

Este informe recoge la opinión colectiva de un grupo internacional de especialistas y no representa necesariamente el criterio ni la política de la Organización Mundial de la Salud.

ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD

SERIE DE INFORMES TECNICOS

Nº 412

**PROBLEMAS DE SALUD
RELACIONADOS CON EL TRABAJO
EN CONDICIONES
DE SOBRECARGA TERMICA**

**Informe
de un Grupo Científico de la OMS**

ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD

GINEBRA

1969

© Organización Mundial de la Salud 1969

Las publicaciones de la Organización Mundial de la Salud están acogidas a la protección prevista por las disposiciones sobre la reproducción de originales del Protocolo 2 de la Convención Universal sobre Derecho de Autor. Ello no obstante, los organismos gubernamentales, las sociedades culturales y científicas y las asociaciones profesionales pueden reproducir ilustraciones, datos o extractos de esas publicaciones sin necesidad de pedir autorización a la Organización Mundial de la Salud.

Las entidades interesadas en reproducir o traducir íntegramente alguna publicación de la OMS deberán solicitar la oportuna autorización de la División de Servicios de Edición y de Documentación, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza. La Organización Mundial de la Salud dará a esas solicitudes consideración muy favorable.

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que se presentan los datos que contiene no implican, por parte del Director General de la Organización Mundial de la Salud, juicio alguno sobre la condición jurídica de ninguno de los países o territorios citados o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras.

La mención de determinadas sociedades mercantiles o del nombre comercial de ciertos productos no implica que la OMS los apruebe o recomiende con preferencia a otros análogos. Salvo error u omisión, las marcas registradas de artículos o productos de esta naturaleza se distinguen en las publicaciones de la OMS por una letra inicial mayúscula.

PRINTED IN SWITZERLAND

INDICE

	Página
1. Introducción general	5
2. Reacciones del organismo al calor	7
2.1 Consideraciones generales	7
2.2 Factores personales	9
2.3 Frecuencia del pulso	14
2.4 Temperatura profunda	18
2.5 Sudoración	21
3. Índices de la sobrecarga térmica	23
3.1 Introducción	23
3.2 Escalas de temperatura efectiva corregida	26
3.3 La sudoración previsible en cuatro horas (SP4H)	28
3.4 Índices del equilibrio térmico	29
4. Investigaciones que se recomiendan	32
Anexo. Convenios y recomendaciones de la Oficina Internacional del Trabajo que tratan del trabajo en medios calurosos	35

**GRUPO CIENTIFICO DE LA OMS SOBRE LOS ASPECTOS SANITARIOS
DEL TRABAJO EN CONDICIONES DE SOBRECARGA TERMICA**

Ginebra, 29 de agosto - 4 de septiembre de 1967

Miembros :

- Dr. H. S. Belding, Professor of Environmental Physiology, Department of Occupational Health, University of Pittsburgh, Pa., Estados Unidos de América (*Presidente*)
- Dr. B. Givoni, Jefe del Departamento de Climatología de Edificios, Instituto de Tecnología de Israel, Haifa, Israel
- Dr. M. N. Gupta, Director of Research, Central Labour Institute, Ministry of Labour, Employment and Rehabilitation, Bombay, India
- Dr. N. Hamar, Jefe del Departamento de Fisiología, Instituto Nacional de Higiene del Trabajo, Budapest, Hungría
- Dr. F. Lavenne, Profesor de Medicina, Director de Investigaciones Médicas, Instituto de Higiene de Minas, Hasselt, Bélgica (*Vicepresidente*)
- Dr. A. R. Lind, Cardiopulmonary Laboratory, Indiana University Medical Center, Wright Patterson Air Force Base, Ohio, Estados Unidos de América (*Relator*)
- Dr. B. Metz, Profesor de Fisiología, Centro de Estudios de Bioclimatología, Estrasburgo, Francia
- Dr. S. H. Shahbazjan, Profesor de Higiene del Trabajo, Instituto Médico de Kiev, Kiev, RSS de Ucrania
- Dr. H. G. Wenzel, Jefe del Segundo Departamento de Fisiología, Instituto Max Planck de Fisiología del Trabajo, Dortmund, Alemania

Representantes de otras organizaciones :

Organización Internacional del Trabajo :

Dr. G. Lambert, Servicio de Seguridad e Higiene del Trabajo, OIT, Ginebra

Consejo Internacional de Uniones Científicas :

Dr. J. R. Allan, Medical Officer (Research), RAF Institute of Aviation Medicine, Royal Air Force, Farnborough, Hants, Inglaterra

Secretaría :

- Dr. A. Bell, Jefe del Servicio de Higiene Social y del Trabajo, OMS, Ginebra (*Secretario*)
- Dr. C. S. Leithead, Profesor de Medicina, Departamento de Medicina, Universidad Haile Sellassie I, Addis Abeba, Etiopía (*Consultor*)

PROBLEMAS DE SALUD RELACIONADOS CON EL TRABAJO EN CONDICIONES DE SOBRECARGA TERMICA

Informe de un Grupo Científico de la OMS

Del 29 de agosto al 4 de septiembre de 1967 se reunió en Ginebra un Grupo Científico de la OMS para estudiar los problemas de salud relacionados con el trabajo en condiciones de sobrecarga térmica. En nombre del Director General abrió la reunión el Dr. J. Karefa-Smart, Subdirector General, quien señaló que las condiciones de vida y el estado de salud de las colectividades están vinculados a la productividad industrial, que depende a su vez de la eficiencia y el bienestar de los trabajadores. La higiene del trabajo tiene por eso particular importancia en los países en desarrollo, donde escasea la mano de obra debidamente preparada y donde la sustitución de un trabajador especializado suele plantear un problema difícil. El Dr. Karefa-Smart encareció la capital importancia de proteger a los trabajadores contra los factores del medio físico de posible acción nociva, de los que el calor es uno de los más frecuentes. Los problemas de salud que plantea la sobrecarga térmica son, naturalmente, más graves en los países en desarrollo, situados en su mayoría en la zona tropical y en las regiones subtropicales.

El Grupo eligió Presidente al Dr. H. S. Belding, Vicepresidente al Dr. F. Lavenne y Relator al Dr. A. R. Lind.

1. INTRODUCCION GENERAL

Los trabajadores de ciertos ramos, como la minería, la fabricación de acero o de vidrio, la agricultura y la construcción de carreteras, ejercen muchas veces su actividad profesional en medios muy calurosos, que incluso pueden poner en peligro su existencia. Se considera acertadamente que en estos casos el riesgo principal es el inherente a un trabajo penoso o un ejercicio físico intenso en un medio caluroso, pues la carga térmica total que ha de soportar el organismo es en realidad la suma del calor ambiental y del calor metabólico. Fisiólogos, ingenieros y médicos dedican cada vez mayor atención al problema y han llegado a reunir abundantes datos acerca de la determinación y la evaluación de tres elementos importantes a ese

respecto : a) los componentes de la sobrecarga térmica, especialmente el calor metabólico, la temperatura, la humedad y el movimiento del aire y la temperatura de irradiación ; b) las reacciones del organismo al trabajo en un medio caluroso, en lo que se refiere a la temperatura corporal, la frecuencia del pulso y la sudoración ; y c) las condiciones térmicas que el organismo humano tolera sin dificultad, las que tolera difícilmente y las que sólo puede soportar durante un tiempo estrictamente limitado.

En el estudio de esos factores se usan expresiones como *sobrecarga térmica*, *tensión térmica*, *límites de tolerancia* y *condiciones óptimas*,¹ que tienen acepciones particulares. La investigación de ciertos problemas térmicos planteados en la industria da muchas veces resultados de interés puramente local. En cambio, se conoce desde hace mucho tiempo la necesidad de que el investigador pueda regular estrictamente los factores ambientales y humanos que intervienen en la sobrecarga térmica, y durante largos años se han efectuado experiencias en medios calurosos artificiales, pero son muy pocas, por desgracia, las publicaciones de solvencia científica destinadas a poner al alcance de las administraciones públicas, los directores de industrias, los ingenieros, los médicos y los higienistas todos los conocimientos disponibles sobre el particular, en un lenguaje suficientemente inteligible.

Por otra parte, los datos que se conocen se refieren casi exclusivamente a las industrias de los países desarrollados y no pueden aplicarse sin reservas a las circunstancias propias de las zonas tropicales. En los trópicos, el trabajador ha de superar los efectos combinados del calor industrial y del calor climático ; lo más probable, en realidad, es que tenga que efectuar un trabajo penoso durante ocho horas seguidas en un medio caluroso y que pase largos meses sometido sin interrupción, de día y de noche, a condiciones de sobrecarga térmica. El problema se agrava si, como suele ocurrir, la alimentación del trabajador no es la que conviene a esas condiciones excepcionales. La necesidad de reunir datos cuantitativos más completos sobre este particular es evidente y resulta más apremiante todavía si se tiene en cuenta el actual desarrollo industrial de los países de las zonas tropicales. Incumbe a los gobiernos, a los dirigentes industriales y, en algunos casos, a los sindicatos, fomentar las investigaciones sobre las condiciones del medio laboral que influyen directamente en la salud, el rendimiento y la comodidad de los trabajadores. Esos estudios deben

¹ Los términos « sobrecarga » y « tensión » se emplean en el sentido que tienen ordinariamente en ingeniería. Se entiende por *sobrecarga térmica* la cantidad de calor que ha de disiparse para que el organismo siga en equilibrio térmico, y que está representada por la suma del calor metabólico (menos el gasto energético consiguiente al trabajo) y de los aumentos o las pérdidas por convección y por irradiación. Se da el nombre de *tensión térmica* a la modificación fisiológica o patológica consiguiente a la sobrecarga térmica, por ejemplo, aumento de la frecuencia del pulso y de la temperatura corporal, sudoración, síncope de calor o desequilibrio hídrico y salino.

subvencionarse siempre que sea necesario. Habrá que dedicar, por otra parte, la debida atención a las condiciones del trabajo en lo que respecta, por ejemplo, a la construcción de las fábricas, al acondicionamiento de aire, a los dispositivos de regulación de las fuentes de calor localizadas, a la habilitación de locales de descanso de temperatura agradable, a los métodos y los horarios de trabajo más apropiados, al abastecimiento de agua potable, a los exámenes médicos y a la distribución de prendas especiales de vestir para la protección individual. Hay que reconocer, asimismo, la importancia que tienen otras cuestiones, entre ellas las de vivienda y alimentación.

2. REACCIONES DEL ORGANISMO AL CALOR

2.1 Consideraciones generales

El sistema termorregulador del hombre es muy complejo y sirve para mantener el equilibrio térmico de los tejidos del interior del organismo dentro de un intervalo de temperaturas relativamente estrecho. Para que la temperatura del interior del organismo se mantenga en equilibrio es necesario que los aumentos y las mermas del calor del cuerpo se compensen. Como esas cantidades de calor pueden variar considerablemente, según el consumo de energía y según las condiciones del medio, los mecanismos que regulan la eliminación del calor excesivo han de ser por fuerza flexibles y eficaces. En último término, los intercambios de calor entre el organismo y el medio dependen cuantitativamente de las diferencias de temperatura y de presión de vapor que existen entre la piel y el medio y están regulados por tres mecanismos: 1) El organismo pierde o gana calor por convección cuando la temperatura del aire es, respectivamente, más baja o más alta que la temperatura de la piel y, al aumentar el movimiento del aire, aumenta la rapidez del intercambio térmico por convección. 2) Cuando la temperatura de las superficies inmediatas a la piel es superior o inferior a la temperatura cutánea, el organismo gana o pierde calor por irradiación. 3) La evaporación del sudor tiene por consecuencia la pérdida de calor por el organismo; la cantidad de sudor que puede evaporarse y, por ende, la eficiencia de la sudoración para el enfriamiento dependen de la diferencia de presión de vapor entre el medio ambiente y la piel y aumentan con el movimiento del aire. Los coeficientes de intercambio térmico por esos tres mecanismos se han determinado experimentalmente en el hombre y permiten calcular la cantidad de calor ganado o perdido, conociendo la temperatura, la humedad y la velocidad de desplazamiento del aire y la cantidad de calor radiante. Si se conoce además la producción de calor metabólico, el balance térmico puede expresarse con una sencilla fórmula aritmética:

$M \pm C \pm R - E = \pm S$,¹ en la que M representa el calor de origen metabólico; C , R y E , los intercambios térmicos por convección, irradiación y evaporación; y S la cantidad de calor almacenada en los tejidos o perdida por éstos, con el aumento o la disminución consiguientes de la temperatura corporal. Si el organismo está en equilibrio térmico el valor de S es nulo.

Esas relaciones meramente físicas están a su vez influidas por la acción dinámica de dos mecanismos fisiológicos, que son los que regulan la función cardiovascular y la sudoración y que, además de modificar la transmisión de calor desde los tejidos profundos a la periferia, pueden alterar tanto la temperatura como la presión de vapor en la superficie de la piel e influir así en la rapidez de los intercambios térmicos entre el organismo y el medio ambiente. Esos intercambios fisiológicos de carácter dinámico no pueden realizarse sin la intervención del conjunto del organismo, y en los climas calurosos el sistema termorregulador participa también en muchas reacciones fisiológicas asociadas, por ejemplo, las que influyen en el equilibrio salino e hídrico y en las funciones humorales.

En esas condiciones, la tensión fisiológica experimentada por un hombre que esté sentado o que trabaje en un medio caluroso será función de la sobrecarga térmica total de su organismo. Esta inferencia lógica ha sido objeto de numerosas investigaciones, muchas de ellas orientadas accesoriamente al establecimiento de escalas de valores de la sobrecarga térmica que permitieran evaluar las condiciones causantes de una tensión fisiológica equivalente; algunas de esas escalas se describen más adelante. Para definir distintas series de condiciones metabólicas y ambientales que puedan causar el mismo grado de tensión fisiológica, será necesario determinar los niveles de actividad o las modificaciones de varias funciones orgánicas, y convendrá valorar en qué medida son consecuencia de la termorregulación o están íntimamente asociadas a ella. Es evidente que la temperatura de la piel o de los tejidos profundos del organismo ha de indicar en cierto modo el grado de tensión a que está sometido el sistema termorregulador. También la frecuencia del pulso puede considerarse como un indicador sencillo y fácilmente observable de la carga que imponen al sistema circulatorio el trabajo y la acumulación de calor, y es asimismo razonable suponer que la cantidad de sudor eliminado guarda relación con la tensión térmica, ya que la evaporación del sudor es la defensa principal del organismo contra el exceso de calor. En realidad, resulta ya posible, en general, analizar los factores que alteran esas funciones en respuesta a diferentes niveles de sobrecarga metabólica y ambiental, y determinar qué mediciones serán

¹ Esa fórmula, establecida por Winslow, Herrington y Gagge en 1936 (*Amer. J. Physiol.*, 116, 641), ha sido utilizada después por muchos autores. En la actualidad la letra S , que representa el calor almacenado en el organismo, se sustituye a veces por la letra Q .

probablemente más adecuadas para distintos fines. Los procedimientos seguidos con ese objeto se describen en la sección que trata de los índices de sobrecarga térmica. La mayoría de los investigadores tratan de practicar mediciones de dos o más funciones fisiológicas para integrar los resultados en un solo índice expresivo de la tensión térmica en un conjunto de circunstancias determinadas. Ese proceder es razonable, no sólo porque la termorregulación, en teoría tan sencilla, es un mecanismo sumamente complicado, sino porque las funciones que la integran pueden, a lo que parece, ser influidas de maneras distintas, según las condiciones de sobrecarga térmica climática y de actividad metabólica. No será siempre factible, sin embargo, practicar simultáneamente en el lugar de trabajo mediciones fidedignas de todos los factores pertinentes. Ello no obstante, es necesario muchas veces estudiar aisladamente o en conjunto varios de esos factores, y resulta útil examinar sucesivamente el significado de cada una de las mediciones para ver si constituyen en la práctica un índice fidedigno de la presencia o la ausencia de sobretensión durante una exposición determinada al calor.

Naturalmente, la mayoría de los datos disponibles se han obtenido en investigaciones experimentales de laboratorio y no se conoce bastante a fondo la verdadera situación en la industria. Sería muy conveniente que se remediara esa deficiencia, sobre todo porque hay muchos aspectos prácticos de las condiciones industriales que acaso influyan en las respuestas termorreguladoras observadas en los estudios experimentales. Son muy escasos, por ejemplo, los datos disponibles acerca del metabolismo de los trabajadores industriales en muchos países tropicales en los que el peso corporal es considerablemente menor que en Europa y en los Estados Unidos de América; tampoco se conoce debidamente la influencia que puedan tener el estado de nutrición y de salud o las variaciones de las condiciones económicas, técnicas y de vivienda en las reacciones fisiológicas desencadenadas por la exposición al calor en la industria. Hay que tener en cuenta, además, los factores personales, de algunos de los cuales se sabe que influyen en la termorregulación. Antes de tratar de las mediciones fisiológicas es necesario examinar algunos de esos factores.

2.2 Factores personales

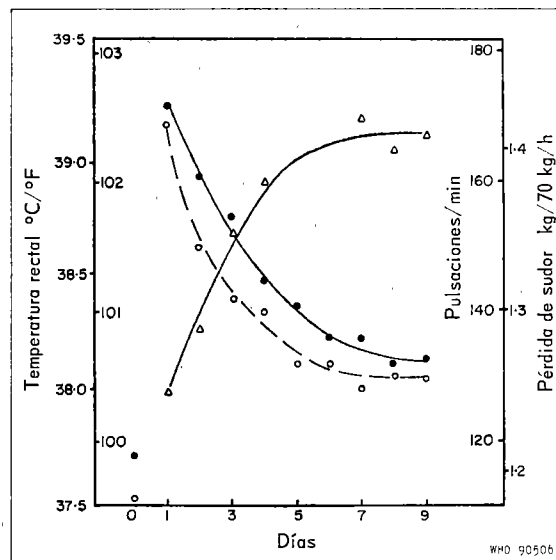
Hay varios factores que complican la determinación de los efectos de la exposición al calor; algunos de ellos son fáciles de identificar y de evaluar, pero no ocurre lo mismo con otros. Los datos disponibles son asimismo muy abundantes en unos casos y en otros prácticamente nulos. Cuando se efectúan investigaciones sobre grupos de personas expuestas al calor, sucede a menudo que las reacciones de una o de varias personas son completamente diferentes de las de otras. Esa variación puede obedecer simplemente a diferencias de estado fisiológico (como consecuencia de la

aclimatación, de la edad o de la aptitud física), de sexo, de constitución corporal o de origen étnico. Otro factor importante es la ropa, que por su íntimo contacto con la piel modifica la relación entre el organismo y el medio. A continuación se examinan los diversos factores que influyen en las reacciones a la exposición al calor.

Aclimatación

Se da el nombre de aclimatación al calor a la serie de adaptaciones fisiológicas que se producen cuando las personas habituadas a vivir en un clima fresco son trasladadas súbitamente a un clima caluroso. Análogas adaptaciones se observan en los habitantes de países cálidos como reacción a los aumentos estacionales de temperatura, especialmente cuando esos aumentos son bruscos, o como consecuencia del paso de una ocupación sedentaria a otra que exige mayor actividad física. Esos cambios ambientales imponen una tensión fisiológica que se reduce por efecto de la

FIG. 1. VARIACION DE LA TEMPERATURA RECTAL, DE LA FRECUENCIA DEL PULSO Y DE LA PERDIDA DE SUDOR DURANTE LA ACLIMATAcion



- temperatura rectal
- frecuencia del pulso
- △ pérdida de sudor

En el día 0, los hombres trabajaron en un medio fresco durante 100 minutos, con un gasto de energía de 300 kcal/h; en los días 1 a 9 rindieron el mismo trabajo, pero en un medio caluroso (temperatura de 48,9°C en seco y de 26,7°C en húmedo).

Adaptado de Lind, A. R. y Bass, D. E. (1963) *Fed. Proc.*, 22, 704.

aclimatación. En realidad, la aclimatación al calor es uno de los casos más patentes de adaptación fisiológica a un cambio de medio. No es necesario exponer con detalle los fenómenos de aclimatación, descritos ya en otras publicaciones. Los principales efectos de la primera exposición al calor en una persona no aclimatada son la elevación de la temperatura rectal y de la frecuencia del pulso, con sudoración escasa (Fig. 1), molestias e incluso sensación de angustia, tan intensa en ciertas condiciones que obliga a evitar una nueva exposición. La aclimatación disminuye las molestias y la angustia y hace bajar la temperatura rectal y la frecuencia del pulso, pero aumenta la sudoración. Hay motivos fundados para suponer que los efectos beneficiosos de la aclimatación se deben al aumento de sudoración y al descenso de la temperatura cutánea. El proceso de aclimatación se desarrolla en gran parte en los 4 ó 6 primeros días de exposición repetida o continua y dura en total dos semanas o poco más. La aclimatación es relativa; así, por ejemplo, las personas que están enteramente aclimatadas a sus condiciones de trabajo no lo están a situaciones de mayor sobrecarga térmica. Como en la carga térmica total hay un componente metabólico, la persona acostumbrada a un trabajo sedentario en un clima cálido no estará aclimatada, por ejemplo, a otro trabajo penoso en ese mismo clima y, si intenta realizarlo, tendrá molestias o sensación de angustia. Los efectos beneficiosos de la aclimatación parecen atenuarse rápidamente al principio, pero pueden persistir atenuados por espacio de tres o cuatro semanas. Naturalmente, la sobretensión térmica es más probable en las personas que no están del todo aclimatadas al trabajo en un medio caluroso; por otra parte, los trastornos de aclimatación suelen sobrevenir durante la primera semana de estancia en un clima caluroso o cuando se reanuda el trabajo en condiciones de calor después de una ausencia de dos o más días.

Edad

Apenas se conocen los efectos del envejecimiento sobre las reacciones fisiológicas al calor. Las observaciones practicadas parecen indicar que los adultos se aclimatan bien, pero que, en general, la tensión fisiológica ocasionada por un grado moderado o alto de sobrecarga térmica aumenta con la edad, y que la causa principal de ese aumento es la reducción de la capacidad cardiovascular. Se ha demostrado sin lugar a dudas que la frecuencia máxima del pulso y la capacidad máxima de trabajo disminuyen gradualmente con la edad. En cambio, la producción de calor metabólico correspondiente a una cantidad determinada de trabajo aumenta poco o nada con ese factor. Tampoco hay ningún indicio de que disminuyan en función de la edad los niveles máximos tolerados de temperatura rectal. La reactividad de las glándulas sudoríparas a los cambios de temperatura se atenúa con el paso de los años, de modo que la sudoración resulta

menos eficaz para regular la temperatura del cuerpo. Dada la gran variedad de edades de los trabajadores industriales, urge disponer de datos mucho más completos que permitan expresar cuantitativamente la medida en que aumenta la tensión térmica con el envejecimiento.

No hay que olvidar que en ciertas industrias los adolescentes pueden verse obligados a trabajar en un medio caluroso ; cuando así ocurra, quizá sea necesario que los dirigentes y los médicos de las empresas tengan consideraciones especiales con los trabajadores de ese grupo desde el punto de vista médico y de las condiciones de empleo.

Sexo

Como las mujeres representan una proporción muy elevada del personal de ciertas industrias, es necesario investigar más a fondo las diferencias que hay entre los dos sexos por lo que respecta a la termorregulación. Parece desprenderse de los datos disponibles en los climas cálidos que la capacidad de sudoración es casi igual en los hombres y en las mujeres después de la aclimatación, pero hay algunos indicios de que la mujer se aclimata peor que el hombre, acaso por su menor capacidad cardiovascular. La gestación va acompañada de profundas modificaciones en muchos sistemas fisiológicos, entre los que tiene especial importancia para estos efectos el sistema cardiovascular. Es de suponer, por tanto, que la gestación aumenta la tensión fisiológica consecutiva a la exposición al calor.

En muchos países las leyes imponen ciertas limitaciones al empleo de mujeres, embarazadas o no, en actividades industriales. También se han formulado a ese respecto recomendaciones de carácter internacional (véase el Anexo).

Diferencias étnicas

Se han efectuado estudios experimentales comparativos sobre las reacciones al calor en personas de varios grupos étnicos. Es quizá sorprendente que las diferencias entre esos grupos hayan resultado, en conjunto, pequeñas teniendo en cuenta las diferencias de constitución corporal. Será necesario reunir datos mucho más completos sobre esta cuestión, mediante estudios prácticos y de laboratorio.

Constitución corporal

La hipótesis de que la constitución física influye apreciablemente en la capacidad de termorregulación se funda en consideraciones teóricas sencillas. Es verdad que se ha demostrado con creces que, en los obesos, los síncope de calor son más frecuentes que en las personas de menor corpulencia. Esa diferencia podría explicarse en parte por la menor relación que hay en el obeso entre la superficie cutánea (por la que se disipa el calor)

y el peso corporal (que guarda relación directa con la producción de calor), y en parte por el peor funcionamiento del aparato circulatorio. Los hombres de poca corpulencia pueden experimentar una sobrecarga térmica relativamente mayor al efectuar un determinado trabajo, ya que suelen tener menos capacidad máxima de esfuerzo y utilizan por ello una proporción mayor de esa capacidad para obtener el mismo resultado. Aparte de esas consideraciones, no hay razones poderosas para admitir que las diferencias de constitución corporal influyan en las reacciones fisiológicas al calor.

Aptitud física

Aunque difícil de definir, la noción de aptitud física corresponde a una realidad innegable. No cabe duda de que las personas se aclimatan más fácilmente al calor y al trabajo en medios calurosos si están en buenas condiciones físicas. Esa facilidad de adaptación puede atribuirse sin duda en buena parte a una mayor capacidad cardiovascular, pero no es imposible que intervengan también otros factores.

Vestidos

Para proteger la piel contra los cortes, las abrasiones o las sustancias nocivas en muchos trabajos industriales, es necesario llevar mucha más ropa que la indispensable en otras circunstancias. El contacto íntimo entre la ropa y la piel puede influir poderosamente en los intercambios de calor y, por tanto, en la sobrecarga térmica consecutiva a una situación determinada. Los efectos de la ropa son difíciles de evaluar: las pérdidas de calor por evaporación disminuyen, igual que los intercambios por radiación y por convección, pero la magnitud de la reducción puede variar según el espesor y el calor del tejido y según que la ropa esté o no ajustada al cuerpo.

La ropa puede reducir apreciablemente la carga de calor radiante en el caso de las personas que trabajan bajo techado expuestas a la radiación infrarroja y de las que trabajan al aire libre expuestas a la radiación solar, pero también disminuye la capacidad de enfriamiento por evaporación. Para evaluar el efecto de la ropa conviene, por tanto, analizar esos factores por separado. En los climas cálidos en que la carga de calor radiante sea baja lo mejor es, en general, llevar el mínimo de ropa que permitan las circunstancias; en cambio, cuando la carga de calor radiante es elevada resulta preferible que la ropa proteja todo el cuerpo para reducir el traspaso de ese calor al organismo.¹ En ambos casos, convendrá usar ropa holgada y confeccionada con materiales de poco peso.

¹ Véase Hertig, B. A. y Belding, H. S. (1963) *Evaluation and control of heat hazards*, en Hardy, J. D. ed., *Temperature: its measurement and control in science and industry*, vol. 3, parte 3, Nueva York, Rheinhold, págs. 347-355; y Givoni, B. y Berner, E. (1967) *Effect of solar radiation on physiological heat strain in relation to work and clothing*, Haifa, Technion (Informe de investigación N° BSS-OH-ISR-2 presentado al Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos de América).

Hay que señalar que las prendas especiales de protección usadas para ciertos trabajos pueden contribuir a la sobrecarga térmica total, especialmente cuando no dejan pasar el vapor de agua y limitan mucho o impiden por completo la pérdida de calor por evaporación. Pueden utilizarse, en cambio, prendas especiales ventiladas con aire fresco del exterior para proteger a las personas que trabajan en espacios confinados cuando la sobrecarga térmica es grande.

2.3 Frecuencia del pulso

Para contar los latidos del corazón basta casi siempre, en la práctica, tomar el pulso en la muñeca, pero no es difícil utilizar técnicas más precisas. La frecuencia del pulso se acomoda rápidamente y con precisión al gasto de energía. Se ha comprobado por otra parte que, en condiciones estables de trabajo y calor, hay una correspondencia muy estrecha entre las variaciones de la frecuencia del pulso y las de la temperatura rectal. Por todas esas razones, la frecuencia del pulso es un índice especialmente útil de la tensión fisiológica de los trabajadores expuestos al calor, y los inconvenientes del método quedan seguramente compensados por las ventajas antedichas. Destacan entre esos inconvenientes los que acarrea el empleo de un solo criterio para la evaluación de un fenómeno en el que intervienen simultáneamente varios mecanismos homeostáticos, y los inherentes a la multiplicidad de estímulos que influyen en la frecuencia del pulso (principalmente la tensión psíquica).

Hay tres medidas posibles de la frecuencia cardíaca que pueden utilizarse como índice del esfuerzo termorregulador: la frecuencia efectiva de pulsaciones durante el trabajo o al final del mismo; la aceleración del pulso durante un periodo o un día de trabajo; y el tiempo que tarda la frecuencia del pulso en volver a su nivel de reposo después del trabajo. Sobre esas tres medidas se volverá oportunamente en las páginas que siguen. Es de notar que, si bien se ha dedicado especial atención a los efectos del trabajo en un medio caluroso, hay que tener también en cuenta la reacción de la frecuencia cardíaca al calor en las personas sentadas.

En los casos de trabajo diario y prolongado en un medio caluroso, la frecuencia cardíaca al final de la jornada puede ser menos interesante que las máximas registradas durante el día de manera intermitente, o que el aumento del número normal de pulsaciones a lo largo del día. Las frecuencias cardíacas máximas corresponden a máximos de esfuerzo, de calor o de ambas cosas y pueden estudiarse por separado, en cuanto indicios de exposición intensa o transitoria a esas condiciones. La aceleración del pulso puede estudiarse también por relación a todo el tiempo de trabajo o a periodos intermitentes de trabajo y descanso a lo largo del día. Brouha, por ejemplo, asegura que si la frecuencia cardíaca medida en los 30 segun-

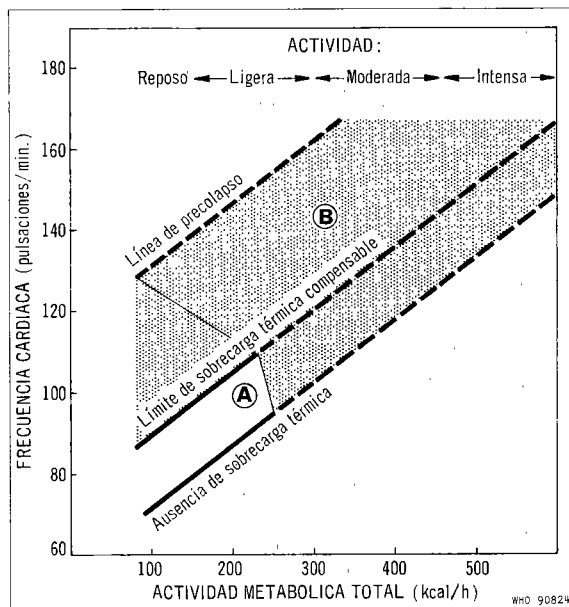
dos siguientes al primer periodo de trabajo es de 110 pulsaciones por minuto como mínimo y disminuye en 10 o más latidos por minuto en los tres primeros minutos de descanso, no hay aumento del esfuerzo cuando se repite el mismo trabajo durante todo el día en las mismas condiciones de exposición al calor. Esa hipótesis es fácil de comprobar y, si resulta válida, podrá tenerse en cuenta para determinar las precauciones que deben adoptarse en cualquier tipo de actividad industrial que acarree problemas evidentes de trabajo en medios calurosos. No se dispone en la actualidad de los datos necesarios para recomendar la aplicación general de ese procedimiento a todas las clases de trabajo en medios calurosos, sea en locales cerrados, sea al aire libre, en cualquier lugar del mundo.

Un método de gran interés para evaluar la sobrecarga total resultante del trabajo y del calor consiste en determinar el tiempo de recuperación de la frecuencia cardiaca normal, es decir, el tiempo de descanso necesario para que la frecuencia cardiaca vuelva al nivel de reposo anterior al trabajo, una vez terminado éste. Una experiencia reciente, efectuada en el Instituto Max Planck de Fisiología del Trabajo, ha demostrado que el tiempo de recuperación de la frecuencia cardiaca normal varía considerablemente con diferentes combinaciones de trabajo y calor, y puede ser de varias horas si el organismo no es capaz de mantener el equilibrio térmico durante el trabajo. Es tipo de experiencias puede repetirse en cualquier situación industrial, si parecen inadecuados otros procedimientos, pero serán necesarias muchas más observaciones para que puedan valorarse con la precisión debida los tiempos de recuperación; el investigador debe tener presente que en algunos casos hay un fenómeno peculiar de « adelantamiento », es decir una recuperación rápida y precoz, pero momentánea, de la frecuencia cardiaca, después de interrumpido el trabajo.

Si la frecuencia cardiaca durante el trabajo ha de servir de índice de la tensión fisiológica, será necesario utilizar aparatos adecuados para registrarla sin entorpecer el programa de trabajo. Se ha comprobado en estudios de laboratorio que los jóvenes en buenas condiciones físicas podían tolerar sin daño aparente durante breves periodos frecuencias cardiacas de 160 latidos por minuto. La aplicación de los resultados obtenidos en esos estudios a las condiciones del medio laboral tropieza todavía con grandes dificultades. Hay que tener presente, ante todo, que en los estudios de laboratorio los trabajadores están bajo el cuidado de observadores capacitados y corren, por tanto, bastante menos riesgo del que correrían en condiciones por lo demás análogas en un establecimiento industrial. En segundo lugar, aun cuando pudiera esclarecerse la cuestión fundamental del significado de la frecuencia cardiaca desde el punto de vista de la seguridad y quedara resuelto, por tanto, el problema de su valor óptimo durante el trabajo, habría que tener en cuenta las diferencias en el estado general de salud de los trabajadores de distintos lugares del mundo. Es patente la necesidad de reunir datos más completos sobre el particular.

Podrían obtenerse algunas indicaciones sobre el significado de las frecuencias cardíacas observadas durante el trabajo industrial comparándolas con los valores típicos registrados en los estudios de laboratorio sobre personas jóvenes en buen estado físico. En la Fig. 2 se reproducen las respuestas observadas en ese grupo.¹

FIG. 2. EFECTO DE LA SOBRECARGA TERMICA EN LA FRECUENCIA CARDIACA PARA NIVELES DIFERENTES DE GASTO ENERGETICO



Se indican en el gráfico las frecuencias cardíacas observadas en jóvenes en buen estado físico para diferentes niveles de gasto energético con y sin sobrecarga térmica. El significado de las tres líneas diagonales y de las zonas sombreadas se indica en el texto.

La más baja de las líneas inclinadas que se ven en la figura indica la relación entre la frecuencia cardíaca y el gasto de energía cuando no hay sobrecarga térmica ambiental. Esa frecuencia cardíaca « específica del trabajo » aumenta en relación casi lineal con el gasto de energía. Por encima de 250 kcal/h se ha trazado una línea discontinua, de conformidad con la observación efectuada en el Instituto Max Planck de Fisiología del Trabajo, de que la capacidad de gasto energético en un periodo de trabajo de 8 horas no excede ordinariamente de 2000 kcal.

¹ Los valores de la frecuencia cardíaca y la clasificación de los grados de actividad (parte superior del gráfico) están tomados de Christensen, E. H. (1964) *Aspectos fisiológicos del hombre en el puesto de trabajo en un país subtropical*, Ginebra, OIT (Serie Seguridad, Higiene y Medicina del Trabajo, N° 4).

La línea inclinada central indica los valores aproximados de las frecuencias cardíacas observadas en hombres jóvenes de buen estado físico, en el límite superior de la compensación del calor ambiental. El criterio para determinar la eficacia de la compensación es la aptitud para mantener la temperatura interior del organismo en el nivel correspondiente a un medio térmicamente neutro. Lind ha señalado que el máximo exigible de la exposición diaria prolongada por razones profesionales debe estar dentro de esa zona de «sobrecarga térmica compensable». En el gráfico, el límite superior de la «sobrecarga térmica compensable» se ha representado con una línea de trazos discontinuos por encima de 110 latidos/minuto; es muy dudoso, en efecto, que durante un periodo de trabajo pueda la frecuencia cardíaca media exceder de ese valor sin fatiga acumulativa. La línea de «precolapso» indica que, según se ha observado repetidas veces, pueden aparecer durante breves periodos mayores frecuencias cardíacas sin que sea posible llegar a una situación estabilizada y aceptable.

Dos ejemplos bastarán para dar idea de la utilidad de la Fig. 2 en la interpretación de la frecuencia cardíaca observada en un trabajador. En el primer caso (posición A del diagrama) se registra una frecuencia de 100 pulsaciones/minuto en un trabajador dedicado a una actividad «ligera» y continua. Interpretación: las condiciones impuestas al organismo por esa combinación de trabajo y calor no serán probablemente excesivas ni tendrán efecto acumulativo si el trabajador está en buen estado de salud.

En el segundo ejemplo (posición B) se registra una frecuencia de 142 pulsaciones/minuto en un hombre dedicado a un trabajo «moderado» en un medio caluroso. Interpretación: esa combinación de trabajo y calor sería tolerada, por lo menos durante algunos minutos, por un hombre joven en buenas condiciones físicas, pero una exposición prolongada impondría una carga exagerada, por el aumento de la temperatura interior del organismo y porque el grado de esfuerzo sería excesivo. Las pausas (periodos de recuperación) serán, en esas condiciones, un imperativo fisiológico para evitar los efectos acumulativos y la fatiga.

El gráfico de la Fig. 2 permite, pues, atribuir un significado preciso a las frecuencias cardíacas observadas. Es de notar, sin embargo, que la situación exacta de las líneas trazadas en la figura variará incluso entre hombres jóvenes en buen estado físico. Por otra parte, el verdadero significado de las frecuencias cardíacas observadas puede ser modificado por factores como la edad, el sexo y el estado general de salud.

La frecuencia cardíaca no es el índice más preciso de la tensión fisiológica resultante de la exposición al calor en las personas sentadas o en otra posición de reposo. Las investigaciones de laboratorio parecen indicar que el máximo admisible es de 110 pulsaciones/minuto pero tampoco puede considerarse aplicable esa cifra en las condiciones propias del medio industrial sin todas las reservas indicadas anteriormente.

Teniendo en cuenta las consideraciones expuestas en los párrafos anteriores, el Grupo recomienda que se dé prioridad a las investigaciones sobre la frecuencia cardíaca durante el trabajo y en el periodo de recuperación.

2.4 Temperatura profunda

El sistema termorregulador determina la temperatura de todos los tejidos del organismo. Es evidente, sin embargo, que a diferencia de lo que ocurre con las extremidades y los tejidos periféricos del resto del organismo, en los que pueden tolerarse oscilaciones de temperatura considerables, en el caso de los tejidos profundos de la cabeza, el cuello y el tronco esas variaciones han de mantenerse dentro de límites muy estrechos para no comprometer la eficacia funcional y para evitar enfermedades o incapacidades e incluso la muerte. La posibilidad de utilizar como medida exacta de la tensión fisiológica de origen térmico la temperatura rectal o la de otro tejido profundo plantea un problema complicado ya que esa temperatura no sólo está sujeta a variaciones diurnas sino que se modifica con el ejercicio muscular, con la ingestión de alimentos y en caso de enfermedad. Ello no obstante, en circunstancias perfectamente determinadas, es posible utilizar la temperatura profunda del organismo como índice de la sobrecarga térmica.

Para fijar los límites de variación aceptables de la temperatura profunda del organismo en la exposición diaria prolongada al calor en el medio laboral, lo mejor sería que las recomendaciones pudieran basarse en datos suficientes sobre los efectos que tiene esa exposición, repetida durante muchos años. Desgraciadamente, no se dispone de esos datos y la única hipótesis que puede admitirse sin riesgo es que, por razones de salud general, debe evitarse cualquier aumento de la temperatura profunda del organismo a consecuencia de una sobrecarga térmica ambiental.

Nielsen¹ ha demostrado que en una gran variedad de medios fríos, frescos y agradables la temperatura profunda del organismo se eleva durante el trabajo hasta un nivel que está determinado por el grado de actividad muscular, sin intervención de factores ambientales; es sabido, por otra parte, que en los climas calurosos la temperatura profunda del organismo aumenta por efecto del trabajo. Varios investigadores han tratado de aumentar la sobrecarga térmica ambiental hasta que la temperatura profunda del organismo no pudiera seguir dependiendo exclusivamente de la actividad muscular y se elevara a un nivel de equilibrio más alto que el correspondiente a un medio fresco y agradable. Se ha comprobado, sin embargo, que la temperatura profunda del cuerpo no es nunca enteramente independiente de la temperatura del medio, sino que aumenta con ella incluso en los climas frescos y agradables. Ese efecto es más acusado en las per-

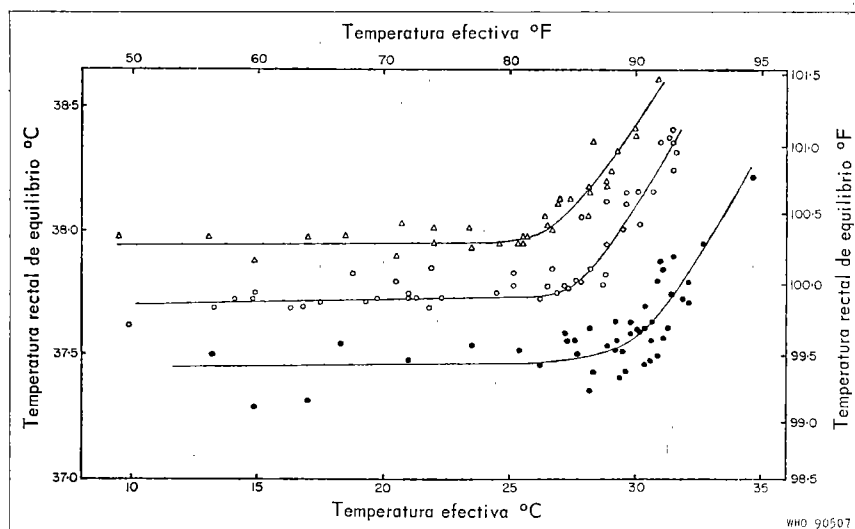
¹ Nielsen, M. (1938) *Skand. Arch. Physiol.*, 79, 193.

sonas sentadas y se atenúa cuando aumenta la actividad muscular. En una gran variedad de medios frescos y agradables, la temperatura profunda del organismo ha resultado ser casi independiente de la temperatura ambiental, pero a partir de cierto punto los pequeños aumentos de esta última dan lugar a una evaluación apreciable del nivel de equilibrio de la temperatura corporal profunda. Algo muy parecido ocurre con la frecuencia cardiaca, hasta el extremo de que se ha llegado a sostener que las variaciones de la temperatura profunda del organismo son consecuencia de la función cardiovascular. En realidad, la temperatura profunda del cuerpo está menos sujeta a fluctuaciones y acusa, por tanto, con más claridad el efecto de las variaciones de la temperatura ambiental. En los casos de exposición diaria y prolongada al calor puede fijarse un límite, definiendo las condiciones del medio por debajo de las cuales la temperatura profunda del organismo es principalmente función de la actividad metabólica y no de la sobrecarga térmica ambiental. Los límites pueden fijarse para distintos ritmos de trabajo empleando las escalas de temperatura efectiva corregida (TEC), que se describen en la sección 3.2 y que permiten expresar por un solo valor los diversos factores climáticos del medio. La Fig. 3 da idea cabal del procedimiento ; para mayor claridad se toman como valores típicos de un grupo numeroso los correspondientes a una sola persona. Según esos resultados, los límites ambientales de la TEC parecen ser 30°C para el trabajo sedentario y ligero (2,6 kcal/kg/h), 28°C para el trabajo moderado (4,3 kcal/kg/h) y 26,5°C para el trabajo intenso (6 kcal/kg/h).

Contra lo que habría sido de esperar, diversos factores que suelen encontrarse en el medio industrial (variaciones individuales, edad de los hombres expuestos, distribución del trabajo a lo largo del día y frecuencia probable de enfermedades causadas por el calor) han resultado no tener ninguna influencia en los límites ambientales críticos. Los valores citados más arriba corresponden al caso de hombres sin aclimatar o poco aclimatados. Es sabido que la aclimatación influye en esos límites y no es exagerado suponer que todos los valores citados de TEC pueden aumentarse en 2°C para el caso de las personas aclimatadas. Se recomienda que esos límites críticos de sobrecarga ambiental sean aplicados en la industria.

Es indispensable tener en cuenta que esos límites se han determinado mediante investigaciones efectuadas en medios de humedad relativa igual o superior al 40 % y que, por consiguiente, no pueden aplicarse al caso de las exposiciones prolongadas al calor cuando la humedad relativa del medio sea baja (véanse además en la sección 3.2 las críticas de las escalas TEC). No se considera aconsejable en ningún caso que la temperatura profunda del organismo pase de 38°C en la exposición diaria prolongada con trabajo intenso ; los niveles que no deben sobrepasarse con trabajos más ligeros se indican en la Fig. 3.

FIG. 3. TEMPERATURA RECTAL DE EQUILIBRIO CON DIFERENTES RITMOS DE TRABAJO EN DIVERSAS CONDICIONES CLIMATICAS



- gasto energético de 2,6 kcal/kg/h
- gasto energético de 4,3 kcal/kg/h
- △ gasto energético de 6,6 kcal/kg/h

Totas las mediciones se refieren a la misma persona.

Tomado de Lind, A. R. (1963)
J. appl. Physiol., 18, 51.

También suele utilizarse la temperatura rectal en las experiencias de laboratorio para saber cuándo hay que poner término a una corta exposición a condiciones de calor intenso. En esas experiencias rigurosamente controladas, en que se vigila de manera continua la temperatura profunda del organismo, la temperatura rectal elevada no suele considerarse razón suficiente para dar por acabada la exposición mientras no llegue a valores del orden de 39°C. En las investigaciones de laboratorio se ejerce una estrecha vigilancia para descubrir cualquier fenómeno perjudicial, y a veces resulta necesario interrumpir la exposición antes de que la temperatura del organismo llegue al valor límite, por la aparición o por la inminencia de un síncope o un estado de agotamiento debido al calor. La proporción de esos casos variará de unos grupos a otros según el estado de aclimatación y acaso según la edad, la aptitud física u otros factores. No es fácil fijar un límite determinado de temperatura rectal para los casos de exposición breve a una intensa sobrecarga térmica de origen ambiental (por ejemplo, en los trabajos de salvamento en minas), ya que algunos

procesos agudos debidos al exceso de calor, especialmente el síncope, pueden aparecer con temperaturas rectales bastante bajas. Cuando la exposición ha de ser de duración limitada y haya razones para suponer que la temperatura profunda del organismo llegará a 38°C, convendrá consultar a un especialista.

2.5 Sudoración

La aptitud del hombre para trabajar en medios de temperatura aproximadamente igual y hasta superior a la de su organismo puede atribuirse a la gran eficacia de su mecanismo de sudoración. El hombre puede producir un litro de sudor por hora, lo que en circunstancias favorables a la evaporación representaría teóricamente una eliminación de calor corporal de 600 kcal/h. Es muy raro, sin embargo, que se den las condiciones necesarias para conseguir ese volumen de evaporación.

Dos cuestiones interesan en relación con la sudoración: *a)* el mantenimiento del equilibrio hídrico y salino del organismo, habida cuenta de la capacidad funcional de las glándulas sudoríparas, y *b)* la utilidad de la sudoración en cuanto criterio de la carga térmica total impuesta al sistema termorregulador.

En lo que respecta a la primera cuestión, es de notar que, en una experiencia de laboratorio, se ha llegado a registrar una sudoración de dos litros en el espacio de media hora; no es raro, por otra parte, que durante breves periodos la eliminación de sudor en los varones sea del orden de 1,5 a 2 litros/h, pero los valores registrados en periodos de 24 horas no exceden de 12 litros. Las observaciones practicadas con trabajadores industriales que efectuaban tareas especialmente penosas en un medio caluroso indican que en algunos casos la sudoración es de un litro o más por hora durante un periodo de ocho horas. Parece ser que en los trabajos habitualmente realizados en medios calurosos, ese volumen de eliminación de sudor basta para mantener el equilibrio térmico. Lo que verdaderamente está sometido a tensión en esas condiciones es el equilibrio hídrico y salino del organismo. De las observaciones efectuadas en el laboratorio y en los estudios prácticos se desprende claramente la necesidad de que las empresas faciliten sin restricción agua potable y fresca a las personas que trabajan en medios calurosos. Debe alentarse a los trabajadores a que aumenten su ingestión de líquidos, porque la sed no es siempre un estímulo suficiente para la reposición de las cantidades eliminadas. Aplazar la ingestión durante varias horas — como se hace a veces en la industria — es con seguridad perjudicial para el rendimiento y para el bienestar del trabajador. Es de advertir, además, que la deshidratación retrasa el proceso de aclimatación.

Parece ser que en muchos países la ingestión alimentaria de cloruro sódico permite, en el caso de los hombres aclimatados, la producción de un mínimo de cinco litros de sudor por jornada de trabajo de ocho horas

sin alteración del equilibrio salino. Para los trabajos que requieran mayor sudoración, se recomienda aumentar la ingestión de sal común.

Por lo que respecta a la utilidad de la sudoración como criterio de la carga térmica, parece ser que, si las condiciones permiten al organismo conservar su equilibrio térmico mediante la secreción de sudor, ésta se mantiene en el nivel estrictamente indispensable para ese menester. Claro está que, en determinadas condiciones, pueden resultar insuficientes la capacidad máxima de sudoración o las posibilidades de evaporación del sudor. Si la sudoración es insuficiente, como ocurre en las personas no aclimatadas, la subida de la temperatura del organismo puede tener consecuencias verdaderamente peligrosas para la salud. Por otra parte, cuando la humedad elevada del ambiente entorpece la evaporación del sudor, puede originarse una retroacción positiva, con aumento de la temperatura cutánea y, por tanto, de la temperatura interior del organismo y con el estímulo consiguiente de la sudoración, que no mejora la termorregulación, pues el sudor no se evapora sino que simplemente gotea de la piel o humedece la ropa todavía más.

En los medios en que la presión de vapor es elevada, interviene un mecanismo que parece tener por objeto la conservación del agua presente en el organismo y que reduce la sudoración. Ese proceso, al que algunos autores dan el nombre de hidromeiosis, se desarrolla de manera característica: la eliminación de sudor se reduce al cabo de una o dos horas de exposición al medio húmedo, pero no hasta el punto de comprometer gravemente el enfriamiento efectivo por medio de la evaporación.

Es de notar que el mecanismo de la sudoración tiene capacidad funcional suficiente para permitir la producción de grandes cantidades de sudor, a menudo sin indicios de gran tensión fisiológica, siempre que la presión de vapor del medio ambiente sea baja; por el contrario, si la presión de vapor es elevada, la tensión fisiológica puede resultar excesiva.

Es evidente que la intensidad de la sudoración da una idea bastante precisa de la carga térmica y, cuando la presión de vapor es alta, de la medida en que resulta entorpecida la evaporación del sudor. En un caso preciso y en circunstancias determinadas la sudoración puede no ser, sin embargo, un índice fidedigno de la tensión fisiológica; en un medio desértico, por ejemplo, una producción de sudor de un litro/h puede ser suficiente para equilibrar una carga térmica metabólica y ambiental de 600 kcal/h (eficiencia del 100 %), con escaso esfuerzo cardiovascular y sin aumento de la temperatura del organismo. En cambio, en un medio húmedo, esa misma producción de sudor en una persona vestida podría ir acompañada de una tensión fisiológica considerable si la evaporación efectiva no pasara de 0,5 litros/h y si parte del sudor se depositara en la ropa o goteara de la piel.

La sudoración previsible en cuatro horas (SP4H) es un índice muy común de la sobrecarga térmica, y McArdle ha observado que cuando su

valor pasa de 4,5 aumenta el número de hombres aclimatados para los que resultan insoportables las condiciones del medio. En la sección 3.3 se describe la escala SP4H, y se indican sus limitaciones.

3. INDICES DE LA SOBRECARGA TERMICA

3.1 Introducción

Muchos autores han tratado de integrar en un solo índice los efectos de dos o más de los factores que influyen en los intercambios térmicos entre el hombre y el medio ambiente. Esos intentos han consistido *a)* en idear modelos instrumentales del organismo humano, o *b)* en establecer fórmulas o nomogramas, de base teórica o empírica, para calcular la sobrecarga impuesta por una gran variedad de condiciones de trabajo y de clima, o para evaluar la tensión fisiológica consecutiva a esa sobrecarga.

Para el estudio de un medio caluroso es necesario practicar como mínimo cuatro determinaciones: la temperatura del aire (ta), la temperatura en termómetro de bulbo humedecido (th), la temperatura en termómetro bajo globo negro u otra medida del calor radiante (tg) y la velocidad del aire (V). La presión de vapor de agua (humedad) puede deducirse de ta y th con ayuda de un diagrama psicrométrico. La temperatura radiante media de los cuerpos sólidos circundantes se obtiene a partir de ta , tg y V . Con esas determinaciones y con los datos fundamentales de constitución física de una persona, ropa, nivel de actividad metabólica y perfil energético, pueden calcularse la carga térmica y los intercambios de calor del organismo. Esos datos representan el mínimo indispensable para evaluación de la sobrecarga térmica debida al trabajo, y para la práctica de investigaciones en condiciones verdaderamente comparables.

Se han propuesto muchos índices de sobrecarga térmica pero ninguno de los que se han estudiado a fondo ha resultado aplicable a todas las combinaciones posibles de intensidad del trabajo, temperatura y movimiento del aire, humedad, temperatura de irradiación e indumentaria. Ello no obstante, el problema se acerca cada vez más a su solución conforme van reuniéndose más datos y se calculan coeficientes más precisos de intercambio térmico.

Por las razones que a continuación se indican, se recomienda el empleo en la industria de los cuatro índices siguientes de sobrecarga térmica: las *escalas de temperatura efectiva corregida* (TEC), la *sudoración previsible en cuatro horas* (SP4H), el *índice de sobrecarga calórica* de Belding y Hatch (ISC), y el *índice de sobrecarga térmica* (IST), descrito en fecha reciente por Givoni. Esos índices son de tipos distintos, pero todos se fundan en el uso de escalas en las que cada valor corresponde a una combinación de variables referidas al clima, a la indumentaria y, en la mayoría

de los casos, al tipo de trabajo. Las escalas de valores de TEC y la de SP4H son nomogramas contruidos empíricamente a partir de observaciones experimentales, cuya descripción se omite ; de ahí que no sea posible incorporar a esas escalas las observaciones ulteriores, con objeto de ampliarlas o de mejorar su exactitud.

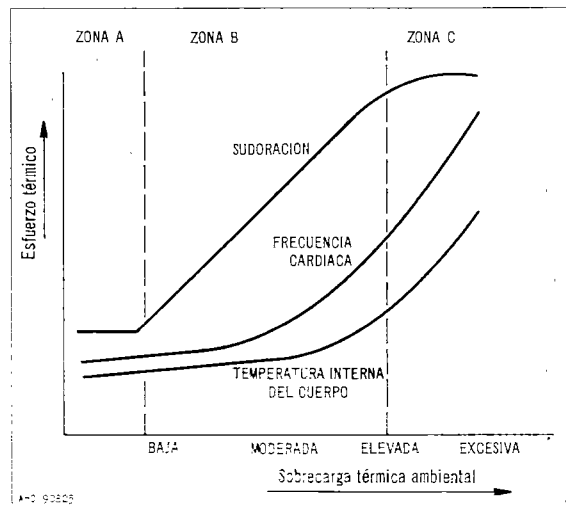
Ese inconveniente es grave, pues las citadas escalas han de usarse normalmente en condiciones que requieren una extrapolación a partir de los datos iniciales. Las escalas ISC e IST, en cambio, están basadas en coeficientes de intercambio térmico previamente establecidos y su alcance y su precisión dependen de las limitaciones de los coeficientes. Ambas escalas tienen por eso la ventaja de que pueden ser continuamente mejoradas en lo que respecta a su alcance y a su exactitud, conforme van conociéndose más a fondo los procesos de intercambio térmico.

Vale la pena de considerar algunas consecuencias de las respuestas fisiológicas a una sobrecarga térmica creciente, con objeto de elegir la determinación o la serie de determinaciones fisiológicas más apropiadas para el cálculo de los índices correspondientes. Muy elocuente resulta a ese respecto la Fig. 4, en la que se indican de manera esquemática las variaciones de la sudoración, de la frecuencia cardíaca y de la temperatura interna del organismo en función de la sobrecarga térmica.

La sobrecarga térmica está representada en las abscisas, y la tensión térmica en las ordenadas. Cuando la sobrecarga térmica ambiental es baja (primera parte de la zona B) para un trabajo de intensidad determinada, la sudoración aumenta con la sobrecarga, pero la frecuencia cardíaca y la temperatura interna del organismo permanecen prácticamente inalteradas. Es evidente que, en esas condiciones, el aumento rápido de la sudoración expresa el grado de sobrecarga térmica mejor que la frecuencia cardíaca, que la temperatura interna del organismo o que ambos valores juntos. Se ha demostrado en cualquier caso que, en ese intervalo de valores de la sobrecarga térmica, una misma cantidad de calor tiene efectos diferentes sobre la frecuencia cardíaca y sobre la temperatura profunda del organismo, según que sea de origen metabólico o ambiental ; así, por ejemplo, la respuesta de la frecuencia cardíaca a un aumento de 100 kcal en el calor metabólico es dos veces mayor que la suscitada por un aumento equivalente del calor ambiental, pero la variación de la temperatura interior del organismo es aproximadamente igual en ambos casos. En la zona B de la Fig. 4 la sobrecarga térmica puede calificarse de baja al comienzo de la sudoración y de elevada cuando ésta se acerca a su valor máximo. En la zona C puede considerarse, por tanto, que la sobrecarga térmica es excesiva y la sudoración, que apenas varía cuando aumenta la sobrecarga, no expresa adecuadamente la intensidad de ésta. En esa misma zona se observan, en cambio, las mayores variaciones de la frecuencia cardíaca y de la temperatura profunda del organismo para una exposición de duración determinada y, si la sobrecarga ha de expresarse en función de las

respuestas fisiológicas, lo más lógico será tomar como índice una de esas variables o las dos. En otro caso, habría que utilizar como índice de la sobrecarga térmica excesiva una combinación de factores ambientales.

FIG. 4. VARIACIONES DE LA SUDORACION, DE LA FRECUENCIA CARDIACA Y DE LA TEMPERATURA INTERNA DEL ORGANISMO EN FUNCION DE LA SOBRECARGA TERMICA CLIMATICA



ZONA A: No hay sobrecarga térmica.

ZONA B: Sobrecarga térmica creciente, con aumento rápido y casi lineal de la sudoración, sin que, en gran parte de la zona, resulte muy afectada la temperatura corporal. La tensión fisiológica, expresada por la frecuencia cardíaca, aumenta siguiendo una curva exponencial. La sudoración es un índice bastante preciso de la tensión térmica.

ZONA C: Sobrecarga térmica creciente con sudoración máxima o casi máxima, que no sirve ya como índice de sobrecarga o de tensión. La frecuencia cardíaca y la temperatura corporal aumentan rápidamente y son los índices más precisos de la tensión fisiológica.

Como veremos más adelante, la SP4H y el ISC son los índices más fidedignos de la sobrecarga térmica en las condiciones en que ésta toma valores bajos, moderados o altos, pero no se recomienda su uso para las situaciones de sobrecarga excesiva; análogas consideraciones pueden hacerse respecto de la escala IST que, siendo más reciente, deberá emplearse con las debidas precauciones mientras no se haya comprobado su validez. Todos esos índices se basan en el aumento de la sudoración por efecto del calor. La TEC es un índice medianamente satisfactorio de la sobrecarga térmica baja o moderada y, por los errores inherentes a la construcción de la escala, resulta muy imprecisa en los casos de sobrecarga excesiva.

3.2 Escalas de temperatura efectiva corregida

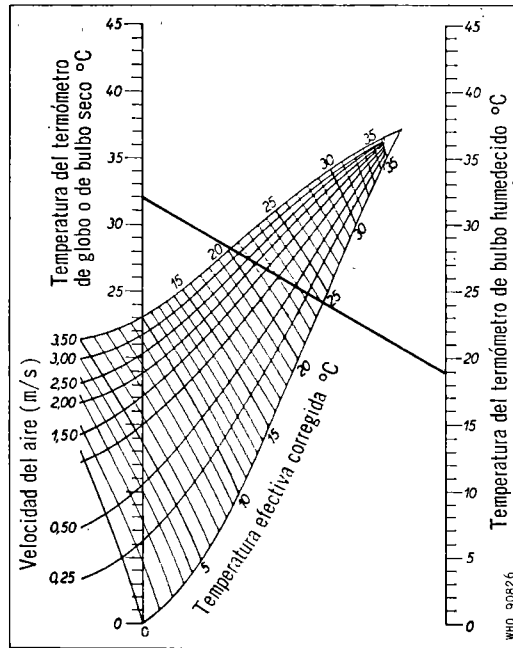
Las escalas de temperatura efectiva (TE) y las de temperatura efectiva corregida (TEC), que se usan desde hace 40 y 20 años respectivamente y que están muy difundidas, tienen la ventaja de ser muy conocidas y fáciles de emplear. Las escalas TE se establecieron inicialmente para evaluar la «comodidad térmica» de una persona sentada u ocupada en trabajos ligeros, pero después se pensó que también podrían tener una aplicación más general como índices de sobrecarga térmica en la industria. Hay dos escalas TE, una para el caso de los hombres desnudos de cintura para arriba y otra para el de los hombres completamente vestidos en trabajos bajo techado. El propósito inicial de sus autores era determinar la sensación subjetiva de comodidad inherente a cualquier combinación de temperatura en seco, temperatura en húmedo y movimiento del aire, utilizando como término de referencia un medio de aire en calma y saturado de humedad, en el que las sensaciones inmediatas de calor fueran idénticas a las experimentadas en el medio estudiado. Ulteriormente se decidió utilizar en vez de la temperatura efectiva del aire la temperatura «en globo negro», para tener en cuenta el calor radiante, y se cambió el nombre de las escalas, que pasaron a llamarse «de temperatura efectiva corregida». La utilidad de ese procedimiento para valorar la influencia del calor radiante ambiental se ha confirmado experimentalmente utilizando cargas de calor radiante que acarrearán aumentos hasta de 18°C en la temperatura media de irradiación. No se tienen en cuenta en la escala TEC las variaciones correspondientes a diferentes niveles de gasto energético. En la Fig. 5 se reproduce la escala TEC «básica», utilizada para experiencias con hombres desnudos de cintura para arriba. La escala TEC «normal», que se usa para el caso de hombres completamente vestidos en trabajos bajo techado, puede consultarse en otro lugar.¹

Para obtener la TEC ambiental se unen con una recta las divisiones correspondientes de la escala de temperaturas del aire en seco (o de temperaturas «en globo negro») y de la escala de temperaturas «en húmedo» (medidas con un termómetro de bulbo humedecido) y se determina el punto de intersección de la recta resultante con la curva de trazado ascendente de izquierda a derecha, que corresponde a la velocidad efectiva del aire. Hay que tener muy presentes los posibles errores de previsión inherentes a la construcción de la escala, que son inevitables cuando ésta se utiliza en circunstancias distintas de las previstas inicialmente. Se sabe, por ejemplo, que las escalas exageran los efectos de las temperaturas «en seco» elevadas cuando la velocidad del aire no pasa de 3,5 m/s, y que,

¹ Véase, por ejemplo, Smith, F. E. (1955) Indices of heat stress, *Memor. med. Res. Coun. (Lond.)*, N° 29, Londres, H. M. Stationery Office; y Leithead, C. S. y Lind, A. R. (1964) *Heat stress and heat disorders*, Londres, Cassell, pág. 276.

en cambio, pecan por defecto en la evaluación de las consecuencias perjudiciales del calor y la humedad del medio, cuando la velocidad del aire es baja. Se ha demostrado ya que climas muy diferentes pero de igual TEC no imponen la misma tensión fisiológica en lo que respecta a tiempos de tolerancia, temperaturas rectales y frecuencias cardíacas. Conviene, por

FIG. 5. ESCALA «BÁSICA» DE TEMPERATURA EFECTIVA CORREGIDA PARA HOMBRES DESNUDOS DE CINTURA PARA ARRIBA



Tomado de Lavenne, F. (1965) *Rev. Inst. Hyg. Mines*, 20, Nº 1, pág. 3.

tanto, no utilizar las escalas TE o TEC como base para la reglamentación de las prácticas industriales, a menos que se tengan en cuenta esas discrepancias. Además, los valores de TE y de TEC carecen prácticamente de significado si no están referidos a la intensidad del trabajo de las personas expuestas.

Esas escalas dan, en cambio, resultados satisfactorios cuando la sobrecarga térmica es ligera y cuando la humedad relativa no rebasa ciertos límites, pero no está indicado su empleo para la comparación entre climas distintos, si uno cualquiera de ellos tiene una humedad relativa de menos del 40 %.

3.3 Sudoración previsible en cuatro horas (SP4H)

La escala SP4H se calculó empíricamente¹ tomando como base los resultados de una serie muy numerosa de observaciones de la sudoración en hombres vestidos con pantalón corto o mono de trabajo y expuestos en el laboratorio a distintos climas, en niveles diferentes de gasto energético. Dentro de márgenes muy extensos, la escala permite determinar, por medio de un nomograma, la sobrecarga térmica correspondiente a cualquier combinación de temperaturas en seco y en húmedo, temperatura « globo negro », movimiento de aire, condiciones de indumentaria e intensidad de trabajo. Se usa para la evaluación el promedio de la sudoración previsible, dentro de los límites del error de muestreo, en un grupo de hombres jóvenes, sanos, aclimatados al calor y expuestos durante cuatro horas a las condiciones del medio que se estudia. El valor con que se opera no indica la cantidad de sudor producida por unidad de tiempo sino la cantidad de sudor eliminada en cuatro horas. Conviene advertir, por otra parte, que la SP4H es un índice de la sobrecarga térmica y no de la tensión térmica, y que los valores de la escala se han determinado mediante observaciones en jóvenes europeos en buen estado físico y aclimatados al calor.

Las condiciones de empleo del nomograma SP4H para la determinación del valor correspondiente a una sobrecarga térmica determinada pueden consultarse en distintas publicaciones² y no es necesario describirlas en el presente informe. Además de servir para la evaluación de la sobrecarga térmica, que es su finalidad principal, el nomograma puede utilizarse para prever el volumen de la sudoración y, por tanto, las necesidades de agua de un grupo de hombres expuestos a las condiciones de un medio determinado.

La escala SP4H resulta particularmente útil cuando se emplea en las mismas condiciones en que se efectuaron las observaciones originales, pero aun así sus posibilidades de aplicación son muy numerosas. En cambio, la escala no es susceptible de modificación ni de perfeccionamiento, lo que, naturalmente, limita su interés; otros inconvenientes más graves son su imprecisión en los medios de baja humedad (no se recomienda su empleo cuando la humedad relativa no llega al 40 %) y el uso de la sudoración como variable de referencia. Se ha demostrado, en efecto, sin lugar a dudas, que la sudoración aumenta con la aclimatación. Ese aumento, que es del orden del 10 % al 15 %, en los climas secos y calurosos, puede llegar, en los climas cálidos y húmedos al 60 %. Además, el trabajo en un

¹ McArdle, B. et al. (1947) The prediction of the physiological effects of warm and hot environments, *Royal Naval Personnel Research Committee, med. Res. Coun. (Lond.)*, Report N° 47/391, Londres, H. M. Stationery Office.

² Véanse, por ejemplo, las publicaciones citadas en la nota anterior y en la de la página 26.

medio muy caluroso y de humedad elevada provoca, como ya se ha dicho, una disminución muy rápida de la sudoración de origen térmico.

Como es natural, muchas de esas reservas pueden hacerse extensivas a otros índices de sobrecarga térmica y lo mismo ocurre con la dificultad de utilizar la escala SP4H en los establecimientos industriales en que los obreros trabajan en turnos de ocho horas, y pasan, por tanto, una parte del día en un medio caluroso y otra en un medio fresco. El empleo de la escala SP4H resulta aceptable cuando la sobrecarga térmica es moderada o alta, sobre todo cuando las condiciones del medio no han de variar mucho en un periodo de cuatro horas aproximadamente.

3.4 Índices de equilibrio térmico

La calorimetría fraccionaria, es decir, el cálculo basado en principios físicos de las cantidades de calor intercambiadas por distintas vías, fue utilizada por primera vez por Winslow y sus colaboradores en 1936. Los primeros coeficientes calculados con ese objeto fueron perfeccionados unos diez años después, y Belding y Hatch los emplearon para establecer un nuevo índice de sobrecarga calórica (ISC) en 1955.¹ Entran en el cálculo de este nuevo índice los coeficientes de intercambio térmico con el medio por radiación y por convección ($R - C$) y el de producción de calor metabólico (M); la suma de los tres coeficientes representa la carga total de calor que ha de ser disipada por evaporación (E_{req}) para que el organismo se mantenga en equilibrio térmico. La probabilidad de esa situación de equilibrio se determina por la relación entre E_{req} y la capacidad máxima de evaporación (E_{max}), calculada en el supuesto de que toda la piel está humedecida de sudor.

Ello no obstante, el punto crítico en que la relación entre E_{req} y E_{max} es de 1,0, y más allá del cual resulta inasequible el equilibrio térmico, no podía determinarse satisfactoriamente con el índice ISC, en parte por la imprecisión de los coeficientes adoptados para C y E_{max} (tomando como base las observaciones practicadas en hombres desnudos de cintura para arriba) y en parte porque no se había tenido en cuenta que la ropa, por ligera que sea, reduce los intercambios de calor por radiación, por convección y por evaporación (R , C y E). Los autores han tratado de corregir esos dos inconvenientes y en la actualidad los valores correspondientes a hombres de condiciones físicas normales y de 70 kg de peso, desnudos de cintura para arriba, se calculan utilizando los siguientes coeficientes:

$$R = 11 (t_w - 35) \text{ kcal/h}$$

La temperatura radiante media, t_w , puede determinarse a partir de la temperatura « en globo negro », t_g (°C), la velocidad del aire V (m/s) y la temperatura del aire, t_a , mediante la fórmula:

¹ Belding, H. S. y Hatch, T. F. (1955) *Heat Pip. Air Condit.*, 27, 129.

$$t_w = t_g + 14,4 V^{0,5} (t_g - t_a)$$

En las mismas condiciones de exposición :

$$C = 6 V^{0,6} (t_a - 35) \text{ kcal/h}$$

En ambos casos, 35°C es la temperatura aproximada de la piel, en el nivel crítico en que $E_{req} = E_{max}$.

E_{max} es función de la diferencia entre la presión de vapor de agua de la piel completamente mojada a 35°C (42 mm Hg) y la presión de vapor de agua del aire ambiente, P_a .

$$E_{max} = 12 V^{0,6} (42 - P_a) \text{ kcal/h}$$

Para compensar de manera aproximada el efecto de una indumentaria ligera se ha recomendado provisionalmente reducir en un tercio el valor de cada uno de los citados coeficientes. Ese factor de corrección puramente empírico se ha calculado con datos de alcance limitado ; fundándose en consideraciones teóricas, algunos autores sostienen que la modificación de los coeficientes debería depender de ciertas características relacionadas con las condiciones del medio, por ejemplo, del color de los vestidos en los casos de exposición al sol, y de la velocidad del viento.

Indice de sobrecarga térmica

El índice de sobrecarga térmica (IST) de Givoni se ha establecido mediante una serie de ecuaciones que forman un modelo matemático expresivo de los mecanismos biofísicos que intervienen en la conservación del equilibrio térmico entre el organismo y el medio, habida cuenta de la eficiencia refrigerante variable de la sudoración.¹ Como el índice ISC, el IST se basa en la cantidad de sudor indispensable para que el enfriamiento por evaporación mantenga el equilibrio térmico del organismo ; el valor obtenido puede corregirse para compensar la influencia de distintas condiciones de indumentaria y de radiación solar, pero no se ha estudiado todavía la utilidad del índice en los medios de calor radiante de gran longitud de onda. El IST permite la evaluación lineal continua de la sobrecarga térmica y puede utilizarse para determinar la tensión fisiológica resultante, cuando la sudoración es función de la carga térmica. Por encima de ese límite, el índice puede emplearse para calcular la sobrecarga pero no la tensión fisiológica. Como la SP4H y el ISC, el IST puede usarse para determinar las necesidades de agua. Por lo que respecta a la exactitud de las previsiones en una gran diversidad de condiciones del medio, la escala IST es com-

¹ Givoni, B. (1962) *The influence of work and environmental conditions on the physiological responses and thermal equilibrium of man*. En : *Proceedings of a UNESCO Symposium on Arid Zone Physiology and Psychology, Lucknow, India*.

parable con la SP4H en los casos en que puede utilizarse esta última. El inconveniente del índice IST es que se basa en la sudoración y no puede utilizarse, por tanto, cuando la frecuencia del pulso y la temperatura rectal son factores limitativos.

El índice IST se calcula por la fórmula básica :

$$S = (M \pm C \pm R) \times \left(\frac{1}{f}\right) = E \left(\frac{1}{f}\right),$$

en la que S es la sudoración necesaria, M la producción de calor metabólico, C y R los intercambios de calor por convección y radiación (expresados en kcal/h), f la eficacia refrigerante de la sudoración, y E el enfriamiento por evaporación necesario o la carga térmica total.

Los valores de C , R y f dependen de la cantidad de ropa y se calculan por las fórmulas generales siguientes :

$$C = \alpha V^{0,3} (t_a - 35)$$

$$R = k_{cl} (k_e \cdot k_p) I_N [1 - a(V^{0,2} - 0,88)]$$

$$\frac{1}{f} = e^{0,6} \left(\frac{E}{E_{\max}} - 0,12 \right)$$

$$E_{\max} = \beta V^{0,3} (42 - P_a),$$

en las que los coeficientes α , k_{cl} , a y β varían según la cantidad de ropa, k_e depende del poder de reflexión calorífica del medio, k_p de la postura, t_a es la temperatura del aire ($^{\circ}\text{C}$), I_N la intensidad de la radiación medida perpendicularmente a los rayos solares (kcal/h), V la velocidad del aire (expresada en m/s), e la base de los logaritmos naturales, E_{\max} la capacidad de evaporación del aire (kcal/h), y P_a la presión de vapor del aire (mm Hg).

Los valores del producto $k_e k_p$ correspondientes a medios de diferente poder de reflexión y a posturas distintas se indican en el cuadro siguiente :

Medio	Coeficiente de radiación	
	posición sentada, de espaldas al sol	posición de pie, de espaldas al sol
gran reflexión (desierto)	0,396	0,324
poca reflexión (bosque)	0,377	0,266

Los valores de α , p , k_{cl} y a correspondientes a diversos tipos de indumentaria son los siguientes :

<i>Coficiente de indumentaria</i>	<i>Personas semidesnudas</i>	<i>Ropa ligera de verano</i>	<i>Traje militar de faena</i>
<i>a</i>	15,8	13,0	11,6
<i>β</i>	31,6	20,5	13,0
<i>k_{cl}</i>	1,0	0,5	0,4
<i>a</i>	0,35	0,52	0,52

Conclusión

El Grupo considera que todos los índices de sobrecarga térmica descritos en las páginas que anteceden y otros que no se citan en el presente informe, han resultado útiles dentro de ciertos límites. Parece probable que, a la larga, el método del equilibrio térmico sea el de aplicación más general, ya que tiene por objeto el cálculo de un índice racional, basado en los principios físicos de los intercambios de calor. Ello no obstante, falta mucho todavía para resolver el importante problema de la relación entre los valores del índice y las tensiones fisiológicas efectivas que se manifiestan, por ejemplo, en el aumento de la frecuencia cardiaca y en la elevación de la temperatura corporal.

4. INVESTIGACIONES QUE SE RECOMIENDAN

De las deliberaciones del Grupo Científico se desprende con claridad que los conocimientos disponibles acerca de la exposición profesional al calor son insuficientes en muchos aspectos. Se enumeran a continuación, por orden de prioridad, los problemas que deben ser objeto de nuevas investigaciones.

1. Es todavía incompleto el conocimiento de los mecanismos fisiológicos que modifican la frecuencia cardiaca durante la exposición profesional a una sobrecarga térmica y después de ella. Será necesario, en consecuencia, efectuar nuevos estudios que permitan una interpretación más precisa de la frecuencia cardiaca, y establecer un método normalizado para el acopio de datos sobre los tiempos de recuperación, principalmente en lo que respecta al momento de practicar las observaciones y a la postura del sujeto.

2. Los índices actuales de equilibrio térmico no permiten la determinación específica de la tensión fisiológica previsible de resultados de la exposición al calor y hay razones fundadas para admitir que su interpretación depende en parte de la producción de calor metabólico. Habrá que emprender, por tanto, investigaciones sobre la correspondencia de los valores del índice con la frecuencia cardíaca y con la temperatura interna del organismo.

3. Apenas se conocen los efectos de la exposición prolongada al calor (sea por razones de trabajo o por la residencia en climas calurosos) sobre el bienestar y sobre el rendimiento. Se ha dado por supuesto que la exposición profesional al calor no será perjudicial para la salud mientras no altere la temperatura profunda del organismo, pero habrá que investigar el acierto de esa hipótesis por medio de estudios epidemiológicos, tomando como base los datos reunidos en la industria acerca de la salud y el rendimiento de los trabajadores.

4. También son bastante incompletos los conocimientos disponibles acerca de la influencia que tiene en la sobrecarga térmica y en la tensión fisiológica resultante el trabajo intermitente en medios calurosos, y acerca de la posibilidad de utilizar los índices de sobrecarga en esas situaciones. Habrá que investigar las siguientes cuestiones: influencia de la capacidad térmica de la ropa en la atenuación de las pérdidas y los aumentos del calor del organismo; influencia del choque térmico, originado por el frío de la sala de recuperación, en las enfermedades infecciosas del aparato respiratorio; distribución óptima de los periodos de trabajo y descanso; efectos generales de la exposición profesional al calor cuando los trabajadores viven en medios muy fríos (de baja humedad); y métodos para evaluar la tensión consecutiva a las exposiciones intermitentes.

5. Algunos estudios indican que la sobrecarga influye no sólo en la concentración, el aprendizaje, la vigilancia y el rendimiento psicomotor, sino también en los accidentes, pero no se dispone de datos cuantitativos sobre esos extremos.

6. Las combinaciones de factores que influyen en la carga térmica son muchas y muy variadas, y ningún investigador las ha tenido todas en cuenta. Urge emprender estudios intensivos sobre los efectos de distintas combinaciones determinadas de trabajo y calor ambiental en grupos de composición muy variada por lo que respecta a la edad, el sexo, la constitución corporal y otros caracteres físicos. Es indispensable organizar el intercambio de datos y la comprobación recíproca de las condiciones de experimentación, no sólo entre los distintos laboratorios sino entre todos ellos y la industria. Para racionalizar esos datos de gran complejidad será probablemente útil el empleo de ordenadores electrónicos.

7. En los estudios del gasto energético y de los intercambios térmicos los valores suelen estar referidos a un « hombre medio » enteramente

hipotético y, aunque en algunos trabajos pueden adaptarse a personas de distintas estaturas y constituciones físicas corrigiéndolos en proporción al peso corporal, esa adaptación tan sencilla puede resultar insuficiente en las actividades que requieren esfuerzo físico aplicado a un objeto (por ejemplo, levantamiento o transporte de pesos). Convendría que esas relaciones se determinaran experimentalmente para que pudieran tenerse en cuenta las diferencias de fuerza muscular y de otras características físicas individuales.

8. Serán necesarios nuevos estudios para determinar con más precisión los efectos de la ropa sobre los intercambios de calor por distintas vías.

9. Habrá que emprender además un estudio especial para la determinación cuantitativa de la influencia de la temperatura cutánea, en combinación con otros factores, con objeto de precisar y de evaluar las relaciones entre la sobrecarga y la tensión.

10. Deberán establecerse métodos nuevos para facilitar el estudio de la relación calor/trabajo en distintos tipos de actividades laborales. Acaso fuera posible diseñar más adelante un integrador de sobrecarga térmica que pudiera adaptarse al cuerpo de los trabajadores.

11. Será necesario, por último, reunir datos suficientes sobre los problemas especiales relacionados con las transferencias térmicas y con las lesiones de los tejidos a consecuencia del calor, en los casos de contacto directo del cuerpo con sólidos o líquidos de conductividad elevada.

NOTA

El Grupo Científico desea dejar constancia de su gratitud por la ayuda que le han prestado para sus deliberaciones los siguientes funcionarios de la OMS: Dr. F. Dukedobos, Fisiólogo del Servicio de Higiene Social y del Trabajo; Dr. Z. Fejfar, Jefe del Servicio de Enfermedades Cardiovasculares, y Dra. M. Pfister, Médico del Servicio de Salud Mental.

Anexo

**CONVENIOS Y RECOMENDACIONES DE LA OFICINA
INTERNACIONAL DEL TRABAJO QUE TRATAN
DEL TRABAJO EN MEDIOS CALUROSOS**

- Convenio N° 89 : *Trabajo nocturno de las mujeres empleadas en la industria* (Revisado en 1948), Artículo 7
- Convenio N° 90 : *Trabajo nocturno de los menores en la industria* (Revisado en 1948), Artículo 4
- Convenio N° 120 : *Higiene en el comercio y en las oficinas* (1964), Artículo 10
- Convenio N° 127 : *Peso máximo de la carga que puede ser transportada por un trabajador* (1967)
- Recomendación N° 97 : *Protección de la salud de los trabajadores en los lugares de trabajo* (1953), Artículo 2
- Recomendación N° 120 : *Higiene en el comercio y en las oficinas* (1964)
Parte IV. Ventilación
Parte VI. Temperatura
Parte VIII. Agua potable
- Recomendación N° 128 : *Peso máximo de la carga que puede ser transportada por un trabajador* (1967), Artículo 13
-

ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD
SERIE DE INFORMES TECNICOS

Informes recientes :		Precio		
		s.d.	\$	F. s.
Nº				
350	(1967) La planificación sanitaria nacional en los países en desarrollo Informe de un Comité de Expertos de la OMS (44 páginas)	5/-	1,00	3,—
351	(1967) Conferencia de Directores de Escuelas de Salud Pública Informe de una Conferencia Interregional de la OMS (27 páginas)	3/6	0,60	2,—
352	(1967) Comité de Expertos de la OMS en Cólera Segundo informe (32 páginas)	3/6	0,60	2,—
353	(1967) Evaluación de la salubridad de la vivienda y del medio urbano Informe de un Comité de Expertos de la OMS (56 páginas)	5/-	1,00	3,—
354	(1967) Comité Mixto OIT/OMS de Higiene del Trabajo Quinto informe (20 páginas)	3/6	0,60	2,—
355	(1967) Utilización de los servicios sanitarios en la enseñanza de la medicina 16º informe del Comité de Expertos de la OMS en Formación Profesional y Técnica del Personal Médico y Auxiliar (37 páginas)	5/-	1,00	3,—
356	(1967) Empleo inocuo de los plaguicidas en salud pública 16º informe del Comité de Expertos de la OMS en Insecticidas (72 páginas)	6/8	1,25	4,—
357	(1967) Comité de Expertos de la OMS en Paludismo 13º informe (61 páginas)	5/-	1,00	3,—
358	(1967) La enseñanza de la inmunología en las escuelas de medicina Informe de un Comité de Expertos de la OMS (48 páginas)	5/-	1,00	3,—
359	(1967) Comité de Expertos de la OMS en Filariasis (Infecciones por <i>Wuchereria</i> y por <i>Brugia</i>) Segundo informe (50 páginas)	5/-	1,00	3,—
360	(1967) Biología de la regulación de la natalidad por la continencia periódica Informe de un Grupo Científico de la OMS (22 páginas)	3/6	0,60	2,—
361	(1967) Comité de Expertos de la OMS en Patrones Biológicos 19º informe (122 páginas)	8/6	1,75	5,—
362	(1967) Necesidades de vitamina A, tiamina, riboflavina y niacina Informe de un Grupo Mixto FAO/OMS de Expertos (95 páginas)	5/-	1,00	3,—
363	(1967) Servicios de prevención y tratamiento de la dependencia causada por el alcohol y otras drogas 14º informe del Comité de Expertos de la OMS en Salud Mental (46 páginas)	5/-	1,00	3,—
364	(1967) Principios aplicables a la investigación experimental de la acción teratógena de los medicamentos Informe de un Grupo Científico de la OMS (20 páginas)	3/6	0,60	2,—
365	(1967) Los métodos epidemiológicos en el estudio de las enfermedades crónicas 11º informe del Comité de Expertos de la OMS en Estadística Sanitaria (34 páginas)	3/6	0,60	2,—
366	(1967) Normalización de las técnicas de estudio de la glucosa-6-fosfato deshidrogenasa Informe de un Grupo Científico de la OMS (57 páginas)	5/-	1,00	3,—
367	(1967) Tratamiento y evacuación de desechos Informe de un Grupo Científico de la OMS (34 páginas)	4/-	0,60	2,—
368	(1967) Ecología de los mosquitos Informe de un Grupo Científico de la OMS (24 páginas)	4/-	0,60	2,—
369	(1967) Los arbovirus y su importancia en patología humana Informe de un Grupo Científico de la OMS (92 páginas)	8/-	1,25	4,—