

**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua**  
**UNAN-León**  
**Facultad de Ciencias Médicas**  
**Medicina**



**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE MÉDICO Y CIRUJANO GENERAL**  
**Tema:**

Impacto del estrés térmico (calor ambiental y metabólico) en la función renal de trabajadores de dos municipios de Nicaragua, Chichigalpa y Jinotepe. Período Junio- Noviembre 2009.

**Autores:**

Br. Winia Margarita Bergara Rodriguez.

Br. Ramón Arturo Bermúdez Jiménez.

**Tutor:**

Luis E. Blanco Romero, MSc, PhD  
Higienista Ocupacional  
Profesor Titular, Fac. de Ciencias Médicas, UNAN-León  
Director CISTA  
Coordinador de Postgrado CISTA  
Centro de Investigación en Salud, Trabajo y Ambiente

León, 09 de marzo 2012.

## ÍNDICE

|                              |    |
|------------------------------|----|
| INTRODUCCIÓN .....           | 1  |
| ANTECEDENTES .....           | 3  |
| JUSTIFICACIÓN .....          | 6  |
| PROBLEMA .....               | 7  |
| OBJETIVOS .....              | 8  |
| MARCO TEÓRICO .....          | 9  |
| PROCEDIMIENTO Y MÉTODO ..... | 31 |
| RESULTADOS.....              | 38 |
| DISCUSIÓN.....               | 54 |
| CONCLUSIÓN.....              | 58 |
| RECOMENDACIONES.....         | 59 |
| BIBLIOGRAFÍA.....            | 61 |
| ANEXOS .....                 | 66 |

***DEDICATORIA***

***A Dios por estar siempre con nosotros***

## AGRADECIMIENTO

- ❖ ***A Dios** por darnos la fuerza e inteligencia para culminar con este trabajo.*
- ❖ ***A nuestros padres** por apoyarnos incondicionalmente en cada momento de nuestra vida.*
- ❖ ***A nuestro Tutor y Asesor metodológico Dr. Luís Blanco** por darnos el conocimiento, tiempo y apoyo necesario para poder finalizar satisfactoriamente este trabajo.*



## INTRODUCCIÓN

El estrés térmico es la carga de calor que los trabajadores reciben y acumulan en su cuerpo y que resulta de la interacción entre las condiciones ambientales del lugar donde trabajan, la actividad física que realizan y la ropa que llevan <sup>(1)</sup>. Las condiciones ambientales incrementan la carga térmica cuando la temperatura del ambiente es mayor que la temperatura corporal. Es decir, cuando las condiciones climáticas son cálidas o en trabajos donde los procesos se dan en altas temperaturas. Ejemplos son las panaderías, etc. En la actividad física intensa se produce una sudoración abundante y el gradiente térmico es menor y la transferencia de calor necesaria se consigue con un aumento del flujo sanguíneo periférico y una disminución del flujo sanguíneo en zonas como el hígado, intestinos y principalmente riñón.

Cuando se acumula calor en el cuerpo se produce una pérdida hídrica vascular importante como resultado de un estrés fisiológico, provocando un agotamiento por calor y un colapso circulatorio, esto ocasiona una reducción del flujo sanguíneo en el intestino, piel y principalmente el riñón. En este último provoca alteraciones en el mecanismo de depuración, la cantidad y composición de la orina <sup>(2)</sup>.

La carga metabólica debida a la actividad física también provoca cambios en la función renal <sup>(1,2)</sup>. Muñoz reportó que el ejercicio físico origina cambios en la hemodinámica renal causando disminución en el flujo plasmático renal y en la filtración glomerular, siendo ésta última de mucha menor cuantía <sup>(3)</sup>. Según Muñoz, esto origina un aumento de la fracción de filtración, que intenta preservar la transferencia de metabolismo y sustancias a través de los glomérulos renales. De esta forma, cuando la disminución fisiológica del flujo plasmático renal se ve agravada por el estrés térmico, la deshidratación y la rabiomiolisis, ocurre la insuficiencia renal aguda inducida por ejercicio <sup>(3)</sup>.



La insuficiencia renal es un problema de salud pública en el nor-occidente de Nicaragua. Según reportes del Ministerio de Salud (MINSa), la mortalidad por enfermedades renales en esta región ha venido aumentando <sup>(4)</sup>. La prevalencia era mas alta en hombres (la proporción hombre: mujer de 6:1) y los más afectados son entre las edades de 40-60 años de edad y que están concentrados en León, Chinandega, principalmente <sup>(5)</sup>. Los cálculos en los informes del MINSa demuestran que para el 2005, el nivel nacional de mortalidad llegó al 10/100,000. En ese año en el departamento de León, fue de 50/100,000 y en Chinandega de 41/100,000 <sup>(6)</sup>.

Este trabajo pretende generar información sobre los riesgos de trabajar en condiciones de estrés térmico y su impacto en la función renal, en dos ambientes sociodemográficos diferentes, en Chichigalpa y Jinotepe, a través de la cuantificación de la carga térmica al que se exponen los participantes, así como de los niveles de hematocrito y creatinina antes y después de la jornada laboral y realizar un análisis de la relación que existe entre la carga ambiental y carga metabólica y determinar su influencia en la función renal. Con esto será posible promover la prevención por parte de los afectados a través del reconocimiento temprano de signos del estrés térmico. Además, esta servirá de base a las instituciones responsables de la salud de los trabajadores como el MINSa, el Ministerio del Trabajo (MITRAB) y el Instituto Nicaragüense de Seguridad Social (INSS), para proponer estrategias de intervención para eliminar o controlar el impacto del estrés térmico en la población trabajadora.



## ANTECEDENTES

Los estudios sobre el estrés térmico se han enfocado en dos líneas básicas de investigación: el desarrollo de indicadores y los efectos debido a la exposición.

Según Brake, R y Bates G. (2002), se han desarrollado más de 60 índices de estrés térmico desde que Houghton y Yagloglou, en 1923, formularon la escala de temperatura efectiva como un índice de confort térmico. Estos suelen caer en una de dos grandes categorías: índices empíricos e índices racionales.

Los *índices empíricos* fueron desarrollados a partir de experimentos de campo y se expresan generalmente en términos de algún parámetro ambiental y no de un parámetro fisiológico. Algunos ejemplos son: la temperatura efectiva (Básica y Normal), la temperatura efectiva corregida, el Índice de Oxford, la Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo (WBGT por sus siglas en inglés) entre otros.

Entre los *índices racionales* están los que predicen la tasa de sudor o predicen la tasa de sudor en 4 horas <sup>(7)</sup> los que predicen el aumento de la temperatura central (ISO 7933, 1989), los que predicen la frecuencia cardíaca <sup>(7)</sup> y los que predicen una combinación de dos o más de estos parámetros fisiológicos. Los índices racionales se subdividen en predictivos (por ejemplo, mediciones de las condiciones ambientales, y predicciones del estrés térmico en una población) y reactivos (es decir, los que miden el estrés térmico individualmente y la consecuencia de esta reacción). Los índices reactivos suelen típicamente controlar un signo vital asociado a la tensión térmica en un individuo y la acción de asesorar dependiendo del resultado, mientras que la intención de predecir el índice es para estimar el estrés térmico una población o sub-población, cuando estuvieron expuestas a determinados niveles de estrés térmico.



Los efectos debidos a la exposición al estrés térmico se dan en diferentes sistemas; trastornos sistémicos como deshidratación, aumento de la frecuencia cardíaca, de la temperatura cutánea, de las concentraciones plasmáticas de proteína, Sodio y del hematocrito, que pueden desencadenar en síncope, edema, calambres, agotamiento y golpe de calor, así como trastornos cutáneos como; erupciones por calor o miliaria, síndrome de retención del sudor y por último la astenia anhidrótica tropical <sup>(1,2)</sup>. También se ha comprobado que cuando la actividad física realizada es muy intensa, por mucho tiempo y en condiciones climáticas extremas, las estructuras íntimas del riñón pueden resultar alteradas, afectándose gravemente la función renal <sup>(3)</sup>.

Estudios realizados por Schiere y cols (1967) en reclutas, demuestran que las alteraciones renales se presentan más en épocas de verano, durante las primeras semanas de instrucciones y entre reclutas no aclimatados a altas temperaturas, mientras que el estudio de Dancaster y cols (1969), afirman que ésta afectación renal se ve agravada por esfuerzos prolongados e intensos celebrados en condiciones extremas de calor y humedad y favorecida por una mala hidratación. En ambos estudios se concluyó que la actividad física disminuye el flujo plasmático renal, que trae como consecuencia disminución transitoria de la capacidad de concentración renal, que motivó ha analizar el comportamiento renal mediante distintos métodos de laboratorio, cambiando el tipo de ejercicio realizado, la intensidad de éste, su duración e incluso las condiciones ambientales y la situación nutritiva y de hidratación del sujeto sometido al experimento <sup>(8)</sup>.

Los estudios sobre el impacto del estrés térmico en la efectividad y confort de los trabajadores han comprobado la coincidencia de los índices WBGT y el de sudoración requerida ( $SW_{req}$ ) <sup>(9,10)</sup>. Además, varios estudios han señalado los efectos a la salud derivados del trabajo en condiciones térmicas desfavorables <sup>(1)</sup>. No obstante, se carece de estudios en los que las mediciones de las variables ambientales y fisiológicas se realicen de forma conjunta. Por el contrario, algunos investigadores han recomendado ejecutar nuevas experiencias en las épocas más calurosas del año con mediciones de las variables ambientales y fisiológicas de forma conjunta <sup>(9,10)</sup>.





El WBGT es el más utilizado y recomendado actual y especialmente por la ISO y recomendada por las diferentes agencias para la salud ocupacional ambiental como la Unión Europea. OSHA. Es por ello que nosotros pretendemos en este estudio utilizar dicho índice. <sup>(9,10)</sup>.



## **JUSTIFICACIÓN**

La insuficiencia renal se ha convertido en un problema de salud pública en Nicaragua. El Ministerio de Salud (MINSAL) de Nicaragua ha reportado que en los últimos años las tasas de morbi-mortalidad se han elevado, especialmente jóvenes de la región de occidente <sup>(6)</sup>. Esto significa pérdidas humanas, desintegración familiar, una disminución en la actividad y la productividad laboral. La causalidad es desconocida, aunque se suscriben diferentes factores, entre ellos el estrés térmico. Este estudio pretende generar información sobre los riesgos de trabajar en condiciones de estrés térmico y su impacto en la función renal. Con esto será posible promover la prevención por parte de los afectados a través del reconocimiento temprano de signos del estrés térmico. Además, esta información servirá de base a las instituciones responsables de la salud de los trabajadores como el MINSAL, el Ministerio del Trabajo (MITRAB) y el Instituto Nicaragüense de Seguridad Social (INSS), para proponer estrategias de intervención para eliminar o controlar el impacto del estrés térmico en la población trabajadora.



## PROBLEMA

Las condiciones climáticas de Nicaragua representan una carga térmica que redundará en un aumento gradual de la temperatura interna de las personas expuestas. Cuando se realiza un trabajo en condiciones de estrés máximo de calor, se activan dos sistemas efectores: *la vasodilatación periférica* (provocando el aumento del flujo sanguíneo periférico, manifestando taquicardia, y disminuyendo el flujo sanguíneo en zonas como: el hígado, intestino y principalmente riñón) y *la sudoración excesiva* (que provoca la pérdida de calor por evaporación). Ambas respuestas podrían traer efectos en la función renal. Por esto nos hacemos la siguiente pregunta:

¿Cuál es el efecto que tiene el estrés térmico (carga ambiental y metabólico) sobre la función renal de los trabajadores?



## OBJETIVOS

### General:

- Determinar el impacto del estrés térmico (calor ambiental y metabólico) en la función renal de trabajadores de dos municipios de Nicaragua, Chichigalpa y Jinotepe.

### Específicos:

1. Describir las características sociodemográficas de la población de estudio.
2. Cuantificar el estrés térmico (calor ambiental y metabólico) al que se exponen los participantes.
3. Cuantificar los niveles de Hematócrito y Creatinina en los participantes, antes y después de una jornada laboral.
4. Analizar la relación entre la carga ambiental y los niveles de Hematocrito y creatinina la cuantificación del calor ambiental y el calor metabólico.



## **Marco Teórico**

### **Definición de estrés térmico**

Es la carga de calor que los trabajadores reciben y acumulan en su cuerpo y que resulta de la interacción entre las condiciones ambientales del lugar donde trabajan, la actividad física que realizan y la ropa que llevan. <sup>(1)</sup>, siendo está la causa de los diversos efectos patológicos que se producen cuando se acumula excesivo calor en el cuerpo <sup>(2)</sup>.

### **Trabajos expuestos al estrés térmico**

Trabajos en sitios cerrados o semicerrados: donde el calor y la humedad sean elevados, debido al proceso de trabajo o a las condiciones climáticas de la zona y la ausencia de medios para reducirlos: alguna de ellas son; las fundiciones, acerías, fabricas de ladrillos, fabricas de cerámica, plantas de cemento, hornos, panaderías, lavanderías, fabricas de conservas, minas, invernaderos, etc., donde, sin ser el calor y la humedad ambiental elevados, se realice una actividad física intensa o donde los trabajadores lleven trajes o equipos de protección individual que impidan la eliminación del calor <sup>(1)</sup>

En trabajos al aire libre: El estrés térmico y sus consecuencias pueden ser especialmente peligrosos, como en la construcción, agricultura, etc., debido a que en ellos no suele haber programas de prevención de riesgos calor y temperatura

### **Factores causales.**

Edad, peso, grado de aptitud física, el grado de aclimatación, el metabolismo, obesidad, el uso de alcohol o drogas, cafeína, toma de medicamentos y una variedad de condiciones médicas como la hipertensión afecta, antecedentes de trastorno relacionado por el calor, tiempo de exposición (duración del trabajo): si es largo aun cuando el estrés térmico no sea elevado puede acumular una cantidad de calor peligrosa. Sin embargo, incluso el tipo de ropa usada debe ser considerada. Además,



están los factores ambientales: calor radiante, movimiento de aire, conducción, y la humedad relativa de un individuo influyen en la respuesta al calor.

**Sexo:** Existen ligeras diferencias en cuanto a los mecanismos de disipación del calor: las tasas de sudoración son más elevadas en el hombre y pueden aumentar sus tolerancias en ambientes extremadamente calurosos y secos, mientras que las mujeres están mejor capacitadas para suprimir una excesiva sudoración y por tanto para conservar el agua corporal y el calor.

**Edad.** Poblaciones industriales muestran generalmente un declive gradual en la tolerancia al calor a partir de los 50 años de edad. Existen algunas evidencias de una reducción con la edad de la vasodilatación periférica y la tasa máxima de sudoración. El envejecimiento de la población se asocia a una mayor incidencia de enfermedades cardiovasculares y otras patologías que pueden reducir la tolerancia individual al calor.

**Obesidad.** Un alto contenido de grasa corporal tiene escaso efecto en la regulación térmica, ya que para la disipación de calor en la piel participan los capilares y las glándulas sudoríparas que se encuentran más cerca de la superficie de la piel que de la capa de grasa subcutánea. Todos los movimientos les exigen un mayor esfuerzo muscular y, por consiguiente, generan más calor que en las personas delgadas.

**Trastornos de la Salud y Otros Factores.** La tolerancia al calor de un trabajador en un día cualquiera puede verse reducida por una serie de trastornos de la salud. Como ejemplos pueden citarse las enfermedades febriles (temperatura corporal mayor de la normal), vacunación reciente o gastroenteritis asociada a una alteración del equilibrio hídrico o electrolítico. Las afecciones cutáneas, como quemaduras solares y eritemas, pueden reducir la capacidad de sudoración. Además, el riesgo de sufrir un trastorno por calor aumenta en ocasiones con la prescripción de algunos medicamentos, entre ellos simpatomiméticos, anticolinérgicos, diuréticos, fenotiazinas, antidepresivos cíclicos e inhibidores de la monoaminoxidasa.



**Consumo de alcohol;** no sólo reduce la ingesta de alimentos y agua, sino que también actúa como un diurético (aumenta la cantidad de orina excretada) y altera la capacidad de razonamiento. Los efectos nocivos del alcohol persisten muchas horas después del momento de su consumo. Los alcohólicos que sufren un golpe de calor tienen una tasa de mortalidad mucho mayor que los no alcohólicos.

**La Aclimatación,** al trabajo en ambientes calurosos exige la exposición al calor mientras se trabaja entre tres y cuatro veces a la semana; una menor frecuencia o una exposición pasiva al calor tendrá un efecto mucho más débil y puede reducir gradualmente la tolerancia al calor.

**Hidratación.** La evaporación del sudor es la principal vía de disipación del calor corporal y se convierte en el único mecanismo posible de enfriamiento cuando la temperatura ambiente es mayor que la corporal. Durante la actividad laboral sin ingesta de líquido la pérdida será incapacitante, sumado a que la absorción de agua en el intestino tiene un tope de unos 1,5 l/h durante el trabajo, unas tasas superiores de sudoración producirán una deshidratación progresiva a lo largo del día. La mayoría de las personas no sienten la necesidad de beber hasta que han perdido entre 1 y 2 l de agua corporal, y si están muy motivadas para realizar un trabajo pesado, pueden sufrir pérdidas de hasta 3y 4 litros antes de que una sed imperiosa les obligue a parar y beber.

**Nutrición.** Aunque el sudor es hipotónico (menor contenido de sal) con respecto al suero sanguíneo, una sudoración profusa produce una pérdida continua de cloruro sódico y pequeñas cantidades de potasio que deben reponerse todos los días. Además, el trabajo en ambientes calurosos acelera el metabolismo de oligoelementos como el magnesio y el zinc.

Al trabajar en condiciones de estrés térmico, el cuerpo del individuo se altera. Sufre una sobrecarga fisiológica, debido a que, al aumentar su temperatura, los mecanismos fisiológicos de pérdida de calor (sudoración y vasodilatación periférica,



fundamentalmente) tratan de que se pierda el exceso de calor, puede resultar además de incomodo, un riesgo para la salud y seguridad de los trabajadores e incluso llegar a la muerte. <sup>(1, 2, 11)</sup>

## **Regulación térmica en ambientes calurosos**

Como ya se ha dicho antes, el hombre desprende calor al medio ambiente principalmente mediante una combinación de procesos secos (radiación y convección) y evaporación. Para facilitar este intercambio, se activan y regulan los dos principales sistemas efectores: vasodilatación periférica y sudoración.

### **Vasodilatación Periférica**

La cantidad de calor transferido del núcleo a la periferia depende del flujo sanguíneo periférico (FSP), el gradiente de temperatura entre el centro y la periferia y el calor específico de la sangre (algo inferior a 4 kJ/°C por litro de sangre). En reposo y en un ambiente térmicamente neutro, la piel recibe aproximadamente entre 200 y 500 ml/min de flujo sanguíneo, lo que representa sólo entre un 5 y un 10 % de la sangre total bombeada por el corazón (gasto cardíaco). En condiciones de estrés máximo por calor, el FSP puede alcanzar entre 7 y 8 l/min, casi la tercera parte del gasto cardíaco <sup>(2)</sup>.

En ambientes calurosos, la FC es mayor con cualquier intensidad de trabajo, para compensar el menor volumen sanguíneo central (VSC) y el menor VS. Con niveles superiores de trabajo se alcanza la frecuencia cardíaca máxima y esta taquicardia es, por consiguiente, incapaz de mantener el gasto cardíaco necesario. La segunda manera de aumentar el FSP es reduciendo el flujo sanguíneo en zonas como el hígado, los riñones y los intestinos <sup>(2)</sup>. El redireccionamiento del flujo puede conseguir un aumento adicional de 800 a 1.000 ml en el flujo sanguíneo periférico y ayuda a compensar los efectos nocivos de la acumulación periférica de sangre.





## **Sudoración**

En ambientes térmicamente neutros y confortables se pierden pequeñas cantidades de agua por difusión a través de la piel. Sobre todo, cuando se realiza un trabajo intenso en condiciones de calor, las glándulas sudoríparas activas pueden excretar grandes cantidades de sudor, hasta más de 2 l/h durante varias horas. Incluso una pérdida de sudor de tan sólo el 1% del peso corporal ( entre 699 y 700 ml) afecta considerablemente al rendimiento laboral, lo que se manifiesta en un aumento de la frecuencia cardíaca (FC) ( la FC aumenta unos cinco latidos por minuto par cada 1% de la pérdida de agua corporal) y la de la temperatura interna del organismo, si el trabajo es continuado, se produce un aumento gradual de la temperatura corporal, que puede alcanzar un calor cercano a 40 °C, una temperatura ala que probablemente se producirán trastornos por calor, debido en parte a la perdida de liquido del sistema vascular.

## **TRASTORNOS DEL ESTRES POR CALOR**

Una elevada temperatura ambiente, una elevada humedad, un esfuerzo extenuante o una disipación insuficiente del calor pueden causar una serie de trastornos:

### **Trastornos sistémicos**

Los calambres, el agotamiento y el golpe de calor tienen importancia clínica. Los mecanismos responsables de estos trastornos sistémicos son una insuficiencia circulatoria, un desequilibrio hídrico y electrolítico y/o hipertermia (elevada temperatura corporal).

Sin considerar la población infantil, existen dos poblaciones que presentan mayor riesgo de sufrir trastornos por calor.

La primera y la más grande de ellas es la constituida por las personas de edad avanzada, especialmente cuando carecen de recursos económicos y sufren



enfermedades crónicas como la diabetes mellitus, obesidad, malnutrición, insuficiencia cardíaca congestiva, alcoholismo crónico y demencia, o necesitan medicamentos que interfieren con la regulación térmica.

La segunda población está formada por personas sanas que intentan realizar esfuerzos físicos prolongados o se exponen a un estrés excesivo por calor. Los factores que predisponen a las personas jóvenes a sufrir trastornos por calor, además de una disfunción congénita o adquirida de las glándulas sudoríparas, son una mala forma física, la falta de aclimatación, una baja eficiencia laboral y una relación entre superficie cutánea y masa corporal.

### **Síncope por calor**

Es una pérdida de conocimiento temporal como resultado de la reducción de riego cerebral que suele ir precedido por palidez, visión borrosa, mareo y náuseas. Los síntomas se atribuyen a la vasodilatación cutánea, acumulación de sangre por la postura corporal con el resultado de un menor retorno venoso al corazón y un gasto cardíaco también reducido. La deshidratación leve produce en la mayoría de las personas expuestas al calor aumenta la probabilidad de sufrir un síncope por calor.

### **Edema por calor**

En personas no aclimatadas expuestas a un ambiente caluroso puede aparecer edema leve de manos y pies. Suele afectar más a las mujeres y desaparece con la aclimatación.

### **Calambres por calor**

Los calambres por calor pueden aparecer tras una intensa sudoración como consecuencia de los calambres por calor pueden aparecer tras una ingesta sudoración como consecuencia de un trabajo físico prolongado. Aparecen espasmos dolorosos en



las extremidades y en los músculos abdominales sometidos a un trabajo intenso y a la fatiga. Los calambres están causados por la depleción salina que se produce cuando la pérdida hídrica resultante de una profusa y prolongada que se repone con agua no suplementada con sal y cuando los niveles circulantes de sodio descienden por debajo de un nivel crítico.

### **Agotamiento por calor**

Es el trastorno más común provocado. Se produce como resultado de una deshidratación severa tras perderse una gran cantidad de sudor. Es típico en personas jóvenes por lo demás sanas que realizan un esfuerzo físico prolongado (agotamiento por calor inducido por el esfuerzo), como corredores de maratón, personas que practican deportes al aire libre, reclutas militares y trabajadores de la construcción. La principal característica de este trastorno es una deficiencia circulatoria causada por depleción hídrica y/o salina.

El agotamiento por calor producido por depleción hídrica aparece como resultado de una intensa y prolongada sudoración y una ingesta insuficiente de agua. Causa déficit hídrico (reducción del contenido del agua corporal) e hipernatremia (aumento de la concentración plasmática de sodio). El agotamiento por calor se caracteriza por sed, debilidad, fatiga, atontamiento, ansiedad, oliguria (reducción de la excreción de orina), taquicardia (pulso acelerado) e hipertermia moderada (39 °C o superior)

### **Golpe de calor**

Es una urgencia médica grave que puede provocar la muerte. Es un cuadro clínico complejo caracterizado por una hipertermia incontrolada, que produce inicialmente por una intensa congestión por calor debida a una carga térmica excesiva. También causa una disfunción del sistema nervioso central y, entre otras cosas, una fallo en el mecanismo normal de regulación térmica, acelerando así el aumento de la temperatura corporal.



Existen dos tipos principales de golpe de calor: golpe de calor clásico y golpe de calor inducido por el esfuerzo. El primero suele afectar a personas muy jóvenes, de edad avanzada, obesas o con escasa preparación física cuando realizan actividades normales con exposición prolongada a elevadas temperaturas física cuando realizan actividades normales con exposición prolongada a elevadas temperaturas, mientras que el segundo se produce en adultos jóvenes cuando realizan esfuerzos físicos. Además, existe una mortalidad mixta de golpe de calor que combina los rasgos de las dos formas anteriores.

Las personas que trabajan o realizan esfuerzos físicos intensos en ambientes calurosos y húmedos corren un alto riesgo de sufrir un trastorno por calor inducido por el esfuerzo, ya sea agotamiento por calor o golpe de calor. Los atletas que se someten a un intenso esfuerzo físico pueden desarrollar hipertermia si producen calor metabólico a una gran velocidad, incluso aunque el ambiente no sea muy caluroso y, como resultado, desarrollan con frecuencia una patología asociada al estrés por calor.

Las características clínicas se definen por tres criterios:

1. Hipertermia severa con una temperatura interna (corporal profunda) normalmente superior a 42 °C;
2. Alteraciones del sistema nervioso central,
3. Piel caliente y seca con cese de la sudoración.

### **Alteraciones cutáneas**

La erupción por calor o miliaria es una alteración cutánea más común asociada a la exposición al calor. Se produce cuando la obstrucción de los conductos sudoríparos impide que el sudor alcance la superficie cutánea y se evapore. El síndrome de retención del sudor aparece cuando la anhidrosis (imposibilidad de liberar sudor) afecta a toda la superficie corporal y predispone al paciente a un golpe de calor.

En los pacientes que han sufrido un golpe de calor se observan cambios en la sangre (como elevada osmolalidad, bajo pH, hipoxia, adherencia celular de los hematíes, coagulación intravascular) y daños en el sistema nervioso. El reducido aporte



sanguíneo al intestino puede causar daños en los tejidos y la liberación de sustancias (endotoxinas) que provocan fiebre <sup>(11, 12)</sup>.

### **Control Hídrico y electrolítico**

El volumen de los compartimientos de agua corporal (es decir, los volúmenes de líquidos extracelular e intracelular) y sus concentraciones de electrolitos se mantienen muy constantes gracias al equilibrio regulado entre la absorción y la pérdida de líquidos y sustancias.

En ambientes térmicamente neutros y en reposo, se difundan pequeñas cantidades de agua a través de la piel. Ahora bien, con la sudoración la pérdida de agua puede llegar a más de 1 ó 2 litros por hora durante varias horas. El aumento de la pérdida de agua a través de la sudoración se compensa con la bebida y una menor excreción de orina, mientras e exceso de agua se pierde mediante una mayor producción de orina. Tal control de la absorción y excreción de agua se ejercen a través del sistema nervioso autónomo y las hormonas.

La sensación de sed aumenta la ingestión de agua y la excreción renal de agua está regulada. También el volumen y la composición de electrolitos de la orina están sujetos a control. Los sensores que participan en este mecanismo de control se encuentran el corazón y activan con la saturación del sistema vascular. Cuando el llenado del corazón se reduce (por ejemplo, tras la pérdida de sudor), los receptores envían un mensaje a los centros del cerebro responsables de la sed y alas áreas que inducen la liberación de hormona antidiurética (HAD) en la pituitaria posterior que actúa reduciendo el volumen de orina.

Existen también mecanismos fisiológicos que controlan la composición electrolítica de los líquidos corporales a través de los procesos que tienen lugar en los riñones. Los alimentos contienen nutrientes, minerales, vitaminas y electrolitos. La ingesta de cloruro sódico con la dieta, que varía los hábitos alimenticios varía entre 10 y 20-30 g. Es una



cantidad normalmente mucho mayor de la necesaria, de manera que el exceso se excreta a través de los riñones.

### **Función renal y el ejercicio**

La función renal en el ejercicio ha sido objeto de múltiples estudios, tanto en el hombre como en los animales. El ejercicio origina cambios en la hemodinámica renal causando disminución en el flujo plasmático renal, como en la filtración glomerular, siendo ésta última de mucha menor cuantía. Con todo esto se origina un aumento de la fracción de filtración, que intenta preservar la transferencia de metabolismo y sustancias a través de los glomérulos renales.

Se han realizado varios estudios en orina de la práctica deportiva <sup>(3)</sup>, los cuales revelan presencia de componentes anormales, ante ello parece claro que el grado de alteración renal está en relación con el grado de intensidad relativa de trabajo físico desarrollado.

Con el ejercicio, los parámetros hemodinámicos sufren profundas modificaciones debido al aumento del gasto cardíaco en unas 5-6 veces respecto a su valor basal, en función de un mayor retorno venoso y del incremento de la frecuencia cardíaca. Por otra parte se produce un gran aumento del gasto cardíaco que se dirige al músculo, hasta un 85% más que en reposo, debido a la vasodilatación arteriolar que acontece durante el ejercicio. Estos beneficios se producen en detrimento de otros órganos, como el riñón, que ve muy disminuido el flujo plasmático. El flujo plasmático renal (FPR) y el flujo sanguíneo renal (FSR) disminuyen de forma proporcional a la intensidad del ejercicio.

Los riñones juegan un papel esencial en el mantenimiento de la hidratación corporal y de la homeostasis de los fluidos corporales. En tal sentido, la función renal bajo la influencia endocrina y neural mediada por la osmolaridad así como por los receptores de volumen que responden a los cambios de volumen del agua corporal, es capaz de ajustar el volumen y la composición de la orina. Si el cuerpo se encuentra en una



situación en la cual existe déficit de fluidos (Ej.: Estado de deshidratación), se produce una reducción compensatoria en la producción de orina y la cantidad que se produce se haya extremadamente concentrada, presentando un color marcadamente amarillo.

## **INSUFICIENCIA RENAL AGUDA INDUCIDA POR EJERCICIO**

Es un síndrome poco común caracterizado por oliguria y anuria con disfunción renal, que comúnmente ocurre durante un maratón o ultramaratón cuando la disminución fisiológica del FPR se ve agravada por el estrés térmico, la deshidratación y la rabdomiolisis. Este cuadro puede ocurrir en atletas que sufren de Drepanocitosis, debido a la hemólisis que presentan sus glóbulos rojos en la microcirculación y en los músculos, debido a una exposición súbita a la altura o al calor en sesiones de ejercicios cortos y de alta intensidad.

Afortunadamente, la insuficiencia renal aguda inducida por el ejercicio es bastante rara. Por razones todavía no claras, durante el ejercicio se mantiene una normal y adecuada filtración glomerular, aún con la marcada vasoconstricción renal mediada neurológicamente durante el ejercicio físico.

La rabdomiolisis, asociado con el ejercicio, que precipita la insuficiencia renal, cuando se asocia una o más de las siguientes condiciones: ejercicio intenso y prolongado, estrés térmico, deshidratación y depleción de potasio. Sin embargo, existen reportes de rabdomiolisis e insuficiencia renal aguda que han ocurrido en individuos no entrenados (Ej.: Bomberos no reclutas militares) luego de entrenamientos de corta duración de máxima intensidad. <sup>(3)</sup>

Anecdóticamente, se ha acusado a los anti-inflamatorios no esteroides a contribuir en casos de insuficiencia renal aguda en corredores del Maratón de las Comores. Los procesos infecciosos, principalmente virales, pueden predisponer a problemas musculares que pudiesen precipitar a una rabdomiolisis. Puede también ser exacerbado



por la ingestión de analgésicos (aspirina y anti-inflamatorios no esteroides) para lesiones menores.

## **VARIACIONES EN EL VOLUMEN Y EXCRECIÓN DE AGUA Y ELECTROLITOS DURANTE LA ACTIVIDAD FÍSICA**

El ejercicio moderado como el caminar, aumenta el volumen de orina tal vez como resultado de una mayor excreción de solutos a la orina que retienen mas agua en los túbulos que de otra forma se hubiesen reabsorbido (efecto osmótico).

Por el contrario el ejercicio intenso se asocia a una disminución del volumen de orina, durante el ejercicio intenso y prolongado hay aumento en las pérdidas de agua y electrolitos por la respiración y el sudor. Para controlar el equilibrio hídrico se ponen en marcha dos mecanismos:

1. Aumento de la ingestión de agua mediante el estímulo de la sed, mediado en parte por el aumento de la angiotensina.
2. Disminución de la diuresis por aumento de los niveles de la hormona antidiurética, estimulada en parte por la angiotensina.

Existen numerosos trabajos con resultados muy dispares <sup>(1, 3)</sup>, aunque en términos generales el aspecto y la composición de la orina al final de una actividad física, está muy influida por la intensidad del esfuerzo realizado, el tipo de ejercicio, la edad de la persona, las condiciones ambientales, la postura adoptada, el nivel de hidratación antes del ejercicio y el nivel de entrenamiento, no parece sin embargo que existan diferencias entre los sexos.

Los cambios tanto del volumen y como de la calidad del plasma después del ejercicio, están relacionados con los mismos parámetros que definían la calidad y cantidad de la orina post-ejercicio. Además de la conservación del agua corporal, los riñones tienen un papel importante en la eliminación del ácido (lactato y piruvato) producidos en





exceso durante el ejercicio vigoroso. Esto se demuestra midiendo el pH de la orina, que cae extraordinariamente durante el ejercicio intenso y, sobre todo, después de éste.

## **ELECTROLITOS.**

Una de las funciones fisiológica mas importante del riñón es regular la excreción de sustancias inorgánicas. La reabsorción activa de Na<sup>+</sup> va unida a casi todo el H<sub>2</sub>O que se absorbe, teniendo en cuenta que esta última fluye pasivamente debido a la diferencia de osmolaridad entre la luz tubular y el líquido intersticial. Hay otros solutos que también contribuyen a la diferencia de osmolaridad, pero en el caso de los solutos orgánicos negativos, los más importantes (Cl y bicarbonato) se absorben acoplados con el Na. Durante el ejercicio físico de intensidad media parece haber en la mayoría de los casos, una disminución de la excreción urinaria de Na y consecuentemente un aumento de su reabsorción tubular.

Al comparar la orina post-esfuerzo de un grupo de deportistas sometido a un entrenamiento de 11,7 km/día con la de otro grupo de deportistas que realizan un entrenamiento diario de 1,7 km, encuentran concentraciones más elevadas de Na , Ca, K y Mg en el grupo de deportistas que entrenan con menor intensidad.

## **SITUACIÓN ACTUAL DE LOS CONOCIMIENTOS SOBRE FUNCIÓN RENAL Y ACTIVIDAD FÍSICA**

Entre los cambios fisiológicos que se dan en el maratonista están el aumento de glucagón, adrenalina, noradrenalina (hormonas glucogenolíticas y lipolíticas), que favorecen a la utilización de azúcares y grasas para la obtención de energía; hormona adrenocorticotrópica (ACTH), hormona estimulante de la tiroides (TSH) y la insulina. Con excepción de la última, éstas actúan a través del AMPc en la movilización de sustrato combustible que reclama el trabajo muscular.



Por su parte, la insulina, facilita la captación de glucosa en los tejidos (excepto en el encéfalo, túbulo renales, glóbulos rojos y mucosa intestinal), aumenta la síntesis de ácidos grasos y proteínas. También incrementa la permeabilidad del potasio y disminuye la gluconeogénesis. Sus efectos en el hígado se acompañan con la disminución del AMPc y aumento del GMPc.

Algunos autores han quedado de acuerdo con el hecho de que durante la práctica de un ejercicio físico, el riñón sufre una disminución de su flujo sanguíneo y que este acontecimiento es el responsable de las alteraciones que se producen, tanto en el mecanismo de depuración renal como en la cantidad y composición de la orina <sup>(3)</sup>.

La respuesta hemodinámica renal durante el ejercicio está causada básicamente por la combinación de dos mecanismos: un aumento de la actividad del sistema nervioso simpático que va a producir una constricción de las arteriolas aferente y eferente del glomérulo y una elevación del nivel de catecolaminas (Adrenalina y Noradrenalina) en sangre; otros mecanismos como la autorregulación local del flujo sanguíneo, parecen tener menor influencia en los cambios de distribución de la volemia que se producen en un sujeto sano sometido a estrés físico.

Los acontecimientos en los que participa el sistema nervioso se producen básicamente de la forma siguiente: el centro vasomotor recibe información del sistema nervioso central y de los receptores periféricos, transmitiendo impulsos nerviosos a través de las fibras simpáticas y parasimpáticas hacia el sistema cardiovascular. La mayor parte de las terminaciones nerviosas simpáticas postganglionares son adrenérgicas, es decir, segregan Noradrenalina mientras que las terminaciones parasimpáticas son todas colinérgicas o liberadoras de acetilcolina. Estos neurotransmisores van a ejercer su función a través de unos receptores localizados en los órganos efectores; la activación de estos receptores va a producir activación o enlentecimiento de la función del órgano. La estimulación del sistema nervioso simpático ejerce sólo una pequeña acción sobre las arterias coronarias y sobre las de la musculatura esquelética y sobre el corazón



produce bradicardia; sin embargo, la estimulación del sistema nervioso simpático actúa sobre la mayor parte de los vasos sanguíneos, produciendo constricción en las arterias de las vísceras abdominales, riñones y piel, así como en la totalidad de las venas; sobre el corazón su acción se traduce en taquicardia y aumento de la contractilidad. Visto lo anterior, podemos deducir que el análisis de las catecolaminas fraccionadas en plasma, nos va a dar una idea del nivel de estimulación nerviosa que se produce durante una actividad física, así como de la importancia de la vasoconstricción sobre las arteriolas renales y sus consecuencias hemodinámicas.

## **FUNDAMENTOS FISICOS DEL TRABAJO EN CONDICIONES DE CALOR**

La Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (1992) establece que los trabajadores no deben ser autorizados a trabajar cuando su temperatura corporal profunda excede los 38 ° C (100,4 ° F). El calor es una medida de la energía en términos de cantidad <sup>(2, 7, 12,13)</sup>.

Una caloría es la cantidad de calor necesaria para elevar 1 gramo de agua 1 ° C (basado en un estándar de temperatura de 16,5 a 17,5 ° C).

Intercambios térmicos:

El cuerpo humano intercambia calor con su entorno por distintas vías:

**Conducción:** es la transferencia de calor entre los materiales que están en contacto entre sí. El calor pasa de los materiales más cálidos que el enfriador de material. Por ejemplo, la piel de un trabajador puede transferir el calor a un contacto con la superficie que si la superficie es más fresco, y viceversa.

**Convección:** es la transferencia de calor en fluidos en movimiento. El aire fluye más allá del cuerpo puede enfriar el cuerpo cuando la temperatura del aire está fresco. Por otro lado, el aire que supera los 35 ° C (95 ° F) puede aumentar la carga de calor en el cuerpo.



**Refrigeración por evaporación:** se produce cuando el sudor se evapora de la piel, alta humedad reduce la tasa de evaporación y, por tanto, reduce la eficacia del cuerpo principal del mecanismo de enfriamiento.

**La radiación:** es la transferencia de energía térmica a través del espacio. Un trabajador cuya temperatura corporal es superior a la temperatura de las superficies circundantes irradia calor a estas superficies. Las superficies calientes y las fuentes de luz infrarroja que irradian calor pueden aumentar la carga de calor del cuerpo.

Evaluación de los parámetros básicos del ambiente de trabajo

**Índice de temperatura de globo de bulbo húmedo (WBGT):** es el más utilizado en todo el mundo. Fue desarrollado durante una investigación realizado por la Marina de Estados Unidos sobre los accidentes por calor que sufría el personal militar como una aproximación a la temperatura efectiva corregida (TEC) mas complicado de obtener, modificada para tener en cuenta la absorción solar de los militares de color verde.

Los valores limites del WBGT se utilizaron para determinar cuando los reclutas militar podían recibir instrucción. Se observo que los accidentes por el calor y el tiempo perdido por interrupción de la instrucción se reducían cuando se utilizaba el índice de WBGT en lugar de tan sólo la temperatura del aire. Estos promedios deben calcularse utilizando la siguiente fórmula: <sup>(1, 7, 13, 14)</sup>

Promedio

$$WBGT = \frac{(WBGT\ 1) (t\ 1) + (WBGT\ 2) + \dots + (WBGT\ n) (t\ n)}{(t\ 1) + (t\ 2) + \dots (T\ n)}$$

Para interiores y exteriores con condiciones de no carga solar el WBGT se calcula:

$$WBGT = 0.7\ NWB + 0.3\ GT$$



Para el aire libre con una carga solar, WBGT se calcula como:

$$WBGT = 0,7 NWB GT + 0,2 + 0,1 dB$$

Donde:

WBGT= Temperatura de bulbo húmedo Globo Índice.

NWB=Temperatura de bulbo húmedo Globo Índice.

PP= Temperatura de bulbo seco.

GT= Temperatura de globo.

Índice temperatura de globo: es la temperatura de globo negro húmedo del tamaño adecuado puede utilizarse como índice de estrés por calor. Tal índice en el principio de que dicha temperatura se ve afectada tanto por la transferencia de calor seco como por la evaporación como sería el caso de un hombre que suda. Así, la temperatura puede utilizarse, basándose en la experiencia previa, como índice del estrés por calor. La temperatura se eleva una vez alcanzada el equilibrio al cabo de unos 10-15 minutos de exposición. Se trata de una esfera de cobre de 3 pulgadas (76.3 mm de diámetro) cubierta por una tela negra que se mantiene por humedad de 100 %, gracias a un recipiente de agua que empapa automáticamente la tela.

**Temperatura de bulbo húmedo natural (NWB):** la temperatura se mide por la exposición de un sensor de humedad, como una mecha de algodón húmedo provisto de un termómetro de bulbo, a los efectos de la evaporación y la convección. El término «natural» se refiere a la circulación de aire alrededor del sensor.

**Temperatura de bulbo seco (DB),** la temperatura se mide con un sensor térmico, tales como una corriente de mercurio en el termómetro de vidrio, que es protegido de la radiación directa de fuentes de energía.



## Temperatura radiante media

Puede estimarse de tres formas diferentes:

1. A partir de la temperatura medida por el termómetro de esfera negra;
2. A partir de la temperatura radiante medida a lo largo de tres perpendiculares,
3. Por cálculo integrando los efectos de las diferentes fuentes de radiación.

## Temperatura del aire

En condiciones de alta temperatura y la pesada carga de trabajo, la CSHO debe determinar la carga de trabajo de cada categoría de empleo. Carga de trabajo de categoría está determinada por un promedio de las tasas metabólicas de las tareas y, a continuación, la clasificación por:

1. Trabajo leve: hasta 200 kcal / hora
2. Trabajo moderado: 200-350 kcal / hora
3. Trabajo pesado: 350-500 kcal / hora

## **Calor Metabólico:**

El calor metabólico es una consecuencia de la actividad corporal y debe ser estimado para cada caso en particular, dependiendo de la naturaleza de las tareas que se desempeñen en cada trabajador.

El calor metabólico se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$M = Mb + MI + MII$$

Donde:

Mb = Metabolismo basal: 70 kcal / h

MI = Componente del metabolismo según la posición y movimiento del cuerpo.

MII = Componente del metabolismo según la clase o tipo de trabajo.



En general se cuenta con tablas especiales para ello, adoptadas en la Ley 19587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo actualizada según decreto 911 del 5/8/96 <sup>(12, 15)</sup>.

| POSICIÓN DEL CUERPO   | MI (kcal/h) |
|-----------------------|-------------|
| A: extendido, sentado | 20          |
| B: de pie             | 40          |
| C: caminando          | 120         |
| D: Subiendo           | 250         |

| Tipo de trabajo MII (Kcal/h) |        |               |        |               |        |        |            |
|------------------------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|--------|------------|
| I) manual                    |        | II) de Brazos |        | III) corporal |        |        |            |
| Fácil                        | Pesado | Fácil         | Pesado | Fácil         | ligero | pesado | Muy pesado |
| 25                           | 50     | 75            | 125    | 200           | 300    | 400    | 500        |



Tabla que muestra los límites permisibles de la carga térmica para un tipo de trabajo, aceptados según la ley de higiene y seguridad del trabajo

| Régimen de trabajo y descanso     | Límites permisibles para la carga térmica. TGBH (°C) |                        |                |
|-----------------------------------|--|------------------------|----------------|
|                                   | Tipo de trabajo                                      |                        |                |
|                                   | Liviano<br>230W                                      | Moderado<br>230 a 400w | Pesado<br>400w |
| Trabajo continuo                  | 30.0   | 26.7                   | 25.0           |
| 75% trabajo y 25% descanso c/hora | 30.6   | 28.0                   | 25.9           |
| 50% trabajo y 50% descanso c/hora | 31.4   | 29.4                   | 27.9           |
| 25% trabajo y 75% descanso c/hora | 32.2   | 31.1                   | 30.0           |

#### Ejemplo de aplicación

Supongamos una situación de trabajo caracterizada por una temperatura de globo de 40°C y temperatura húmeda natural de 29 °C, en la que un individuo aclimatado al calor y con indumentaria veraniega (0,5 clo), descarga un horno que trabaja en continuo, secando piezas que circulan por su interior, las cuales pesan 10 Kg. Una vez descargada la pieza debe dejarla en un lugar cercano para que posteriormente otra persona proceda a su almacenamiento.

El ciclo de trabajo (mínimo conjunto de tareas que se repiten de forma ordenada a lo largo de la jornada y que constituye el trabajo habitual del individuo) se puede desglosar de la siguiente forma:





Tabla 1

|   |                                  |
|---|----------------------------------|
| 1. Descolgar y transportar la pieza     | 10 seg.....27% del tiempo total. |
| 2. Volver caminando a la cadena         | 7 seg.....19% del tiempo total.  |
| Esperar de pie para la siguiente pieza. | 20 seg.....54% del tiempo total. |
| Total del ciclo                         | 37 seg.....100%                  |

El cálculo del término M podría hacerse con la ayuda de la tabla 2 de la forma siguiente:

Tabla 2: Estimación del consumo metabólico M (ACG)

|                                     |            |                                |                |
|-------------------------------------|------------|--------------------------------|----------------|
| A. Posición y movimiento del cuerpo |            |                                |                |
|                                     |            | Kcal/min.                      |                |
| Sentado                             |            | 0.3                            |                |
| De pie                              |            | 0.6                            |                |
| Andando                             |            | 2.0,-3.0                       |                |
| Subida de una pendiente andando     |            | Añadir 0.8 por metro de subida |                |
| B. Tipo de Trabajo                  |            |                                |                |
|                                     |            | Media Kcal/min.                | Rango Kcal/min |
| Trabajo manual                      | Ligero     | 0.4                            | 0.2-0.12       |
|                                     | Pesado     | 0.6                            |                |
| Trabajo con una brazo               | Ligero     | 1.0                            | 0.7-2.5        |
|                                     | Pesado     | 1.7                            |                |
| Trabajo con dos brazos              | Ligero     | 1.5                            | 1.0-3.5        |
|                                     | Pesado     | 2.5                            |                |
| Trabajo con el cuerpo               | Ligero     | 3.5                            | 2.5- 15.0      |
|                                     | Moderado   | 5.0                            |                |
|                                     | Pesado     | 7.0                            |                |
|                                     | Muy pesado | 9.0                            |                |



|   |  |
|---|--|
| 1. Descolgar y transportar la pieza     | Andando..... 2.0 kcal/min<br>Trabajo pesado con ambos brazos.....<br>..... 2.5 kcal/min. |
| 2. Volver caminando a la cadena         | Andando..... 2.0 kcal/min  |
| Esperar de pie para la siguiente pieza. | De pie..... 2.0 kcal/min   |

Teniendo en cuenta la distribución de tiempos y el Metabolismo Basal considerado de 1 Kcal/min,  $M = 4,5 \text{ Kcal/min} \times 0,27 + 2 \text{ Kcal/min} \times 0,19 + 0,6 \text{ Kcal/min} \times 0,54 + 1 \text{ Kcal/min} = 3,3 \text{ Kcal/min} = 198 \text{ Kcal/h}$ .

El índice WBGT calculado según las temperaturas indicadas y la ecuación (I), resulta ser de 32,3°C, mientras que el WBGT límite para el consumo metabólico determinado, es según indica la gráfica 1 de 30 °C, por lo que existe una situación de riesgo no admisible de estrés térmico en estas condiciones y según este método.

Si queremos aplicar al puesto, un régimen de trabajo-descanso, para disminuir el riesgo: WBGT (límite) descansando = 33 °C (tabla 1)

Si el periodo de descanso lo realiza en las inmediaciones del puesto de trabajo, el índice WBGT es el mismo por lo que, WBGT descansado = 32,3 °C..

Aplicando la ecuación VII:

$$F_t = \frac{32 - 32,3}{33 - 30} \times 60 = 14 \text{ minutos de trabajo por hora.}$$

Si por el contrario descansa en un lugar más fresco, cuyo WBGT fuera por ejemplo, de 27°C, aplicando la ecuación VI:

$$F_t = \frac{(33 - 27)}{(32,3 - 30)} + (33 - 27) = 40 \text{ minutos de trabajo por hora.}$$



## MÉTODOLOGÍA

Se realizó un estudio de tipo transversal analítico, en el cual se comparó el efecto del estrés térmico en grupos de trabajadores con similar actividad física (carga metabólica) y diferentes condiciones climáticas (carga ambiental). Para esto hemos seleccionado las ciudades de Chichigalpa y Jinotepe.

Chichigalpa es uno de los municipios del departamento de Chinandega, en el noroccidente de Nicaragua. Está ubicada a una altitud promedio de 76 metros sobre el nivel del mar y cuenta con un clima templado, con una temperatura promedio de 27° C. La población alcanza los 44,769 habitantes <sup>(16)</sup> de ellos el 75% radica en el área urbana. Jinotepe, por su parte, está ubicado al sur de Managua, ciudad que se caracteriza con una altitud de 569 metros sobre el nivel del mar, con un clima semi-húmedo de sabana tropical y una temperatura promedio de 25° C. La población total de 42,109 habitantes, de ellos el 70% pertenece al área urbana.

Los trabajadores fueron obreros del área de la construcción. Seleccionamos un total de 30 trabajadores por cada ciudad. El tamaño de la población de estudio se definió por conveniencia, debido a los limitados recursos económicos. La selección se basó en los siguientes criterios de inclusión:

- Edad de 20 a 40 años
- Tener mayor o igual a un año de trabajar como obrero de la construcción

Criterios de exclusión:

- Tener antecedentes de enfermedades crónicas como: diabetes mellitus, hipertensión arterial, malnutrición, insuficiencia cardíaca congestiva, alcoholismo crónico, demencia e insuficiencia renal crónica.
- Utilización de fármacos que interfieren con la regulación térmica como Aines, diuréticos, etc.



Procedimiento de recolección:

Captación de los trabajadores: Nos reunimos con el responsable del lugar de trabajo y le informamos sobre los objetivos del estudio con el fin de solicitar su autorización para la realización de la investigación en dicho sitio de trabajo. Una vez obtenida la autorización, se solicitó una reunión con los trabajadores para hablarles sobre el estudio y sus objetivos, la metodología a emplearse, los beneficios que de este se pueden derivar para ellos y para el gremio. Asimismo, se les ofreció la oportunidad de realizar preguntas y aclarar dudas. Todo esto con el fin de obtener su consentimiento informado para participar en el estudio.

Recolección de la información: La información se recolectó con ayuda de un formulario (ver anexo 1) que contenga lo siguiente: Datos generales, historia de exposición, antecedentes personales no patológicos, antecedentes patológicos, parámetros de laboratorio, parámetros ambientales.

Para medir el nivel de hematocrito y creatinina antes y después de la jornada de trabajo, a cada trabajador se le tomó una muestra de sangre venosa (2 ml) por punción en el brazo. La muestra se dividió en dos porciones de 1 ml en tubos de ensayos con anticoagulante. Estos se almacenaron en un termo a una temperatura de 8° centígrados para su preservación hasta su traslado al laboratorio de muestras biológicas del CISTA. El traslado se hizo en las 24 horas inmediatas a la toma de la muestra.

El estrés térmico se cuantificó de la siguiente manera: la carga ambiental se estableció con ayuda de un equipo marca QUEST, modelo QUESTTEMP 30. Este equipo permite medir las temperaturas radiante, húmeda, ambiental, y el índice WBGT, además de la humedad relativa. La carga metabólica se estimó para cada caso en particular, dependiendo de la naturaleza de la tarea que desempeñaba cada trabajador, para ello contamos con una serie de tablas especiales que muestran los límites permisibles de la carga térmica para un tipo de trabajo, adoptadas en el modelo propuesto en la ISO 7933 <sup>(7)</sup> y recomendada por el Ministerio de trabajo para evaluar el estrés térmico en los trabajadores, que según la Ley General de Higiene y Seguridad del trabajo No. 618, (2007) (ver tablas y ejemplo de aplicación en las páginas 27-30) terminantemente prohibido efectuar procedimientos o laborar en condiciones de trabajo que den lugar a una



sobrecarga calórico o pérdida excesiva de calor en los trabajadores y que puedan provocar efectos dañinos en su salud <sup>(12)</sup>.

### Análisis de los Datos

Los datos se analizaron con ayuda del programa SPSS v. 15.0. Se presentó un descriptivo de las variables de estudio. Para las variables cuantitativas se usó la media y el intervalo de valores (rango). Las variables cualitativas se describieron con frecuencias absolutas y proporciones. Se compararon los resultados de las mediciones de hematocrito y creatinina antes y después de la jornada de trabajo (media de las diferencias), también se determinó la prueba T de Student para pruebas dependientes de las variables antes mencionadas para evaluar si entre estas las diferencias son significativas o si solo son diferentes aleatoriamente. Se consideró el efecto de las variables modificadoras (años de trabajar en la construcción, edad del trabajador, etc.). Luego se usó el coeficiente de correlación de Pearson para variables como carga ambiental con hematocrito y creatinina al final de la jornada, carga metabólica con hematocrito y creatinina al final de la jornada, de forma general y por municipios, para medir el grado de covariación entre estas variables.

### Operacionalización de las variables

| Variable        | Definición  | Valor   |
|-----------------|---|---|
| Datos Generales |   |   |
| Edad            | Tiempo transcurrido en año desde el nacimiento hasta el momento de estudio en años. | Cuantitativa  |
| Ocupación       | Función que desempeña el trabajador dentro de la construcción.                      | 1. Carpintero<br>2. Bodeguero<br>3. Albañil<br>4. Ingeniero<br>5. Armador de Hierro |



| Variable                               | Definición   | Valor   |
|--|--|---|
|  |  | 6. Conductor de maquinaria<br>7. Operador de equipo de concreto |
| Procedencia                            | Área geográfica donde habita el trabajador.  | 1. Chichigalpa<br>2. Jinotepe                                   |
| Historia de exposición                 |  |   |
| Lugar de trabajo                       | Área donde realiza su trabajo  | 1. Al aire libre.<br>2. Lugar cerrado                           |
| Tiempo de trabajar en la ocupación     | Tiempo transcurrido desde que inicio trabajar hasta el momento que es captado el trabajador en años. | Cuantitativa  |
| Duración de la jornada Laboral         | Tiempo de duración del trabajo diario en horas.  | Cuantitativa  |
| Antecedentes personales no patológicos |  |   |
| Hidratación                            | Consumo líquidos abundantes  | 1.SI<br>2.NO  |
| Tipos de hidratación                   | Forma de hidratación del trabajador  | 1.Agua potable<br>2.Refrescos naturales<br>3. Otros.            |
| Consumo de alcohol                     | Ingesta actual de alcohol que puede interferir con el grado de hidratación del trabajador.           | 1.SI<br>2.NO  |
| Uso de fármacos                        | Utilización actual de fármacos   | 1.SI<br>2.NO  |



| Antecedentes personales patológicos |   |              |
|-------------------------------------|---|--------------|
| Enfermedades crónicas               | Enfermedad que persiste durante un período de tiempo prolongado, que pone en mayor riesgo de sufrir trastornos por calor. | 1.SI<br>2.NO |
| Parámetros de laboratorio           |   |              |
| Hematocrito                         | Valor de hematocrito que presenta el paciente antes y después de realizar la medición del estrés térmico, en porcentaje.  | Cuantitativa |
| Creatinina                          | Valor de creatinina que presenta el paciente antes y después de realizar la medición del estrés térmico en mg/dl.         | Cuantitativa |
| Parámetros ambientales              |   |              |
| Temperatura radiante                | Es la temperatura de la radiación emitida entre el cuerpo del trabajador y su entorno, en grados Celsius.                 | Cuantitativa |



|                      |   |              |
|----------------------|---|--------------|
| Temperatura ambiente | Es la medición de la temperatura del aire o de bulbo seco en lugar donde trabaja el individuo de estudio, en grados Celsius.  | Cuantitativa |
| Temperatura húmeda   | Es la temperatura obtenida midiendo rápidamente el aire que pasa por un termómetro corriente que tiene una mecha húmeda sobre la columna de mercurio, en lugar donde trabaja el individuo de estudio, en grados Celsius | Cuantitativa |
| Velocidad del aire   | Es la medición de la presión que ejerce la corriente de aire en el ambiente de estudio en mt/segundos.  | Cuantitativa |
| Carga metabólica     | La cantidad de calor producido por el organismo por unidad de tiempo, en Kcal/hora.<br><br>$M = Mb + MI + MII$  | Cuantitativa |





|             |   |              |
|-------------|---|--------------|
| Índice WBGT | Determina el estrés térmico al cual un individuo está expuesto en grados Celsius.<br><br>$WBGT = 0,7 NWB GT + 0,2 + 0,1 dB$ | Cuantitativa |
|-------------|---|--------------|



## RESULTADOS

Este estudio se realizó en 60 trabajadores de la construcción al aire libre, de los cuales 30 eran procedentes de Chichigalpa y 30 de Jinotepe, para evaluar los efectos de exposición del calor ambiental y metabólico en la función renal. La edad promedio de los participantes es de 29.7 años y no hay diferencias entre las edades según procedencia (ver Tabla 1). La ocupación en los trabajadores de Chichigalpa era más variada con respecto a Jinotepe, siendo los grupos más representativos; albañil, carpintero y bodeguero. Por otro lado, el “tiempo de trabajar” y la “duración de la jornada laboral” son mayores en los de Jinotepe.

Tabla 1. Distribución de las características generales y de la historia de exposición de los participantes según su procedencia.

| Características                | N  | Chichigalpa |       |        | Jinotepe |        |       |        |
|--------------------------------|----|-------------|-------|--------|----------|--------|-------|--------|
|                                |    | Mínima      | Media | Máxima | N        | Mínima | Media | Máxima |
| Edad (años)                    |    | 20          | 29.5  | 40     |          | 20     | 30.0  | 40     |
| Ocupación:                     |    |             |       |        |          |        |       |        |
| Carpintero                     | 4  |             |       |        | 27       |        |       |        |
| Bodeguero                      | 2  |             |       |        |          |        |       |        |
| Albañil                        | 19 |             |       |        |          |        |       |        |
| Ingeniero                      | 1  |             |       |        |          |        |       |        |
| Armador de Hierro              | 2  |             |       |        |          |        |       |        |
| Conductor de maquinaria        | 1  |             |       |        |          |        |       |        |
| Operador de equipo de concreto | 1  |             |       |        |          |        |       |        |
| Tiempo de trabajar (años)      |    | 1           | 6.7   | 20     |          | 1      | 8.7   | 26     |
| Duración de Jornada (horas)    |    | 8           | 8.7   | 12     |          | 7      | 8.7   | 10     |



En los antecedentes no patológicos se aprecia que los participantes suelen hidratarse durante la jornada laboral y el tipo de hidratación predominante en ambas ciudades es el agua potable, seguido de refrescos naturales y en Jinotepe además ingerían otros tipos de bebidas energéticas (ver Tabla 2). Sin embargo, los hábitos de consumo de alcohol son diferentes, siendo mayor el número de consumidores en Chichigalpa, aunque con un consumo similar. Por otro lado, los años de consumir bebidas alcohólicas son mayores entre los de Chichigalpa (Tabla 2).

Tabla 2. Distribución de los antecedentes personales no patológicos de los trabajadores de la construcción según su procedencia.

|                              |    | Chichigalpa |       |        | Jinotepe |        |       |        |
|------------------------------|----|-------------|-------|--------|----------|--------|-------|--------|
| Antecedentes                 | N  | Mínimo      | Media | Máximo | N        | Mínimo | Media | Máximo |
| Tipo de hidratación:         |    |             |       |        |          |        |       |        |
| Agua potable                 | 19 |             |       |        | 18       |        |       |        |
| Refresco                     | 11 |             |       |        | 6        |        |       |        |
| Otros                        | 0  |             |       |        | 6        |        |       |        |
| Consumo de alcohol           |    |             |       |        |          |        |       |        |
| Si                           | 18 |             |       |        | 9        |        |       |        |
| No                           | 12 |             |       |        | 21       |        |       |        |
| Cantidad de consumo (litros) |    | 1           | 4.4   | 10     |          | 2      | 4.8   | 10     |
| Tiempo de consumo (años)     |    | 1           | 6.2   | 16     |          | 1      | 3.8   | 12     |



En cuanto al estrés térmico, podemos observar que la carga ambiental representada en el índice de Temperatura de Globo de Bulbo Húmedo para exteriores (TGBHe) es mucho mayor en la ciudad de Chichigalpa (Tabla 3). En promedio, la carga metabólica es similar. Sin embargo, al clasificar la ocupación según nivel de carga física, tres de cada 4 trabajadores realizan labores con carga moderada.

Tabla N° 3. Distribución del estrés térmico (calor ambiental y metabólico) en los trabajadores de la construcción según procedencia.

|                  | Chichigalpa |       |         | Jinotepe |       |         |
|------------------|-------------|-------|---------|----------|-------|---------|
|                  | N           | Media | MIn-Max | N        | Media | Min-Max |
| TGBHe            |             | 30.3  | 28-39   |          | 25.8  | 24-29   |
| Carga metabólica |             | 303.3 | 104-410 |          | 306.4 | 197-418 |
| Tipo de trabajo: |             |       |         |          |       |         |
| Liviano          | 2           | 2.1   | 1-3     | 1        | 2.1   | 2-3     |
| Moderado         | 23          | 2.1   | 1-3     | 25       | 2.1   | 2-3     |
| Pesado           | 5           | 2.1   | 1-3     | 4        | 2.1   | 2-3     |

Los niveles promedio de creatinina y hematocrito antes y después de la jornada en los participantes según procedencia se presentan en la Tabla 4. El grupo como un todo mostró un incremento significativo en los niveles de creatinina y hematocrito antes y después de la jornada. Sin embargo, al revisar esta diferencia por lugar de procedencia, se observó incremento solamente en los niveles de creatinina.



Tabla 4. Distribución de los niveles de creatinina y hematócrito antes y después de la jornada laboral según procedencia de los participantes.

| Característica             | Chichigalpa |           | Jinotepe |           | Todos |           |
|----------------------------|-------------|-----------|----------|-----------|-------|-----------|
|                            | Media       | Min-Max   | Media    | Min-Max   | Media | Min-Max   |
| Creatinina inicio jornada  | 1.0         | 0.8-1.3   | 0.9      | 0.7-1.7   | 1.0   | 0.7-1.7   |
| Creatinina final jornada   | 1.2*        | 1.0-1.4   | 1.05*    | 0.7-1.8   | 1.1*  | 0.7-1.8   |
| Hematócrito inicio jornada | 42.9        | 34.0-50.0 | 45.1     | 38.0-50.0 | 44.0  | 34.0-50.0 |
| Hematócrito final jornada  | 43.4        | 32.0-51.0 | 45.7     | 36.0-51.0 | 44.5* | 32.0-51.0 |

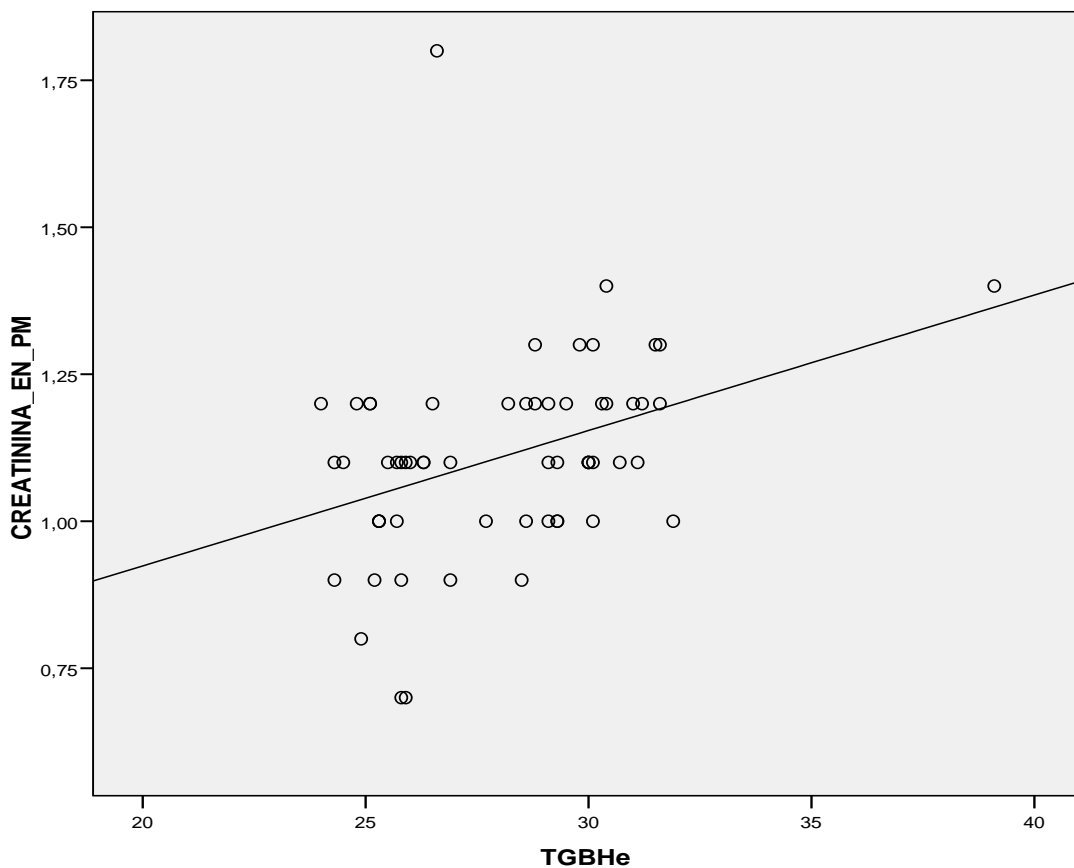
\* Significancia estadística de la diferencia entre los valores antes y después de la jornada (t de Student para pruebas dependientes;  $p < 0.05$ ).

Para valorar el efecto del estrés térmico en la función renal se evaluaron la correlación entre la carga ambiental y los niveles de creatinina y hematócrito al final de la jornada y la correlación entre la carga metabólica y los niveles de creatinina y hematócrito al final de la jornada. Se encontró una correlación directa entre la carga ambiental (el TGBHe) y la creatinina al final de la jornada ( $r=0.35$ ;  $p=0.007$ ). Por otro lado, el TGBHe presentó una correlación inversa con el nivel de hematócrito al final de la jornada ( $r=-0.3$ ;  $p=0.01$ ). La carga metabólica no tuvo correlación significativa con ninguno de los parámetros, nivel de creatinina o hematócrito.



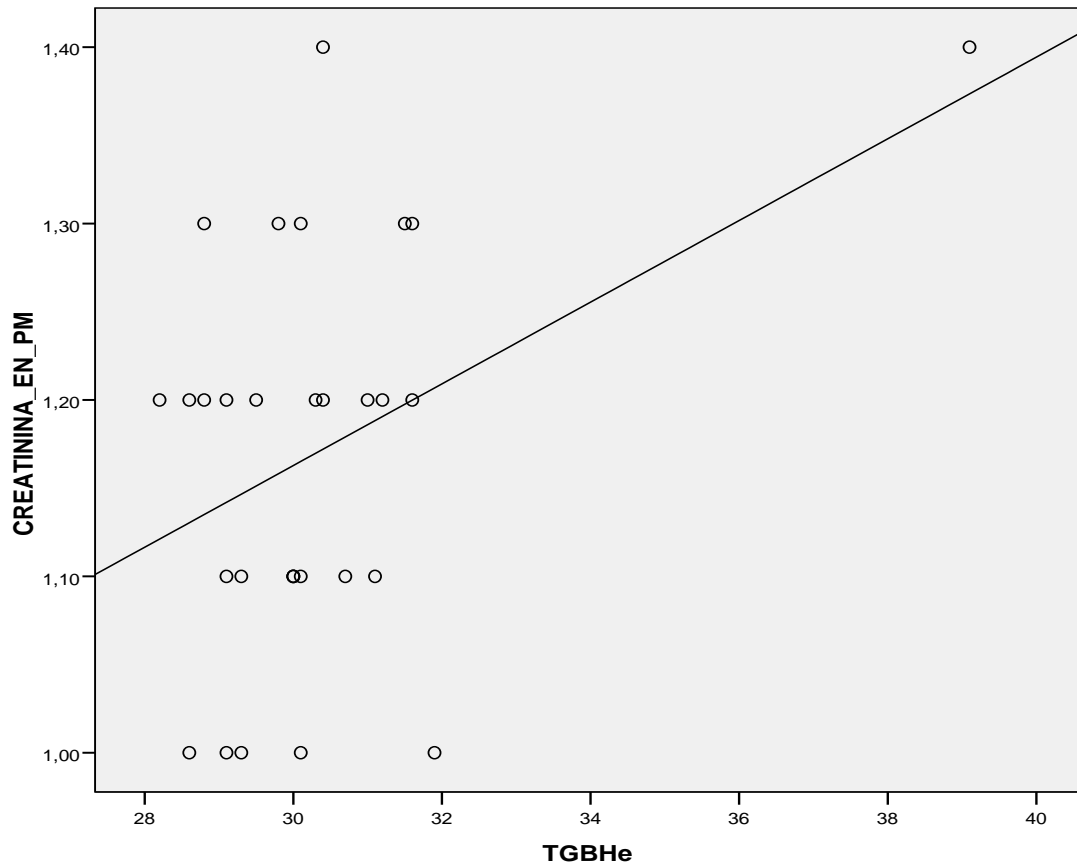
Los gráficos 1 al 3 muestran la relación entre los niveles de creatinina al finalizar la jornada y los niveles de estrés térmico ambiental al que se exponen los trabajadores. Esta relación, en general y en el Municipio de Chichigalpa, es directa (positiva) entre ambas variables ( $r= 0.39$ .;  $p=0.03$ ). No obstante, en el caso del Municipio de Jinotepe esta relación tiende a ser inversa; es decir, los niveles de creatinina disminuyen con el incremento del estrés térmico ( $r= -0.32$ ;  $p=0.86$ ).

**Gráfico 1.** Niveles de creatinina al final de la jornada de trabajo en los 60 trabajadores participantes, según el nivel de estrés térmico en el ambiente (Índice TGBH).



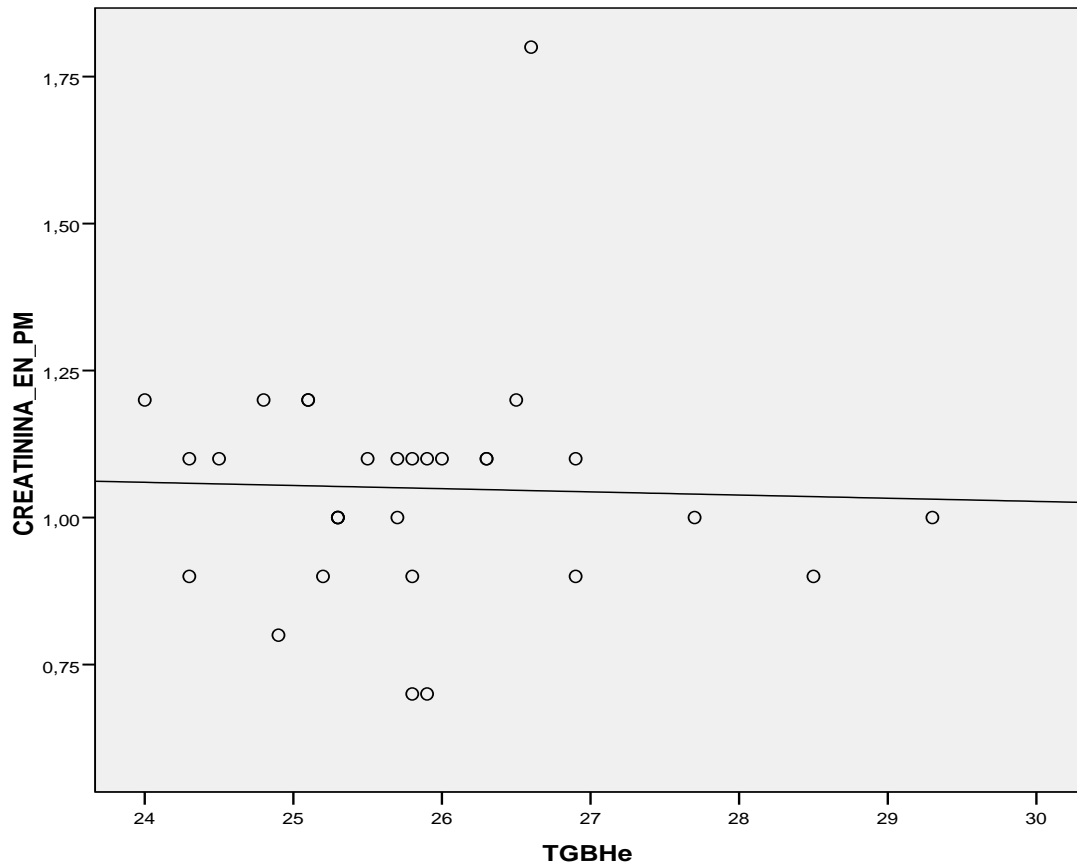


**Gráfico 2.** Niveles de creatinina al final de la jornada de trabajo en los 30 trabajadores de participantes del Municipio de Chichigalpa, según el nivel de estrés térmico en el ambiente (Índice TGBH).





**Gráfico 3.** Niveles de creatinina al final de la jornada de trabajo en los 30 trabajadores del Municipio de Jinotepe, según el nivel de estrés térmico en el ambiente (Índice TGBH).

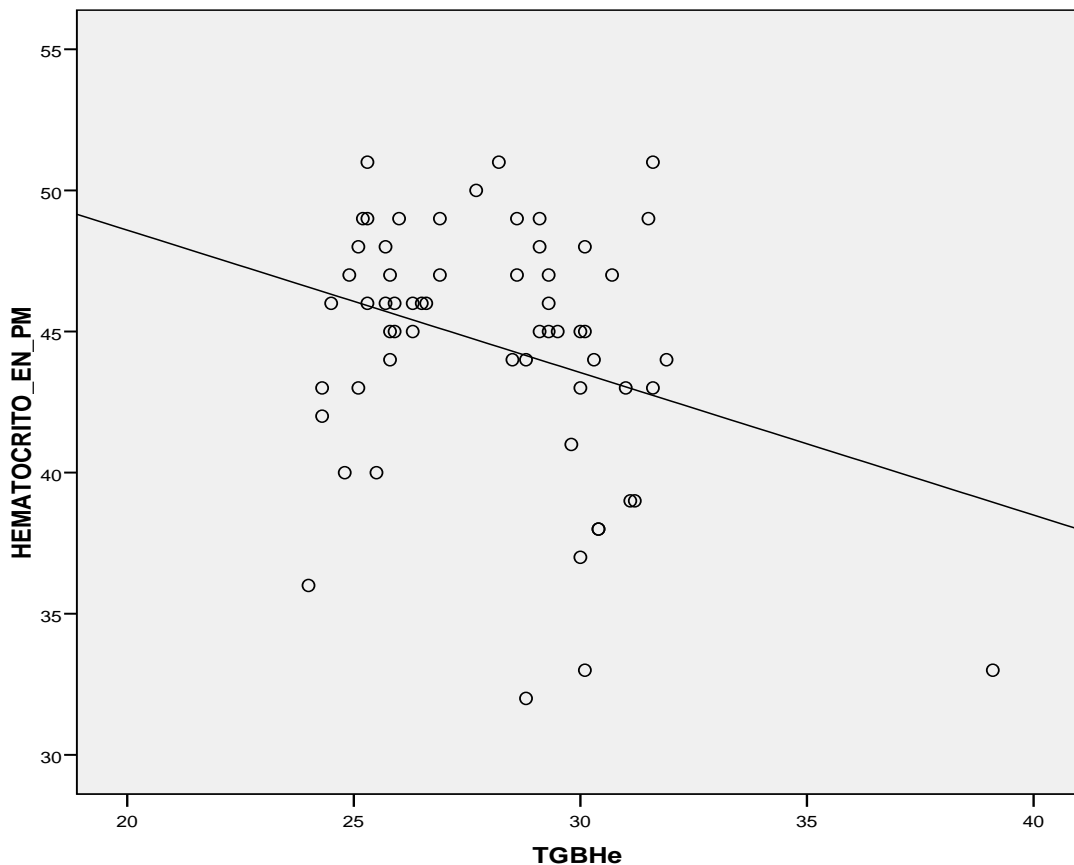






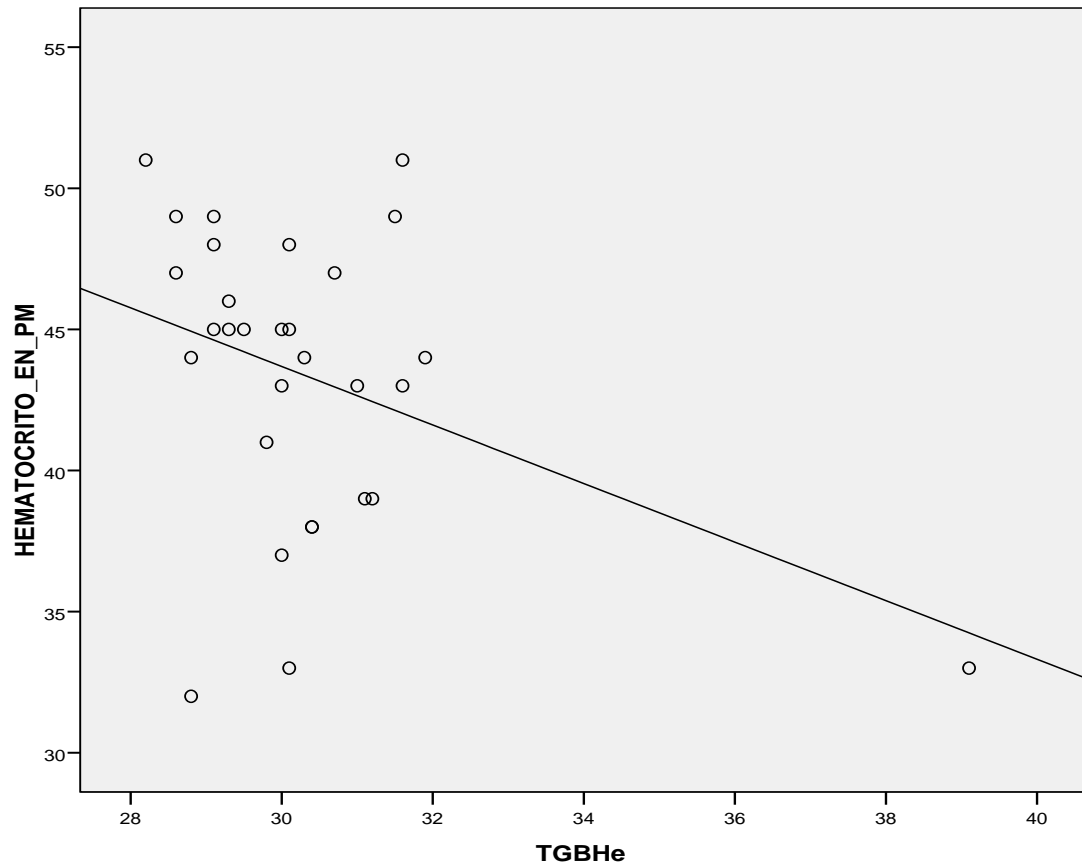
Los gráficos 4 al 6 muestran la relación entre los niveles de Hematócrito al finalizar la jornada y los niveles de estrés térmico ambiental al que se exponen los trabajadores. Esta relación, en general y en el Municipio de Chichigalpa, es inversa (negativa) entre ambas variables ( $r = -0.38$ ;  $p = 0.03$ ). No obstante, en el caso del Municipio de Jinotepe esta relación es positiva; es decir, los niveles de hematócrito se incrementan con el aumento del estrés térmico ( $r = 0.36$ ;  $p = 0.04$ ).

**Gráfico 4.** Niveles de hematócrito al final de la jornada de trabajo en los 60 trabajadores participantes (ambos municipios), según el nivel de estrés térmico en el ambiente (Índice TGBH).



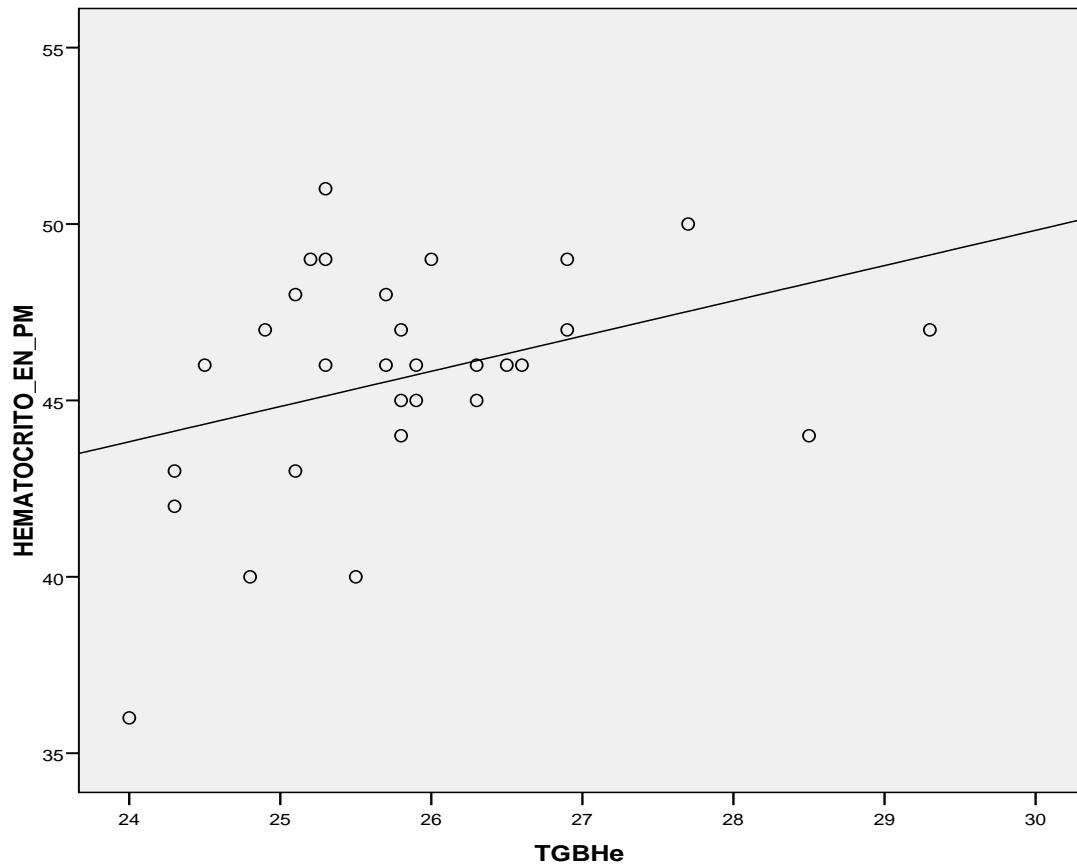


**Grafico 5.** Niveles de hematocrito al final de la jornada de trabajo en los 30 trabajadores del Municipio de Chichigalpa, según el nivel de estrés térmico en el ambiente (Índice TGBH).





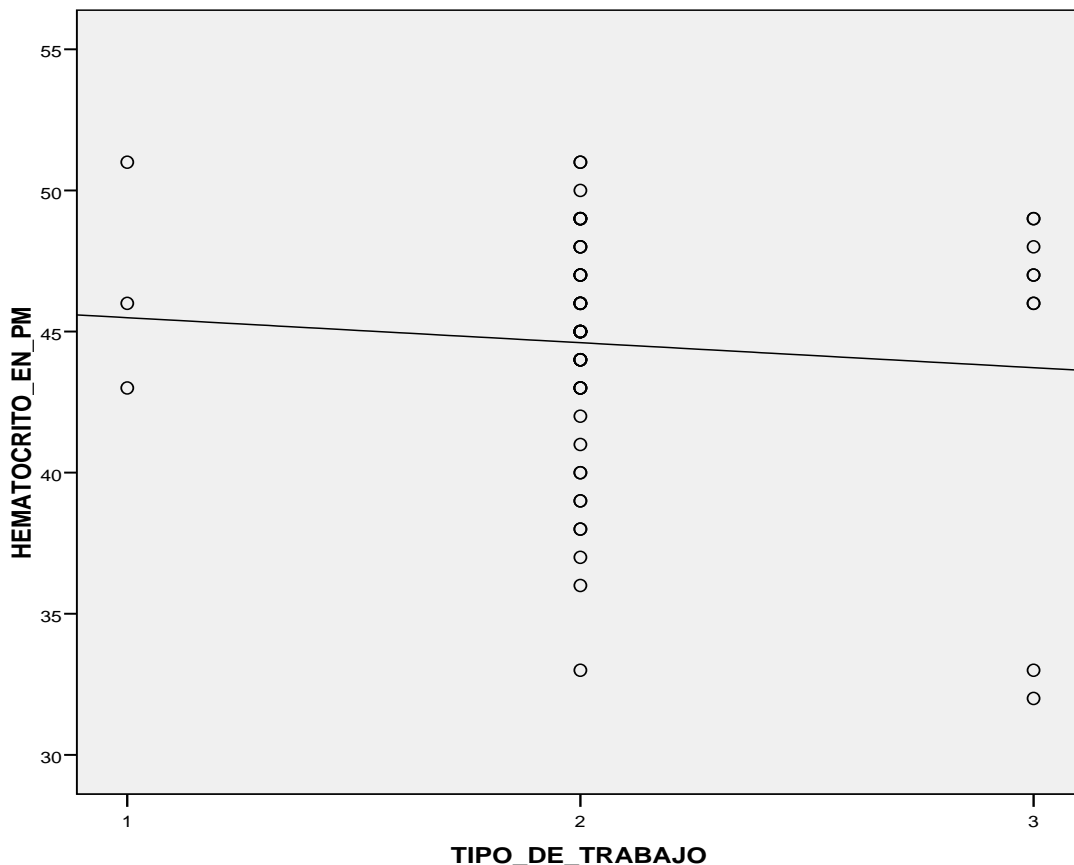
**Gráfico 6.** Niveles de Hematócrito al final de la jornada de trabajo en los 30 trabajadores del Municipio de Jinotepe, según el nivel de estrés térmico en el ambiente (ÍndiceTGBH).





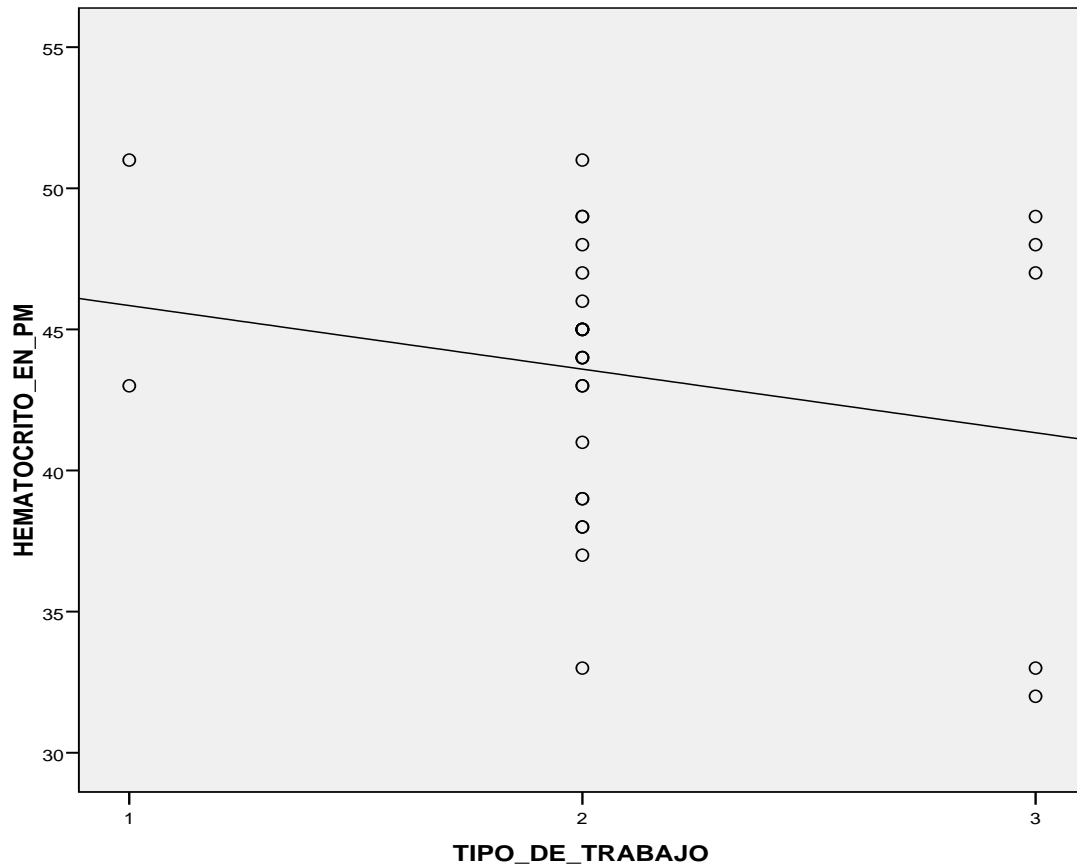
Los gráficos 7 al 9 muestran la relación entre los niveles de Hematócrito al finalizar la jornada y el tipo de trabajo (nivel de estrés térmico metabólico al que se exponen los trabajadores). Esta relación, en general y en el Municipio de Chichigalpa, es inversa (negativa) entre ambas variables ( $r= -0.20$ ;  $p=0.27$ ). No obstante, en el caso del Municipio de Jinotepe esta relación es positiva; es decir, los niveles de hematocrito se incrementan a medida que el tipo de trabajo se vuelve pesado ( $r= 0.13$ ;  $p=0.48$ ).

**Gráfico 7.** Niveles de Hematócrito al final de la jornada de trabajo en los 60 trabajadores participante (ambos municipios), según el tipo de trabajo que realizan (carga metabólica por la actividad laboral).



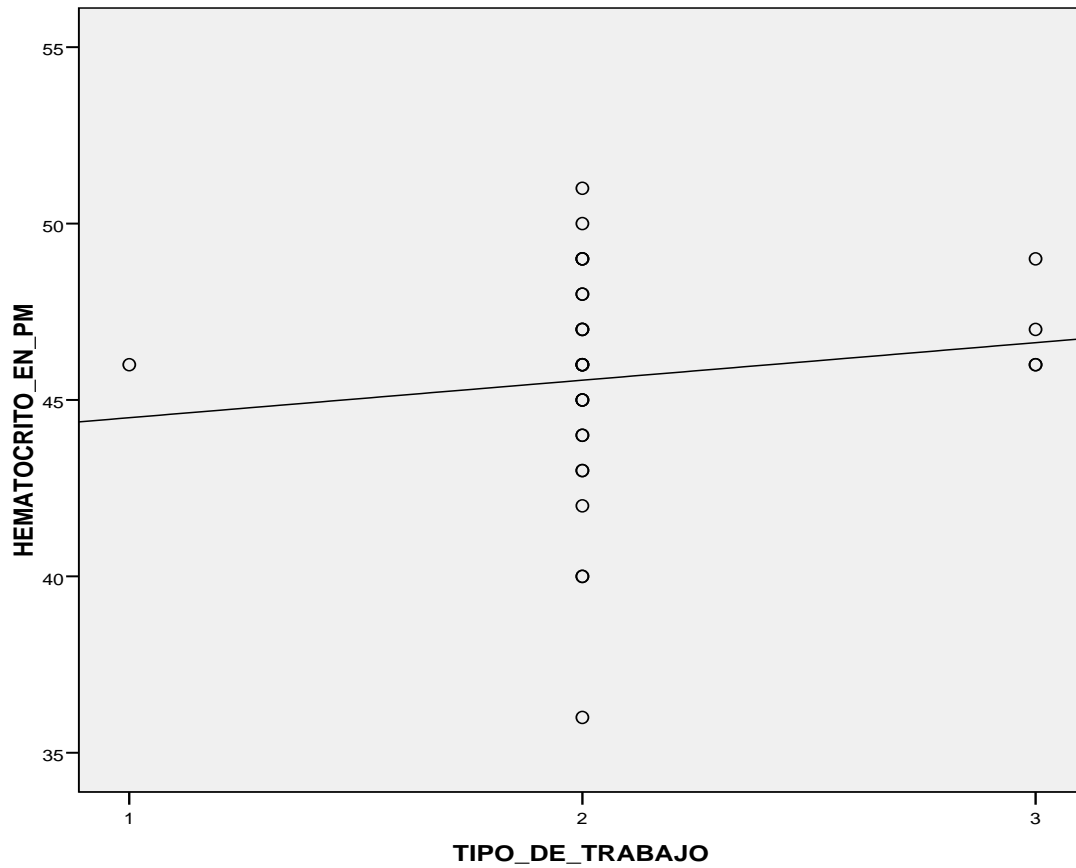


**Gráfico 8.** Niveles de Hematócrito al final de la jornada de trabajo en los 30 trabajadores del Municipio de Chichigalpa, según el tipo de trabajo que realizan (carga metabólica por la actividad laboral)





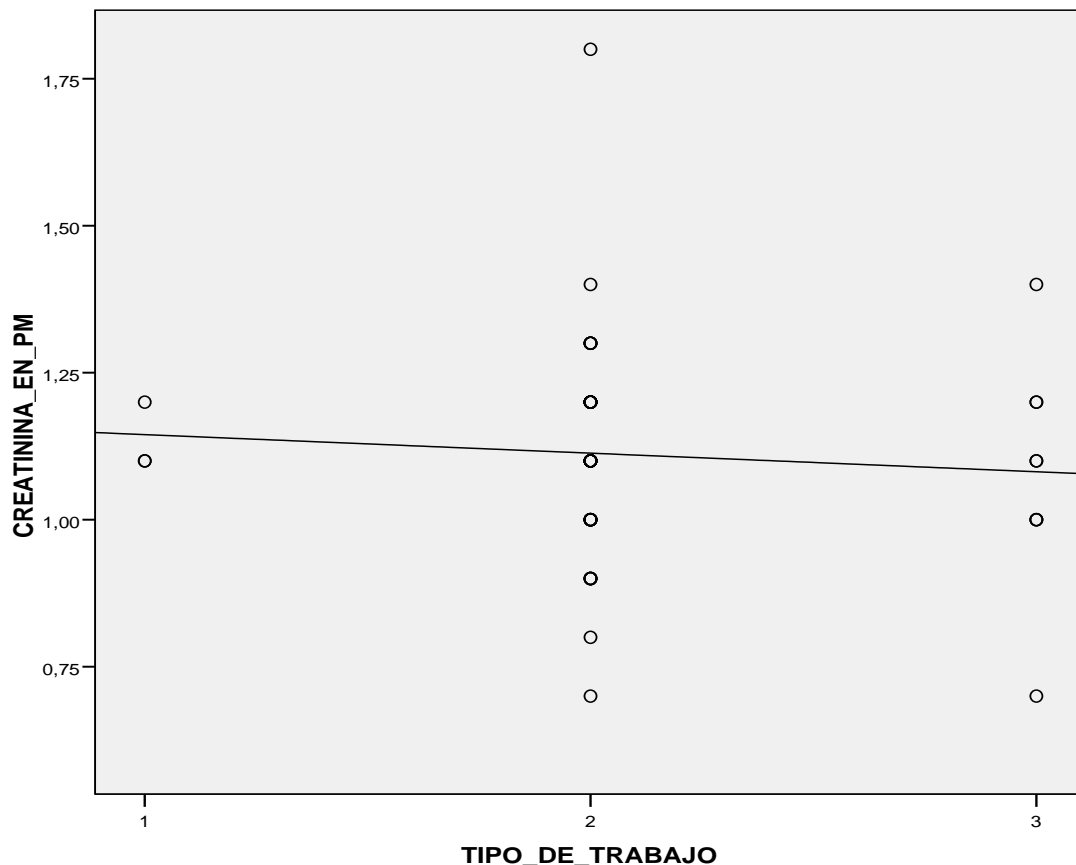
**Gráfico 9.** Niveles de Hematócrito al final de la jornada de trabajo en los 30 trabajadores del Municipio de Jintotepe, según el tipo de trabajo que realizan (carga metabólica por la actividad laboral)





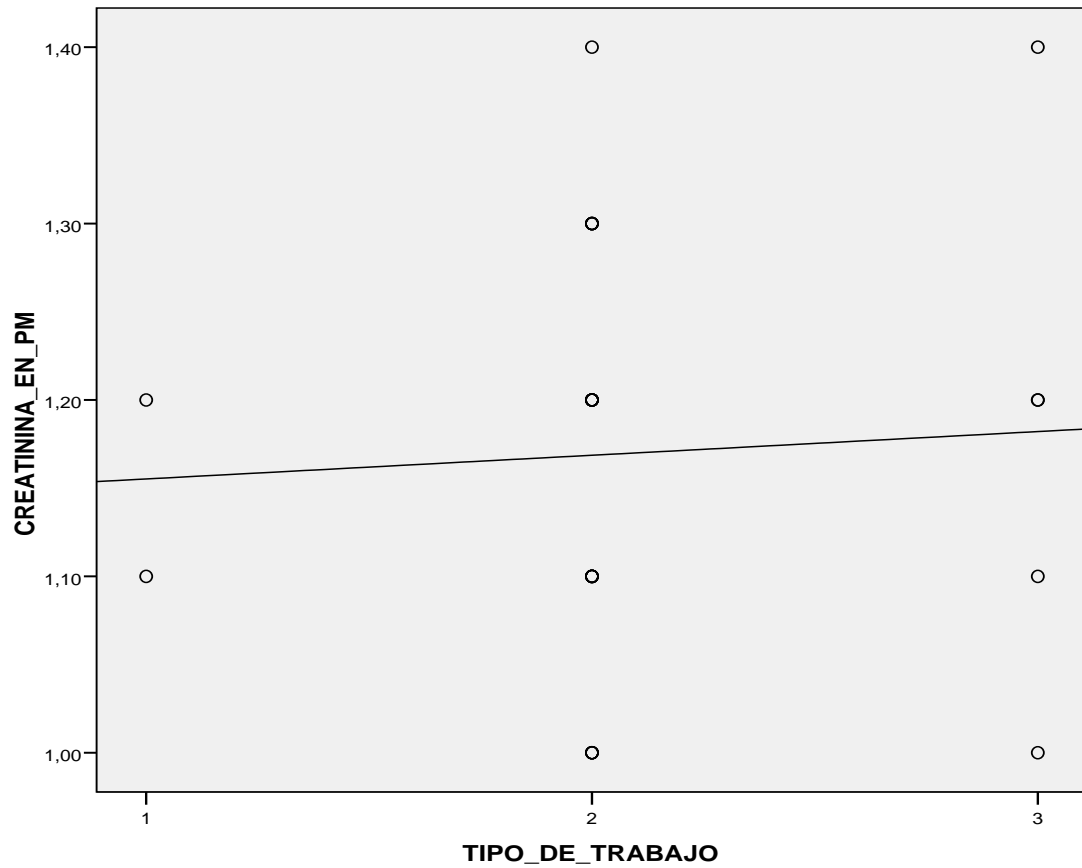
Los gráficos 10 al 12 muestran la relación entre los niveles de creatinina al finalizar la jornada y el tipo de trabajo (nivel de estrés térmico metabólico al que se exponen los trabajadores). Esta relación, en general y en el Municipio de Jinotepe, es inversa (negativa) entre ambas variables ( $r = -0.19$ ;  $p = 0.30$ ). No obstante, en el caso del Municipio de Chichigalpa esta relación es positiva; es decir, los niveles de creatinina aumentan a medida que el tipo de trabajo se vuelve pesado ( $r = 0.56$ ;  $p = 0.76$ ).

**Gráfico 10.** Niveles de creatinina al final de la jornada de trabajo en los 60 trabajadores participantes (ambos municipios), según el tipo de trabajo que realizan (carga metabólica por la actividad laboral).





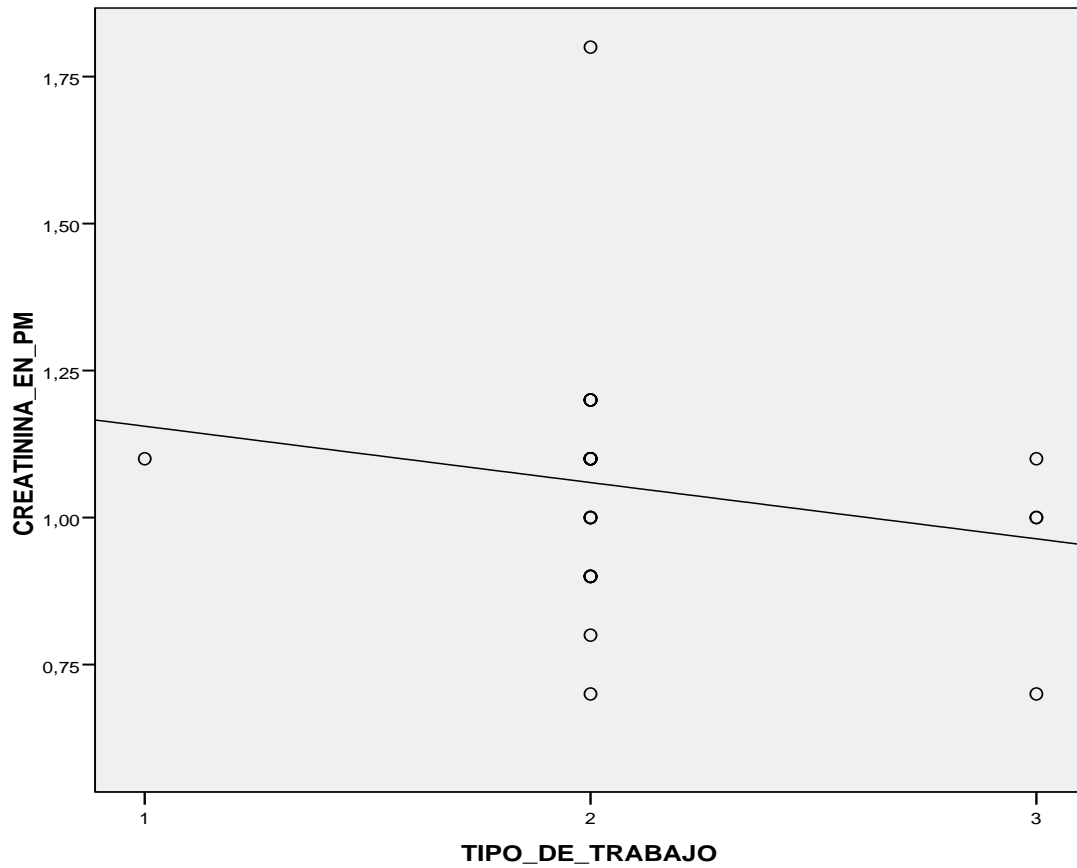
**Gráfico 11.** Niveles de creatinina al final de la jornada de trabajo en los 30 trabajadores del Municipio de Chichigalpa, según el tipo de trabajo que realizan (carga metabólica por la actividad laboral).







**Gráfico 12.** Niveles de creatinina al final de la jornada de trabajo en los 30 trabajadores del Municipio de Jinotepe, según el tipo de trabajo que realizan (carga metabólica por la actividad laboral).





## DISCUSIÓN

Este estudio revela que el estrés térmico tiene un efecto sobre la función renal de los trabajadores. Esto se verifica en el aumento de la excreción de creatinina y de los niveles de hematócrito al final de la jornada. El efecto observado parece estar asociado a la carga térmica ambiental y no a la carga metabólica derivada del esfuerzo físico. No obstante, el segundo podría deberse a que la mayoría de los trabajadores incluidos en este estudio realizaban labores con carga moderada.

El incremento en la excreción de creatinina como resultado del estrés térmico es un efecto que ya antes se había reportado <sup>(2)</sup>. Se ha demostrado que el calor ambiental desencadena disminución del flujo plasmático renal y filtración glomerular, originando un aumento en la fracción de filtración <sup>(1)</sup>. Este efecto también fue observado en trabajadores agrícolas del occidente de Nicaragua <sup>(17)</sup>. Según Zepeda, esto se debió a la vasodilatación cutánea (que supone redistribución vascular desde el territorio central al periférico con el consiguiente descenso del flujo sanguíneo renal), deshidratación y exposición a calor extremo. También se ha visto este efecto en casos de golpe de calor <sup>(18)</sup>. En nuestro estudio, el incremento en los niveles de creatinina está correlacionado con la carga térmica ambiental (TGBHe).

Por otro lado, los estudios anteriormente mencionados no reportan evaluación del impacto del estrés térmico en los niveles de hematócrito al final de la jornada laboral o como resultado de golpe de calor. Este aumento podría deberse a la deshidratación de los trabajadores. Sin embargo, los trabajadores reportaron el uso de alternativas de rehidratación durante la jornada. Es posible que ésta no sea suficiente. Habría que considerar la evaluación de este parámetro en futuros estudios.

Con respecto a los datos generales de la población en estudio, observamos que el promedio de edades en ambos lugares no varió, por lo tanto no lo consideramos un modificador del efecto del estrés térmico sobre la función renal. Lo cual difiere en algunas publicaciones en las que la edad puede ser considerada como modificadora del



efecto del estrés térmico, ya que se ha observado diferencias en la reacción al calor de personas jóvenes y mayores, debido a que difieren en ciertas características que pueden influir en la transferencia de calor, como la superficie, la relación entre peso y altura, el grosor de las capas aislantes de grasa cutánea y la capacidad física de producir trabajo y calor <sup>(2)</sup>. En cuanto a las ocupaciones los albañiles fueron el grupo más representativo en ambas ciudades, de igual manera no resultó un importante modificador en el estudio realizado, lo cual difiere también con algunos autores que demuestran que las diferentes ocupaciones en donde se realiza actividad física intensa prolongada podría estar relacionada con alteraciones de la función renal en relación con el grado de intensidad relativa de trabajo físico prolongado realizado en condiciones climáticas extremas <sup>(3)</sup>.

Con respecto a la historia de exposición, observamos que el tiempo de trabajar en la ocupación era en promedio de 8 años. Siendo más vulnerables a la exposición del estrés térmico y lo cual predispone a alteraciones principalmente renal. En cuanto a la jornada laboral en promedio fue de 8 horas, que según algunos estudios menciona que jornadas prolongadas de trabajo, exponen a los trabajadores a horas en donde el calor es mas intenso. <sup>(1)</sup>

Por otra parte los antecedentes personales no patológicos, se pone de manifiesto la importancia de la hidratación, ya todos los participantes en el estudio se hidrataban durante la jornada laboral, en la literatura se describe que cualquier obstáculo físico o práctico a la bebida fomentará una deshidratación voluntaria y aumenta el riesgo de sufrir trastorno por calor. El tipo de bebida más consumida por los trabajadores agua potable, lo cual se refleja en algunos estudios que apoya el consumo de agua potable fresca en comparación con bebidas carbonatadas con cafeína, con altas concentraciones de azúcar o sal porque inhiben la ingesta antes que se produzca la rehidratación. Entre otros tenemos el consumo del alcohol, los participantes en ambos lugares de estudio, tenían una alta ingesta del mismo, considerando según la literatura que consumo agudo de alcohol ocasiona una reducción en la ingesta de alimentos y agua, también actúa como un diurético (aumenta la cantidad de orina excretada) y



altera la capacidad de razonamiento. Otro aspecto considerado fue el uso de fármacos, sin ningún caso, de igual manera en los antecedentes patológicos, las enfermedades crónicas no hubo.

En cuanto al impacto que tiene el estrés térmico por ciudad fue mayor en Chichigalpa, probablemente por su alta carga ambiental en comparación con Jinotepe, según la literatura al trabajar en ambientes calurosos exige una mayor exposición al calor y el cuerpo del individuo se altera sufriendo una sobrecarga fisiológica, debido a que, al aumentar su temperatura, los mecanismos fisiológicos de pérdida de calor (sudoración y vasodilatación periférica) tratan de que se pierda el exceso del mismo. Sin embargo en la carga metabólica no se observó diferencias importantes en ambas ciudades, probablemente porque el tipo de trabajo realizado en ambos lugares, era realizado con una carga metabólica moderada <sup>(1, 11, 19)</sup>.

Finalmente al analizar el efecto del estrés térmico en la función renal se encontró una correlación directa entre la carga ambiental (el TGBHe) y la creatinina al final de la jornada, en general y en el Municipio de Chichigalpa, lo cual podría indicar que hay una dependencia entre estas dos variables, es decir cuando una aumenta, la otra también en idéntica proporción. Lo cual ya se ha confirmado en algunos estudios en donde se pone de manifiesto que a mayor carga ambiental, mayor es la excreción de creatinina <sup>(2, 17, 20)</sup>. sin embargo en el municipio de Jinotepe esta relación es inversa, cuando una aumenta la otra disminuye, efecto que no es mencionado en los diferentes estudios revisados, podría tener relación con la menor carga ambiental que tiene este municipio, que no propicie un incremento en los niveles de creatinina. Por otro lado, el TGBHe presentó una correlación inversa con el nivel de hematócrito al final de la jornada en general y en el Municipio de Chichigalpa. Es decir que también podría existir una dependencia entre estas dos variables, pero en este caso cuando una aumenta (TGBHe), la otra disminuye (hematócrito) en igual proporción. Hasta el momento los estudios que hemos revisado reportan un incremento del hematócrito por razones explicadas anteriormente y no una disminución. Lo cual puede verse reflejada en el municipio de Jinotepe en donde el TGBHe presentó una correlación directa con el nivel



de Hematócrito al final de la jornada. Con respecto a la relación entre los niveles de hematócrito al finalizar la jornada y el tipo de trabajo realizado esta relación, general y en el municipio de Chichigalpa es inversa entre ambas variables, a medida que una aumenta (tipo de trabajo) la otra disminuye (hematócrito), lo cual difiere con algunos autores que demuestran que los diferentes tipos trabajos en donde se realiza actividad física intensa prolongada, podría estar relacionada con alteraciones de la función renal en relación al grado de intensidad relativa del trabajo físico mencionado <sup>(3)</sup>. Lo cual concuerda si revisamos esta relación con el municipio de Jinotepe que en este caso mantienen una correlación directa. Por otro lado la relación entre los niveles de creatinina al finalizar la jornada y el tipo de trabajo en general y en el Municipio de Jinotepe es inversa, esto puede relacionarse con la mayoría de los trabajos se realizaban con carga de trabajo moderada como ya se había mencionado anteriormente, en cambio en el municipio de Chichigalpa dicha correlación es directa, es decir los niveles de creatinina aumentan a medida que el tipo de trabajo se vuelve mas pesado. Concuerda con diferentes estudios ya mencionados. La carga metabólica no tuvo correlación significativa con ninguno de los parámetros, nivel de creatinina o hematócrito, lo cual no necesariamente indica que hay una independencia total entre estas variables, es decir el valor de una (carga metabólica) podría influir en el valor que pueden tomar las otras (hematócrito y creatinina), pudiendo presentar una relación no lineal entre estas variables. Lo que podría tener relación con lo descrito en literatura en donde se menciona que la carga metabólica sumada con la carga ambiental provoca incrementos en los niveles de hematócrito y creatinina. <sup>(1, 11)</sup>



## CONCLUSIONES

- ❖ El efecto causado por el estrés térmico (calor ambiental y metabólico) fue un aumento en la excreción de creatinina y del hematocrito al final de la jornada laboral. La creatinina se podría considerar como uno de los mejores indicadores de estrés térmico.
  
- ❖ Los siguientes parámetros: la edad, enfermedades crónicas y el uso de fármacos, considerados usualmente modificadores de la función renal, no mostraron ningún efecto en este estudio.
  
- ❖ En cuanto al efecto de la carga metabólica sobre la función renal fue más leve que el de la carga ambiental debida probablemente a que todos los trabajadores realizaban sus labores con carga similar.



## **RECOMENDACIONES**

### **Al Ministerio del Trabajo (MITRAB) y al Instituto Nicaragüense de Seguridad Social (INSS)**

1. Informar a los trabajadores sobre los riesgos, efectos y medidas preventivas del estrés térmico.
2. Proporcionar sitios de descanso fresco, cubierto o a la sombra, y permitirles descansar cuando lo necesiten y especialmente en cuanto se sientan mal.
3. Proporcionar agua fresca y motivar a los trabajadores para que la beban con frecuencia.
4. Organizar el trabajo, reduciendo la exposición ponderada en tiempo al estrés por calor hasta límites aceptables, en lugares frescos, con sombra.
5. Facilitar la rehidratación de los trabajadores con agua fresca (12 grados), líquidos hidratantes y alimentos energéticos, utilización de ropa adecuada (prendas con tejidos que absorban el agua y sean permeables al aire y al vapor de agua), Para evitar que aumente en la excreción de creatinina provocado por el calor ambiental.
6. Proporcionar bebidas energéticas que contengan la cantidad hidroelectrolíticas necesarias para reponer las pérdidas efectuadas durante la exposición al estrés térmico.
7. Realizar ciclos de trabajo y reposo entre actividades para darle tiempo al cuerpo para reponer las pérdidas hídricas.
8. Realizar consultas médicas y exámenes de laboratorio (creatinina, BUN, Na<sup>+</sup> y k<sup>+</sup> y EGO) por lo menos una vez la mes, para vigilar en el funcionamiento renal e identificar pacientes en riesgo y transferirlos al nefrólogo para el manejo oportuno.



### **AI MINSA**

1. Concientizar a los pacientes sobre la importancia de la rehidratación durante sus jornadas laborales.
2. Crear normas y/o protocolos que puedan ser usados como base para el manejo y la prevención de pacientes expuestos a estrés térmico.
3. Realizar charlas, murales, panfletos para dar conocer a la población sobre el estrés térmico, sus consecuencias y como prevenirlos.

### **A LOS TRABAJADORES**

1. Informarse sobre los riesgos, efectos y medidas preventivas de la exposición al estrés térmico y sus derechos como trabajador.
2. Descansar en lugares frescos cuando tengan mucho calor. Si se sientan mal, cesar la actividad y descansar en lugar fresco hasta que se recuperen, pues continuar trabajando puede ser muy peligroso.
3. Beber agua con frecuencia durante el trabajo aunque no tengan sed. También es preciso seguir bebiendo agua cuando se está fuera del trabajo.
4. Evitar bebidas con cafeína, Alcohol y las bebidas muy azucaradas.
5. Usar ropa de verano, suelta, de tejidos frescos (algodón y lino) y colores claros que reflejen el calor radiante. Proteger la cabeza del sol (mejor con sombreros de ala ancha).





## BIBLIOGRAFÍA

1. Pérez, Pilar Armendáriz. Calor y Trabajo; Prevención de riesgos laborales debidos al estrés térmico por calor. Ministerio de Trabajo e Inmigración, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. España. 2005. P: 01-10.  
[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Folleto/Medicina/Ficheros/f\\_terminos\\_08.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Folleto/Medicina/Ficheros/f_terminos_08.pdf)  
Consultado: 03-05-09.
2. Vogt, Jean Jacques. Calor y Frío. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Ministerio del trabajo y asuntos sociales. Madrid, España. 2001. P: 42.1-42.26.
3. Muñoz, Paola Andrea. Actividad física como modificadora de la función renal. El portal de salud. Marzo. 2009. P: 14-19.  
[http://www.elportaldelasalud.com/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id=52](http://www.elportaldelasalud.com/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=52)  
Consultado: 05-05-09
4. MINSA-Nicaragua. Insuficiencia Renal Crónica. Nicaragua 1990-2002. Managua: Ministerio de salud Nicaragua; 2003.
5. Comité de salud del Proyecto de Hermanamiento de Brokline-Quezalhuatepeque, en colaboración con UNAN-León, CISTA. Informe Preliminar Sobre enfermedades renales crónicas (ERC) en Quezalhuatepeque, Nicaragua. Diciembre 2008.



6. Narváez A, Morales E. Epidemiología de las defunciones por Enfermedad Renal Crónica en los últimos 20 años (1988-2007), en el Municipio de Chichigalpa-Chinandega. Centro de Investigación salud Trabajo y Ambiente-CISTA. Facultad de Ciencias médicas UNAN-León.2008. (Tesis para Obtener el título de Médico y Cirujano).

7. Brake, Rick, Bates Gram. A valid Method for comparing Rational and Empirical Heat Stress Indices. Annals of Occupational Hygiene. School of Public Health, Curtin University, Perth, WA, Australia. Oxford Journals.2002 Vol. 46, No. 2, pp. 165-174.

<http://annhyg.oxfordjournals.org/cgi/content/full/46/2/165>

Consultado: 03-05-09

8. Pérez Redondo, J Bustamente, A Paz.Nefrología; la actividad física como modificadora de la función renal. Revisión histórica.Vol XXII, Nº 1. ICAFD de Castilla y León. Valladolid, España.2002. pp: 15-23.

<http://www.revistanefrologia.com/mostrarfile.asp?ID=25>

Consultado: 07-08-09

9. Staal Wästerlund Dianne. Heat stress in forestry. Acta Universitatis Agriculturae.SilvestriaSuecia,.200.P:1-21.

[http://translate.google.com/ni/translate?hl=es&sl=en&u=http://diss-epsilon.slu.se/archive/00000016/01/91-576-6097-2.fulltext.pdf&ei=AycwSo6ZO4KItqe\\_8rmNDA&sa=X&oi=translate&resnum=1&ct=result&prev=/search%3Fq%3DHeat%2Bstress%2Bin%2Bforestry%2Bwork%26hl%3Des%26sa%3DG](http://translate.google.com/ni/translate?hl=es&sl=en&u=http://diss-epsilon.slu.se/archive/00000016/01/91-576-6097-2.fulltext.pdf&ei=AycwSo6ZO4KItqe_8rmNDA&sa=X&oi=translate&resnum=1&ct=result&prev=/search%3Fq%3DHeat%2Bstress%2Bin%2Bforestry%2Bwork%26hl%3Des%26sa%3DG)

Consultado: 26-05-09



10. Cabrera, Ruginere y cols. Evaluación del estrés térmico en una empresa de producción textil. Instituto Nacional de Salud de los trabajadores (INSAT) de Cuba. Revista Cubana de Salud y Trabajo. Vol. 5. Nº 1, Cuba. 2004. P: 20-25.

[http://bvs.sld.cu/revistas/rst/vol5\\_01\\_04/rst04104.pdf](http://bvs.sld.cu/revistas/rst/vol5_01_04/rst04104.pdf)

Consultado: 03-05-09.

11. Piñeiro Sande, N y cols. Golpe de Calor. Unidad de Cuidados Críticos, Servicio de Medicina Interna, Hospital Montecelo. Pontevedra. Revisión. Emergencias. Vol. 16. 2004. P: 116-125.

[http://www.semes.org/revista/vol16\\_3/116.pdf](http://www.semes.org/revista/vol16_3/116.pdf)

Consultado: 03-05-09.

12. Normas Jurídicas de Nicaragua. Asamblea Nacional de Higiene y Seguridad del trabajo. Presidente de la República de Nicaragua. Ley General de Higiene y Seguridad del trabajo No. 618, aprobada el 17 de Abril del 2007. Publicado en la Gaceta No. 133 del 13 de Julio de 2007. El título V de ambiente térmico, capítulo IV, artículo del 118-120 y el Título XV de Higiene y Seguridad en las minas, capítulo II, artículo 222-223.

<http://www.mitrab.gob.ni/index/Ley618Nic.pdf..ley>

13. Luna Mendoza, Pablo. Valoración del riesgo de estrés térmico; Índice WBGT. Centro de Nacional de Condiciones de Trabajo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. España. P: 1-8.

<http://editorial.dca.ulpgc.es/ftp/icaro/Anexos/2-%20CALOR/1-Comodidad/NTP%20322%20Valoraci%F3n%20del%20riesgo%20de%20estr%E9s%20t%E9rmico%20%EDndice%20WBGT.pdf>

Consultado: 03-05-09



14. Martínez García, A, Pérez, R, Bafalliu, A. Determinación de las tasas metabólicas en trabajos al aire libre. Servicio de Higiene Industrial y Salud Laboral, Área de Higiene Industrial. Región de Murcia, España. Marzo 2007. P: 01-13.

[http://www.carm.es/neweb2/servlet/integra.servlets.Blob/INFORME%20FINAL.pdf?ARCHIVO=INFORME%20FINAL.pdf&TABLA=ARCHIVOS&CAMPOCLAVE=IDARCHIVO&VALORCLAVE=13152&CAMPOIMAGEN=ARCHIVO&IDTIPO=60&RASTRO=c722\\$m3505,3690](http://www.carm.es/neweb2/servlet/integra.servlets.Blob/INFORME%20FINAL.pdf?ARCHIVO=INFORME%20FINAL.pdf&TABLA=ARCHIVOS&CAMPOCLAVE=IDARCHIVO&VALORCLAVE=13152&CAMPOIMAGEN=ARCHIVO&IDTIPO=60&RASTRO=c722$m3505,3690)

Consultado: 03-05-09.

15. Gelman, Liliana. Carga térmica y Salud. Centro de investigación y desarrollo de contrucciones. Instituto de Tecnología industrial. Noviembre, 2004 P: 1-15. Disponible en:

<http://www4.inti.gov.ar/GD/Carrera/TrabCompl/CECON-CT-002.PDF>

Consultado: 06-07-09

16. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). VIII Censo de Población y IV de Vivienda. Nicaragua. Mayo. 2006.

<http://www.inide.gob.ni/censos2005/CifrasCompleto.pdf>

consultado:03-05-09.

17. Solís zepeda, Guillermo. Impacto de las medidas preventivas para evitar el deterioro de la función renal por el síndrome de golpe de calor en trabajadores agrícolas del ingenio San Antonio del Occidente de Nicaragua. Ciclo agrícola 2005-2006. Facultad de Ciencias Médicas. UNAN-León. 2007. (Tesis para optar al título de especialista de medicina interna).

[http://www.minsa.gob.ni/bns/monografias/2007/mi/funcion\\_renal.pdf](http://www.minsa.gob.ni/bns/monografias/2007/mi/funcion_renal.pdf)

Consultado:06-06-09



18. Wang AY, Li PK, Lui SF, Lai KN. Renal **failure and heatstroke**. Renal Fail. 1995 Mar; 17(2):171-9.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7644768>

Consultado: 06-06-09

19. Torres, Cecilia y Cols. Prevalencia de la Enfermedad Renal Crónica en la comunidad de “la Isla” y Reparto “Candelaria”, Chichigalpa, Junio 2008. Noviembre. 2008.

20. B Alicia, Bejarán, Rubén. Índice relativo de estrés térmico en Buenos Aires (Argentina) y su relación con la mortalidad. Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Universidad de Buenos Aires Pabellón II. Buenos Aires, Argentina. Período de 1993-1999. P: 1184-1189. Disponible en

<http://www.criatividadecoletiva.net/cbm-files/128c699ea56a1a7c8beb1ed2af84b59d3a.pdf>

Consultado: 06-07-09.



# ANEXOS



ANEXO No. 1

Formulario



Impacto del estrés térmico, en la función renal. Un estudio comparativo entre los diferentes trabajadores de Nicaragua.

I- Datos Generales:

Fecha: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_

Procedencia: Chichigalpa \_\_\_\_\_ Carazo \_\_\_\_\_

Ocupación \_\_\_\_\_

II- Historia de Exposición:

Lugar de trabajo: al aire libre \_\_\_\_\_ lugar cerrado \_\_\_\_\_

Tiempo de Trabajar en la ocupación: \_\_\_\_\_

Duración de la jornada de trabajo: \_\_\_\_\_

III- Antecedentes personales no patológicos:

Hidratación: si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Tipos de hidratación: Agua potable \_\_\_\_\_ Refrescos naturales \_\_\_\_\_ otros \_\_\_\_\_

Consumo de alcohol: si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

a) Cantidad consumida: \_\_\_\_\_

b) Tiempo de consumo \_\_\_\_\_

Uso de fármacos: si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

IV- Antecedentes Personales patológicos:

Enfermedades Crónicas: si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Cuales enfermedades crónicas: \_\_\_\_\_



V- Parámetros clínicos:

| Parámetro clínico | Antes de iniciar la jornada laboral | Después de terminar la jornada laboral |
|-------------------|-------------------------------------|--|
| Hematocrito       |                                     |  |
| Creatinina        |                                     |  |

VI- Parámetros ambientales:

| Parámetro          | Valor obtenido |
|--------------------|----------------|
| T° radiante        |                |
| T° del ambiente    |                |
| T° húmeda          |                |
| Velocidad del aire |                |
| Carga metabólica   |                |
| Índice WGBT        |                |





VI- Actividades realizadas por el obrero de la construcción

| A. Posición y movimiento del cuerpo |            |                 |                |
|-------------------------------------|------------|-----------------|----------------|
|                                     |            | Kcal/min.       |                |
| Sentado                             |            |                 |                |
| De pie                              |            |                 |                |
| Andando                             |            |                 |                |
| Subida de una pendiente andando     |            |                 |                |
| B. Tipo de Trabajo                  |            |                 |                |
|                                     |            | Media Kcal/min. | Rango Kcal/min |
| Trabajo manual                      | Ligero     |                 | 0.2-1.2        |
|                                     | Pesado     |                 |                |
| Trabajo con una brazo               | Ligero     |                 | 0.7-2.5        |
|                                     | Pesado     |                 |                |
| Trabajo con dos brazos              | Ligero     |                 | 1.0-3.5        |
|                                     | Pesado     |                 |                |
| Trabajo con el cuerpo               | Ligero     |                 | 2.5- 15.0      |
|                                     | Moderado   |                 |                |
|                                     | Pesado     |                 |                |
|                                     | Muy pesado |                 |                |



ANEXO No. 2

No. de Participante: \_\_\_\_\_

CONSENTIMIENTO PARA INVESTIGACION

HOJA DE INFORMACION PARA EL PARTICIPANTE DE LA INVESTIGACION

Para ser leído por el Investigador:

- A. El propósito de este estudio es determinar el impacto que tiene el estrés térmico (calor ambiental y metabólico) sobre la función renal de los trabajadores. Cuantificar los niveles de estrés térmico y hematocrito y creatinina, antes y después de una jornada laboral para así relacionar ambos parámetros.
- B. Usted califica para este estudio si:
1. Usted tiene entre 20 y 40 años de edad.
  2. Usted tiene mayor o igual a un año de trabajar como obrero de la construcción.
- C. El estudio involucra:
1. Tomar muestra de sangre venosa de su brazo antes y después de la jornada laboral, las cuales serán analizadas después en el laboratorio.
  2. Se cuantificará el estrés térmico (carga ambiental y metabólica) con la ayuda de un equipo marca QUEST, modelo QUESTTEMP 30. Este equipo permitirá medir las temperaturas radiante, húmeda, ambiental, y el índice WBGT, además de la humedad relativa en lugar que labora.
  3. Realizar el llenado de un cuestionario necesario para el estudio.



4. Usar una hoja de observación para anotar las actividades realizada por usted durante su trabajo.
- D. Los investigadores durante la aplicación y la evaluación pueden tomar fotografías, filmar los acontecimientos, grabar las entrevistas, y anotar las observaciones.
- E. Las explicaciones, inscripciones, y evaluaciones preliminares de los investigadores durarán aproximadamente toda la jornada de aplicación.
- F. Tiene usted alguna pregunta? (Contestar directamente al trabajador).

#### HOJA DE CONSENTIMIENTO PARA EL PARTICIPANTE DE LA INVESTIGACION

Yo doy por entendido de que me han explicado verbalmente en un lenguaje que yo comprendo, la Hoja de Información del Participante del Estudio, y que el entrevistador me ha explicado la naturaleza y los propósitos de este estudio y las posibles molestias que me cause el estudio que razonablemente se pueden esperar. Yo he tenido la oportunidad de hacer cualquier pregunta con respecto a los exámenes y procedimientos y todas las preguntas que formulé fueron respondidas a mí satisfacción. Tengo derecho a retirarme del estudio y prohibirles usar los resultados de mi participación si así lo deseo. Si soy menor de 18 años de edad, firmará en mi lugar mi padre o representante legal.



---

NOMBRE DEL PARTICIPANTE

---

SEXO

---

EDAD

---

FIRMA DEL PARTICIPANTE

---

FECHA

---

NOMBRE COMPLETO DEL TESTIGO

---

FIRMA

---

NOMBRE DEL INVESTIGADOR

---

FIRMA



Impacto del Estrés Térmico (calor ambiental y metabólico) en la Función Renal de Trabajadores.

