion a temperaturas elevadas extremas tiene un impacto en el comportamiento fisiológico del organismo.

Se puede concluir que hay factores fundamentales que influyen en el comportamiento de las variables fisiologicas como el tipo de trabajo frente a la demanda de carga física, el tiempo de exposición de acuerdo límites tolerables y por último la el perfil de cada trabajador como las características que posee cada organismo de tolerar la exposición al calor.

A pesar que la exposicion a altas temperaturas es considerada como un factor de riesgo, los resultados sugieren que el proceso natural de termorregulación intrínseco que posee el cuerpo humano es lo suficientemente efectivo como para contrarrestar los cambios generados dentro del cuerpo, facilitando un equilibrio homeostático

REFERENCIAS

- Havenith, G. (2002). The Interaction of Clothing and Thermoregulation. *Exogenous Dermatology*, 1 (5), 221-230.
- Lichtenbelt, W. D., Westertep-Plantenga, M. S., & Hoydonck, P. v. (2001). Individual variation in the in the relation between the body temperature and energy expenditure in response to elevated ambient temperature. *Physiology & behaviour*, 73, 235-242.
- Yang, J., Weng, W., & Zhang, B. (2014). Experimental and numerical study of physiological responses in hot environments. *Journal of Thermal Biology*, 45, 54-61.
- Wong, D. P.-l., Chung, J. W.-y., Chan, A. P.-c., Wong, F. K.-w., & Yi, W. (2014). Comparing the physiological and perceptual responses of constructionworkers (bar benders and bar fixers) in a hot

environment. *Applied Ergonomics* , 45, 1705-1711.

- Zhe Tian, N. Z. (2011). Experimental study on physiological and psychological effects of heat acclimatization in extreme hot environments. *Building and Environment* , 46, 2033-2041.
- Hancock PA, V. I. (1998). Human occupational and performance limits under stress: the thermal environment as a prototypical example. *Ergonomics* , 41 (8), 1169-1191.
- J, H. (2008). Air-conditioned deployable force infrastructure as a strategy to combat sleep deprivation among troops in hot countries. *Building Services Engineering Research and Technology* , 29 (4), 327-339.
- Piekarski, C. (1995). Climatic stress in coalmining in Germany: occupational health aspects. *Ergonomics* , 38 (1), 23-35.
- Liu, W. (2007). Survey of effect for coal mine workers in heat stress. *Journal of Safety Science and Technology* , 3 (3), 43-45.
- Yi, W., & Chan, A. (2013). Optimizing worker rest schedule for construction rebar workers in hot and humid environments. *Building and Environment* , 61, 104-113.
- SAHU, S., SETT, M., & KJELLSTROM, T. (2013). Heat exposure, Cardiovascular Stress, and Work Productivity in Rice Harvesters in India: Implications for a Climate Change Future. *Industrial Health* , 51, 424-431.