



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**ESCUELA NACIONAL DE MEDICINA Y HOMEOPATÍA
SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
MAESTRÍA EN SALUD OCUPACIONAL, SEGURIDAD E
HIGIENE**

**“Efecto del estrés térmico sobre la respuesta inmune en
trabajadores expuestos a temperaturas abatidas”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN SALUD
OCUPACIONAL, SEGURIDAD E HIGIENE**

PRESENTA:

MARTHA SUSANA PALACIOS BADILLO



DIRECTOR DE TESIS

DR. EN CIENCIAS JUAN MANUEL ARAUJO ÁLVAREZ

México D.F., 2011



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México, D.F. siendo las 16:00 horas del día 07 del mes de noviembre del 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de La ENMYH para examinar la tesis titulada:

“Efecto del estrés térmico sobre la respuesta inmune en trabajadores expuestos a temperaturas abatidas”

Presentada por el alumno:

Palacios Badillo Martha Susana
Apellido paterno Apellido materno Nombre(s)

Con registro:

B	0	9	1	4	6	0
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de: Maestría en Ciencias en Salud Ocupacional, Seguridad e Higiene

Después de intercambiar opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA DEFENSA DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Director(a) de tesis

Dr. Juan Manuel Araujo Alvarez

Dr. José Waizel Bucay

Dr. Absalom Zamorano Carrillo

Dra. Guadalupe González Díaz

M. en C. Ma. del Carmen López García

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

Dr. César Augusto Sandino Reyes López

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA NACIONAL DE MEDICINA Y HOMEOPATÍA
SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

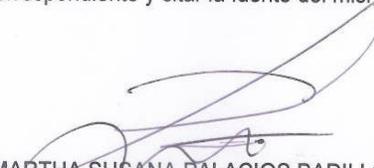


INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México el día 01 del mes de Diciembre del año 2011, la que suscribe MARTHA SUSANA PALACIOS BADILLO alumna del programa de Maestría en Ciencias en Salud Ocupacional, Seguridad e Higiene con número de registro B091460, adscrita a la Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía, manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de Dr. en Ciencias Juan Manuel Araujo Álvarez y cede los derechos del trabajo intitulado "EFECTO DEL ESTRÉS TÉRMICO SOBRE LA RESPUESTA INMUNE EN TRABAJADORES EXPUESTOS A TEMPERATURAS ABATIDAS", al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección manasumina@hotmail.com.mx. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


MARTHA SUSANA PALACIOS BADILLO

Nombre y firma

AGRADECIMIENTOS

A Dios por escuchar mis plegarias y darme energía para procurar día a día ser mejor.

A mis padres por darme la vida, además de enseñarme que “la verdad te hace libre” y la constancia “disipa las dificultades”

A mis hermanas por su infinito apoyo y enseñanzas, y sobre todo por todos los momentos de risas y mil satisfacciones, que no cambiaría por nada.

A mis sobrinos por hacerme entender que la alegría y la humildad van de la mano.

A Paulino por el tiempo invertido y la felicidad incesante.

A Simone por el amor incondicional y eterno.

Al Dr. Juan Manuel Araujo que con su madurez e inteligencia supo guiarme en este proyecto, además de mostrarme el camino de la paciencia.

Al Dr. Rafael Campos Rodríguez, Jefe del Laboratorio de Inmunología de la Escuela Superior de Medicina del Instituto Politécnico Nacional, y en especial a la Dra. Elisa Drago y a la Maestra Teresita de Jesús Cruz Hernández por su incomparable modo de compartir sus conocimientos y por ampliar el panorama de nuestro objeto de estudio, así como a todo el equipo de trabajo del mismo laboratorio; Erick, Diana, Fidelia y Miriam, ya que sin su apoyo no se hubiera podido realizar la presente tesis.

A todas las personas que apoyaron de manera directa e indirecta para la realización de esta tesis.

Finalmente, un agradecimiento especial a los trabajadores que participaron en este proyecto, por su generosidad y amistad.

ÍNDICE

TEMA	PÁGINA
ÍNDICE DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS, FIGURAS Y GRÁFICAS	10
GLOSARIO	15
RESUMEN	18
ABSTRAC	19
INTRODUCCIÓN	20
CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES	23
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	28
2.1 Generalidades del estrés	28
2.1.1 Clasificación de los estresores	30
2.2 Generalidades de estrés por frío	31
2.2.1 Termorregulación del cuerpo humano	31
2.2.2 Mecanismos presentes en el organismo cuando disminuye la temperatura	32
2.2.3 Afecciones imputables al estrés térmico	33
2.3 Trabajo en ambientes fríos	34
2.3.1 Exposición del cuerpo a temperaturas abatidas en el ambiente laboral	35
2.3.2 Trabajo en cámaras frigoríficas	36
2.3.3 Rendimiento durante la exposición al frío	37
2.4. Sistema Inmune y estrés	38
2.4.1 Generalidades del sistema inmune y estrés	38
2.4.2 Inmunidad innata e inmunidad adquirida	41

2.4.2.1 Inmunidad innata	43
2.4.2.2 Inmunidad adquirida	44
2.5 Generalidades de las inmunoglobulinas	45
2.5.1 Anticuerpos y su relación con el frío	46
2.5.2 Estructura de los anticuerpos	46
2.5.3 Clasificación de las inmunoglobulinas	47
2.5.4 Tipos y subtipos de Inmunoglobulinas	47
2.5.5 Distribución de las inmunoglobulinas	48
2.5.6 Función general de las inmunoglobulinas	49
2.5.7 Propiedades y función de las inmunoglobulinas	49
2.6 Unión antígeno-anticuerpo	51
2.7 Metodología de obtención de anticuerpos monoclonales	52
2.8 Técnica Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay (ELISA por sus siglas en ingles)	52
2.9. Legislación a nivel internacional y nacional en relación al trabajo en temperaturas abatidas	54
2.9.1 Legislación internacional	54
2.9.1.1 ACGIH “Realización de tareas en ambientes frío”	54
2.9.1.2 TLVs (Thresold Limit Values)	56
2.9.2 Legislación mexicana	58
2.9.2.1 Definición de régimen de trabajo según la actividad	60
2.9.2.2 Ley Federal del Trabajo	61
CAPÍTULO 3 PROCEDIMIENTO	
3.1 Planteamiento del problema	62
3.2 Objetivo general	64

3.3	Objetivos particulares	64
3.4	Población de estudio	64
3.4.1	Lugar de estudio	64
3.4.2	Universo de estudio	64
3.4.3	Criterios de inclusión	65
3.4.4	Criterios de exclusión	65
3.5	Materiales y equipo	65
3.5.1	Para recolectar muestra de sangre	65
3.5.2	Para muestra de saliva primera y segunda toma	66
3.5.3	Material de laboratorio	66
3.5.4	Equipo para procesar las muestras de sangre y saliva	66
3.5.5	Equipo para elaborar documentos	66
3.6	Recursos	67
3.7	Metodología	67
3.7.1	Determinación de variables	67
3.7.2	Metodologías utilizadas	68
3.7.2.1	Planeación y obtención de datos generales	68
3.7.2.2	Metodología para obtención de muestra sanguínea y salival	69
3.7.2.3	Técnica de preparación de muestras	70
3.7.2.4	Estandarización de Técnica de ELISA para cuantificación de IgA en saliva	70
3.7.2.5	Técnica para cuantificación de IgA, IgM e IgG sérica	71
3.7.2.6	Técnica para cuantificación de glucosa, colesterol, triglicéridos, proteínas totales, ácido úrico, albumina y urea	71
3.8	Referencias utilizadas para	71

determinación de estrés térmico por frío	
3.9 Procedimiento	72
3.9.1 Aplicación de la NOM-015-STPS-2001	72
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	74
4.1 Resultados	74
4.1.1 Descripción de las población estudiada	74
4.1.2 Descripción del área de trabajo	77
4.1.2.1 Condiciones de Trabajo del personal Ocupacionalmente expuesto	79
4.1.2.2 Descripción de actividades y ciclos de trabajo	79
4.1.3 Medición de temperatura en el área de cámara y antecámara	84
4.1.4 Turno de trabajo	84
4.1.5 Equipo de Protección Personal	85
4.1.6 Principales dificultades relacionadas con la actividad	85
4.1.7 Aplicación de las tablas de regímenes de trabajo, índice de viento frío y límites máximos permisibles de la NOM-015- STPS.2001	86
4.1.8 Resultados de IgA, IgM e IgG en suero, para el grupo expuesto (GE) y no expuesto (NE)	87
4.1.9 Resultados de IgA en saliva del GE y GNE	91
4.1.10 Resultados de químicas sanguíneas para el grupo expuesto y no expuesto.	93
4.2 Discusión	97
5. CONCLUSIONES	101
6. RECOMENDACIONES	104

7. FUENTES DE INFORMACIÓN
8. ANEXOS

107
115

ÍNDICE DE TABLAS

TEMA	PÁGINA
Tabla núm. 1 Duración del estrés por frío descompensado y reacciones asociadas.	34
Tabla núm. 2 Temperaturas del aire en distintos ambientes de trabajo expuestos a frío.	35
Tabla núm. 3 Rendimiento durante la exposición a frío	38
Tabla núm. 4 Características de la respuesta inmune.	42
Tabla núm. 5 Distribución de las diferentes inmunoglobulinas en el plasma humano.	49
Tabla núm. 6 Funciones biológicas de la IgA	50
Tabla núm. 7 TLVs para el plan de trabajo/calentamiento para un turno de cuatro horas.	57
Tabla núm. 8 Límites máximos permisibles de exposición a condiciones térmicas abatidas.	59
Tabla núm. 9 Regímenes de trabajo	60
Tabla núm. 10 Condiciones de Trabajo del personal ocupacionalmente expuesto.	79
Tabla núm. 11 Medición de temperatura en el área de cámara y antecámara.	84
Tabla núm. 12a. Valores de la primera muestra sérica de IgA, IgM e IgG del grupo expuesto y el grupo no expuesto.	87
Tabla núm. 12b. Resultados de T de student	88

al comparar los valores de IgA, IgG e IgM séricas de la primera muestra sanguínea del grupo expuesto vs. grupo no expuesto.	
Tabla núm. 13a. Valores de la segunda muestra sérica de IgA, IgM e IgG del grupo expuesto y la muestra del grupo no expuesto.	88
Tabla núm. 13b. Resultados de T de student al comparar la segunda muestra sanguínea del grupo expuesto vs. muestra del grupo no expuesto.	89
Tabla núm. 14a. Valores de la primera y segunda muestra sérica de IgA, IgM e IgG del grupo expuesto.	89
Tabla núm. 14b. Resultados de T pareada al comparar la primera y segunda muestra sanguínea del grupo expuesto.	90
Tabla núm.15a. Valores de IgA secretora de la primera y segunda muestra del grupo expuesto y muestra del grupo no expuesto a las diluciones 1:10, 1:20 y 1:40.	91
Tabla núm. 15b. Resultados de T y T pareada al comparar la muestra salival del GE vs. GNE y primera y segunda muestra salival de GE para cuantificación de IgA secretora en saliva.	92
Tabla núm. 16a. Valores de química sanguínea de la primera muestra del grupo expuesto vs. muestra del no expuesto.	93
Tabla núm. 16b. Resultados de T de student al comparar los valores de la química	94

sanguínea de la primera muestra del grupo expuesto vs. muestra del grupo no expuesto.	
Tabla núm. 17a. Valores de química sanguínea de la segunda muestra del grupo expuesto vs. muestra del grupo no expuesto.	94
Tabla núm. 17b. Resultados de T de student al comparar la segunda muestra sanguínea del grupo expuesto vs. muestra del grupo no expuesto.	95
Tabla núm. 18a. Valores de química sanguínea de la primera y segunda muestra del grupo expuesto.	95
Tabla núm. 18b. Resultados de T pareada al comparar la primera y segunda muestra del grupo expuesto.	96

ÍNDICE DE FIGURAS

TEMA	PÁGINA
I Figura núm. 2.4.2 Clasificación del Sistema Inmune.	42
II Figura núm. 2.5.2 Estructura de las inmunoglobulinas.	46
III Figura 4.1.2 Identificación de las fuentes generadoras de condiciones extremas en el Centro de Distribución de Helados y Paletas (producto congelado).	78
IV Figura 4.1.2.2 Flujograma de las actividades del puesto de ayudante de cámara.	80
V Figura 4.1.2.2.1 Actividades específicas del puesto de ayudante de cámara por ciclos.	81

ÍNDICE DE GRÁFICAS

TEMA	PÁGINA
Gráfica 4.1.1 a Rango de edad en años del grupo expuesto y del grupo no expuesto.	75
Gráfica 4.1.1 b Tiempo de exposición en meses del grupo expuesto a la toma de la primera y segunda muestra.	76
Gráfica 4.1.1 c Índice de masa corporal del grupo expuesto y del grupo no expuesto.	77

GLOSARIO

ACGIH: por sus siglas en ingles, American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Organización gubernamental que tras arduas investigaciones desarrolla, establece y publica los límites máximos de exposición para sustancias químicas.

ACTH: Hormona Adenocorticotrópica. Se produce en la hipófisis anterior (adenohipófisis) y su función principal es la de estimular a las glándulas suprarrenales para la secreción de cortisol y corticosterona.

Adenohipófisis: glándula endócrina corresponde al lóbulo anterior de la hipófisis, produce las siguientes hormonas; estimulante de tiroides, folículo estimulante, luteinizante, somatotropa y prolactina.

ADH: Hormona antidiurética o vasopresina, se produce en el lóbulo posterior de la hipófisis (neurohipófisis), sus principales funciones son: disminuir la osmolaridad plasmática aumentando el gasto cardiaco y aumentar la resistencia periférica por vasoconstricción.

Adrenalina: es una hormona y neurotransmisor, amina simpático mimética, secretada por la médula suprarrenal, pertenece al grupo de las catecolaminas y sus funciones principales están en relación con los receptores alfa, y son vasoconstricción, inhibición de las secreciones y estímulo del metabolismo basal.

Ig: Anticuerpo o Inmunoglobulina. Proteína plasmática sintetizada por los linfocitos B y células plasmáticas es respuesta a la estimulación por un antígeno, actuando como “la defensa del organismo”.

Antígeno: Cualquier sustancia o molécula extraña que, propicia se active el sistema inmune ya sea innato o adquirido, que promueve la generación de anticuerpos.

Camarista: Puesto de trabajo estudiado en la presente tesis, corresponde a personal expuesto a temperaturas abatidas, -23 a -28°C, cuya principal función es movilizar cajas dentro y fuera de cámara, con medios manuales y asistidos.

CD: por sus siglas en inglés, Cluster designation. Receptores de membrana que permiten la identificación de las diferentes estirpes celulares

Clo es la unidad medida empleada para el índice de vestimenta, y se define como el aislamiento térmico necesario para mantener a una temperatura estable y

cómoda a la piel durante 8 horas, a una temperatura de 20°C, y con humedad relativa al 50%.

IREQ: por sus siglas en inglés, determination of required clothing insulation, determinación del aislamiento de vestimenta requerido.

Distrés: También conocido como estrés negativo, hace referencias a los fenómenos que se presentan frente a un estímulo continuo de cualquier naturaleza que sobrepase las capacidades del individuo.

ELISA: por sus siglas en inglés, Enzyme Linked Immunosorbent Assay, Ensayo Inmunoenzimático Absorbente.

Estrés: Serie de respuestas fisiológicas y psicológicas del organismo ante un estímulo externo e interno, íntimamente relacionadas con la idiosincrasia. Se puede extender como un estímulo, una respuesta o una percepción.

Fb Fragment antigen binding

Fc Fragment crystallizable

GH Hormona Gonadotropina

Hipotermia: Se refiere al descenso de la temperatura corporal interna por debajo de los 36°C, lo que puede producir desde lesiones locales por necrosis hasta la muerte.

IL Interleucina

IgM Inmunoglobulina M

IgA Inmunoglobulina A

KDa kilodaltons

Linfocito B Linfocito Bursodependiente.

Linfocito T Linfocito Timodependiente.

LMPE Límite máximo permisible

NIOSH por sus siglas en inglés, National Institute for Occupational Safety and Health.

NK por sus siglas en inglés, Natural Killer

nm nanómetros

NOM Norma Oficial Mexicana

OIT Organización Internacional del Trabajo

SA Sistema Adrenal

SSA Sistema Simpático- adrenal

TSH por sus siglas en ingles Thyroid- Stimulating- Hormone

RESUMEN

El estrés térmico por frío, en el ambiente laboral, puede condicionar enfriamiento general y local, lo que se deriva, en manifestaciones propias de hipotermia hasta lesiones graves como congelamiento y necrosis de las zonas de exposición (Holmer, 2009). La exposición al frío es un peligro significativo en la industria tanto en áreas artificiales como naturales (Holmer *et al.*, 2009). Si bien son ampliamente conocidas las manifestaciones clínicas progresivas en la hipotermia, aún no son conocidos, en humanos, los efectos de la exposición laboral al frío, de manera crónica (mayor a 3 meses), en el sistema inmune. De manera que, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del estrés térmico en la respuesta inmune de trabajadores expuestos a temperaturas abatidas. El procedimiento realizado consistió en 1.- Determinar las condiciones de trabajo en el área laboral del puesto de ayudante de cámara, 2.- Se formaron dos grupos: 7 expuestos (GE) y 7 no expuestos (GNE), para posteriormente evaluar el estado general de salud de los integrantes de cada grupo, y finalmente estimar el efecto del estrés térmico sobre el sistema inmune, por frío en la población expuesta, por medio de la medición de IgA, IgG, IgM en muestras de sangre y IgA secretora en saliva. Los resultados mostraron diferencia estadísticamente significativa, con valores para IgA sérica ($p < 0.05$) del GE vs. GNE, no se encontraron valores significativos para el resto de inmunoglobulinas, IgG e IgM sérica e IgA en saliva. Con esto, concluimos que el efecto en la respuesta humoral por estrés térmico, posterior a exposición a temperaturas de -23 a -28 °C, parece producir, una disminución en los valores de IgA sérica, se desconoce el mecanismo, por el cual se producen estos cambios aparentes, por lo que se deberán realizar más estudios con un enfoque inmunológico.

Palabras clave: exposición a frío, inmunoglobulina A (IgA), inmunoglobulina G (IgG), inmunoglobulina M (IgM), estrés térmico por frío

ABSTRACT

Cold thermal stress in the workplace can influence local and general cooling, with manifestations of hypothermia, such as necrosis of exposure areas (Holmer, 2009). Cold exposure is a significant hazard in *the* industry, in artificial and natural areas (Holmer *et al.*, 2009). Although are known progressive clinical situations about hypothermia, aren't known in humans the effects on de immune system of occupational exposure to chronic cold (more than 3 months). So, effects of cold exposure (-23 a -28°C) on immune response were investigated. Procedure consisted of: 1. - To determine the working conditions in the workplace of assistant frozen room. 2.- Participant were divided two groups, seven exposed (GE) and seven unexposed (GNE), they were evaluate about thermal stress on the immune system, through blood and saliva samples. Results showed statistical significance with lower for serum IgA (< 0.05) from GE vs. GNE, we found no significance with values for serum for IgG and IgM and IgA in saliva. We conclude that the affect on the humoral response to cold stress after exposure to temperatures from -23 to -28°C, appears to cause a decrease in serum IgA values, we unknown mechanism by which they arise these apparent changes, so should be made more evaluations of cold workplace.

Key words: cold exposure, immunoglobulin A, immunoglobulin G, immunoglobulin M, cold stress

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se centra en el análisis inmunológico por exposición a temperaturas abatidas, en trabajadores de una empresa distribuidora de helados y paletas. Para términos de la presente tesis se define al estrés bajo el concepto de Selye como: “respuesta del organismo ante una demanda del medio ambiente donde se activan mecanismos homeostáticos”. Así, perturbaciones físicas como el frío, calor o la altitud generan una respuesta inmediata, lo que puede ocasionar un daño fisiológico, o generar un proceso de adaptación ante la exposición prolongada, como en el caso de los trabajadores en cámaras frigoríficas. Bajo la línea conceptual de Selye, se puede producir una respuesta que generalmente es adaptativa, si el estímulo es de corta duración. Sin embargo, ante la activación continuada de respuestas, ante un estímulo, puede llevar a desordenes funcionales variados, que van desde alteraciones cardiovasculares hasta la supresión de la respuesta inmune (Selye, 1936).

José Manuel Arias (2004) expone que “las restricciones medio ambientales incluyen recursos limitados y factores que producen estrés. Si el estrés no es reducido adecuadamente por medio de avances científicos, tecnológicos o de cambios en la conducta, sus efectos pueden ser aminorados únicamente por la resistencia biológica del individuo”. De acuerdo a lo mencionado anteriormente resulta de vital importancia determinar los posibles cambios inmunológicos en personal expuesto por un largo periodo a temperaturas abatidas.

La respuesta humana general al estrés térmico por frío implica; constricción de los vasos sanguíneos subcutáneos, incremento de tono muscular y del apetito, aumento en volumen urinario, descenso de la temperatura, somnolencia y respiración lenta (Holmer, 2009). Sin embargo, los efectos por exposición crónica, han sido escasamente abordados.

“La pérdida del equilibrio fisiológico como resultado de la exposición a un medio ambiente que genere estrés, es un aspecto central en el estudio de la salud y el bienestar para comprender la adaptación y el comportamiento de las poblaciones humanas” (Goodman *et al.*; 1998 en Arias J, 2004).

Elevados niveles y determinados tipos de estrés, pueden conducir a deterioro funcional, cuyos resultados se reflejan en una disminución de las capacidades cognitivas y de trabajo (Holmer, 2009).

La saliva tiende a ser el fluido de elección para muchos estudios que pretenden evaluar al sistema inmune, gracias a la fácil estandarización en las recolecciones (Gleeson *et al.*, 1995). La IgA en saliva es un parámetro, bien aceptado para medir la actividad del sistema inmune en las mucosas y, ha sido usada para la caracterización de los efectos de muchos estresores (Gleeson *et al.*, 2000). En la presente tesis se estandarizó la técnica de ELISA para cuantificación de IgA en saliva, además de evaluar IgA, IgM e IgG en suero con técnica estándar. Del mismo modo, se tuvo la oportunidad, de realizar química sanguínea para evaluar el estado general de salud de los trabajadores.

En el primer capítulo de la presente tesis (Antecedentes), se plantean los fundamentos de la presente investigación, con base en los artículos relacionados con el tema en estudio, es decir, con el efecto del estrés térmico sobre el sistema inmune, sin embargo, son pocos los estudios que abordan dicho tema, de manera similar. Además, se describen las condiciones laborales del puesto de ayudante de cámara, objeto de estudio principal de esta tesis.

En el segundo capítulo (Marco teórico), se desarrollan los conceptos y teorías, que explican los efectos del frío sobre la inmunidad humoral, se aborda la definición de estrés, con sus variantes, de acuerdo a la perspectiva psicofisiológica, para posteriormente describir los métodos de evaluación de estrés por frío, se profundiza el estudio sobre los efectos del frío en el cuerpo humano, además de incluir la legislación existente, que regula las condiciones de trabajo en temperaturas abatidas, para finalmente describir los componentes del sistema inmune y su relación con el estrés térmico.

El tercer capítulo (Procedimiento), inicia con una descripción de la literatura sobre el efecto del frío en el sistema inmune, se menciona, el objetivo general y los

objetivos particulares, además de describir los procedimientos y los métodos utilizados para cumplir dichos objetivos, los cuales se centran en evaluar el lugar de trabajo por medio de la investigación de campo, evaluar el estado de salud de los participantes, por medio de una historia clínica laboral con enfoque inmunológico, así como con la evaluación del metabolismo por química sanguínea, para finalmente determinar el efecto del estrés térmico sobre la respuesta humoral. Se mencionan las características del diseño de estudio, de la población participante, de recursos y materiales necesarios para la realización, en laboratorio, de la cuantificación en sangre de inmunoglobulinas, además de describir brevemente la metodología para la estandarización de la técnica de ELISA, para cuantificar IgA salival.

En el capítulo cuatro (Resultados y Discusión) se anotan los resultados y se analizan de acuerdo a los argumentos descritos en el marco teórico, la descripción se realiza de acuerdo a los objetivos específicos.

Finalmente, se llega a las conclusiones, donde los resultados y el análisis sugieren que existen cambios en la cuantificación de inmunoglobulinas en personal expuesto a temperaturas abatidas. Se comprueba la hipótesis inicial, se incluyen las recomendaciones de acuerdo a las áreas de oportunidad, encontradas durante el desarrollo del tema de tesis, sobre todo con un enfoque preventivo.

1. ANTECEDENTES

Reportes anecdóticos y experimentales sugieren que la exposición al frío puede incrementar la susceptibilidad del organismo a infecciones (Shepard y Shek, 1998), en contraparte, en la tesina bibliográfica de Hernán Aguirre, realizada en 2004, se menciona que no existe evidencia que relacione las enfermedades infecciosas con la exposición al frío. Sin embargo, se ha reportado un aumento en la incidencia y severidad en enfermedades del tracto respiratorio en personal militar, expuesto sostenidamente al frío en el ártico Canadiense (St. Rose *et al.*, 1972).

La exposición aguda al frío provoca que la mecánica pulmonar se vea comprometida por la broncoconstricción, congestión de las vías respiratorias, así como por la disminución de secreciones y de la movilidad ciliar, estas respuestas presentes en el asma inducido por frío o por ejercicio, son probablemente responsables de la disminución de la respuesta del sistema inmune contra los agentes contaminantes en el aire (Giesbrecht, 1995).

Si se toma como premisa la posible existencia de alteraciones en el sistema inmune, tras la exposición aguda al frío, se encuentra que éste tiene efectos inmunoestimulantes y estos efectos se ven aumentados cuando existe una previa exposición a una temperatura cálida o a ejercicio (Brenner *et al.*, 1999). En el estudio de Brenner *et al.*, se incluyeron a 7 hombres, de 23 a 25 años. La exposición inicial (aguda) se realizó en cuatro diferentes condiciones de temperatura, la primera consistió en permanecer sumergidos hasta el hombro durante una hora en un baño a 35°C; en la otra se presentaron las mismas condiciones pero a una temperatura de 38 °C; los otros dos tipos de exposición consistieron en realizar ejercicio por una hora antes de ser sumergidos en agua a una temperatura de 18 °C y 35 °C respectivamente. Inmediatamente después de los exposición aguda, los participantes se vestían con short y calcetines de algodón, durante los siguiente 20 minutos se expusieron a 5°C, en un cuarto cerrado, con humedad relativa de 40%, velocidad del aire de 0.7 m/s) por dos

horas. La exposición al frío indujo leucocitosis y granulocitosis, además de incremento de las células asesinas tanto en conteo como en actividad, así como una elevación de los niveles de interleucina-6 (Brenner *et al.*, 1999).

Jansky L. *et al.*, (2004), investigaron la respuesta del sistema inmune ante la exposición al frío, con la idea de que, el frío actuaría como un estímulo no infeccioso y mejoraría el estado fisiológico del individuo. Se evaluó el efecto de inmersión única y continua en agua fría a 14 grados centígrados durante 1 hora en jóvenes atléticos, en este primer caso hubo cambios mínimos no significativos, por lo que aumentaron la exposición a tres veces por semana durante 6 semanas continuas, lo que propició un aumento significativo de monocitos, linfocitos, factor de necrosis tumoral, proteínas de fase aguda (haptoglobina y la hemopexina), así como una tendencia al aumento en las concentraciones plasmáticas de IL-6, linfocitos CD3, CD4, CD8 y linfocitos B. No se encontraron cambios significativos en el conteo de IL1, proteína C- reactiva, macroglobulina, inmunoglobulinas (IgG, IgM, IgA) y componentes del complemento C3 y C4, así como en el número de eritrocitos, leucocitos, granulocitos, neutrófilos. Con lo que concluyeron que, el frío incrementó la tasa metabólica debido al aumento de concentración de catecolaminas, al estimular con ello el sistema inmunológico de manera leve.

Por otra parte, en otra investigación, se estudiaron dos grupos de nadadores, unos con experiencia en inmersión en aguas heladas y otros no, ambos grupos fueron expuestos a un baño con sauna, y después un baño de agua helada. Se observaron cambios significativos en la concentración de cortisol en los nadadores habituales de agua heladas en comparación con los no habituales; del mismo modo hubo aumentos significativos en las concentraciones de ADH, cortisol e IL-6, después del estímulo en ambos grupos, así como granulocitosis y hemoconcentración. Al parecer estos cambios parecen provocar una respuesta en el sistema neuroendócrino y sistema inmunológico, además de sugerir que existen mecanismos de adaptación en nadadores con exposición previa en aguas heladas (Duqué y Leppänen, 2000)

A pesar de lo mencionado previamente, se han hecho revisiones bibliográficas sobre los efectos del frío en el sistema inmune, destaca la realizada por Castellani *et al.*, (2004), donde encontraron que no existe apoyo suficiente para conceptualizar que la exposición al frío deprime la función inmune.

Existe bibliografía sobre las medidas que se deben adoptar para mantener al trabajador expuesto a temperaturas abatidas en confort térmico, como el estudio de Anttonen H. y Virokannas H. (1994), que evaluaron a 143 trabajadores expuestos a temperaturas entre 6 a -29°C , y encontraron que existe una disminución de la destreza manual tras la exposición continua al frío, lo que provoca un aumento en la incidencia de accidentes. Como estos, otros estudios se enfocan al análisis de los efectos ergonómicos o daños a la salud por exposición prolongada aguda como hipotermia, congelamiento, pie de trinchera etc., sin embargo, muy poco se ha estudiado sobre los efectos a nivel inmunológico en personal expuesto a temperaturas abatidas por más de 3 meses. Así, por ejemplo, en un estudio realizado en la Antártida, se evaluó el sistema inmune a través de la cuantificación mensual en saliva de las inmunoglobulinas IgA, IgM e IgG, tras la exposición al frío durante 1 año. Participaron 73 personas todos pertenecientes a la Asociación Expedicionista en Investigación de la Antártida, se dividieron en tres grupos: 16 para el grupo ubicado en Casey, 30 para el grupo ubicado en Davis y 27 para el grupo en Mawson, se encontró que los valores de IgA e IgM, en saliva, fueron más bajos en los primeros cuatro meses de exposición (Enero-Abril) e incrementaron su valores a un máximo de Julio a Agosto, antes de regresar a sus valores normales al eliminarse la exposición. Los cambios cuantitativos de IgA e IgM en saliva, sugieren que el frío actúa como un estresor y puede jugar un papel importante en las alteraciones en la inmunidad de las mucosas en estos expedicionistas (Gleeson *et al.*, 2000)

Por otra parte, en relación con la empresa en estudio, se tiene el propósito de proteger la salud de los trabajadores de los riesgos asociados a la actividad laboral, desde sus inicios la empresa distribuidora de helados y paletas, se ha preocupado por cumplir con los requerimientos legales internos y nacionales para

el trabajo en temperaturas abatidas, para esto, se realizan mediciones ambientales cada dos años, con determinaciones de los niveles de exposición a condiciones térmicas extremas, en las áreas de antecámara y cámara. El último estudio realizado en 2010 concluyó que, los valores de índice de frío encontrados en estas áreas, no superan el límite máximo permisible, establecido para 1 hora de exposición, de acuerdo a los datos contenidos en la NOM—015-STPS-2001.

Se cuenta con un programa de vigilancia epidemiológica, se recolecta la información por medio de exámenes periódicos cada 6 meses, para el personal ocupacionalmente expuesto.

Además, se les capacita anualmente sobre los riesgos a la salud ante la exposición a temperaturas abatidas, se integran medidas preventivas a la salud, y para evitar accidentes. Se evalúa anualmente el equipo de protección personal, se tiene un proveedor local quien apoya al área de salud y seguridad con este rubro. También se realizan recorridos por parte de la Comisión de Seguridad e Higiene para identificar actos inseguros y condiciones inseguras en el área de trabajo. El resultado de estas acciones permite cumplir con la normatividad mexicana, a pesar de esto, el Servicio Médico de la Empresa debe dar continuamente consultas, por cansancio y fatiga a los camaristas. Para el año 2009, el total de consultas otorgada en el Centro de Distribución fue de 1550, de las cuales el 3.09% fueron para los camaristas, para el año 2010, de 1107 consultas otorgadas el 4.6 % correspondió a dicho puesto (Estadística integral de la empresa, 2009-2010). Cabe mencionar que los trabajadores de la cámara buscan transferirse a otros puestos, pues mencionan que la carga de trabajo y el frío son aspectos difíciles para acostumbrarse, también refieren que al ingresar por primera vez a cámara, suelen padecer infecciones de las vías respiratorias altas, para posteriormente “acostumbrarse” al frío (Entrevista de campo, 2010).

El total de expuestos en el puesto de ayudante de cámara son 10 personas, en el Centro de Trabajo ubicado en el Valle de México donde se llevó a cabo el estudio, sin embargo, a nivel nacional y en Distrito Federal, existen otras 70 personas que están expuestas a las mismas condiciones de trabajo (Recursos Humanos, 2010).

Los camaristas, se encargan de distribuir la mercancía de la cámara (temperatura -22 a - 28°C) a las cajas de las camionetas de helados, el turno donde realizan esta actividad es el nocturno, el total de camionetas que deben llenar son de 56, cada camioneta con 6 cajones para almacenar hasta 10 botes o 15 cajas de diferente peso y tamaño (Investigación de campo, 2010).

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades del estrés

Numerosos son los acontecimientos en la vida humana, que afectan la salud de las personas, en el ámbito laboral se encuentra peligros y riesgos propios para cada una de las actividades, producto de las nuevas formas de trabajo y organización, una de ellas es el estrés. Diversos autores, a lo largo de décadas, han intentado definir la palabra estrés, no sin dificultades para homogenizar el término, esto debido, entre otras cuestiones, a que el estrés se mide en “tendencias no específicas” (Selye, 1976). Sin embargo, el estrés está vinculado inherentemente al ser humano y no puede ser evitado, ya que nos permite adaptarnos a la vida (Selye, 1976). El uso popular del palabra estrés se ha relacionado con fenómenos de carácter negativo, como respuestas desagradables ante un acontecimiento o suceso conocido como distrés, empero, actualmente se afirma que un poco de estrés es “bueno”, pues se entiende que la activación de las funciones, tanto psicológicas como fisiológicas, se requieren para la adaptación al medio, lo que se interpreta, en este caso, como eustrés (McEwen, 2004). El término estrés se ha conceptualizado como respuesta, estímulo, percepción y como transacción (Serrano, 2006).

Desde la perspectiva de estímulo, se incluye como modelo general de adaptación biológica al medio, donde se generan respuestas fisiológicas y adaptativas producto de la interacción constante ante nuevas o diferentes situaciones ambientales (McEwen, 2003), tanto físicas (Selye, 1950), biológicas y psicológicas (Mason, 1975). Por tanto, “un agente estresor puede ser cualquier estímulo que exige al organismo una adaptación “(Simón y Miñarro, 1990).

El estudio del estrés como respuesta se le debe al conocido como padre del estrés Hans Selye, quien define que: “es la respuesta no específica del organismo ante cualquier demanda” (Sánchez, 2009), hace referencia a la serie de reacciones en cadena que se producen como respuesta ante un estresor (Serrano, 2006). Bajo este concepto cualquier agente o estímulo que se perciba como “nocivo” para la homeostasis del organismo, propiciará respuestas de los sistemas fisiológicos

para tender a restaurar el equilibrio del organismo expuesto. Al conjunto de respuestas del organismo se le conoce como “Síndrome General de Adaptación” (SGA) que se divide en tres fases, de acuerdo al tipo de respuesta que se produce, así tenemos:

- 1) “Reacción de alarma” corresponde a una respuesta de estrés agudo, es decir, de breve duración y en un lugar específico.
- 2) “Fase de resistencia” se produce una adaptación a la amenaza del medio, prosigue una activación, aunque en menor grado, que la fase anterior, del eje hipofiso-suprarrenal.
- 3) “Fase de agotamiento” aquí existe una pérdida de adaptación del organismo por exposición prolongada y severa, es lo que correspondería a un estrés crónico (Sánchez, 2009).

Sin olvidar la individualidad ante el estrés, encuentra cabida el término como percepción, el cual se genera como parte de un proceso interno del sujeto. Así, un suceso es estresante cuando se percibe como tal. El momento en que se presenten los eventos estresantes, estos se relacionan con funciones cognitivas (Serrano, 2006).

El estrés como estímulo, se interpreta como las características asociadas a los estímulo presentes en el medio ambiente, ya sean de carácter social, biológico o físico, que pueden alterar el funcionamiento del organismo (Sandín y Chorot, 2001).

Al entender la ambigüedad en el término estrés que se presenta en los últimos años, se ha desarrollado una nueva línea de estudio, donde se entiende al estrés en términos relacionados a “homeostasis”, “alostasis”, “estado alostático”, “carga alostática” y “sobrecarga alostática”. La homeostasis se refiere al equilibrio fisiológico que permite mantener ciertos valores dentro de un rango óptimo, por ejemplo el pH, la temperatura corporal, los niveles de glucosa, etc. El término alostasis hace referencia al proceso que mantiene la homeostasis ante los estímulos ambientales, que corresponde a la fase de alarma propuesta por Selye,

los principales mediadores de la homeostasis son las hormonas del eje hipotálamo-hipofiso-adrenal (HPA), las catecolaminas y las citocinas. El siguiente término es el estado homeostático, donde se encuentra un franco estado de actividad alterada con el propósito de defenderse frente a los estresores del medio, esto correspondería a la etapa de resistencia, por ejemplo; un estado de enfermedad como hipertensión, o bien niveles bajos de cortisol, etc., el organismo mantiene por un periodo limitado, este estado, el cual está íntimamente relacionado con el estado general del individuo. No obstante, a pesar del “buen estado” del organismo expuesto a estrés, el constante desequilibrio de los sistemas amortiguadores del organismo, durante un periodo “prolongado”, llevan a una “sobrecarga homeostática”, que condiciona un impacto negativo dentro del organismo (Serrano, 2009).

A pesar del entendido que, ante un estímulo percibido e interpretado como estresante, el organismo reacciona poniendo en marcha un conjunto de respuestas fisiológicas, psicológicas y conductuales para hacerle frente (Sánchez, 2009), para fines de esta tesis nos centraremos, en el efecto que produce exclusivamente en la respuesta inmunológica humoral la exposición crónica al frío artificial.

2.1.1 Clasificación de los estresores

Las investigaciones que se realizan, por lo general, evalúan las respuestas de los organismos ante la exposición a un estresor. La clasificación de estos se da en función del tipo de agente (físico, psicosocial o biológico), por la duración de exposición (agudo o crónico), o también se puede optar por la clasificación en función del origen del estresor (laboratorio, campo o natural), sin embargo, estas clasificaciones no son excluyentes entre sí. En los seres humanos los estresores estudiados en el laboratorio, tienden a evaluar una situación experimental que genere estrés moderado, relacionándolo con diferentes índices fisiológicos, por ejemplo el test de frío (Serrano, 2009).

2.2 Generalidades del estrés por frío

El estrés por frío puede ocasionar enfriamiento local o generalizado del cuerpo, dependiendo del grado de exposición (frecuencia, duración, e intensidad) al frío, sin olvidar como factores importante la vestimenta, la condiciones generales del organismo, así como condiciones físicas como velocidad de aire, grado de humedad, etc. que posteriormente se describirán a detalle. Con la presencia de estrés por frío se espera pérdidas de calor mayores a las normales y, como consecuencia, reacciones termorreguladoras del organismo expuesto (Holmer, 2009).

La pérdida de calor en un ambiente frío está mediada por la vestimenta que se utilicé para realizar el trabajo y la actividad laboral a desarrollar, es decir, entre mayor cubierta tenga el cuerpo y genera más calor por la actividad física realizada, menor es la probabilidad de pérdida de calor, sin embargo, existen límites para ambos rubros, en el transcurso del documento se describirá.

2.2.1 Termorregulación del cuerpo humano.

El ser humano posee un sistema de regulación para mantener la temperatura interna dentro de parámetros “normales”, debido a ello se le conoce como organismo homeotermo. La temperatura central del humano suele variar, por término medio, desde 36.5°C y 37°C si se mide en la boca y resulta 0.6 más alta si se mide en el recto (Guyton, 2011); sin embargo, podemos soportar temperaturas internas inferiores a 35°C o superiores a 41°C, aunque sólo durante periodos muy cortos de tiempo ya que ante ambas condiciones se desencadenan un serie de mecanismos fisiológicos con el propósito de limitar el daño, si no se elimina la exposición, se pone en peligro la vida (Kenney, 2009).

A pesar del estudio continuo sobre el control de la temperatura corporal, aún existe un campo fértil para estudiar los mecanismos asociados a dicho control.

2.2.2 Mecanismos presentes en el organismo cuando disminuye la temperatura.

Cuando se enfría la piel de todo el organismo, se desencadenan de inmediato efectos reflejos en cadena, con el propósito de elevar la temperatura, como sigue:

- 1) Presencia de escalofrío, con lo que aumenta la tasa de producción de calor del organismo.
- 2) Inhibición de la sudoración.
- 3) Vasoconstricción periférica, para evitar pérdida de calor orgánico, regulada por los centros simpáticos situados en la parte posterior del hipotálamo.
- 4) Piloerección secundaria a la contracción de los músculos erectores del pelo adheridos a los folículos pilosos, producto de la estimulación simpática; sin embargo, se encuentra poca relevancia en el ser humano.
- 5) Producción de calor por medio de:
 - a. Estimulación hipotalámica de la tiritona, regulado por el centro motor primario de la tiritona ubicado en la porción dorsomedial del hipotálamo, se encuentra inhibida por el centro de calor de la región hipotalámica anterior-preóptica, y se activa cuando la temperatura corporal desciende; por debajo de un valor crítico, se trasmite la información a través de los tractos bilaterales, desde el tronco encefálico hasta las motoneuronas anteriores, lo que produce, un aumento en el tono de los músculos esqueléticos, cuando la tiritona es máxima la producción del calor del cuerpo aumenta de cuatro a cinco veces.
 - b. Termogénesis química simpática. Se refiere al aumento en la producción de noradrenalina y adrenalina, secundario a estimulación simpática, que condiciona un aumento inmediato de la tasa metabólica celular.
 - c. Aumento en la liberación de tiroxina, inicialmente estimula, al hipotálamo, posteriormente a la adenohipófisis, en donde se estimula la producción de la tirotrópica, que a su vez, estimula una mayor liberación de tiroxina por la glándula tiroides, con lo que aumenta,

por consiguiente, la tasa metabólica celular. Este proceso se da tras la exposición crónica al frío, que condiciona hipertrofia de la glándula tiroides y, por consiguiente, eleva los niveles de tiroxina (Guyton, 2011)

- d. Se ha observado un incremento leve del contenido de grasa tras la exposición repetida al frío (Jansky *et al.*, 1996)

2.2.3 Afecciones imputables al estrés térmico

Podemos resumir las afecciones a la salud, secundaria a exposición prolongada a temperaturas abatidas, en tres clases:

- a) Lineales, vinculadas a la influencia directa del clima en el individuo
- b) No lineales, relacionadas a la forma indirecta de influencia del clima en la sociedad, que propicia o inhibe, la aparición de epidemias y, modula las tasas de morbi-mortalidad de afecciones específicas.
- c) Sobre cambios climáticos que inciden en la salud, como el caso de los cambios en la radiación ultravioleta, la ionización del aire y los campos electromagnéticos (Villavicencio, 2010)

Otra división es la que toma en cuenta el tiempo de exposición y las lesiones asociadas:

- 1) Efectos agudos, hace referencia las lesiones que se presentan tras la exposición de segundos, minutos y horas.
- 2) Efectos subagudos, son los efectos que se presentan tras la exposición durante días y meses.
- 3) Efectos crónicos, tras la exposición durante años, cabe mencionar que este tipo de exposición, es la menos estudiada (Holmer, 2009).

La siguiente tabla (Tabla 1), tomada del capítulo de frío y calor de la Enciclopedia de la Organización Internacional del Trabajo (OIT por sus siglas en español), muestra los efectos agudos, subagudos y crónicos del frío, con base en los tiempos de exposición:

Tabla 1. Duración del estrés por frío descompensado y reacciones asociadas

DURACIÓN	EFFECTOS FISIOLÓGICOS	EFFECTO PSICOLÓGICOS
Segundos	Bloqueo inspiratorio Hiperventilación Aumento de la frecuencia cardiaca Vasoconstricción periférica Elevación de la presión arterial	Sensación cutánea, malestar
Minutos	Enfriamiento de los tejidos Enfriamiento de las extremidades Deterioro neuromuscular Tiritona Congelación por contacto y convección	Reducción del rendimiento Dolor por enfriamiento
Horas	Menor capacidad para el trabajo físico Hipotermia Lesiones por frío	Deterioro de la función mental
Días/meses	Lesiones por frío sin congelación Aclimatación	Habitación de la función mental
Años	Efectos tisulares crónicos (?)	Habitación Menores molestias

Fuente: Frío y Calor. Capítulo 42, Enciclopedia de OIT, 2009.

2.3 Trabajo en ambientes fríos

El trabajo en ambientes fríos tanto ambiental como artificial, es una constante en varios países, a consecuencia de los cambios climáticos, así como de la necesidad de almacenamiento de alimentos perecederos y otros. En la tabla 2., se describe las temperaturas del aire en distintos ambientes de trabajo expuestos al frío.

TABLA 2. Temperaturas del aire en distintos ambientes de trabajo expuestos al frío

-120°C	Cámara frigorífica para crioterapia humana
-90°C	Temperatura mínima en la base Vostock del Polo Sur
-55°C	Cámara frigorífica para pescados y producción de productos desecados y congelados
-40°C	Temperatura "normal" en una base polar
-28°C	Cámara frigorífica para productos congelados
+2 a +12°C	Almacenamiento, preparación y transporte de alimentos frescos
Entre -50 y -20°C	Temperatura media en enero en el norte de Canadá y Siberia
Entre -20 y -10°C	Temperatura media en enero en el sur de Canadá, norte de Escandinavia y centro de Rusia
Entre -10 y 0°C	Temperatura media en enero en el norte de Estado Unidos, sur de Escandinavia, Europa central, algunas zonas de Oriente Medio y Extremo Oriente, centro y norte de Japón

Fuente tomada de enciclopedia de OIT: Adaptado de Holmer 1993

2.3.1 Exposición del cuerpo a temperaturas abatidas en el ambiente laboral

El trabajo en ambientes artificiales fríos incluye múltiples actividades industriales, producto de las nuevas demandas de la sociedad, sobre todo en el ámbito alimenticio, ya que se requieren condiciones térmicas frías para almacenar y transportar los mismos. Para los productos, que deben mantenerse frescos, las temperaturas se encuentran entre los 2 y 8 °C, y para los congelados, por debajo de los -25°C.

Cuando la temperatura corporal disminuye por debajo de los 29.5°C, desaparece la capacidad del hipotálamo para regular la temperatura. Incluso por cada 5°C de disminución de temperatura, la tasa de producción química de calor de cada célula disminuye al 50% (Guyton, 2011).

Existen algunas variables que determinan el tipo de relación presente entre la persona y el ambiente térmico que son:

RELACIONADAS AL ENTORNO TÉRMICO:

- 1) La temperatura del aire.
- 2) La temperatura radiante.

- 3) La humedad del aire.
- 4) La velocidad del aire.
- 5) Presión barométrica.
- 6) Presión del vapor de agua.

RELACIONADAS A LA PERSONA;

- 7) La actividad desarrollada: forma, tamaño y movimiento físico
- 8) La vestimenta: aislamiento, transmitancia, emitancia, absorbencia, permeabilidad del vapor de agua, penetración del viento y ventilación
- 9) Temperatura interna del cuerpo, temperatura media del pie y el cuerpo, pérdida insensible de agua, humedad de la piel, área superficial, área radiante, absorbencia de la piel, etcétera. (Mondelo, 1999).

Es importante mencionar que, cuando conocemos el gasto metabólico, el gasto de la actividad, la temperatura ambiental del aire, la humedad relativa y la velocidad del aire, se puede calcular los requerimientos de aislamiento de la ropa a usar (Hannu *et al.*, 2009).

Por otro lado se han realizado estudios que demuestran que, tras la repetida exposición al frío templado el individuo expuesto se aclimata, lo que le permite adaptarse sin alterar su respuesta metabólica (Wakabayashi *et al.*, 2011), a pesar de ello estos estudios se realizan a temperaturas de 26°C.

2.3.2 Trabajo en cámaras frigoríficas

El trabajo en ambientes artificiales, como lo son las cámaras frigoríficas, se requieren para mantener y transportar los alimentos congelados, esta es una técnica en la mayoría de los países del mundo.

Los trabajadores expuestos a las cámaras frigoríficas, tienen intervalos de exposición por intervalos de descanso, de acuerdo a la normatividad existente a nivel nacional y local, lo que permite disminuir la presencia de lesiones por frío. Este tipo de exposición artificial al frío es constante y controlada (Bittel, 2009).

Los problemas que más se presentan en estos trabajadores están relacionados con la disminución de la capacidad manual, para lo cual se requiere el uso de guantes de protección personal, de acuerdo a la normatividad local e internacional (Anttonen, 2009). Además de proteger la cabeza no sólo por cuestiones de higiene, sino porque la pérdida de calor es mayor en esta zona corporal. El equipo de protección personal debe proveer al trabajador el confort necesario, así como protegerlo del frío, de las corrientes de aire, de la humedad y el agua (Holmer, 2004).

Cabe mencionar que, en los países cálidos, existen problemas especiales cuando los trabajadores se exponen, en intervalos, a ambiente extremos; por ejemplo, temperatura de -30°C , y salen para descansar a un temperatura de 30°C , lo que propicia la formación de cristales de hielo por condensación, esto dificulta encontrar prendas adecuadas para el trabajo; sin embargo, se disminuyen estos efectos cuando se cuenta con un espacio llamado antecámara, cuyas temperaturas se regulan para evitar este efecto (Holmer, 2009).

2.3.3 Rendimiento durante la exposición al frío

El rendimiento durante la exposición al frío está vinculado a la presencia de reacciones fisiológicas y de conducta, que producen alteraciones a nivel muscular, manual y psicológico. En la Tabla 3., se describen los efectos esperados tras la exposición a frío leve a intenso, se puede observar que, en la exposición leve se produce ligero enfriamiento del cuerpo, en general, por la vasoconstricción, no se presenta disminución de la sensibilidad y rendimiento manual, ni deterioro al desarrollar tareas mentales. Por otro lado, la exposición intensa al frío produce disminución notable en el rendimiento manual y muscular, así como en las tareas cognitivas. Hoy en día no se conoce bien la compleja interacción de las respuestas fisiológicas y psicológicas (distracción, estado de alerta) por lo cual se requiere investigar más en este campo.

Tabla 3. Rendimiento durante la exposición a frío

Rendimiento	Exposición leve al frío	Exposición intensa al frío
Rendimiento manual	0-	--
Rendimiento muscular	0	-
Rendimiento aeróbico	0	-
Tiempo de reacción simple	0	-
Tiempo de reacción consciente	-	--
Seguimiento, vigilancia	0-	-
Tareas cognitivas, mentales	0-	--

0 indica ningún efecto; - indica deterioro; -- indica deterioro grave; 0- indica observaciones contradictorias

Fuente; tomada de enciclopedia de OIT, 2009.

No se debe olvidar que, los efectos de la exposición al frío dependen en gran medida de la producción interna de calor, mediada por el trabajo físico realizado y la pérdida de calor, donde el equipo de protección personal adquiere gran importancia. De igual manera, un factor relevante que disminuye el rendimiento, es el tiempo de exposición; sin embargo, factores como la habituación o la experiencia, modifican los efectos nocivos y permiten recuperar el rendimiento (Holmer, 2009)

2.4. Sistema Inmune y estrés

2.4.1 Generalidades del sistema Inmune y estrés

Los seres humanos han desarrollado la capacidad de defensa, ante un mundo potencialmente hostil, por medio de un conjunto de órganos, tejido y células que constituyen el sistema inmune. Las respuestas del sistema inmune se relacionan tanto con enfermedades de origen infeccioso (bacterias, hongos, parásitos y virus), como no infeccioso (alergias, anafilaxia, asma, etc.).

Ante una situación de estrés, ya sea producida por factores físicos o psicosociales, la integración de la información se realiza en la amígdala, sobre todo en el núcleo baso lateral, de aquí se proyectan los estímulos al hipotálamo, el cual actúa como el principal centro regulador del Sistema Nervioso Autónomo (SNA) y del sistema

endócrino. La activación de los sistemas hipotálamo-hipófiso-adrenal (HHA) y simpático adrenal (SA), se da en el núcleo paraventricular (NPV) del hipotálamo por el núcleo central de la amígdala, los cuales interactúan directamente con el sistema inmune (Sánchez, 2009).

a) Eje HHA.

Las neuronas del NPV secretan la hormona de liberación de corticotropina (CRH, por sus siglas en inglés), la cual, estimula a la adenohipófisis para que secrete la hormona adecocorticotrópica (ACTH). La ACTH se libera al torrente sanguíneo, para estimular la corteza adrenal, que secreta glucocorticoides, sobre todo cortisol, que produce como efecto, un aumento en los niveles de glucosa, esto se da con el propósito de satisfacer las demandas del sistema músculo esquelético, ante situaciones estresantes; se regula por retroalimentación negativa, y se ajusta a las necesidades del organismo.

b) Sistema SA.

La CRH actúa sobre el sistema noradrenérgico, al activar el sistema nervioso central dando lugar a la liberación de adrenalina y noradrenalina, esto se traduce en un aumento de la frecuencia cardíaca, vasodilatación, aumento de la presión sanguínea, etcétera.

c) Sistema Inmune

En realidad, ante una situación de estrés se producen complejas interacciones entre el sistema inmune, el sistema nervioso central y el sistema endócrino; se sabe que la actividad del sistema inmune está modulada por el eje hipotálamo-hipófiso-adrenal, y por el sistema simpático-adrenal (SSA), a través de receptores específicos para catecolaminas, como CHR, ACTH y glucocorticoides, que se encuentran en las células inmunitarias; a su vez, el sistema inmune modula la actividad del eje HHA y del SSA, por medio de los receptores para citocinas existentes en las células del hipotálamo y la hipófisis, para controlar la secreción de catecolaminas y glucocorticoides (Serrano, 2009).

De igual manera se da la producción de hormonas del sistema neuroendocrino por los linfocitos activados y los macrófagos que expresan el gen de la proopiomelanocortina, también producen GH, TSH, sustancia P, neurotensina y somatostatina (Medialdea, 2002).

Si se considera que el estrés psicológico puede alterar diversos parámetros del funcionamiento inmune (Sandín y Chorot, 2001), sobre todo con efectos supresivos (Ben-Nathan *et al.*, 1996), se asume que el estrés probablemente impide el correcto funcionamiento del sistema inmunológico, sobre todo al disminuir los linfocitos T y células asesinas naturales (NK, por sus siglas en inglés) (Serrano, 2009). Se presume, que por lo tanto, tenga el mismo efecto tras exponerse a un estresor físico como lo es el frío, sin embargo, no se debe perder de vista que, tanto en estudios para estrés por calor como por frío, la evidencia sobre el efecto en el sistema inmune, es aún confusa (Severs *et al.*, 1996). El estudio, en animales ha mostrado evidencia que, tras la presencia de estrés agudo de orden psicobiológico, se presenta un fenómeno inmunosupresor, demostrado por un mayor número de fenómenos alérgicos, infecciones, enfermedades autoinmunes y formación de neoplasias, este fenómeno, incluso se produce en animales adrenalectomizados, con disminución de células CD8+. Cabe mencionar que, cuando se presenta una situación de estrés agudo, por ejemplo; por privación del sueño, se perfila una reducción en la capacidad fagocítica de leucocitos, así como una disminución de los linfocitos T con una elevación de las células NK (Medialdea, 2002). En el caso de estrés crónico del mismo orden psicobiológico (atención de pacientes con enfermedades crónicas, desempleo, etc.), se presenta primero una fase que permite la elevación del cortisol plasmático e hiporeactividad inmunitaria, seguido de una recuperación del sistema inmunitario de manera progresiva, lo que nos induce a pensar en un tipo de adaptación pasiva (Medialdea, 2002).

Los presumibles cambios inmunológicos en humanos, que ocurren durante la adaptación al frío no han sido estudiados del todo, por tanto no se han unificado criterios sobre si existe o no cambios a este nivel; sin embargo, estudios recientes

reportan cambios en la actividad del sistema inmune bajo condiciones de estrés, pero de carácter no infeccioso (Jansky *et al.*, 1996a). Se han desarrollado estudios en los que, se concluye que el estímulo repetitivo por frío, no es suficiente para inducir cambios significativos en la actividad simpática y en la producción hormonal (Jansky *et al.*, 1996b).

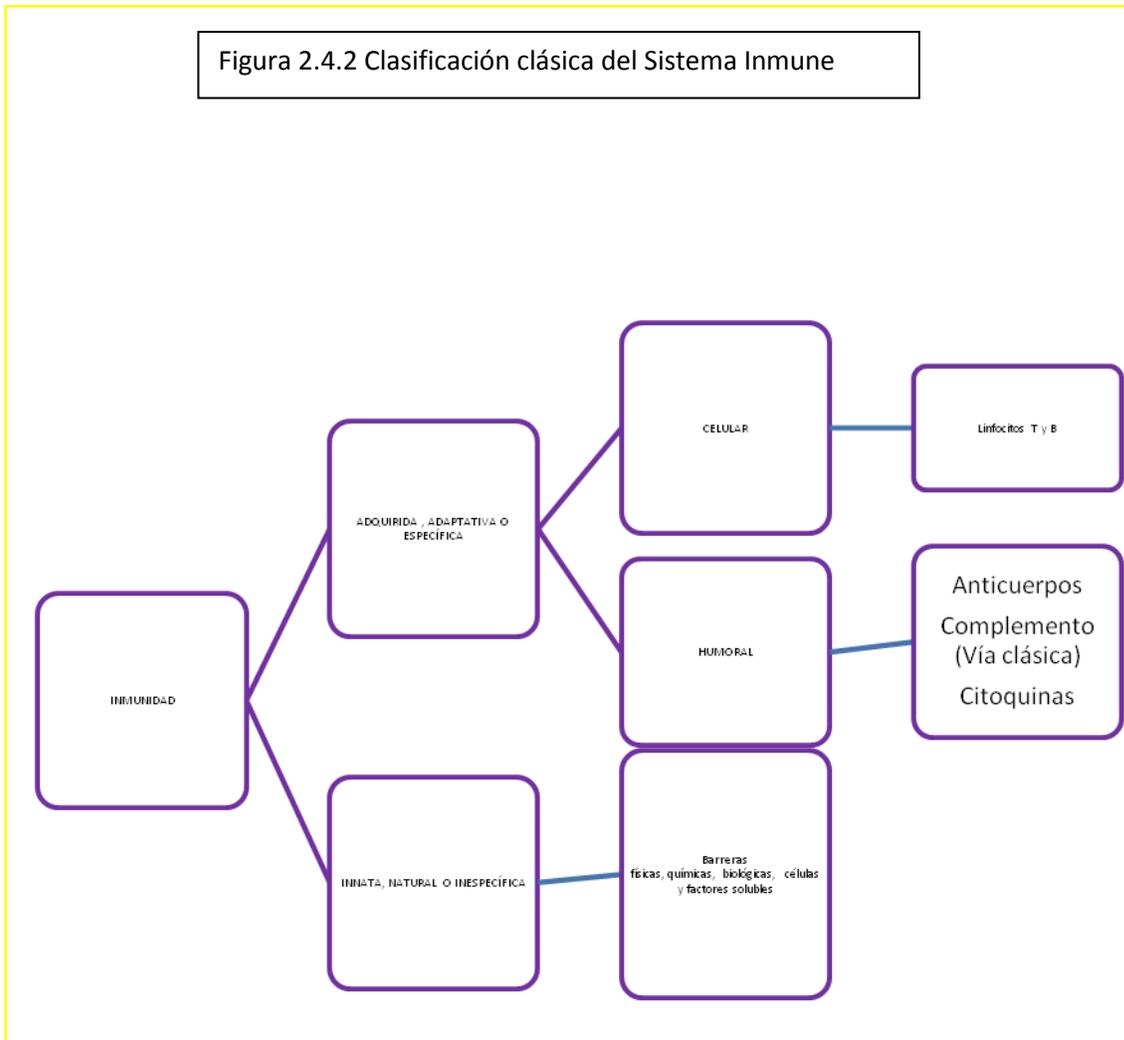
Por otro lado, se ha estudiado el sistema inmune de animales mamíferos que sugieren que, existe una supresión de la actividad de los componentes de la actividad celular y humoral, que incluyen, un decremento de la proliferación de linfocitos, una baja regulación del sistema inmune en cascada, reducción del conteo de células NK, así como disminución en la actividad citolítica. Sin embargo, la adaptación al estímulo aparece a lo largo de 2-3 semanas de exposición (Shephard, 1998).

Así, tenemos que la respuesta del organismo al estrés, es de tipo adaptativa ante cambios ambientales o artificiales, que pongan al organismo en situaciones desafiantes, que condicionan estrés crónico si se mantiene el estímulo por largo tiempo. Por otro lado, a pesar de que se han realizado investigaciones, con el propósito de identificar los principales mecanismos fisiológicos responsables del incremento de la resistencia al frío, en personas adaptadas al mismo, no existen evidencia clara de lo que sucede (Jansky y col, 2009a) a nivel inmunológico parece presentarse la misma situación de desconocimiento.

2.4.2 Inmunidad innata e inmunidad adquirida

El sistema inmunitario ha conformado una compleja red de procesos , lo que ha dado, como resultado, dos tipos de respuesta inmune; la inmunidad innata y la inmunidad adquirida, en la Figura 2.4.2 se muestra a manera de esquema, la clasificación funcional del sistema inmune, ambas respuestas están íntimamente relacionadas (Roitt, 2008).

Figura 2.4.2 Clasificación clásica del Sistema Inmune



Tomada de Roitt, 2008.

En la tabla 4, de manera general, se incluyen, las características del sistema inmune, se observa que, la inmunidad innata tiene carácter de inmediata, las primeras 12 horas, mientras que la adaptativa requiere un periodo de latencia de 1 a 5 días después de la infección.

Tabla 4. CARACTERÍSTICAS DE LA RESPUESTA INMUNE

INMUNIDAD INNATA	ADAPTATIVA
Antígeno –independiente	Antígeno-dependiente
Inmediata	Fase de latencia
Antígeno-inespecífica	Antígeno-específica
No memoria	Memoria inmunológica

Tomada de www.ucm.es/info/troncales/inmunología/documentostemas

2.4.2.1 Inmunidad innata

La inmunidad innata, es conocida como la primera línea de defensa frente a agentes infecciosos. Está conformada por todo un conjunto de mecanismos inespecíficos, se involucran desde células hasta moléculas solubles, primero actúan las barreras físico-químicas y biológicas, si los microorganismos logran atravesar estas barreras, actúan los mecanismos de defensa inespecíficos. A continuación, se mencionan los componentes de la barrera innata de defensa:

a) Barreras Físicas:

Piel

Mucus; envuelve agentes extraños e impide que ejerzan su acción.

Cilios; dificulta el avance del agente.

Tos, estornudos, peristaltismo intestinal.

b) Barreras Químicas:

PH ácido de estómago, lágrimas, vagina, orina.

Sales biliares, ácidos grasos.

Lisozima (muraminidasa): lágrimas, saliva, mucus, etc.

Espermina en semen.

B-lisina; producida por las plaquetas.

Lactoperoxidasa; leche y saliva.

Proteínas secuestradoras de hierro; lactoferrina. En leche la transferrina compete con las bacterias por el Fe.

c) Barreras biológicas:

Microbiota normal; piel (superficie dérmica, glándulas sebáceas), boca, intestino, vagina.

d) Células: Fagocitos y células citotóxicas.

Fagocitos: macrófagos y neutrófilos polimorfonucleares.

Células asesinas naturales (NK).

Eosinófilos.

Linfocitos B-1 y linfocitos T intraepiteliales.

e) Factores solubles:

Proteínas de fase aguda; proteína C reactiva.

Citoquinas; interferon, factor de necrosis tumoral (TNF).

Sistema de complemento: vía alterna (Kindt *et al.*, 2007).

La incierta susceptibilidad viral humana durante y después de la exposición al frío es atribuible a los cambios que induce el frío en la función del sistema inmune innato, sobre todo produciendo sequedad de la superficie mucosa, disminución de la movilidad ciliar, etc. (Giesbrecht, 1995).

Los mecanismos de respuesta inmune natural, se llevan a cabo por los siguientes procesos:

a) Endocitosis; ingestión de material soluble del fluido extracelular por medio de invaginación de pequeñas vesículas endocíticas.

b) Fagocitosis; unión del agente particulado a la superficie de la célula fagocítica, emisión de pseudópodos y englobamiento.

c) Activación del complemento por la vía alterna y vía de las lecitinas; que son un conjunto de proteínas del plasma que interactúan entre sí y con otros elementos de los sistemas inmunitarios innato y adquirido.

d) Activación enzimática en cascada; con una respuesta rápida y amplificada del estímulo inicial, participa el complejo de ataque a la membrana (MAC por sus siglas en inglés) al producir lisis del microorganismo, después opsonización, quimiotaxis y producción de anafilotoxinas que actúan en la respuesta inflamatoria.

e) Inflamación: vasodilatación e incremento en la permeabilidad capilar, migración de fagocitos al tejido dañado, entrada al tejido dañado de las enzimas del sistema de coagulación sanguínea, formación de coágulo, reparación del tejido dañado y regeneración con tejido nuevo.

2.4.2.2 Inmunidad adquirida

La inmunidad adquirida activa todos sus recursos cuando los microorganismos sobrepasan la primera barrera de defensa. Elabora una respuesta específica para cada agente infeccioso y sustancias extrañas no infecciosas, además, que tiene

memoria para cada agente o molécula extraña pues las reconoce específicamente (Abbas *et al.*, 2008).

Este tipo de inmunidad, se divide en: inmunidad humoral y celular. La inmunidad celular se relaciona íntimamente con los linfocitos tanto B como T, mientras que la respuesta humoral con anticuerpos, complemento por la vía clásica y citoquinas.

2.5 Generalidades de las inmunoglobulinas

Las investigaciones sobre el estudio de las inmunoglobulinas inician desde hace más de 100 años. En 1890, dos autores Behring y Kitasato, proponen la teoría de la inmunidad humoral, bajo la existencia de un “mediador sanguíneo que podía reaccionar ante lo extraño”. Adelantado a su tiempo, Paul Ehrlich, en 1897, propuso la teoría de la cadena lateral, donde cada célula elaboraría una gran variedad de receptores de superficie que fijarían antígenos extraños. Así, se continuó, con un desarrollo importante en el ámbito inmunológico, pero sobre todo con el propósito de conocer la estructura de la inmunoglobulinas. Pero, fue hasta 1960 cuando Rodney Porter caracterizó las regiones de unión del anticuerpo Fab y Fc en el tipo de la inmunoglobulina G (IgG), después se identificó la inmunoglobulina D (IgD) por Rowe y Fahey y, posteriormente inmunoglobulina E (IgE).

En 1960, se aisló por primera vez la inmunoglobulina IgA del suero humano, pero fue hasta 1963 que, dos autores llamados Tomásí y Sigelbaum, encontraron estas inmunoglobulinas en las secreciones tales como; el calostro, saliva, lagrimas y las secreciones del tracto respiratorio, gastrointestinal y genitourinario (Gómez, 1994).

Ya para 1975, es ideado el método de producción de anticuerpos monoclonales por Milstein y Köhler , que dan la pauta para que, en 1976, los estudios genéticos revelaran la diversidad de anticuerpos, al ser identificada la recombinación somática de los genes de inmunoglobulina por Tonegawa.

2.5.1 Anticuerpos y su relación con el frío

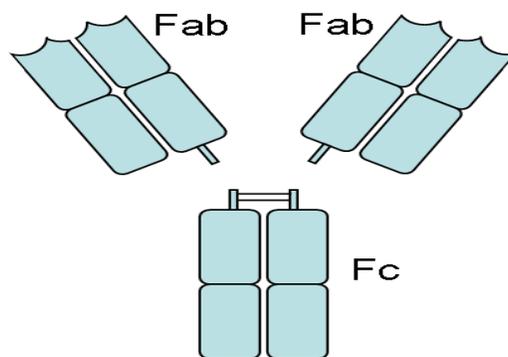
Los anticuerpos, inmunoglobulinas y /o globulinas: son glicoproteínas de estructura globular, que son sintetizadas por los Linfocitos B y las células plasmáticas derivadas de ellos, conforman la llamada respuesta inmunológica adaptativa o respuesta humoral específica. Se encuentran presentes en el plasma (sangre) y otros fluidos biológicos como: saliva, lágrimas, secreción mucosa intestinal, líquido sinovial, líquido intersticial, etc.

2.5.2 Estructura de los anticuerpos

La estructura básica de las inmunoglobulinas, consta de dos cadenas pesadas idénticas entre sí, con un peso molecular de 50 a 70 KD llamadas cadenas alfa (α), y dos cadenas ligeras de igual manera idénticas entre sí, de peso molecular bajo de aproximadamente 22 KD llamadas cadenas kappa o lambda (κ y λ) (Figura 2.8.2), estas cadenas se unen entre sí, por puentes disulfuro y otros tipos de uniones no covalentes, como las fuerzas electrostáticas, fuerzas de van der Waals y fuerzas hidrofóbicas (Melchor *et al.*, 2002).

A su vez, cada inmunoglobulina tiene tres fragmentos: uno denominado Fc que determina la actividad biológica, contiene el alotipo y determina la clase y subclase de cadena pesada y dos denominados cada uno de ellos Fab, que contiene el idiotipo y es donde se une al antígeno (Fainboin *et al.*, 2005).

Figura 2.5.2 Estructura general de las inmunoglobulinas



wikimedia.org

2.5.3 Clasificación de las inmunoglobulinas.

Podemos clasificar a las inmunoglobulinas en monoméricas y poliméricas; entre las primeras encontramos a la IgG, IgD e IgE, mientras que las segundas son la IgA la IgM.

Para la IgA existen tres formas moleculares diferentes. La IgA monomérica, compuesta por dos cadenas pesadas y dos cadenas ligeras; la IgA dimérica y polimérica, compuestas por dos o más moléculas unidad por enlaces covalente a través de la cadena J, y, la IgA secretoria, formada por la IgA dimérica o polimérica, que se unen por puentes disulfuro al componente secretor (SC), que es una proteína glicosilada que forma el complejo de la IgA, durante el proceso de secreción, tiene la función de estabilizar a la IgA, y con ello aumentar la resistencia a la proteólisis. La IgA monomérica es la principal forma molecular en el suero humano con 160 kDa de masa molecular. En la secreciones salivales, lagrimales, bronquiales, nasales e intestinales se encuentra la IgA secretoria, sobre todo la forma dimérica (Gómez, 1994).

2.5.4 Tipos y subtipos de Inmunoglobulinas

Existen 5 tipos de inmunoglobulinas que son; IgG, IgM, IgA, IgD e IgE, las funciones y características de las mismas se describen más adelante.

Las subclases de inmunoglobulinas de una mismo tipo tienen idéntica estructura. Lo que permite la clasificación en subclases, es la secuencia de aminoácidos de la región constante de las cadenas H, y el diferente número y situación de los puentes disulfuro que unen a las cadenas pesadas.

Los subtipos de la IgG son cuatro: IgG1, IgG2, IgG3 e IgG4; mientras que la IgM tiene dos subclases que son IgM1 e IgM2.

Los isotipos de la IgA son dos: la IgA1 y la IgA2; la primera representa un 80 a 90% de la IgA sérica total y cerca de un 50 a 74% de la presente en las secreciones. La vida media de la IgA1 e IgA2 se sitúa entre 4-6 días (Gómez, 1994).

Para la presente tesis omitimos describir a la IgD e IgE ya que no son motivo del presente estudio.

2.5.5 Distribución de las inmunoglobulinas

Las inmunoglobulinas se encuentran distribuidas en todos los fluidos orgánicos, así como en las membranas de los linfocitos B y células. Las cantidades de inmunoglobulinas en el organismo, en los diferentes compartimentos, son muy diferentes, por ejemplo; la IgG predomina en el torrente sanguíneo, mientras que, la IgA predomina en las secreciones (saliva, lágrimas, secreción bronquial, líquido cefalorraquídeo y mucosas). La IgG se encuentra en mayor cantidad que el resto de inmunoglobulinas, con una producción diaria de 30 mg/kg/día (Melchor *et al.*, 2004), mientras que, la IgA es la segunda en cantidad, con una producción diaria de 19-30 mg/kg/día, sin embargo, en estudios posteriores, se ha determinado que la síntesis combinada de IgA secretoria y sistémica, es de aproximadamente 60 mg/kg/día, por lo que se puede considerar a la IgA como la inmunoglobulina predominante producida en humanos (Gómez, 1994).

Los niveles de inmunoglobulinas séricas varían ampliamente en función de género, edad, estado nutricional, alcoholismo, estado neuroendócrino, contactos previos con antígenos, y otros factores coadyuvantes (Medialdea, 2002). Con respecto al alcohol, múltiples son los estudios que se ha realizado en los últimos años, donde, tras la administración crónica de alcohol en animales de experimentación, se pierden células como: linfocitos B, NK y timocitos, se desconoce el mecanismo de esta pérdida celular. Además, se ha observado que los alcohólicos crónicos presentan niveles elevados de inmunoglobulinas A, G y M, en relación a las población abstemia (Sacanella, 1999).

Los valores normales de un hombre adulto entre 20 y 40 años se observan, en la tabla 5.

Tabla 5. Distribución de las diferentes inmunoglobulinas en el plasma humano

TIPO DE INMUNOGLOBULINA	En miligramos sobre mililitros (mg/ml)	En miligramos sobre decilitro (mg/dl)	En microgramos sobre mililitro (ug/ml)
IgG	1250 mg/100ml	2-4	200-400
IgA	210 mg/100 ml	15-60	0.15-0.6
IgM	150 mg/100 ml	<0.1	10
IgE	0.03 mg/100 ml	2 micras/dl	200 nanogramos/mililitro
IgD	3 mg/100 ml		

www.inmunologíaenlinea.es

2.5.6 Función general de las inmunoglobulinas

La función principal de las inmunoglobulinas, es unirse a los antígenos así, actúan como receptoras de señales antigénicas, cuando la inmunoglobulinas se encuentran en la membrana de los linfocitos B, o bien pueden colaborar en la destrucción antigénica con ayuda del complemento, macrófagos, neutrófilos y células NK (Roitt, 2008)

2.5.7 Propiedades y función de las inmunoglobulinas

Se describe, de manera breve, las características, propiedades y función de las inmunoglobulinas.

Inmunoglobulina A.

Las principales características de la IgA secretoria, es proteger al cuerpo en sus áreas más vulnerables por contacto con el medio, posee capacidad neutralizante y precipitante, sin embargo, la capacidad de fijar complemento y de opsonización son muy débiles, pues se limita su efecto a neutrófilos y no a macrófagos. Las funciones de la IgA sérica, no se han determinado con exactitud (Gómez, 1994).

Resultados de investigaciones realizadas en los últimos años hace pensar que la IgA juega un papel especial en la inmunidad, sobre todo en enfermedades

reumáticas y en otras de carácter autoinmune, así como enfermedades hepáticas e infecciones persistentes como endocarditis bacteriana y SIDA.

En la tabla 6, se describen las funciones biológicas de la IgA, tanto en su forma sérica como en la secretoria.

Tabla 6. Funciones biológicas de la IgA			
IgA sérica		IgA secretoria	IgA sérica y secretoria
Actividad anti-inflamatoria		Inhibición de la adherencia microbiana a las superficies	Mediación de la actividad bactericida dependiente de monocitos
bloqueante de reacciones mediadas por IgG, IgE e IgM		Agglutinación de microorganismos	
Quimiotaxis y fagocitosis		Reducción de hidrofobicidad y carga negativa	
Lisis mediada por anticuerpos		Bloqueo de las adhesinas microbianas	
Anafilaxis, reacción de Arthur			
Eliminación hepatobiliar de inmunocomplejos		Neutralización de virus (?), toxinas y enzimas	Citotoxicidad celular dependiente de anticuerpos
		Inhibición de la penetración de antígenos a través de superficies mucosas	Unión a receptores específicos
		Aumento de la actividad de algunos factores antibacterianos no específicos en las secreciones	Activación del complemento por vía alterna

Tomada de Gómez, 1994, p. 8)

Inmunoglobulina G.

Son las inmunoglobulinas más abundantes, representan el 70% de las inmunoglobulinas séricas totales, tiene 4 subclases las cuales se encuentran en diferentes proporciones, así tenemos que la IgG1, es la más frecuente, con cerca del 69%, seguida de la IgG2, con un 18%, el resto es para la IgG3 y la IgG4.

Esta inmunoglobulina posee capacidad neutralizante, precipitante, de fijar complemento, de unirse a células NK y a macrófagos además de ser capaces de atravesar activamente las membranas biológicas.

Inmunoglobulina M.

La IgM es la inmunoglobulina que más rápidamente se forma en respuesta a un estímulo antigénico. Posee capacidad neutralizante, precipitante, aglutinante, fija complemento y activa la respuesta inmune, pero no atraviesa las membranas biológicas, por lo cual se encuentra mayormente en los espacios intravasculares. Representa del 5 al 10% de las inmunoglobulinas séricas y, junto a la IgD, es la más frecuentemente encontrada en la superficie de los linfocitos B, como inmunoglobulina de membrana.

Inmunoglobulina D

Aunque se ha demostrado su acción como anticuerpo en recientes investigaciones, no se conoce con precisión sus funciones específicas, sin embargo, se sugiere que actúa en forma importante para la activación de los linfocitos B, ya que, se encuentra asociados a los mismos, para propiciar la detección de antígenos.

Inmunoglobulina E.

La vida media de la IgE en sangre periférica es de 24 a 48 horas, sin embargo se encuentra en forma libre en sangre, además de encontrarse en otros líquidos biológicos, así como unida a basófilos y células cebadas. Participa en las reacciones de hipersensibilidad.

2.6 Unión antígeno-anticuerpo

La combinación del antígeno con el anticuerpo desencadena procesos capaces de neutralizar y eliminar a las sustancias extrañas, aunque dicha respuesta es heterogénea (Marin, 1993). A manera de resumen, se puede mencionar que el anticuerpo se fija al antígeno, por medio de su sitio específico de reconocimiento, y sus regiones de estructura constante activan el complemento, a través de la vía clásica (por unión de C1 y la generación de una C4b2a convertasa) y de los fagocitos, mediante sus receptores de anticuerpos. Esta vía complementaria hacia la reacción inflamatoria aguda, es estimulada por los anticuerpos, que sensibilizan

los mastocitos, y por los complejos inmunes, que estimulan la liberación de mediadores, por los macrófagos tisulares (Roitt, 2008).

2.7 Metodología de obtención de anticuerpos monoclonales.

Los anticuerpos monoclonales fueron descubiertos por Köhler y Milstein en 1975, con esto se produjo un gran avance en el área Inmunológica. Cuando una sustancia extraña ingresa al organismo, como respuesta se presenta la secreción de anticuerpo por los Linfocitos B (médula ósea), linfocitos T y por las células presentadoras de antígeno. Bajo este fundamento Köhler y Milstein lograron “fusionar” células de mieloma de ratón con linfocitos de bazo de ratones inmunizados con un determinado de antígeno. Las células de mieloma híbrido resultante “Hibridoma”, expresaban tanto la propiedad del linfocito de producir anticuerpos específicos, como el carácter inmortal de las células mielómicas”. A partir de este momento las células híbridas se pudieron clonar, y cada clon obtenido poseía grandes cantidades del anticuerpo específico para un sólo determinante antigénico (Marin, 1993).

La tecnología de anticuerpos monoclonales, permitió su aplicación en métodos de detección serológica, como los es el test de ELISA.

2.8 Prueba *Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay* (ELISA por sus siglas en ingles)

Las técnicas de ELISA en la actualidad, son las técnicas inmunológicas más ampliamente utilizadas, debido a su alta especificidad, sensibilidad, rapidez y economía. En esta técnica se usan marcadores enzimáticos para la detección y amplificación de las reacciones antígeno-anticuerpo. El antígeno o el anticuerpo se fijan a un soporte físico por lo general placas de poliestireno, polipropileno o nylon, lo que permite su absorción pasiva y la eliminación de los compuestos libres mediante el lavado. Posteriormente, la reacción antígeno-anticuerpo, se detecta por colorimetría producida por la enzima (conjugada al antígeno o al anticuerpo) al degradar al sustrato correspondiente, la absorbancia en los pozos de la placa,

permite cuantificar la reacción inmunológica por espectrofotometría (Rodríguez, 2004).

Para la prueba de ELISA se utiliza una enzima como marcador, para mediar la formación de complejos antígeno-anticuerpo, la cual se sugiere, sea purificada, fácil de obtener, y que, finalmente al reaccionar con el sustrato sea fácilmente observable y cuantificable. Del mismo modo, se debe realizar una búsqueda intensa para identificar el sustrato enzimático, con el propósito de obtener un sustrato soluble y estable (Rodríguez, 2004).

Existen diferentes tipos de métodos de ELISA: directo, indirecto, sándwich y antígeno competitivo, la diferencia está en función de los pasos para la obtención de la reacción antígeno- anticuerpo. Para el desarrollo de esta tesis utilizamos la técnica de ELISA directo para medir IgA secretora.

Independientemente del tipo de ensayo inmunológico, lo más importante es que tienen múltiples aplicaciones, por ejemplo nos ayudan en la determinación y cuantificación de fármacos terapéuticos y no terapéuticos, diversas sustancias biológicas, sustancias infecciosas o anticuerpos de respuesta del huésped en el suero, en la orina, en el líquido cefalorraquídeo, en saliva y en cualquier líquido biológico (Guzmán, 2004), al validar el diagnóstico serológico de múltiples enfermedades (Ruiz, 2003).

2.9. Legislación a nivel internacional y nacional en relación al trabajo en temperaturas abatidas.

Numerosos son los trabajadores que realizan actividades bajo temperaturas abatidas frías, tanto de origen superficial como natural, lo cual puede generar riesgos, más o menos graves, para la salud (ACGIH, 2009)

2.9.1 Legislación Internacional

2.9.1.1 ACGIH “Realización de tareas en ambientes fríos”

La *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH por sus siglas en inglés) propone una publicación, con lineamientos prácticos preventivos, sobre los riesgos asociados al trabajo en temperaturas abatidas, en el entendido que “ muchas de las lesiones que se producen a causa del frío son consecuencia directa de la exposición a este riesgo, mientras que otros accidentes se deben a la influencia que tienen las bajas temperaturas en el entorno de trabajo y en las habilidades de las personas (suelos resbaladizos, pérdida de fuerza y agilidad, dificultad en los movimientos corporales, etc.)”. No se aborda en algún momento la posibilidad de enfermedades ocupacionales secundaria a exposición crónica a temperaturas abatidas.

Las medidas sugerentes para evitar peligros y riesgos relacionados con la exposición a trabajos con temperaturas abatidas, son:

- 1.- Evitar la exposición a temperaturas abatidas, siempre hay que evaluar el riesgo para saber si es aceptable para la salud de las personas que están expuestas o qué medidas hay que implantar para reducirlo a niveles que no representen un peligro.
2. Medir periódicamente la temperatura y la velocidad del aire, pues se reconoce, que estos son los que más influyen en el riesgo de estrés por frío.
3. Disminuir el tiempo de permanencia en ambientes fríos, para minimizar la pérdida de calor y controlar el ritmo de trabajo, de manera que la carga

metabólica sea suficiente, y no se supere un valor que genere una sudoración excesiva que humedezca la ropa interior.

4. Seleccionar la vestimenta adecuada para cada trabajo y proteger las extremidades para evitar el enfriamiento localizado. El calzado debe ser aislante y antiderrapante. Del mismo modo, hay que asegurar una buena protección térmica para la cabeza, al tomar en cuenta que una persona puede llegar a perder hasta el 50% del calor corporal por la cabeza.

5. Es preferible usar varias prendas de ropa (vestirse por “capas”) que una sola que sea muy abrigadora. La ropa interior debe ser aislante para ayudar a mantener la piel seca.

6. Tener en cuenta que las herramientas o los equipos de trabajo se deben poder utilizar con las manos protegidas con guantes.

7. Facilitar a los trabajadores lugares de descanso climatizados y la posibilidad de tener acceso a comida y bebidas calientes para recuperar energía calorífica, al igual que un espacio destinado a secar la ropa (secaderos), donde también se pueda almacenar la ropa de recambio. La sustitución de la ropa húmeda por seca, evita la congelación del agua, y la consiguiente pérdida calorífica, lo que coadyuva a contrarrestar el frío.

8. Tener en cuenta que el pavimento resista las bajas temperaturas, con el fin de evitar resbalones o caídas de los trabajadores y mantenerlo bien conservado, para impedir la formación de agujeros, brechas o desniveles que puedan favorecer los accidentes.

9. Incorporar sistemas de ayuda en la manutención manual de cargas, que permita reducir la carga física de trabajo (carretillas manuales o automotoras, cintas transportadoras, etc.).

10. Evitar que personas solas realicen trabajos que pueden resultar peligrosos y planificar las tareas.

11. Poner a disposición de los trabajadores, documentación con las recomendaciones de seguridad de los puestos con más riesgos (carteles, avisos, folletos etc.).

12. Realizar los reconocimientos médicos previos, con el fin de detectar disfunciones circulatorias, problemas dérmicos, etc.

13. Trabajos en cámaras frigoríficas. Respetar, como mínimo, los periodos de descansos establecidos por la legislación. Para trabajos realizados a una temperatura de 0 a -5° C, el tiempo de máxima permanencia es de 8 horas, con descansos de 10 minutos cada tres horas. Para temperaturas de -5° C a -10° C, el tiempo de máxima permanencia es de 6 horas, con descansos de 15 minutos cada hora. Por debajo de los 18° C, el tiempo de máxima permanencia es de 6 horas, con descansos de 15 minutos cada 45.

14. Permitir la apertura de las cámaras desde el interior en cualquier momento que sea preciso.

15. Prever un sistema de alarma, sonora o luminosa, que permita dar la señal de alarma, en el caso de que se produzca, un accidente e informar de ello a los trabajadores.

2.9.1.2 *Threshold Limit Values* (TLVs, por sus siglas en inglés) Valor límite umbral para el estrés por frío.

Los valores límite para el estrés por frío, tienen la finalidad de proteger la salud de los trabajadores. El objetivo esencial, es evitar que la temperatura corporal interna disminuya a menos 36°C, en exposiciones iniciales incluso se puede permitir una disminución de la temperatura interna hasta los 35°C, la temperatura que se mide es rectal. El propósito es proteger las partes más susceptibles del cuerpo (pies, manos, y cabeza) de lesiones por frío.

En la tabla 7, se encuentran, los valores máximos permisibles de exposición a condiciones térmicas abatidas.

TABLA 7. TLVs para el plan de trabajo/calentamiento para un turno de cuatro horas											
Temperatura del aire despejado		Sin viento apreciable		Viento a 8km/h		Viento a 15 km/h		Viento a 24 km/h		Viento a 32 km/h	
°C	°F	Periodo de trabajo máximo	No. de interrupciones	Periodo de trabajo máximo	No. de interrupciones	Periodo de trabajo máximo	No. de interrupciones	Periodo de trabajo máximo	No. de interrupciones	Periodo de trabajo máximo	No. de interrupciones
De -25 a -28	De -15 a -19	Interruptions normales	1	Interruptions normales	1	75 minutos	2	55 minutos	3	40 minutos	4
De -29 a -31	De -20 a -24	Interruptions normales	1	75 minutos	2	55 minutos	3	40 minutos	4	30 minutos	5
De -32 a -34	De -25 a -29	75 minutos	2	55 minutos	3	40 minutos	4	30 minutos	5	El trabajo que no sea de emergencias debe cesar	
De -35 a -37	De -37 a -34	55 minutos	3	40 minutos	4	30 minutos	5	El trabajo que no sea de emergencias debe cesar			
De -38 a -39	De -38 a -39	40 minutos	4	30 minutos	5	El trabajo que no sea de emergencias debe cesar					
De -40 a -42	De -40 a -44	30 minutos	5	El trabajo que no sea de emergencias debe cesar							
inferior a -43	inferior a -45	El trabajo que no sea de emergencias debe cesar									

Fuente: Anexo III- Res 295/2003 Ministerio de Trabajo

2.9.2 Legislación mexicana.

Dentro del marco de la legislación mexicana, encontramos la NOM-015-STPS-2001, que hace referencia a las condiciones térmicas elevadas o abatidas. El objetivo de la norma, es establecer las condiciones de seguridad e higiene, los niveles y tiempos máximos permisibles de exposición a condiciones extremas, que por sus características, tipo de actividades, nivel, tiempo y frecuencia de exposición, sean capaces de alterar la salud de los trabajadores.

Se incluye, la parte de reconocimiento, evaluación y control de la NOM- 015-STPS, debido a que es el método que utilizamos para establecer el estrés térmico, presente en los trabajadores expuestos a temperaturas abatidas de la empresa distribuidora de producto congelado.

a) Reconocimiento, la norma menciona que se debe:

- Identificar y registrar en un plano de vista de planta del centro de trabajo, todas las fuentes que generen condiciones térmicas extremas.
- Determinar si en el área donde se ubican las fuentes, el personal ocupacional expuesto (POE) se localiza en un lugar cerrado o abierto y si existe ventilación natural o artificial.
- Elaborar una relación del POE, incluyendo áreas, puestos de trabajo, tiempos y frecuencia de la exposición.
- Describir las actividades y ciclos de trabajo que realiza el POE en cada puesto de trabajo.

b) Para la evaluación, refiere que:

- Se debe de aplicar el procedimiento de evaluación para las condiciones térmicas extremas encontradas.
- Se debe medir la temperatura axilar del POE al inicio y al término de cada ciclo de exposición.
- Se debe registrar en una hoja de campo o sistema electrónico, por cada trabajador expuesto o grupo de exposición homogénea a condiciones extremas las siguientes datos:
 - Área evaluada.

- Fecha de evaluación.
- Nombre del grupo evaluado.
- Puesto de trabajo evaluado.
- Tempo y ciclos de exposición.
- Actividades específicas que realiza el POE en cada ciclo de exposición.
- Si se utiliza equipo de protección personal describirlo.
- Si existen controles técnicos describirlos.

c) Para el control, se menciona lo siguiente:

- Cuando el resultado del índice de temperatura del globo bulbo húmedo o el índice de viento frío, el régimen de trabajo y el tiempo de exposición, indiquen que la exposición de los trabajadores excede a los límites máximos permisibles (LMPE, por sus siglas en español) establecidos en las tablas o la temperatura axilar del trabajador supere los 38°C o esté por debajo de 36°C, se debe aplicar medidas de control, los patrones deberán adoptar medidas preventivas inmediatas que garanticen que no se sigan presentando este tipo de exposiciones.
- Establece los límites máximos permisibles (LMPE) para los trabajadores ocupacionalmente expuestos a temperaturas abatidas resumidos en el siguiente cuadro:

Tabla 8. Límites máximos permisibles de exposición a condiciones térmicas abatidas	
Temperatura °C	Exposición máxima diaria
De 0 a -18	8 horas
Menores de -18 a -34	4 horas; sujeto a periodos continuos máximos de exposición de una hora; después de cada exposición, se debe tener un tiempo de no exposición al menos igual al tiempo de exposición.
Menores de -34 a -57	1 hora; sujeto a periodos continuos máximos de 30 minutos; después de cada exposición, se debe tener un tiempo de no exposición al menos 8 veces mayor que el tiempo de exposición.

NOM-015 STPS Condiciones térmicas elevadas o abatidas-Condiciones de seguridad e higiene.

2.9.2.1 Definición de régimen de trabajo según la actividad.

En la tabla 9, se describen actividades generales de trabajo y el gasto metabólico invertido. La información contenida en esta tabla, sirve para determinar de manera general el contenido calórico requerido para el personal estudiado en esta tesis.

Tabla 9. Regímenes de trabajo					
Régimen de trabajo	Actividad	Ejemplo de gasto calórico aproximado			
			Watts		Kcal/h
LIGERO	Sentarse tranquilamente	116.18	116.18		100
	100				
	Ligero Sentado, movimientos moderados de los brazos y el tronco (por ejemplo, tocando el órgano o conduciendo un automóvil)		159.88 a 188.95		137.5 a 162.5
	Parado, trabajo moderado en máquinas o bancos de máquinas, mayormente con las manos		137.5 a 162.5		137.5 a 162.5
	Parado, trabajo liviano en máquinas o banco, a veces caminando un poco		188.95 a 218.02		162.5 a 187.5
	Sentado, movimientos pesados de los brazos y piernas		188.95 a 232.56		162.5 a 200.0
MODERADO	Parado, trabajo moderado en máquina o banco a veces caminando un poco		218.02 a 290.69		187.5 a 250.0
	Caminando de un sitio a otro empujando y levantando moderadamente		290.69 a 406.97		250.0 a 350.0
PESADO	Levantando, empujando o tirando cargas pesadas, intermitentemente (por ejemplo, trabajo de pico y pala)		436.04 a 581.39		375.0 a 500.0
	Trabajo pesado constante		581.39 a 697.67		500.0 a 600.0

NOM-015 STPS Condiciones térmicas elevadas o abatidas-Condiciones de seguridad e higiene.

2.9.2.2 Ley Federal del Trabajo

Dentro de la Ley Federal del Trabajo se contempla, en la tabla de enfermedades de trabajo, del artículo 513, en el rubro de enfermedades producidas por factores mecánicos y variaciones de los elementos naturales, las lesiones por congelación en trabajadores expuestos en forma obligada a la acción de temperaturas glaciales, frigoríficos, fabricas de hielo, etc. También se encuentran en el rubro de dermatosis por exposición a bajas temperaturas. Sin embargo, no se describe nada, sobre las posibles afecciones a largo plazo, en el organismo tras la exposición a temperaturas abatidas.

3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La exposición al frío es un peligro significativo en la industria tanto en ambientes artificiales como ambientales. El trabajo en ambientes naturalmente fríos es muy común en la estación de invierno en las latitudes norte. Los ambientes artificiales son indispensables en la industria para almacenar y transportar alimentos perecederos, esto propicia la exposición continuada de los trabajadores de esta rama empresarial (Holmer, 2009). La exposición laboral a temperaturas abatidas, puede condicionar enfriamiento general y enfriamiento local, derivándose en manifestaciones propias de hipotermia hasta lesiones graves como; congelamiento de zonas de exposición específicas (OIT, 2009). Si bien, son ampliamente conocidas las situaciones clínicas progresivas en la hipotermia no son conocidas en humanos los efectos de la exposición frío (mayor a tres meses) en el sistema inmune.

Al realizar una revisión retrospectiva de la bitácora de consulta 2009-2010 de la empresa donde se llevó a cabo el estudio, se encontró que 3.09% y 4.6% de la consulta total corresponde al puesto de camarista, la principal causa de consulta, es cansancio muscular y enfermedades respiratorias por lo que se propuso realizar un estudio para determinar el efecto sobre el estado inmunológico de los trabajadores, con la determinación de IgA secretora, IgG, IgM e IGA séricas.

La necesidad de abastecer de productos básicos a la población mundial, que día a día, aumenta significativamente, ha permitido el crecimiento de la industria de cadena de frío. Si tomamos como premisa que la aplicación de bajas temperaturas, es el tratamiento de conservación más aplicado para alimentos perecederos, entendemos de la existencia de actividades que requieren la exposición continuada a temperaturas abatidas (Álvarez, 2006). En México se encuentra poca información sobre la industria frigorífica, sin embargo en otros países como España encontramos que para el censo de la industria frigorífica nacional del 2005 se tenía cerca de 13 239 282 m² de cámaras frigoríficas correspondiendo a un índice de 0.4 m³/habitantes, sin perder de vista que Nueva Zelanda ocupa el primer lugar de índice de almacenamiento en frío con 1.0

m³/habitantes. En México se encuentra con 0.006m³/habitantes, al tomar en cuenta, que existe en el mercado un gran número de alimentos, que desde la post-cosecha hasta su consumo o su utilización por la industria requieren mantenerse en temperaturas bajo 0°C, para garantizar su frescura y sanidad, entendemos que el personal expuesto a nivel nacional e internacional aumenta considerablemente.

A pesar de que un número importante de personas sufre de exposición al frío, los efectos del mismo no han recibido la suficiente atención y no existen recomendaciones específicas que regulen la exposición al frío y los peligros a la salud (Hannu, 1993). El estrés físico, emocional o químico es un complejo que detona alteraciones en el sistema inmune y por tanto reduce la resistencia a infecciones (Gleeson, 2000).

En la empresa donde se lleva a cabo el estudio se encuentran expuestas 9 personas a temperaturas abatidas, sin embargo la densidad a nivel nacional contempla 45 agencias, dentro de las cuales existen 22, que tienen dentro de sus instalaciones cámara frigorífica, con temperaturas de exposición de -24 a -28 grados centígrados, el total de población expuesta a temperaturas abatidas es de 47 trabajadores a nivel nacional.

Se ha encontrado que existe un incremento de riesgo a la salud, como hipotermia, así como aumento en el número de accidentes en trabajadores expuestos al frío, sobre todo en el turno nocturno (Yutaka, 2005) entendiendo que el puesto de ayudante de cámara, desempeña sus actividades durante este turno, con una jornada de 8 horas de exposición discontinua, podemos figurar un panorama propicio para presencia de estrés térmico. Muchos de los efectos adversos por la exposición al frío pueden ser limitados al realizar un análisis de riesgos adecuado, para posteriormente emitir recomendaciones de protección, esto es un tema ampliamente explotado como peligro laboral, no obstante los efectos tras la exposición crónica al frío y su relación con las inmunoglobulinas ha sido escasamente abordado, por lo cual surgió la siguiente pregunta: ¿Existen alteraciones en la respuesta inmunológica de trabajadores expuestos a estrés térmico por temperaturas abatidas?

3.2 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del estrés térmico en la respuesta inmune de trabajadores expuestos a temperaturas abatidas.

3.3 OBJETIVO PARTICULARES

Para dar respuesta a la pregunta previa, se propusieron los siguientes objetivos:

Identificar las condiciones de trabajo, en el área laboral (cámara frigorífica) de los trabajadores expuestos a estrés térmico crónico, mediante la investigación documental de los estudios ambientales de temperaturas abatidas existentes, e investigación de campo.

Evaluar el estado de salud de los trabajadores a través de la historia clínica laboral con enfoque inmunológico y estudios de laboratorio específicos (Química sanguínea) realizados durante los años 2010 y 2011.

Estimar el efecto del estrés por exposición a temperaturas abatidas en la respuesta inmunológica en los trabajadores mediante la medición de IgA salival con técnica de ELISA, así como IgA, IgM e IGG séricas.

Elaborar una propuesta preventiva para el proteger y preservar la salud de los trabajadores expuestos a temperaturas abatidas.

3.4 POBLACIÓN DE ESTUDIO

3.4.1 LUGAR DE ESTUDIO. Se realizó el estudio con los trabajadores de una empresa distribuidora de producto congelado ubicado en el Centro de la Ciudad de México. Las determinaciones se realizaron en el Laboratorio de Inmunología de la Escuela Superior de Medicina ubicado en Plan de San Luis y Díaz Mirón s/n, Col. Casco de Santo Tomas, Delegación Miguel Hidalgo, C.P. 11340, México, D.F., a cargo del Dr. Rafael Campos Rodríguez.

3.4.2 UNIVERSO DE ESTUDIO. Trabajadores del puesto de ayudante de cámara, de una empresa de distribución de producto congelado. La muestra fue por

conveniencia, 7 trabajadores del puesto de ayudante de cámara y 7 trabajadores administrativos del grupo control.

3.4.3 CRITERIOS DE INCLUSIÓN. Ser trabajador clínicamente sano expuesto a temperaturas abatidas en la distribuidora de producto congelado donde se llevó a cabo el estudio.

Los trabajadores expuestos con antigüedad mayor a tres meses y hasta 4 años.

Masculinos entre 25 y 42 años.

3.4.4 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Trabajadores clínicamente sanos, sin exposición a temperaturas abatidas.

Mayor de 42 años.

Uso de medicamentos antihistamínicos y antibióticos.

Cursar con enfermedad respiratoria aguda y crónica.

Historia de alergias, o enfermedades atópicas.

Enfermedad cardiovascular, endocrina y /o inmunológica.

Haber comunicado consumo de alcohol 48 horas previas a la toma de muestras y/o alcoholismo.

3.5 MATERIALES Y EQUIPO

3.5.1 Para la recolección de las muestras de sangre:

Primera toma: jeringas de 10 ml (BD plastipak), tubos de ensayo (Becton, Dickinson and company) color de tapa roja, ligadura (sin marca), algodón con alcohol (Dibar), termo de Poliuretano (sin marca), bolsa de gel congelado (Esic), guantes estériles (Protec), bote colector de residuos tóxicos y etiquetas de papel.

Segunda toma: Sistemas Vacutainer (Becton, Dickinson and company) con tubos de tapa roja (sin aditivos) y jeringas hipodérmicas de 0.8x38 mm estériles, ligadura

(sin marca), algodón con alcohol (Dibar), termo de plástico (Rubbermaid), bolsa de gel congelado (Syngel), bote colector de residuos tóxicos y marcador negro sharpie.

3.5.2 Para muestra de saliva primera toma: frascos contenedores de 25 ml estériles.

Para muestra de saliva segunda toma; tubos cónicos plásticos de 50 ml preesterilizados (Axigen).

3.5.3 Material de laboratorio.

Reactivos para estandarización técnica de ELISA: IgA peroxidasa Invitrogen, pull saliva casero, Bradford (Reagent Sigma, B69216), BCA (Sigma, A-4503), anticuerpo secretor casero, orto-fenil-dietnolamina (SIGMA, P-5187)

Pipetas uni y multicanal, gradillas de plástico, tubos eppendorf 0.5 y 2.0 ml (Axigen), puntas para pipeta color amarillo (200 µl) y azul (1000µl) (Axigen), placas costar 3590 (96 well EIA/RIH Plate), tapas para placas (Axigen).

3.5.4 Equipo para procesar las muestras de sangre y saliva: centrifuga (Eppendorf), tubos Eppendorf 2 ml para alícuotas.

3.5.5 Equipo para elaborar documentos: computadora Minilaptop (HACER) Impresora (EPSON), Cámara digital Cybershot, material de papelería, copias de Historias clínicas y consentimiento informado, Programa estadístico SPSS, Programa Microsoft Office (Excel, Word, Power point) y cuaderno bitácora.

3.6 RECURSOS

a) Recursos humanos: investigador médico tesista, Jefe de Laboratorio de Inmunología, Dr. en Ciencias, director de tesis, química encargada de administración y protocolos del Laboratorio de Inmunología.

b) Recursos económicos: el proyecto fue financiado con parte del apoyo económico del proyecto de investigación de Irving Auriolles Tapia, clave 20090492, a cargo del Dr. Juan Manuel Araujo Álvarez, así como del autor de este trabajo. Se recibió ayuda para el proceso de las muestras sanguíneas por parte del Laboratorio de Inmunología de la Escuela Superior de Medicina y de la sección de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación.

3.7 METODOLOGÍA

Se realizó un estudio de corte y cuasi experimental (pseudoeperimental). Los trabajadores estudiados se seleccionaron con base a la exposición ocupacional es decir, se formó un grupo expuesto (7 integrantes) y uno no expuesto (7 integrantes), se controló la exposición pero no se utilizaron procedimientos de aleatorización para conformar los grupos. Para el caso de los expuestos se tomaron dos muestras una basal y una subsecuente (Hernández *et al.*, 2000), para el grupo no expuesto se tomó una única toma en la fecha correspondiente a la toma subsecuente del grupo expuesto.

3.7.1 DETERMINACIÓN DE VARIABLES

a) VARIABLES CUALITATIVAS

Nominal; expuestos y no expuestos.

Ordinal: tiempo de exposición.

b) VARIABLES CUANTITATIVAS

Continua: edad, peso, talla, IMC, glucosa, urea, ácido úrico, colesterol, triglicéridos, proteínas totales, albumina, HDL directo, IgA, IgG, IgM sérica e IgA salival.

c) VARIABLES METODOLÓGICAS

Variable dependiente: Cuantificación de IgA secretora e IgG, IgM e IgA sérica.

Variable independiente: Temperaturas abatidas -28°C.

3.7.2 MÉTODOLOGÍA UTILIZADAS

3.7.2.1 Planeación y obtención de datos generales.

a) El protocolo se elaboró con base a la guía de investigación de la Comisión de Bioética de la ENMH.

b) Se presenta protocolo a los trabajadores y a la alta gerencia de la empresa para su conocimiento y consentimiento.

c) Se recabaron los documentos de consentimiento informado (ANEXO A).

b) Se realizaron historias clínicas laborales con enfoque en patología inmunológica a partir de la exposición a temperaturas abatidas, además de que, se tomaron medidas antropométricas básicas para determinar el estado de salud general de los expuestos y no expuestos (ANEXO B).

3.7.2.2 Metodología para obtención de muestra sanguínea y salival.

a) Preparación para extracción de muestra sanguínea. Los trabajadores se presentaron en ayuno de 8 hrs. tras estar expuestos a la jornada laboral nocturna y vespertina según correspondía. Mediante una entrevista directa se obtiene información sobre enfermedades respiratorias o infecciones en el momento de tomar la muestra sanguínea y salival, ingesta de medicamentos, vía de administración, tipo, posología, conclusión de tratamiento, etc. (ANEXO C).

b) TÉCNICA DE EXTRACCIÓN DE MUESTRA DE SANGRE VENOSA.

Con el propósito de tranquilizar al paciente se explicó nuevamente la técnica que se iba a realizar. Se le invitó a colocarse sentado en una posición cómoda con el brazo derecho en hiperextensión sobre una mesa, procurando con ello, que la mano quedará más abajo que el antebrazo. La selección del brazo dependía del tamaño y calibre de las venas de la zona antecubital, así como de la presencia de lesiones. Una vez seleccionado el brazo se le pedía al trabajador que no se moviera durante la extracción. Posteriormente, se colocó una ligadura a 7.5 a 10 cm del sitio elegido para la punción. Previo lavado de manos y colocación de guantes, se realizó asepsia de la zona con torunda y alcohol, se puncionó la piel con el bisel de la aguja hacia arriba con un movimiento suave y rápido, se obtuvieron 10 ml de sangre venosa, se retiró la aguja y se le pidió al paciente aplicará presión sobre la zona de punción para evitar hematoma.

En la primera toma de muestras se utilizó jeringa de 10 ml y para la segunda toma se utilizó sistema Vacutainer BC. En el primer caso, al obtener la sangre de la jeringa, se vació por las paredes del tubo de ensaye para evitar hemólisis. En el segundo caso, simplemente se colocó en tubo de ensaye y se retiró al llenarse. Las muestras se tomaron en ayuno en los meses de noviembre y mayo para los expuestos y para los no expuestos una sola toma en el mes de mayo.

c) RECOLECCIÓN DE MUESTRA DE SALIVA.

La muestra de saliva se tomó mediante el estímulo de las glándulas sublinguales con la posición de cabeza hacia abajo, se recolectaron 10 ml de saliva exclusivamente de esta zona, las muestras se tomaron en ayuno en los meses de noviembre y mayo para los expuestos y para lo no expuestos una sola toma en el mes de mayo. Cada muestra se colocó dentro de un termo con una bolsa de gel a 4°C, y se transportaron al laboratorio de inmunología en el transcurso de 1 hora.

3.7.2.3 Técnica de preparación de muestras.

a) Las muestras de sangre se procesaron en centrífuga para separar los sólidos de los líquidos, a 37°C a 3500 RPM por 10 minutos. Se obtuvo el suero y se prepararon alícuotas de 1.5 ml, las cuales se mantuvieron en congelación hasta su uso. Una alícuota de cada integrante del grupo expuesto y no expuesto se enviaron en el mes de Junio del 2011 para cuantificación de IgA, IgM e IgG sérica a un laboratorio tercero, a dos horas de su lugar de almacenamiento, se transportaron con ayuda de geles térmicos congelados y una caja térmica para mantener las muestras congeladas.

b) Las muestras de saliva se procesaron en centrífuga para separar los sólidos de los líquidos a 4°C a 5000 RPM, por 10 minutos. Se obtuvo la saliva y se formaron alícuotas de 1.5 ml las cuales se mantuvieron en refrigeración a -20°C hasta su uso.

3.7.2.4 Estandarización de Técnica de ELISA para cuantificación IgA secretora en saliva.

La estandarización de la técnica de ELISA para cuantificación de IgA secretora en saliva, se describe en detalle, en el ANEXO D. En líneas generales, para cada ensayo se utilizaron 3 placas, una para las muestras salivales del grupo no expuesto, y las otras dos, para la primera y segunda muestra del grupo expuesto. Posteriormente se forró cada placa de poliestireno, con 100 µl de una dilución 1:400, 000 de anti-sc, diluido en buffer de carbonatos, se incubaron las placas a 37°C, por una hora. Se lavó de manera manual cada placa 3 veces, con 120 µl, con una solución de PVS tween al 0.05%. Se bloquearon los sitios de unión inespecífico, al colocar 100 µl, en cada pozo de la placa, con solución de BCA al 3%, se incubó a 37°C, por dos horas. Se lavó cada placa, siguiendo el procedimiento ya descrito. Las salivas de referencia, fueron diluidas en PVS tween al 0.05%, a una dilución de 1:10, para después realizar diluciones seriadas de 1:20 y 1:40, de cada uno de los pacientes, se colocó 100µl de cada una de las

diluciones en los pocillos correspondientes. Se incubó por 1 hora, a 37°C. Se lavaron las placas, con la técnica anteriormente descrita. Se agregaron 100 µl del conjugado de IgA peroxidada, a cada pozo de las placas, a una dilución de 1:3000, diluido en PVS tween al 0.05%, se incubó por 1 hora, a 37°C. Se lavó con técnica descrita previamente. Se agregaron 100 µl, a todas las placas, de sustrato orto-fenil-dietnolamina (OPD), en tampón citrato-fosfato a pH 0.5 y peróxido de hidrógeno 0.03%, y se incubó a temperatura ambiente, por 20 minutos. Se detuvo la reacción enzimática con 100 µl de ácido sulfúrico 2N, posteriormente se realiza la lectura de absorbancia de cada placa, a 460 nm, utilizando un lector o espectrofotómetro de ELISA (Bio-Rad Microplate Readers Benchmark), a las lecturas de la desviación estándar de las salivas se les restó la correspondiente al blanco (PVS tween 0.05%).

La titulación fue obtenida tras múltiples ensayos, utilizando para cada placa una curva de IgA casera y otra con el pull de salivas de individuos aleatorios no expuestos a temperaturas abatidas. El objetivo era determinar la mejor concentración de antígeno para sensibilizar las placas, además las diluciones óptimas de saliva y conjugado.

El valor de corte fue determinado por el promedio aritmético de la absorbancia de las muestras del grupo expuesto y no expuesto, con una concentración de proteínas en la curva de IgA de 323.40 µg/ml, y una concentración de proteínas de 1092.20 µg/ml, en la curva del pool de saliva.

3.7.2.5 Técnica para cuantificación de IgA, IgM e IgG sérica

Las alícuotas almacenadas en congelación a -20 grados centígrados, se transportaron al laboratorio tercero en condiciones especiales para evitar su degradación. Se procesaron por espectrofotometría, en el aparato de análisis inmunológico Beckman Synchron LXi 725 marca Beckman Coulter, con los reactivos para determinación cuantitativa en suero y plasma: Ig-A2 x 150 Immunoglobulin A Reagent, Ig-G 2 x 150 Immunoglobulin G Reagent y Ig-M2 x 150 Immunoglobulin M Reagent.

3.7.2.6 Técnica para cuantificación de Glucosa, Colesterol, Triglicéridos, Proteínas Totales, Ácido Úrico, Albumina y Urea.

De manera inicial no se tenía contemplado la medición de dichos parámetros biológicos, sin embargo se presentó la oportunidad de medirlos, por lo cual, se tomó la decisión de incluirlos en la presente tesis. Las muestras fueron procesadas en el analizador SELECTRA E (Vital Scientific).

3.8 REFERENCIAS UTILIZADAS PARA LA DETERMINACIÓN DE ESTRÉS TÉRMICO POR FRÍO

Las referencias utilizadas para la determinación de estrés térmico en trabajadores expuestos a temperaturas abatidas en una empresa de distribución de helados y paletas fueron los siguientes:

- Aplicación de la Norma Oficial Mexicana 015-STPS-2001. Condiciones térmicas elevadas o abatidas- Condiciones de seguridad e higiene en los rubros de reconocimiento, evaluación y control.
- Método para desarrollar el Análisis del puesto (López, 2011) para la descripción de las actividades del puesto.
- Método manual de ELISA para determinación y cuantificación de IgA en saliva, se describe en el anexo D.
- Método de análisis estadístico SSPS (Statistical Package for the Social Sciences), estadística descriptiva, T pareada y T de student.

3.9 PROCEDIMIENTO

3.9.1 Aplicación de la NOM- 015-STPS-2001, Condiciones térmicas elevadas o abatidas, en los rubros de reconocimiento, evaluación y control.

Para el reconocimiento, con apoyo del personal de Refrigeración se identificaron y registraron en un plano de vista, el centro de trabajo; la cámara y antecámara, como fuentes que generan condiciones abatidas. Se elaboró una relación del personal ocupacionalmente expuesto, para obtener la información de las actividades realizadas durante la jornada laboral correspondiente, de manera

inicial se realizó la entrevista directa, se tomaron notas en bitácora, posteriormente con ayuda de fotos y videograbación se observó la actividad de los camaristas durante 6 horas de su jornada laboral en el turno nocturno dentro de las instalaciones de cámara y antecámara ubicados en el Centro de Distribución.

Para la evaluación se tomó como referencia bibliográfica los datos obtenidos por el laboratorio de pruebas, legalmente certificado, que realizó la empresa en noviembre del 2010.

Para el control se estableció una propuesta de programa para proteger la salud del trabajador en el ámbito de salud y seguridad al desarrollar su actividad laboral.

Se utilizaron las herramientas académicas otorgadas por el método del análisis de puesto (López, 2011), para describir los ciclos de trabajo, con tiempo, frecuencia y duración.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

A los trabajadores expuestos a temperaturas abatidas, se les considera actualmente un grupo vulnerable, con altas probabilidades de padecer estrés térmico por frío. Generalmente, los estudios sobre este tema, se relacionan más desde una visión de seguridad, aunque la presente investigación se realiza desde una perspectiva de higiene. Se describen los resultados obtenidos, para después discutir los mismos, con respecto a los objetivos propuestos.

4.1 Resultados

A continuación se presentan los resultados, primero se describe las características generales de la población en estudio con ayuda de gráficas, después se describe el área de trabajo y ciclos de trabajo del puesto de ayudante de cámara. Para finalmente mencionar con ayuda de tablas, los datos estadísticos obtenidos de la medición de inmunoglobulinas (IgA, IgG e IgM séricas e IgA secretora en saliva), además de incluir los resultados de las químicas sanguíneas realizadas.

4.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN ESTUDIADA

Se estudiaron a 14 individuos, divididos en dos grupos; 7 (50%) conformaron el grupo de los expuestos, todos con el puesto de ayudante de cámara, 5 del turno nocturno y 2 del turno vespertino. El resto de la población 7 (50%) trabajadores, en el grupo de los no expuestos, de los cuales 4 (57%) desempeñan laborales administrativas dentro de la misma empresa y 3 (43%) son externos que se dedican al ramo automotriz y un estudiante.

a) Sexo

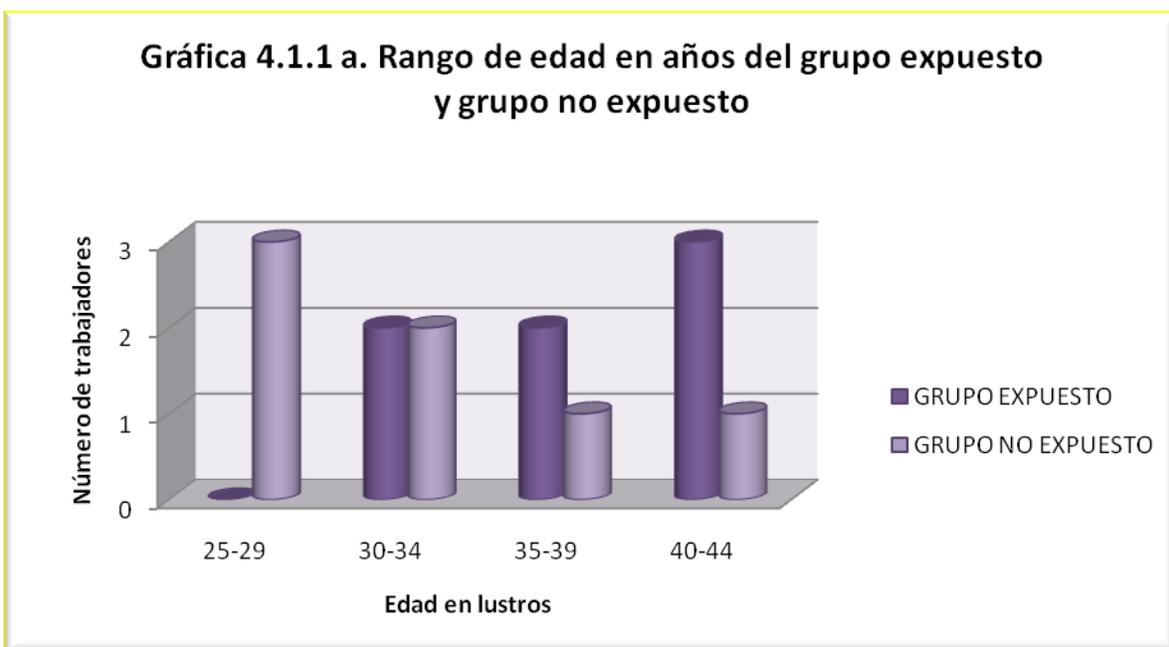
Todos los estudiados (100%), fueron del sexo masculino, para ambos grupos.

b) Estado civil

El 100% de expuestos, vive con una pareja (casados o en unión libre). De los no expuestos 6 viven con una pareja (casados o en unión libre) y uno es soltero.

c) Edad

El rango de edad de los trabajadores del grupo expuesto 42-30 = 12 años, con un promedio de edad de 36.7 ± 6 años. Para el grupo no expuesto el rango de edad fue de 42-25= 17 años, con un promedio de 31.85 ± 10 años (gráfica 4.1.1 a). El grupo expuesto tiene un promedio de edad mayor que el grupo no expuesto ± 5 .

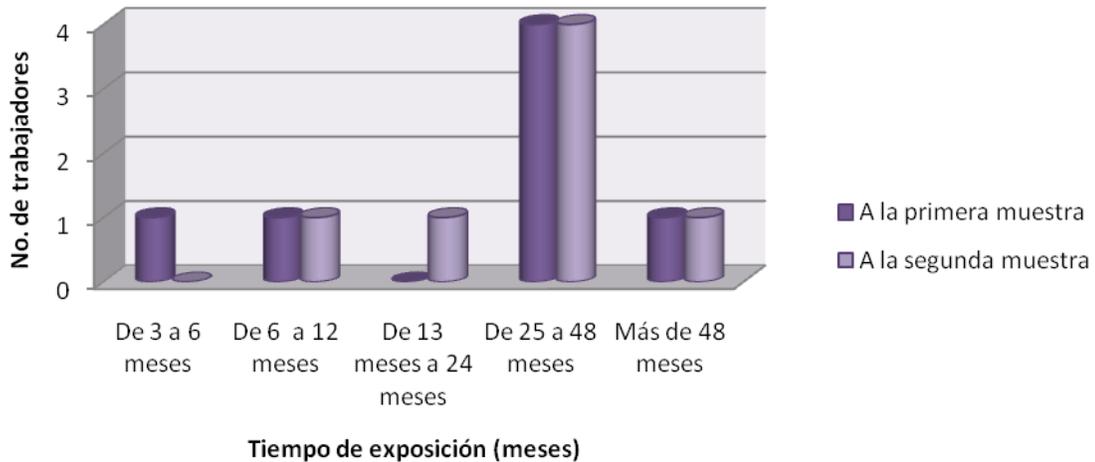


Fuente: Investigación de campo.

d) Antigüedad en el puesto

La antigüedad en el puesto de camarista o ayudante de cámara, medida en meses de expresa en dos momentos: la antigüedad presentada a la primera toma tanto salival como sanguínea (Noviembre del 2010) y la antigüedad a la segunda toma de muestras (Mayo 2010). De las 7 personas que conformaron el grupo a la primera toma, 1 trabajador había estado expuesto 3 meses; otro, 7 meses; el resto tenía una antigüedad mayor a un año; 4 trabajadores con antigüedad de 4 años, y 1 trabajador con antigüedad de 7 años (gráfica 4.1.1b).

Gráfica 4.1.1 b. Tiempo de exposición en meses del grupo expuesto al tomar la primera y segunda muestra.



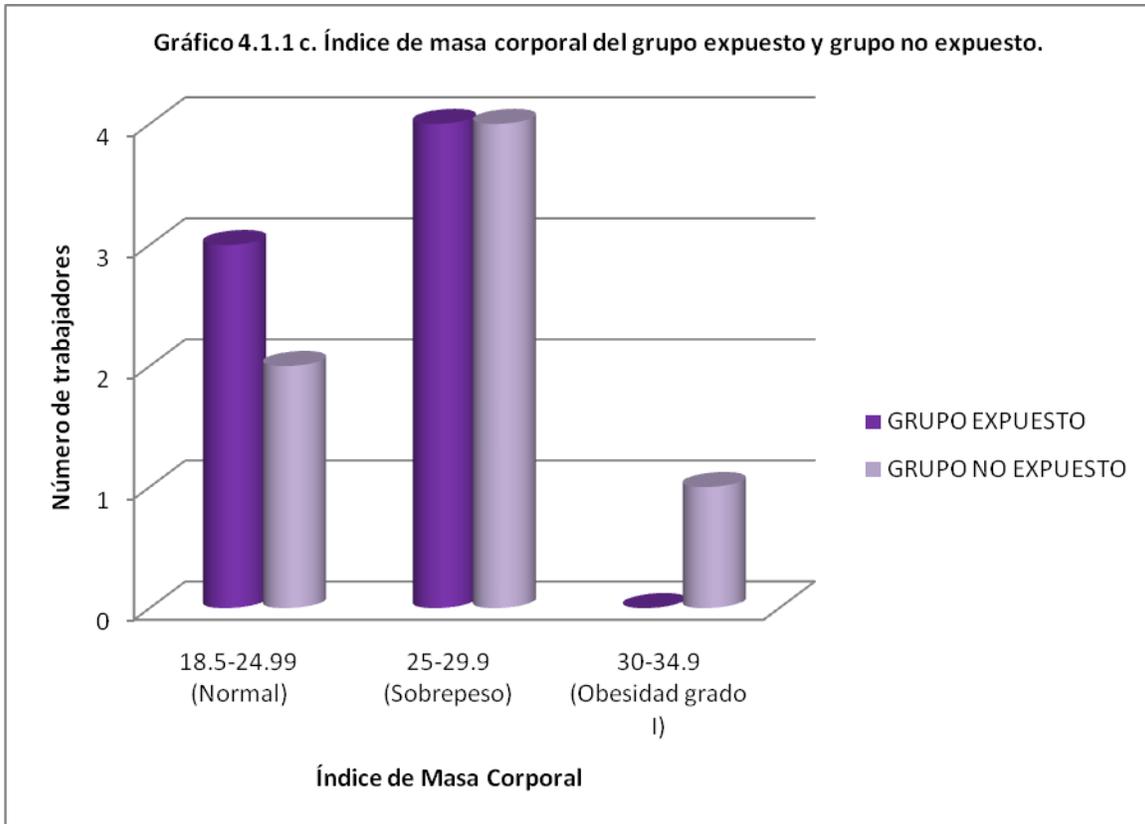
Fuente: Investigación de campo.

e) Antropometría

Por otra parte, el rango de peso del grupo expuesto fue de $88.1-64= 24.1\text{kg}$, promedio de 76.4 ± 11 kg. Para el grupo no expuesto, el rango de peso fue $99.1-66= 33.1\text{kg}$, promedio de 86 ± 13 kg. El rango de talla medida en centímetros (cm), para el grupo expuesto fue de $177-163= 14\text{cm}$, promedio de 170 ± 7 , para el grupo de no expuestos, el rango en talla fue $189-163= 26$ cm, promedio de 1.76 ± 13 cm.

f) Índice de masa corporal

El índice de masa corporal (IMC) del grupo expuesto en promedio 26.34 , lo que indica sobrepeso (OMS, 2007). Para el grupo no expuesto el promedio de IMC fue de 27.6 , lo que indica sobrepeso (OMS, 2007). La distribución de ambos grupos, de acuerdo al IMC se muestra en la gráfica 4.1.1 c.



Fuente: Investigación de campo.

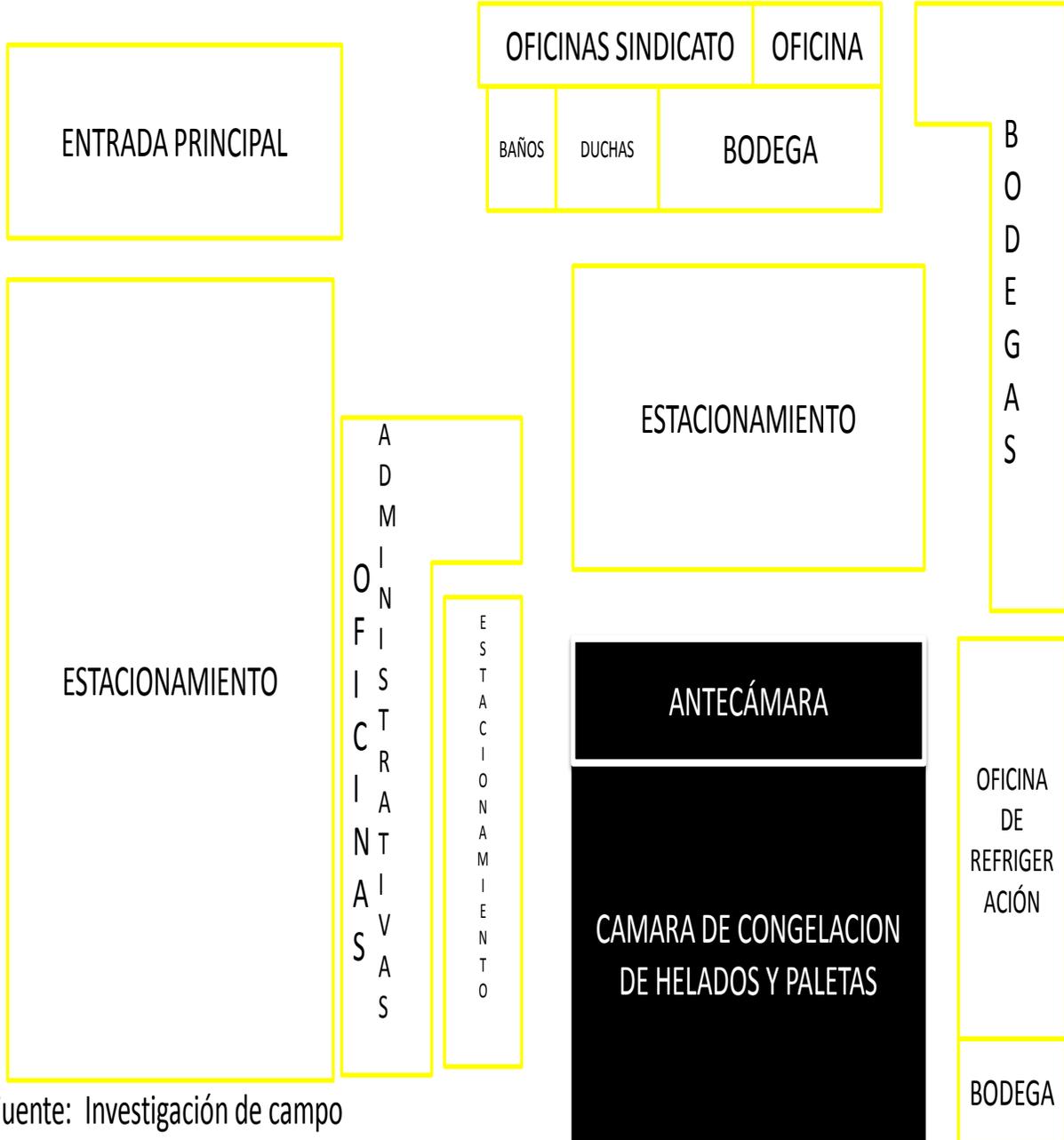
4.1.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO

A continuación se desarrollan los rubros de reconocimiento, evaluación y control de la NOM- 015-STPS-2001. Condiciones térmicas elevadas o abatidas. Condiciones de Seguridad e Higiene.

En la figura 4.1.2. Se describe mediante un plano de vista de planta del Centro de Distribución de Helados y paletas, ubicado en la Zona Centro, la fuente donde se presentan las condiciones abatidas, es en el área de cámara.

4.1.2. Identificación de las fuentes generadora de condiciones extremas en el Centro de Distribución de helado y paletas ubicado en la Zona

Centro



Fuente: Investigación de campo

4.1.2.1 Condiciones de Trabajo del Personal Ocupacionalmente Expuesto.

El área de cámara se encuentra ubicada en la parte posterior lateral izquierda de la entrada principal. Es una zona cerrada con las siguientes dimensiones: largo 41.04 metros por 17.70 metros de ancho, con una altura de 3.5 metros. La temperatura en esta área oscila entre los -23°C y -28°C . El antecámara con un área de 41.04 metros de largo, por 3.09 metros de ancho, con una altura de 3.5 metros, temperatura de 5°C . La ventilación en ambas áreas es artificial.

Tabla 10. Condiciones de Trabajo del Personal Ocupacionalmente Expuesto

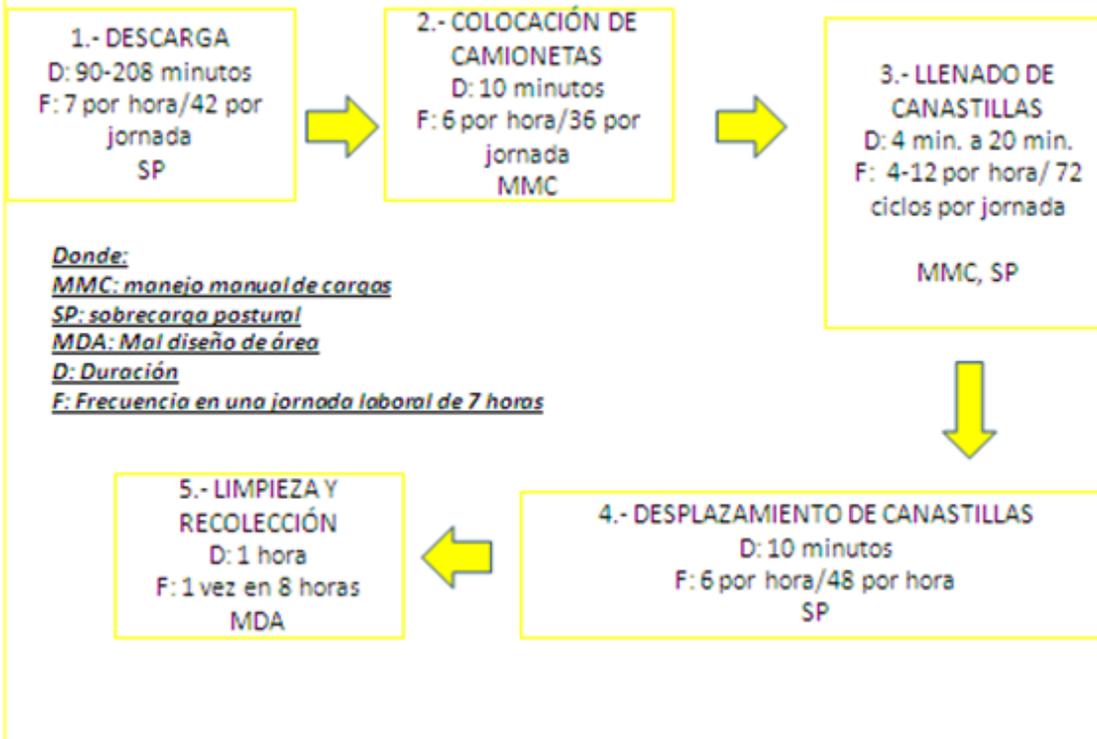
Área fuente de temperaturas abatidas	Lugar	Ventilación
Antecámara	Cerrado	Artificial
Cámara	Cerrado	

4.1.2.2. Descripción de actividades y ciclos de trabajo.

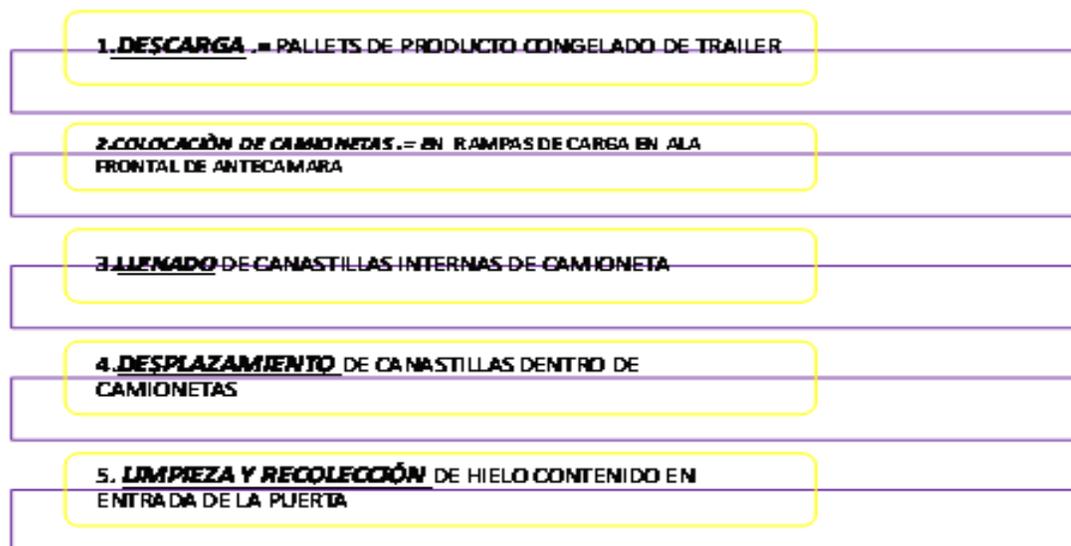
Todos los trabajadores expuestos a temperaturas abatidas, tienen el puesto de ayudante de cámara o camarista, para describir el puesto, tiempos y frecuencia de exposición, se utilizó el Método del análisis del puesto (López, 2011).

En la figura 4.1.2.2, a modo de flujograma, se colocan las actividades del puesto de camaristas o ayudante de cámara.

4.1.2.2 FLUJOGRAMA DE LAS ACTIVIDADES DEL PUESTO DE AYUDANTE DE CÁMARA



4.1.2.2.1 ACTIVIDADES ESPECÍFICAS DEL PUESTO DE AYUDANTE DE CÁMARA POR CICLOS



Fuente: investigación de campo, 2010.

A continuación se describen las actividades específicas de puesto de ayudante de cámara, las cuales se resumen en la figura 4.1.2.2.1.

Existe un encargado de turno, que coordina las actividades de todos los ayudantes, designa los roles a desempeñar por cada ayudante, las actividades las va rotando a lo largo de la semana de manera aleatoria.

CICLO 1. Descarga de producto congelado de tráiler. El ciclo inicia con la colocación del patín hidráulico en cada pallet de cajas de helados y paletas, desplaza la carga al interior de la cámara, deja la carga, regresa con el patín al tráiler y concluye el ciclo. El tiempo para un ciclo de trabajo completo es de 5-8 minutos. En temporada baja se descarga un tráiler cada tercer día con 12 a 18 racks. En temporada alta (Abril a Septiembre) se descarga diariamente de 1 a 2 tráileres con 18 a 26 racks cada uno. El peso de cada pallet va desde 250 a 1400 kg.

Para esta actividad se designan 2 trabajadores. El tráiler se coloca perfectamente en la zona de enrampado, queda un camino recto entre la cámara y el tráiler, que corresponde a la antecámara, y otra parte al piso del tráiler. Ambos trabajadores empiezan con la descarga. Cada uno, con la ayuda de un patín, jala las tarimas que se encuentran dentro del tráiler, se coloca el patín en la parte baja de la tarima, el trabajador se coloca frente o lateral al patín. Con un movimiento continuo de la palanca del patín, sube y baja esta con la mano, al estar el patín colocado perfectamente, se gira el trabajador de espalda y jala con ambas manos el patín, lo lleva a la zona de cámara, recorren aproximadamente de 4-10 metros. Al entrar a cámara deja la carga en el lugar previamente asignado, baja nuevamente el patín realizan movimientos repetitivos de mano (de arriba hacia abajo), saca el patín y deja la carga, continua nuevamente con esta actividad.

CICLO 2. Colocación de camioneta en el ala frontal de antecámara.

El ciclo inicia cuando el ayudante de cámara, coloca las camionetas en el ala frontal de la cámara para su llenado, termina cuando coloca 7 camionetas en las respectivas cortinas de enrampado de la antecámara.

Camina al estacionamiento, conduce las camionetas, en reversa y al frente, hasta llegar a colocar la compuerta posterior de la camioneta con la cortina de enrampado de la antecámara. Coloca 7 camionetas por ciclo, en un tiempo aproximado de 10 minutos. En total, coloca al día 52 camionetas, el tiempo invertido en esta actividad es de 65 minutos.

Ciclo 3. Llenado de interior de camioneta

El ciclo inicia al sacar las canastillas contenidas en cada camioneta y, trasladarlas a la parte de antecámara, llevarlas dentro de cámara y llenarlas con producto de acuerdo a orden de trabajo, se regresan las canastillas a su lugar inicial (antecámara). Duración de la actividad de 4 minutos 30 segundos hasta 20 minutos, la frecuencia es de 216 canastillas en total y por cada trabajador 31 canastillas.

Cada camioneta tiene 6 canastillas (7 camionetas no tienen canastillas y el traspaleo se hace de manera manual). Primero se levanta, manualmente, la rampa de carga de las puertas de la antecámara, se abre la compuerta posterior de la camioneta, se sacan las canastillas. Se revisa pedido de carga por camionera, cada ayudante se introduce a la cámara con una canastilla y llena la misma de producto solicitado de acuerdo a ticket, se colocan desde 10 hasta 75 cajas y botes: las cajas tienen un peso de 2 a 12 kg y los botes tienen un peso de 10 a 25 kg.

Ciclo 4. Desplazamiento de canastillas dentro de camioneta.

El ciclo inicia cuando el trabajador revisa la concordancia del ticket con el producto contenido en canastillas. Posteriormente, introduce las canastillas con ruedas. Con un movimiento al frente, jala y desplaza, con ambas manos, cada una, cierra puerta de camioneta y cierra la rampa de carga. Este ciclo dura aproximadamente 10 minutos, se realiza 216 veces durante una jornada de 8 horas.

Ciclo 5. Limpieza y recolección de hielo

Al terminar la jornada laboral, con ayuda de una pala y escoba, se limpia y barre el lugar. Se recoge la escarcha de hielo que se forma en la entrada de las 2 puertas principales de la cámara. Duración de la actividad de 30 minutos hasta 1 hora.

Otra función de los ayudantes de cámara es hacer un inventario nocturno de la existencia de producto. Existen tres tipos de inventario, cada ayudante asignado por el encargado, realiza el inventario de cada una de las líneas de helado, el tiempo de revisión en promedio es de 40 minutos dentro de cámara. Anota producto, lote, cantidad y fecha en una bitácora.

4.1.3 Medición de temperatura en el área de cámara y antecámara

Laboratorio certificado realizó las mediciones de acuerdo a normatividad mexicana para temperaturas abatidas, los resultados de las mediciones realizadas se encuentran contenidos en la tabla 11, de acuerdo a la metodología de la Norma Oficial Mexicana 015.

Tabla 11. Medición de temperatura en el área de cámara y antecámara

Área	Velocidad promedio del aire °C	Índice de viento frío °C	de Temperatura axilar promedio de los trabajadores expuestos °C	Tiempo de exposición por jornada laboral
Antecámara ala izquierda	2.40	2.40	36.5	Máximo 40 minutos
Antecámara ala derecha	1.02	11.50	36.5	alternando con periodos de
Cámara	5.50	-30.17	36.4	de
Cámara	4.32	-28.5	36.4	aclimatación
Cámara	6.12	-25.50	36.4	

Fuente: investigación de campo.

4.1.4 Turno de trabajo

El turno de trabajo del ayudante de cámara es de 22:00 pm. a 05:00 am, sin embargo en temporada alta, se extiende hasta las 09:00 am. Estas 4 horas de más, no son de exposición a temperaturas abatidas, sino para revisar y realizar inventario. También existe el turno vespertino de las 14:00 a las 20:00 hrs. En el que sólo están 2 trabajadores, que se alternan con el turno nocturno, de acuerdo a las necesidades del negocio y antigüedad.

4.1.5 Equipo de protección personal

El equipo de protección personal de un ayudante de cámara consta de:

- Chamarra térmica
- Peto térmico
- Pantalones térmicos
- Ropa interior térmica (calzoncillos tipo malla y camisa)
- Calcetines térmicos
- Botas térmica
- Pasamontañas
- Guantes de carnaza

4.1.6 Principales dificultades relacionadas con la actividad.

De acuerdo a la observación del área, y a las actividades de trabajo del ayudante de cámara, así como de las entrevistas directas con los trabajadores, se encontró que las principales dificultades para la realización del trabajo son:

a) Del equipo de protección personal:

- Los guantes no permiten el agarre suficiente de las cajas, lo que provoca que se realice mayor fuerza para sostener las cargas.
- Los guantes cubren parcialmente del frío.
- La ropa interior proporcionada, se humedece por el sudor producto de la actividad laboral, lo que condiciona, que el cambio de temperatura cuando pasa de la antecámara a la cámara, se perciba una sensación térmica de frío.
- Las botas térmicas tienen un tiempo de vida corta de 2 a 3 meses
- Los cierres de petos y chamarra se desgastan rápidamente, incluso en una sola ocasión pueden llegar a romperse.

b) Organización del trabajo:

- Las tareas se asignan de manera aleatoria, no se lleva un control de días de exposición.

- La hoja de control de entradas y salidas a la cámara, no se puede llenar en el momento por carga de trabajo.
- La carga de trabajo en temporada alta es mucho mayor, no existe personal que cubra las ausencias, lo que condiciona mayor carga de trabajo.

4.1.7 Aplicación de las tablas de regímenes de trabajo, índice de viento frío y límites máximos permisibles de la NOM-015- STPS Condiciones térmicas elevadas y abatidas. Condiciones de seguridad e higiene (Anexo D)

Al comparar el trabajo descrito con el régimen de trabajo de acuerdo a la tabla de Definición de régimen de trabajo según actividad contenida en el Anexo D, se encuentra que el trabajo que desarrollan los ayudantes de cámara corresponde a un trabajo moderado, en la mayor parte de su jornada laboral (6 horas), el cual incluye actividades de caminar de un sitio a otro, empujar y levantar moderadamente, con un gasto metabólico, medido en watts de 290.69 a 406.97 watts, equivalente a un gasto de 250 a 350 Kcal/h. Sin embargo, en la actividad laboral donde se desplazan cargas de hasta media tonelada, ubicamos el trabajo como pesado, la actividad se describe como levantar, empujar o tirar cargas pesadas, intermitentemente, con un gasto de 463.04 a 581.39 watts equivalente a 375 a 500 Kcal/h.

4.1.8 Resultados de IgA, IgM e IGG en suero, para el grupo expuesto (GE) y no expuesto (GNE).

A continuación, se describen los resultados del análisis de las muestras sanguíneas del grupo expuesto y grupo no expuesto.

a) Primera muestra sanguínea de GE vs. GNE.

En la tabla 12 a. se muestran los valores de las inmunoglobulinas IgA, IgM e IgG en suero del grupo expuesto y el grupo no expuesto de la primera toma.

Tabla 12 a. Valores de la primera toma sérica de IgA, IgM e IgG del grupo expuesto y el grupo no expuesto.							
Grupo Expuesto (E) Primera muestra sanguínea				Grupo No expuesto (E) Primera muestra sanguínea			
No. de trabajador	IgA mg/dl	IgG mg/dl	IgM mg/dl	No. de trabajador	IgA mg/dl	IgG mg/dl	IgM mg/dl
Trabajador E1	263,1	1113,9	91,8	Trabajador NE1	293,3	1489,5	77,3
Trabajador E2	141,8	1351,4	52,3	Trabajador NE2	241,2	1246,1	97,7
Trabajador E3	182,5	1045,4	220,4	Trabajador NE3	235,7	1354,8	63,1
Trabajador E4	284,3	1134	98,2	Trabajador NE4	394,9	1554,9	38,7
Trabajador E5	663.0	1361.6	118.6	Trabajador NE5	210.7	1326.7	61.9
Trabajador E6	240,3	1536,4	156	Trabajador NE6	313,8	960,9	89,1
Trabajador E7	178,7	1011,5	108,6	Trabajador NE7	336,3	1243,8	101,2

Resultados de laboratorio, 2011.

Los datos obtenidos tras el análisis estadístico con T de student , al comparar la los resultados de IgA, IgG e IgM séricas del primera muestra sanguínea del GE contra GNE, se muestran en la tabla 12 b.

Tabla 12 b. Resultados de T de student al comparar los valores de IgA, IgG e IgM séricas de la primera muestra sanguínea del grupo expuesto vs. grupo no expuesto.			
Compuesto	IGA	IGG	IGM
Resultados de T de student	2,61	0,91	1,67

Análisis estadístico, 2011.

En la tabla 12 b, al comparar ambos grupos, con respecto a los valores de IgA sérica, se observa que los trabajadores expuestos, presentan concentraciones menores al grupo no expuesto, con un valor de T de 2.61, lo que quiere decir, que existe una diferencia significativa ($p < 0.05$). Al analizar las puntuaciones de T, con respecto, al resto de parámetros nos indican, que no hay variaciones significativas.

b) Segunda muestra sanguínea del GE vs. muestra sanguínea GNE.

En la tabla 13 a. se muestran los valores de las inmunoglobulinas IgA, IgM e IgG séricas de la segunda muestra sanguínea del GE y de la muestra sanguínea del GNE.

Tabla 13 a. Valores de la segunda toma sérica de IgA, IgM e IgG del grupo expuesto y la muestra del grupo no expuesto.							
Grupo Expuesto (E) Segunda muestra sanguínea				Grupo No expuesto (E) Primera muestra sanguínea			
No. de trabajador	IgA mg/dl	IgG mg/dl	IgM mg/dl	No. de trabajador	IgA mg/dl	IgG mg/dl	IgM mg/dl
Trabajador E1	271,1	1154,3	99,7	Trabajador NE1	293,3	1489,5	77,3
Trabajador E2	142,4	1061,1	72,2	Trabajador NE2	241,2	1246,1	97,7
Trabajador E3	189,3	1026,9	222,7	Trabajador NE3	235,7	1354,8	63,1
Trabajador E4	289,1	1228,4	94,9	Trabajador NE4	394,9	1554,9	38,7
Trabajador E5	575,3	1263,2	90,9	Trabajador NE5	210,7	1326,7	61,9
Trabajador E6	241,9	1328,4	150,1	Trabajador NE6	313,8	960,9	89,1
Trabajador E7	202,1	826,6	133,6	Trabajador NE7	336,3	1243,8	101,2

Resultados de laboratorio, 2011.

La tabla 13 b, muestra los valores de T de student, al comparar la segunda muestra sanguínea (suero) del GE contra el GNE. Los valores no muestran diferencia significativa, excepto para IgA e IgM, $p < 0.05$, con valores de T, de 2.40 y 2.12 respectivamente. Los valores de IgA en suero, fueron menores, al igual que lo valores de ácido úrico, para el grupo expuesto, mientras que los valores de IgM en suero, se mostraron aumentados, con respecto al grupo de no expuestos.

Tabla 13 b. Resultados de T de student al comparar la segunda muestra sanguínea del grupo expuesto vs. la muestra del grupo no expuesto			
Compuesto	IGA	IGG	IGM
Resultados de T de student	2,40	1,82	2,12

Análisis estadístico, 2011.

c) Primera muestra sanguínea del GE vs. segunda muestra del GE

En la tabla 14 a. se muestran los valores de las inmunoglobulinas IgA, IgM e IgG séricas de la primera y segunda muestra sanguínea del grupo expuesto.

Tabla 14 a. Valores de la primera y segunda toma sérica de IgA, IgM e IgG del grupo expuesto.							
Grupo Expuesto (E) Primera muestra sanguínea.				Grupo Expuesto (E) Segunda muestra sanguínea.			
No. de trabajador	IgA mg/dl	IgG mg/dl	IgM mg/dl	No. de trabajador	IgA mg/dl	IgG mg/dl	IgM mg/dl
Trabajador E1	263,1	1113,9	91,8	Trabajador NE1	271,1	1154,3	99,7
Trabajador E2	141,8	1351,4	52,3	Trabajador NE2	142,4	1061,1	72,2
Trabajador E3	182,5	1045,4	220,4	Trabajador NE3	189,3	1026,9	222,7
Trabajador E4	284,3	1134	98,2	Trabajador NE4	289,1	1228,4	94,9
Trabajador E5	663.0	1361.6	118.6	Trabajador NE5	575.3	1263.2	90.9
Trabajador E6	240,3	1536,4	156	Trabajador NE6	241,9	1328,4	150,1
Trabajador E7	178,7	1011,5	108,6	Trabajador NE7	202,1	826,6	133,6

Resultados de laboratorio, 2011.

En la tabla 14 b, se muestran los valores obtenidos tras el análisis estadístico con T pareada, al comparar la primera y segunda muestra de suero del GE, se revela que los valores de IgA sérica se encontraron aumentados en la segunda toma del GE, con respecto a la primera, con un valor de T de 2.40 (< 0.05).

Tabla 14 b. Resultados de T pareada al comparar la primera y segunda muestra sanguínea del grupo expuesto			
	IGA	IGG	IGM
Resultados de T de student	2,43	1,64	1,63

Análisis estadístico, 2011.

En resumen, se estudiaron los efectos en las inmunoglobulinas IgA, IgG e IgM, posterior a la exposición crónica a temperaturas abatidas, al comparar la primera muestra sanguínea del GE vs. GNE, se encontró que los valores para IgA en el GE fueron significativamente menores en relación al GNE. Al comparar la segunda muestra sanguínea del GE vs. la primera muestra del GNE, los valores fueron significativamente menores para IgA y elevados para la IgM en el GE. Al comparar la primera vs. la segunda muestra sanguínea del grupo expuesto se encontraron valores significativamente aumentados de IgA en la segunda muestra sanguínea.

4.1.9 Resultados de IgA en saliva del GE y GNE.

Se estandarizó la prueba de ELISA directa para cuantificación de IgA secretora en saliva (anexo 4), se realizaron cuatro ensayos, sin embargo se tomo como base el primer ensayo. En la tabla 15 a. se muestran los valores de IgA secretora de las muestras del grupo expuesto (primera y segunda muestra) y de la muestra del grupo no expuesto.

Tabla 15 a. Valores de IgA Secretora de la primera y segunda muestra del grupo expuesto y muestra del grupo no expuesto, a las diluciones de 1:10, 1:20 y 1:40.			
GRUPO	No Expuestos toma 1	Expuestos toma 1	Expuestos toma 2
	IgA mg/ml	IgA mg/ml	IgA mg/ml
DILUCIÓN	1:10	1:10	1:10
MUESTRA 1	83,95	138,66	70,00
MUESTRA 2	72,88	298,87	85,90
MUESTRA 3	62,32	292,19	70,80
MUESTRA 4	242,44	100,00	135,10
MUESTRA 5	299,59	47,98	87,90
MUESTRA 6	92,86	43,32	134,60
MUESTRA 7	63,56	128,09	145,30
GRUPO	No Expuestos toma 1	Expuestos toma 1	Expuestos toma 2
	IgA mg/ml	IgA mg/ml	IgA mg/ml
DILUCIÓN	1:20	1:20	1:20
MUESTRA 1	89,86	54,16	40,00
MUESTRA 2	84,89	213,85	69,20
MUESTRA 3	80,54	269,77	54,00
MUESTRA 4	396,48	94,96	148,80
MUESTRA 5	308,28	52,64	53,80
MUESTRA 6	102,69	47,10	113,40
MUESTRA 7	42,65	65,99	115,60
GRUPO	No Expuestos toma 1	Expuestos toma 1	Expuestos toma 2
	IgA mg/ml	IgA mg/ml	IgA mg/ml
DILUCIÓN	1:40	1:40	1:40
MUESTRA 1	82,82	34,26	58,00
MUESTRA 2	92,75	116,88	43,20
MUESTRA 3	94,00	157,18	60,40
MUESTRA 4	559,42	106,80	108,40
MUESTRA 5	270,81	30,23	52,80
MUESTRA 6	86,54	91,18	83,60
MUESTRA 7	75,78	26,20	132,00

Resultados de laboratorio, ensayo 18 de Junio del 2011.

A manera de resumen, los resultados obtenidos tras estadística con T de Student y T pareada, se muestran en la tabla 15 b.

Tabla 15 b. Resultados de T y T pareada al comparar muestra salival del GE vs. GNE y primera y segunda muestra salival del GE , para cuantificación de IgA salival.									
	1ra. Expuesto vs. No expuesto			2da. Expuesto vs. No Expuesto			1ra. vs. 2da del grupo expuesto		
Dilución	1:10	1:20	1:40	1:10	1:20	1:40	1:10	1:20	1:40
T pareada	.249	.88	1.60	0.64	1.307	1.529			
T student							.715	.465	.46

Análisis estadístico, 2011.

Lo descrito en la tabla 15 b, nos revela que los valores de T, no mostraron diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.005$), sin embargo, se encuentran valores marginalmente significativos, con una tendencia a la baja, al comparar las segunda muestra salival contra el grupo expuesto, con una $p < 0.1$, en la dilución 1:40.

4.1.10 Resultados de químicas sanguíneas para el grupo expuesto y no expuesto. Por otro lado, se presentó la oportunidad de medir parámetros de la química sanguínea, así que elegimos, los relacionados, con el metabolismo general de carbohidratos, proteínas y lípidos. A continuación, con el uso de tablas se muestran los valores obtenidos y el análisis estadístico realizado, se compara la primera muestra del grupo expuesto vs. la muestra del grupo no expuesto, posteriormente la segunda muestra del grupo expuesto vs. la muestra del grupo no expuesto, y finalmente la primera vs. la segunda muestra del grupo expuesto.

a) Valores de química sanguínea de la primera muestra sanguínea del GE y GNE. En la tabla 16 a se muestran los valores relacionados a glucosa, ácido úrico, triglicéridos, albúmina, proteínas totales, lipoproteínas de alta densidad (HDL por sus siglas en inglés), urea y colesterol.

Tabla 16 a. Valores de química sanguínea de la primer muestra del grupo expuesto vs. no expuesto.								
PRIMER MUESTRA DEL GRUPO EXPUESTO.								
PARÁMETRO	GLUCOSA mg/dl	ACIDO URICO mg/dl	TRIGLICERIDOS mg/dl	ALBUMINA g/dl	PROTEINAS TOTALES g/dl	HDL DIRECTO mg/dl	UREA mg/dl	COLESTEROL mg/dl
Trabajador E1	80	3,35	88	3,9	5,1	33,1	52,7	194
Trabajador E2	121	5,34	320	4,6	6,9	36,2	26,6	215
Trabajador E3	95	7,13	244	5,2	7,8	43,8	48,2	158
Trabajador E4	81	4,59	54	3,9	6,1	37,5	34,4	141
Trabajador E5	79	4.34	110	3.8	5.7	51.7	80.2	159
Trabajador E6	86	5,36	70	4,1	6,1	32,7	77,7	127
Trabajador E7	93	7,35	227	3,6	6,9	37,9	76,1	264
MUESTRA DEL GRUPO NO EXPUESTO								
PARÁMETRO	GLUCOSA mg/dl	ACIDO URICO mg/dl	TRIGLICERIDOS mg/dl	ALBUMINA g/dl	PROTEINAS TOTALES g/dl	HDL DIRECTO mg/dl	UREA mg/dl	COLESTEROL mg/dl
Trabajador NE1	74	6,24	56	4	6,2	24,8	50	138
Trabajador NE2	72	5,39	68	3,7	5,6	45,7	34,2	183
Trabajador NE3	58	5,91	173	4	5,3	27,1	67,7	167
Trabajador NE4	88	5,04	192	4	5,8	30,6	38,5	147
Trabajador NE5	92	5.54	549	3.8	5.0	39.1	41.6	264
Trabajador NE6	90	5,66	203	3,3	4,7	22,9	29,4	158
Trabajador NE7	85	4,88	74	4,1	5,2	28,9	51,8	166

Resultados de laboratorio, 2011.

Los datos obtenidos tras el análisis estadístico con T de student se muestran en la tabla 16 b. Al analizar las puntuaciones de T, con respecto, a los parámetros de la química sanguínea estudiados se observa que, no hay variaciones estadísticamente significativas.

Tabla 16 b. Resultados de T de student al comparar los valores de la química sanguínea de la primer muestra del grupo expuesto vs. muestra del grupo no expuesto.

PARÁMETRO	GLUCOSA	ACIDO URICO	TRIGLICERIDOS	ALBUMINA	PROTEINAS TOTALES	HDL DIRECTO	UREA	COLESTEROL
Resultado de T de student	1,87	0,00	0,37	0,48	0,59	0,33	0,09	0,09

Análisis estadístico, 2011.

b) Valores de química sanguínea de la segunda muestra sanguínea del GE vs. muestra sanguínea del GNE. En la tabla 17 a se muestran los valores relacionados a glucosa, ácido úrico, triglicéridos, albúmina, proteínas totales, lipoproteínas de alta densidad (HDL por sus siglas en inglés), urea y colesterol.

Tabla 17 a. Valores de química sanguínea de la segunda muestra del grupo expuesto vs. muestra del grupo no expuesto.

SEGUNDA MUESTRA DEL GRUPO EXPUESTO.								
PARÁMETRO	GLUCOSA mg/dl	ACIDO URICO mg/dl	TRIGLICERIDOS mg/dl	ALBUMINA g/dl	PROTEINAS TOTALES g/dl	HDL DIRECTO mg/dl	UREA mg/dl	COLESTEROL mg/dl
Trabajador E1	80	3,35	88	3,9	5,1	33,1	52,7	194
Trabajador E2	73	4,79	187	3,5	5,4	30,8	50,6	186
Trabajador E3	67	3,37	115	3,4	4,7	30,3	79,1	147
Trabajador E4	69	4,16	143	3,5	5,1	22,7	53,4	133
Trabajador E5	63	3,71	70	3,0	4,8	27,1	44,8	101
Trabajador E6	83	5,93	116	3,8	5,2	23	46,5	107
Trabajador E7	75	4,42	160	4,3	5,7	38,8	47,6	238
MUESTRA DEL GRUPO NO EXPUESTO								
PARÁMETRO	GLUCOSA mg/dl	ACIDO URICO mg/dl	TRIGLICERIDOS mg/dl	ALBUMINA g/dl	PROTEINAS TOTALES g/dl	HDL DIRECTO mg/dl	UREA mg/dl	COLESTEROL mg/dl
Trabajador NE1	74	6,24	56	4	6,2	24,8	50	138
Trabajador NE2	72	5,39	68	3,7	5,6	45,7	34,2	183
Trabajador NE3	58	5,91	173	4	5,3	27,1	67,7	167
Trabajador NE4	88	5,04	192	4	5,8	30,6	38,5	147
Trabajador NE5	92	5,54	549	3,8	5,0	39,1	41,6	264
Trabajador NE6	90	5,66	203	3,3	4,7	22,9	29,4	158
Trabajador NE7	85	4,88	74	4,1	5,2	28,9	51,8	166

Resultados de laboratorio, 2011.

En la tabla 17 b, se muestran los valores obtenidos tras el análisis estadístico con T de student, al comparar la segunda muestra sanguínea del grupo expuesto con la muestra del grupo no expuesto.

Compuesto	GLUCOSA	ACIDO URICO	TRIGLICERIDOS	ALBUMINA	PROTEINAS TOTALES	HDL DIRECTO	UREA	COLESTEROL
Resultados de T de student	0,79	2,64	0,23	0,63	1,06	0,05	1,28	0,37

Análisis estadístico, 2011.

Al analizar los valores de T, se encuentra que existe diferencia significativa con una $p > 0.05$ y valor de T de 2.64. Los valores de ácido úrico fueron menores para el grupo expuesto con respecto al grupo de no expuestos. Para el resto de valores de la química sanguínea no se observaron diferencias significativas, posterior a la exposición al frío entre la primera y segunda toma sanguínea del grupo expuesto.

c) Valores de química sanguínea de la primera y segunda muestra sanguínea del GE. En la tabla 18 a. se muestran los valores de los parámetros de las químicas sanguíneas de la primera y segunda toma del grupo expuesto.

PRIMER MUESTRA DEL GRUPO EXPUESTO.								
PARÁMETRO	GLUCOSA mg/dl	ACIDO URICO mg/dl	TRIGLICERIDOS mg/dl	ALBUMINA g/dl	PROTEINAS TOTALES g/dl	HDL DIRECTO mg/dl	UREA mg/dl	COLESTEROL mg/dl
Trabajador E1	80	3,35	88	3,9	5,1	33,1	52,7	194
Trabajador E2	121	5,34	320	4,6	6,9	36,2	26,6	215
Trabajador E3	95	7,13	244	5,2	7,8	43,8	48,2	158
Trabajador E4	81	4,59	54	3,9	6,1	37,5	34,4	141
Trabajador E5	79	4,34	110	3,8	5,7	51,7	80,2	159
Trabajador E6	86	5,36	70	4,1	6,1	32,7	77,7	127
Trabajador E7	93	7,35	227	3,6	6,9	37,9	76,1	264
SEGUNDA MUESTRA DEL GRUPO EXPUESTO								
PARÁMETRO	GLUCOSA mg/dl	ACIDO URICO mg/dl	TRIGLICERIDOS mg/dl	ALBUMINA g/dl	PROTEINAS TOTALES g/dl	HDL DIRECTO mg/dl	UREA mg/dl	COLESTEROL mg/dl
Trabajador NE1	80	3,35	88	3,9	5,1	33,1	52,7	194
Trabajador NE2	73	4,79	187	3,5	5,4	30,8	50,6	186
Trabajador NE3	67	3,37	115	3,4	4,7	30,3	79,1	147
Trabajador NE4	69	4,16	143	3,5	5,1	22,7	53,4	133

Trabajador NE5	63	3,71	70	3,0	4,8	27,1	44,8	101
Trabajador NE6	83	5,93	116	3,8	5,2	23	46,5	107
Trabajador NE7	75	4,42	160	4,3	5,7	38,8	47,6	238

Resultados de laboratorio, 2011

En la tabla 18 b, se muestran los valores obtenidos tras el análisis estadístico con T pareada, al comparar la primera y segunda muestra de suero del GE, se revelan valores menores, en la segunda muestra del GE para glucosa, proteínas totales y colesterol con una $p < 0.05$, con valores de T, de 3.07, 2.10 y 5.28 respectivamente. Para el resto de valores de la química sanguínea no se observaron diferencias significativas, posterior a la exposición al frío entre la primera y segunda toma sanguínea del grupo expuesto.

Tabla 18 b. Resultados de T pareada al comparar la primera y segunda muestra del grupo expuesto.								
PARÁMETRO	GLUCOSA	ACIDO URICO	TRIGLICERIDOS	ALBUMINA	PROTEINAS TOTALES	HDL DIRECTO	UREA	COLESTEROL
RESULTADOS DE T PAREADA	3,07	1,42	1,05	0,93	2,10	0,96	0,28	5,28

Análisis estadístico, 2011.

4.2 Discusión

La exposición laboral a temperaturas abatidas es un riesgo mayor, para trabajadores que desempeñan sus labores al aire libre, en particular durante el invierno. Este tipo de exposición, en trabajos similares en temperaturas, pero en ambientes superficiales, es todavía mayor en la industria de almacenamiento de productos perecederos (Holmer, 2009). Por lo que evitar pérdidas de calor en el cuerpo humano, que se reflejen en alteraciones a la salud de estos trabajadores es vital. Si los trabajadores que laboran en cámaras frigoríficas, lo hacen con el equipo de protección adecuado, de acuerdo a los tiempos de exposición, normados por la legislación internacional y nacional, no se encuentran en una situación que ponga en riesgo su salud, sin embargo, existe controversia sobre si la exposición a temperaturas abatidas durante largos periodos de tiempo supone un riesgo para la salud (Bittel, 2009).

El objetivo de este trabajo de investigación, consistió en evaluar el efecto del estrés térmico, secundario a la exposición a temperaturas abatidas y relacionarlo con variantes de la respuesta inmunológica. Al evaluar las condiciones en el ambiente de trabajo, se encontró que la temperatura dentro de la cámara (-23 a -28°C), propicia pérdidas de calor en el cuerpo, manifestada por disconfort térmico, mencionado por los trabajadores expuestos, en la entrevista directa, sobre todo al salir y entrar de la cámara. Sin embargo no se disminuye la temperatura corporal superficial por debajo de 36°C. El disconfort térmico mencionado, es probable se deba a que el trabajo desempeñado va de moderado a pesado (NOM-015-STPS-2001), lo que condiciona la presencia de humedad en el cuerpo, producida por el sudor, al desempeñar las actividades de levantar y desplazar cargas (cajas de producto congelado), el sudor actúa como un medio nocivo, que aumenta las pérdida de calor por evaporación, en la superficie corporal, sin llegar a hipotermia.

La estrategia más lógica y natural para prevenir y controlar el estrés por frío es la precaución y una conducta intencionada. El 60% de los trabajadores estudiados, refieren de manera verbal, disconfort térmico en las manos, ante la exposición durante la jornada laboral, la cual disminuye en función de la exposición continua a

lo largo de semanas, “sienten” menos molestias y aprenden a adaptarse y enfrentarse a las condiciones de una manera personalizada y más eficiente que al inicio de la exposición. Lo anterior, es similar a lo propuesto en otros estudios (Bittel, 2009) en lo que se ha demostrado que existen diferentes tipos de aclimatación, cuando la exposición al frío se prolonga por largos períodos de tiempo, la destreza manual se mantiene más fácilmente tras la exposición repetida de las manos al frío, debido a la presencia de reacción hipotérmica (descenso “controlado” de la temperatura interna), aumento de la vasoconstricción periférica, con aumento del aislamiento de los tejidos y aumento del metabolismo. Por otro lado, la presencia de sensación de discomfort térmico, supone un factor de distracción, que predispone a la presencia de accidentes (Holmer, 2009).

El trabajo en ambientes fríos se asocia a actividades que consumen “mucho” energía; en esta investigación, el trabajo desempeñado por el ayudante de cámara, consume desde 250 a 500 Kcal/hora (NOM-015-STPS-2001), un indicador que permite la valoración del estado nutricional y el diagnóstico de obesidad, es el índice de masa corporal (IMC), en el presente estudio no se encontró una relación significativa con el peso de los trabajadores y la actividad laboral que realizan, esto medido por el IMC, ya que el promedio de ambos grupos, expuesto y no expuesto, se encontró en sobrepeso; sin embargo, se deberá identificar los porcentajes de grasa en futuros estudios, para realizar una cohesión entre ambas variables, y poder identificar el aumento en la formación de tejido celular subcutáneo, como mecanismo de adaptación, para mantener la temperatura corporal (Aguirre, 2004).

Las proteínas plasmáticas totales incluyen; albúmina y globulinas; en estos trabajadores, como se mencionó en el párrafo anterior, se encontraron disminuidas la proteínas en la segunda muestra de suero del grupo expuesto, sin embargo, la albúmina no mostró cambios significativos, a pesar de ello, esto podría ser reflejo del estado nutricional de los individuos expuestos a estrés térmico (Sfeir y Aguayo, 2000). Hay evidencias que indican que las proteínas son activamente degradadas durante la exposición al frío, puesto que el balance

nitrogenado se hace negativo tanto en humanos como en animales de experimentación (López *et al.*, 2000).

En la exposición aguda al frío, los organismos homeotermos deben mantener la temperatura corporal, lo que involucra un constante desafío al metabolismo energético, que tiende a modificar los procesos bioquímicos celulares; así, se observa un incremento de la glucosa sanguínea (Depocas, 1962). En la literatura se encontró que la exposición aguda al frío, aumenta el metabolismo del individuo (Bittel, 2009). No obstante a lo anterior; los niveles de glucosa mostraron una tendencia a la baja, lo que podría significar un insuficiente aporte de sustrato energético, necesario para mantener los niveles de glucosa en sangre estables.

Al evaluar, a los trabajadores expuestos a temperaturas abatidas, por medio de química sanguínea, encontramos datos interesantes, al comparar la primera y segunda muestra de suero, se obtuvieron valores significativos, con una tendencia a la baja de glucosa (sin llegar a hipoglucemia), proteínas totales y colesterol. Las variaciones en el metabolismo energético, tienen el propósito de generar calor; se utiliza como combustible a los ácidos grasos libres y a la glucosa para satisfacer las necesidades del organismo expuesto al frío, en la segunda toma del grupo expuesto, se encontró que el colesterol y glucosa mostraron valores significativamente menores en comparación con la primer toma del grupo expuesto, sin embargo se requieren más estudios para identificar, la subclase de colesterol que se encuentra presumiblemente disminuido.

Al calcular el efecto del estrés térmico crónico en la respuesta inmunológica en los trabajadores expuestos a temperaturas abatidas, se observa que existen valores con diferencia significativa, para IgA sérica, al comparar la primera muestra del grupo expuesto vs. grupo no expuesto, estudios realizados en la Antártida muestran que la exposición prolongada al frío, está relacionado con alteración en la actividad inmunológica (Muller *et al.*, 1995). Para IgM se encontraron valores con diferencia significativa, al comprar la segunda muestra del grupo expuesto contra el grupo no expuesto. Para IgG, no hubo cambios. Sin embargo, se sugiere la realización de estudios por exposición a frío crónico con muestras mayores.

A pesar de que la exposición al frío provoca efectos sobre el sistema respiratorio, como resequedad de la mucosa nasal, disminución de la movilidad ciliar, así como vasoconstricción y deshidratación de las mucosas nasal y bucal, las titulaciones de IgA secretora salival no mostraron diferencia significativa en el presente estudio; sin embargo, se muestra una tendencia a la baja, al comparar las muestras salivales entre el grupo expuesto y el no expuesto.

Un elemento a discutir, es que se deben generar líneas de investigación, que contribuyan a determinar la presunta presencia de alteraciones a la baja en el sistema inmunitario y en el metabolismo basal de los trabajadores expuestos a estrés térmico crónico, lo que generará la posibilidad de mejorar las condiciones de estos trabajadores, siempre relacionando probablemente con la presencia de enfermedades ocupacionales (aún no estudiadas) y, con la alta probabilidad de accidentes, por disminución en la destreza manual.

Para finalizar, no cabe duda que, la exposición laboral crónica al frío, es una forma más frecuente en la época actual, por el crecimiento del mercado de alimentos perecederos que requieren, para el almacenamiento y distribución de los productos, exponer a los trabajadores a frío constante. Debido a los resultados controversiales obtenidos en diversos estudios, aún no se ha podido determinar, si existen alteraciones inmunológicas relacionadas a este tipo de trabajo. A pesar de lo mencionado, en esta tesis, se logró identificar un paradigma, que permite desarrollar una propuesta de control dirigida a la conservación de la salud, con un enfoque preventivo y correctivo, así como establecer áreas de oportunidad de acuerdo al análisis realizado de la situación laboral actual del puesto de ayudante de cámara.

CONCLUSIONES

La técnica de ELISA, es una herramienta sencilla y de fácil aplicación, se encontró que posterior a estandarizar esta técnica para cuantificación de IgA secretora, la dilución ideal para desarrollar los ensayos es en 1:400, 000, con bloqueo de BCA al 3%. Aunque en este estudio no se encontraron valores que expresaran diferencias estadísticas, se mostró una tendencia a la baja en las concentraciones de IgA secretora en el grupo expuesto vs. grupo no expuesto, lo que podría indicar, la posible existencia de alteraciones en la respuesta humoral, sin embargo, se requieren más estudios, con una muestra mayor, para encontrar posibles diferencias significativas.

Por otro lado, se comprobó parcialmente la hipótesis de este trabajo y se cumplió con el objetivo general, ya que se encontraron los valores de IgA sérica disminuidos en el grupo expuesto, con diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) con respecto al grupo no expuesto, lo que indica que es probable que la exposición a temperaturas abatidas, este afectando al sistema inmune en su respuesta humoral de los trabajadores expuestos. Sin embargo, no se encontró lo mismo para IgG sérica. A pesar de encontrarse el grupo expuesto con niveles de IgA séricas significativamente menores, no existe una relación clínica con mayor frecuencia de enfermedades respiratorias infecciosas, del tracto digestivo y/o urinario, así como presencia de hipersensibilidad. Se conoce el papel neutralizante de la IgA frente a virus y bacterias, por lo que es de suma importancia, continuar con estudios para identificar claramente los efectos del frío crónico en este tipo de trabajadores expuestos y realizar una investigación profunda sobre posibles alteraciones sistémicas presentes por déficit de IgA.

Las temperaturas en el área de trabajo del ayudante de cámara, combinado con el trabajo moderado a pesado, que desempeñan, propicia la presencia de discomfort térmico, sobre todo en manos y parte superior de tórax, debido a la presencia de pérdida de calor por evaporación. No se presenta datos de hipotermia posterior a

la exposición prolongada, a pesar de esto, el equipo de protección no satisface las necesidades en las labores diarias de los trabajadores, lo que aumenta la presencia de alteraciones en la destreza manual.

El estado general de los trabajadores tuvo el estatus inicial de “aparentemente sanos”, sin embargo, al final encontramos que para ambos grupos (expuestos y no expuestos), se presentó sobrepeso, posiblemente relacionado, en el grupo expuesto tanto a hábitos alimenticios como a la presencia de aclimatación con aumento de tejido adiposo subcutáneo. Se logró evaluar parcialmente, el metabolismo de estos trabajadores, algo extraordinario a lo propuesto inicialmente, los valores de glucosa, colesterol y proteínas totales, mostraron diferencia significativa, con datos a la baja en el grupo expuesto; a pesar de los resultados obtenidos, sería muy prematuro, hablar de alteraciones en el metabolismo basal de estos trabajadores, se requieren estudios profundos, con metodologías específicas para determinar estas hipótesis. En el presente estudio sólo se realizó una aproximación preliminar.

La realización de la descripción del puesto de ayudante de cámara, con ayuda de la metodología empleada (López, 2011), contribuyó en gran parte a identificar áreas de oportunidad para la propuesta de control, sobre todo en el equipo de protección personal y en la organización del trabajo.

Se espera que esta tesis llame la atención de los investigadores en el campo de la inmunología para profundizar en el estudio de la relación de los trabajadores expuestos a estrés térmico tanto agudo como crónico;

1.- De los resultados obtenidos se infiere que los trabajadores expuestos a temperaturas abatidas tienen un perfil de IgA secretora en saliva con una tendencia a la baja.

2.- El efecto en la respuesta humoral por estrés térmico, posterior a exposición a temperaturas de -23 a -28 °C, parece producir, una disminución en los valores de IgA sérica, aunque se desconoce el mecanismo por el cual se producen estos cambios aparentes.

3.- No se evidencia cambios significativos en la respuesta humoral de inmunoglobulina G en suero.

4.- Se evidenciaron valores a la baja de glucosa, colesterol y proteínas totales con diferencia estadísticamente significativa en el grupo expuesto.

5.- Se requiere continuar con estudios profundos y con una muestra mayor, para determinar los presumibles efectos por estrés térmico crónico a nivel inmunológico y metabólico, en trabajadores expuestos a temperaturas abatidas.

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones están dirigidas en dos objetivos principalmente; el primero, referente a la necesidad de continuar con estudios sobre los efectos del frío, en los trabajadores expuestos a temperaturas abatidas, con un enfoque en el metabolismo basal, y de éste, sobre todo en los niveles de glucosa, colesterol y proteínas totales; cabe mencionar que se sugiere identificar específicamente, cuál de las 6 familias proteicas se encuentra disminuida, con el propósito de definir el origen de esta deficiencia y, el segundo se basa en la propuesta de control, con un enfoque preventivo y correctivo, con el propósito de minimizar el efecto negativo del estrés térmico por frío, de acuerdo a los resultados obtenidos. En los siguientes enunciados, se encuentran la propuesta que se busca sea una propuesta de control práctica y de ágil aplicación:

1) Control de la Salud.

- Establecer el perfil de puesto de ayudante de cámara, para determinar, al personal que pueda desempeñar las actividades laborales propias del puesto, sin afectar o exacerbar alteraciones a la salud, como consecuencia a la exposición por temperaturas abatidas.
- Evaluación médica al ingreso y semestral, sobre el estado general de salud, con historia clínica laboral, con un enfoque sobre el sistema musculoesquelético y enfermedades por alteraciones inmunológicas, así como evaluación del estado nutricional mensual, con especialista. Apoyo de estudios de laboratorio; biometría hemática, química sanguínea, espirometría, tele de tórax, AP y lateral de columna lumbar. Se requiere evaluar aclimatación y discomfort térmico, como parte integral del historial clínico, durante los seis primeros meses de exposición, se debe asegurar que la aclimatación se da paulatinamente, de acuerdo a lo establecido en la Nom-015-STPS-2001.

- Dieta y equilibrio hídrico, evaluación mensual con nutrióloga, consumo frecuente de alimentos con un índice calórico alto, con enfoque en alimentación proteica.

2) Prevención de accidentes y control técnico

- Control de entrada y salida al ingreso a cámara, por medio de un sistema electrónico.
- Evaluación de Equipo de Protección Personal de acuerdo a NOM-017-STPS-2008. Equipo de Protección Personal. Selección-Usos y Manejo en los centros de trabajo. Sobre todo en guantes, además de realizar estudio de higiene industrial, para minimizar el efecto de pérdida de calor por diferencia de temperaturas entra cámara y antecámara, disminuir la velocidad de aire dentro de cámara

3) Medidas de educación, formación y práctica.

a) Educación.

Al ingreso, curso introductorio “Me quiero, Me cuido”, “Me protejo”; aquí se describen los riesgos y peligros en el ambiente de trabajo en temperaturas abatidas, se motiva a buenas prácticas en el uso de Equipo de Protección Personal, se concientiza sobre los tiempos de permanencia dentro y fuera de cámara.

“Aguas con el frío” se incluyen las medidas higiénico-dietéticas necesarias para prevenir alteraciones a la salud.

“Mi sábana térmica”, se describen las medidas de primeros auxilios ante presencia de cualquier grado de hipotermia. Se forman brigadas básicas de primeros auxilios.

b) Formación

Entrenamiento gradual sobre las actividades a realizar, se divide las actividades del puesto, para alternar los días de exposición. Organizar el

trabajo en periodos adecuados de trabajo-descanso, considerando la carga de trabajo, antigüedad y nivel de protección.

c) Práctica

Las buenas prácticas se desglosan en un cartel como las 5 reglas de oro:

- 1.) No debes ingresar a cámara solo.
- 2.) Evita beber y fumar. Si tomas algún medicamento debes consultar con Servicio Médico.
- 3.) Ante cualquier enfermedad que presente, debes acudir a Servicio Médico.
- 4.) Usa siempre tu equipo de protección personal.
- 5.) Revisa diariamente tu lugar de trabajo, y cuentas que observaste, y cómo te sientes en tu día a día.

Permitir el control individual de la intensidad del trabajo.

Permitir periodos de descanso para aclimatarse a temperatura cálida.

FUENTES DE INFORMACIÓN

a) IMPRESAS

Abbas K., Lichtman A. and Pillai S. (2008). Inmunología celular y molecular. (6a Edición). Editorial Elsevier Mosby. España. (pp. 12-21).

Agenda Laboral 2009. Ley Federal del Trabajo. (pp. 118-164).

Aguirre E.J.H. (2004). "Análisis, evaluación y control del estrés térmico por frío: hipotermia". Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Tres de Febrero, Argentina (pp. 3-135).

Anttonen H. (1993). "Occupational needs and evaluation methods for cold protective clothing". Journal Artic Medical Research, 52 (8), 22-76.

Anttonen H., Pekkarinen A. & Niskanen J. (2009) "Safety at work in cold environments and prevention of cold stress". Journal Industrial Health, 47, 252-261.

Araujo J. M. (2010) Inédito. Apuntes del curso de Estadística de la Maestría en Ciencias en Salud Ocupacional, Seguridad e Higiene del Instituto Politécnico Nacional.

Arias L., J. M. (2002) "El estrés en las Sociedades Humanas unas perspectiva de Ecología Humana". Tesis de Maestría. Centro de Investigación y estudios avanzados del IPN Unidad Mérida. (pp. 40-80).

Ben-Nathan D., Lusting S and Kobiler D. (1996). "Cold stress-induced neuroinvasiveness of attenuated arboviruses is not solely mediated by corticosterone". Journal Biomedical and Life Sciences Archives of Virology, 141 (7), 1221-1229.

Bittel J. & Savourey G. (2009). Calor y frío. En la Enciclopedia Internacional del Trabajo, OIT. Capítulo 42 (pp. 42.50-42.51).

Cortés D. J.M. (2001). Seguridad e Higiene del Trabajo. Editorial Alfaomega, Colombia, (pp.455-465.)

Fainboin L. y Jennifer J. (2005). Introducción a la Inmunología. 5ª Edición. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires. (pp. 14-24)

Giesbrecht G. C. (1995). "The respiratory system in a cold an environment". Aviat Space Environment Medicine, 66: 890-902.

Gleeson M, Creipps AW, Clancy R. L. (1995). "Modifiers of the human mucosal immune system." Immunological Cell Biology, 73: 397-404.

Gleeson M, Francis J., Lugg D., Clancy R., Ayton JM., Reynolds J. y Mcconnell C. (2000). "One year in Antarctica: Mucosal immunity at three Australian stations". Immunology and Cell Biology, 78: 616-622.

Gómez G. C. (2004). "Características bioquímicas, estructurales y funcionales del receptor para inmunoglobulina A en las células mesengiales". Tesis de doctorado, Universidad Complutense de Madrid, España. (pp. 1-8).

Guyton, C.G. & Hall, J.E. (2011). Tratado de Fisiología Médica. (12ª Edición). Editorial Elsevier. España. (pp. 889-901)

Guzmán V. E. (2004). "Las pruebas de ELISA". Gaceta Médica, México, 40 (3): 48-49.

Hernández A. M., Garrido F., López S. (2000). "Diseño de estudios epidemiológicos". Salud Pública de México, 42 (2): 145-154.

Hernández E. (2010), Inédito. Material Didáctico de Tópicos avanzados de ergonomía de la Maestría en Ciencias en salud Ocupacional, Seguridad e Higiene del Instituto Politécnico Nacional.

Holmer I. (2009) "Evaluation of Cold Workplaces; an Overview of Standards for Assessment of Cold Stress". Journal Industrial Health, 47: 228-234.

Holmer I., Parsons K., Tochihara Y., Sawada S. (2009). "Cold stress at work; preventive research". *Journal Industrial Health*, 47: 205-206.

Holmer I., Per-Ola G and Goran D. (2009). Calor y frío. En la Enciclopedia Internacional del Trabajo, OIT Capítulo 42. (pp. 42.32-42.49)

Inoue Y., Araki T. and Tsujita J. "Thermoregulatory responses of prepubertal boys and young men in changing temperature linearly from 28 to 15°C". *European of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 72 (3):204-208.

Janský L., Janáková B., Ulicný B., Sramek P., Hosek V., Heller J and Parizková (1996). "Changes in thermal homeostasis in humans due to repeated cold water immersions". *European Journal of Physiology*, 43 (3): 368-372.

Janský L., Sránek P., Savlíková J., Ulicný B., Janáková H and Horký K (1996). "Change in sympathetic activity, cardiovascular functions and plasma hormone concentrations due to cold water immersion in men". *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 74 (1-2):148-152.

Kenney, L. (2009). Calor y Frío. En la Enciclopedia de la Organización Internacional del Trabajo OIT (pp. 42.1-42.4)

Kindt J. T., Goldsby A. R. and Osborne A. B. (2007). *Inmunología de Kuby* (6a Edición). Editorial McGraw-Hill. (pp. 32-38)

Lamas R. y Quintero J (1976) "Deficiencia de IgA; análisis clínico" *Revista C Mena de Pediatría*. Vol. 47 (3): 217-220.

López O. A. and Mendoza Y.C. (2000) "Variación de la concentración sanguínea del colesterol total y de las lipoproteínas en conejos hembras mantenidos a baja temperatura". *Archivo Medico Veterinario*, 31(1): 54-57.

Mäkinen T.M and Hassi J. (2009). "Health Problems in Cold Work". *Journal Industrial Health*, 47: 207-222.

Marin L.J. (1993). "Aplicación de los anticuerpos monoclonales en la caracterización de los carcinomas de intestino grueso". Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, España. (pp. 26-28)

McEwen, B. S., y Wingfield, J. C. (2003). "The concept of allostasis in biology and biomedicine". *Journal Hormones and behavior*, 43 (1): 2-15.

McEwen, B.S. (2004). "Protection and damage from acute and chronic stress. Allostasis and Allostatic Overload and Relevance to the Pathophysiology of Psychiatric Disorders". *Annals of de New York Academy of Sciences*, pp 1-7

Melchor R. A., Alonso R. V., López C. R., Zulueta R. O., Martínez O. C., Hernández P. L., Gómez. C. I y López. B. I. (2004). "Obtención de las cadenas pesadas de la IGG humana para la preparación de un inmunosuero específico para su uso en el inmunodiagnóstico". Tesis de doctorado, Universidad Autónoma del Estado de México, México. (pp. 107-111)

Mendialdea C. J. (2002). "Aspectos de la personalidad y factores estresantes en pilotos de avión: repercusión en el sistema inmunológico" Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, España. (pp. 6-22)

Mondelo R, P., Torada G.E., Comas U.S., Castejón V.E, Bartalomé L.E. (1999). *Ergonomía 2. Confort y estrés térmico*. Tercera edición. Barceló, España. Mutua Universal (pp. 13-168)

Muller H., Lugg D.J., Quinn D and Donovan K (1995) "Immunoresponses during an Antarctic. *Journal Pathology*, 27: 186.

Rhind G. S., Castellani W. J, Brenner K.M.I., Shephard R. J., Zamecnik J., Montain S. J., Young J. A. and Shek P. N. (2001) ."Intracellular monocyte and serum cytokine expression is modulated by exhausting exercise and cold exposure". *Journal Physiology Regulatory Integrative*, 281: 63-75.

Rodríguez R. M. A. (2004). "Utilización de técnicas genéticas (PCR y PCR cuantitativo en tiempo real) e inmunológicas (ELISA), para la detección y cuantificación de diferentes especies animales, en Foie Gras". Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, España. (pp. 35-42)

Roitt I. (2008). Inmunología Fundamento. (11ª Edición). Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires. (pp. 1-41)

Roitt M. Ivan, Delves J. Peter (2006). "Inmunología Fundamentos". (Décima edición). Argentina. Editorial Médica Panamericana. (pp. 1-119).

Sacanella M. E. (1999). "El sistema inmune en pacientes alcohólicos crónicos. Expresión de antígenos de expresión leucocitaria y moléculas de adhesión". Tesis de Licenciatura, Universidad de Barcelona, España (pp. 22-29)

Sandín, B. (2001). Estrés y hormonas. En B. Sandín (ed.), Estrés, hormonas y psicopatología

Sandín, B. (2003). El estrés: un análisis basado en el papel de los factores sociales. Tesis de grado, Universidad Nacional de Educación a Distancia, España. (pp. 143-155).

Segunda S. L (2009). "Estudio longitudinal del impacto de la violencia de pareja sobre la salud física y el sistema inmune de las mujeres". Tesis doctorado. Universidad de Valencia, España. (pp. 27-37)

Selye, H. (1936). "Thymus and adrenals in the response of the organism to injuries and intoxications". British Journal, 17:234.

Selye, H. (1950). Stress: the physiology and pathology of exposures to stress. Montreal: Acta Inc.

Selye, H. (1976). Further thoughts on "Stress without Distress". Medical times, 104(11).

Serrano, R.M.A. (2006). "Adaptación psicobiológica al estrés social en una muestra de profesores; cambios hormonales, cardiovasculares y psicológicos. Tesis de doctorado, Universidad de Valencia, España (pp. 22-53)

Servicio Médico de la Empresa (2009, 2010, 2011). "Bitácora de Consulta Diaria". México D.F.

Severs Y., Brenner I., Shek P.N. and Shephard R.J. (1996). "Effects of heat and intermittent exercise on leukocyte and sub-population cell counts". *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 74 (3): 234-245.

Shephard R.J and Shek P.N. (1998). "Cold exposure and immune function". *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 76 (9): 828-836.

Simon, V., y Miñarro, J. (1990). Estrés: una perspectiva psicobiológica. En S. Palafox, y J. Vila (Eds.), *Motivación y emoción* (pp. 345-377). Madrid: Alhambra Universidad.

Stephen Ch. S and Mekjavic I.B. "Cold-induced vasodilatation is not homogenous or generalizable across the hand and feet", *Biomedical and Life Sciences European Journal of Applied Physiology*, 99 (6): 701-705.

Stites P. D., Terr M. A and Parslow M., T. (2000) "Inmunología básica y clínica" (Décima Edición). Colombia. Editorial Manual Moderno. (pp. 3-225).

Thomassen O., Faerevik H., Osteras O., Arne S. G., Zakariassen E., Sandsund M., Kenneth H. J. and Brattebo G. (2011). "Comparison of three different prehospital wrapping methods for preventing hypothermia- a crossover study in humans". *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*, 19 (1): 41.

Tochihara Y. (2005) "Work in Artificial Environments". *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*, 24 (1): 73-76.

Wakabayashi H., Wijayanto T., Kuroki H., Young L. J. and Tochihara Y. (2011). "The effect of repeated mild cold water immersions on the adaptation of the vasomotor responses". *Earth and Environmental Science International Journal of Biometeorology*.

b) NO IMPRESAS

Álvarez C. A. (2011). "Refrigeración Industrial" obtenida el 22 de mayo del 2011. De <http://www.refrigeracionindustrial.com.mx/cgi-bin/RR1.pl?s=a&a=print&id=6>

Álvarez C.A (2011). "Análisis de cadena de frío" obtenida el 23 de mayo del 2011. De <http://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2008/06/analisis-de-la-cadena-del-frio-de-frutas-y-hortalizas-en-mexico/>

Ferreira D. (n.d.). "Enfermedades ocupacionales producidas por frío y calor" Obtenida el 28 de Mayo del 2011. De <http://www.monografias.com/trabajos7/enfoc/enfoc.shtmlc>

"Fundamentos y tipos de ELISA". Obtenida el 15 Junio del 2011. De <http://www.cultek.com>

Gaeta R. A. (n.d.) "Estrés térmico". Obtenida el 26 de Mayo del 2011. De <http://www.monografias.com/trabajos14/estres/estres.shtml>

Norma Oficial Mexicana NOM-015-STPS-2001. Condiciones térmicas elevadas o abatidas- Condiciones de Seguridad e Higiene. Obtenida el 18 de Septiembre del 2010. De <http://asinom.stps.gob.mx:8145/upload/noms/Nom-015.pdf>

Organización Internacional del Trabajo. Obtenida el 15 Junio del 2011. De <http://www.ilo.org/global/lang--es/index.htm>

Peña M.J (2009). "Inmunología Básica" Obtenida el 12 de Julio del 2011. De <http://www.elergonomista.com/alimentos/met.htm> fecha. 17:21

Sánchez M. A. (n.d.) "Protocolo para muestras sanguíneas". Obtenida el 18 de febrero del 2011. De <http://www.milespps.com/154799/toma-de-muestras-de-sangre/>

Tesis de investigadores. Obtenida el 01 de Junio. De <http://tesisdeinvestigadores.blogspot.com/2011/04/sistema-inmunologico.html>

Villavicencio L. F. (2010). "Definiciones de estrés". Obtenida el 12 Febrero del 2011. De <http://www.monografias.com/trabajos64/variables-definicion-ejemplo/variables-definicion-ejemplo2>.

ANEXOS

ANEXO A. FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA NACIONAL DE MEDICINA Y HOMEOPATIA
SECCION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION
MAESTRIA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN SALUD OCUPACIONAL,
SEGURIDAD E HIGIENE.

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN UN
PROTOCOLO DE INVESTIGACION.

Titulo del protocolo: “Efecto del estrés térmico sobre el sistema inmune en
trabajadores expuestos a temperaturas abatidas.”

Investigador Principal: Medico: Palacios Badillo Martha Susana

Nombre del trabajador: _____

A usted se le está invitando a participar en este protocolo de investigación médica. Antes de decidir si participa o no, debe conocer y comprender cada uno de los siguientes apartados. Este proceso se conoce como consentimiento informado. Recuerde que tiene absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto del presente protocolo que le cause duda.

Una vez que haya comprendido el estudio y usted desea participar, entonces se le pedirá que firme esta forma de consentimiento.

OBJETIVO DEL ESTUDIO: Evaluar el efecto del estrés térmico sobre el sistema inmune en trabajadores expuestos a temperaturas abatidas.

BENEFICIOS DEL ESTUDIO

En estudios realizados anteriormente por otros investigadores se ha encontrado que tras la exposición aguda a temperaturas abatidas el sistema inmune presenta una respuesta celular y humoral, la interrogante radica en que pasara en individuos expuestos por largo tiempo al frio.

En este estudio conocerá de manera clara si usted cursa con alguna afección en el sistema inmune (de defensa) tras la exposición a temperaturas abatidas, además de recibir los resultados de sangre que incluyen glucosa y colesterol.

Este estudio permitirá que en un futuro otros trabajadores y usted puedan beneficiarse del conocimiento obtenido con la implementación de un programa específico.

PROCEDIMIENTOS DEL ESTUDIO

En caso de aceptar participar en el estudio se le realizaran algunas preguntas sobre usted, sus hábitos, sus antecedentes médicos, y se recabaran muestras sanguíneas y salivales. Para la muestra sanguínea se tomara una jeringa de 5 ml (estéril) y la introduciremos dentro de una vena en el brazo (izquierdo o derecho), tomaremos la sangre y la procesaremos en un laboratorio especializado, además obtendremos una muestra de saliva la cual se recolectara sobre un frasco limpio, la técnica que realizara es dirigir la cabeza hacia abajo, la saliva que se almacene debajo de la lengua es la que colocara en el recipiente. Todo este proceso se llevara con una técnica estrictamente limpia con uso de guantes por parte del aplicador.

RIESGOS ASOCIADOS

Este estudio consta de las siguientes fases:

La primera implica la realización de una historia clínica completa con un enfoque sobre el sistema inmune:

La segunda fase consiste en recolectar muestras de sangre y saliva con el procedimiento arriba mencionado. Posterior a la toma de sangre se puede

presentar dolor en el área de aplicación, así como equimosis o morete, la frecuencia de aparición de dicha evento está condicionado por la evasión de medidas específicas mencionadas por el aplicador así como por aspectos individuales. También puede presentarse infección en la vena, este evento poco posible debido a que las medidas higiénicas serán estrictas. Podría también presentar náuseas y/o mareos al introducir la aguja en la vena esto como consecuencia de reacciones individuales.

En caso que usted desarrolle algún efecto adverso secundario o requiere algún tipo de atención, esta se le brindará en términos que siempre se le ha ofrecido.

ACLARACIONES

- Su decisión de participar en el evento es completamente voluntaria,
- No habrá ninguna consecuencia desfavorable para usted, en caso de no aceptar la invitación.
- Si decide participar en el protocolo puede retirarse en el momento que lo desee, aun cuando el investigador responsable no se lo solicite, informando las razones de su decisión, la cual será respetada en su integridad.
- No tendrá que hacer gasto alguno en su estudio.
- No recibirá pago por su participación.
- En el transcurso del estudio podrá solicitar información actualizada sobre el mismo, al investigador responsable.
- La información obtenida en este protocolo, utilizada para la identificación de cada paciente, será mantenida con estricta confidencialidad por el grupo de investigadores.
- Si considera que no hay dudas ni preguntas acerca de su participación, puede si así lo desea, firmar la Carta Consentimiento Informado anexa a este documento.

CARTA CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo _____

he leído y comprendo la información anterior y mis preguntas han sido

respondidas de manera satisfactoria. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en el protocolo pueden ser publicados o difundidos con fines científicos. Convengo en participar en este estudio de investigación.

Nombre y Firma del participante

Fecha

Testigo Nombre y Firma

Fecha

Testigo Nombre y Firma

Fecha

He explicado al Sr. _____ La naturaleza y los propósitos de este protocolo de investigación; le he explicado acerca de los riesgos y beneficios que implica su participación. He contestado a las preguntas en la medida de lo posible y he preguntado si tiene alguna duda. Una vez concluida la sesión de preguntas y respuestas, se procedió a firmar el presente documento.

Nombre y
Fecha

Firma del Investigador

ANEXO B.HISTORIA CLÍNICA

HISTORIA CLÍNICA LABORAL					
INICIALES DE NOMBRE COMPLETO Y RFC					
EDAD:		SEXO:		ESCOLARIDAD:	
ESTADO CIVIL:		LUGAR DE NACIMIENTO:			
NO. DE HIJOS:		No. DE INDIVIDUOS QUE DEPENDEN DE USTED:			
TRABAJO ACTUAL					
Categoría ocupacional:		Antigüedad:		Horas diarias de trabajo;	
Puesto:		Área:		Horas diarias de descanso:	
Días de descanso a la semana:		Horario de trabajo:		Tiempo de traslado a su centro laboral:	
Exposición a:	AGENTES FÍSICOS	AGENTES QUÍMICOS	AGENTES BIOLÓGICOS	AGENTES ERGONÓMICOS	AGENTES PSICOSOCIALES
Qué tipo de protección personal utiliza:					
Ha tenido algún accidente en su lugar de trabajo					
ANTECEDENTES LABORALES					
1.- Empresa:		Puesto:		Horas diarias de trabajo:	
Área:		Duración:		Horas diarias de descanso:	
Exposición a:	AGENTES FÍSICOS	AGENTES QUÍMICOS	AGENTES BIOLÓGICOS	AGENTES ERGONÓMICOS	AGENTES PSICOSOCIALES
Ha tenido alguna alteración en su estado de salud desde su ingreso; ¿Cuál?					
Incapacidades (días y causa)					
2.- Empresa:		Puesto:		Horas diarias de trabajo:	
Área:		Duración:		Horas diarias de descanso:	
Exposición a:	AGENTES FÍSICOS	AGENTES QUÍMICOS	AGENTES BIOLÓGICOS	AGENTES ERGONÓMICOS	AGENTES PSICOSOCIALES
Incapacidades (días y causa)					

3.- Empresa:		Puesto:		Horas diarias de trabajo:	
Área:		Duración:		Horas diarias de descanso:	
Exposición a:	AGENTES FÍSICOS	AGENTES QUÍMICOS	AGENTES BIOLÓGICOS	AGENTES ERGONÓMICOS	AGENTES PSICOSOCIALES
Incapacidades (días y causa)					
ANTECEDENTES HEREDOFAMILIARES					
Abuelos maternos:		Abuelos paternos:			
Padre:		Madre:			
Hermanos:		Tíos (primera línea):			
ANTECEDENTES PERSONALES NO PATOLÓGICOS					
Tabaquismo		Frecuencia e intensidad			
Alcoholismo		Frecuencia e intensidad			
Toxicomanías					
Hábitos higiénico dietéticos		Número de alimentos al día		Horarios	
Consumo de líquidos					
Consumo de frutas y verduras					
ANTECEDENTES PERSONALES PATOLÓGICOS (enfoque inmunológico)					
CIRUGIAS			LESIONES MUSCULOESQUELÉTICAS		
ALERGIAS			ENFERMEDADES CRÓNICAS		
TRANSFUCIONES					
INTERROGATORIO POR APARATO Y SISTEMAS					
RESPIRATORIO					
CARDIOVASCULAR					
DIGESTIVO					
GENITOURINARIO					
NERVIOSO					
MUSCULOESQUELÉTICO					
ENDOCRINO					

HEMATOPOYETICO					
INMUNOLÓGICO					
¿Se enferma frecuentemente?			¿Periodicidad?	¿De qué?	
¿Ha presentado algún tipo de enfermedad en la piel?			¿Cuándo?		
¿Ha presentado inflamación de sus articulaciones?				¿Cuándo?	
EXPLORACIÓN FÍSICA					
PESO:		TALLA:		IMC:	
TA:		FC:			
INSPECCIÓN GENERAL					
CABEZA					
CARA					
NARIZ					
OREJAS					
BOCA					
CUELLO					
TÓRAX					
ABDOMEN					
GENITALES					
EXTREMIDADES					

Nombre y Firma de Médico que realizo Historia Clínica

ANEXO C

BREVE CHECK LIST ANTE DE TOMAR LAS MUESTRAS DE SANGRE Y SALIVAL		
Marque con una X la respuesta, a cada una de las siguiente preguntas	SI	NO
Ayuno por más de 8 horas		
¿Actualmente tiene alguna enfermedad?		
¿Ha estado enfermo en las dos últimas semanas?		
¿Ha tenido algún tipo de infección en las dos últimas semanas?		
¿Ya se lavo los dientes?		
¿Ha fumado en las últimas 24 horas?		
¿Ha tomado alcohol en las últimas 24 horas?		

ANEXO D.

Descripción de Estandarización con técnica de ELISA

- 1.- Revisar que la placa Costar 3590 sea nueva. SENSIBILIZAR la placa: forrar la placa con 100ul, de una dilución 1:400,000 de anti-sc (componente secretor), más buffer de carbonatos aun pH de 6 y una molaridad 0.1M. No se forran los pozos, para el blanco 0, blanco de antígeno y blanco de muestra. Colocar 2 horas, a 37°C.
- 2.- Lavar con PVS tween a 0.05%, con 120 µl cada pozo, por 5 ocasiones.
- 3.- Bloquear toda la placa con BCA al 3%, disuelto en carbonatos, 100 al, en cada pozo. Incubar por 1 hora a 37°C.
- 4.- Lavar con PVS tween a 0.05%, con 120 µl cada pozo, por 5 ocasiones.
- 5.- Colocar muestra de los trabajadores expuestos y no expuestos, de acuerdo al protocolo establecido. Se inicia la dilución en 1:10 para después realizar diluciones seriadas en la placa, hasta llegar a 1:400, con PVS tween, de cada uno de los participantes, para cada placa, se corre una curva de IgA y una de Pool de Saliva, a la dilución 1:10, para después realizar diluciones seriadas, en la misma placa.
- 6.- De coloca por 1 hora a 37°C.
- 7.- Se Agrega el anticuerpo conjugado-peroxidado a una dilución, 1:3000, colocando 100 µl, en cada pozo.
- 8.- Lavar con PVS tween a 0.05%, con 120 µl cada pozo, por 5 ocasiones.
- 9.- Reacción sustrato-enzima, se agregan 100 µl a cada pozo de una solución de OPD, en buffer de citrato-fosfato más H₂O₂ Peróxido de Hidrógeno, al 30%, se protege de la luz, se deja reaccionar por 10 a 15 minutos.
- 10.- Al cambio por colorimetría se para la reacción con Ácido Sulfúrico 5N, se lleva al lector de ELISA, se lee con el programa Microplate, a una longitud de 490 nanómetros.
- 11.- El documento de guarda en Excel, se toman los puntos de cohorte de acuerdo a concentración de proteínas en Curva Bradford.