

## **STUDY ABOUT THERMAL STRESS RISK IN OUTSIDE WORKS IN THE PROVINCE OF PONTEVEDRA (GALICIA)**

Barrasa Rioja, M.; Lamosa Quinteiro, S.; Alvarez Diaz, M.

Escuela Politécnica Superior de Lugo. Universidad de Santiago de Compostela

One of the characteristics of working in the agroforestry sector is that many times they are carried out outdoor, therefore exposed to weather conditions, in many cases adverse ones. Thus, the worker is submitted to the risk of thermal stress, either by heat or by cold.

The aim of this communication is to show the thermal stress risks to which the workers are submitted when work outdoors in the geographical area of the province of Pontevedra.

From the climatic information supplied by the automatic weather stations network existing in the area of study (of which were selected five), the levels of risk according to the following methods were calculated: the Index Humidex for the case of stress by heat and the index Wind-Chill by the cold.

**Keywords:** *Thermal stress; Occupational risk; Health*

## **ESTUDIO DEL RIESGO DE ESTRÉS TÉRMICO EN TRABAJOS AL AIRE LIBRE EN LA PROVINCIA DE PONTEVEDRA (GALICIA)**

Una de las características de los trabajos que se realizan en el sector agroforestal es que buena parte de ellos se realizan al aire libre, por tanto expuestos a las inclemencias meteorológicas, en muchas ocasiones adversas. Por ello el trabajador está sometido al riesgo de estrés térmico, bien sea por calor o por frío.

El propósito de esta comunicación es exponer los resultados obtenidos sobre el riesgo por estrés térmico al que están sometidos los trabajadores que realizan sus actividades laborales al aire libre en el ámbito geográfico de la provincia de Pontevedra.

A tal fin, y partiendo de los datos climáticos suministrado por la red de estaciones meteorológicas automáticas existentes en el ámbito de estudio, (de las cuales se han seleccionado cinco) se han determinado los niveles de riesgo según los métodos siguientes: el índice Humidex para el caso de estrés por calor y el índice Wind-Chill para el frío.

**Palabras clave:** *Estrés térmico; Riesgo laboral; Seguridad*

Correspondencia: Martín Barrasa Rioja. Dpto. de Ingeniería Agroforestal. Proyectos. Escuela Politécnica Superior de Lugo. Universidad de Santiago de Compostela. C/ Benigno Ledo s/n. C.P. 27002. Lugo, España. Teléfono 34 982.823263. Fax: 34 982 28 59 26. E-mail : martin.barrasa@usc.es

## 1. Introducción

La gran mayoría de trabajos agroforestales se ejecutan al aire libre, esto provoca el sometimiento de los trabajadores a unas condiciones térmicas de difícil y muchas veces de imposible control.

Cuando el cuerpo humano no es capaz de evacuar el calor generado se está produciendo una situación de estrés térmico por calor. Así mismo, cuando se produce una excesiva evacuación de calor del cuerpo se estará produciendo una situación de estrés térmico por frío.

Estas situaciones de estrés térmico causan efectos perjudiciales para la salud del ser humano que van desde simples situaciones de malestar térmico hasta afecciones más serias como las hipotermias, síncope o golpes de calor, las cuales, de tener malas evoluciones pueden incluso provocar la muerte del individuo.

Consecuentemente se hace necesaria la evaluación del riesgo de estrés térmico para poder predecir los periodos horarios en los que dicho riesgo es mayor y así poder tomar medidas que reduzcan la siniestralidad producida por el citado riesgo laboral.

Existe gran variedad de métodos de medición de estrés térmico, en la tabla 1 se muestran los más usados.

**Tabla1: Principales métodos de evaluación de estrés térmico (E.Propia)**

Índice de evaluación	Autor	Tipo de estrés	Necesidad de datos no aportados por la red de estaciones
Índice WBGT	Yaglou y Minard, 1957	Calor	SI
Método de sudoración requerida	Vogt et al., 1981	Calor	SI
Índice de IREQ	Holmer, 1984	Frío	SI
Índice ISC	Belding y Hatch, 1955	Calor y Frío	SI
Método Fanger	Fanger, 1970	Calor y Frío	SI
Índice Humidex	Masterton y Richardson, 1979	Calor	NO
Índice Wind-Chill	Environment Canada, 2001	Frío	NO

Todos los métodos de evaluación de estrés térmico excepto el Índice Humidex (Masterton y Richardson, 1979) de determinación de estrés por calor y en Índice Wind-Chill (Environment Canadá, 2001) para evaluación de estrés por frío, necesitan de mediciones in-situ con instrumentación específica.

## 2. Objetivos

Este estudio tiene como objetivo predecir los periodos de riesgo de estrés térmico en trabajos al aire libre realizados en la provincia gallega de Pontevedra mediante el análisis de las condiciones ambientales en que se desarrolla la actividad laboral al aire libre a lo largo del año así como la elaboración de un calendario laboral que sirva de guía a la hora de la planificación de jornadas laborales de empleados que desarrollen su trabajo al aire libre en condiciones térmicas no controladas.

### 3. Material y metodología

Se opta por utilizar los índices Humidex y Wind-Chill por ser los únicos que utilizan únicamente datos meteorológicos aportados por la red de estaciones disponibles.

Se han tomado los datos diez-minutales pertenecientes a las estaciones meteorológicas de mayor antigüedad y que estén ubicadas de manera que sus datos fueran representativos espacialmente de la provincia de Pontevedra. Dichas estaciones son las siguientes:

**Tabla 2: Información de las estaciones meteorológicas escogidas (E. Propia)**

Número de estación	1	2	3	4	5
Nombre de la estación	Castrove	Fornelos de Montes	Monte Aloia	Mouriscade	Queimadelos
Ayuntamiento	Poio	Fornelos de Montes	Tui	Lalín	Mondariz
Año de inicio de toma de datos	2001	2003	2000	2000	2001
Fecha fin de toma de datos	30 de septiembre de 2011				

Como se puede apreciar en la tabla 2 y en la figura 1, la antigüedad mínima de datos para las estaciones seleccionadas es de 8 años. En la figura 1 se aprecia la localización geográfica de las estaciones repartidas por la provincia de Pontevedra.

**Figura 1: Localización de las estaciones seleccionadas**



Los pasos seguidos para la elaboración del estudio son los siguientes:

1. Descarga de datos diez-minutales de: humedad relativa (%), temperatura (°C) y velocidad del viento (km/h) de las distintas estaciones meteorológicas seleccionadas.
2. Cálculo de los índices Humidex y Wind-Chill para cada toma diez-minutal de la siguiente manera:

2.1. Índice Humidex ( $H$ ):

$$H = T + h = T + 5/9 \cdot (e - 10) = 5/9 \cdot \left[ \left( 6,112 \cdot 10^{\frac{7,5 \cdot T}{237,7+T}} \cdot \frac{RH}{100} \right) - 10 \right] \quad (1)$$

Donde:

*T*: temperatura en °C.

*RH*: humedad relativa en %.

*e*: presión de vapor de agua en milibares (mbar)(hpa).

2.2. Índice Wind-Chill (*WCI*):

$$WCI = 13,12 + 0,6215 \cdot T - 11,37 \cdot V^{0,16} + 0,3965 \cdot T \cdot V^{0,16} \quad (2)$$

Donde:

*V*: velocidad del viento en km/h medida a 10 metros del suelo.

*T*: temperatura en °C.

3. Cálculo del “año extremo”: Con los índices diez-minutales de todos los años, extraemos los valores extremos anuales. Para el caso del índice Humidex tomamos el valor máximo diez-minutal entre todos los años de cada estación y para el caso del índice Wind-Chill se toma el valor mínimo. De este modo tenemos un “año extremo” para cada índice y para cada estación.
4. Cálculo del “día extremo” de cada mes del “año extremo”. Se toma el “año extremo” de cada estación y se extrae el “día extremo” de cada mes tomando los valores extremos de cada toma diez-minutal de datos, del mismo modo que anteriormente; calculando el máximo valor Humidex de cada toma diez-minutal entre todos los días de cada mes y el mínimo para el caso del Wind-Chill.
5. Gráficos del índice Humidex del “día extremo” del “año extremo”: Son los anteriores resultados para el caso del índice Humidex representados gráficamente mes a mes.
6. Gráficos del índice Wind-Chill del “día extremo” del “año extremo”: Son los resultados del día extremo del índice Wind-Chill representados gráficamente mes a mes.
7. Reloj del índice Humidex de los “días extremos”: Diagrama en reloj en el que se representan los días extremos de cada mes del “año extremo” del índice Humidex.
8. Reloj del índice Wind-Chill de los “días extremos”: Diagrama en reloj en el que se representan los “días extremos” de cada mes del “año extremo” del índice Wind-Chill.
9. Los resultados finales de la provincia de Pontevedra son los resultantes de extraer los valores extremos de los “días extremos” entre las cinco estaciones meteorológicas.
10. Finalmente, se ha dado formato condicional a los datos usando el código de colores para cada índice que se expone en las tablas 3 y 4.

**Tabla 3: Valores del índice Humidex y su asociación con en el estrés térmico**

RANGO	CALIFICACIÓN HUMIDEX
-10-0	1.-bajo 0
0-20	2.-cero
20-30	3.-cómodo
30-40	4.-algunhas molestias
40-46	5.-gran malestar; evitar esfuerzo
46-55	6.-peligrosas
55-60	7.-inminente un golpe de calor

**Tabla 4: Valores del índice WCI y su asociación con en el estrés térmico**

RANGO	CALIFICACIÓN WIND-CHILL
$WCI \leq -50$	7.-la congelación rápida se produce si se expone durante > 30 s
$-29 \geq WCI > -50$	6.-la congelación se produce si se expone durante mucho tempo
$-18 \geq WCI > -29$	5.-riesgo de congelación si se expone durante mucho tempo
$-10 \geq WCI > -18$	4.-sensación de frío intenso
$-1 \geq WCI > -10$	3.-gran malestar
$10 \geq WCI > -1$	2.-un poco de malestar
$WCI > 10$	1.-cómodo

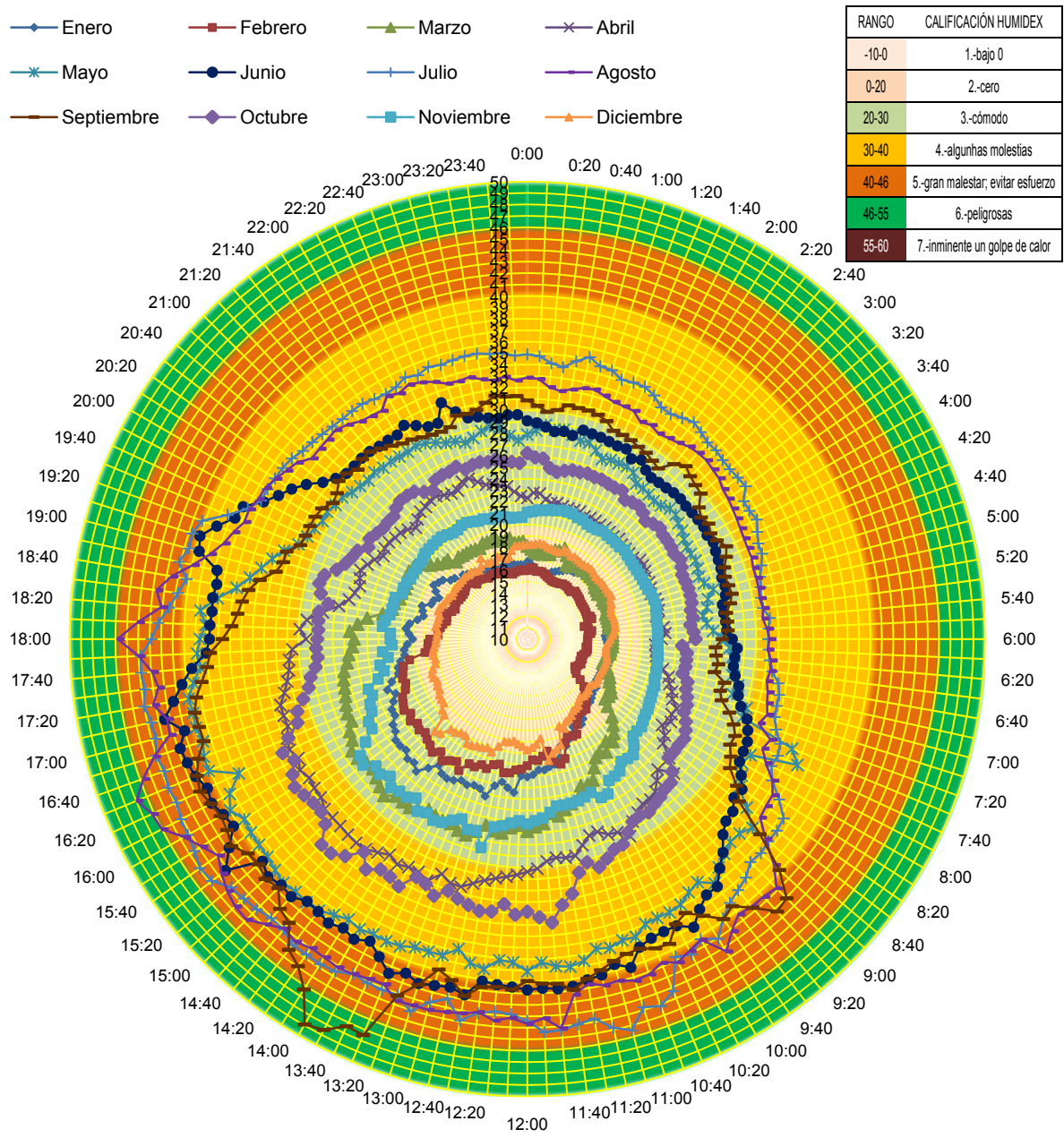
## 4. Resultados

Una vez tratados los datos se obtienen unos resultados individuales por cada estación meteorológica, los cuales no se muestran en el presente trabajo, que permiten conocer las situaciones de riesgo en los ámbitos geográficos de influencia de cada estación. Del análisis conjunto de todas las estaciones se han obtenido la envolvente que engloban a toda la provincia de Pontevedra, que es la que se expone en esta comunicación.

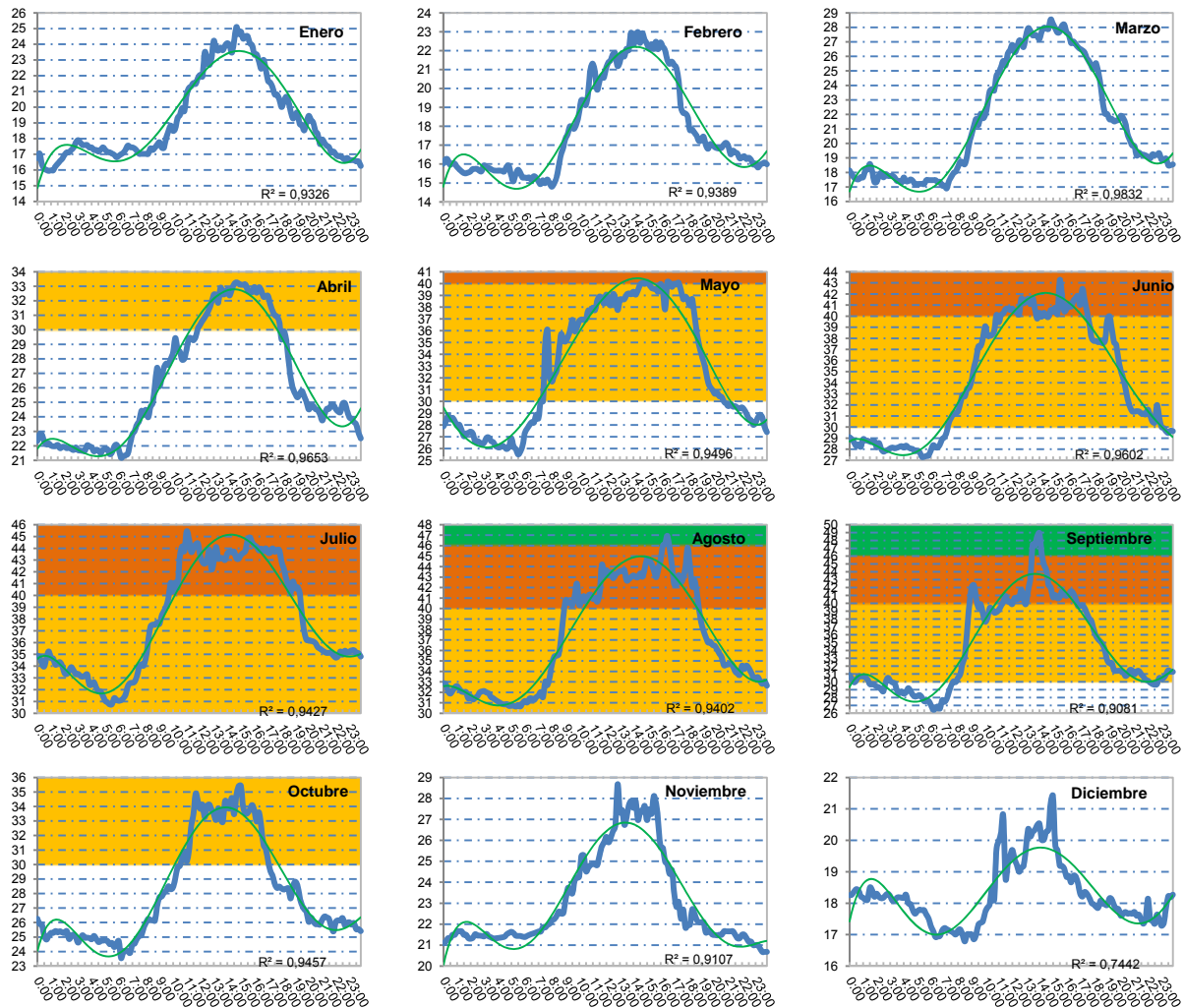
### 4.1. Riesgo de estrés térmico por calor en la Provincia de Pontevedra

Analizando en índice Humidex extremo “máximo” de los “días extremos” mensuales nos indica que durante los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo no existe riesgo de sufrir estrés por calor en la provincia de Pontevedra. En el mes de abril tenemos alguna molestia en el mediodía debido a que el índice supera el valor de 30 entre las 11:50 h y las 17:50 h, con un máximo de 33,26 a las 14:40 h. En mayo aumenta un poco el riesgo de estrés por calor dado que ente las 7:10 h y las 17:50 h existen algunas molestias e incluso se aprecian repuntes de gran malestar, siendo las 15:00 h el punto en el que se alcanza un valor máximo del índice Humidex de 40,15. En junio, entre las 7:20 h y las 10:40 h así como entre las 17:40 h y las 23:00 h, hay algunas molestias por calor y de 10:50 h a 17:30 h tenemos gran malestar, con un máximo de 42,46 alcanzado en las 17:10 h. Los resultados de julio indican algunas molestias por calor durante el día completo excepto de 9:50 h a 19:20 h, periodo en cual se producen grandes molestias con un máximo índice Humidex de 45,41 alcanzado a las 11:00 h. Para el mes de agosto se define un periodo de peligro para los trabajadores que está comprendido entre las 16:10 h y las 16:30 h con un máximo de 46,94 a las 16:30 h, entre las 9:00 h y las 16:00 h y entre las 16:40 h y las 19:20 h hay gran malestar por calor, durante el resto de las horas del día se producen algunas molestias por calor. Los resultados de septiembre muestran una gran amplitud del índice con su máximo (48,92) alcanzado a las 14:00 h, evidentemente, dentro de la zona de peligro por calor (entre 13:30 h y 14:10), el gran malestar se da principalmente entre las 11:20 h y las 13:20 h y entre las 14:20 h y las 16:40 h, y existen algunas molestias entre las 7:40 h y las 11:10 h y entre las 16:50 h y las 23:50 h. Finalmente, en el mes de octubre únicamente se dan algunas molestias entre las 10:40 h y las 17:00 h teniendo un máximo a las 15:00 h de 35,43. (Ver Figuras 2 y 3).

**Figura 2: Diagrama en reloj del índice Humidex de los “días extremos” Pontevedra (E. Propia)**



**Figura 3: Humidex del “día extremo” mensual del “año extremo” para Pontevedra (E. Propia)**



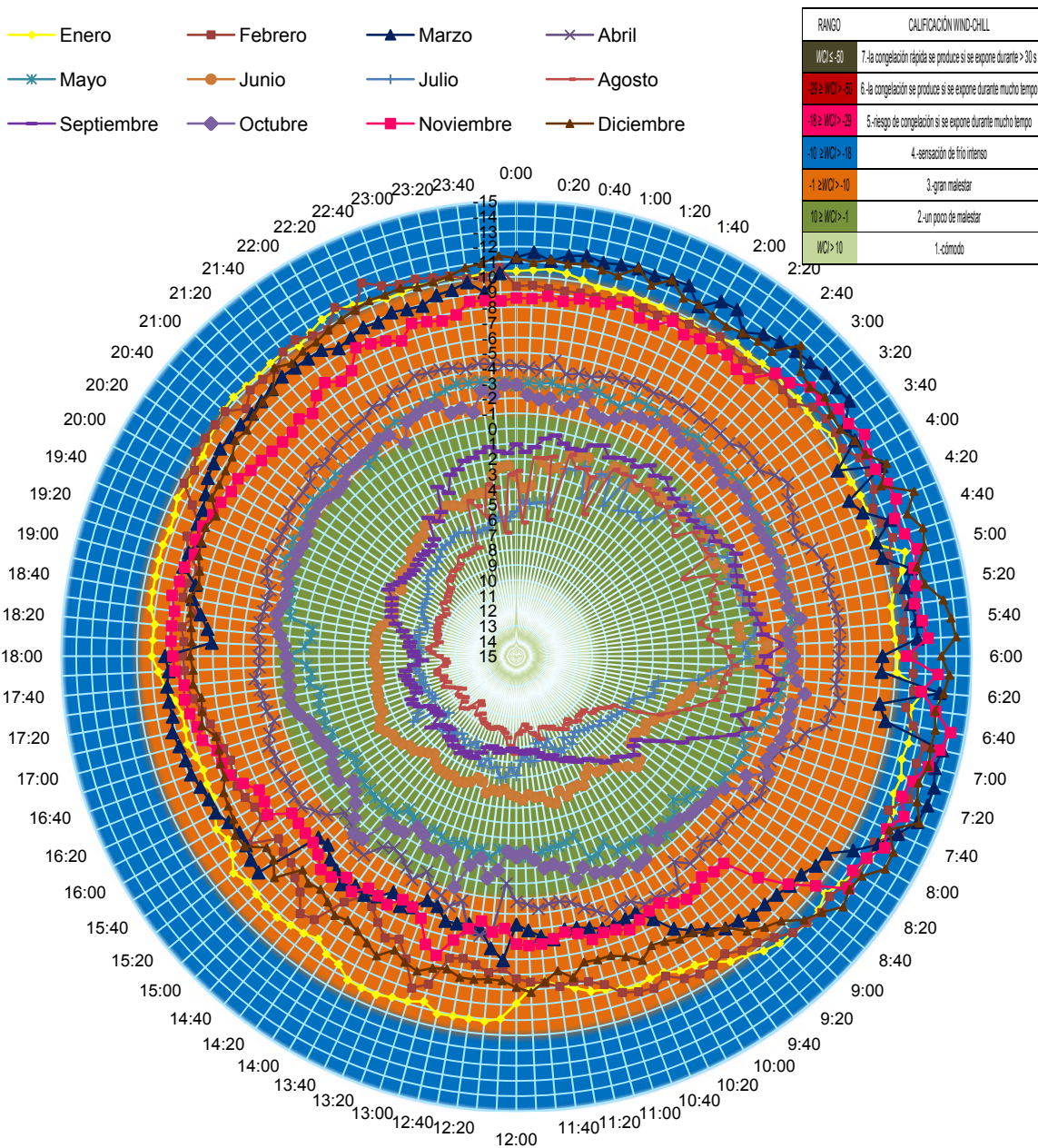
Nota: en los ejes verticales se representan los valores del índice Humidex y en abscisas las horas

#### 4.2. Riesgo de estrés térmico por frío en la provincia de Pontevedra

El índice wind-chill extremo (mínimo) diez-minutal nos muestra que puede existir alguna molestia por frío en prácticamente la totalidad del año, con la única excepción de las horas de mediodía (aprox. entre 11:00 h y 14:00 h) del mes de agosto. En el mes de enero hay gran malestar debido a frío ente las 9:30 h y las 20:30 h, durante la práctica totalidad del resto de horas del día existe riesgo por sensación de frío intenso con un índice de Wind-Chill extremo de -11,97 a las 6:20 h. En el mes de febrero se hay un periodo de gran malestar entre las 0:00 h y las 3:10 h y entre las 9:20 h y las 20:00 h, y casi la totalidad del resto de horas del día presentan problemas por sensación de frío intenso, para este caso el índice Wind-Chill punta se produce a las 7:40 h con un valor de -12,87. En marzo los resultados son semejantes a los dos meses anteriores ya que indican que entre las 8:10 h y las 23:40 h existe gran malestar por frío y durante casi todo el resto del tiempo del día se produce estrés por sensación de frío intenso cuyo valor mínimo de índice Wind-Chill es de -13,87 a las 7:10 h. En abril la situación cambia ya que no se producen situaciones de riesgo por sensación de frío intenso sino que prácticamente la totalidad del día discurre en situación de grandes molestias por frío, siendo el índice Wind-Chill mínimo de -6:45 a las 6:30 h. En mayo se produce gran malestar por frío entre las 0:00 h y las 7:50 h y entre las 19:20 y las 23:50, con un mínimo de -3,73 producido a las 1:40. Los resultados de junio, julio, agosto y septiembre

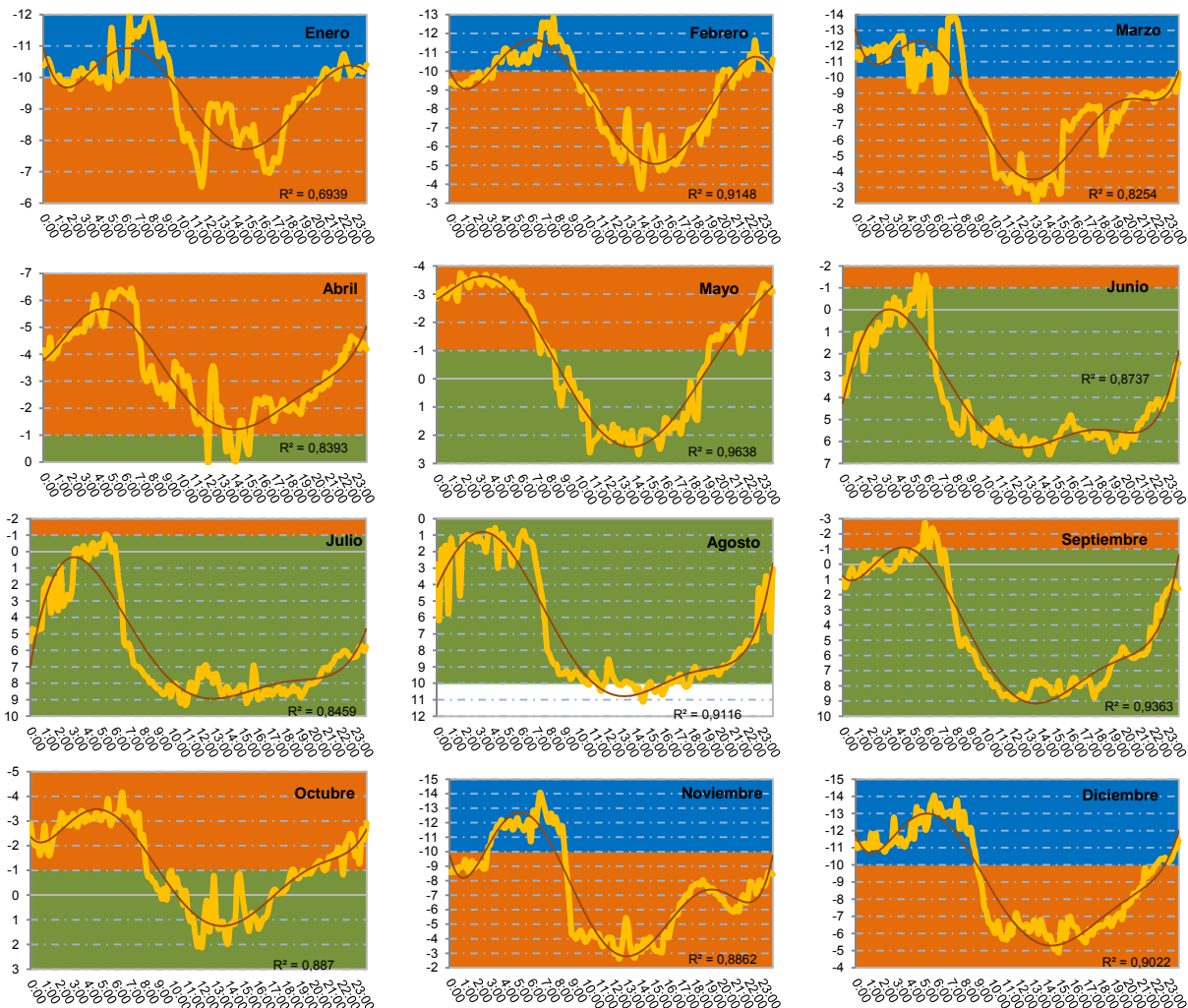
son prácticamente idénticos ya que la totalidad o prácticamente la totalidad de las horas del día transcurren en zona de un poco de malestar por frío. En octubre la situación vuelve a ser muy similar al mes de mayo, un periodo de grandes molestias comprendido entre las 0:00 h y las 8:10 h y ente las 20:00 h y las 23:50 h, teniendo un índice Wind-Chill mínimo de  $-4,16$  a las 6:30 h y el resto del día en zona de pocas molestias por frío. El índice Wind-Chill mínimo diez-minutal de noviembre revela la existencia de un periodo de sensación de frío intenso que transcurre desde las 2:50 h hasta las 8:20 h y que tiene su mínimo ( $-14,06$ ) a las 6:40 h, el resto del día transcurre totalmente en zona de grandes molestias por frío. Finalmente, los resultados de diciembre nos muestran que el periodo de sensación de frío intenso va desde las 0:00 h hasta las 8:50 h y desde las 22:10 h a las 23:50 h, el índice mínimo se produce a las 5:50 h y es de  $-14,02$ , el resto del día transcurre, al igual que el anterior mes, en zona de gran malestar por frío. (Ver figuras 4 y 5)

**Figura 4: Diagrama en reloj del índice Wind-Chill de los “días extremos” Pontevedra (E. Propia)**





**Figura 5: Índice Wind-Chill del “día extremo” mensual del “año extremo” Pontevedra (E. Propia)**



Nota: en los ejes verticales se representan los valores del índice Wind-Chill y en abscisas las horas

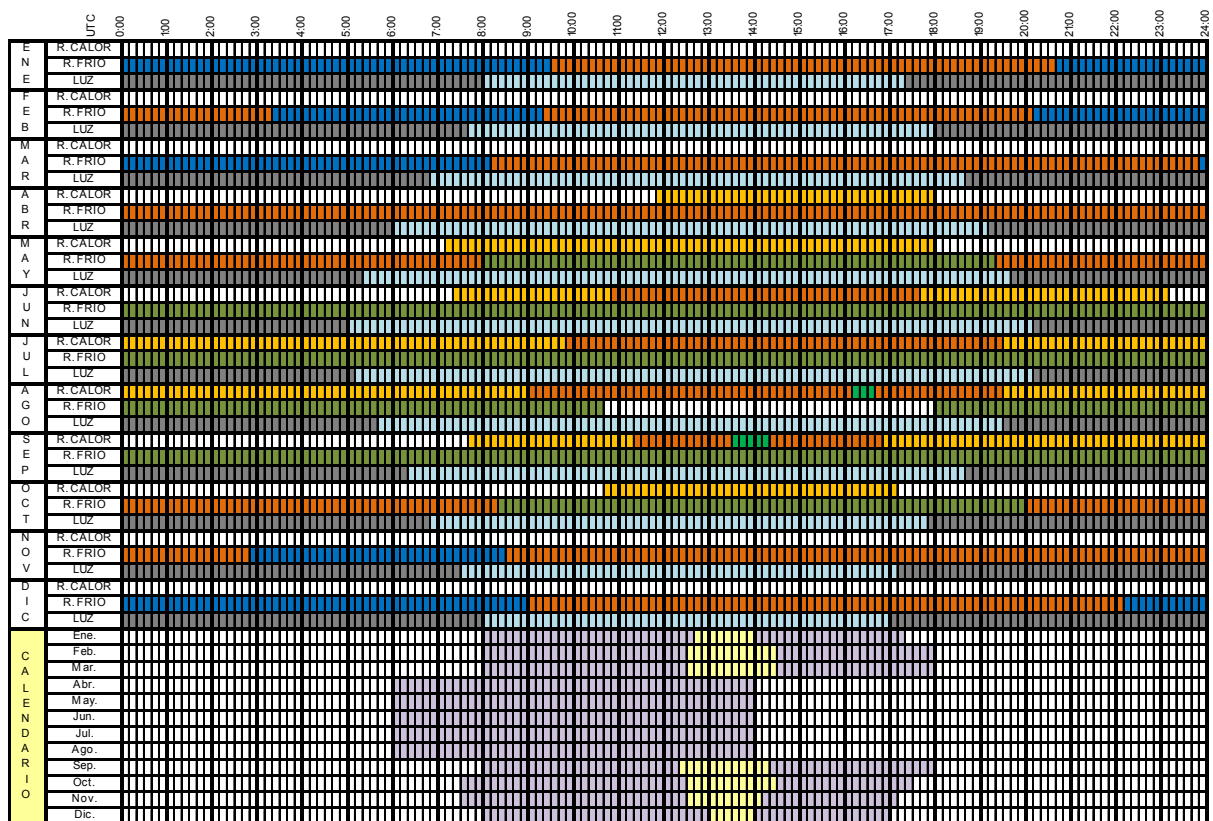
### 4.3. Calendario laboral

Considerando una jornada laboral diurna, uno de los factores limitantes a la hora de la programación de un calendario laboral serán las horas de luz, con lo que debemos tener en cuenta la salida y la puesta del sol, es decir, el orto y el ocaso.

Por otra parte se deben evitar, en la medida de lo posible, las horas en que se producen los riesgos de estrés térmico más perjudiciales, es decir, en caso de estrés por calor la situación de riesgo “6. Peligro” y la “7. Golpe de calor inminente”, y en el caso de estrés por frío aquellas situaciones que impliquen riesgo de congelación.

Además, existen situaciones que aconsejan que la jornada laboral sea continua y otras en las que es preferible una jornada partida. En la figura 6 podemos ver el resultado final del estudio para la totalidad de la provincia de Pontevedra.

Figura 6: Calendario laboral anual para la provincia de Pontevedra (E. Propia)



\*UTC (Tiempo Universal Coordinado), por lo tanto en horario de verano (Abr., May., Jun., Jul., Ago. y Sep.) serían dos horas menos que el horario oficial y en horario de invierno una.

	Noche		Descanso
	Día	UTC	Tiempo Universal coordinado
	Jornada laboral		

RANGO	CALIFIC. HUMIDEX (R. CALOR)	RANGO	CALIFICACIÓN WIND-CHILL (R. FRÍO)
-10-0	1.-bajo 0	$WCI \leq -50$	7.-la congelación rápida se produce si se expone durante > 30 s
0-20	2.-cero	$-29 \geq WCI > -50$	6.-la congelación se produce si se expone durante mucho tiempo
20-30	3.-cómodo	$-18 \geq WCI > -29$	5.-riesgo de congelación si se expone durante mucho tiempo
30-40	4.-algunhas molestias	$-10 \geq WCI > -18$	4.-sensación de frío intenso
40-46	5.-gran malestar; evitar esfuerzo	$-1 \geq WCI > -10$	3.-gran malestar
46-55	6.-peligro	$10 \geq WCI > -1$	2.-un poco de malestar
55-60	7.-inminente un golpe de calor	$WCI > 10$	1.-cómodo

## 5. Conclusiones

1. Métodos de evaluación de estrés térmico: De entre los numerosos métodos de evaluación de estrés térmico existentes, los más apropiados para la elaboración del trabajo, dada su gran magnitud y los datos disponibles, han sido el método Humidex para el caso del estrés por calor y el índice Wind-Chill para el estrés por frío, estos métodos no precisan de mediciones in-situ con instrumentación específica para su utilización, sino que emplean datos que son tomados por la red de estaciones automáticas meteorológicas de MeteoGalicia. Además, estos métodos ya han sido empleados en otros estudios, Callejón et al. (2011), alcanzando con ellos resultados certeros.
2. Estaciones meteorológicas automáticas: En este caso la limitación existente ha sido el número de años que las estaciones meteorológicas automáticas han estado operativas dado que, cuanto mayor fuera este, se tendrá un mejor conocimiento de las condiciones ambientales en las que se desarrolla la actividad laboral al aire libre en la provincia de

Pontevedra. Se han seleccionado aquellas que tuvieran el mayor histórico de datos posible y que, en conjunto, fueran representativas de la totalidad de la provincia. El resultado final fue la elección de cinco estaciones con una antigüedad de datos de entre 8 y 11 años, y con una ubicación geográfica lo más representativa posible

3. Procesado de datos: Para el procesado de datos se han tomado siempre valores extremos de los índices debido a que de esta manera nos aseguramos de encontrarnos en lado de la seguridad, así los periodos de riesgo de estrés resultantes cuentan con cierto margen de confianza.
4. Estrés por calor: En líneas generales en los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo no existe riesgo de estrés por calor como era de suponer. En el resto de meses del año resaltar que no aparecen nunca con situaciones de riesgo por “inminente golpe de calor” pero conviene tener especial precaución en las horas de mediodía de los meses de agosto y septiembre dado que son éstas las horas en que el riesgo de estrés térmico por calor se encuentra en zona de “peligro”.
5. Estrés por frío: Puede darse en la práctica totalidad del año con excepción de las horas de mediodía del mes agosto, aunque es cierto que los mayores problemas se dan siempre en horario nocturno y que la prevención del estrés por frío es más sencilla. Además, al igual que lo que ocurre en el estrés por calor, en la provincia de Pontevedra no se dan las situaciones de mayor peligro, es decir, para el caso del estrés por frío, no existen zonas de disconfort que entrañen riesgo de congelación.
6. Medidas preventivas: Hay que destacar que como medida preventiva principal se debe efectuar un reajuste en los horarios laborales de los trabajos al aire libre en la provincia de Pontevedra, de manera que se eviten, en la medida de lo posible, los periodos de riesgo de estrés térmico o al menos aquellos que impliquen un riesgo más desfavorable. Observando las propuestas de calendario laboral de los resultados del estudio, es lógico pensar que, desde el punto de vista del riesgo de estrés térmico, lo ideal sería tener jornada continua en todo el año excepto en el mes de septiembre, ya que en dicho mes es muy recomendable partir la jornada de manera que el descanso de mediodía evite el periodo de “peligro” por estrés por calor. Pero existen otros factores a tener en cuenta como pueden ser la comodidad de horarios o el hecho de que el estrés térmico por frío tiene su nivel máximo de peligrosidad en las horas nocturnas en las cuales no hay radiación solar. Por lo tanto, una propuesta de horario laboral que tiene en cuenta estos factores pasa por la combinación de jornada continua y discontinua a lo largo del año, una opción válida es la siguiente:
  - JORNADA CONTINUA: abril, mayo, junio, julio y agosto.
  - JORNADA PARTIDA: septiembre, octubre, noviembre diciembre, enero, febrero y marzo.

No obstante, cualquier responsable de la creación de horarios laborales de una empresa o entidad que desee efectuar un reajuste de los mismos más personalizado, podrá hacerlo apoyándose en el calendario anual expuesto en la figura 5, en el que se detallan los periodos de riesgo de estrés térmico mensuales, ya sea por calor o bien por frío, así como la información concerniente al orto y el ocaso.

Es evidente que resulta imposible evitar determinados periodos de riesgo de estrés térmico, con lo que se hace necesario tomar otras medidas. Para el caso del estrés por calor se recomienda las rotaciones de trabajadores de modo que se implanten periodos de descanso y para el estrés por frío la selección de vestimenta adecuada puede ser la medida más importante para, de esta manera, garantizar la salud de trabajadores.

## Referencias

- Belding, H. S. & Hatch, T. F. (1955). Index for evaluating heat stress in terms of resulting physiological strains. *Heating Piping, and Air Conditioning* (pp. 129-136).
- Callejón, A. J., Manzano, F., Diaz, M., Carreño, J. (2011). *Improving the climate safety of workers in Almería-type greenhouses in Spain by predicting the periods when they are most likely to suffer thermal stress*, *Applied Ergonomics* 42, (pp. 391-396).
- Environment Canada. (2001). *Canada's new wind chill index*. Disponible en <http://www.ec.gc.ca/meteo-weather/default.asp?lang=n&n=5F8F816A-1> [Consulta: 1 de Marzo de 2013].
- Fanger, P. O. (1970). *Thermal Comfort*. Mc Graw Hill, New York.
- Holmér, I. (1984). *Required clothing insulation (IREQ) as an Analytical Index of Cold Stress*. ASHRAE Transactions. V.90 (1).
- Masterton, J., Richardson, F.A. (1979). *Humidex, a Method of Quantifying Human Discomfort Due to Excessive Heat and Humidity*. Environment Canada, Downsview, Ontario, 45 pp.
- Vogt, J. J., Candas, V., Libert, J. P. & Daull. F. (1981). *Required sweat rate as an index of thermal strain in industry*. En *Bioengineering, Thermal Physiology and Comfort*, dirigido por K Cena y JA Clark. Amsterdam: Elsevier (pp. 99–110).
- Yaglou, C.P. & Minard, D. (1957). *Control of heat casualties at military training centers*. *AMA Arch. Ind. Health* 16, (pp. 302-316). 405.