

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN**  
**CAMPUS LOS ÁNGELES**  
**ESCUELA DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA VEGETAL**



**EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL AL FRÍO EN  
TRABAJADORAS AGRÍCOLAS DE TEMPORADA EXPUESTAS A LA  
INTEMPERIE DURANTE EL PERIODO INVERNAL**

**Profesor Guía:** Juan Patricio Sandoval Urrea  
Magíster en Ergonomía  
Universidad de Concepción.

**SEMINARIO DE TITULACIÓN PARA  
OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO  
EN PREVENCIÓN DE RIESGOS**

**SONIA NOEMÍ MARDONES ARANEDA**

Los Ángeles - Chile

2016

**EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL AL FRÍO EN  
TRABAJADORAS AGRÍCOLAS DE TEMPORADA EXPUESTAS A LA  
INTEMPERIE DURANTE EL PERIODO INVERNAL**

**Profesor Guía**

.....

**Juan Patricio Sandoval Urrea**

**Ingeniero de Ejecución Forestal**

**Magister en Ergonomía**

**Jefe de Carrera**

.....

**Juan Patricio Sandoval Urrea**

**Ingeniero de Ejecución Forestal**

**Magister en Ergonomía**

**Director de Departamento**

.....

**Mauricio Rondanelli Reyes**

**Biólogo**

**Doctor en Ciencias Biológicas**

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi más profundo y sincero agradecimiento, en primer lugar, a mi profesor guía Juan Patricio Sandoval Urrea, quien, con profesionalismo, rigurosidad científica y amplia experiencia, me orientó y acompañó durante todo el desarrollo de este trabajo. Destaco especialmente su constante disposición, paciencia y calidad humana, así como la confianza y el respeto con los que supo guiarme en cada etapa del proceso, incluso en aquellos momentos de mayor dificultad académica y personal.

Asimismo, deseo reconocer a Sofía Bermeo, profesora de Biología, quien en una etapa relevante de este proceso me brindó orientación de manera remota y personalizada, contribuyendo de forma significativa al enfoque conceptual y al desarrollo metodológico de la tesis, aportando claridad y solidez al trabajo realizado.

Finalmente, deseo expresar un especial agradecimiento a mi familia, en particular a mi hermana Erika Mardones y a mi cuñado Sergio González, ambos Bioquímicos, quienes me acompañaron y apoyaron de manera fundamental durante la fase final del proyecto. Su respaldo, tanto académico como personal, así como el aporte de sus conocimientos y experiencia profesional, resultaron esenciales para la culminación de este trabajo.

Para concluir, agradezco a Dios, reconociendo que no todos los días son necesariamente brillantes, pero que los días nublados no son sinónimo de fracaso, sino desafíos que permiten el aprendizaje, la reflexión y el crecimiento personal. Desde esta perspectiva, me siento profundamente agradecida de haber podido perseverar y concluir esta etapa de mi vida, con la convicción de que cada dificultad enfrentada formó parte del camino que condujo a este logro.

## ÍNDICE

I.	RESUMEN.....	8
II.	INTRODUCCIÓN.....	9
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
	3.1 Muestra .....	14
	3.2 Criterios de inclusión .....	14
	3.3 Criterio de exclusión .....	14
	3.4 Metodología e Instrumentos utilizados.....	14
	3.5 Evaluación del enfriamiento general del cuerpo.....	16
	3.5.1 Mediciones de los variables ambientales.....	16
	3.5.2 Determinación del nivel de actividad (consumo metabólico).....	16
	3.5.3 Cálculo del aislamiento requerido de la vestimenta .....	17
	3.5.4 Comparación entre el aislamiento requerido y la vestimenta existente .....	17
	3.5.5 Evaluación de las condiciones para el balance térmico y cálculo del tiempo de exposición máximo recomendado (DLE). .....	17
	3.6 Análisis estadístico.....	18
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	19
	4.1. Caracterización de la población.....	19
	4.2 Índice de masa corporal .....	19
	4.3 Exposición ocupacional al frío en otros rubros.....	22
	4.4 Consideraciones ergonómicas y educativas.....	23
	4.5 Resultados de medición de variables medioambientales .....	23
	4.6 Evaluación del enfriamiento general. Determinación del aislamiento requerido, IREQ.....	31
	4.7 Determinación del nivel de actividad.....	33
	4.8 Estimación del consumo metabólico según posturas y movimientos .....	35
	4.9 Cálculo del aislamiento requerido de la vestimenta.....	37
	4.9.1 Implicancias prácticas para la gestión del riesgo térmico.....	40
	4.9.2 Determinación del aislamiento real de los trabajadores .....	41

4.9.3 Determinación del tiempo de exposición.....	43
V. CONCLUSIONES.....	46
VI. RECOMENDACIONES .....	48
VII. BIBLIOGRAFÍA .....	51
VIII. ANEXOS .....	56
7.1 Anexo 1. Documento de Consentimiento Informado .....	56
7.2 Anexo 2. Valores de Aislamiento térmico para prendas individuales .....	58
7.3 Anexo 3. Figuras que indican la superficie del cuerpo cubierta. ....	61
7.4 Anexo 4. Clasificación Internacional de adultos bajo peso, sobrepeso y obesidad según el IMC.....	72
7.5 Anexo 5. Determinación del índice IREQ de acuerdo a la velocidad del aire (5m/s), el metabolismo (200 (w/m <sup>2</sup> ) y la temperatura ambiental 5°C. ....	73
7.6 Anexo 6. Determinación del tiempo de exposición. ....	74

<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Índice de composición corporal de la población .....	19
Tabla 2. Variables ambientales medidas durante la jornada de trabajo.....	24
Tabla 3. Características del ambiente durante la jornada laboral.....	25

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>Pág.</b>
Gráfico 1. Clasificación Internacional de adultos bajo peso, sobrepeso y obesidad según el IMC.....	20
Gráfico 2. Distribución de edades de las trabajadoras.....	21
Gráfico 3. Variación de la temperatura ambiental y sensación térmica durante la jornada matinal (07:30–12:00 h).....	26
Gráfico 4. Variación de temperatura corporal de las trabajadoras a través de la jornada.....	29

## I. RESUMEN

El organismo se entiende como un sistema energético, el cual genera constantemente calor a través de numerosas reacciones bioquímicas. Sin embargo, cuando la persona se encuentra expuesta, trabajando en condiciones de frío extremo, sin las medidas de protección necesarias, la generación continua de calor metabólico no garantizaría la temperatura interna mínima necesaria para la vida, lo que generaría hipotermia. Para evitar la hipotermia, es necesario otorgar la protección adecuada al trabajador, considerando las condiciones ambientales. Se realizó el estudio en un trabajo agrícola de temporada en periodo invernal, y el objetivo fue determinar una metodología para evaluar la existencia de riesgo ocupacional al frío, considerando para ello la temperatura interna del individuo y la temperatura ambiental. La muestra estuvo constituida por un total de 14 trabajadoras que realizaban tareas de poda en una plantación de arándanos. Se demostró que las trabajadoras estaban expuestas a un ambiente frío de trabajo, el que influyó en el descenso de la temperatura corporal por debajo de los 36°C al 21,42% de la muestra. Se determinó que el 7% de las trabajadoras que contaban con la aislación térmica insuficiente, podían trabajar durante toda la jornada de acuerdo con la norma. Sin embargo, dado al contraste de los resultados, se recomendó realizar tanto la monitorización de temperatura interna de los trabajadores como la evaluación de aislamiento de la vestimenta, sugiriendo aumentar el porcentaje de aislación térmica dada por la norma, para evitar la disminución de la temperatura núcleo, además de establecer trabajos que generen el calor metabólico necesario para mantener el equilibrio térmico del cuerpo.

**Palabras claves:** Exposición a frío, temperatura interna, hipotermia, trabajo agrícola, índice IREQ

## II. INTRODUCCIÓN

El organismo humano puede entenderse como un sistema energético (Mutualidad de la Agrupación de Propietarios de Fincas Rústicas [MAPFRE], 1991), el cual genera constantemente calor a través de numerosas reacciones bioquímicas. Sin embargo, cuando la persona se encuentra expuesta a condiciones de frío extremas, la generación continua de calor metabólico no garantiza la temperatura interna mínima necesaria para la vida, debido a que se está cediendo calor al entorno (Mondelo, Gregori, Comas, Castejón & Bartolomé, 1998).

Uno de los factores de riesgo ambiental presentes en el trabajo es el frío, y según Tochiara (1998), se puede presentar tanto en interiores como a la intemperie. Los trabajos en interiores, que corresponden a cámaras frigoríficas o salas no calentadas, incluyen a trabajadores del sector pesquero, de la industria láctea y otras industrias alimentarias como la frutícola. Por su parte, los empleos al aire libre están compuestos por trabajadores del sector agrícola, forestal, construcción, pesca, entre otros (Bittel, 1998).

De acuerdo con la legislación chilena, se considera que este riesgo existe cuando se trabaja a temperatura ambiental crítica al aire libre, es decir, aquella igual o inferior a 10°C, que es agravada por la lluvia y/o por corrientes de aire, (Decreto Supremo 594, 1999). En el ámbito internacional, un ambiente frío está definido según la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2001), como el conjunto de condiciones ambientales que causan pérdidas de calor corporal superiores a lo normal. Se entiende por normal, a la capacidad de una persona de mantener su temperatura interna alrededor de los 37°C. Esto convierte al ser humano en una criatura homeotérmica, el cual es capaz de regular su temperatura corporal dentro de unos márgenes muy estrechos (Blasco, 2012). Dado que el ambiente frío posee temperaturas de aire muy bajas, produce pérdidas de calor del cuerpo por convección, radiación y conducción hacia el ambiente, lo que imposibilita mantener en equilibrio la temperatura interna de una persona (OIT, 2001). Es más, de acuerdo con la ecuación de balance térmico entre la persona y el medio,

el hombre pierde también calor por la respiración y por la evaporación del sudor (MAPFRE, 1991).

La Ergonomía por su parte, propone que un ambiente frío es aquel que aún sin provocar disminución de la temperatura interna del individuo expuesto, genera una sensación de discomfort, alterando su bienestar, su rendimiento o la calidad de las actividades que realiza (Parsons, 2003), debido a que al iniciarse el enfriamiento de todo el cuerpo o algunas partes del mismo, origina molestias, insensibilidad, disfunción neuromuscular e incluso llegan a provocarse lesiones por frío (Holmér, Granberg & Dahlstrom, 1998). A menudo, la exposición al aire frío, al viento, la humedad y la inmersión al agua producen una sinergia que puede volver más riesgosa la situación en la que se encuentra el individuo (Conway, Husberg & Lincoln, 1998).

Los efectos de la exposición al frío en cada individuo son distintos, porque está influenciada por varios factores, como lo son la aclimatación, la edad, el género, la constitución corporal, la etnia de la cual proviene y la vestimenta (Mondelo et al, 1999). Burtan (1994); citado por Conway et al. (1998), define aclimatación, como los cambios que se generan en las respuestas del organismo producido por alteraciones constantes en el medio ambiente. Inoue (1992); citado por Conway et al. (1998), asevera que la fiabilidad de la respuesta humana al frío puede deteriorarse con la edad. En relación con el género, la temperatura de la piel de las mujeres, la capacidad evaporativa y su metabolismo es ligeramente inferior al de los hombres (Mondelo et al, 1999). Referente a la etnia, Danz y Pozos (1994), han comprobado que, en exposición a frío, los esquimales mantienen el calor en sus dedos mucho más tiempo que cualquier otra raza. En atención al vestuario, Lotens (1998) señala que para poder sobrevivir y trabajar en condiciones más frías, debe crearse un clima cálido en la superficie de la piel por medio de la ropa y el calentamiento artificial.

Los efectos del trabajo en ambientes fríos dependen de varios factores, por tanto, los efectos agudos del enfriamiento aparecerán en plazos de minutos u horas,

siendo el efecto más evidente el enfriamiento inmediato de la piel y las vías respiratorias superiores (Holmér et al, 1998). Los principales mecanismos de defensa son la vasoconstricción periférica y el escalofrío; la vasoconstricción periférica consiste en reducir el flujo sanguíneo periférico (termogénesis), con el objetivo de no perder calor corporal por radiación y convección, ésta se hace más notoria en las extremidades que en el tronco (Kenney, 1998); por su parte, los escalofríos corresponden a una contracción muscular de breve duración que adopta el aspecto de temblor irregular (Holmér et al, 1998), en el cual una persona en reposo puede multiplicar por tres o cuatro su producción de calor metabólico con una tiritona intensa; sin embargo, llega un momento en que a los músculos se les agotan las reservas de energía y se fatigan (Kenney, 1998). Aparte de los efectos cardiovasculares (vasoconstricción periférica) y efectos sobre el metabolismo muscular (escalofríos), se producen efectos sobre el aparato respiratorio, ocurriendo cambios endocrinos y metabólicos, cambios renales y hematológicos, y efectos neurológicos y conductuales (SGS TECNOS, 2008). Si la vasoconstricción periférica y los tiritones no son efectivos en detener la disminución de la temperatura interna, es decir, está existiendo un nivel elevado y sostenido de pérdida de calor, ocurre la hipotermia (Maclean & Emslie-Smith, 1997; citado por Holmér et al, 1998). Cuando la temperatura del cuerpo baja de los 34°C, el trabajador puede quedar semi inconsciente, resultándole doloroso el movimiento, al bajar de 31°C la persona llega a perder la conciencia y por debajo de los 28° se produce la muerte por fibrilación del corazón (Cortés, 2005).

Para evitar que la persona llegue al estado de hipotermia producto del frío, la ropa es el implemento más importante para proteger el organismo contra este factor ambiental, el cual debe asegurar su confort durante el desarrollo de la tarea (Herman, 1998). Sin embargo, el excesivo abrigo entorpece el rendimiento manual, por el uso de guantes, y el de una gran cantidad de capas de ropa, debido a que dificulta la movilidad y produce sudor. Según Bittel y Savourey (1998), las medidas preventivas en este sentido intentan reducir la incidencia de congelación de las extremidades y de la hipotermia accidental.

Las manos son una de las partes más vulnerables del cuerpo humano a la congelación, debido a su pequeña masa y a su gran superficie (Anttonen & Hiltunen, 1998). El entumecimiento de las manos puede provocar accidentes musculares graves, es por eso que Rintamäki y Parsons (1998), sugieren que la temperatura ambiental no disminuya más allá de los 16°C. Sin embargo, al usar guantes protectores contra el frío, se puede dañar la función manual (Geng & Holmér, 1998). Para contrarrestar esta disminución de rendimiento, Bittel (1992), propone la adaptación al frío local, que se caracteriza por temperaturas más cálidas de la zona de la piel, menos dolor, una mayor destreza manual, un mayor flujo sanguíneo local y una vasodilatación inducida por el frío antes a temperaturas más altas de la piel, la que puede desarrollarse fácilmente en casa, al poner la mano en agua helada, una o dos veces al día durante un mes.

Para poder diseñar las prendas más eficaces para el trabajo a temperaturas extremas, tienen que conocerse los mecanismos de intercambio de calor a través de la ropa, estos son: la naturaleza del aislamiento proporcionado, las capas de aire y movimiento de aire, conducción del calor de aire inmóvil y en movimiento, transferencia de calor por radiación, aislamiento de los tejidos y resistencia al vapor del aire y los tejidos (Lotens, 1998). La Norma Chilena 2767 (2002), designa a la ropa valores de aislamiento básico que ésta proporciona, para mantener el equilibrio del balance térmico del cuerpo.

Tomando como base los antecedentes expuestos, este estudio contempla la evaluación de estrés por frío, en trabajos que se encuentran a la intemperie en período invernal en la ciudad de Los Ángeles, debido a que en Chile existe una escasa investigación frente a este factor de riesgo en el área laboral, en el que la exposición del trabajador a bajas temperaturas sin las suficientes medidas de prevención, como la determinación de tiempo máximo de exposición o las características requeridas del vestuario, pueden provocar desde daños leves a la salud de la persona, hasta la muerte.

El objetivo general del estudio fue evaluar la exposición ocupacional al frío de trabajadores temporeros en la intemperie en periodo invernal. Los objetivos específicos fueron i) Determinar la existencia de riesgo ocupacional al frío, a través de la monitorización de temperatura interna de los trabajadores asociada a la temperatura ambiental; ii) Evaluar el aislamiento de la vestimenta de los trabajadores versus las condiciones ambientales existentes; iii) Establecer medidas de control a la empresa que acoge a los trabajadores.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

El tipo de estudio se enmarcó en un diseño no experimental, aplicando el método descriptivo, enfocando un estudio de tipo transversal ya que se analizó en tiempos y horarios específicos, ya que se debió analizar específicamente en las condiciones donde se presentan las menores temperaturas ambientales, en la jornada de trabajo. La población bajo estudio correspondió al personal que desempeñaba labores en el área de poda del huerto de arándanos de la Sociedad Agrícola Vitroplanta, ubicada en la ciudad de Los Ángeles, región del Biobío, Chile. La investigación se realizó

#### **3.1 Muestra**

La muestra estuvo conformada por 14 trabajadoras, quienes realizaban trabajos de poda en el periodo invernal.

#### **3.2 Criterios de inclusión**

Se incluyeron los trabajadores que realizaban el proceso de recorte de arbusto y que hubiesen firmado el documento de consentimiento informado (anexo 1).

#### **3.3 Criterio de exclusión**

Todo aquel trabajador que no hubiese firmado el documento de consentimiento informado.

#### **3.4 Metodología e Instrumentos utilizados**

La obtención de datos para el índice de masa corporal (IMC), se realizó media hora antes de iniciar la jornada de trabajo en el casino de la empresa (7:30 horas). El índice se calculó mediante la fórmula de peso/ (estatura<sup>2</sup>) que establece la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2004). La talla y el peso se midieron con una balanza tallímetro marca Tanita modelo WB-3000, con sensibilidad de 0,1 cm y 0,1 kg respectivamente. Las medidas se tomaron tal como lo especifica Lohman et al. (1988), quien establece que para la obtención del peso del trabajador se debe procurar que esté sin zapatos ni prendas pesadas. Para ello se

le indica al trabajador ubicarse en el centro de la báscula y mantenerse inmóvil durante la medición. Asimismo, para la talla, la persona se ubicó de pie con los talones unidos, las piernas rectas, los hombros relajados y la cabeza derecha, sin adornos para el cabello que pudieran interferir en la medición.

De acuerdo con lo que estipula el Decreto Supremo N°594 (1999) en su artículo N° 99, el trabajador se encuentra expuesto a frío si las combinaciones de temperatura ambiental y velocidad del aire bajan su temperatura interna a 36°C o menos. Razón por la cual se monitoreó la temperatura interna de cada trabajador a lo largo de la jornada de la mañana. Y de acuerdo como lo realizaron en su estudio, Izquierdo, Beltrán, Santos y Ortega (2014), el registro de la variación de temperatura interna a cada trabajadora se le tomó al inicio, durante y al final de la jornada con termómetros de mercurio. Este registro se repitió cinco veces con un intervalo de tiempo de 60 minutos durante la jornada de la mañana (8:00 a 13:00 horas).

En el artículo N°99 del Decreto Supremo N°594 también se señala que la temperatura ambiental crítica, al aire libre, es aquella que es igual o inferior a 10°C y que se ve agravada por la lluvia y/o corrientes de aire, por lo cual, paralelamente a la medición de la temperatura interna, se fueron registrando con un Monitor de estrés térmico, modelo QUESTemp° 32, la temperatura del aire (bulbo seco), la humedad relativa (bulbo húmedo), y la radiación (temperatura de globo). Para ello, de acuerdo con lo que dicta el Ministerio de Salud (MINSAL, 2013) en su “Protocolo para la medición de estrés térmico”, el equipo previamente para su uso fue humectado en la zona del bulbo húmedo y luego fue calibrado. Considerando que las condiciones de temperatura del medio ambiente resultaron ser homogéneas y los trabajadores realizaban su labor de pie, el protocolo estipula que el rango de altura al que debe ubicarse el equipo comprende desde 1 a 1,5 metros, por ende, el monitor fue posicionado a 1,2 metros del suelo. Para obtener la velocidad del aire, se utilizó un anemómetro marca PCE Group, modelo PCE – AM 81.

### **3.5 Evaluación del enfriamiento general del cuerpo**

La metodología para la evaluación del enfriamiento general del cuerpo está basada en el cálculo del aislamiento requerido de la vestimenta y del intercambio o pérdida de calor para el mantenimiento del equilibrio térmico, cuyo procedimiento de evaluación se encuentra estipulado en la Norma Chilena N°2767 de Ergonomía – Evaluación de los medioambientes fríos – Determinación del aislamiento requerido de la vestimenta (IREQ) y considera los siguientes pasos:

- Mediciones de las variables ambientales;
- Determinación del nivel de actividad;
- Cálculo del aislamiento requerido de la vestimenta
- Comparación con el aislamiento suministrado por la vestimenta existente;
- Evaluación de las condiciones para el balance térmico y cálculo del tiempo de exposición máximo recomendado (DLE).

#### **3.5.1 Mediciones de los variables ambientales**

Las variables ambientales medidas con el Monitor de estrés térmico QUEST Temp 32, fueron la temperatura del aire, la temperatura radiante media, humedad relativa y la velocidad, esta última se determinó con un anemómetro. Para el cálculo del enfriamiento general del cuerpo se necesitaron las medias y la varianza de cada variable, por lo que se hizo uso del Programa Microsoft Excel (versión 2010).

#### **3.5.2 Determinación del nivel de actividad (consumo metabólico)**

De acuerdo con la Norma Chilena n° 2667, el cálculo del consumo metabólico se determinará a través de la identificación de las características propias de la actividad laboral, que se encuentran en la Tabla clasificatoria del consumo metabólico por clase de actividad. (Anexo 1).

### **3.5.3 Cálculo del aislamiento requerido de la vestimenta**

El IREQ se define como el aislamiento resultante requerido de la vestimenta, durante las condiciones medioambientales reales, para mantener el cuerpo en un estado de equilibrio térmico con niveles aceptables de temperatura del cuerpo y de la piel, y se mide en metros cuadrados grados Celsius por watt ( $m^2 \times ^\circ C/W$ ) o clo.

El cálculo exacto del IREQ precisa la utilización de un programa informático o calculadora programable, debido a las decenas de variables que indirectamente influyen en la ecuación de balance térmico. Razón por la cual la Norma Técnica de Prevención N°462: Estrés por frío: Evaluación de las exposiciones laborales, puso a disposición tablas en las que se dan los valores del IREQ en función del nivel de actividad, la velocidad y la temperatura del aire.

### **3.5.4 Comparación entre el aislamiento requerido y la vestimenta existente**

De acuerdo con la Norma Chilena N°2709 (2002), se registró el conjunto de vestimenta que se encontraba usando cada trabajador, basada en valores conocidos de prendas de vestir, quienes señalaron la figura que representaba cada prenda puesta, presentes en el Anexo B de la norma (ver Anexos 2 y 3), La aislación que posee el individuo se denota  $I_{clr}$ , y su unidad de medida es metros cuadrados grados Celsius por watt ( $m^2 \times ^\circ C/W$ ) o clo.

### **3.5.5 Evaluación de las condiciones para el balance térmico y cálculo del tiempo de exposición máximo recomendado (DLE).**

La evaluación de las condiciones para el balance térmico se realizó comparando la aislación que le proveyó la vestimenta del trabajador ( $I_{clr}$ ) con la del IREQ calculado. Si el sujeto lleva más vestido que el IREQ, se debe descartar riesgo por frío. Si el sujeto lleva menos vestidos que el IREQ, hay riesgo de enfriamiento progresivo del cuerpo, y se debe determinar la Exposición de duración Limitada (DLE). El cálculo del Tiempo de Exposición al que debe exponerse el trabajador se calculó de la misma manera que el IREQ, de acuerdo

con las tablas que establece la Norma Técnica de Prevención N°462, en el que entrega tiempos máximos de exposición en horas para distintos valores del aislamiento del vestido, de la temperatura del aire y del nivel de actividad.

### **3.6 Análisis estadístico**

Los datos obtenidos fueron sistematizados y analizados mediante el uso de Microsoft Excel, el cual se empleó para la organización de las bases de datos, el cálculo de estadísticos descriptivos (media, desviación estándar, valores mínimos y máximos) y la elaboración de tablas resumen. Posteriormente, el procesamiento gráfico y la representación visual de los resultados se realizaron utilizando el software Origin (OriginLab Corporation), herramienta que permitió la construcción de gráficos de líneas, gráficos de dispersión y la visualización de tendencias temporales de las variables ambientales y fisiológicas evaluadas.

El uso combinado de ambas herramientas permitió asegurar una adecuada gestión de los datos, así como una representación gráfica clara y precisa de los resultados, facilitando su interpretación

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Caracterización de la población

La muestra estuvo compuesta por 14 trabajadoras con un promedio de edad de  $44,2 \pm 12,6$  años, lo que corresponde a una población adulta media con predominio de mujeres.

### 4.2 Índice de masa corporal

En la Tabla 1 se observa que las trabajadoras presentaron, en promedio, un peso de  $68,85 \pm 9,21$  kg y una talla de  $1,49 \pm 0,04$  m. La media del índice de masa corporal (IMC) fue de  $30,8 \pm 3,7$ , lo que las sitúa en la categoría de obesidad tipo I, según la clasificación de la OMS (2004).

Tabla 1. Índice de composición corporal de la población

Variable	Media	Desv. Estándar	Mínimo	Máximo
Peso (kg)	68,85	9,21	56,20	91,70
Talla (m)	1,49	0,04	1,39	1,54
IMC	30,81	3,78	26,36	40,75
Edad (a)	44,3	12,6	21	60

En el Gráfico 1 se observa la distribución de las trabajadoras según la Clasificación Internacional de adultos con bajo peso, sobrepeso y obesidad (OMS, 2004). El 57 % se encuentra en condición de sobrepeso, el 36 % en obesidad tipo I y un 7 % en obesidad tipo III.

**Distribución del IMC de las trabajadoras agrícolas  
Clasificación Internacional (OMS, 2004)**

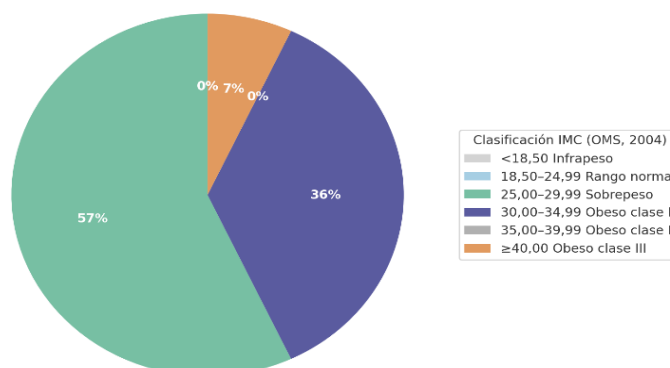


Gráfico 1. Clasificación Internacional de adultos bajo peso, sobrepeso y obesidad según el IMC.

Estos valores superan ampliamente las cifras de la Encuesta Nacional de Salud (MINSAL, 2010), donde el sobrepeso en mujeres alcanza 33,6 % y la obesidad 30,7 %. Dicha tendencia coincide con lo reportado por Thomas-Lange (2023), quien advierte que la prevalencia de exceso de peso en Chile es una de las más altas del continente, donde tres de cada cuatro personas presentan sobrepeso u obesidad, asociado a determinantes estructurales como nivel socioeconómico, escolaridad y género.

El perfil nutricional identificado en esta investigación concuerda con lo descrito por Caro (2011) para mujeres temporeras, quienes suelen pertenecer a estratos socioeconómicos bajos y exhiben dietas pobres en proteínas, frutas y harinas integrales, favoreciendo el exceso de peso. Según Anríquez et al. (2014; 2016), en la Región del Biobío el porcentaje de temporeros con educación básica incompleta o sin escolarización es considerablemente mayor que en otras regiones, lo que limita su acceso a empleos formales y dificulta el conocimiento de las normativas de protección laboral (Ley N.º 16.744).

La precariedad contractual es un rasgo estructural del trabajo agrícola chileno. Menos de la mitad de los trabajadores temporeros firma un contrato formal, lo que implica menor cobertura de seguridad social, riesgos no asegurados y ausencia de medidas preventivas frente a factores ergonómicos y ambientales (Anríquez et al., 2014). El bajo nivel de escolaridad también repercute en el desconocimiento de derechos laborales y en la escasa apropiación de medidas de autocuidado y uso correcto del equipo de protección personal (EPP), como advierten Donoso y Mendoza (2011) y Riquelme (2000).

La edad promedio determinada por Anríquez et al. (2016) —40,1 años— resulta similar a la de la muestra analizada ( $44,3 \pm 12,6$  años) vista en el gráfico 2, reflejando un proceso de envejecimiento de la fuerza laboral agrícola, fenómeno documentado por la Encuesta Casen (2020) como una de las transformaciones demográficas más relevantes de las últimas dos décadas.

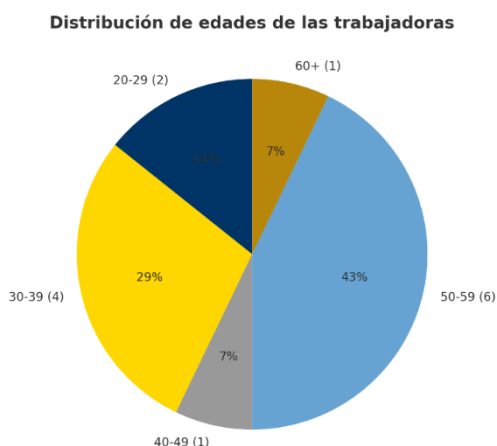


Gráfico 2. Distribución de edades de las trabajadoras.

El estudio contó inicialmente con 1 hombre y 14 mujeres (93,3 %), pero se decidió excluir al participante masculino debido a la baja frecuencia y diferencias metabólicas entre géneros. Según el VIII Censo Nacional Agropecuario y Forestal (INE, 2021), la participación femenina en el trabajo temporal agrícola es superior a la masculina, representando una fuerza de trabajo esencial pero

vulnerable. Rueda y Vera (2008) señalan que esta feminización responde tanto a la necesidad de un segundo ingreso familiar como a la destreza manual y meticulosidad atribuidas culturalmente a las mujeres, factores que paradójicamente han reforzado su precariedad laboral y menor poder de negociación.

#### **4.3 Exposición ocupacional al frío en otros rubros**

Las condiciones de exposición al frío en trabajos agrícolas guardan similitudes con las observadas en rubros como la pesca industrial, minería, construcción y almacenamiento frigorífico, donde los trabajadores enfrentan temperaturas bajo cero, alta humedad y vientos de más de 3 m/s, generando pérdidas progresivas de calor corporal (Golbabaie et al., 2022). En su estudio con trabajadores de transferencia de petróleo en Irán, estos autores reportaron valores medios de IREQ<sub>min</sub> de 2,1 clo e IREQ<sub>neutral</sub> de 2,43 clo, con sensación térmica promedio de -13,8 °C, y concluyeron que más del 80 % de los operarios presentaba riesgo de enfriamiento general y local, particularmente en extremidades.

Estos hallazgos son comparables con estudios realizados en Europa nórdica y Asia oriental, donde la exposición crónica al frío ha demostrado reducir la temperatura cutánea de manos y pies por debajo de 15 °C, afectando la destreza manual y aumentando la incidencia de accidentes laborales (Holmér, 2009; Saedpanah et al., 2019; Wiggen et al., 2011). En el contexto agrícola chileno, esta situación se agrava por la carencia de vestimenta adecuada, la falta de calefacción en áreas de descanso y la inexistencia de protocolos de monitoreo térmico.

En mujeres temporeras, el riesgo se incrementa debido a diferencias fisiológicas en la termorregulación. Estudios recientes en ergonomía térmica demuestran que las trabajadoras agrícolas presentan una mayor pérdida de calor periférico y una menor tolerancia al enfriamiento local en comparación con los hombres, lo cual se asocia a un menor metabolismo basal y a indumentaria no diseñada para su

morfología (Anttonen & Hiltunen, 2009; Mäkinen & Hassi, 2009). Investigaciones aplicadas en horticultoras de Finlandia y recolectoras de flores en Corea reportan valores de IREQmin entre 1,6 y 2,2 clo, insuficientes para mantener la temperatura corporal estable durante jornadas superiores a 4 horas (Thetkathuek et al., 2015; Oliveira et al., 2014b).

Estas deficiencias ponen de relieve la necesidad de fortalecer la seguridad laboral y la implementación de equipos de protección térmica específicos por género y tipo de labor. La Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2019) enfatiza que los EPP deben ajustarse a la anatomía femenina y proporcionar aislamiento térmico efectivo en extremidades y tronco, evitando interferir con la movilidad ni aumentar el esfuerzo físico.

#### **4.4 Consideraciones ergonómicas y educativas**

El bajo nivel educativo de gran parte de las trabajadoras agrícolas implica no solo limitaciones para acceder a empleos formales, sino también para comprender la normativa de seguridad y salud en el trabajo. Según el Instituto de Seguridad Laboral (ISL, 2022), más del 60 % de los trabajadores temporeros desconoce la existencia del Decreto Supremo N.º 594 y las obligaciones del empleador respecto a condiciones térmicas seguras. Esta brecha de conocimiento se traduce en un bajo uso de EPP, inadecuada percepción del riesgo y ausencia de medidas de autocuidado frente al frío, factores que potencian la vulnerabilidad ergonómica y social del grupo.

Por tanto, la presente caracterización no solo refleja las condiciones físicas y fisiológicas de la muestra, sino también un entramado de desigualdades estructurales: género, educación y precarización del trabajo, que amplifican la exposición a estrés térmico y limitan la eficacia de las políticas preventivas.

#### **4.5 Resultados de medición de variables medioambientales**

La ciudad de Los Ángeles presenta un clima templado cálido con estación seca corta (menos de cuatro meses), caracterizado por marcadas diferencias

estacionales y frecuentes heladas durante el invierno. En las noches despejadas, la temperatura puede descender bajo los 0 °C (Uribe et al., 2012).

Las condiciones ambientales fueron monitoreadas en siete momentos durante la jornada matinal, a intervalos de 45 minutos, entre las 7:30 y 12:00 horas. La medición se realizó en invierno, durante la primera semana de julio, cuando se registran las temperaturas más bajas del año en la provincia del Biobío.

De acuerdo con el Decreto Supremo N.º 594/1999, se considera “temperatura ambiental crítica” toda exposición al aire libre con temperatura igual o inferior a 10 °C, condición ampliamente superada en este estudio.

Tabla 2. Variables ambientales medidas durante la jornada de trabajo

Parámetro	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Velocidad del aire (m/s)	5,00	1,34	3,66	6,34
Temperatura del aire. (BS)	3,60	0,31	3,10	3,90

La Tabla 2 muestra que la velocidad media del aire fue de  $5,0 \pm 1,3$  m/s, con valores máximos de hasta 6,3 m/s, lo que representa un viento moderado capaz de incrementar significativamente la pérdida de calor corporal por convección. La temperatura media del aire (bulbo seco) fue de  $3,6 \pm 0,3$  °C, confirmando un ambiente térmicamente desfavorable para la exposición prolongada.

En la Tabla 3 se incluyen además las temperaturas de bulbo húmedo, globo y la humedad relativa del aire.

Tabla 3. Características del ambiente durante la jornada laboral

Variables	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
T° Bulbo Húmedo (°C)	4,0	0,3	3,6	4,6
T° Bulbo Seco (°C)	3,6	0,3	3,1	3,9
T° Bulbo Globo (°C)	5,2	1,4	3,7	7,1
Humedad Relativa (%)	94,7	2,7	91,0	99,0
Velocidad del aire (m/s)	5,0	1,3	3,6	6,3

La oscilación térmica fue baja, y la humedad relativa del ambiente aumentó con el paso de las horas, alcanzando el 99 % a las 10:30 h, valor que indica que el aire se encontraba en o muy próximo al punto de rocío (Lide, 2004), generando una sensación de frío más intensa.

El Gráfico 3 muestra la variación conjunta de las temperaturas de bulbo húmedo, bulbo seco y globo, además de la sensación térmica corregida por viento (5 m/s). Se observa que, si bien las temperaturas medidas oscilaron entre 3 °C y 6 °C, la sensación térmica estimada —promedio entre bulbos seco y húmedo ajustado por el efecto del viento— descendió entre -2 °C y -6 °C, lo que corresponde a un rango de exposición crítica al frío.

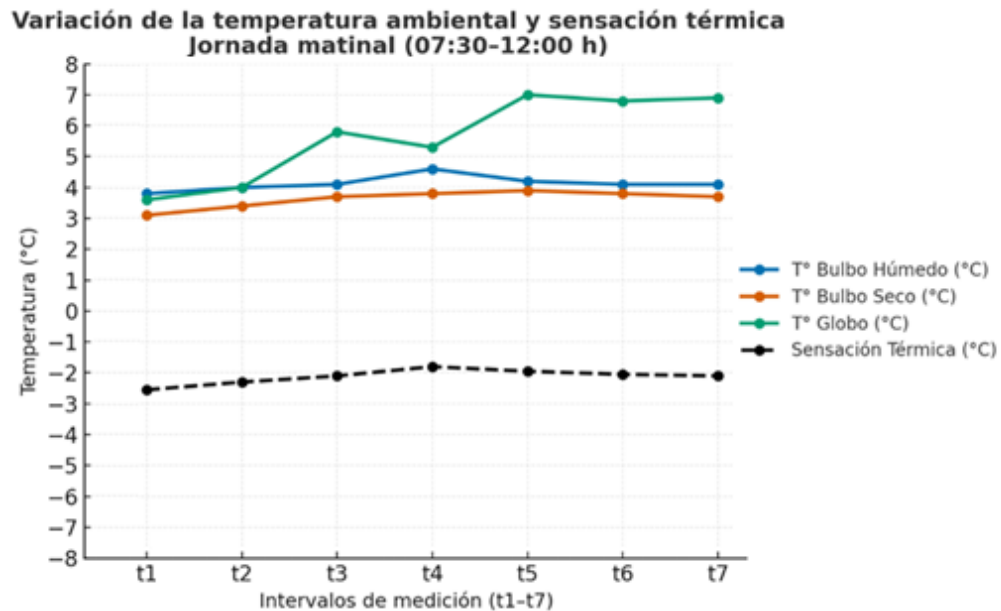


Gráfico 3. Variación de la temperatura ambiental y sensación térmica durante la jornada matinal (07:30–12:00 h).

La línea discontinua negra representa la sensación térmica corregida por viento (5 m/s), con valores entre  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , indicando condiciones de exposición crítica según la NCh 2767.Of2002

El viento amplifica la pérdida de calor por convección, reduciendo la temperatura cutánea y acelerando el enfriamiento periférico. Golbabaie et al. (2022) demostraron que velocidades entre 4 y 6 m/s pueden reducir la temperatura efectiva percibida en más de  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , incluso en condiciones de temperatura ambiental moderada. Este efecto se intensifica cuando coexisten altas humedades relativas, como las registradas durante la jornada de medición.

La sensación térmica de  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  implica un riesgo de enfriamiento localizado en extremidades y rostro en menos de una hora si no se cuenta con la vestimenta adecuada. De acuerdo con la NCh 2767.Of2002, para estas condiciones y una carga metabólica de trabajo moderado ( $M \approx 115\text{ W/m}^2$ , actividad física ligera a media), el aislamiento térmico mínimo requerido (IREQmin) se estima entre 2,0 y 2,2 clo.

Según la tabla C.1 de la NCh 2767.Of2002, un aislamiento de 2,0–2,2 clo equivale aproximadamente al uso de una camiseta térmica y camisa de manga larga, buzo polar o chaleco térmico, chaqueta tipo softshell o parka con aislamiento intermedio, además de guantes, gorro o pasamontañas y botas térmicas con calcetines de lana o poliéster técnico.

Estudios ergonómicos realizados por Anttonen y Hiltunen (2009) y Mäkinen y Hassi (2009) evidencian que el aislamiento térmico efectivo puede disminuir entre 0,15 y 0,25 clo por efecto del viento y la humedad, por lo que el vestuario debería incrementarse un 10–20 % para mantener la protección fisiológica. Asimismo, se recomienda realizar pausas térmicas cada 60–90 minutos en ambientes templados de 20–22 °C para prevenir la hipotermia (Holmér, 2009).

La OIT (2019) destaca la necesidad de equipos de protección térmica adaptados a la morfología femenina, dada la mayor susceptibilidad de las trabajadoras a la pérdida de calor periférico (Thetkathuek et al., 2015).

Desde un punto de vista fisiológico, el índice de aislamiento requerido (IREQ) y la duración límite de exposición (DLE) permiten estimar el tiempo máximo de permanencia en el ambiente antes de que se produzca un enfriamiento corporal excesivo. Para una sensación térmica entre  $-4$  y  $-6$  °C y una tasa metabólica de  $115 \text{ W/m}^2$ , la NCh 2767.Of2002 y la ISO 11079:2007 establecen un DLE aproximado de 1,5 a 2 horas para condiciones de trabajo continuo sin pausas térmicas. Superar dicho tiempo sin recuperación implica un descenso progresivo de la temperatura cutánea en manos y pies, pudiendo alcanzar valores inferiores a  $15$  °C —nivel en el que se pierde destreza manual y aumenta el riesgo de lesiones por frío (frostnip o congelación superficial) (Holmér, 2009; Saedpanah et al., 2019; Oliveira et al., 2014b).

En términos fisiológicos, cuando el aislamiento de la vestimenta ( $I_{cl}$ ) es inferior al  $IREQ_{min}$ , se produce un balance térmico negativo, en el que el flujo de calor hacia el ambiente supera la producción metabólica, resultando en enfriamiento

corporal generalizado (Golbabaie et al., 2022). Este fenómeno coincide con lo observado por Saedpanah et al. (2019) en mecánicos expuestos a temperaturas inferiores a  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , quienes mostraron un descenso de hasta  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  en la temperatura de los dedos tras 15 minutos de trabajo.

En consecuencia, las condiciones registradas en la faena agrícola de Los Ángeles ( $T^{\circ}$  ambiente  $3\text{--}4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , viento  $5\text{ m/s}$  y humedad  $95\%$ ) generan una sensación térmica equivalente a  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , considerada crítica para exposición prolongada. La aplicación del índice IREQ confirma que las trabajadoras requieren un aislamiento mínimo de  $2,2\text{ clo}$  y periodos de recuperación cada  $60\text{--}90$  minutos, condiciones que rara vez se cumplen en el trabajo agrícola chileno informal.

Todo lo anterior indica que las temporeras agrícolas están expuestas a niveles de estrés térmico por frío que superan los límites ergonómicos de confort definidos por la NCh 2767.Of2002, lo que refuerza la necesidad de estrategias de protección térmica activa, monitoreo ambiental sistemático, y capacitación en prevención de riesgos asociados al frío. Estas medidas son esenciales para resguardar la salud y la productividad de las trabajadoras rurales del Biobío durante los meses de invierno.

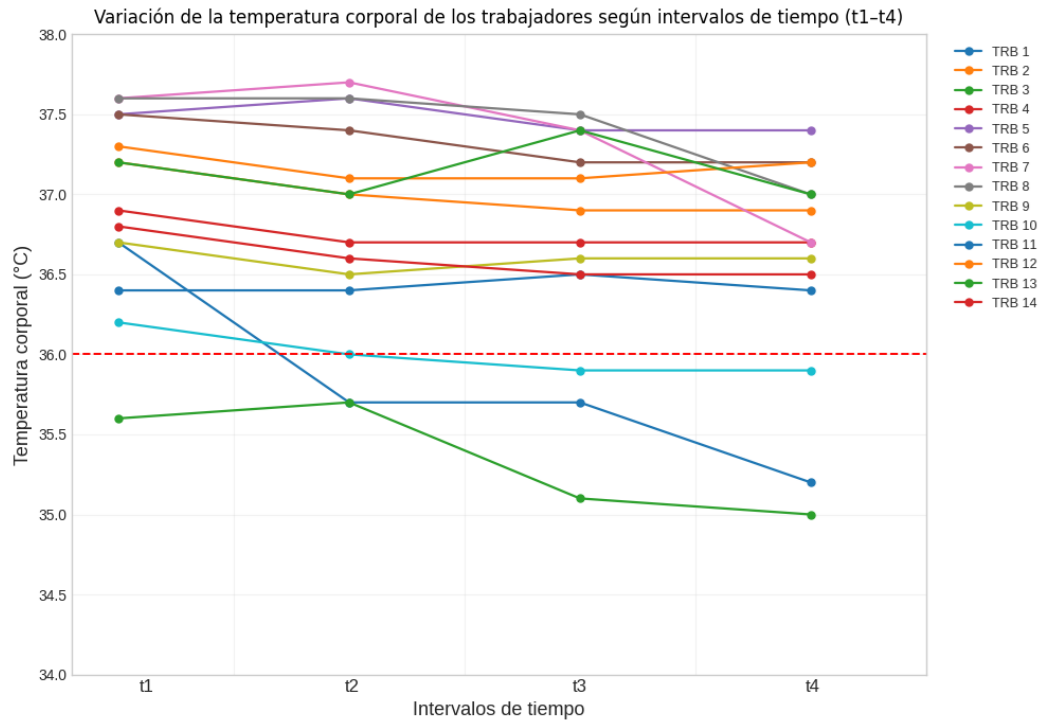


Gráfico 4. Variación de temperatura corporal de las trabajadoras a través de la jornada.

La exposición ocupacional al frío genera una serie de respuestas fisiológicas y psicológicas que impactan directamente en la seguridad, salud y productividad de los trabajadores agrícolas.

En términos fisiológicos, el organismo responde inicialmente mediante vasoconstricción periférica, que reduce el flujo sanguíneo hacia las extremidades con el fin de conservar la temperatura central. Esta respuesta provoca entumecimiento de manos y pies, disminución de la sensibilidad cutánea y pérdida de destreza manual, lo cual repercute en la capacidad de ejecutar tareas que requieren precisión (Cheung, 2015). La reducción de la temperatura cutánea enlentece la conducción nerviosa y la función muscular, limitando la fuerza de agarre y la motricidad fina. En contextos agrícolas, donde las labores implican manipulación de herramientas o recolección manual, este efecto se traduce en menor rendimiento y mayor probabilidad de accidentes laborales.

Si la exposición persiste, los mecanismos de compensación, como los escalofríos, aumentan transitoriamente la producción de calor metabólico, pero a expensas de un mayor gasto energético y fatiga precoz (Castellani et al., 2016). En casos de pérdida sostenida de calor, se observa un descenso de la temperatura corporal central que puede progresar a hipotermia leve, con síntomas de fatiga, temblores intensos, incoordinación motriz y mayor vulnerabilidad a lesiones musculoesqueléticas.

Desde el punto de vista psicológico, el frío constituye un estresor ambiental capaz de alterar procesos cognitivos y emocionales. Diversos estudios han demostrado que la exposición al frío disminuye el rendimiento en tareas que demandan atención, memoria de trabajo y funciones ejecutivas (Falla et al., 2021). Este deterioro cognitivo ocurre incluso antes de que se produzca hipotermia, dado que parte de los recursos atencionales se desvían hacia la percepción del malestar térmico. En consecuencia, los trabajadores expuestos no solo experimentan una baja en su productividad, sino que también presentan mayor propensión a errores y accidentes.

A nivel de salud mental, la exposición crónica a condiciones térmicas adversas puede generar estrés, irritabilidad y sensación de incomodidad persistente, lo que contribuye a la disminución del bienestar psicológico. Evidencia reciente muestra que las temperaturas extremas, tanto frías como calurosas, se asocian a un incremento en la demanda de apoyo psicológico y en la prevalencia de síntomas de ansiedad y depresión (Janzen, 2022). Así, el trabajo agrícola en invierno no solo implica un riesgo físico por hipotermia o lesiones locales, sino también un impacto en la salud mental y en la calidad de vida laboral. En este contexto, los hallazgos del presente estudio, donde se evidenció un entumecimiento de extremidades y descenso de la temperatura corporal en un 21,42% de la muestra, son consistentes con la literatura internacional y reafirman la necesidad de implementar medidas preventivas. Estas deben contemplar no solo la provisión de vestimenta adecuada, sino también pausas activas para recuperación térmica,

educación en autocuidado y estrategias de apoyo psicosocial que mitiguen el estrés ambiental.

#### **4.6 Evaluación del enfriamiento general. Determinación del aislamiento requerido, IREQ.**

La evaluación del enfriamiento general constituye un componente central en la caracterización del riesgo térmico en ambientes laborales fríos, particularmente en contextos agrícolas al aire libre, donde los trabajadores se encuentran expuestos simultáneamente a bajas temperaturas, elevada humedad relativa y velocidades de aire significativas. En este escenario, la pérdida de calor corporal ocurre de forma progresiva y sostenida, afectando tanto la temperatura cutánea como la temperatura corporal central, lo que puede comprometer la salud, la seguridad y el desempeño laboral.

El índice de aislamiento requerido de la vestimenta (IREQ), propuesto por Holmer (1984, 1988) y adoptado posteriormente en normas internacionales como ISO 11079 y en la Norma Chilena NCh 2767, permite estimar el nivel de aislamiento térmico necesario para mantener el equilibrio térmico del organismo frente a condiciones ambientales frías. Este índice integra variables ambientales (temperatura del aire, temperatura radiante, velocidad del viento y humedad), variables metabólicas y características de la vestimenta, proporcionando una herramienta objetiva para la prevención del estrés por frío.

En el presente estudio, las condiciones ambientales medidas durante la jornada laboral (temperatura media del aire de 3,6 °C y velocidad del viento cercana a 5 m/s) configuran un ambiente térmicamente adverso, donde la sensación térmica efectiva desciende a valores entre -2 °C y -6 °C. Diversos estudios han demostrado que el viento incrementa de manera exponencial la tasa de pérdida de calor por convección, reduciendo significativamente la capacidad del organismo para mantener su temperatura central, incluso cuando la temperatura del aire no alcanza valores extremadamente bajos (Holmer, 2009; Parsons, 2014).

Los resultados obtenidos evidencian que una proporción relevante de las trabajadoras presentó descensos de la temperatura corporal por debajo del umbral de 36 °C establecido por el Decreto Supremo N°594, lo que confirma la presencia de enfriamiento general y una exposición ocupacional efectiva al frío. Este hallazgo es consistente con lo reportado en estudios realizados en trabajadores agrícolas y forestales, donde se ha descrito que mujeres expuestas a ambientes fríos presentan una mayor susceptibilidad al enfriamiento debido a diferencias en la composición corporal, menor masa muscular y una menor producción de calor metabólico en tareas de intensidad moderada (Holmer & Nilsson, 2004; Castellani & Young, 2016).

Desde el punto de vista preventivo, el cálculo del IREQ mínimo adquiere especial relevancia en este contexto, ya que representa el aislamiento térmico indispensable para evitar una pérdida progresiva de calor corporal. La evidencia sugiere que, en ambientes con viento moderado a alto, el uso de vestimenta que solo cumple con recomendaciones generales resulta insuficiente, siendo necesario incorporar sistemas de capas, materiales cortaviento y elementos de protección personal específicos para extremidades (guantes térmicos, calzado aislante y protección facial) (ISO 11079, 2007; Parsons, 2014).

En Chile, diversos autores han señalado que los trabajadores temporeros agrícolas presentan limitaciones en el acceso a equipamiento de protección personal adecuado y un bajo nivel de conocimiento respecto a sus derechos en materia de seguridad y salud laboral, lo que incrementa su vulnerabilidad frente a riesgos ambientales como el frío (Anríquez et al., 2014; Riquelme & Schatan, 2019). Esta situación se ve agravada en mujeres temporeras, quienes frecuentemente desempeñan labores prolongadas en condiciones climáticas adversas sin una adecuada adaptación ergonómica del puesto de trabajo.

En este sentido, la determinación del IREQ no solo debe ser entendida como un ejercicio técnico, sino como una herramienta fundamental para la gestión preventiva del riesgo, orientada a la toma de decisiones en materia de dotación

de vestimenta, organización de pausas térmicas y diseño de estrategias de protección colectiva. La aplicación sistemática de este índice permitiría reducir el riesgo de hipotermia leve, deterioro de la destreza manual, fatiga precoz y errores operacionales, contribuyendo así a mejorar la seguridad, la productividad y el bienestar de las trabajadoras agrícolas durante la temporada invernal.

#### **4.7 Determinación del nivel de actividad**

De acuerdo con la descripción establecida en la Norma Chilena NCh 2767, el consumo metabólico estandarizado de la actividad desarrollada por las trabajadoras corresponde a  $115 \text{ W/m}^2$ , valor asociado a una actividad de intensidad moderada. Este nivel metabólico es consistente con labores que implican desplazamientos frecuentes, posturas forzadas, uso continuo de extremidades superiores y trabajo manual repetitivo, similares a las actividades ejemplificadas en la norma, tales como bajar escaleras, manipular materiales, construir muros o realizar tareas de estucado. En el contexto agrícola de la comuna de Los Ángeles, Región del Biobío, estas exigencias se manifiestan en labores de cosecha, selección y manipulación manual de productos hortofrutícolas, realizadas mayoritariamente a la intemperie durante la temporada invernal.

La determinación del consumo metabólico constituye un elemento central para la evaluación del equilibrio térmico, dado que representa la principal fuente endógena de producción de calor corporal. Sin embargo, tal como lo establece la propia norma, un nivel metabólico moderado no asegura la mantención de la temperatura corporal cuando las condiciones ambientales favorecen una elevada pérdida de calor. En Los Ángeles, el clima templado-cálido con estación seca corta se caracteriza en invierno por bajas temperaturas matinales, alta humedad relativa y presencia frecuente de viento, condiciones que incrementan de manera significativa el enfriamiento corporal por convección y evaporación (Uribe *et al.*, 2012).

Las mediciones ambientales realizadas durante la jornada evidenciaron una temperatura media del aire de 3,6 °C, velocidad del viento cercana a 5 m/s y humedad relativa elevada, configurando un ambiente térmico clasificado como crítico según el Decreto Supremo N°594. Estas condiciones son representativas de la realidad laboral agrícola invernal en la provincia del Biobío, donde gran parte de las faenas se concentran en las primeras horas de la mañana, periodo en el que se registran las temperaturas más bajas del día.

Este escenario se reflejó directamente en los resultados de temperatura corporal, donde un 21,42% de las trabajadoras presentó valores inferiores a 36 °C, límite establecido por la normativa nacional para prevenir la exposición ocupacional al frío. Estos hallazgos indican que, pese a desarrollar una actividad de intensidad metabólica moderada, una proporción relevante de la muestra no logró mantener la normotermia durante la jornada, evidenciando una pérdida de calor superior a la capacidad de compensación fisiológica.

Desde la perspectiva del objetivo del estudio —evaluar el enfriamiento general y determinar el aislamiento requerido de la vestimenta (IREQ)—, estos resultados confirman que el problema no radica en una insuficiente producción de calor metabólico, sino en una inadecuada protección térmica frente a las condiciones ambientales específicas del territorio. En zonas como Los Ángeles, donde el viento matinal y la alta humedad son factores recurrentes, la eficiencia del sistema vestimenta–ambiente se ve comprometida, incluso en actividades físicamente demandantes.

La literatura internacional y nacional ha demostrado que el viento incrementa el coeficiente convectivo, acelerando la pérdida de calor corporal y reduciendo la eficacia del aislamiento térmico de la vestimenta, fenómeno especialmente relevante en trabajos agrícolas a cielo abierto (Holmer, 2009; Parsons, 2014). En mujeres trabajadoras, este efecto puede verse acentuado por diferencias en composición corporal y masa muscular, lo que aumenta la susceptibilidad al enfriamiento general (Castellani & Young, 2016).

En el contexto local, estas condiciones adquieren mayor relevancia al considerar que el trabajo agrícola temporal en la Región del Biobío se caracteriza frecuentemente por bajos niveles de formalización laboral, acceso limitado a elementos de protección personal y escasa capacitación en riesgos laborales. Estudios realizados en la zona han señalado que una parte importante de las trabajadoras temporeras desconoce sus derechos en materia de seguridad y salud ocupacional, lo que limita la implementación efectiva de medidas preventivas frente a riesgos físicos como el frío (Anríquez *et al.*, 2014; Anríquez *et al.*, 2016).

En coherencia con la problemática inicial planteada en este estudio, los resultados obtenidos en Los Ángeles evidencian la necesidad de incorporar evaluaciones térmicas sistemáticas mediante el índice IREQ, que permitan definir el aislamiento mínimo requerido de la vestimenta en función de las condiciones ambientales reales del territorio. La determinación del IREQ mínimo se vuelve fundamental para prevenir el enfriamiento general, proteger la salud de las trabajadoras y reducir el impacto negativo del frío sobre la seguridad y la productividad laboral en el sector agrícola local.

#### **4.8 Estimación del consumo metabólico según posturas y movimientos**

En las labores de poda desarrolladas por los trabajadores, el uso de herramientas manuales tipo tijeras de jardinería exige una combinación sostenida de movimientos repetitivos de extremidad superior, posturas estáticas (mantención de brazos elevados o semielevados), flexo-extensión de muñeca y fuerza de prensión para accionar el mecanismo de corte. Aunque estas tareas suelen clasificarse como de intensidad moderada desde el punto de vista metabólico (p. ej.,  $\approx 115 \text{ W/m}^2$  en criterios normativos de referencia), su demanda real puede incrementarse cuando existen factores ergonómicos que obligan al trabajador a compensar con mayor esfuerzo muscular, particularmente en la mano y antebrazo.

En este sentido, el uso de guantes —necesario por condiciones térmicas frías y húmedas— aumenta el requerimiento de fuerza de agarre debido a dos

mecanismos: (i) disminución de la fricción y sensibilidad táctil, y (ii) aumento del diámetro efectivo del mango/herramienta, lo que obliga a generar mayor fuerza de presión para estabilizarla y operarla con precisión. Este efecto es especialmente relevante en mujeres, dado que, en promedio, presentan menor dimensión de mano y menor fuerza máxima de agarre, lo que reduce el margen funcional para operar herramientas diseñadas bajo parámetros antropométricos masculinos o “promedio” no ajustados al percentil femenino. En la práctica, cuando el tamaño del mango o la fuerza de accionamiento exceden la capacidad cómoda de presión, se tiende a compensar mediante estrategias como uso de ambas manos, aumento del tiempo de contracción, mayor co-activación muscular del antebrazo y posturas más forzadas, elevando la carga biomecánica local.

Esto tiene implicancias directas para la estimación del consumo metabólico: aunque la “intensidad general” del trabajo se mantenga en un rango moderado, la suma de microesfuerzos repetitivos y contracciones isométricas sostenidas en extremidades superiores puede elevar la carga fisiológica total y acelerar la fatiga. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio muestran que, aun considerando un consumo metabólico moderado, una proporción de la muestra presentó descenso de temperatura corporal bajo el umbral de 36 °C durante la jornada. Esto sugiere que la producción de calor endógeno asociada a la tarea no fue suficiente para contrarrestar la pérdida de calor ambiental, particularmente bajo las condiciones registradas en Los Ángeles (baja temperatura del aire, alta humedad y viento). Es decir, el esfuerzo adicional requerido por la tarea manual no se tradujo en una “protección térmica” efectiva, y en cambio puede haber contribuido principalmente a fatiga periférica (mano/antebrazo) sin evitar el enfriamiento general.

Desde una perspectiva funcional y de seguridad, esta combinación es crítica: el frío disminuye la destreza manual y la velocidad de contracción muscular, reduciendo la precisión del corte y aumentando la probabilidad de errores y accidentes. En un contexto de poda con tijeras, una menor destreza y fuerza de

agarre efectiva incrementa el riesgo de cortes, atrapamientos y sobrecarga musculotendinosa. Por tanto, los hallazgos de este trabajo (ambiente frío crítico y descenso de temperatura corporal en parte de la muestra) respaldan la hipótesis de que la labor se desarrolla bajo un doble estrés: térmico (enfriamiento general) y biomecánico (prensión repetitiva en frío). Esto refuerza la necesidad de considerar la estimación metabólica no solo como una cifra normativa general, sino como un parámetro que debe interpretarse junto a la ergonomía de herramientas, el uso de guantes y la vulnerabilidad específica de trabajadoras con menor capacidad de prensión.

En consecuencia, para que la clasificación metabólica sea representativa del riesgo real, se recomienda describir la tarea incorporando: duración de ciclos de corte, frecuencia de repetición, tiempo con brazos elevados, tipo de guante, diámetro del mango y necesidad de uso bimanual. Desde la prevención, se desprende la necesidad de: (i) herramientas con diseño ergonómico adaptado a mano femenina (mangos más delgados, menor fuerza de accionamiento, mecanismos asistidos), (ii) guantes térmicos que mantengan aislamiento sin comprometer la sensibilidad y prensión, y (iii) pausas programadas para recuperación térmica y muscular. Estas medidas se alinean con el objetivo del estudio, ya que optimizan simultáneamente el balance térmico (reducción del enfriamiento general al permitir mejor manejo de vestimenta y pausas) y disminuyen factores que podrían agravar la fatiga y la pérdida de destreza en condiciones frías.

#### **4.9 Cálculo del aislamiento requerido de la vestimenta**

Los resultados obtenidos en este estudio indican que el aislamiento mínimo teórico requerido (IREQ mínimo) para las condiciones evaluadas fue de 1,45 clo (ver Anexo 5). Este valor representa el aislamiento estrictamente necesario para mantener el equilibrio térmico bajo los parámetros ambientales y metabólicos asumidos en el cálculo (temperatura del aire, velocidad del aire, humedad, temperatura radiante y consumo metabólico). No obstante, la normativa asociada

al enfoque IREQ establece que, para fines preventivos, no se debe operar “al límite” del IREQ mínimo, sino que debe incorporarse un margen de seguridad. En particular, se recomienda proveer una vestimenta con una resistencia térmica aproximadamente 25% mayor que el IREQ mínimo, con el fin de cubrir variaciones esperables durante la jornada, como disminuciones adicionales de la temperatura del aire, aumentos del viento, humectación de la ropa o reducciones del metabolismo por pausas, menor intensidad real de trabajo o fatiga acumulada. Bajo este criterio, el IREQ ajustado para el presente caso corresponde a 1,81 clo. Este ajuste adquiere alta relevancia para el contexto evaluado en Los Ángeles, dado que las mediciones ambientales mostraron condiciones propicias para una pérdida de calor acelerada: temperaturas cercanas a 3–4 °C, alta humedad y viento ~5 m/s, combinación que incrementa el enfriamiento por convección y reduce la eficacia real del aislamiento de la vestimenta. En términos prácticos, el margen del 25% no solo es una recomendación teórica, sino una medida de control frente a la variabilidad ambiental y operacional propia del trabajo agrícola al aire libre. En este escenario, una vestimenta que iguale el IREQ mínimo podría ser insuficiente ante cambios relativamente pequeños del ambiente, generando un descenso progresivo de la temperatura corporal central y aumentando el riesgo de enfriamiento general.

Los hallazgos fisiológicos del estudio respaldan esta interpretación: se observó que una proporción de la muestra presentó descensos de temperatura corporal por debajo de 36 °C, umbral normativo que sugiere exposición ocupacional efectiva al frío. Esto sugiere que, incluso si la tarea se clasifica como moderada desde el punto de vista metabólico, el balance térmico puede tornarse negativo en parte de las trabajadoras cuando el aislamiento real de la vestimenta o su eficiencia efectiva (por viento, humedad o ajuste deficiente) es insuficiente. Por tanto, el hecho de requerir 1,81 clo como referencia preventiva no debe interpretarse como una exigencia excesiva, sino como el nivel de aislamiento que permitiría sostener una situación térmica más segura y estable durante la jornada.

Desde el punto de vista de gestión del riesgo, el valor de 1,81 clo cumple una función operativa: permite clasificar el nivel de protección térmica de las trabajadoras y, sobre esa base, establecer medidas complementarias cuando la aislación disponible sea menor. En particular, cuando una trabajadora presenta una vestimenta con aislación inferior a 1,81 clo, la norma recomienda evaluar el tiempo máximo de exposición y aplicar estrategias de control como: (i) reducción del tiempo continuo en exterior, (ii) pausas en ambientes templados para recuperación térmica, (iii) reorganización de tareas para alternar actividades de mayor metabolismo con actividades más estáticas y (iv) incorporación de prendas cortaviento y capas adicionales, especialmente en extremidades. Este enfoque es clave, porque el riesgo por frío no depende únicamente de la temperatura ambiental, sino de la interacción entre ambiente, metabolismo, vestimenta y tiempo de exposición.

Además, en condiciones reales de trabajo agrícola, el aislamiento de la vestimenta no es constante: puede disminuir por humectación (rocío, lluvia ligera, sudor), por pérdida de capacidad aislante en capas internas, o por falta de ajuste adecuado que permita retener aire inmóvil en el sistema de capas. Lo anterior implica que una vestimenta que “en papel” podría aproximarse al IREQ mínimo, en la práctica podría comportarse como una aislación menor. Este fenómeno refuerza la pertinencia del margen de seguridad y hace especialmente relevante considerar el IREQ ajustado como criterio de prevención.

En síntesis, el paso desde 1,45 clo (IREQ mínimo) a 1,81 clo (IREQ mínimo + 25%) fortalece la interpretación preventiva del estudio y permite traducir los resultados a decisiones concretas: determinar qué trabajadoras requieren reforzamiento de vestimenta, establecer límites de exposición y diseñar medidas organizacionales de control. En el contexto de Los Ángeles, donde las mañanas invernales presentan combinaciones de baja temperatura, alta humedad y viento, este enfoque resulta coherente con la evidencia del descenso de temperatura corporal observado y con la necesidad de proteger no solo la salud térmica, sino

también la destreza manual, la seguridad y la productividad en faenas agrícolas a cielo abierto.

#### **4.9.1 Implicancias prácticas para la gestión del riesgo térmico**

Desde una perspectiva aplicada, los resultados obtenidos permiten traducir el cálculo del IREQ en medidas concretas de prevención del enfriamiento general en las faenas agrícolas desarrolladas en la comuna de Los Ángeles. Considerando que el IREQ mínimo ajustado fue de 1,81 clo, este valor debe ser entendido como el aislamiento térmico de referencia para la planificación de la vestimenta laboral durante jornadas invernales. En términos prácticos, ello implica la implementación de un sistema de vestimenta por capas, que incluya al menos una capa base térmica, una capa intermedia aislante y una capa externa con propiedades cortaviento, dado que la velocidad del aire registrada constituye un factor crítico de pérdida de calor. Asimismo, el aislamiento debe ser evaluado no solo a nivel del tronco, sino también en extremidades, ya que el enfriamiento de manos y pies compromete la destreza manual y la seguridad, especialmente en tareas de poda que requieren precisión y fuerza de agarre.

Cuando las trabajadoras presentan una vestimenta cuya aislación efectiva sea inferior a 1,81 clo, los resultados de este estudio respaldan la necesidad de limitar el tiempo continuo de exposición al frío, incorporando pausas térmicas en ambientes protegidos, reorganizando tareas para alternar actividades de mayor y menor demanda metabólica, o reforzando la vestimenta con capas adicionales durante los periodos de menor temperatura ambiental. Este enfoque resulta particularmente relevante en el contexto local, donde las faenas se concentran en horas matinales y las condiciones de humedad y viento pueden reducir de forma significativa la eficacia real del aislamiento térmico.

Además, la aplicación del IREQ como herramienta preventiva permite superar una aproximación genérica al riesgo por frío y avanzar hacia una gestión basada en criterios ergonómicos objetivos, ajustados a las condiciones reales del territorio. En el caso de Los Ángeles, donde el clima invernal presenta

variaciones diarias marcadas y exposición frecuente a condiciones críticas, la adopción de este enfoque contribuye a prevenir no solo el enfriamiento general, sino también sus consecuencias indirectas, como la fatiga precoz, la disminución del rendimiento y el aumento del riesgo de accidentes laborales.

En síntesis, la determinación del aislamiento requerido de la vestimenta no debe considerarse un resultado aislado, sino una herramienta central para la toma de decisiones preventivas, orientada a proteger la salud térmica de las trabajadoras agrícolas, mejorar las condiciones de seguridad y sostener la productividad laboral en contextos de exposición prolongada al frío ambiental.

#### **4.9.2 Determinación del aislamiento real de los trabajadores**

La evaluación del aislamiento térmico real de la vestimenta permitió identificar que un 35,7% de los trabajadores presentó un nivel de aislamiento inferior a 1,81 clo, valor definido como el IREQ mínimo ajustado para las condiciones ambientales y metabólicas del presente estudio. Este hallazgo es relevante desde el punto de vista preventivo, ya que evidencia que más de un tercio de la población evaluada se encontraba insuficientemente protegida frente al frío, a pesar de desempeñar una actividad de intensidad metabólica moderada.

La discrepancia entre el aislamiento requerido teóricamente y el aislamiento real observado puede atribuirse a diversos factores propios del contexto agrícola local, entre ellos el uso de vestimenta no diseñada específicamente para condiciones de frío con viento, la ausencia de sistemas de capas adecuados, la humectación de prendas por alta humedad ambiental y la falta de estandarización en el equipamiento térmico entre los trabajadores. En Los Ángeles, donde las condiciones invernales se caracterizan por bajas temperaturas matinales, elevada humedad relativa y viento, estos factores adquieren una importancia crítica, ya que reducen la eficiencia real del aislamiento térmico y aceleran la pérdida de calor corporal.

Desde la perspectiva del balance térmico, un aislamiento inferior a 1,81 clo implica que el organismo depende en mayor medida del calor metabólico para compensar las pérdidas hacia el ambiente. Sin embargo, los resultados fisiológicos obtenidos en este estudio muestran que esta compensación no fue suficiente en todos los casos, evidenciándose descensos de la temperatura corporal por debajo de los límites normativos en parte de la muestra. Este fenómeno refuerza la idea de que, en condiciones ambientales adversas, la vestimenta insuficiente constituye un factor determinante del enfriamiento general, incluso cuando la tarea desarrollada no es de baja intensidad.

La identificación de este subgrupo con aislamiento insuficiente justifica la necesidad de determinar el tiempo máximo de exposición al frío, tal como lo establece el enfoque IREQ. El tiempo máximo de exposición no debe entenderse únicamente como un límite teórico, sino como una herramienta de gestión del riesgo que permite prevenir el enfriamiento progresivo, la fatiga térmica y la aparición de efectos funcionales asociados al frío, como la disminución de la destreza manual y la reducción del rendimiento laboral. En el contexto de labores agrícolas que requieren precisión manual, como la poda, estos efectos pueden traducirse en un aumento del riesgo de accidentes y errores operacionales.

Asimismo, el hecho de que un porcentaje significativo de trabajadores no alcance el aislamiento recomendado pone de manifiesto una brecha entre la normativa técnica y la práctica laboral real, especialmente en sectores caracterizados por alta temporalidad y menor formalización del empleo. Estudios realizados en el sector agrícola chileno han señalado que la provisión de elementos de protección personal suele ser heterogénea y, en muchos casos, insuficiente para enfrentar riesgos ambientales específicos, como el frío (Anríquez *et al.*, 2014; Anríquez *et al.*, 2016). Esta situación limita la efectividad de las medidas preventivas y aumenta la vulnerabilidad de los trabajadores frente a condiciones climáticas adversas.

En coherencia con el objetivo del estudio, la determinación del aislamiento real y del tiempo máximo de exposición permite priorizar intervenciones preventivas dirigidas a este grupo de mayor riesgo. Entre ellas, se incluyen el reforzamiento de la vestimenta térmica hasta alcanzar al menos 1,81 clo, la implementación de pausas térmicas programadas, la reorganización de tareas para alternar exposición al frío con periodos de recuperación, y la capacitación de los trabajadores en el reconocimiento temprano de signos de enfriamiento. Estas medidas resultan especialmente pertinentes en el contexto de Los Ángeles, donde las condiciones climáticas invernales hacen probable que la exposición al frío se repita de manera sistemática durante la temporada.

En síntesis, el hallazgo de que un 35,7% de los trabajadores presenta un aislamiento térmico insuficiente confirma la relevancia de evaluar no solo el IREQ teórico, sino también el aislamiento real de la vestimenta utilizada en terreno. Este enfoque permite avanzar desde una evaluación descriptiva del riesgo hacia una gestión activa del tiempo de exposición y de las medidas de protección, contribuyendo a reducir el enfriamiento general, proteger la salud de los trabajadores y mejorar las condiciones de seguridad y desempeño laboral en el sector agrícola.

#### **4.9.3 Determinación del tiempo de exposición**

El cálculo del tiempo máximo de exposición al frío permitió establecer que un 43% de los trabajadores presentó un tiempo máximo de exposición de 8 horas continuas, correspondiente a aquellos individuos cuyo aislamiento térmico de la vestimenta fue igual o superior al IREQ mínimo ajustado (1,81 clo) (ver Anexo 6). Este resultado sugiere que, bajo las condiciones ambientales evaluadas y con una protección térmica adecuada, este subgrupo podría mantener el equilibrio térmico durante una jornada laboral completa sin un riesgo inmediato de enfriamiento general.

Sin embargo, al considerar la organización real de la jornada laboral, este escenario se ve sustancialmente modificado. De acuerdo con lo dispuesto en el

artículo 34 del Código del Trabajo chileno, la jornada diaria contempla una pausa de al menos 30 minutos para colación, la cual, en la práctica, interrumpe la exposición continua al frío. En el contexto evaluado, esta pausa divide la jornada en dos bloques de exposición: aproximadamente 5 horas durante la mañana y 2,5 horas durante la tarde, periodos en los que las condiciones térmicas no son homogéneas, siendo la mañana el tramo más crítico desde el punto de vista del frío ambiental.

A pesar de esta interrupción formal de la jornada, los resultados del estudio indican que un 57% de las trabajadoras se encontraba en una condición de riesgo de desarrollar hipotermia leve, considerando su aislamiento térmico real y el tiempo efectivo de exposición al frío. Este hallazgo pone de manifiesto que la pausa de colación, si bien obligatoria desde el punto de vista legal, no necesariamente garantiza una recuperación térmica efectiva, especialmente cuando dicha pausa se realiza en ambientes sin calefacción adecuada o sin un cambio de vestimenta que permita restaurar la temperatura corporal central.

Desde una perspectiva fisiológica, la hipotermia leve se caracteriza por temperaturas corporales entre 35,0 y 36,0 °C, rango en el cual se producen respuestas compensatorias como escalofríos, aumento del gasto energético y disminución progresiva de la destreza manual. En este estudio, la evidencia de descensos de temperatura corporal bajo 36 °C en una fracción relevante de la muestra respalda la estimación de riesgo realizada a partir del tiempo de exposición, sugiriendo que la combinación de exposición prolongada, aislamiento térmico insuficiente y condiciones ambientales adversas puede desencadenar un enfriamiento clínicamente relevante, aun dentro de una jornada laboral normativa.

La situación se vuelve especialmente crítica al considerar que el tramo de mayor exposición corresponde a la jornada matinal, periodo en el que se registraron las temperaturas ambientales más bajas y una mayor influencia del viento. En este contexto, un tiempo continuo de exposición cercano a 5 horas durante la mañana

puede ser suficiente para generar un déficit térmico acumulativo, que no logra ser compensado durante la pausa de colación ni durante la jornada de la tarde, particularmente en trabajadoras con aislamiento inferior al recomendado o con menor capacidad de termorregulación.

Desde el punto de vista de la gestión preventiva, estos resultados evidencian que el tiempo máximo de exposición calculado teóricamente no puede ser interpretado de manera aislada, sino que debe ser analizado en conjunto con la organización real del trabajo, las características del entorno de descanso y la efectividad del aislamiento térmico disponible. En el contexto agrícola de Los Ángeles, donde las pausas suelen realizarse en espacios improvisados o sin condiciones térmicas controladas, la recuperación del equilibrio térmico puede ser incompleta, manteniendo a los trabajadores en una situación de riesgo durante el resto de la jornada.

En coherencia con el objetivo del estudio, la determinación del tiempo de exposición permite identificar que, aun cuando una parte de los trabajadores podría tolerar una jornada completa desde un punto de vista teórico, la mayoría de la muestra (57%) presenta un riesgo real de enfriamiento que justifica la implementación de medidas preventivas adicionales. Estas medidas incluyen la incorporación de pausas térmicas efectivas en ambientes calefaccionados, la redistribución de tareas para reducir la exposición continua al frío en la mañana, el reforzamiento del aislamiento de la vestimenta y la educación de los trabajadores para reconocer signos tempranos de hipotermia leve.

En síntesis, la evaluación del tiempo máximo de exposición confirma que la exposición ocupacional al frío en el contexto estudiado no depende únicamente de la duración formal de la jornada, sino de la interacción entre tiempo efectivo de exposición, aislamiento térmico real, condiciones ambientales locales y posibilidades reales de recuperación térmica, elementos que deben ser considerados de manera integrada para una adecuada gestión del riesgo térmico en el trabajo agrícola.

## V. CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio permiten concluir que los trabajadores evaluados se encontraban expuestos a un ambiente frío de trabajo, de acuerdo con los criterios establecidos en el Decreto Supremo N°594, dado que la temperatura media del aire registrada durante la jornada laboral fue de 3,6 °C, valor inferior al umbral de 10 °C definido como temperatura ambiental crítica. Estas condiciones favorecen una pérdida continua de calor corporal, especialmente en contextos de trabajo al aire libre, alta humedad y presencia de viento, como los observados en la comuna de Los Ángeles, Región del Biobío.

El monitoreo individual de la temperatura corporal central evidenció que un 21,42% de los trabajadores presentó descensos de la temperatura núcleo por debajo de 36 °C, límite establecido por el D.S. N°594 para prevenir la exposición ocupacional al frío. Este hallazgo confirma que una fracción relevante de la muestra experimentó un enfriamiento fisiológicamente significativo durante la jornada, aun cuando la actividad desarrollada fue clasificada como de intensidad metabólica moderada.

No obstante, al aplicar el procedimiento de evaluación establecido en la Norma Chilena NCh 2767, se determinó que un 7% de los trabajadores, correspondiente a aquellos con mayor aislamiento térmico de la vestimenta, podría teóricamente continuar trabajando por más de ocho horas diarias sin exceder los límites de enfriamiento general. Esta diferencia de resultados pone en evidencia una discrepancia metodológica entre la evaluación basada exclusivamente en variables ambientales y fisiológicas (D.S. N°594) y aquella que incorpora el balance térmico a través del índice IREQ (NCh 2767).

Frente a esta discrepancia, los resultados del estudio respaldan la necesidad de una evaluación integrada del riesgo por frío, combinando ambos enfoques normativos. En este sentido, se concluye que el uso exclusivo del IREQ mínimo podría subestimar el riesgo real de enfriamiento, particularmente en condiciones

ambientales variables y en trabajadores con aislamiento térmico insuficiente. Por ello, se recomienda aplicar un margen de seguridad del 25% sobre el IREQ mínimo, tal como lo sugiere la normativa, con el objetivo de compensar posibles disminuciones del metabolismo, aumentos del viento, humectación de la vestimenta y variaciones térmicas durante la jornada. Esta medida resulta coherente con el descenso de la temperatura corporal observado empíricamente en parte de la muestra.

En relación con el estado nutricional, la evaluación del índice de masa corporal mostró una alta prevalencia de exceso de peso, donde el 57% de las trabajadoras se clasificó con sobrepeso y un 36% con obesidad tipo I. Este perfil nutricional constituye un factor relevante a considerar en la interpretación del balance térmico y en la planificación de medidas preventivas, dado que el exceso de peso puede coexistir con limitaciones funcionales y no garantiza una protección efectiva frente al enfriamiento general en ambientes fríos.

Finalmente, a partir de los resultados obtenidos, se formularon recomendaciones preventivas dirigidas a la empresa, orientadas a reducir el riesgo de hipotermia leve y sus efectos asociados sobre la salud, la seguridad y el desempeño laboral. Estas recomendaciones incluyeron mejoras en la vestimenta térmica, control del tiempo de exposición, adecuación de las pausas de descanso, educación de los trabajadores y fortalecimiento de las medidas de primeros auxilios. En conjunto, las conclusiones del estudio refuerzan la importancia de una gestión preventiva integral del riesgo térmico, ajustada a las condiciones reales del trabajo agrícola en invierno y sustentada en criterios normativos, fisiológicos y organizacionales.

## VI. RECOMENDACIONES

Si bien, de acuerdo con los criterios teóricos establecidos en la Norma Chilena NCh 2767, las trabajadoras no se encontrarían expuestas a un riesgo inmediato de enfriamiento general bajo las condiciones evaluadas, los resultados obtenidos en este estudio evidencian que existen situaciones reales que pueden alterar el equilibrio térmico, tales como variaciones ambientales, insuficiente aislamiento de la vestimenta, alta humedad, viento y organización de la jornada laboral. En este contexto, se hace necesario proponer recomendaciones preventivas orientadas a reducir el riesgo de hipotermia leve y sus consecuencias sobre la salud, la seguridad y la productividad laboral.

En relación con los hábitos de consumo durante la jornada, se recomienda evitar la ingesta de café o té, dado que la cafeína posee un efecto diurético que puede favorecer la deshidratación y, adicionalmente, genera vasoconstricción periférica, disminuyendo el flujo sanguíneo hacia las extremidades y potenciando la pérdida de calor corporal (Bittel & Savourey, 1998). En su reemplazo, se sugiere el consumo de bebidas calientes no cafeinadas, como leche o chocolate caliente, las cuales contribuyen al aporte energético y favorecen una sensación subjetiva de confort térmico.

Asimismo, se recomienda que las trabajadoras lleven consigo durante la jornada alimentos de consumo rápido y alto contenido calórico, tales como chocolate u otros alimentos ricos en carbohidratos y grasas. Esta medida resulta pertinente considerando la tendencia a la disminución de la temperatura corporal observada en el estudio, ya que un aporte energético oportuno puede contribuir a sostener la producción de calor metabólico y retardar el enfriamiento general.

En cuanto a la vestimenta, se sugiere estandarizar el tipo de ropa de trabajo utilizada por las trabajadoras, promoviendo un sistema de capas que permita una adecuada regulación térmica. La primera capa debe ser transpirable y permitir la evacuación de la humedad; la capa intermedia debe cumplir una función aislante, pudiendo utilizarse prendas de lana, lino o polar, recomendándose que este

último se encuentre en contacto con la capa externa; finalmente, la capa exterior debe estar compuesta por prendas impermeables y cortaviento, que reduzcan la pérdida de calor por convección y protejan frente a la humedad ambiental. Este enfoque es coherente con los principios del IREQ y con las condiciones climáticas registradas en el lugar de estudio.

Se recomienda, además, evitar el uso excesivo de ropa, ya que una sobrecarga de prendas puede inducir sudoración excesiva, aumentando la humedad interna de la vestimenta y, posteriormente, la pérdida de calor corporal por evaporación (Holmér et al., 1998). En esta línea, resulta fundamental disponer de un cambio completo de ropa seca, almacenado en un lugar protegido de la humedad, para ser utilizado en caso de que las prendas en uso se humedezcan. La evidencia señala que la ropa húmeda reduce significativamente su capacidad aislante y acelera el enfriamiento corporal (Holmér et al., 1998).

Desde el punto de vista musculoesquelético y de la prevención de lesiones, se recomienda implementar una rutina breve de ejercicios de calentamiento antes de iniciar la jornada laboral, idealmente en el casino u otro espacio cerrado. Esta rutina debe involucrar la movilización de cuello, tronco, extremidades superiores e inferiores, muñecas y dedos, con el objetivo de mejorar la irrigación periférica, aumentar la temperatura muscular y reducir el riesgo de lesiones asociadas al trabajo en frío.

Adicionalmente, se sugiere adecuar la organización del trabajo a las condiciones ambientales, regulando el gasto metabólico mediante la asignación de tareas que alternen actividades de mayor y menor intensidad, especialmente durante los periodos de menor temperatura ambiental, como la jornada matinal. Esta medida permite optimizar la producción de calor endógeno sin generar fatiga excesiva.

La educación y capacitación de las trabajadoras constituye otro eje fundamental de prevención. Se recomienda implementar charlas de inducción para trabajadores nuevos y charlas periódicas de refuerzo, orientadas a informar sobre

los riesgos asociados al trabajo en ambientes fríos, las respuestas fisiológicas y subjetivas al frío, los efectos sobre la salud y la seguridad, y las medidas de protección disponibles. La concientización del riesgo resulta clave para la detección temprana de síntomas y la adopción de conductas preventivas.

Asimismo, se propone formar a las trabajadoras en primeros auxilios básicos, con énfasis en el reconocimiento y manejo inicial de la hipotermia leve, promoviendo el trabajo en compañía para facilitar la asistencia en caso de aparición de síntomas. Complementariamente, se recomienda el monitoreo regular de signos visibles de enfriamiento por parte del supervisor, quien debería disponer de un termómetro adecuado para la medición de la temperatura corporal en situaciones sospechosas.

Finalmente, se recomienda acondicionar el casino u otra área de descanso como un espacio térmicamente confortable, que permita la recuperación del equilibrio térmico durante las pausas y funcione como zona de seguridad para el manejo inicial de trabajadores con síntomas de hipotermia. Este espacio debe contar con condiciones adecuadas de abrigo, acceso a líquidos calientes y la posibilidad de aplicar medidas básicas de primeros auxilios.

En conjunto, estas recomendaciones se orientan a reducir el riesgo de enfriamiento general, fortalecer la prevención de la hipotermia y mejorar las condiciones de salud, seguridad y desempeño laboral de las trabajadoras, en coherencia con los resultados obtenidos y con el contexto climático y organizacional del lugar de estudio

## VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Alonso, J., Arenas, M., Celada, M., Clemente, F., Domenech, L., De la Hoz, C., Esteve, R., Fariños, V., Galarza, B., Gómez, J., Niño, J., Pérez, J., Sempere, L., Serrador, J., & Velasco, J. (1991). *Manual de higiene industrial* (1.ª ed.). Fundación MAPFRE.
2. Anríquez, G., López, R., & Valdés, A. (2014). *Trabajo agrícola temporal y condiciones laborales en Chile*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
3. Anríquez, G., López, R., & Valdés, A. (2016). *Empleo agrícola y vulnerabilidad social en Chile*. CEPAL.
4. Anttonen, H., & Hiltunen, E. (1998). Effect of temperature and gloves on frostbite of hands. En *Problems with cold work*. National Institute for Working Life.
5. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (1999). *Decreto Supremo N°594: Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo*. <https://www.leychile.cl>
6. Bittel, J. (1992). The different types of general cold adaptation in man. *International Journal of Sports Medicine*, 13(Suppl. 1), S172–S176.
7. Bittel, J., & Savourey, G. (1998). Prevención del estrés por frío en condiciones extremas al aire libre. En J. Vogt (Ed.), *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo* (Cap. 42). Organización Internacional del Trabajo.
8. Blasco, R. (2012). Aclimatación al ejercicio físico en situaciones de estrés térmico. *Archivos de Medicina del Deporte*, 29(149), 64–72.

9. Burton, R. C. (1994). Work under low temperatures and reactions to cold. En C. Zenz, O. B. Dickerson & E. P. Horvath (Eds.), *Occupational medicine* (3rd ed., pp. 334–342). Mosby-Year Book.
10. Caro, P. (2011). *Condiciones de trabajo de mujeres temporeras en la agricultura: El caso de Chile*. Universidad de Chile.
11. Castellani, J. W., & Young, A. J. (2016). Human physiological responses to cold exposure: Acute responses and acclimatization. *Comprehensive Physiology*, 6(1), 443–469. <https://doi.org/10.1002/cphy.c140081>
12. Castejón, E. (1983). *NTP 74: Confort térmico – Método de Fanger para su evaluación*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
13. Colpas, L., & Díaz, O. (2014). Enfermedades profesionales producidas por exposición a bajas temperaturas. *Revista de Salud Ocupacional*, 12(2), 45–53.
14. Conway, G., Husberg, B., & Lincoln, J. (1998). Cold as a risk factor in burton working life in circumpolar regions. En *Problems with cold work*. National Institute for Working Life.
15. Cortés, J. M. (2005). *Técnicas de prevención de riesgos laborales: Seguridad e higiene del trabajo* (9.ª ed.). Tébar.
16. Danzl, D. F., & Pozos, R. S. (1994). Accidental hypothermia. *The New England Journal of Medicine*, 331(26), 1756–1760. <https://doi.org/10.1056/NEJM199412293312607>
17. Dirección del Trabajo. (2016). *Código del Trabajo*. <https://www.dt.gob.cl>
18. Donoso, A., & Mendoza, A. (2011). Trabajo agrícola de temporada y su impacto en la salud. *Revista Sociedad y Equidad*, (1), 85–102.

19. Dovrat, E., & Katz-Leurer, M. (2007). Cold exposure and low back pain in warehouse workers. *American Journal of Industrial Medicine*, 50(8), 626–631. <https://doi.org/10.1002/ajim.20493>
20. Fraser, T. (1998). Herramientas y enfoques de la ergonomía. En J. Vogt (Ed.), *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*. OIT.
21. Gao, C., Holmér, I., & Abeysekera, J. (2007). Slips and falls in cold climates. *Applied Ergonomics*, 39(3), 385–391. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2007.02.002>
22. Geng, Q., & Holmér, I. (1998). Hand dexterity with different gloving in the cold. En *Problems with cold work*. National Institute for Working Life.
23. Gutiérrez, R. (2014). *Evaluación del riesgo por frío mediante IREQ* (Trabajo Fin de Máster). Universidad de Barcelona.
24. Herman, H. (1998). Physiological study of protective clothing for cold work. En *Problems with cold work*. National Institute for Working Life.
25. Holmér, I. (1984). Required clothing insulation (IREQ) as an analytical index of cold stress. *ASHRAE Transactions*, 90(1), 1116–1128.
26. Holmér, I. (1988). Assessment of cold stress in terms of required clothing insulation (IREQ). *International Journal of Industrial Ergonomics*, 3(2), 159–166.
27. Holmér, I. (2009). Cold stress: Guidelines for the practitioner. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(3), 346–353.
28. Holmér, I., Granberg, P., & Dahlström, G. (1998). Ambientes fríos y trabajo con frío. En J. Vogt (Ed.), *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*. OIT.

29. ISO. (2007). *ISO 11079: Ergonomics of the thermal environment—Determination and interpretation of cold stress using required clothing insulation (IREQ)*. International Organization for Standardization.
30. Kenney, W. L. (1998). Physiological responses to cold. En J. Vogt (Ed.), *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*. OIT.
31. Lotens, W. (1998). Heat exchange through clothing. En J. Vogt (Ed.), *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*. OIT.
32. Maclean, D., & Emslie-Smith, D. (1977). *Accidental hypothermia*. Blackwell Scientific.
33. Mäkinen, T. (2006). Human cold exposure, adaptation and performance. *International Journal of Circumpolar Health*, 65(2), 98–114.
34. Ministerio de Salud. (2010). *Encuesta Nacional de Salud 2009–2010*. Gobierno de Chile.
35. Mondelo, P., Gregori, E., Comas, S., Castejón, E., & Bartolomé, E. (1999). *Ergonomía 2: Confort y estrés térmico* (3.ª ed.). Mutua Universal.
36. Norma Chilena NCh 2767. (2002). *Ergonomía—Evaluación de ambientes fríos—Determinación del aislamiento requerido (IREQ)*. Instituto Nacional de Normalización.
37. Parsons, K. (2014). *Human thermal environments* (3rd ed.). CRC Press.
38. Riquelme, V. (2000). *Temporeros agrícolas: desafíos permanentes*. Dirección del Trabajo.
39. Sáez, V., & Quijano, C. (2007). Prevalencia y factores de riesgo de lesiones musculoesqueléticas en trabajadores expuestos a bajas temperaturas. *Ciencia & Trabajo*, 9(25), 25–31.
40. Tochihara, Y. (1998). Work in artificially cold environments. En *Problems with cold work*. National Institute for Working Life.

41. Youn, K. Y., & Yeol, J. (2003). Relationship between cold exposure and hypertension. *Journal of Occupational Health*, 45(5), 300–306.  
<https://doi.org/10.1539/joh.45.300>

## VIII. ANEXOS

### 7.1 Anexo 1. Documento de Consentimiento Informado

La estudiante Sonia Mardones Araneda, alumna del último año de la carrera de Ingeniería en Prevención de Riesgos de la Universidad de Concepción, se encuentra realizando el su trabajo de titulación para obtener el título de Ingeniera en Prevención de Riesgos. El tema de estudio es la evaluación de estrés por frío en trabajadores que laboran a la intemperie en período invernal. A continuación, se le dará la información y se le invitará a participar de la investigación.

Trabajar en condiciones climáticas desfavorables de frío intenso, puede generar diversas consecuencias sobre el rendimiento y la salud de los trabajadores, denominadas en su conjunto estrés debido al frío, propósito por el que se realizará la evaluación, que hacen necesario tener en cuenta una serie de recomendaciones básicas a la hora desarrollar las diferentes tareas en los espacios de trabajo sometidos a baja temperatura.

El estudio estará compuesto de mediciones corporales, dos encuestas, y la entrega de información adicional como la edad y los años de antigüedad.

La primera encuesta estará orientada a identificar los síntomas que usted ha sufrido en el lugar de trabajo producto del frío, además de la valoración de éste. Y la segunda encuesta tomará la información del conjunto de ropa que usa generalmente durante la temporada de invierno para trabajar.

Este estudio incluirá también la medición de la temperatura interna, monitoreada cada media hora. Y se le medirá la estatura y peso.

La participación en esta investigación es voluntaria. Usted puede elegir participar o no.

Yo trabajador del Fundo Santa Aida, he leído o se me ha sido leída la información proporcionada. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado.

**Consiento participar voluntariamente en esta investigación.**

**Nombre del participante** \_\_\_\_\_

**Firma del participante** \_\_\_\_\_

**Fecha** \_\_\_\_\_

## 7.2 Anexo 2. Valores de Aislamiento térmico para prendas individuales

Tabla B.1

Tipo de prenda	$I_{clt}$ (clo)
<b>Ropa interior</b>	
Calzón	0,03
Calzoncillo pierna larga	0,1
Camiseta (remera)	0,04
Camiseta manga corta cuello redondo	0,09
Camiseta manga larga	0,12
Calzón y sostén	0,03
<b>Camisas y blusas</b>	
Camisa manga corta	0,15
Camisa liviana de manga larga	0,2
Camisa normal de manga larga	0,25
Camisa de franela de manga larga	0,3
Blusa liviana de manga larga	0,15
<b>Pantalón</b>	
Corto	0,06
Liviano	0,2
Normal	0,25
Afranelado	0,28

Tipo de prenda	$I_{clu}$ (clo)
<b>Vestidos y faldas</b>	
Falda liviana (verano)	0,15
Falda gruesa (invierno)	0,25
Vestido liviano de mangas cortas	0,2
Vestido de invierno mangas largas	0,4
Buzo	0,55
<b>Chombas</b>	
Chaleco sin mangas	0,12
Chomba delgada	0,2
Chomba	0,28
Chomba gruesa	0,35
<b>Chaquetas</b>	
Chaqueta liviana de verano	0,25
Chaqueta	0,35
Chaqueta corta	0,3
<b>Piel sintética altamente aislante</b>	
Buzo	0,9
Pantalón	0,35
Chaqueta	0,4
Chaleco	0,2

<b>Ropa exterior</b>	
Abrigo	0,6
Chaqueta larga	0,55
Parka	0,7
Mameluco de piel sintética	0,55
<b>Prendas varias</b>	
Calcetines	0,02
Calcetines delgados al tobillo	0,05
Calcetines delgados largos	0,10
Medias de nylon	0,03
Zapatos delgados de suela	0,02
Zapatos gruesos de suela	0,04
Botas	0,1
Guantes	0,05

7.3 Anexo 3. Figuras que indican la superficie del cuerpo cubierta.

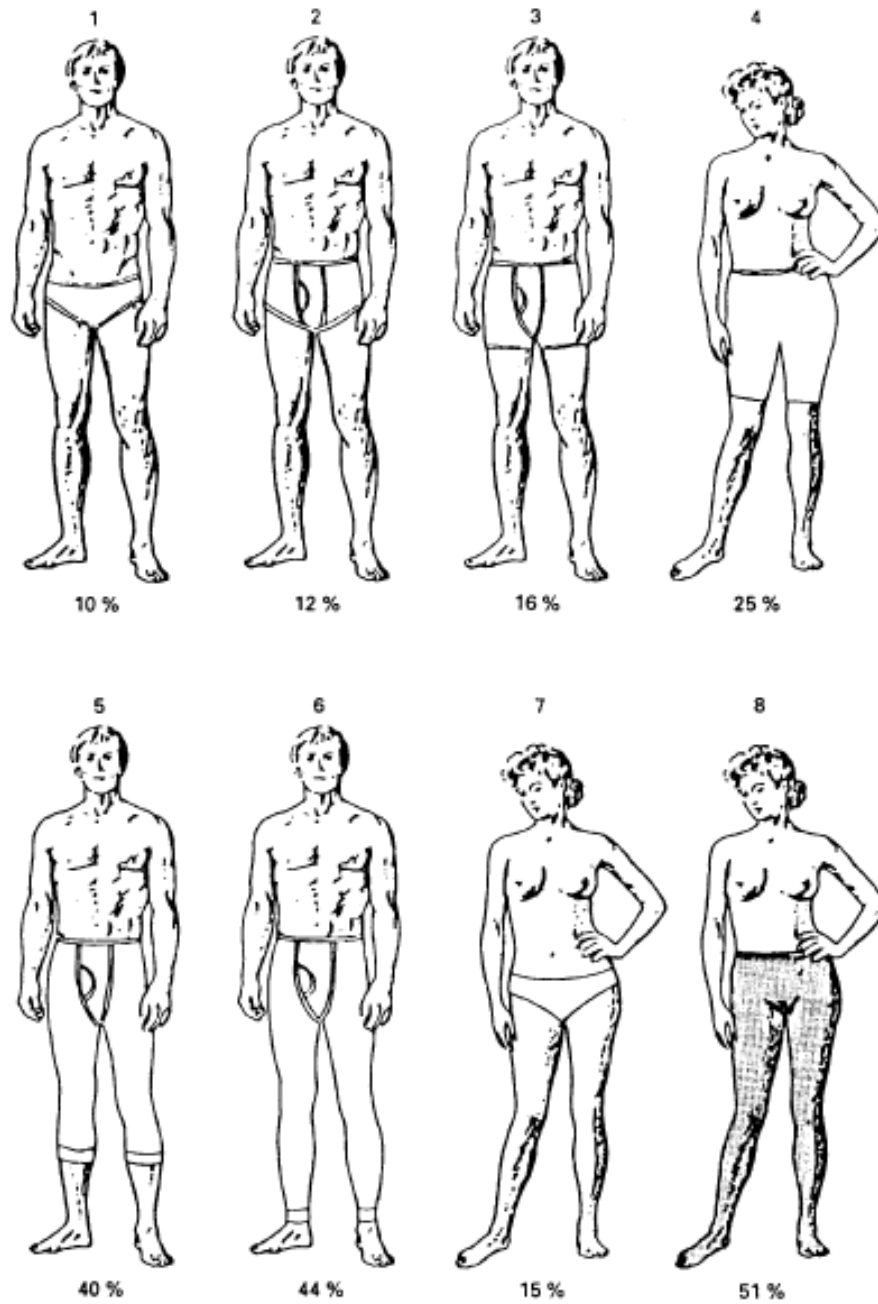


Figura B.1 - Ropa interior, calzones-calzoncillos

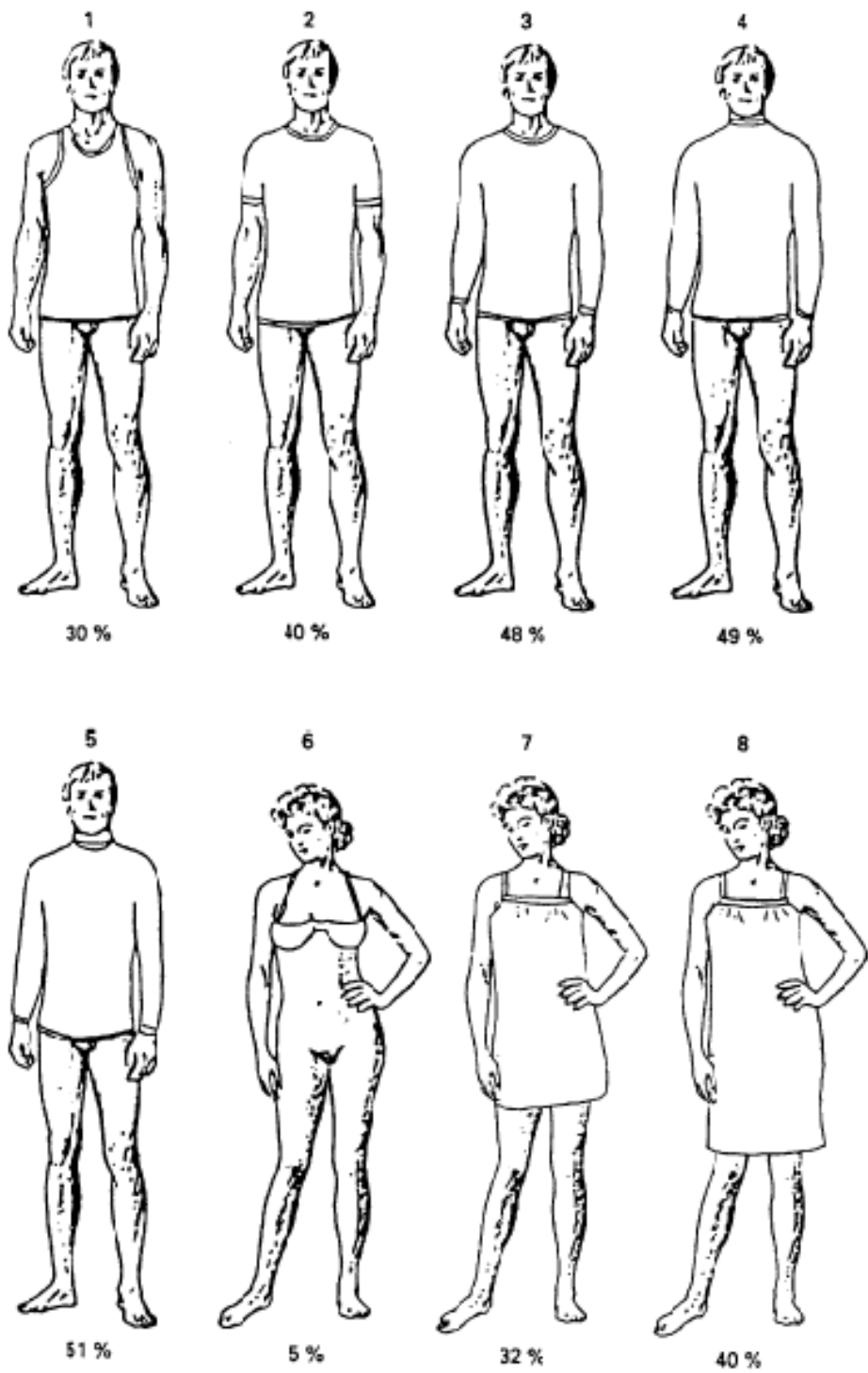


Figura B.2 - Ropa interior, camisetas

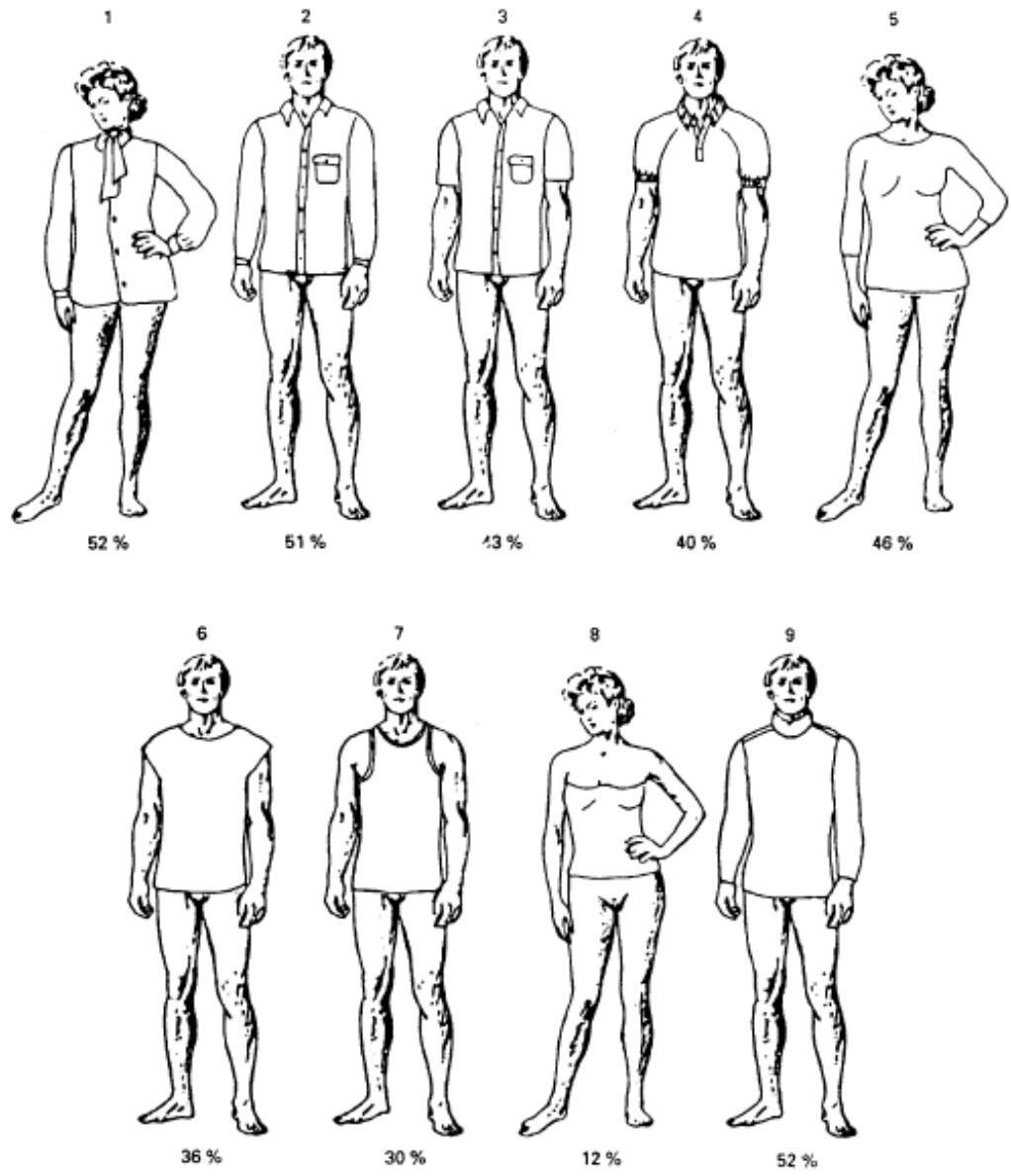
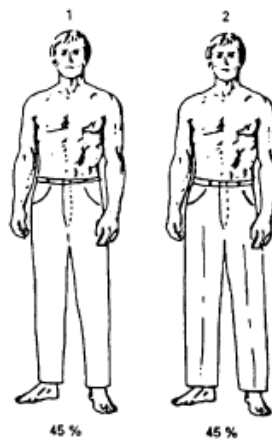
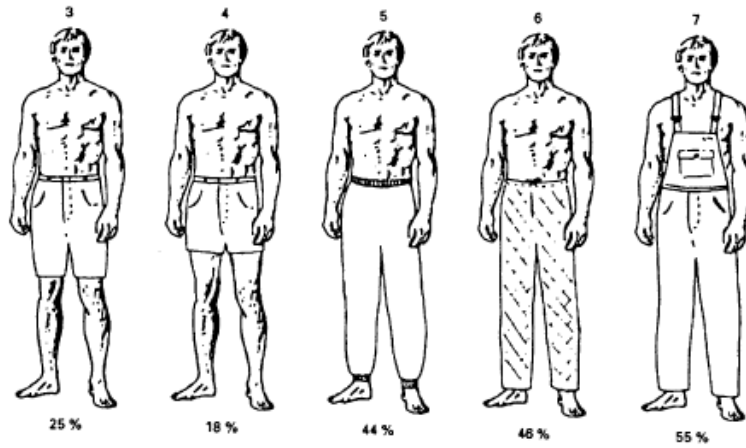


Figura B.3 - Camisas



Cubre-pantalón



Pantalones deportivos altamente aislantes

Figura B.4 - Pantalones

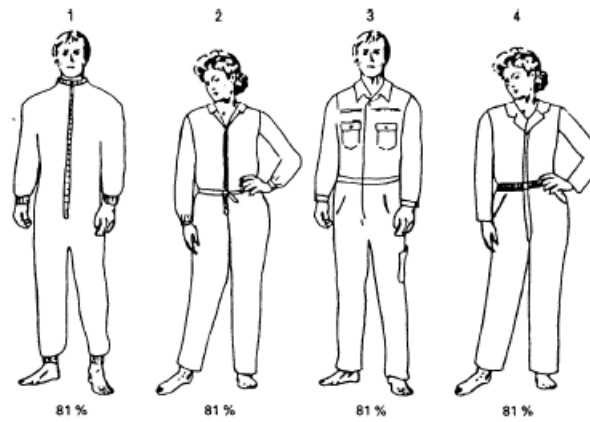


Figura B.5 - Buzos

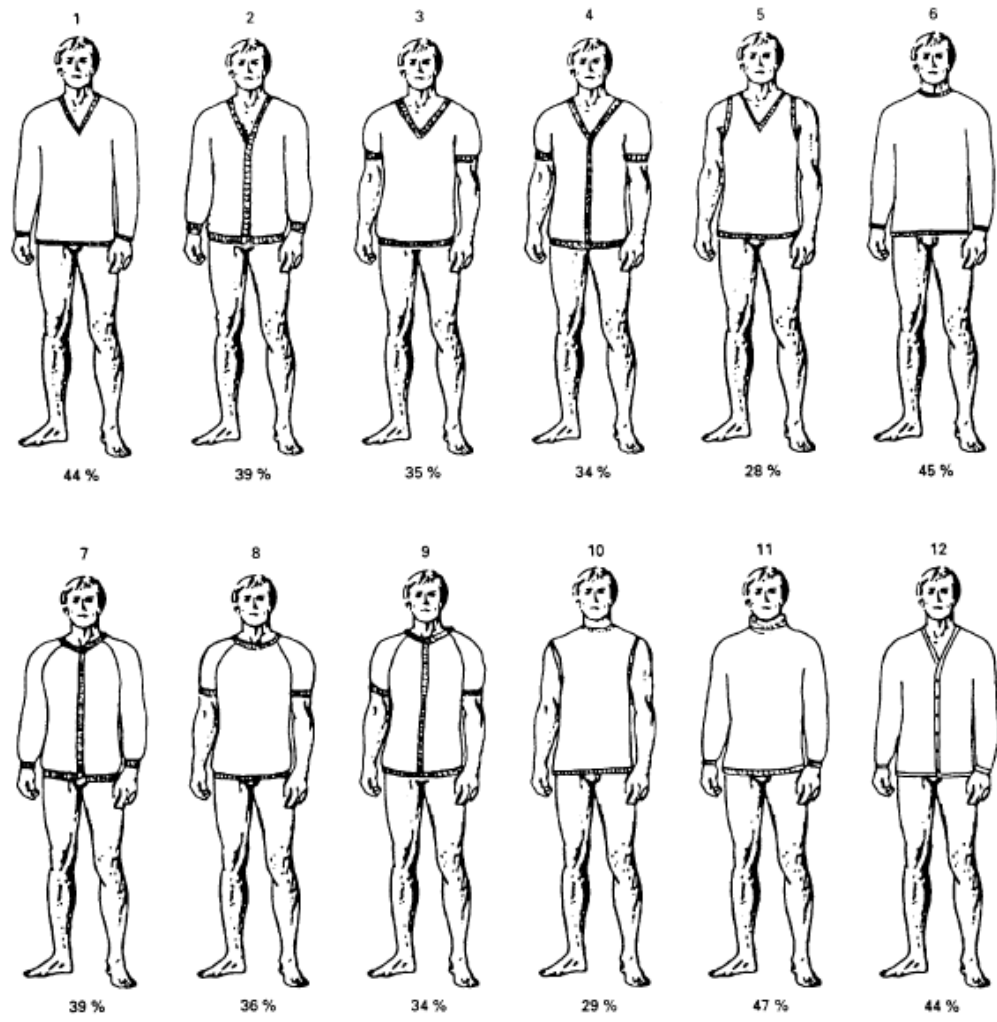


Figura B.6 - Chombas

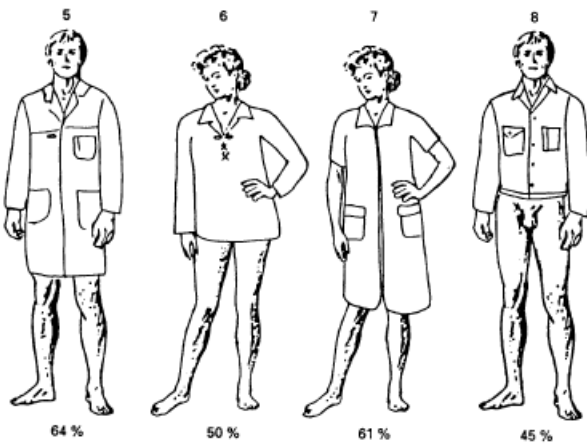
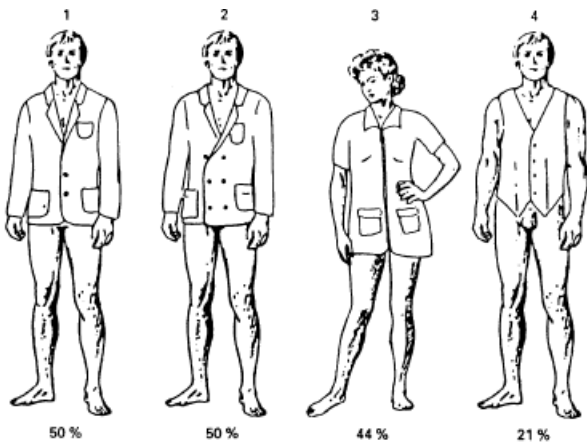


Figura B.7 - Chaquetas, chalecos, delantales

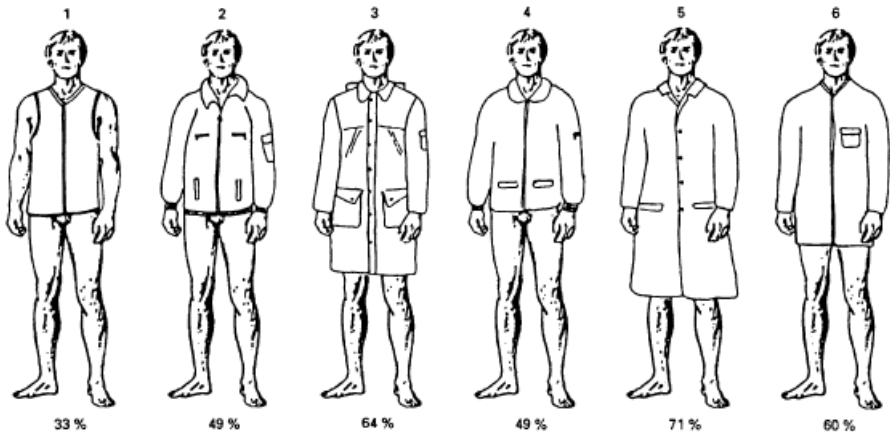


Figura B.8 - Chaquetas, abrigos

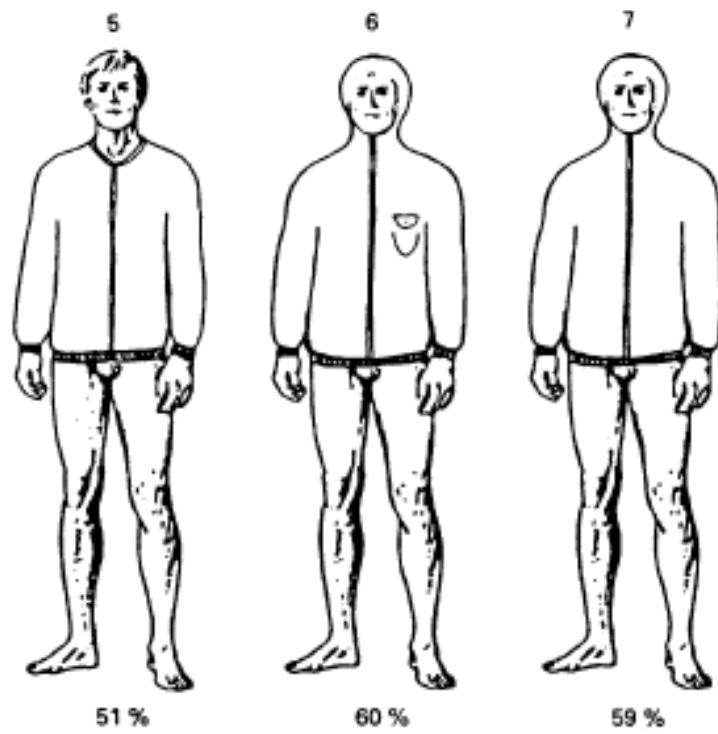
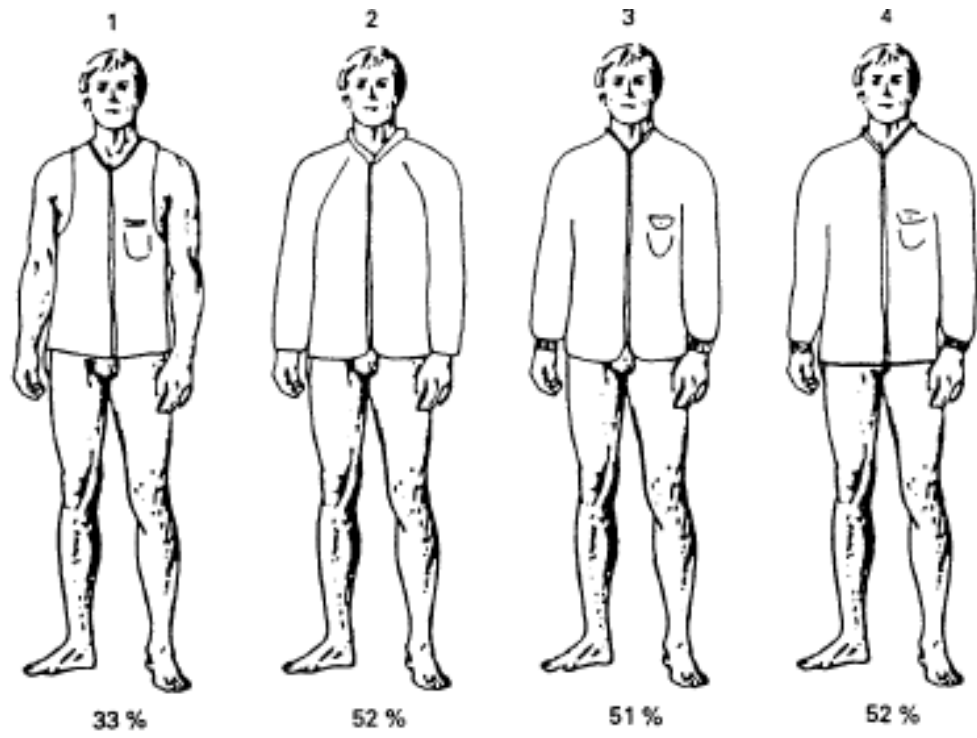


Figura B.9 - Chaquetas altamente aislantes

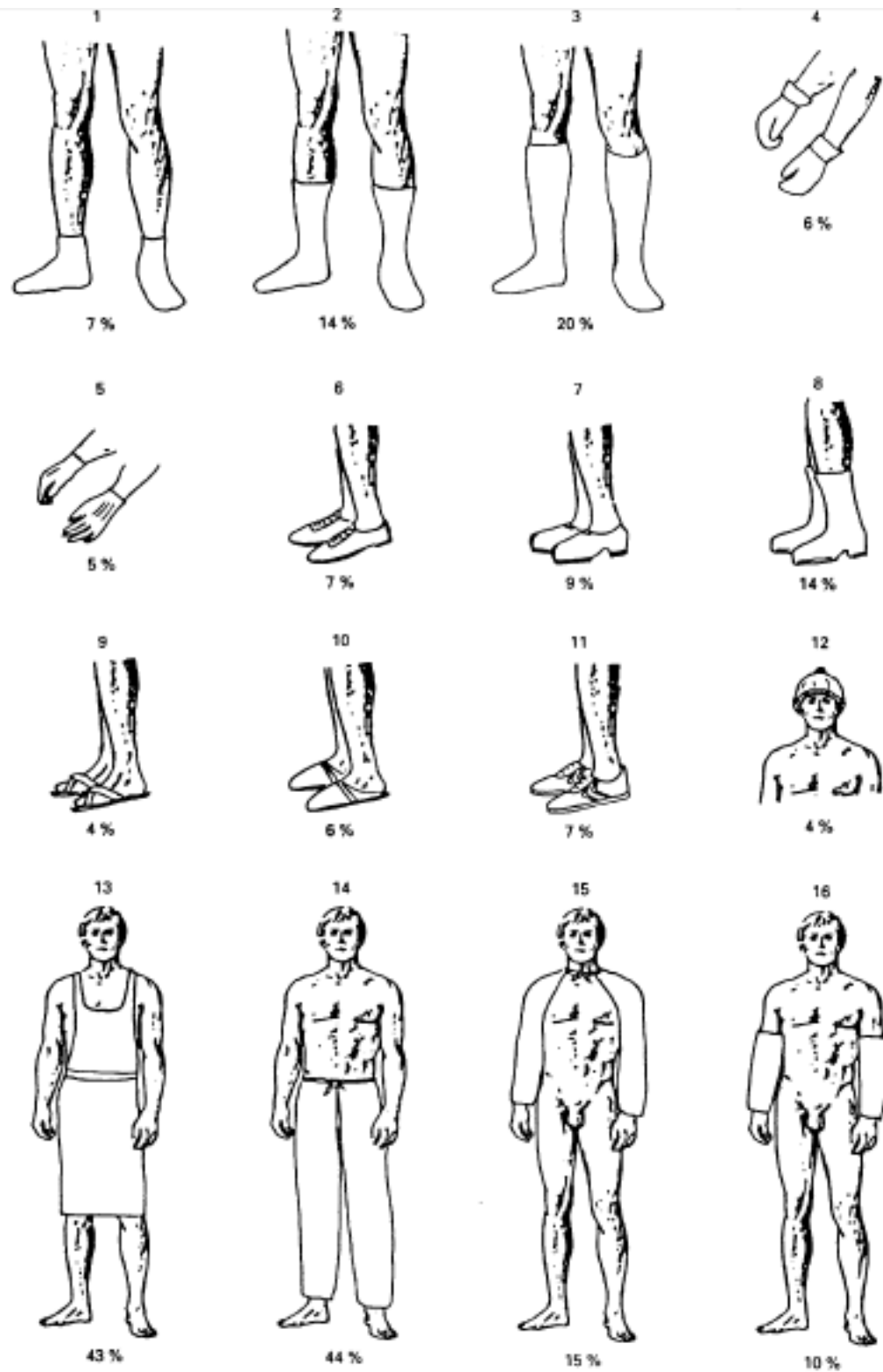


Figura B.10 - Calcetines, zapatos, guantes, gorros, etc.

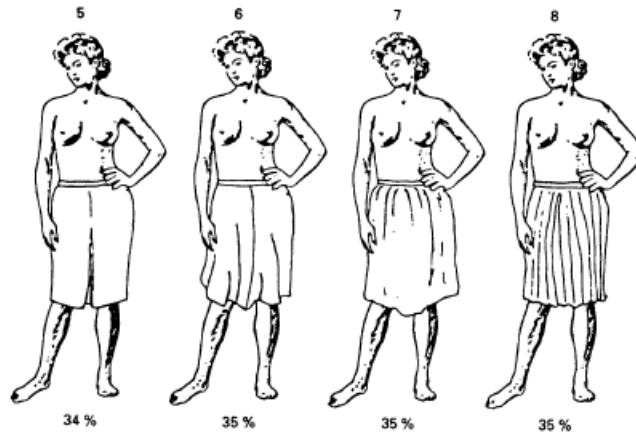
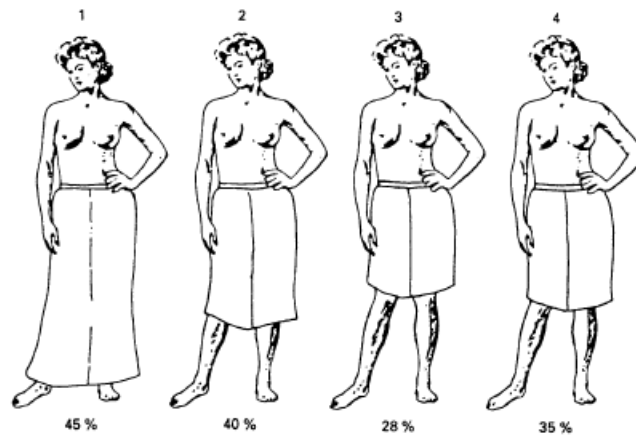


Figura B.11 - Faldas

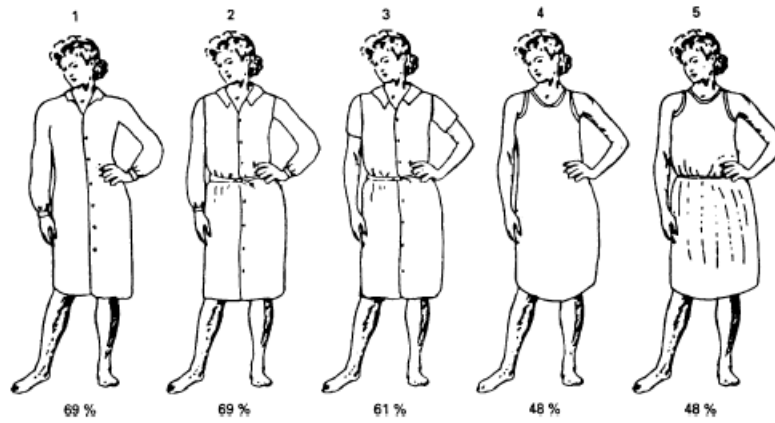


Figura B.12 - Vestidos

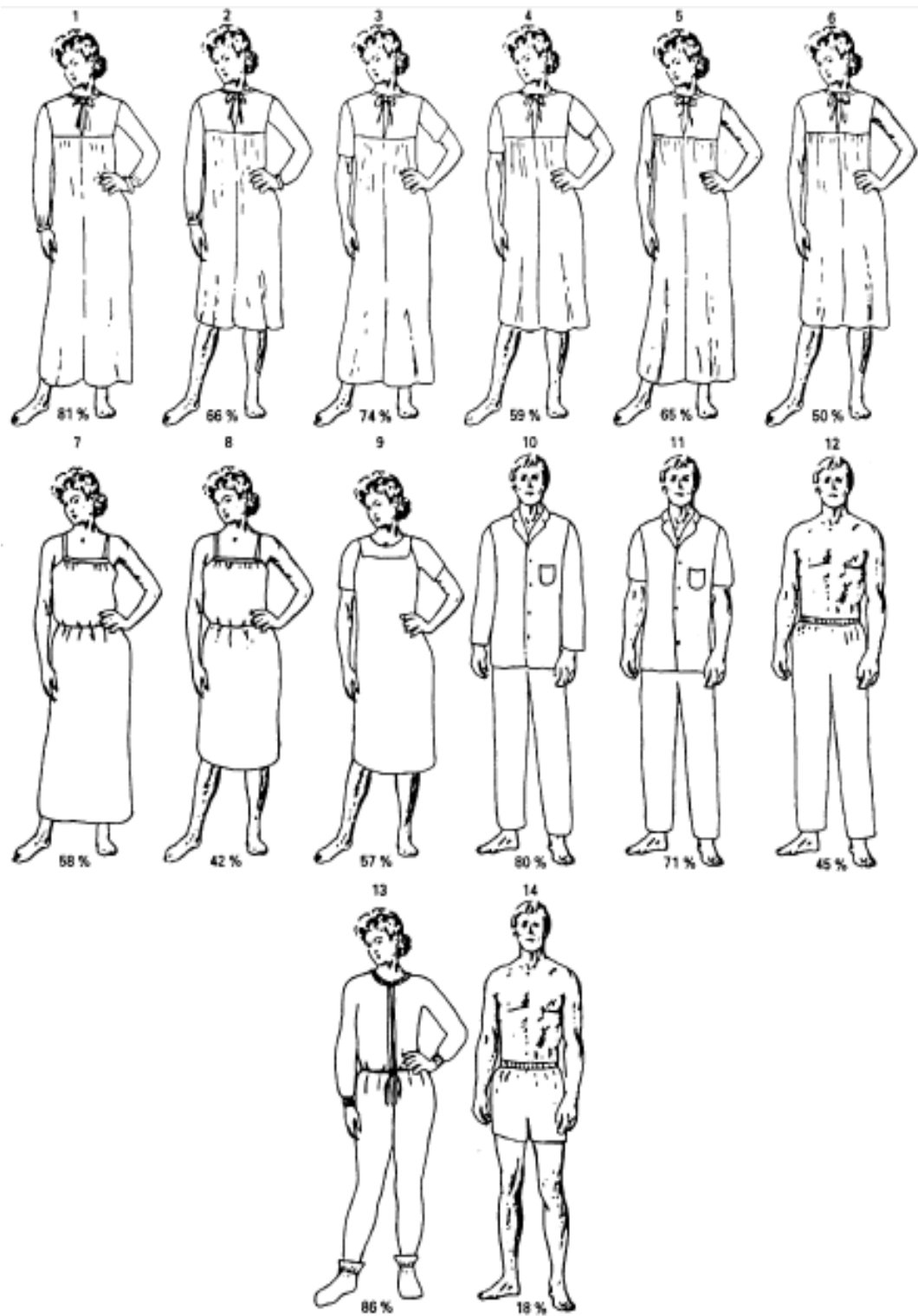


Figura B.13 - Ropa de dormir

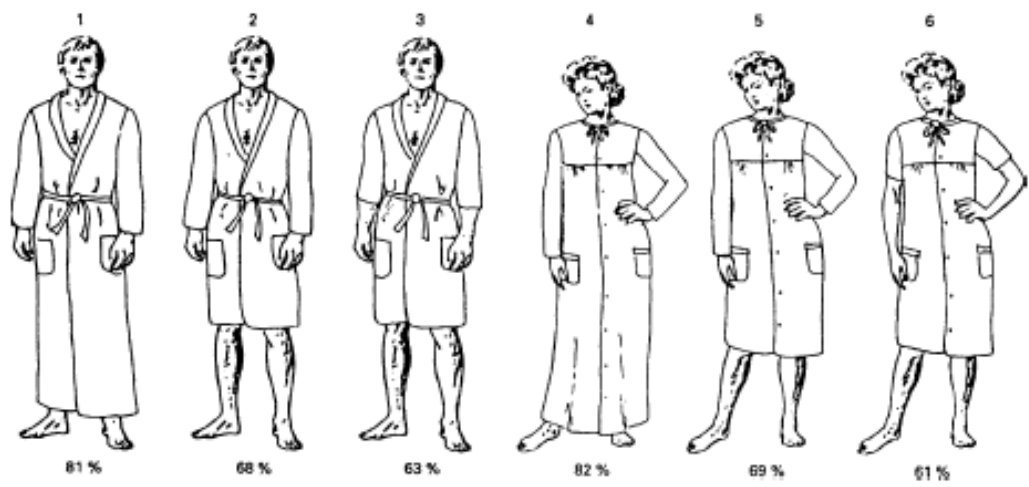


Figura B.14 - Batas

**7.4 Anexo 4. Clasificación Internacional de adultos bajo peso, sobrepeso y obesidad según el IMC**

clasificación	IMC (kg / m <sup>2</sup> )	
	puntos de corte principales	puntos de corte adicionales
<b>De bajo peso</b>	<b>&lt;18.50</b>	<b>&lt;18.50</b>
delgadez severa	<16.00	<16.00
delgadez moderada	16.00 - 16.99	16.00 - 16.99
delgadez leve	17.00 - 18.49	17.00 - 18.49
<b>Rango normal</b>	<b>18.50 - 24.99</b>	<b>18.50 - 22.99</b>
		23.00 - 24.99
<b>Exceso de peso</b>	<b>≥25.00</b>	<b>≥25.00</b>
Pre-obesos	25.00 - 29.99	25.00 - 27.49
		27.50 - 29.99
<b>obeso</b>	<b>≥30.00</b>	<b>≥30.00</b>
clase I obesos	30,00-34,99	30,00-32,49
		32.50 - 34.99
clase II obesos	35.00 - 39.99	35.00 - 37.49
		37.50 - 39.99
clase III obesos	≥40.00	≥40.00

*Fuente: Adaptado de la OMS de 1995, la OMS, 2000 y 2004 de la OMS.*

**7.5 Anexo 5. Determinación del índice IREQ de acuerdo a la velocidad del aire (5m/s), el metabolismo (200 (w/m<sup>2</sup>)) y la temperatura ambiental 5°C.**

V <sub>ar</sub> (m/seg)	IREQ <sub>min</sub> (clo) para M = 200 w/m <sup>2</sup>					
	t <sub>a</sub>					
	5°C	0°C	-5°C	-10°C	-20°C	-30°C
0.2	0.40	0.69	0.89	1.09	1.49	1.89
0.5	0.54	0.74	0.94	1.14	1.54	1.94
1	0.61	0.80	1.00	1.20	1.59	1.99
2	0.68	0.87	1.07	1.26	1.66	2.05
5	0.76	0.96	1.15	1.34	1.73	2.12

## 7.6 Anexo 6. Determinación del tiempo de exposición.

Tabla 12: Valores de  $T_{max}$  (horas) en función de las características del vestido y de la temperatura del aire para  $M=200 \text{ w/m}^2$  y distintos valores de la velocidad del aire,  $V_{ar}$

$I_{cl}$ (clo)	$V_{ar}$ (m/seg)	$t_a$					
		5°C	0°C	-5°C	-10°C	-20°C	-30°C
1	0.2	>8	>8	3.39	1.07	0.45	0.29
	0.5	>8	>8	2.04	0.86	0.40	0.26
	1	>8	>8	1.37	0.69	0.35	0.24
	2	>8	3.47	0.95	0.55	0.30	0.21
	5	>8	1.45	0.65	0.42	0.25	0.18