

ANÁLISIS TERMOGRÁFICO PARA UN PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN EN HIPNOTERMIA

Thermographic analysis for a protocol of research in thermic hypnosis

RESUMEN

Se presenta en este trabajo el método utilizado y los resultados que demuestran experimentalmente que es posible mediante técnicas de hipnosis, que un ser humano aumente de manera focalizada su temperatura corporal; para esto se ha utilizado la instrumentación científica adecuada para este propósito, en este caso el uso de la fotografía termográfica y el análisis estadístico de los datos obtenidos, todo lo anterior dentro del marco del proyecto de investigación titulado “ELEVACIÓN DE LA TEMPERATURA CORPORAL CUTÁNEA MEDIANTE LA HIPNOSIS - ESTUDIO PILOTO” que desarrolla el grupo de electrofisiología del departamento de física de manera interdisciplinaria con médicos especialistas de la Universidad Tecnológica de Pereira y de la Universidad Libre de Cali quienes cofinancian este proyecto.

PALABRAS CLAVES: *hipnosis, temperatura corporal, fotografía termográfica.*

ABSTRACT

In this work we present the method used and the results that show experimentally that it is possible, through hypnosis techniques, that a human being raises his body temperature in a focalized manner. For this purpose, the appropriate scientific instrumentation has been used, in particular the use of thermo-graphic photography and the statistical analysis of the data gathered. All this within the framework of the research project entitled “CUTANEOUS BODY TEMPERATURE RAISE BY MEANS OF HYPNOSIS – PILOT STUDY”, developed by the group of electro-physiology of the department of Physics, in an interdisciplinary work with specialist physicians of the Universidad Tecnológica de Pereira and of the Universidad Libre de Cali, who co-finance this project.

KEYWORDS: *hypnosis, body temperature, thermographic photography.*

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, las técnicas de hipnosis han venido **in crescendo** como herramientas para aliviar determinadas molestias físicas y psicoafectivas. Algunas de ellas utilizan la **autogestión** y la **visualización** para sanar mediante el aumento o disminución de la temperatura corporal. Para aliviar las crisis de jaquecas, por ejemplo, ayuda mucho imaginar una sensación fría y sedante que recorre la frente y cada uno de los ojos y órbitas oculares, contrastando esta situación con una sensación de manos calientes, protegidas dentro de los bolsillos mientras se camina a lo largo de un sendero nevado en las montañas. El calor de las manos durante esta sugestión es importante. Cuando los vasos sanguíneos de las manos se dilatan, la presión se reduce en los vasos sanguíneos dilatados de la cabeza. ¿Efecto placebo o cambios fisiológicos inducidos por los estados de relajación y la autosugestión?

Aunque esto último es muy posible existe muy poca validación científica de este efecto. Con una **incidencia concluyente** el uso y mejoramiento de las técnicas de hipnosis para provocar estados selectivos de aumento de la temperatura corporal podría extenderse a un amplio espectro de dolencias psicósomáticas, incluyendo al dolor y algunas enfermedades neoplásicas.

Mediante este trabajo se pretende realizar un análisis de la instrumentación científica adecuada y con base en ella explicar el diseño metodológico que permite demostrar experimentalmente que es posible mediante técnicas de hipnosis, que un ser humano aumente de manera focalizada su temperatura corporal; todo lo anterior dentro del marco del proyecto de investigación titulado “ELEVACIÓN DE LA TEMPERATURA CORPORAL CUTÁNEA MEDIANTE LA HIPNOSIS-ESTUDIO PILOTO” que desarrolla el grupo de electrofisiología del departamento de física de manera interdisciplinaria con médicos especialistas de la Universidad Tecnológica de

LUIS ENRIQUE LLAMOSA R.

M. Sc. En física
Profesor titular
Grupo de electrofisiología
Universidad Tecnológica de Pereira
lellamo@utp.edu.co

MAURICIO A. MORENO P.

Médico – Psiquiatra
Grupo de electrofisiología
Profesor UNILIBRE - Cali
morenoma@yaho.com

URIEL ESCOBAR BARRIOS

Médico – Psiquiatra
Grupo de electrofisiología
Profesor U. Tecnológica de Pereira

Pereira y de la Universidad Libre de Cali quienes cofinancian este proyecto.

2. MARCO TEÓRICO

Para comprender las inmensas posibilidades de la fe personal, dice el doctor H. Benson [1][2], la acción de nuestra mente sobre nuestro cuerpo tiene que ser ciertamente de carácter físico. Los impulsos eléctricos y los neurotransmisores de nuestro sistema nervioso nos pueden inducir a experimentar sed cuando, en realidad, no necesitamos agua; pueden devolver la salud a nuestro cuerpo sin que la medicina moderna logre dar explicación alguna al respecto; y pueden producir tranquilidad o agitación, aunque externamente no parezca haber ningún motivo.

En 1983 el doctor Herbert Benson publicó las experiencias realizadas con tres monjes tibetanos del Himalaya, en un estudio experimental debidamente controlado [3]. Mientras que la temperatura corporal interior de los tres monjes se mantuvo estable a lo largo de todo el experimento, la temperatura medida en los dedos de las manos se elevó más de cinco grados centígrados; la temperatura del dedo del pie se elevó casi ocho grados centígrados en comparación con la fase de control. Los aumentos de temperatura en otras zonas de los cuerpos de los monjes no fueron muy significativos, prácticamente se mantuvieron semejantes a la fase de control. Los receptores registraron, por ejemplo, una elevación de aproximadamente un grado en la espalda y en la zona central al ombligo, en cada uno de los monjes. El doctor Benson concluye que efectivamente la meditación fue capaz de provocar por sí sola aquellos cambios tan grandes en la temperatura cutánea.

Para este estudio el problema físico se basó en resolver la forma de realizar las medidas y como analizarlas; en el punto correspondiente a la metodología de este artículo se plantearán las soluciones que el grupo propuso y utilizó para resolver este problema. Existen herramientas como la fotografía termográfica y la medición con sensores de temperatura de excelente resolución y exactitud. Una Termografía Infrarroja es la técnica de producir una imagen visible de luz infrarroja invisible (para nuestros ojos) emitida por objetos de acuerdo a su condición térmica. Una cámara Termográfica produce una imagen en vivo. (visualizada como fotografía de la temperatura de la radiación). Las cámaras miden la temperatura de cualquier objeto o superficie y producen una imagen con colores que interpretan el diseño térmico con facilidad. Una imagen producida por una cámara infrarroja es llamada: Termografía o Termograma. Las termografías pueden ser aplicadas en cualquier situación donde un problema o condición pueda ser visualizado por medio de una diferencia de temperatura. Una termografía puede tener aplicación en cualquier área siempre y cuando esta tenga que ver con variación de temperatura. En la figura 1 se observan ejemplos de fotografía termográfica en aplicaciones biomédicas.

En la figura 2 se observa termografía termográfica realizada en las manos, tal como se montó el protocolo de experimentación.



Fig. 1. termografía médica.

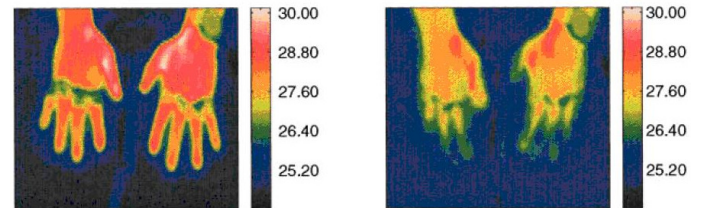


Fig. 2. Fotografía termográfica en las manos.

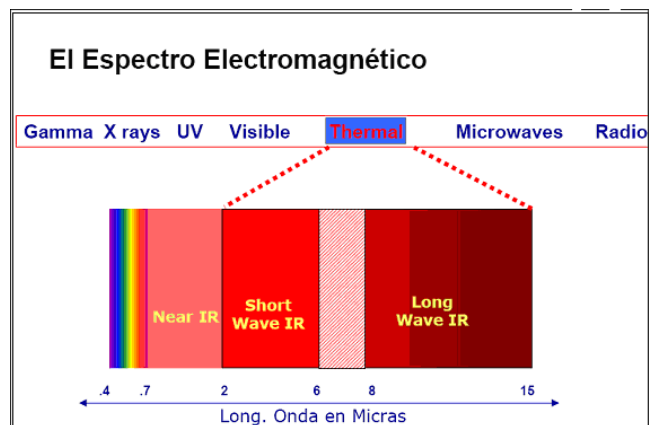


Fig. 3. El espectro electromagnético.

Gracias a la cantidad de energía, la materia emite radiación, la principal fuente de la radiación infrarroja es el calor o la radiación térmica. Esto se produce por el movimiento de los átomos dependiendo de la temperatura del objeto: entre mayor la temperatura, mayor es el movimiento y mayor la radiación producida. Las ondas infrarrojas están entre el rango de 0,7 a 100 micrómetros, los ojos humanos no son sensibles a la radiación infrarroja emitida por un objeto, la energía radiante infrarroja se mide generalmente usando un sistema que responde al calor generado en la absorción del infrarrojo

por una superficie ennegrecida. Hay, por ejemplo, termopares, detectores neumáticos, piroelectricos y bolometricos estos a su vez dependen de las variaciones térmicamente dependientes del voltaje inducido, polarización eléctrica permanente y resistencia [4]. Pero para poder analizar estas ondas en diferentes sistemas, y sin tantos inconvenientes, se crearon unas cámaras llamadas cámaras infrarrojas, o termográficas que son capaces de medir la energía con sensores infrarrojos, capacitados para "ver" en estas longitudes de onda. Es decir mide la temperatura de cualquier objeto o superficie y producen una imagen con colores que interpretan el diseño térmico con facilidad, además permite observar el espectro, y se pueden realizar medidas como la longitud de onda, la frecuencia y la intensidad de la radiación, sin entrar en contacto con el objeto, la energía infrarroja que detecta la convierte en una señal eléctrica que es luego procesada en una imagen térmica, estas imágenes se denomina: Termografía o Termograma.

La termografía también puede ser utilizada en seres humanos, su proceso de obtención de imágenes térmicas brindan información sobre el funcionamiento normal o anormal del sistema nervioso, vascular, músculo esquelético y los procesos de inflamación local. En la termografía en muy común usar la ley de Stephan-Boltzman, que permite ver la tasa a la cual un cuerpo negro irradia energía: $w = \sigma T^4$

Donde σ es la constante de Stefan – Boltzman que corresponde a: $5,6697 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2\text{K}^4$; T es la temperatura absoluta en Kelvin y w en unidades corresponde a Watts/m^2 .

La temperatura corporal depende del equilibrio entre la producción y la perdida de calor, ambos fenómenos son exactamente iguales, la temperatura corporal no se incrementará ni se disminuirá. Cuando la producción de calor es mayor que la pérdida del mismo se incrementa la temperatura corporal; a la inversa, cuando la perdida es mayor que la producción, la temperatura corporal disminuirá. Siempre están funcionando sistemas reguladores adecuados en el cuerpo para conservar la producción y perdida de calor aproximadamente iguales, y por tanto conservar la temperatura corporal normal.

Al momento de la detección de temperatura al cuerpo humano, la piel se comporta como un emisor de radiación infrarroja, entonces la ecuación de Stephan-Boltzman se utiliza con una pequeña variación debido a que se tiene en cuenta el factor de emisión del cuerpo, quedando así:

$$\Phi = \varepsilon \sigma T^4$$

Dónde: σ es la constante de stefan – Boltzman.

T la temperatura absoluta.

Φ la energía emitida por unidad de superficie.

ε es el factor de emisión del cuerpo.

Aunque todos los tejidos del cuerpo producen calor, los que tienen reacciones químicas rápidas producen las cantidades mayores. En estado de reposo, hígado, corazón, cerebro y la mayor parte de las glándulas endocrinas producen grandes cantidades de calor. Esto hace que la temperatura de dichos órganos sea un grado

aproximadamente más alta que la de la mayor parte de los otros tejidos.

La radiación infrarroja está siendo utilizada satisfactoriamente en la industria del secado de papel, tejidos, pinturas, comunicaciones, en astronomía para detectar estrellas y otros, etc. Es de nuestro interés la termografía clínica que es la aplicación de la termografía en un ambiente hospitalario, como método diagnóstico de diferentes enfermedades, durante los últimos años la termografía ha sido aplicada como método diagnóstico para detectar: cáncer de seno, dolores de cabeza, cuello y espalda, artritis, desordenes metabólicos, vasculares, del sistema nervioso, heridas de tejido blando.

Por ello se hacen necesarias las cámaras termográficas que funcionan todas en la banda de infrarrojos, transforma la imagen dentro del espectro visible en la que la escala de colores (o grises) refleja las distintas intensidades. La intensidad de la radiación infrarroja es función de la temperatura pero no sólo de ella, influyen también las características superficiales del objeto, el color y el tipo de material.

En un principio las cámaras termográficas dan un valor de temperatura para cada punto, sin tener en cuenta que, para la misma temperatura, dos materiales pueden irradiar energía infrarroja con intensidades muy diferentes. Se vuelve a insistir: Las termografías pueden ser aplicadas en cualquier situación donde un problema o condición pueda ser visualizado por medio de una diferencia de temperatura. La física permite convertir las mediciones de radiación infrarroja en medición de temperatura. [5]

3. METODOLOGÍA

Para validar las consecuencias derivadas de la hipótesis, se realizó un estudio basado en el proyecto "ELEVACIÓN DE LA TEMPERATURA CORPORAL CUTÁNEA MEDIANTE LA HIPNOSIS" con los 6 individuos, seleccionados de una muestra de 12 voluntarios escogidos del programa de ingeniería física de la UTP, con edades entre 18 y 25 años, a quienes se les aplicaron pruebas de susceptibilidad a la hipnosis. A los 6 estudiantes (3 hombres y tres mujeres) que mejor respondieron a estas pruebas se les tomaron imágenes termográficas en las palmas de las manos bajo el influjo de la hipnosis. Se realizó un mapeo de temperatura, comparando imágenes con y sin la sugestión hipnótica; para lo cual se elaboró una técnica estadística conveniente para el análisis de la matriz de datos que arrojaba cada imagen. Se realizó el correspondiente cálculo de incertidumbre de los resultados experimentales. Es necesario explicar que bajo el influjo hipnótico a los individuos se les inducía el aumento de la temperatura corporal en una de sus palmas de las manos de tal manera que la otra palma sirviera de referencia con respecto al aumento de la temperatura corporal.

3.1 Instrumentación utilizada.

Rango de temperaturas:	-10 a 250 °C (14 a 482 °F)
Tipo de detector:	Matriz de plano focal (FPA) de elemento térmico de 120 x 160 con microbolómetro no refrigerado
Precisión:	±2 % o ±2 °C
Precisión (de -10 a 0 °C):	+/- 3 °C
Repetibilidad:	±1 % o ±1 °C (±2 °F), el mayor de ambos
NETD:	200 mK
Resolución para la indicación de temperatura:	0,1 (°F o °C)

Tabla N.º 1 Especificaciones térmicas de la cámara termográfica utilizada.

Para realizar la fotografía termográfica se utilizó la cámara termográfica FLUKE TI-30 (ver figura 4) cuyas características son las de la tabla N.º 1.

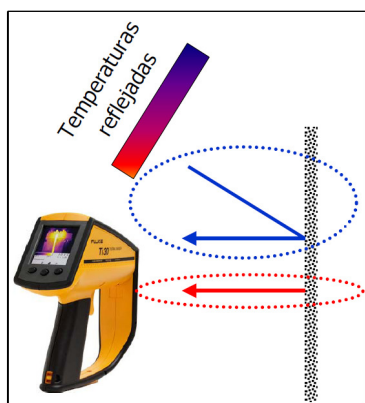


Fig. 4. Cámara termográfica utilizada en el protocolo de investigación en hipotermia (FLUKE TI-30).

4. RESULTADOS

A continuación se presenta una secuencia de figuras que corresponden a las fotografías termográficas realizadas a uno de los individuos, sometido a la inducción hipnótica del protocolo de investigación establecido.

En la figura 5 se puede observar la fotografía termográfica del rostro de unos de los individuos sometido al estudio. En la figura 6 se observa una fotografía termográfica al inicio de la sugestión hipnótica en la cual el individuo todavía no responde a la misma, obsérvese el perfil de temperatura en el eje x (gráfico inferior a la termografía) en el cual se puede observar que para las palmas de ambas manos la temperatura máxima es la misma. En la figura 7 se observa la fotografía termográfica en el momento en que el sujeto ha respondido a la sugestión hipnótica en la cual se le hace elevar su temperatura de la palma de la mano izquierda.

En la figura 8 se observa el mismo resultado de la figura 7 pero con una mejor aproximación a la termografía respectiva. Se puede observar como en la palma de la mano izquierda el promedio de temperatura es de 31,5 °C y en la palma de la mano derecha su promedio de temperatura es de 28,8 °C lo que quiere decir que hay una diferencia de temperaturas de 2,7 °C, la cual es bastante amplia y que permitiría para el caso de este individuo demostrar la hipótesis de que si es posible mediante técnicas de hipnosis, que un ser humano aumente de manera focalizada su temperatura corporal. En la figura 9 se puede observar el perfil de temperatura tanto en el eje x como el eje y; siendo interesante observar el perfil en x donde se demuestra la diferencia entre temperaturas producto de la inducción hipnótica.

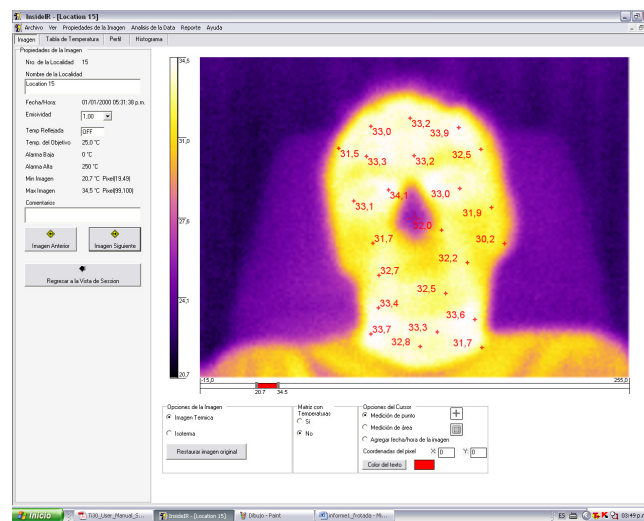


Fig. 5. Fotografía termográfica del rostro del individuo.

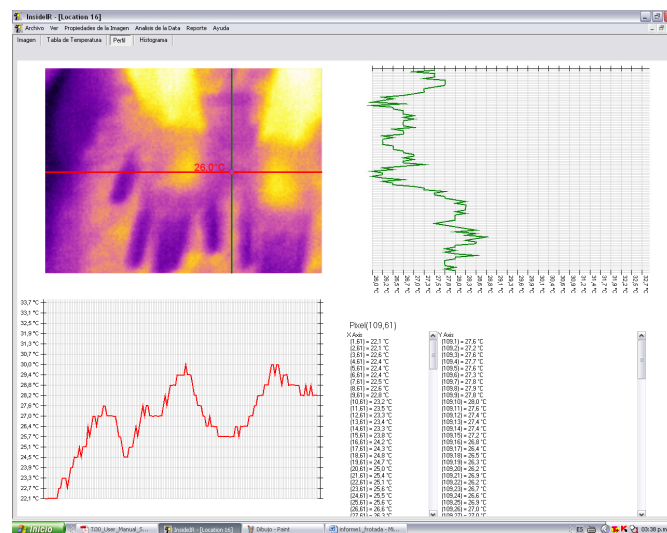


Fig. 6. fotografía inicial de las palmas de las manos.

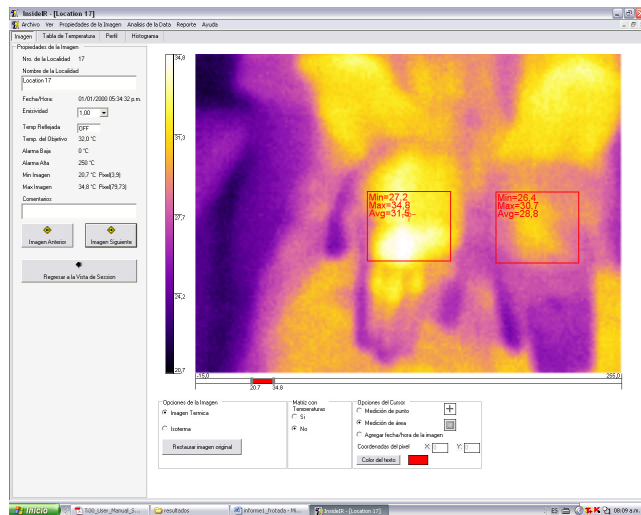


Fig. 7. Diferencia de temperaturas bajo influjo hipnótico en las palmas de las manos.

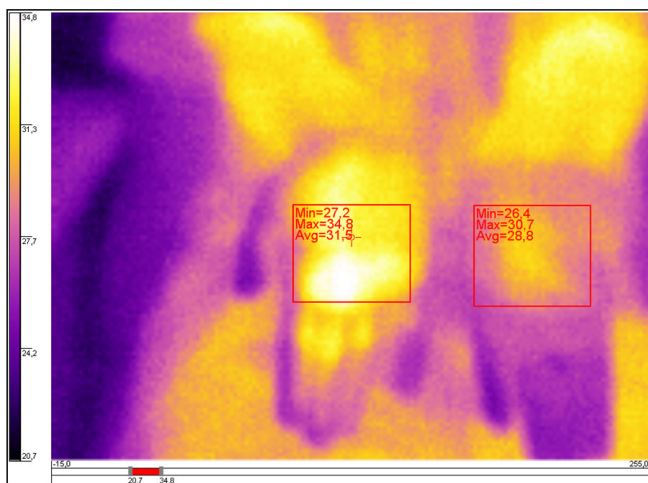


Fig. 8 Acercamiento del resultado obtenido en la fig. 7.

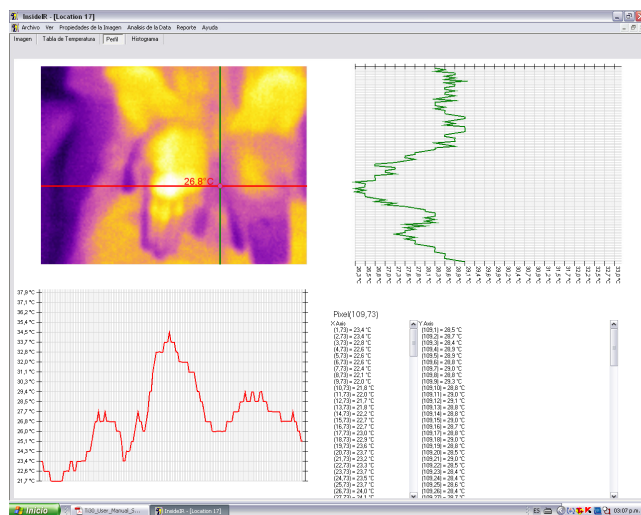


Fig. 9. Análisis termográfico realizado para el individuo bajo influjo hipnótico.

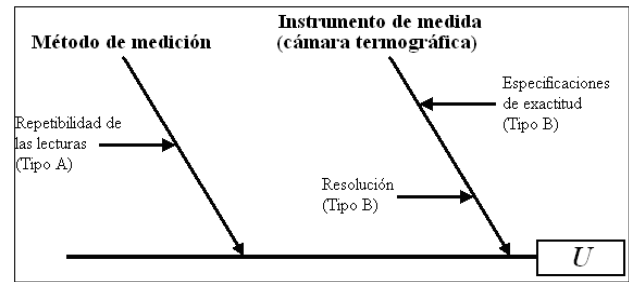


Fig. 10. Fuentes de incertidumbre involucradas en el proceso de medición.

A continuación se reportarán en la tabla N°2 los resultados obtenidos luego se realiza el análisis estadístico y el cálculo de la incertidumbre de medición correspondiente, establecido con base en los resultados obtenidos de la combinación de resultados de la muestra total, compuesta por 6 individuos, 3 hombres, 3 mujeres, que demostraron susceptibilidad a la hipnosis. En la figura 10 se muestran las fuentes de incertidumbre del proceso de medición.

Sujeto	1	2	3	4	5	6
ΔT (°C)	2,7	2,6	2,2	1,7	1,9	2,5

Tabla N°. 2 Resultados obtenidos.

El valor medio de las medidas es:

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n q_k = 2,27 \text{ °C} \tag{1}$$

Donde la desviación estándar calculada es:

$$\sigma (q_k) = \sqrt{\left(\frac{1}{n-1}\right) \sum_{k=1}^n (q_k - \bar{q})^2} = 0,40 \text{ °C} \tag{2}$$

La incertidumbre tipo A (error estadístico) corresponde a:

$$\varepsilon (\bar{x}) = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} = 0,17 \text{ °C} \tag{3}$$

La incertidumbre tipo B debida a la resolución (0,1 °C) del instrumento corresponde a:

$$u_B(x_i) = \frac{\text{Resolución}}{2 \cdot \sqrt{3}} = 0,029 \text{ °C} \tag{4}$$

La incertidumbre tipo B debida a las especificaciones del instrumento (cámara termográfica: tolerancia: $\pm 2\%$) corresponde a:

$$u_B(x_i) = \frac{\text{Especificaciones}}{\sqrt{3}} = 0,013 \text{ °C} \tag{5}$$

En la ecuación 5 se toma el 2% del valor medio de las lecturas y se divide por raíz de tres.

La incertidumbre combinada de la medición correspondería a:

$$u_c(e) = \sqrt{\sum_{j=1}^N [c_j \cdot u_j(x_k)]^2} = 0,1710 \text{ °C} \tag{6}$$

Los coeficientes de sensibilidad correspondientes a los aportes de incertidumbre son iguales a 1.

La incertidumbre expandida se puede asimilar, con base en el teorema del límite central, a una distribución

normal, por tanto se calculan los grados efectivos de libertad.

Estimación de los grados efectivos de libertad: Se dispone entonces a seguir con el proceso normal de evaluación de la incertidumbre expandida evaluando en primer lugar los grados de libertad de cada una de las componentes de las incertidumbres estándar combinada de las medición. Por lo tanto, para la incertidumbre estándar tipo A se evaluarán los grados de libertad v_i como $n-1$, siendo n el número de mediciones, y para el caso de la incertidumbre estándar tipo B, se asocian grados de libertad infinitos. Empleando entonces la ecuación de *Welch-Satterthwaite* (ecuación 7) para hallar el número efectivo de grados de libertad y evaluando por medio de la tabla de valores $t_p(v)$ de la distribución t de Student, se localiza el factor de cobertura correspondiente a los grados efectivos de libertad hallados y un nivel de confianza del 95%, para evaluar así la incertidumbre expandida de medición. Consultando la tabla t de student y teniendo en cuenta que el número de grados efectivos de libertad son mayores que 100, lo cual es equivalente a suponer infinitos grados, que corresponden a un factor de cobertura de 1,960, se calcula la incertidumbre expandida (ecuación 8).

$$v_{\text{ef}} = \frac{U_c^2(y)}{\sum_{i=1}^n \frac{c_i^2 u^2(x_i)}{v_i}} \quad (7)$$

$$U_{\text{expandida}} = 1,960 \times 0,17101 \text{ } ^\circ\text{C} = 0,3351796 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (8)$$

Por tanto ΔT que corresponde a la diferencia de temperatura de la mano izquierda con respecto a la mano derecha tiene un valor de:

$$\Delta T = 2,27 \text{ } ^\circ\text{C} \pm 0,34 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (luego del redondeo).}$$

Los resultados se han expresado con un dígito decimal de más con respecto al de la resolución del instrumento de medida (la cámara termográfica). Los resultados experimentales demuestran que hay un aumento evidente y real de temperatura bajo la inducción hipnótica.

5. CONCLUSIONES

Se ha demostrado experimentalmente la hipótesis de que es posible mediante técnicas de hipnosis, que un ser humano aumente de manera focalizada su temperatura corporal. Los resultados fueron analizados desde el punto de vista estadístico y con base en ellos se realizó el cálculo de la incertidumbre de medición con base en la guía internacional para la estimación de la incertidumbre de medición [6]. El tamaño de la muestra pudiera parecer mínima pero consideramos que funciona, dada la metodología utilizada y los resultados arrojados; para trabajos futuros recomendaríamos mayor análisis con respecto a este tema.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Herbert Benson, William Morrow. The Relaxation Response. New York, 1975.
- [2] The mind/body Effect. Simon & Schuster. New York, 1979
- [3] Benson con W. Proctor. La relajación. Ediciones Grijalbo, S.A. Barcelona 1986
- [4] Hecht E., "Optica". Fondo Educativo interamericano, S.A., 1977.
- [5] IEEE Engineering in medicine and biology. Volume 19, number 3. may/june 2000: The growing applications of medical infrared imaging.
- [6] JOINT COMMITTEE FOR GUIDES IN METROLOGY (Francia). Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM) [Archivo PDF en línea]. Sèvres: JCGM, 2008. 132 p. Disponible en Internet: (URL: http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_100_2008_E.pdf).

Agradecimientos: A la Universidad Tecnológica de Pereira y a la Universidad Libre seccional Cali quienes cofinancian este proyecto, en el cual están involucrados investigadores de ambas universidades.