

**MASTER UNIVERSITARIO EN PREVENCIÓN DE RIESGOS
LABORALES**



UNIVERSITAS
Miguel Hernández



**EVALUACIÓN DE RIESGO DE ESTRÉS
TERMICO EN SEMILLERO**

Alumna: Paloma García Martínez de Miguel

Tutor: Jerónimo Maqueda Blasco

Curso académico 2021/22



**INFORME DEL DIRECTOR DEL TRABAJO FIN MASTER DEL MASTER
UNIVERSITARIO EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**

D. JERÓNIMO MAQUEDA BLASCO, Tutor del Trabajo Fin de Máster, titulado 'EVALUACIÓN DE RIESGO DE ESTRÉS TÉRMICO EN SEMILLERO' y realizado por la estudiante PALOMA GARCÍA MARTÍNEZ DE MIGUEL.

Hace constar que el TFM ha sido realizado bajo mi supervisión y reúne los requisitos para ser evaluado.

Fecha de la autorización: 17 de julio de 2022

Fdo.: Jerónimo Maqueda Blasco
Tutor/a TFM

Resumen

En este TFM se trata de abordar la problemática, desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales, del impacto del estrés térmico en un semillero agrícola. En nuestro país nos enfrentamos a temperaturas muy elevadas sobre todo en temporadas estivales y estas pueden ser un riesgo para los trabajadores expuestos. Se realiza un estudio basándonos en la metodología de la Nota Técnica de prevención 332 “Valoración Del Riesgo De Estrés Térmico de Estrés: Índice: WBGT” según Pablo Luna Mendoza.

Tras realizar el estudio podemos concluir que existe riesgo para los trabajadores. Realizamos una evaluación de riesgos y se proponen soluciones para el desempeño de los trabajos, los cuales se ven afectados se realicen garantizando la salud e higiene de los trabajadores.

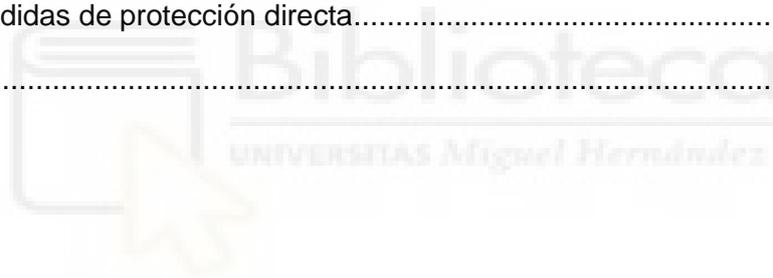
Palabras clave

Prevención, Seguridad, Estrés Térmico, Semillero agrícola, Invernadero.

Contenido

1.INTRODUCCIÓN	6
1.1. Influencia de la temperatura en la Salud	7
1.2. Efectos perniciosos producidos por el frio:	7
1.3. Efectos perniciosos producidos por el calor:	8
2. JUSTIFICACIÓN	11
3. OBJETIVOS	14
4. MATERIAL Y METODOS	15
4.1 Semillero.....	15
4.2. Procesos del semillero agrícola	15
4.2.1. Siembra	16
4.2.2. Germinación	19
4.2.3. Extendido de bandejas en invernadero.....	21
4.2.4. El riego	22
4.2.5. La fertirrigación.....	23
4.2.5. Segado de las plántulas	25
4.2.6. Recogido de bandejas en el invernadero.....	26
4.2.7. Lavado y desinfección de bandejas	27
4.3. Metodología. Análisis del estrés térmico según NTP 322.....	28
4.3.1. Procesos de trabajo susceptibles de estudio frente a estrés térmico	32
4.3.2. Método de toma de muestra para evaluar el estrés térmico (Luna Mendoza, 1993)	32
4.3.3. Cálculo del índice WBGT.....	35
4.3.4. Cálculo del consumo metabólico	35
4.3.5. Tiempo de descanso recomendado según NTP 322	36
5. RESULTADOS.....	37
5.1. Características de los invernaderos estudiados y su equipamiento.....	37
5.2. Cálculo del índice WBGT.	39

5.3. Cálculo del consumo metabólico.....	40
5.4. Tiempo de descanso recomendado según NTP 322.....	42
6. CONCLUSIÓN	44
6.1. Conclusiones del estudio de estrés térmico en semillero	44
6.2. Soluciones	45
6.2.1. Medidas de carácter preventivo	45
6.2.1.1. Formación	46
6.2.1.2. Organizativo	47
6.2.1.3. Aclimatación	48
6.2.1.4. Hidratación	49
6.2.1.5. Periodos de descanso	49
6.2.1.6. Otras medidas preventivas	50
6.2.2. Medidas de protección directa.....	50
7. Bibliografía.....	52



1.INTRODUCCIÓN

El Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) ofrece para la Evaluación de Riesgos la siguiente definición: "La evaluación de riesgos laborales es un proceso dirigido a estimar la magnitud de aquellos riesgos que no hayan podido evitarse, obteniendo la información necesaria para que el empresario esté en condiciones de tomar una decisión apropiada sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas y, en tal caso, sobre el tipo de medidas que deben adoptarse" (INSST, 1996)

La Evaluación de Riesgos consiste en valorar si un determinado proceso o puesto de trabajo es seguro.

En este caso estudiaremos el estrés térmico en los invernaderos.

Las condiciones térmico-higrométricas pueden tener sobre el organismo humano consecuencias fatales; por ello en situaciones extremas es necesario adoptar medidas dirigidas a prevenirlas, entre las que podemos encontrar, limitar el tiempo de permanencia en tales condiciones. En la industria esta limitación se pone en práctica en la mayoría de los casos, permitiendo a los trabajadores que hagan periodos de actividad y de reposo cuando ellos quieran. En la mayoría de los casos este método conduce a resultados bastante satisfactorios, en ciertas ocasiones aisladas no se respetan estos periodos de tiempo y puede producir un riesgo para el trabajador que se expone más tiempo de lo recomendado.

Los trabajadores dentro de las explotaciones invernadas pueden llegar a sufrir en determinadas épocas condiciones desapacibles debido a los ambientes calurosos o fríos, los cuales podrían desencadenar desequilibrios internos que dependiendo de su magnitud pueden llegar a constituir un riesgo, causando desde la disminución del rendimiento hasta problemas de salud.

Hay síntomas que nos permiten identificar, cuando existe una sobre carga térmica en el ser humano:

- Aumento de la frecuencia cardiaca superior a 180 pulsaciones por minuto, en las personas con un sistema cardiaco normal.
- Temperatura corporal interna superior a 38°C.
- Tras un gran esfuerzo, cuando el pulso de recuperación (1min después del esfuerzo) es mayor de 110 pulsaciones por minuto.

- Fatiga repentina.
- Náuseas.
- Vértigos o mareos.
- Si aparece confusión, irritabilidad o desorientación.
- Si la sudoración se interrumpe y la piel se vuelve caliente y seca.(Monroy Martí & Luna Mendaza , 2011).

El método que utilizaremos para evaluar los riesgos por Estrés térmico es aquel que enuncia las notas técnicas de prevención 322(NTP 332) del INSST.(Luna Mendoza, 1993).

1.1. Influencia de la temperatura en la Salud

La temperatura se trata de una de las variables más importantes dentro del ambiente de trabajo en un invernadero.

Tanto las altas temperaturas como las bajas suelen ser difíciles de controlar en los entornos agrarios. Producen alteraciones en la salud que deben ser conocidas y analizadas para evitar los efectos perjudiciales. A continuación, se enumeran para que podamos conocer e identificar los síntomas de la exposición a altas y bajas temperaturas y las consecuencias de las mismas.

1.2. Efectos perniciosos producidos por el frío:

- Efectos de las temperaturas bajas en el organismo.

HIPOTERMINA
VASOCONSTRICCIÓN
CIERRE DE LAS GLÁNDULAS SUDORIPARAS
DISMINUCIÓN DE LA CIRCULACIÓN PERIFÉRICA

Tabla 1: Efectos del frío en el organismo.

- Consecuencias de las temperaturas bajas en el organismo.

HIPOTERMIA
MALESTAR GENERAL
DISMINUCIÓN DE DESTREZA MANUAL
COMPORAMIENTO DESCORDINADO
CONGELACIÓN DE MIEMBROS

Tabla 2: Consecuencias baja temperatura

1.3. Efectos perniciosos producidos por el calor:

- Efecto de las temperaturas altas en el organismo.

HIPERTERMIA
VASODILATACIÓN
ACTIVACIÓN DE LAS GLÁNDULAS SUDORIPARAS
AUMENTO DE LA CIRCULACIÓN PERIFÉRICA

Tabla 3: Efectos del calor en el organismo

- Consecuencias de las temperaturas altas en el organismo.

HIPERTERMIA
ALTERACIONES CUTÁNEAS
CALAMBRES
AGOTAMIENTO POR CALOR
GOLPE DE CALOR

Tabla 4: consecuencias del calor en el organismo

Alteraciones cutáneas:

Erupción por calor o miliaria es la alteración cutánea más común asociada a la exposición solar. Produce la obstrucción de los conductos sudoríparos impidiendo que el sudor alcance la superficie cutánea y se evapore.

La miliaria suele estar provocada por un esfuerzo físico en ambientes calurosos y húmedos.

Tratamiento inicial consiste en trasladar a la persona a un lugar fresco, duchas frescas, secado suave de la piel y aplicación de una loción de calamina puede atenuar las molestias.

Esta obstrucción suele remitir a las 3 semanas, como resultado de la renovación de la epidermis.(OIT, 1998).

Calambres:

Pueden aparecer tras una intensa sudoración como consecuencia de un trabajo físico prolongado. Aparecen espasmos dolorosos en las extremidades y en los músculos abdominales sometidos a un trabajo intenso y a la fatiga, aunque la temperatura corporal apenas aumenta. Estos calambres están causados por la disminución salina .

El tratamiento de los calambres por calor consiste en interrumpir la actividad, descansar en un lugar fresco y reposición hídrica. La exposición al calor debe evitarse al menos durante 24 o 48h.(OIT, 1998).

Agotamiento por calor:

Es el trastorno más común. Se produce como resultado de la deshidratación, causada por la sudoración profunda y prolongada y la falta de hidratación.

Es el estado incipiente del golpe de calor, si no tiene tratamiento puede derivar en este.

Sincope: pérdida de conciencia debido a exposición mantenida de calor y ejercicio, que produce vasodilatación, y disminuye el riego al cerebro.

El tratamiento consiste en trasladar la víctima a un lugar fresco, permitir que descansa tumbada y con las piernas en alto. Humedecer su cuerpo con toallas frías y reponer la pérdida de líquidos por vía oral.(OIT, 1998)

Golpe de calor

Supone urgencia médica grave. Es un cuadro clínico complejo caracterizado por una hipertermia incontrolada que causa lesiones en los tejidos.

La hipertermia provoca una disfunción del sistema nervioso central y, entre otros un fallo en el mecanismo normal de termorregulación, acelerando así el aumento de temperatura.

Características clínicas, hipertemia severa con una temperatura interna superior a 42°C, alteraciones en el sistema nervioso central, piel caliente y seca con cese de sudoración.

El golpe de calor suele aparecer de manera brusca y sin síntomas previos, aunque algunas personas con riesgo inminente de golpe de calor pueden presentar síntomas como cefalea, náuseas, atontamiento, debilidad, somnolencia, confusión, ansiedad, desorientación, apatía, temblores, espasmos y convulsiones.

El golpe de calor es una urgencia médica que requiere un rápido diagnóstico y un rápido diagnóstico para salvar la vida de la persona. Su incidencia de muerte alcanza el 50%.

El objetivo del tratamiento es reducir la temperatura corporal disminuyendo la exposición al calor y facilitando la disipación de calor desde la piel. El tratamiento consiste en trasladar a la persona a un lugar seguro, fresco, a la sombra y bien ventilado, quitándole las prendas innecesarias. El enfriamiento del rostro y la cabeza puede ayudar a reducir la temperatura del cerebro.(OIT, 1998).

Aclimatación al calor

Se entiende como aclimatación a las modificaciones adaptativas que resultan de la exposición continua a las cargas térmicas. Dicha modificación supone una serie de modificaciones que aparecen en el curso de dicho proceso, como son:

- Descenso de la frecuencia cardiaca.
- Descenso de la temperatura corporal cutánea.
- Aumento de la sudoración.
- Aumento de la sensibilidad del sistema sudoríparo o una hipertermia central.
- Caída de la concentración de electrolitos en el sudor (partículas de cloruro de sodio) (OIT, 1998).

2. JUSTIFICACIÓN

La motivación para la realización de la evaluación de riesgos para el estrés térmico en la que se centra este trabajo viene derivada de que en España se producen unas 1.300 muertes anuales por golpe de calor, según el estudio de Julio Díaz y Cristina Linares, del departamento de Epidemiología y Bioestadística del instituto de Salud Carlos III. Esto representa un número muy elevado y más en nuestro país por la climatología que ofrece, sobre todo en la mitad sur de la península, unas condiciones de temperatura bastante elevadas.

La problemática con respecto a este tipo de riesgos, cuando lo asociamos al ámbito laboral, la encontraremos principalmente en los sectores de la construcción y la agricultura. También en trabajos como jardinería, reparaciones mobiliario urbano, personal de limpieza, repartidores...

La exposición a altas temperaturas en el ámbito laboral constituye una serie de problemas que enunciaremos como parte de esta justificación. Además, el objetivo de este trabajo no se limitará a la prevención del accidente laboral, sino a la prevención de otros problemas de ergonomía u otros factores que afectan al rendimiento y al bienestar del trabajador para un desarrollo apropiado y correcto de sus atribuciones profesionales.

Estos factores y problemas serán:

- La exposición a altas temperaturas durante la realización de ejercicios y esfuerzos físicos incrementará los riesgos de accidente relacionado con el estrés térmico.
- La exposición a altas temperaturas también reducirá las capacidades cognitivas del trabajador, por lo que se producirá un deterioro en las capacidades de atención y en afecciones a su rendimiento, de esta forma, también se incrementará el riesgo de producirse algún tipo de accidente derivado que no sea necesariamente por estrés térmico.
- En ciertos casos, debido al uso de equipos de protección individual (EPIs), tales como ropa de trabajo adecuada o, incluso, el uso de mascarillas debido a la latente situación de la era post pandemia COVID19, el desempeño laboral en ambientes a altas temperaturas puede ver incrementado en riesgo de accidente por estrés térmico debido a la reducción de capacidad de refrigeración del trabajador.

- Normalmente, los trabajos que relacionamos a un riesgo de estrés térmico, tienen una relación cuasi directa con la exposición solar. Por lo tanto, si somos capaces de evaluar y minimizar los riesgos de exposición, también podríamos conseguir una reducción de la exposición a la radiación solar y, por tanto, una posibilidad de minimizar los riesgos derivados de la misma, como posibles enfermedades laborales relacionados con esto, tal y como melanoma o cáncer de piel.

El R.D.486/ 1997 del 14 de abril,(BOE, 1997), *por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo*, enuncia las condiciones necesarias que deben cumplir las condiciones de trabajo.

Estas condiciones son de difícil cumplimiento en el ámbito de la agricultura, fundamentalmente porque los lugares de trabajo están directamente expuestos a las condiciones atmosféricas y climatológicas, no encontrando en la gran mayoría de los casos (habrá excepciones como almacenes agrícolas o naves de servicios auxiliares para la producción agrícola) con un recinto cerrado donde se puedan controlar los parámetros de temperatura y humedad a la que se encuentran expuestos los trabajadores.

Por lo tanto, los factores y problemas para el sector agrícola en los que basamos la justificación de este trabajo serán:

- Los trabajos se desarrollan durante periodos de tiempo muy prolongados a la exposición de altas temperaturas y radiación solar.
- Las protecciones individuales para reducir la exposición a la radiación solar reducirán la capacidad de evacuación de energía en forma de calor.
- Los trabajos realizados en invernadero se realizarán a una temperatura muy elevada debido al efecto invernadero y, además, la humedad del aire dificultará la evacuación de energía en forma de calor del trabajador.

Aunque es difícil obtener datos de los accidentes laborales relacionados con esta problemática, los organismos estatales lanzaron en julio de 2021 una campaña para la lucha contra los accidentes laborales debidos al estrés térmico. En ella, se realizaron comunicaciones con casi un millón de empresas que se consideraban de alto riesgo, fundamentalmente de los sectores de la construcción y la agricultura.

La finalidad de este TFM es analizar las situaciones de trabajadores que se encuentran sometidos a situaciones de estrés térmico, debido a las condiciones desfavorables que se ven sometidos tanto en verano como en invierno dentro de un invernadero.

De esta manera poder prevenir a tiempo y crear un plan de prevención para evitar consecuencias para la salud.



3. OBJETIVOS

Objetivo principal:

- Identificar posibles peligros para la salud de los trabajadores sometidos al estrés térmico en un semillero.

Objetivos secundarios:

- Diseñar un entorno laboral adecuado a sus necesidades.
- Recomendar las medidas necesarias para prevenir los problemas de salud derivados del trabajo en invernadero.
- Conocer tiempo de exposición, tiempo de trabajo y medidas preventivas de los trabajadores.



4. MATERIAL Y METODOS

4.1 Semillero

El proyecto se centra en una empresa dedicada a la producción hortofrutícola en la Región de Murcia.

La empresa se define en el grupo de producción agrícola, en el sector de la agricultura.

El emplazamiento ocupa 80.000 metros cuadrados, con una superficie de invernaderos de 22.000 metros cuadrados; además encontramos una construcción de oficinas y laboratorio.

Se dedica a la producción de plantel, haciendo que la semilla alcance la germinación y la primera fase de crecimiento en unas condiciones adecuadas y cuidados específicos para su posterior trasplante, sembrado y cultivo.

Se producen un alto rango de plántulas hortícolas, especialmente los pedidos mayoritarios son lechuga, pimiento, brócolis y sandía.

Además, está también especializado en la producción de plantel para el cultivo floral, tratándose de un proceso con mayores cuidados que aquel dedicado a la planta hortícola.

4.2. Procesos del semillero agrícola

Procesos que se desarrollan en la empresa.

- Siembra.
- Germinación.
- Extensión de bandejas en el invernadero.
- Riego.
- Tratamiento fitosanitario.
- Segado de las plántulas.
- Recogido de las bandejas en el invernadero.
- Lavado y desinfección de las bandejas.

4.2.1. Siembra

Se trata del primer paso que nos interesa protagonizado por la empresa, tras realizar los pedidos pertinentes a las empresas proveedoras de semillas, normalmente multinacionales, que ofrecen una buena garantía y trazabilidad de sus productos.

A pesar de ello, se procede en primer lugar al examen, revisión y selección de las semillas, puesto que es significativo en la productividad, el que podamos evitar planta defectuosa en las bandejas por causas relativas al estado de la semilla.

Otro de los elementos más significativos y representativos en cualquier semillero son las bandejas. En estos semilleros se utilizan bandejas alveolares de poliestireno expandido. Este elemento ofrece, por tanto, las siguientes características: son ligeras, resistentes, duraderas, mantienen la humedad y son reutilizables. En esta última propiedad, profundizaremos más tarde, puesto que encontraremos un nuevo proceso derivado de ella.

Las bandejas están estandarizadas de modo que existen diversos tamaños, según el número de alveolos de los que conste cada una. Las bandejas sirven como base en el proceso de siembra. En los alveolos, se establecerán las condiciones para crecer a la semilla; se utilizará la turba y los diferentes aditivos en cada uno y se enterrará la semilla, hasta conseguir el brote.

Para este proceso, el semillero utiliza dos máquinas de siembra en líneas automáticas. Con sistema de llenado de turba independiente.



Fig1: Línea de Siembra

El funcionamiento de este dispositivo es el siguiente:

1. Las bandejas se introducen en el inicio de la máquina para que ella automáticamente vaya recogiendo una a una y a través de una cinta pase al llenado de turba.
2. Las bandejas se llenan de turba, mediante el proceso llamado Big Bale, que estandariza los sacos de turba de modo que facilita su transporte y almacenamiento y gracias a una máquina específica nosotros establecemos el nivel de abono con el que iremos cargando la línea de siembra.



Fig.2: Bale estandarizados de turba.



Fig.3: Dispensador de turba.

3. En el siguiente proceso la bandeja llena de turba pasa por un punzonado, donde se le hace una pequeña hondura en el cepellón para que la semilla se quede introducida en el interior de la turba, no demasiado profunda pero tampoco demasiado superficial.



Fig.4: Punzador de bandejas.

4. En un bombo se recoge la semilla y la deposita en la bandeja cada una en un cepellón, a través de un agujero muy fino con aspiración de aire comprimido la recoge y en la parte inferior la deposita. Con un dispositivo que golpea el bombo conseguimos encontrar una sola semilla en cada cepellón, a pesar de ello, un operario revisara que no haya más de una semilla o que no haya ninguna, de esta manera optimizaremos la producción.



Fig.5: Dispensador de semillas.

5. A la bandeja se le aplica un mantillo que puede ser de distintos tipos, para tapar el agujerito donde está la semilla y no quede al aire libre y seguidamente la bandeja es regada, en la foto se puede observar con flechas verdes el sentido en el que irá la bandeja y las líneas azules simulan la caída de agua.
6. Finalmente, un operario procede a acumular las bandejas en un carro de hierro para poder llevarlo a las cámaras de germinación.



Fig.6: Bandejas terminadas.

Y al terminar el día o la siembra la maquina es limpiada y puesta a punto para un próximo uso.

4.2.2. Germinación

Las operaciones de cultivo en sus primeras fases son esenciales para el desarrollo y la productividad de la planta.

Una vez realizada la siembra, las bandejas han de pasar a las cámaras de germinación.



Fig.7: Bandejas antes de germinación.

El semillero cuenta con tres cámaras.



Fig.8: Bandejas en cámara de refrigeración.

El tiempo de estancia en la cámara depende del cultivo sembrado y el objetivo es que germine la raíz principal solamente, ya que si se mantuviera más tiempo en la cámara aparecerían los cotiledones y la planta crecería ahilada. Las condiciones ambientales estándar que mantener las cámaras de refrigeración son:

- Humedad relativa ambiental: 80-90 %.
- Temperatura: 25 – 27 °C.

Es interesante disponer de un ventilador en la cámara de germinación para homogeneizar temperatura y humedad. Debemos asegurarnos de que hay suficiente espacio entre los pallets, con las bandejas de germinación, para repartir mejor de esta forma la temperatura y humedad.

4.2.3. Extendido de bandejas en invernadero

Una vez el brote es apreciable y se cumplan los plazos recomendados y establecidos por el encargado técnico, según tipo, condición y estado de la planta, se procederá al extendido de bandejas en los invernaderos que corresponden en los bancos destinados a la partida concreta.



Fig.9: Bandejas extendidas en invernadero.

Esto será importante, puesto que, debido a la automatización del sistema de riego, los horarios y el tratamiento serán particulares para cada área en un mismo invernadero, de tal modo que una confusión en el orden de las partidas podría suponer la muerte de las distintas series de planta.

Los operarios recogerán los carros en las cámaras de germinación y las trasladarán al semillero.

Luego, procederán a la colocación de las bandejas una junto a otra en hileras de modo que se cubra todo el espacio, ocupando la menor área posible.



Fig.10: Bandejas extendidas en invernadero.

4.2.4. El riego

La salida de la cámara de germinación, las bandejas se disponen en el semillero sobre mesas o soportes. Una vez allí el manejo de riego es el siguiente:

- Invierno. Día sí, día no o un día sí y dos no.
- Verano. Todos los días.

El riego se debe realizar siempre a primera hora de la mañana o última de la tarde, evitando las altas temperaturas que dañen a la planta.



Fig.11: Sistemas de Riego.

El riego debe aportar todos los nutrientes y microelementos necesarios para un crecimiento óptimo de la planta, incluyendo también los tratamientos fitosanitarios preventivos.

4.2.5. La fertirrigación



La fertirrigación es la aplicación de fertilizantes disueltos en el agua de riego.

Fertirrigación es un término generalmente aceptado como técnica de cultivo que utiliza conjuntamente agua y fertilizantes. Se aplica a cultivos leñosos, hortícolas y ornamentales.

Ofrece ventajas con respecto a los métodos tradicionales:

- Disminuye la compactación del suelo.
- Utiliza menos energía en las aplicaciones.
- La aplicación de nutrientes y agua es más precisa, localizada y controlada.
- La distribución de nutrientes se realiza conforme a las necesidades de la planta y en la máquina adecuada.
- Proporciona la solución nutritiva adecuada según el estadio fenológico del cultivo.
- Supone un ahorro de agua, nutrientes y mano de obra.
- Permite un impacto ambiental mínimo.

La tecnología de aplicación incluye el riego aéreo, superficial y subterráneo aplicado a suelos o a cualquier tipo de sustrato (cultivos hidropónicos)



Fig.12: Sistema de riego.

Para el uso de la fertirrigación necesitamos de elementos auxiliares tales como el análisis de agua, análisis del suelo y análisis foliar para establecer un sistema integrado de nutrición vegetal.

También forma parte del debate de esta lista la tecnología relativa a los materiales de riego y autómatas de control, así como software de gestión, recomendación y control automático de la fertirrigación. Adicionalmente, la lista incluye la modelización de agua y/o nutrientes en el sistema suelo - planta - atmósfera y sus correspondientes programas informáticos.

El diagnóstico de la nutrición, tiene que ver con el estado nutricional de la planta en que se encuentra, con el diagnóstico sabremos las deficiencias de nutrientes.

Diagnóstico de suelo.

- Toma de muestra de suelo.
- Cumplir con el boletín de riegos.
- Preparación de la muestra en el laboratorio.
- Textura y estructura del suelo.
- PH del suelo.
- Capacidad de intercambio cationes (C.I.C.).
- Relación C/N.
- Conductividad eléctrica (salinidad).
- Además, deberemos saber que tipos de nutrientes demandan las plantas; los nutrientes de las plantas se clasifican en dos:

- Macronutrientes:
- Macronutrientes primarios: Tenemos al N, P y K.
- Macronutrientes secundarios tenemos al Ca, Mg y S.
- Micronutrientes:
- Tenemos a los siguientes elementos: Cu, Fe, Mo, Cl, Mn, B y Zn.

4.2.5. Segado de las plántulas

En este proceso, las plántulas son segadas por una máquina de siega.



Fig.13: Máquina segadora.

De este modo, los tallos de la pequeña planta tomarán fuerza en sus últimos días de tratamiento y, además, serán más operativas a la hora de trasplante. Esta operación se realiza en el interior del propio invernadero unos días antes de que la planta esté lista para la entrega.

4.2.6. Recogido de bandejas en el invernadero

Cuando la planta está lo suficientemente madura para trasplantarla o ha sobrepasado el tiempo de maduración a expensas de que el cliente necesite comenzar su cultivo, y en este caso la planta volvería a la cámara de germinación para aguantar su proceso de crecimiento, se procede al proceso de recogida de las bandejas.

Los operarios siguen el proceso inverso al de extendido. Recogiendo las bandejas de las bancadas del invernadero y cargándolas en los carros. El esfuerzo que supone para el trabajador es mayor que en el proceso anterior, puesto que el volumen de riego normalmente es mayor y el peso es considerablemente más grande, sobre uno 1,5kg.



Fig.14: Bandejas en Invernadero.

Después se trasladarán al camión de reparto que llevará los carros al lugar acordado con el cliente, normalmente el campo de cultivo donde, directamente, pasarán a ser trasplantadas en la tierra.

Después, el camión de transporte deberá volver a recuperar las bandejas utilizadas, puesto que, como hemos indicado anteriormente se tratará de un elemento reutilizable que deberemos tratar para que el nuevo uso sea satisfactorio.



Fig.15: Bandejas en Invernadero

4.2.7. Lavado y desinfección de bandejas

Como ya indicamos en un apartado anterior, las bandejas alveolares de poliestireno expandido que utilizamos en Semillero serán reutilizables, con lo cual necesitaremos hacer pasar a las bandejas por un proceso de limpieza y desinfección que asegure un buen rendimiento a las plántulas que hagamos crecer en la bandeja reutilizada.



Fig.16: Maquinaria de Limpieza y Desinfección de bandejas.

Para ello, los semilleros poseen una línea de limpieza y desinfección de las bandejas automática que permite que as bandejas puedan volverse a utilizar de una manera óptima.



Fig.17: almacén de bandejas.

4.3. Metodología. Análisis del estrés térmico según NTP 322

El estudio del ambiente térmico requiere el conocimiento de una serie de variables del ambiente, del tipo de trabajo y del individuo. La mayor parte de las posibles combinaciones de estas variables que se presentan en el mundo del trabajo, dan lugar a situaciones de inconfort, sin que exista riesgo para la salud. Con menor frecuencia pueden encontrarse situaciones laborales térmicamente confortables y, pocas veces, el ambiente térmico puede generar riesgo para la salud. Este último está condicionado casi siempre a la existencia de radiación térmica (superficies calientes), humedad (>60%) y trabajos que impliquen un cierto esfuerzo físico.

El riesgo de estrés térmico, para una persona expuesta a un ambiente caluroso, depende de la producción de calor de su organismo como resultado de la actividad física y de las características del ambiente que le rodea, que condiciona el intercambio de calor entre el ambiente y el cuerpo. Cuando el calor generado por el organismo no puede ser emitido al

ambiente, se acumula en el interior del organismo y la temperatura de éste tiende a aumentar, pudiendo producirse daños irreversibles.(Luna Mendoza, 1993).

Existen diversos métodos para valorar el ambiente térmico en sus diferentes grados de agresividad.



Fig. 18: Índices de valoración de ambiente térmico (Luna Mendoza, 1993)

Índice WBGT

(Luna Mendoza, 1993)

“El índice WBGT se utiliza, por su sencillez, para discriminar rápidamente si es o no admisible la situación de estrés térmico, aunque su cálculo permite a menudo tomar decisiones, en cuento a las posibles medidas preventivas que hay que aplicar.

El índice WBGT se calcula a partir de las combinaciones de dos parámetros ambientales: la temperatura del globo TG y la temperatura humedad natural THN. A veces se emplea también la temperatura seca del aire, TA.

Mediante las siguientes ecuaciones se obtiene el índice WBGT:

WBGT= 0.7 THN + 0.3 TG (en el interior de edificaciones o en el exterior, sin radiación solar) (Luna Mendoza, 1993)

WBGT= 0.7 THN + 0.2 TG + 0.1 TA (en exteriores con radiación solar) (Luna Mendoza, 1993)

El índice así hallado, expresa las características del ambiente y no debe sobrepasar un cierto valor límite que depende del calor metabólico que el individuo genera durante el trabajo (M).

Mediante lectura en la curva correspondiente, el máximo que puede alcanzar el índice WBGT según el valor que adopta el término M.”

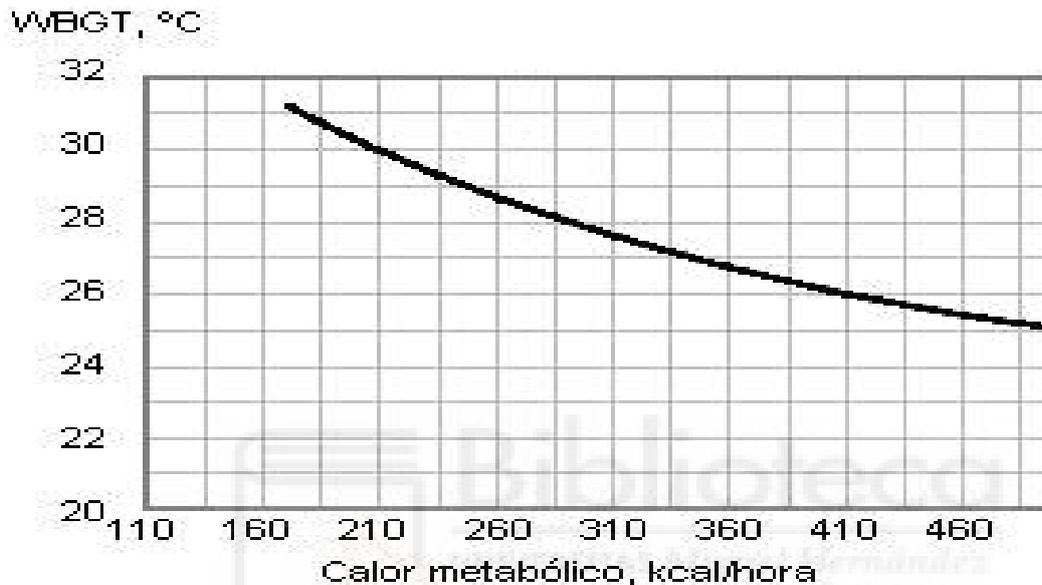


Fig. 19: Valores límite del índice WBGT (ISO 7243) (Luna Mendoza, 1993)

Consumo metabólico (M)(Luna Mendoza, 1993)

“La cantidad de calor producido por el organismo por unidad de tiempo es una variable que es necesaria conocer para la valoración del estrés térmico. Para estimarla se puede utilizar el dato de consumo metabólico, que es la energía total generada por el organismo por unidad de tiempo (potencia), como consecuencia de la tarea que desarrolla el individuo, despreciando en este caso la potencia útil (puesto que el rendimiento es muy bajo) y considerando que toda la energía consumida se transforma en calorífica.

El término M puede medirse a través del consumo de oxígeno del individuo, o estimarlo mediante tablas. Esta última forma, es la más utilizada, pese a su imprecisión, por la complejidad instrumental que comporta la medida del oxígeno consumido.

Existen varios tipos de tablas que ofrecen información sobre el consumo de energía durante el trabajo. Unas relacionan, de forma sencilla y directa, el tipo de trabajo con el término M

estableciendo trabajos concretos (descargar camiones, escribir a ordenador etc.) y dando un valor M a cada uno de ellos. Otras, como la que se presenta, determina un valor M según la posición y movimiento del cuerpo, el tipo de trabajo y el metabolismo basal. Este último se considera de 1 kcal/min como media para la población laboral, y debe añadirse siempre.”

El consumo metabólico se expresa en unidades de potencia o potencia por unidad de superficie corporal. La relación entre ellas es la siguiente:

1 kcal/hora =1,16 watos = 0,64 watos/m2 (para una superficie corporal media de 1,8 m2).

A. POSICIÓN Y MOVIMIENTO DEL CUERPO			
Sentado		0,3	
De pie		0,6	
Andando		2,0-3,0	
Subida de pendiente		Añadir 0,8 por m de subida	
B. TIPO DE TRABAJO			
		Media Kcal/min	Rango kcal/min
Trabajo Manual	Ligero	0,4	0,2-1,2
	Pesado	0,9	
Trabajo con Brazos	Ligero	1,0	0,7-2,5
	Pesado	1,7	
Trabajo con Dos brazos	Ligero	1,5	1,0-3,5
	Pesado	2,5	
Trabajo con El cuerpo	Ligero	3,5	2,5-15,0
	Moderado	5,0	
	Pesado	7,0	
	Muy pesado	9,0	

Tabla 5: Valores límite de referencia para el índice WBGT (ISO 7243) (Luna Mendoza, 1993).

Consumo Metabólico Kcal/hora	WBGT límite °C			
	Persona aclimatada		Persona No aclimatada	
	V=0	V≠0	V=0	V≠0
≤100	33	33	32	32
100 ÷ 200	30	30	29	29
200 ÷ 310	28	28	26	26
310 ÷ 400	25	26	22	23
>400	23	25	18	20

Tabla 6: Valores límite de referencia para el índice WBGT (ISO 7243) (Luna Mendoza, 1993).

4.3.1. Procesos de trabajo susceptibles de estudio frente a estrés térmico

Una vez realizado el pertinente estudio de campo, durante varias ocasiones y observando el desempeño del trabajo de los operarios en las distintas fases de producción del semillero agrícola objeto de estudio que se han desarrollado en el apartado 4.2. de este trabajo, así como realizando diversas entrevistas a los trabajadores, se determina que los procesos en los que puede producirse riesgo por estrés térmico debido a sus condiciones de temperatura de trabajo, así como de esfuerzo producido por el trabajador serán:

- Extendido de bandejas en invernadero.
- Recogida de bandejas en invernadero.

4.3.2. Método de toma de muestra para evaluar el estrés térmico (Luna Mendoza, 1993)

Las mediaciones de las variables que intervienen en este método de valoración deben realizarse preferentemente, durante los meses de verano y en las horas más cálidas de la jornada. Los instrumentos de medida deben cumplir los siguientes requisitos:

Temperatura de globo (TG)

Es la temperatura indicada por un sensor colocado en el centro de una esfera de las siguientes características:

CARACTERISTICAS
• 150mm de diámetro.
• Coeficiente de emisión medio: 90 (negro y mate).
• Grosor: lo más delgado posible.
• Escala de medición 20°C-120°C.
• Presión: $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ de 20°C a 50°C y $\pm 1^{\circ}\text{C}$ de 50°C a 120°C.

Tabla 7 (Luna Mendoza, 1993)

Temperatura humedad natural (THN)

Es el indicado por un sensor de temperatura cubierto de un tejido humedecido que es ventilado de forma natural, es decir, sin ventilación forzada. Esto último diferencia a esta variable de la temperatura húmeda psicrométrica, que requiere una corriente de aire alrededor del sensor y que es más conocida y utilizada en termodinámica y en las técnicas de climatización.

El sensor debe tener las siguientes características:

CARACTERISTICAS DEL SENSOR
<ul style="list-style-type: none"> • Forma cilíndrica
<ul style="list-style-type: none"> • Diámetro externo de 6 mm \pm1mm
<ul style="list-style-type: none"> • Longitud 30mm \pm5mm
<ul style="list-style-type: none"> • Rango de medida 5°C 40°C
<ul style="list-style-type: none"> • Precisión \pm 0,5°C
<ul style="list-style-type: none"> • La parte sensible del sensor debe estar recubierta de un tejido (p.e. algodón) de alto poder absorbente de agua
<ul style="list-style-type: none"> • El soporte del sensor debe tener un diámetro de 6mm, y parte de él (20mm) debe estar cubierto por el tejido, para reducir el calor transmitido por conducción desde el soporte al sensor
<ul style="list-style-type: none"> • El tejido debe formar una manga que ajuste sobre el sensor. No debe estar demasiado apretado ni demasiado holgado.
<ul style="list-style-type: none"> • El tejido debe mantenerse limpio.
<ul style="list-style-type: none"> • La parte inferior del tejido debe estar inmersa en agua destilada y la parte no sumergida del tejido, tendrá una longitud entre 20mm t 30mm.
<ul style="list-style-type: none"> • El recipiente de agua destilada estará protegido de la radiación térmica.

Tabla 8 (Luna Mendoza, 1993).

Temperatura seca del aire (TA)

Temperatura de aire medida.

CARACTERISTICAS
Termómetro de mercurio convencional u otro adecuado fiable.
Sensor protegido de la radiación térmica, sin impedir la circulación de aire alrededor.
Escala de medida entre 20°C y 60°C (\pm 1°C).
Cualquier otro sistema de medición de estas variables es válido si, después de calibrarlo ofrece resultados similares al descrito.

Tabla 9 (Luna Mendoza, 1993).

Contamos con dos sensores indicados según la NTP 322 y procedemos a la toma de medidas necesarias para evaluar el posible estrés térmico.

Tomaremos 4 muestras, una cada hora, a lo largo de las 4 horas de trabajo y calcularemos el indicador WBGT para un entorno interior, que como describimos en el apartado anterior viene dado por la fórmula:

4.3.3. Cálculo del índice WBGT

Como ya se indicaba en la introducción de nuestra metodología, y al tratarse de un estudio en una estancia interior, para el cálculo del índice WBGT utilizaremos la fórmula:

$$\text{WBGT} = 0.7 \text{ THN} + 0.3 \text{ TG}$$

4.3.4. Cálculo del consumo metabólico

Para establecer el consumo metabólico de los puestos de trabajo, acotamos en un ciclo las acciones que desarrolla el empleado en el desempeño de las actividades. Cada acción tendrá relacionado un consumo metabólico que establece la NTP 322 y que hemos representado en el desarrollo de la evolución de riesgos para el estrés térmico al principio del apartado.

El trabajador debe recoger las bandejas del carro de transporte e ir colocándolas en los soportes del invernadero, por tanto, dividiremos el ciclo de trabajo en los siguientes pasos:

- | | |
|------------------------------------------------|----------------------------------|
| 1. Caminar hacia el carro de transporte: | Andado. |
| 2. Llevar la bandeja hasta el transporte: | Trabajo pesado con ambos brazos. |
| 3. Colocar la bandeja en su posición correcta: | Trabajo ligero con ambos brazos. |

Además, habrá que sumar a todo este consumo, el consumo Metabólico basal que será de 1kcal/min en todo momento, se trata de consumo normal que establece la NTP para cada persona.

El otro proceso que se llevará a cabo en el invernadero será la recogida de bandejas, pero tomamos que el consumo metabólico será igual, puesto que el desarrollo del trabajo es el estrictamente inverso al colocar las bandejas.

También tenemos que establecemos el tiempo estimado que gastará el empleado en cada acción, que hemos nombrado anteriormente.

4.3.5. Tiempo de descanso recomendado según NTP 322

La NTP 322 establece una fórmula matemática para el cálculo de la fracción de trabajo por y tiempo de descanso (ft), esta es:

$$Ft = \frac{(A-B)}{(C-D)+(A-B)} \times 60(\text{minutos/hora}) \text{ (Luna Mendoza, 1993)}$$

Siendo los valores que encontramos en la fórmula:

- A = WBGT límite en el descanso (M < 100 kcal/h.)
- B = WBGT en zona de descanso.
- C = WBGT en la zona de trabajo.
- D = WBGT límite en el trabajo.



5. RESULTADOS

En primer lugar, calcularemos el consumo metabólico de los trabajadores en el puesto de trabajo en invernaderos.

Tomaremos el mismo consumo para ambas situaciones.

En segundo lugar, deberíamos tomar las distintas mediciones de temperatura ambiente del trabajo. Al tratarse de un entorno de trabajo cerrado, necesitamos la Temperatura Globo y la Temperatura humedad natural.

5.1. Características de los invernaderos estudiados y su equipamiento

Para la toma de muestras hemos escogido dos invernaderos multicapilla, a continuación, explicamos las características de cada uno de ellos:

	INVERNADERO 1	INVERNADERO 2
N.º de naves	14	15
Ancho de las naves	8,0 m	8 m
Longitud	70,0 m	60 m
Superficie	7.840 m ²	7.200 m ²
Separación de arcos	2,5 m	2,5 m
Altura bajo canal	4,5 m	4,5 m
Altura bajo cumbrera	6,18 m	6,18 m
Distancia entre pilares interiores	5,0 m	5,0 m
Distancia entre pilares exteriores	2,5 m	2,5 m
Ventanas cenitales ½ de arco	14	15
Ventanas frontales enrollable	4	4
Ventanas laterales enrollable	8	8

Tabla 10: características del semillero.

Su estructura consta de:

- Pilares de tubo redondo de 75 mm.
- Arco de tubo redondo de 60 mm.
- Correa de tubo redondo de 32 mm.
- Entutorado reforzado con barra de 42 y tirantes de 25 mm.
- Canalón de perfil 190 mm. De ancho y 2 mm. De espesor.
- Cabezal de 2mm. De espesor.

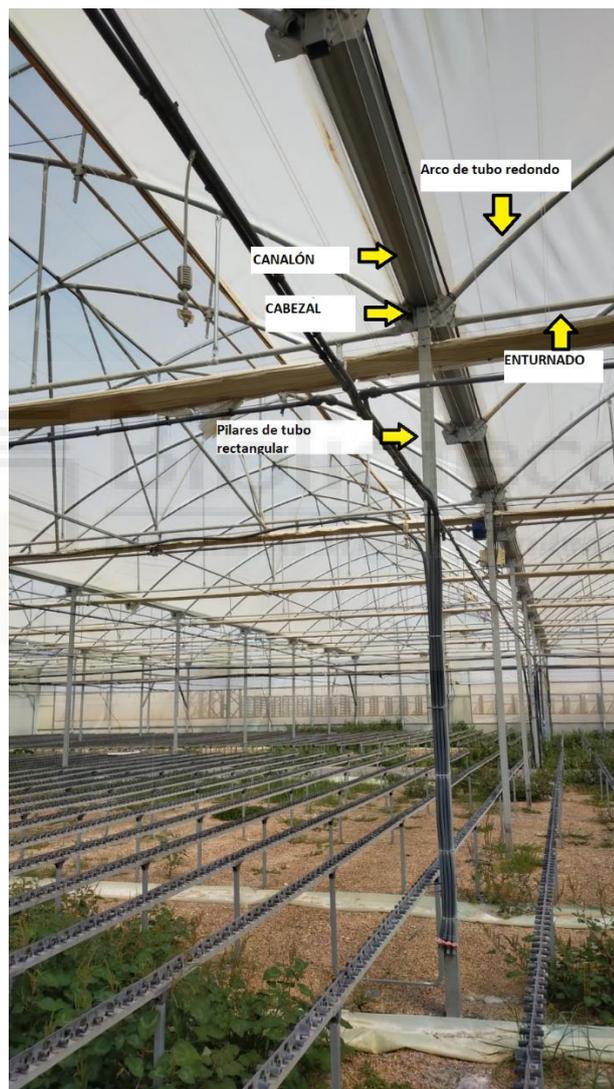


Fig.20: Estructura invernadero.

El material de cubierta es polietileno tricapa 800 galgas.

Los invernaderos poseen pantallas mixtas (sombreo/térmicas) que se extienden o se recogen para ayudan a regular temperatura, humedad y luminosidad en su interior.

El sistema de riego utilizado es la microaspersión, este consta de unos emisores que se distribuyen en un marco de 3,5 m X4 m, a 2 m. por encima de las bandejas, tienen un caudal de 200 l/h a una presión de 2 atm. Por lo que aportan una pluviometría de 14,29 l/m²/h.

Un programa informático controla los parámetros de riego y clima.

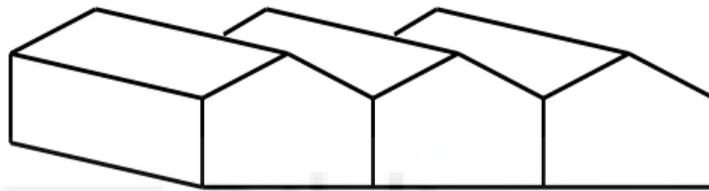


Figura 21: invernadero multicapilla.

5.2. Cálculo del índice WBGT.

Resultado de la evaluación de la temperatura e índice WBGT en las muestras recogidas en el invernadero 1.

MUESTRAS	T. Globo(°C)	T.Humedad Natural(°C)	Índice WBGT (°C)
Muestra 1	30,7	31	30,91
Muestra 2	30,2	30,1	30,13
Muestra 3	29,8	30,1	30,64
Muestra 4	29,9	30,3	30,04

Tabla 11: toma de muestras.

En esta tabla se recogen los cuatros muestras tomadas cada hora, durante un periodo de tiempo de 4 horas. Si comparamos con los establecido NTP 322 el valor máximo para un trabajador es de 29.

La media en el semillero 1, es de 30,43°C. Sobrepasado lo recomendado.

Resultado de la evaluación de la temperatura e índice WBGT en las muestras recogidas en el invernadero 2.

MUESTRAS	T.Globo (°C)	T.Humedad Natural (°C)	Índice WBGT (°C)
Muestra 1	30,4	30,4	30,4
Muestra 2	30,3	31	30,37
Muestra 3	29,8	30,1	30,64
Muestra 4	29,9	30,3	30,04

Tabla 12: toma de muestras

En esta tabla se vuelve a repetir el mismo procedimiento que en el invernadero 1, recogida de cuatro muestras una cada hora, durante 4 horas. Siendo la media de esta 30,36°C, sobrepasando lo recomendado.

Luego en el invernadero 1 tendremos un índice WBGT promedio de 30,43 °C.

Luego en el invernadero 2 tendremos un índice WBGT promedio de 30,3625 °C.

5.3. Cálculo del consumo metabólico

Según lo expuesto en la metodología, apartado 4.3.2:

El trabajador debe recoger las bandejas del carro de transporte e ir colocándolas en los soportes del invernadero, por tanto, dividiremos el ciclo de trabajo en los siguientes pasos:

- | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1. Caminar hacia el carro de transporte:
Andado | 2kcal/min |
| 2. Llevar la bandeja hasta el transporte
Trabajo pesado con ambos brazos | 2,5kcal/min |
| 3. Colocar la bandeja en su posición correcta:
Trabajo ligero con ambos brazos | 1,5kcal/min |

Además, habrá que sumar a todo este consumo, el consumo Metabólico basal que será de 1kcal/min en todo momento, se trata de consumo normal que establece la NTP para cada persona.

El otro proceso que se llevará a cabo en el invernadero será la recogida de bandejas, pero tomamos que el consumo metabólico será igual, puesto que el desarrollo del trabajo es el estrictamente inverso al colocar las bandejas.

A continuación, establecemos el tiempo estimado que gastará el empleado en cada acción:

- | | |
|-----------------------------------------------|-----|
| 1. Caminar hacia el carro de transporte | 10s |
| 2. Llevar la bandeja hasta el soporte | 10s |
| 3. Colocar la bandeja en su posición correcta | 5s |

Con los cual, el ciclo total durará 25 seg., con lo cual, distribuimos los porcentajes de cada uno de los consumos respecto al ciclo total.

- | | |
|-----------------------------------------------|-----|
| 1. Caminar hacia el carro de transporte | 40% |
| 2. Llevar la bandeja hasta el soporte | 40% |
| 3. Colocar la bandeja en su posición correcta | 20% |

Ahora nos vemos en condiciones de calcular el consumo metabólico del trabajador, con valores del ciclo y el metabolismo basal:

$$M = 1\text{kcal/min} + 2\text{kcal/min} \times 0,40 + 2,5 \text{ kcal/min} \times 0,40 + 1,5 \text{ kcal/min} \times 0,20$$

$$M = 3,1 \text{ Kcal/min} = 186\text{kcal/hora}$$

Con lo cual, según la documentación que ofrece la NTP, el índice límite WBGT en ambos invernaderos será de 29°C.

5.4. Tiempo de descanso recomendado según NTP 322

Tomamos muestras en la sala de descanso con el fin de analizar el índice WBGT en este lugar:

Muestras	T. Globo (°C)	T.Humedad Natural (°C)	Índice WBGT (°C)
Muestra 1	24,9	25,2	25,11
Muestra 2	26,1	26,8	26,59
Muestra 3	23,5	27,5	26,3
Muestra 4	23,4	26,1	25,29

Tabla 13: toma de muestras.

Luego en la sala de descanso tendremos un índice WBGT promedio de 25,8225 °C.

- En el invernadero 1:

Consideramos A, como el resultado recomendado por el índice WBGT, valor B como el índice WBGT obtenido en la sala de descanso, valor C índice WBGT obtenidos en el invernadero 1 y valor D como el límite de trabajo.

$$A = 32 \text{ °C}$$

$$B = 25,8225 \text{ °C}$$

$$C = 30,4325 \text{ °C}$$

$$D = 20 \text{ °C}$$

Tenemos que; $f_t = 50,02$ minutos de trabajo por hora

Con lo cual, habrá que establecer 9,97 minutos de descanso por cada hora de trabajo

- En el invernadero 2:

Realizaremos el mismo procedimiento, consideramos el valor A como el resultado recomendado por el índice WBGT, valor B como el índice WBGT obtenido en la sala de descanso, valor C índice WBGT obtenidos en el invernadero 2 y valor D como el límite de trabajo.

A = 32 °C (según tabla)

B = 25,8225 °C

C = 30,3635 °C

D = 29 °C

Tenemos que: $f_t = 49,15$ minutos de trabajo por hora

Con lo cual, habrá que establecer 10,85 minutos de descanso por cada hora de trabajo.



6. CONCLUSIÓN

6.1. Conclusiones del estudio de estrés térmico en semillero

Como ya hemos explicado anteriormente en el desarrollo de este TFM más concretamente en el apartado de metodología, hemos calculado consumo metabólico y el índice WBGT tras la toma de muestras en los lugares de trabajo susceptibles a riesgo de estrés térmico.

Hemos utilizado el método descrito por la NTP 322(Luna Mendoza, 1993), para evaluar si existe riesgo en los puestos de trabajo desarrollados en el interior de los invernaderos. Puesto que hemos supuesto un consumo metabólico idéntico, ya que se han utilizan los mismos desarrollos laborales, y que las temperaturas resultan parecidas al ubicarse en el mismo punto geográfico; en ambos invernaderos superamos el índice recomendando para que no se produzca riesgo para el estrés termiónico.

Tras estos cálculos, descubrimos que existe riesgo de estrés térmico en los invernaderos, seguramente debido a que hemos elegido el panorama más desfavorable para este caso, haciendo toma de muestras y el estudio en la temporada estival, el mes de julio, cuando el sol y las temperaturas producen un impacto más severo en esta región.

Comparando los valores obtenidos que vemos en la siguiente tabla:

Localización	Índice WBGT	Consumo metabólico	WBGT Límite
Invernadero 1	30,43 °C	186 kcal/h	29
Invernadero 2	30,36 °C	186 kcal/h	29

Tabla 14: Índice total WBGT y consumo metabólico.

Consumo Metabólico Kcal/hora	WBGT límite °C			
	Persona aclimatada		Persona No aclimatada	
	V=0	V≠0	V=0	V≠0
≤100	33	33	32	32
100 ÷ 200	30	30	29	29
200 ÷ 310	28	28	26	26
310 ÷ 400	25	26	22	23
>400	23	25	18	20

Tabla 6: Valores límite de referencia para el índice WBGT (ISO 7243) (Luna Mendoza, 1993).

Con lo cual, habrá que establecer una serie de recomendaciones y medidas al responsable técnico del semillero con el fin de resolver este problema y evitar peligros para los trabajadores.

6.2. Soluciones

Una vez realizado el trabajo de evaluación de riesgos, que se ha ido desarrollando a lo largo del Trabajo Fin de Máster, podemos concluir en la necesidad de proponer una serie de actuaciones que dividiremos en dos vertientes:

- En primer lugar, se implementarán medidas de carácter preventivo.
- En segundo lugar, implementaremos medidas de protección directa salvaguardando la posibilidad de que alguno de los operarios sufra un accidente derivado del estrés térmico, a pesar de nuestras medidas preventivas.

6.2.1. Medidas de carácter preventivo

Tal y como se explicaba anteriormente, enfocaremos nuestros mayores esfuerzos en la elaboración de un plan preventivo con el que evitar que se produzca ningún accidente por estrés térmico.

Vamos a enfocar nuestro plan preventivo en las diferentes líneas que vemos a continuación:

1. Formación.
2. Aclimatación.

3. Organizativa.
4. Hidratación.
5. Medidas preventivas.

Procedemos, por tanto, a explicar cuáles serán las medidas organizándolas bajo la jerarquía que aparece en la lista superior, que a su vez hemos tratado de organizar, de forma que su aplicación sea más intuitiva por parte del departamento de producción de la empresa, mediante el orden temporal lógico de implantación.

6.2.1.1. Formación

Se debe siempre enfocar a la Formación como la medida preventiva por excelencia. Se debe hacer conscientes a todos los trabajadores de los riesgos que implica la actividad laboral que desarrollan y de cuáles son las herramientas para minimizar, tanto las posibilidades de que el riesgo desemboque en producir un accidente como de que, en caso de producirse, las afecciones para los trabajadores sean lo menores posibles.

Entonces, en nuestra formación debemos educar a los trabajadores en los siguientes puntos:

- Concienciación de los riesgos del trabajo en invernadero bajo altas temperaturas.
- ¿Qué es el estrés térmico?
- Explicación del plan preventivo aplicado en nuestra organización.
 - Aclimatación.
 - Organización.
 - Hidratación.
 - Otras medidas.
- Síntomas de padecer un golpe de calor.
- ¿Qué hacer en caso de tener síntomas o padecer un golpe de calor?

Esta formación deberá ser impartida por el responsable técnico de la empresa cada vez que un nuevo empleado vaya a desarrollar este desempeño y, además, deberá “refrescarse” anualmente a los trabajadores que lo realizan de forma continua.

La importancia de que la formación se lleve a cabo debe corresponderse con un seguimiento exhaustivo por parte del recurso preventivo o el responsable técnico. Por lo

tanto, la empresa deberá custodiar un registro en el que se recojan las fechas en las que los trabajadores han pasado esta formación y mantenerlas actualizadas de forma que todos los trabajadores se encuentren en disposición de ejecutar estos trabajos de forma segura.

6.2.1.2. Organizativo

Es importante, en cualquier desempeño laboral, y no solo por cuestiones productivas, establecer unas jerarquías donde se repartan responsabilidades y funciones.

En el caso de trabajos peligrosos como el del objeto de este TFM, será importante definir un esquema organizativo que articule unos mecanismos preventivos de garantía.

Entonces, vamos a implantar tres figuras dentro de las cuadrillas de trabajo en invernaderos:

Responsable técnico de la empresa:

Es el responsable último de todos los trabajos que se desarrollan en el semillero. Debe realizar una supervisión periódica a todos los trabajos que implican riesgo, entre ellos, los trabajos objeto de estudio de nuestro TFM. Será el encargado de proporcionar todas las herramientas necesarias para velar por la seguridad del trabajo.

Encargado de trabajo:

Es el responsable de los trabajos a nivel global, tanto productivamente como a nivel de prevención. Deberá velar por el correcto funcionamiento de la cuadrilla y por la adopción de todas las medidas preventivas. Debe tener una experiencia constatable en el desarrollo de estos trabajos. Será encargado de que se cumplan los descansos definidos en el apartado 5.4 de este trabajo.

Este puesto es designado por el responsable técnico de la empresa.

Encargado de prevención de accidentes:

Además de sus tareas diarias, deberá encargarse de vigilar el estado de sus compañeros de cuadrilla y asegurar que, si se presenta algún indicio de estrés térmico, el operario toma las medidas de protección oportunas. También se encargará de controlar que se cumplen los periodos de descanso si el encargado se encuentra ausente temporalmente o lo olvida.

Este puesto irá cambiando semanalmente entre los integrantes de la plantilla.

Encargado de hidratación:

Además de sus tareas diarias, el trabajador deberá encargarse de que todos sus compañeros tengan botellas de agua disponibles y en buen estado durante la ejecución de los trabajos.

Este puesto irá cambiando semanalmente entre los integrantes de la plantilla.

6.2.1.3. Aclimatación

Es bastante habitual en trabajos sujetos a riesgo de estrés térmico someter a los trabajadores a un proceso de aclimatación.

Podríamos definir este proceso de aclimatación como una exposición paulatina a las condiciones de trabajo que acabará teniendo el trabajador.

Este proceso de aclimatación tendrá una horquilla de aplicación bastante amplia debido a que dependerá mucho de las condiciones físicas del operario. Algunos trabajadores se encontrarán el confort antes que otros debido a las particularidades de cada individuo.

Este proceso de aclimatación será supervisado por el encargado de los trabajos y el responsable técnico de la empresa deberá realizar un seguimiento del mismo con el fin de evitar cualquier problema. Además, deberá instar al nuevo trabajador a que descanse cuando perciba el mínimo síntoma de golpe de calor.

Para realizar esta aclimatación, se irán intercalando progresivamente trabajos dentro de los invernaderos con otros que no supongan un riesgo por estrés térmico. Debido a las particularidades que enunciábamos en el párrafo anterior, esta organización de cargas de trabajo se dejará a criterio del responsable técnico, aunque como punto de partida estableceremos el proceso de aclimatación en 4 días con las siguientes cargas.

- **DÍA 1:** 20% Trabajos en Invernaderos; 80% Trabajos sin riesgo de estrés térmico.
- **DÍA 2:** 40% Trabajos en Invernaderos; 60% Trabajos sin riesgo de estrés térmico.
- **DÍA 3:** 60% Trabajos en Invernaderos; 40% Trabajos sin riesgo de estrés térmico.
- **DÍA 4:** 80% Trabajos en Invernaderos; 20% Trabajos sin riesgo de estrés térmico.

Aunque ya se definirá en el apartado próximo, la hidratación resultará un elemento fundamental en la lucha contra el estrés térmico; es, por tanto, que la supervisión deberá prestar atención a que el operario se encuentre plenamente hidratado durante todo el proceso.

6.2.1.4. Hidratación

La hidratación será otro de los pilares fundamentales en nuestra lucha contra los accidentes por estrés térmico.

A pesar de que en la formación se ha hecho hincapié en la importancia de la hidratación en el trabajo diario en el invernadero, se debe tomar responsabilidad de este tema por parte de todos los componentes de la organización y la cuadrilla de trabajo.

Por tanto, las medidas que se deben implantar pro parte de la empresa son:

- Proporcionar el acceso a agua fresca a los trabajadores, así como de botellas o recipientes adecuados para la hidratación durante el desempeño del trabajo.
- Proporcionar herramientas, como neveras portátiles, para que el agua se mantenga en condiciones apropiadas durante el desarrollo del trabajo. Esto es, agua a unas temperaturas alrededor de 20°C y que exista alguna sombra para dicho almacenamiento.
- Imponer al trabajador una pre-hidratación antes de comenzar con los trabajos y transmitir la importancia de este procedimiento.
- Prohibir el consumo previo de alcohol, cafeína o bebidas carbonatas.

6.2.1.5. Periodos de descanso

Estableceremos un régimen trabajo-descanso, referidos al apartado 5.4 de este TFM, con el que conseguiremos relajar el consumo metabólico del trabajador, de forma que el cuerpo consiga regular el balance térmico y de esta manera cumpla con lo establecido por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Para conseguir un mayor confort y un ambiente térmico más relajado, estableceremos como lugares de recuperación la sala de descanso habilitada en el semillero para los trabajadores, donde existe una climatización adecuada.

6.2.1.6. Otras medidas preventivas

Como complemento a las medidas expuestas anteriormente, se deberán atender las siguientes medidas para el aseguramiento de la seguridad en el trabajo:

- Realización de reconocimientos médicos a los trabajadores con el fin de asegurar que se encuentran en condiciones de trabajar en las situaciones adversas descritas.
- Fomentar la vida saludable del trabajador, instándoles a seguir una dieta apropiada y sana, así como de cumplir con un horario saludable que garantice las horas de sueño necesarias para el operario.
- La ropa debe ser adecuada para el desempeño del trabajo; la empresa deberá tratar de proporcionar al operario ropa ligera y fresca y calzado cómodo.
- La empresa también debe disponer de ropa de recambio para casos de sudoración excesiva que pueden producir saltos térmicos elevados en el operario.
- Los rayos UV son otro de los agentes que fomentan el riesgo de estrés térmico. La compañía debe proporcionar las mayores sombras posibles, además de proporcionar EPIs de protección frente a la radiación, tales como gorros, gorras, protección solar.
- Mejorar la ventilación de los invernaderos.
- Se implementarán sensores de temperatura y humedad que permitan alertar sobre periodos de alto riesgo.

6.2.2. Medidas de protección directa

Además de las medidas preventivas, vamos a integrar en este plan medidas de carácter directo que se deberán aplicar en los casos en que los síntomas de estrés térmico sean muy notables o en casos en los que se haya producido un accidente pro estrés térmico.

Enunciaremos las medidas a continuación:

Para los casos en que los síntomas sean muy notables:

- Se habilitan salas de recuperación dotadas de áreas de descanso.
- Se proporcionarán bebidas isotónicas que faciliten la hidratación.

- Se proporcionará un servicio de transporte al centro de salud más cercano.

Para los casos donde se produce un accidente debido a estrés térmico.

- Se proporciona un servicio inmediato de transporte al centro de salud.
- Se habilitan desfibriladores próximos a las áreas de trabajo.



7. Bibliografía

- (INSHT), I. N. (2006). *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)*.
- Agrícolas, C. O. (2006). *Estudio sobre estrés térmico en invernadero y otros parámetros ambientales*.
- BOE. (1997). *Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo*.
- INSST. (1996). *Evaluación de Riesgos Laborales*.
- Luna Mendoza, P. (1993). *NTP 322: Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT*.
- OIT. (1998). *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*.
- C.O.I.A. (2006). *Estudio sobre estrés térmico en invernadero y otros parámetros ambientales*.
- Acrevencion, P. (2016, mayo 23). *Exposición a temperaturas extremas*.
- BOE. (1997) *Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual*.
- ISO. (2017). *Ergonomía del ambiente térmico. Evaluación del estrés al calor utilizando el índice WBGT (temperatura del bulbo húmedo y de globo)*
- Talavera. y García. 2005. *Comparación de las condiciones Térmicas de Dos Tipos de Invernaderos*. Instituto de Seguridad y Salud Laboral, Consejería de Trabajo y Política Social de la Región de Murcia.
- N., Martí, E. M., y Mendaza, P. L. (2011). *Estrés térmico y sobrecarga térmica: evaluación de los riesgos (I)*. Insst.es
- Carmona, R., Díaz, J., Mirón, I. J., Ortiz, C., Luna, M. Y., & Linares, C. (2016). *Mortality attributable to extreme temperatures in Spain*.
- I.S.L. (2014). *CARM. Estrés Térmico por calor en invernaderos*.

