



Instituto Andaluz de Prevención de Riesgos Laborales
CONSEJERÍA DE EMPLEO, EMPRESA Y COMERCIO
Laboratorio-Observatorio Andaluz de Condiciones de Trabajo en el Sector Agrícola (LASA)



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

INFORME FINAL DEL PROYECTO:

**MAPAS DE ÍNDICE ULTRAVIOLETA SOLAR (UVI) EN
EL INTERIOR DE INVERNADEROS TIPO ALMERÍA
(RASPA Y AMAGADO)**

AUTORES:

ÁNGEL JESÚS CALLEJÓN FERRE

JOSÉ LUIS BLANCO CLARACO

JOSÉ PÉREZ ALONSO

JAVIER LÓPEZ MARTÍNEZ

RUBÉN ANTONIO GARCÍA RUIZ

ALMERÍA, MARZO DE 2019

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1.	<u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1	Antecedentes.....	2
1.2	Justificación.....	3
1.3	Hipótesis.....	3
1.4	Objetivos.....	3
CAPÍTULO 2.	<u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	5
2.1	Radiación ultravioleta.....	6
2.2	Índice ultravioleta.....	7
2.3	Efectos y beneficios de la radiación ultravioleta sobre la salud.....	8
2.4	Trabajadores al aire libre.....	11
2.5	Radiación ultravioleta en invernaderos y sus trabajadores.....	12
CAPÍTULO 3.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	14
3.1	Área de estudio.....	15
3.2	Diseño experimental.....	16
3.3	Arquitectura de la red de datos.....	20
3.4	Datos previos de radiación ultravioleta.....	22
CAPÍTULO 4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	26
4.1	Consideraciones en resultados.....	27
4.2	Máximos UVI diarios.....	27
4.3	Gráficos del día medio semanal.....	29
4.4	Gráficos del día medio mensual.....	41
4.5	Estudio de temperatura media frente a UVI.....	44
4.6	Mapas en 3D de la variación de UVI en el interior del invernadero.....	46
4.7	Recomendaciones para reducir el riesgo por radiación UV en trabajadores de invernaderos.....	47
4.8	Discusión.....	48
CAPÍTULO 5.	<u>CONCLUSIONES</u>	51
5.1	Conclusiones.....	52

CAPÍTULO 6.	REFERENCIAS	53
CAPÍTULO 7.	ANEXOS	60
Anexo I.	Cronograma de actuación.....	61
Anexo II.	Certificado de calibración, configuración e identificación de los sensores UVI.....	64
Anexo III.	Imágenes.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Imagen de satélite de la localización de las mayores concentraciones de invernaderos en la provincia de Almería (extraída de Google Maps).....	2
Figura 2.	Código de colores del UVI recomendado por la OMS.....	8
Figura 3.	Interior del invernadero estudiado.....	16
Figura 4.	Plano del invernadero y distribución de las estaciones de medida.....	18
Figura 5.	Plano de estación de medida que ilustra la altura a la que va instalado el sensor UV.....	19
Figura 6.	Diagrama de la arquitectura de la red de datos.....	21
Figura 7.	Variación de UVI máximos diarios en el interior del invernadero entre octubre de 2017 y marzo de 2018.....	23
Figura 8.	Climogramas de Péguý para diferentes localizaciones (Scordo et al.,2009)....	24
Figura 9.	Relación entre la temperatura media mensual y el máximo UVI mensual.....	25
Figura 10.	UVI máximo diario para el interior y exterior del invernadero.....	27
Figura 11.	UVI registrado por todas las estaciones de medida durante el 5 de julio de 2018.....	29
Figura 12.	UVI medio semana 1 (16/06/2018 - 22/06/2018) para el interior y exterior del invernadero.....	30
Figura 13.	UVI medio semana 2 (23/06/2018 - 29/06/2018) para el interior y exterior del invernadero.....	30
Figura 14.	UVI medio semana 3 (30/06/2018 - 06/07/2018) para el interior y exterior del invernadero.....	30
Figura 15.	UVI medio semana 4 (07/07/2018 - 13/07/2018) para el interior y exterior del invernadero.....	31
Figura 16.	UVI medio semana 5 (14/07/2018 - 20/07/2018) para el interior y exterior del invernadero.....	31
Figura 17.	UVI medio semana 6 (21/07/2018 - 27/07/2018) para el interior y exterior del invernadero.....	31
Figura 18.	UVI medio semana 7 (28/07/2018 - 03/08/2018) para el interior y exterior del invernadero.....	32
Figura 19.	UVI medio semana 8 (04/08/2018 - 10/08/2018) para el interior y exterior del invernadero.....	32
Figura 20.	UVI medio semana 9 (11/08/2018 - 17/08/2018) para el interior y exterior del invernadero.....	32
Figura 21.	UVI medio semana 10 (18/08/2018 - 24/08/2018) para el interior y exterior del invernadero.....	33

Figura 22. UVI medio semana 11 (25/08/2018 - 31/08/2018) para el interior y exterior del invernadero.....	33
Figura 23. UVI medio semana 12 (01/09/2018 - 07/09/2018) para el interior y exterior del invernadero.....	33
Figura 24. UVI medio semana 13 (08/09/2018 - 14/09/2018) para el interior y exterior del invernadero.....	34
Figura 25. UVI medio semana 14 (15/09/2018 - 21/09/2018) para el interior y exterior del invernadero.....	34
Figura 26. UVI medio semana 15 (22/09/2018 - 28/09/2018) para el interior y exterior del invernadero.....	34
Figura 27. UVI medio semana 16 (29/09/2018 - 05/10/2018) para el interior y exterior del invernadero.....	35
Figura 28. UVI medio semana 17 (06/10/2018 - 12/10/2018) para el interior y exterior del invernadero.....	35
Figura 29. UVI medio semana 18 (13/10/2018 - 19/10/2018) para el interior y exterior del invernadero.....	35
Figura 30. UVI medio semana 19 (20/10/2018 - 26/10/2018) para el interior y exterior del invernadero.....	36
Figura 31. UVI medio semana 20 (27/10/2018 - 02/11/2018) para el interior y exterior del invernadero.....	36
Figura 32. UVI medio semana 21 (03/11/2018 - 09/11/2018) para el interior y exterior del invernadero.....	36
Figura 33. UVI medio semana 22 (10/11/2018 - 16/11/2018) para el interior y exterior del invernadero.....	37
Figura 34. UVI medio semana 23 (17/11/2018 - 23/11/2018) para el interior y exterior del invernadero.....	37
Figura 35. UVI medio semana 24 (24/11/2018 - 30/11/2018) para el interior y exterior del invernadero.....	37
Figura 36. UVI medio semana 25 (01/12/2018 - 07/12/2018) para el interior y exterior del invernadero.....	38
Figura 37. UVI medio semana 26 (08/12/2018 - 14/12/2018) para el interior y exterior del invernadero.....	38
Figura 38. UVI medio semana 27 (15/12/2018 - 21/12/2018) para el interior y exterior del invernadero.....	38
Figura 39. UVI medio semana 28 (22/12/2018 - 28/12/2018) para el interior y exterior del invernadero.....	39
Figura 40. UVI medio semana 29 (29/12/2018 - 04/01/2019) para el interior y exterior del invernadero.....	39
Figura 41. UVI medio semana 30 (05/01/2019 - 11/01/2019) para el interior y exterior del invernadero.....	39

Figura 42. UVI medio semana 31 (12/01/2019 - 18/01/2019) para el interior y exterior del invernadero.....	40
Figura 43. UVI medio semana 32 (19/01/2019 - 25/01/2019) para el interior y exterior del invernadero.....	40
Figura 44. UVI medio Junio 2018 para el interior y exterior del invernadero.....	41
Figura 45. UVI medio Julio 2018 para el interior y exterior del invernadero.....	41
Figura 46. UVI medio Agosto 2018 para el interior y exterior del invernadero.....	42
Figura 47. UVI medio Septiembre 2018 para el interior y exterior del invernadero.....	42
Figura 48. UVI medio Octubre 2018 para el interior y exterior del invernadero.....	42
Figura 49. UVI medio Noviembre 2018 para el interior y exterior del invernadero.....	43
Figura 50. UVI medio Diciembre 2018 para el interior y exterior del invernadero.....	43
Figura 51. UVI medio Enero 2019 para el interior y exterior del invernadero.....	43
Figura 52. Relación entre la temperatura media mensual y el máximo UVI mensual en el interior del invernadero.....	45
Figura 53. Captura de mapa en 3D de UVI en el interior del invernadero.....	46
Figura 54. Sensor UV con número serie sglux 3171 e identificación número 91408 del Inventario de Bienes Inmuebles de la Universidad de Almería.....	71
Figura 55. Sensor UV con número serie sglux 3176 e identificación número 91409 del Inventario de Bienes Inmuebles de la Universidad de Almería.....	72
Figura 56. Sensor UV con número serie sglux 3177 e identificación número 91410 del Inventario de Bienes Inmuebles de la Universidad de Almería.....	72
Figura 57. Sensor UV con número serie sglux 3178 e identificación número 91411 del Inventario de Bienes Inmuebles de la Universidad de Almería.....	73
Figura 58. Sensor UV con número serie sglux 3186 e identificación número 91412 del Inventario de Bienes Inmuebles de la Universidad de Almería.....	73
Figura 59. Sensor UV con número serie sglux 3198 e identificación número 91413 del Inventario de Bienes Inmuebles de la Universidad de Almería.....	74
Figura 60. Sensor UV con número serie sglux 3200 e identificación número 91414 del Inventario de Bienes Inmuebles de la Universidad de Almería.....	74
Figura 61. Sensor UV con número serie sglux 3205 e identificación número 91415 del Inventario de Bienes Inmuebles de la Universidad de Almería.....	75
Figura 62. Sensor UV con número serie sglux 3206 e identificación número 91416 del Inventario de Bienes Inmuebles de la Universidad de Almería.....	75
Figura 63. Sensor UV con número serie sglux 3207 e identificación número 91417 del Inventario de Bienes Inmuebles de la Universidad de Almería.....	76
Figura 64. Sensor UV con número serie sglux 3217 e identificación número 91418 del Inventario de Bienes Inmuebles de la Universidad de Almería.....	76
Figura 65. Sensor UV con número serie sglux 3226 e identificación número 91419 del Inventario de Bienes Inmuebles de la Universidad de Almería.....	77

Figura 66. Sensor UV con número serie sglux 3228 e identificación número 91420 del Inventario de Bienes Inmuebles de la Universidad de Almería.....	77
Figura 67. Sensor UV con número serie sglux 2999 e identificación número 86535 del Inventario de Bienes Inmuebles de la Universidad de Almería.....	78
Figura 68. Recepción componentes.....	80
Figura 69. Etiquetado ordenadores de placa reducida o SBC.....	80
Figura 70. Programación de software necesario para la medición.....	80
Figura 71. Prueba software de medición en equipo de medición (I).....	81
Figura 72. Prueba software de medición en equipo de medición (II).....	81
Figura 73. Etiquetado de identificación de los sensores de medida de UVI.....	81
Figura 74. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (I).....	82
Figura 75. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (II).....	82
Figura 76. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (III).....	82
Figura 77. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (IV).....	83
Figura 78. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (V).....	83
Figura 79. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (VI).....	83
Figura 80. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (VII).....	84
Figura 81. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (VIII).....	84
Figura 82. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (IX).....	84
Figura 83. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (X).....	85
Figura 84. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XI).....	85
Figura 85. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XII).....	85
Figura 86. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XIII).....	86
Figura 87. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XIV).....	86
Figura 88. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XV).....	86
Figura 89. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XVI).....	87
Figura 90. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XVII).....	87
Figura 91. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XVIII).....	87
Figura 92. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XIX).....	88
Figura 93. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XX).....	88
Figura 94. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXI).....	88
Figura 95. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXII).....	89
Figura 96. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXIII).....	89
Figura 97. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXIV).....	90
Figura 98. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXV).....	90
Figura 99. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXVI).....	91
Figura 100. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXVII).....	91
Figura 101. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXVIII).....	92
Figura 102. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXIX).....	92

Figura 103. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXX)	93
Figura 104. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXXI)	93
Figura 105. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXXII)	94
Figura 106. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXXIII)	94
Figura 107. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXXIV)	95
Figura 108. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXXV)	95
Figura 109. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXXVI)	95
Figura 110. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXXVII)	96
Figura 111. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXXVIII)	96
Figura 112. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXXIX)	96
Figura 113. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XL)	97
Figura 114. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XLI)	97
Figura 115. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (I)	98
Figura 116. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (II)	98
Figura 117. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (III)	98
Figura 118. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (IV)	99
Figura 119. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (V)	99
Figura 120. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (VI)	99
Figura 121. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (VII)	100
Figura 122. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (VIII)	100
Figura 123. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (IX)	101
Figura 124. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (X)	101
Figura 125. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (XI)	102
Figura 126. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (XII)	102
Figura 127. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (XIII)	102
Figura 128. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (XIV)	103

Figura 129. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (XV)	103
Figura 130. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (XVI)	104
Figura 131. Mantenimiento semanal del sistema de medida (I)	105
Figura 132. Mantenimiento semanal del sistema de medida (II)	105
Figura 133. Mantenimiento semanal del sistema de medida (III)	106
Figura 134. Mantenimiento semanal del sistema de medida (IV)	106
Figura 135. 1º visita de evaluación y estudio del proyecto por parte Sindicatos, CEA e IAPRL	107
Figura 136. Siembra de cultivo de tomate tipo pera (I)	107
Figura 137. Siembra de cultivo de tomate tipo pera (II)	107
Figura 138. Siembra de cultivo de tomate tipo pera (III)	108
Figura 139. Siembra de cultivo de tomate tipo pera (IV)	108
Figura 140. Mantenimiento semanal del sistema de medida (V)	108
Figura 141. Mantenimiento semanal del sistema de medida (VI)	109
Figura 142. Mantenimiento semanal del sistema de medida (VII)	109
Figura 143. Mantenimiento semanal del sistema de medida (VIII)	110
Figura 144. Mantenimiento semanal del sistema de medida (IX)	110
Figura 145. Mantenimiento semanal del sistema de medida (X)	111
Figura 146. Mantenimiento semanal del sistema de medida (XI)	111
Figura 147. Mantenimiento semanal del sistema de medida (XII)	112
Figura 148. Mantenimiento semanal del sistema de medida (XIII)	112
Figura 149. Mantenimiento semanal del sistema de medida (XIV)	112
Figura 150. Mantenimiento semanal del sistema de medida (XV)	113
Figura 151. Mantenimiento semanal del sistema de medida (XVI)	113
Figura 152. Mantenimiento semanal del sistema de medida (XVII)	114
Figura 153. Mantenimiento semanal del sistema de medida (XVIII)	114
Figura 154. Mantenimiento semanal del sistema de medida (XIX)	115
Figura 155. Mantenimiento semanal del sistema de medida (XX)	115
Figura 156. Mantenimiento semanal del sistema de medida (XXI)	116
Figura 157. Mantenimiento semanal del sistema de medida (XXII)	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Tipos de piel definidos por Fitzpatrick y sus características.....	11
Tabla 2.	Características de los sensores para la medición de la radiación UV.....	19
Tabla 3.	Identificación de los sensores UV.....	71

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES.

En la provincia de Almería, en el sureste de España, alrededor de 55000 personas trabajan en invernaderos, generando una riqueza de más de 2500 millones de euros (Cajamar-Caja Rural, 2017). Los invernaderos cubren aproximadamente 30000 ha, siendo el 96,5% invernaderos del tipo Almería o “raspa y amagado” (Fernández y Pérez, 2004) y constituyendo la mayor concentración de invernaderos de Europa (Figura 1). Los invernaderos son edificaciones agrícolas destinadas a mantener unas condiciones climáticas adecuadas para el cultivo. Están compuestos de cubiertas de plástico transparentes, sujetas por estructuras metálicas ligeras, con ventilación a través de ventanas en techo y paredes. Estas cubiertas plásticas filtran la radiación solar, de forma que en el interior de un invernadero se recibe casi exclusivamente radiación solar difusa. Además, según la norma UNE-EN 13031-1 (UNE-EN 13031-1, 2002), las dimensiones del recinto deben permitir a las personas trabajar cómodamente en su interior. Los invernaderos típicos en Almería son de bajo coste y gracias al clima de la región, no son necesarios sistemas de calefacción o enfriamiento. Los cultivos de invernadero en Almería se realizan mayoritariamente desde finales de julio (trasplante) hasta mediados de junio (arranque de plantación), habitualmente con dos ciclos de cultivo al año (Castilla, 2005). Sin embargo, este periodo de trabajo se extiende hasta el año completo, ya que tareas de mantenimiento se realizan en periodos sin cosecha (Pérez-Alonso et al., 2011).



Figura 1. Imagen de satélite de la localización de las mayores concentraciones de invernaderos en la provincia de Almería (extraída de Google Maps).

En los últimos tiempos, el mercado demanda alimentos saludables y obtenidos respetando al medio ambiente, de forma que satisfaga las necesidades de las generaciones presentes y futuras, garantizando al mismo tiempo la rentabilidad y el uso responsable y eficiente de los recursos. La agricultura biológica o sostenible, por tanto, no está referida sólo a los alimentos sino también a la forma de obtenerlos (Lotter, 2003). Por lo que, para obtener producciones agrícolas sostenibles, es tan necesaria la protección de la seguridad y salud de los trabajadores como la obtención de recursos y la mejora de los parámetros ambientales que intervienen en la forma de obtención de estos productos.

1.2 JUSTIFICACIÓN.

Indicios de radiación ultravioleta (UV) mayor a los límites a partir de los cuales existe riesgo para la salud, obtenidos en estudios previos, justifican este estudio. También por la relación de la exposición a la radiación UV (solar) y la salud de las personas trabajadoras. Además, se justifica por la elaboración, si procede, de una pequeña guía de recomendaciones ante el riesgo por radiación ultravioleta.

1.3 HIPÓTESIS.

Esta investigación desea demostrar la existencia o no, durante aproximadamente un año completo, de riesgos para la salud de la población trabajadora por exposición prolongada a radiación solar UV en la superficie de trabajo del interior de los invernaderos tipo Almería (raspa y amagado).

1.4 OBJETIVOS.

El objetivo general de este trabajo de investigación es conocer las condiciones de trabajo respecto a la radiación UV en el interior de los invernaderos tipo Almería (raspa y amagado). Para ello se obtendrán mapas mensuales del índice ultravioleta solar mundial (UVI).

Se proponen los siguientes objetivos específicos para conseguir el objetivo general:

- a) Diseño y desarrollo de software de medición, así como adaptación del dispositivo antropométrico de medición de un proyecto previo para la medida del índice UV (UVI) a la altura de los ojos.
- b) Conocer las condiciones respecto a la radiación UV de las personas trabajadoras en los invernaderos.
- c) Mejorar las condiciones de trabajo en los invernaderos.
- d) Proponer medidas de protección a la radiación UV, en su caso, para las personas trabajadoras en los invernaderos.
- e) Transferencia de resultados al sector primario.

CAPÍTULO 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 RADIACIÓN ULTRAVIOLETA.

La radiación óptica es una parte del espectro electromagnético que ocupa desde los 100 nm hasta 1 mm y se caracteriza porque no posee suficiente energía para provocar una ionización, siendo por tanto radiación no ionizante. La radiación ultravioleta (UV) es una parte de la radiación óptica que abarca las longitudes de onda entre 100 y 400 nm. Al mismo tiempo, la radiación UV se divide en tres bandas diferenciadas: UVA (315-400 nm), UVB (280-315 nm) y UVC (100-280 nm). La intensidad de la radiación UV depende de los siguientes factores:

- **Elevación del sol:** A mayor altura del sol, menor es la trayectoria de la radiación UV a través de la atmósfera y consecuentemente mayor es su intensidad. Fuera de los trópicos, la elevación del sol en una determinada zona depende de la hora del día y de la estación del año, y por tanto es máxima cuando el sol está en el punto más alto del horizonte (mediodía solar) durante los meses de verano. Entre las 10 y 14 horas se concentra alrededor del 60% de la radiación UV diaria (World Health Organization(WHO) et al., 2002).
- **Latitud:** La radiación UV aumenta alrededor del 2% por grado de latitud hacia el ecuador (Milon et al., 2007), siendo éste donde la radiación UV es la máxima que llega a la Tierra.
- **Altitud:** A mayor altitud, la atmósfera es más delgada y absorbe menor radiación UV. De esta forma, la radiación UV aumenta alrededor del 15% por kilómetro de altitud (Milon et al., 2007).
- **Presencia de nubes:** Las nubes absorben parte de la radiación UV disminuyendo por tanto su intensidad. Aún con cielos nublados, los niveles de radiación UV pueden ser altos debido a que las nubes además de absorber parte de la radiación UV, otra parte la dispersa.
- **Reflexión del suelo o albedo:** La cantidad de radiación UV reflejada depende de la superficie. Por ejemplo, la nieve refleja hasta un 80% de la radiación UV, la arena alrededor de un 15%, mientras que la vegetación o el mar reflejan menos del 10%.
- **Ciertos gases y aerosoles en la atmósfera:** Entre ellos se encuentran el ozono, el oxígeno y el dióxido de carbono, así como los aerosoles. Actúan bloqueando y dispersando parte de la radiación UV, por tanto, a mayor cantidad de estos gases y aerosoles, menor será la intensidad

de la radiación UV. El ozono es uno de los gases con mayor incidencia sobre la radiación UV (Hunter et al., 2019), variando su proporción a lo largo del día. El origen de estos gases y aerosoles puede ser natural, como volcanes, incendios forestales y desiertos, o debidos a la actividad humana, como las emisiones contaminantes de fábricas, plantas de energía, quema de biomasa o transportes. Precisamente esos gases absorben toda la radiación UVC y el 90% de la radiación UVB (World Health Organization(WHO) et al., 2002). Por lo tanto, solo la radiación UVA y una pequeña porción de radiación UVB procedente del sol llegan a la superficie de la Tierra.

2.2 ÍNDICE ULTRAVIOLETA.

El índice UV (UVI de aquí en adelante) fue utilizado por primera vez en 1992 por Kerr et. al (Kerr et al., 1994) para informar sobre el incremento de los niveles de radiación UV debido a la disminución de la capa de ozono. Después, fue adoptado y recomendado como estándar global por la Organización Mundial de la Salud et. al (World Health Organization(WHO) et al., 2002), ya que además de representar la radiación UV, indica su efecto potencial sobre el ser humano. El UVI está basado en el espectro de acción de referencia para el eritema inducido por la radiación UV en la piel humana (ISO 7726:1999/CIE S 007/E-1998, 1999) y está definido como:

$$UVI = K_{er} \cdot \int_{250nm}^{400nm} E_{\lambda} \cdot S_{er}(\lambda) \cdot d\lambda$$

Donde E_{λ} es la irradiancia espectral solar a la longitud de onda λ (expresada en $W/m^2 \cdot nm$), $S_{er}(\lambda)$ es el espectro de acción de referencia para el eritema y K_{er} es una constante igual a $40 m^2/W$. $S_{er}(\lambda)$ cuantifica la dependencia espectral de la radiación UV para producir eritema en la piel humana y está definido por:

$$f(x) = \begin{cases} S_{er}(\lambda) = 1, & \text{para } 250 \leq \lambda \leq 298 \\ S_{er}(\lambda) = 10^{0,094 \cdot (298 - \lambda)}, & \text{para } 298 < \lambda \leq 328 \\ S_{er}(\lambda) = 10^{0,015 \cdot (140 - \lambda)}, & \text{para } 328 < \lambda \leq 400 \end{cases}$$

El UVI es un índice adimensional con valores desde cero hacia arriba e indica el potencial daño de la radiación UV sobre el ser humano de forma que mientras UVI es mayor, mayor es el daño potencial y menos tiempo es necesario para producirlo. El valor de UVI máximo para latitudes templadas puede llegar hasta 12-14, mientras que en latitudes cercanas al ecuador es mayor, pudiéndose alcanzar un UVI de hasta 25 en zonas del altiplano sudamericano (Liley et al., 2006). Para un mejor entendimiento y conciencia pública, la Organización Mundial de la Salud (OMS) et al. (World Health Organization(WHO) et al., 2002) recomienda usar un código de colores dependiendo de la categoría de exposición (Figura 2). Cada color esta estandarizado por el sistema Pantone Matching System (PMS). La Organización Mundial de la Salud et al. (World Health Organization(WHO) et al., 2002) establece un UVI igual a 3 como el límite a partir de cual existe riesgo de daño por la radiación UV y es necesaria protección solar.

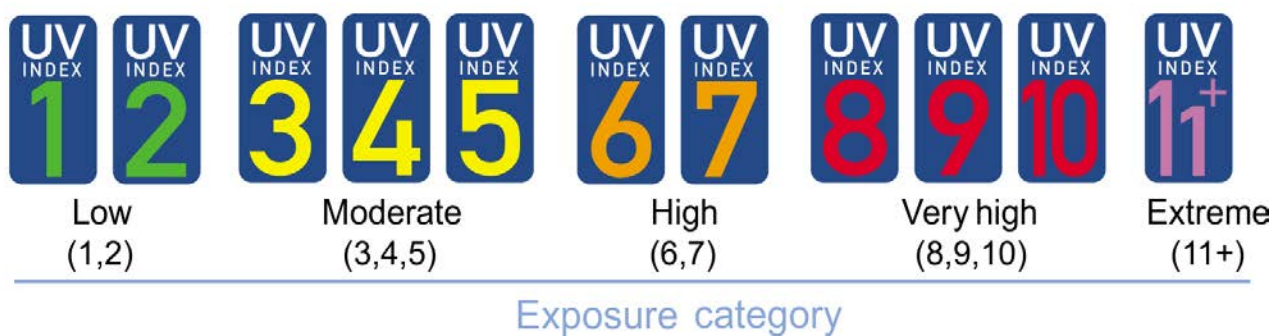


Figura 2. Código de colores del UVI recomendado por la OMS.

2.3 EFECTOS Y BENEFICIOS DE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA SOBRE LA SALUD.

Aunque la radiación UV solo representa alrededor del 5% de la radiación solar total (Diffey, 1998; Vecchia et al., 2007), tiene efectos nocivos considerables sobre humanos dependiendo del grado de exposición. A corto plazo, la radiación UV produce eritema (o quemadura solar) en un 80-85% de los casos debido a la radiación UVB (Diffey, 1991), que podría empeorar causando edema, dolor, ampollas y finalmente pelado de piel (Diffey, 1998). El eritema se suele localizar en zonas descubiertas al sol, como suelen ser cara, cuello y brazos, siendo más intenso y persistente mientras mayor es la exposición al sol y alcanzando su máximo

después de entre 8-12 horas de la exposición al sol. A largo plazo, la radiación UV produce envejecimiento de la piel (como consecuencia de cambios degenerativos en células, tejido fibroso y vasos sanguíneos) (World Health Organization(WHO) et al., 2002), cáncer de piel (melanoma maligno cutáneo y cáncer de piel no melanoma) (International Agency for Research on Cancer, 1992), daños oculares (cataratas, pterigión, fotoqueratitis, daño a la retina y deterioro) (Young, 1994; World Health Organization(WHO) et al., 2002) y daño al sistema inmunitario (World Health Organization(WHO) et al., 2002). El bronceado se produce como resultado de la producción de melanina que tiene lugar tras la exposición al sol, al igual que el engrosamiento de las capas externas de la piel. Ambos efectos son mecanismos de defensa corporal para protegerse de la radiación UV y señal de que la piel ha sufrido daños. El envejecimiento de la piel produce sequedad de la piel, flacidez, pérdida de elasticidad, arrugas, surcos y telangiectasia (Diffey, 1998). La incidencia y mortalidad del cáncer de piel ha incrementado en los últimos años (Jemal et al., 2011; Torre et al., 2015; Radespiel-Tröger et al., 2009). Especialmente, el melanoma maligno cutáneo (CMM) representa entre 5-10% de todos los cánceres de piel (Coldiron, 1998; Milon et al., 2007), pero tiene una tasa de mortalidad mucho mayor que el cáncer de piel no melanoma (NMSC), ya que este último avanza más lentamente y es localizado en zonas del cuerpo expuestas al sol, facilitando la detección temprana (Milon et al., 2007). En cuanto a los daños oculares, estos pueden ocurrir incluso en días nublados al dispersarse y reflejarse la radiación UV, ya que las defensas naturales del ojo contra la radiación UV como las cejas, párpados y cuencas no ofrecen protección para determinados ángulos de incidencia de la radiación UV (Sloney, 1995). Además, de los más de 12 millones de personas que poseen ceguera por cataratas, la exposición al sol es la causa o un factor agravante para el 20% de ellas (especialmente en zonas cercanas al ecuador), según estimaciones de la OMS (World Health Organization(WHO) et al., 2002).

Por otro lado, hay que destacar que la radiación UV también tiene beneficios para la salud. El 90% de vitamina D necesaria para el ser humano procede de la radiación UV (Silva, 2015), aunque una exposición diaria de 10-15 minutos en la cara, brazos y manos a baja intensidad de radiación es suficiente para obtenerla (Cañada et al., 2008). Sin embargo, en algunos países de latitudes medias y altas no hay suficiente radiación UV durante el invierno, lo que provoca deficiencia de vitamina D y como consecuencia problemas

de pigmentación de piel (Webb & Holick, 1988). Además, varias enfermedades como raquitismo, psoriasis y eczema, son tratadas con radiación UV, siempre bajo supervisión médica y considerando el riesgo potencial (World Health Organization(WHO) et al., 2002).

La incidencia de la radiación ultravioleta es mayor con colores más claros de piel, pelo y ojos, y también con la presencia de pecas (Diffey, 1998). Fitzpatrick definió diferentes tipos de piel (Fitzpatrick, 1988; 1992), cuyas características están resumidas en la tabla 1. Aunque la mayoría de los cánceres de piel son producidos en personas con piel de tipo I o II, las personas con piel más oscura también son sensibles a los efectos de la radiación UV, especialmente a los que afectan a los ojos y sistema inmunitario. Además, los cánceres de piel producidos en ellos, son detectados en etapas más peligrosas y avanzadas. Por otro lado, la dosis de radiación UV (Thieden et al., 2004; Stepanski & Mayer, 1998) y susceptibilidad de quemaduras (Diffey, 1998) es igual entre sexos. Sin embargo, la incidencia y mortalidad por cáncer de piel es mayor en hombres (Torre et al., 2015; Radespiel-Tröger et al., 2009). Esto podría ser debido a que la actitud de mujeres es más responsable respecto a la protección contra el sol (Kasparian et al., 2009; Buller et al., 2011) y son más conscientes de los riesgos de la radiación UV (Hault et al., 2016) en comparación con hombres. Además, históricamente, los hombres han tenido trabajos que requieren estar mayor tiempo en el exterior (Oberyszyn, 2008).

Por todos los riesgos de la radiación UV sobre la salud, la actitud de los gobiernos debe ser la de invertir en la mayor medida posible en la concienciación y sensibilización a los ciudadanos para prevenir estos riesgos, y también alentar a las empresas a desarrollar políticas de protección contra el sol. Esto, junto a programas de detección temprana del cáncer de piel, mejorarían la salud pública y evitarían gran cantidad de muertes. Pero no solo eso, según varios trabajos previos (Pil et al., 2016; Shih et al., 2017; Gordon et al., 2015) estas políticas de prevención y protección contra el sol supondrían un gran ahorro financiero, ya que el coste es mucho menor al coste de tratar las enfermedades asociadas, especialmente cáncer de piel y cataratas. Las recomendaciones deben enfatizar en que el riesgo de efectos sobre la salud por la exposición a la radiación UV es acumulativo (World Health Organization(WHO) et al., 2002).

Tipo de piel	Color de piel	Fototipo cutáneo	Quemadura tras exposición al sol	Bronceado tras exposición al sol
I	Muy blanca, con ojos y pelo claros	Deficiente en melanina	Siempre	Nunca
II	Blanca, con ojos y pelo claros		Normalmente	A veces
III	Blanca, con ojos y pelo intermedios	Con suficiente melanina	A veces	Normalmente
IV	Morena, con ojos y pelo oscuros		Ocasionalmente	Siempre
V	Oscura, con ojos y pelo oscuros	Con protección melánica	Raramente	Bronceado intenso
V	Negro, con ojos y pelo negros		Nunca	Bronceado máximo

Tabla 1. Tipos de piel definidos por Fitzpatrick (1988; 1992) y sus características.

2.4 TRABAJADORES AL AIRE LIBRE.

Los trabajadores al aire libre reciben entre 2 y 8 veces más de exposición UV que los trabajadores de interior de acuerdo a diferentes autores (Larkö & Diffey, 1983; Holman et al., 1983). Aunque hay trabajos en el interior que usan fuentes artificiales de radiación UV como lámparas especializadas o arcos de soldadura, los trabajadores suelen protegerse correctamente con máscaras, guantes y equipamiento adecuado, algo que no ocurre con los trabajadores al aire libre. Este hecho hace a los últimos más vulnerables a los efectos nocivos de la radiación UV sobre la salud. Varios trabajos han reportado riesgo para la salud por exposición prolongada a la radiación UV en trabajadores al aire libre en diferentes lugares: Serrano et al. (2009) en España, Milon et al. (2007) en Suiza, Gies et. al (2003) en Australia, Thieden et. al (2004) en Dinamarca, Stepanski et. al (1998) en Estados Unidos y Hammond et. Al (2009) en Nueva Zelanda, entre otros. El riesgo de la radiación UV sobre la salud se acentúa en determinados trabajos en los que se realizan tareas repetitivas en la misma postura, favoreciendo la exposición continua de determinadas zonas del cuerpo a la radiación solar (Milon et al., 2007). Ese riesgo también existe en días nublados, ya que, aunque las nubes disminuyen la intensidad de la radiación UV, la intensidad de la radiación infrarroja

disminuye aún más. Esto hace que la sensación de calor sea menor (la cual normalmente ayuda a advertir niveles altos de radiación UV) e incrementa el riesgo de sobreexposición al sol (Diffey, 1998). Especialmente ocurre con las nubes ligeras, que provocan poco cambio en la radiación UV, pero sí una gran reducción de radiación infrarroja y por tanto de sensación de calor, además de producir mayor daño ocular debido a la dispersión de la radiación UV y la poca protección corporal en determinados ángulos de incidencia de la radiación UV, como se explicó anteriormente.

2.5 RADIACIÓN ULTRAVIOLETA EN INVERNADEROS Y SUS TRABAJADORES.

Los trabajadores en invernaderos podrían considerarse trabajadores al aire libre, ya que están expuestos a viento y radiación UV. El UVI en áreas rurales es mayor que en ciudades debido a la claridad de la atmósfera y menor contaminación de aire (la cual bloquea una parte de la radiación UV) (Coldiron, 1998; Robaa, 2004). Otro factor que está incrementando el UVI en los últimos tiempos es la reducción de la capa de ozono (World Meteorological Organization (WMO), 2014; Coldiron, 1998). Aunque solo la radiación solar difusa alcanza el interior de un invernadero, la radiación UV también puede ser alta (Silva, 2015). Además, el suelo de los invernaderos suele estar cubierto de arena, la cual refleja hasta el 15% de radiación UV (albedo) e incrementa el UVI. Como se ha comentado anteriormente, determinados trabajos están más expuestos a la radiación UV debido a la exposición de la radiación solar continua en determinadas zonas del cuerpo debido a la repetición de tareas en la misma postura, algo que les ocurre a los trabajadores en invernaderos. Sin embargo, a pesar de todos estos factores, la radiación UV normalmente no se mide en invernaderos, ya que únicamente se suelen medir parámetros referentes al cultivo, por lo que no se tienen datos reales y fiables de la cantidad de radiación UV que llega hasta el interior de ellos. Esto, junto a la sensación de que la cubierta plástica de los invernaderos protege de la radiación UV, hace que los trabajadores no sean conscientes del riesgo por radiación UV que puede existir dentro de los invernaderos.

En este trabajo, UVI se medirá en diferentes puntos dentro del invernadero, y también en el exterior durante aproximadamente un año completo. Los datos medidos en ese periodo permitirán obtener mapas en dos dimensiones de la variación del UVI en un invernadero típico de Almería, conocer las condiciones de los trabajadores de invernaderos respecto a la radiación UV y determinar si existe riesgo sobre su salud.

CAPÍTULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDIO.

El estudio se ha llevado a cabo en su totalidad en las instalaciones de la Universidad de Almería. El diseño y puesta a punto de los equipos y estaciones de medida, así como el desarrollo del software necesario y análisis de los datos se ha realizado en los laboratorios y talleres del Área de Ingeniería Mecánica del Departamento de Ingeniería (36° 49' 44" N, 2° 24' 27" W y 2-5 metros sobre el nivel del mar). La parte experimental y toma de datos se ha llevado a cabo en un invernadero localizado en la finca experimental de la Fundación UAL-Anecoop, a 15 km al este de Almería (36° 51' 55" N, 2° 17' 1" W y 98 metros sobre el nivel del mar).

El invernadero donde se realiza el estudio (Figura 3) es "raspa y amagado", el más común en la provincia de Almería. Tiene un área de 1024 m² (32x32m) y una altura de 3,4 m y 4,1 m en amagado y cumbre, respectivamente. Dispone de una cubierta plástica de tres capas de polietileno de 200 µm de espesor (81% de transmitancia de luz visible y 29% de transmitancia de luz difusa), sujetas por una estructura de acero. La cubierta plástica se instaló en julio de 2016 y tendrá una vida útil de 3 campañas (2016-17, 2017-18 y 2018-19), por lo que los datos correspondientes a este estudio comienzan a partir del final de la segunda campaña, es decir, con entre 2 y 3 años de vida del plástico. En el invernadero se produce ventilación lateral a través de varias ventanas laterales manuales y cenitales automáticas, y el suelo tiene un sistema enarenado (suelo original de 20-30 cm, una capa de 1-3 cm de estiércol y una capa de 8-12 cm de arena). La temperatura ambiente dentro del invernadero varía entre 0 °C en invierno a 55°C en verano (García-Ruiz et al., 2018).



Figura 3. Interior del invernadero estudiado.

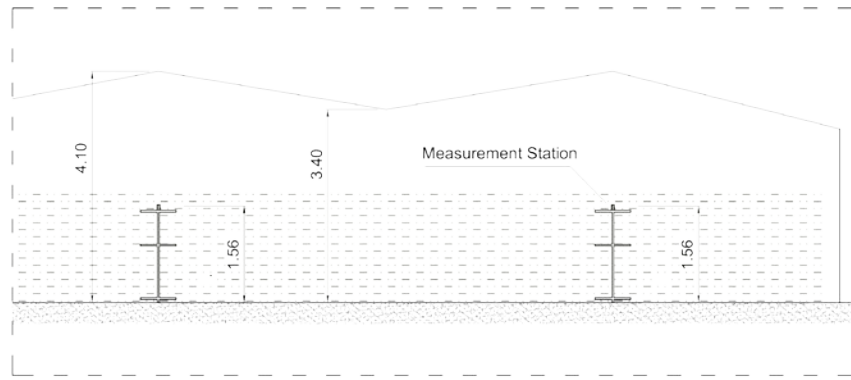
3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL.

La campaña de medida comenzó el 16 de junio de 2018, extendiéndose durante un año. Sin embargo, en esta memoria se incluyen datos hasta el día 27 de enero de 2019, ya que a partir de ese momento se ha realizado la parte final del tratamiento de los datos y la redacción de dicha memoria.

El cultivo desde el inicio de este estudio es melón, hasta su recolección entre el 21 y 23 de junio de 2018. A continuación, el 14 julio de 2018, se llevó a cabo la eliminación del cultivo y el día 17 de agosto de dicho año, se realizó un nuevo blanqueo de la cubierta plástica del invernadero. Para el blanqueo se utilizó “Blanco España” (producto compuesto a base de carbonato cálcico), con dosis de 50 kg de Blanco España por cada 1000 m² de cubierta plástica. Posteriormente, el 21 de agosto de 2018 se comenzó con el cultivo tomate tipo pera, con finalización a finales del mes de febrero. Durante todo el tiempo que se llevó a cabo

este estudio se han realizado las labores propias de los agricultores en invernadero, especialmente para tomate, ya que el cultivo de melón solo coincidió durante un breve periodo de tiempo al inicio del estudio. Estas tareas son: trasplante, poda de formación, aporcado, binas/escardas, tutorado, quitar hojas, despuntar ramos, liar y destallar, podas, aplicación de fitosanitarios, recolección y retirada de plantas. Por tanto, los agricultores han trabajado en el interior del invernadero realizando estas tareas desde el inicio del estudio, siendo susceptibles de sufrir daños por el efecto de la radiación UV. Cabe indicar que, a partir de noviembre de 2018, el cultivo de tomate tiene gran altura como se puede observar en las imágenes en el Anexo III, pudiendo hacer sombra a los trabajadores y por tanto reduciendo la radiación UV recibida sobre ellos.

La frecuencia de obtención de datos fue de 30 segundos. Se han utilizado 13 sensores para la medida de la radiación ultravioleta en el invernadero; 12 de ellos, se han distribuido de manera uniforme dentro del invernadero, mientras que otro se ha situado en el exterior. En la figura 4 se define el plano del invernadero, así como la localización de cada estación de medida. Se ha utilizado la infraestructura de estaciones de medida previas, no así los equipos. Esta infraestructura consta de un poste vertical y tres barras horizontales a diferente altura, utilizándose la altura superior para la instalación de los sensores ultravioleta, como se puede observar en la figura 5. Esta altura superior se encuentra a 1,558 metros del suelo y a la altura de la cabeza (equivalente a la altura de los ojos) según el percentil 50 de la población española (Carmona-Benjumea, 2001). De esta forma, se analiza la radiación ultravioleta que incide en la zona donde puede haber mayor riesgo para la salud, como son la cara y cuello, por encontrarse normalmente descubiertas y expuestas a la radiación, y ojos. Además, con este diseño experimental se obtiene información relevante sobre la variación de la radiación ultravioleta tanto en el tiempo como en el espacio.



SECTION AA'

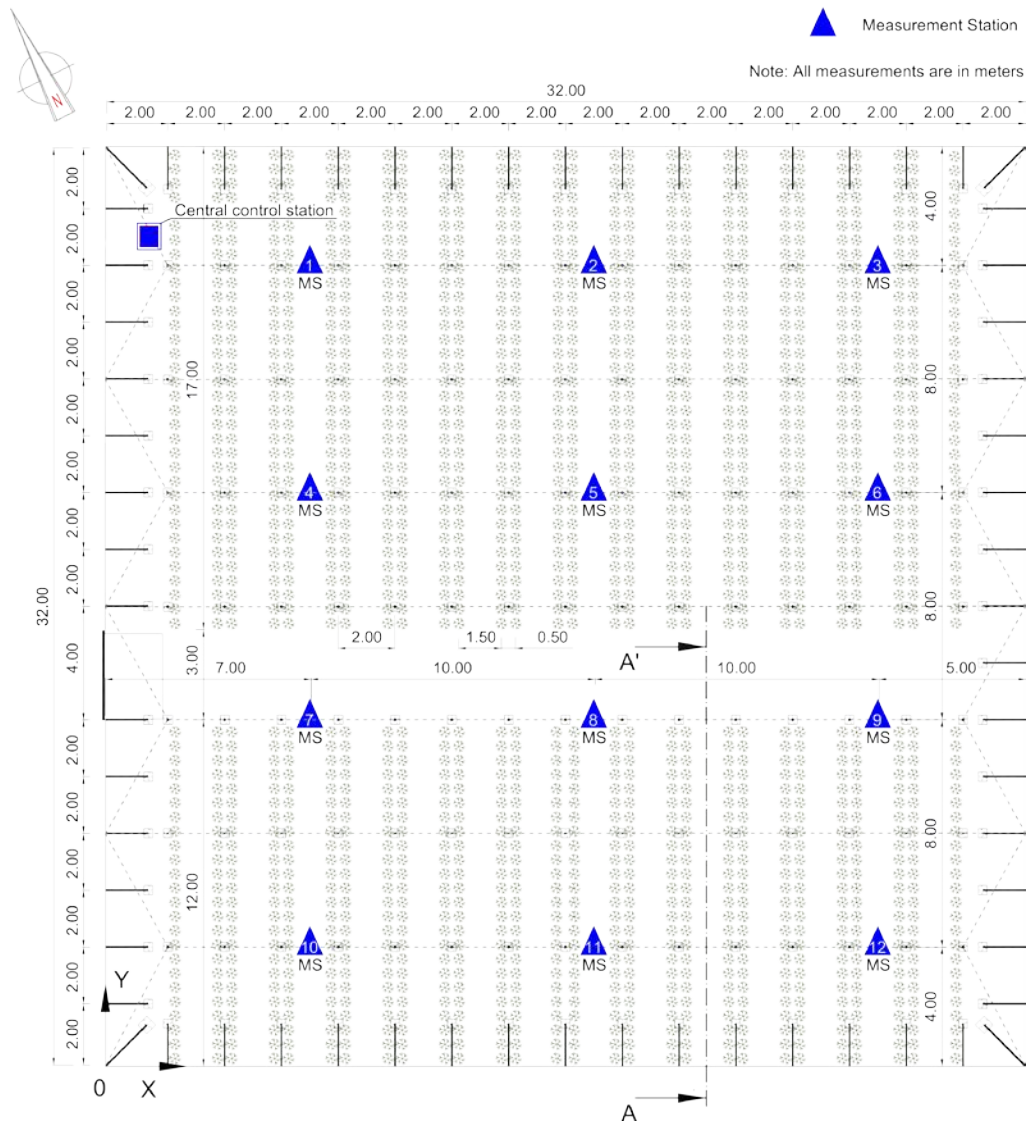


Figura 4. Plano del invernadero y distribución de las estaciones de medida.

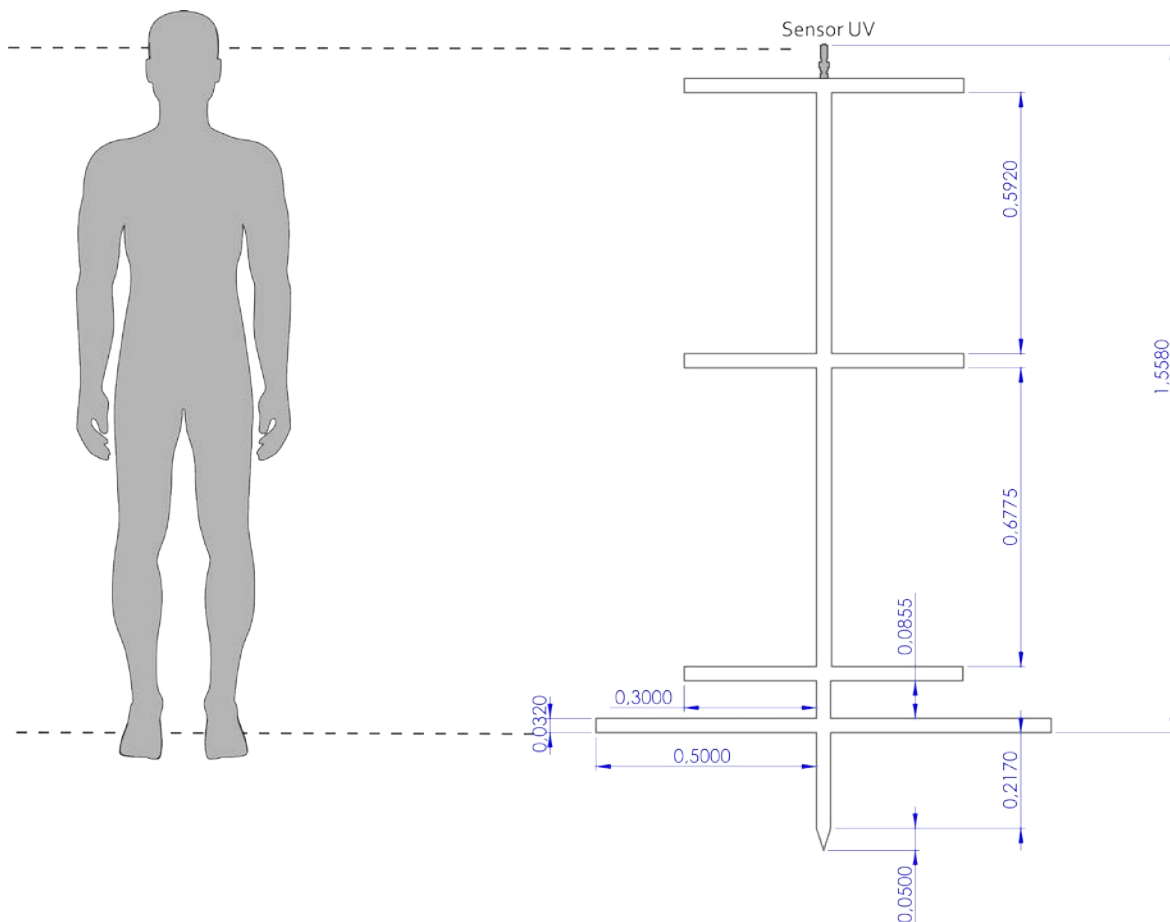


Figura 5. Plano de estación de medida que ilustra la altura a la que va instalado el sensor UV.

Los sensores para la medida de la radiación ultravioleta utilizados tienen una curva de respuesta espectral y un campo de visión que cumplen los requerimientos definidos en la norma ISO 17166. El resto de características de los sensores se encuentran detalladas en la tabla 2:

Fabricante	Modelo	Rango de medida	Precisión	Temperatura de operación	Grado de protección frente a polvo y agua
Sglux GmbH	UV-Cosine_UVI	0-30 UVI	± 1,3%	-25 a 80 °C	IP 68

Tabla 2: Características de los sensores para la medición de la radiación UV.

Cada sensor ha sido calibrado para la medición del índice UV de acuerdo a la norma ISO 17166, y posteriormente se ha comprobado comparándolo con los datos ofrecidos por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMet), concretamente con la estación situada en el aeropuerto de Almería.

3.3 ARQUITECTURA DE LA RED DE DATOS.

El diagrama de la arquitectura de la red de datos diseñada se muestra en la figura 6. Existen cuatro tipos de entidades:

- Estaciones de medida: Son 13, como se explicó anteriormente, distribuidas tanto dentro del invernadero como otra situada en el exterior junto al mismo.
- Estación central de control: Está instalada en una caja registro dentro del invernadero.
- Servidor: Instalado en el Centro de Proceso de Datos de la Universidad de Almería (CPD-UAL).
- Operadores remotos: Este tipo de entidad es opcional, ya que el sistema funciona independientemente de que se conecten, o no, operadores remotos.

El núcleo del sistema está formado por las estaciones de medida y la estación central de control, con capacidad operativa totalmente autónoma sin intervención externa. Los elementos externos (servidor y operadores remotos) son añadidos con el objetivo de mejorar la usabilidad del sistema, ya que permiten el acceso a los datos y estado del sistema en tiempo real desde cualquier lugar a través de internet. Además, el servidor también se emplea para almacenar copias de seguridad de los datos recogidos durante el día, siempre y cuando exista conectividad y cobertura móvil en la zona.

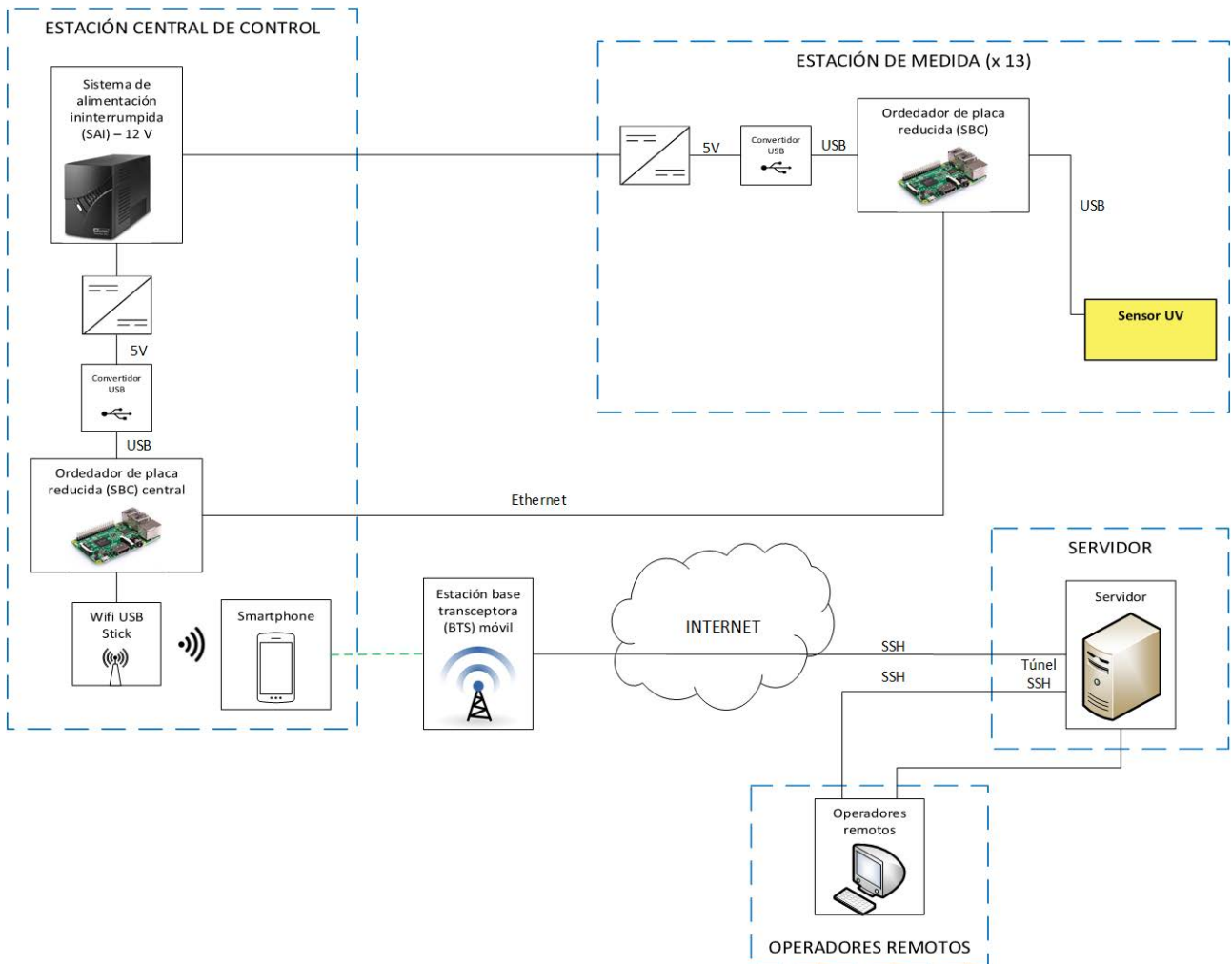


Figura 6. Diagrama de la arquitectura de la red de datos.

La alimentación del núcleo del sistema la realiza un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) a 12V. Utiliza convertidores DC a DC para obtener una tensión a 5 V y posteriormente convertidores USB para alimentar a los ordenadores de placa reducida o SBC (por sus siglas en inglés: Single Board Computer). Los SBCs situados en las estaciones de medida se encargan de alimentar a los sensores UV, mientras que el SBC situado en la estación central proporciona alimentación tanto al adaptador USB WiFi como al Smartphone.

Para recibir y almacenar los datos desde el sensor UV, se ha programado un script en Python. Este script recibe los datos y los guarda con una periodicidad de 30 segundos. Los datos son almacenados en una tarjeta de memoria del SBC de cada estación de medida, distribuidos en archivos diarios. Al final del día, se envían estos archivos diarios de cada estación de medida mediante cable Ethernet al SBC de la estación central de control. A su vez, el SBC de la estación central de control almacena los datos recibidos de todos

los sensores en una tarjeta de memoria. Entonces, también una vez al día, al final del día, procede a su envío al servidor emplazado en el CPD-UAL. Para ello, es necesario que exista conectividad a Internet, conseguida mediante un Smartphone 4G y compartida por wifi al SBC.

Los operadores (los investigadores de este proyecto) pueden acceder a dichos datos en el servidor mediante una sencilla interfaz web (HTTP), o mediante protocolos de transmisión de ficheros seguros (SSH). Así mismo, el sistema se ha configurado de forma que se permiten realizar conexiones desde cualquier lugar provisto de acceso a Internet, hasta el ordenador central del invernadero. Esto no es trivial, al estar éste último detrás de una NAT (Network Address Translation) del operador móvil que impide la conexión directa desde el exterior. La solución adoptada consiste en una conexión SSH inversa desde el nodo central del invernadero hasta el servidor en el CPD-UAL, establecida las 24h del día en espera de ser requerida por un operador externo.

3.4 DATOS PREVIOS DE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA.

Antes de iniciar este estudio, un sensor UV idéntico a los utilizados en este estudio (detallados anteriormente) fue calibrado e instalado en el interior del invernadero. Este sensor recogió datos desde octubre de 2017 hasta finales de marzo de 2018. Además, estaban funcionando diferentes sensores de un estudio anterior, entre ellos, sondas PT100 para la medida de la temperatura del aire. En este apartado, se muestran los datos obtenidos en ese periodo, los cuales fundamentan este estudio.

En primer lugar, se muestran los UVI máximos para cada día (figura 7). Se observa que a finales de marzo se sobrepasan valores de UVI mayores a 3, lo que significa que hay riesgo para la salud por radiación UV. Además, la tendencia sugiere que, en meses más cercanos al verano, los valores aumenten considerablemente, aumentando así el riesgo.

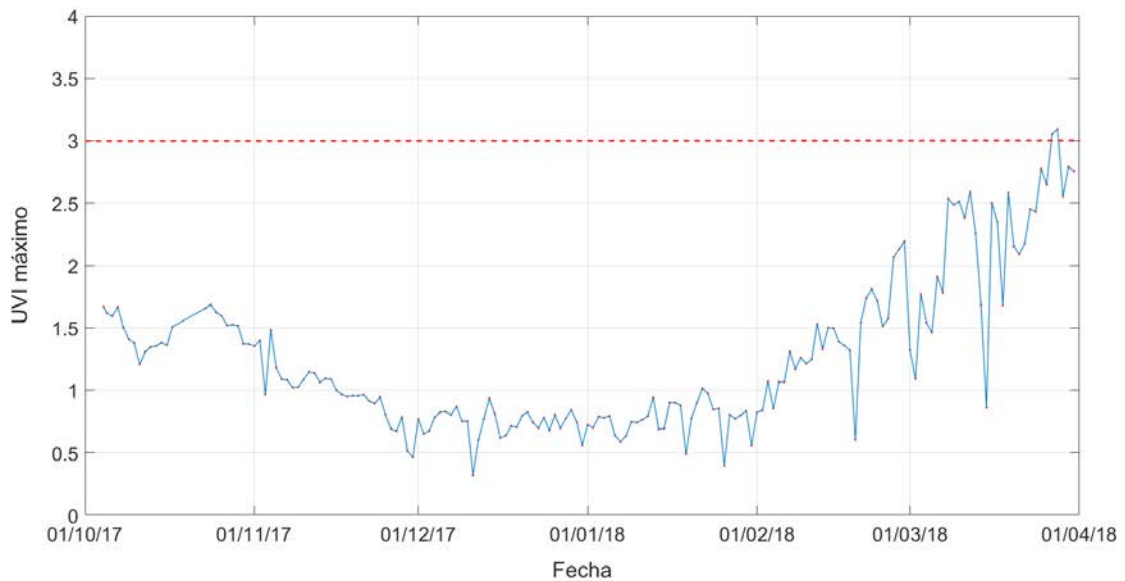


Figura 7. Variación de UVI máximos diarios en el interior del invernadero entre octubre de 2017 y marzo de 2018; registrados en octubre 2017 entre 11:50 y 12:30h, en noviembre 2017 entre 11:23 y 12:37h, en diciembre 2017 entre 11:07 y 13:11h, en enero 2018 entre 10:19 y 13:25h, en febrero 2018 entre 10:55 y 13:12h, y en marzo 2018 entre 10:36 y 13:34h.

Por otro lado, los climogramas de Péguy (Péguy, 1961) son diagramas que relacionan temperaturas medias mensuales en el eje “x” y precipitaciones en el eje “y”. En primer lugar, se proyecta un triángulo con vértices (A, B, C) y coordenadas (0 °C, 0mm), (23 °C, 45 mm) y (16 °C, 200 mm), respectivamente. Este triángulo divide el espacio Cartesiano en cuatro regiones climatológicas: templado (puntos dentro del triángulo ABC), árido (puntos bajo el segmento \overline{AB}), tropical o cálido-seco (puntos a la derecha del segmento \overline{BC}) y frío (puntos a la izquierda del segmento \overline{CA}). A continuación, se introducen los datos de todos los meses durante un año (o la media de los datos de varios años), de forma que cada mes queda encuadrado en una categoría, y por tanto se obtiene información climatológica de cada mes para una determinada localización, además de una visión global del año completo. Un ejemplo de climogramas de Péguy se observa en la figura 8 (Scordo et al.,2009).

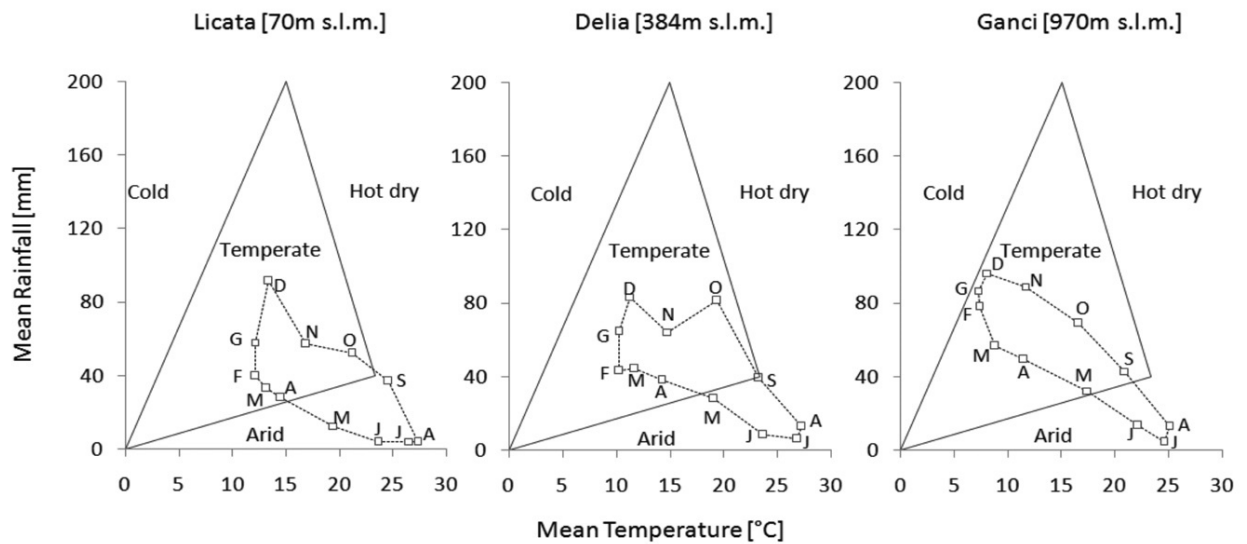


Figura 8. Climogramas de Péguy para diferentes localizaciones (Scordo et al.,2009).

De manera similar, pensamos que es posible relacionar temperaturas medias mensuales y máximo valor del índice UV, pudiendo establecerse diferentes categorías en el espacio Cartesiano que permitan explicar el comportamiento de la radiación UV de cada mes y del año completo para una determinada localización. En la figura 9 se representa esta relación para los datos obtenidos entre octubre de 2017 y marzo de 2018. Se puede observar que no siempre meses más fríos producen UVI máximos menores, sino que influyen los factores explicados en el capítulo anterior, como elevación del sol (según estación del año) y presencia de nubes, entre otros. Estas tendencias serán estudiadas con mayor profundidad durante este estudio, extendiendo el análisis durante un mayor periodo de tiempo.

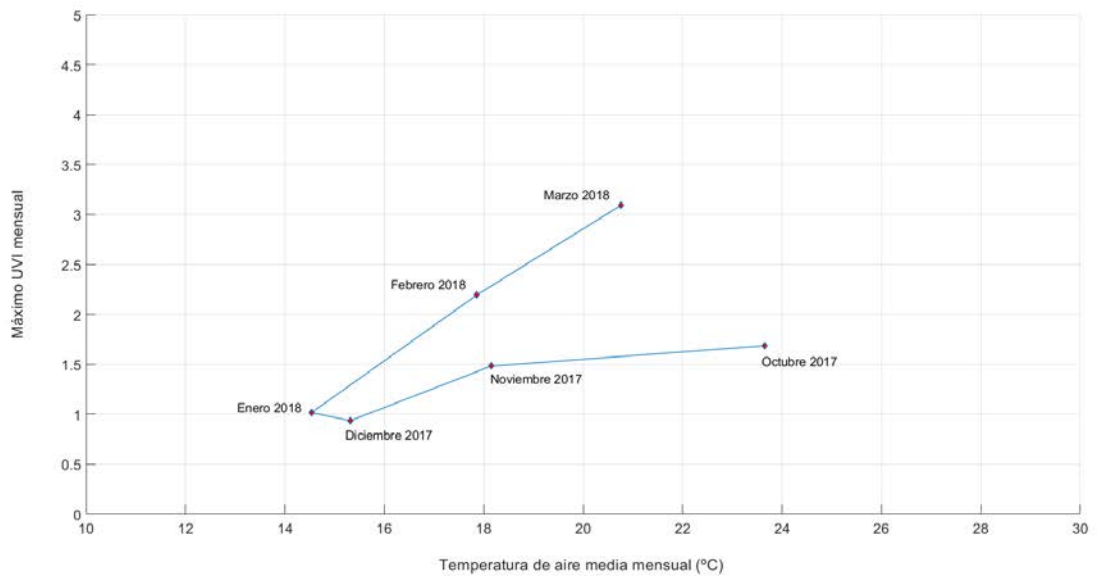


Figura 9. Relación entre la temperatura media mensual y el máximo UVI mensual.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CONSIDERACIONES EN RESULTADOS

Un aspecto relevante en cuanto a la interpretación de los resultados es que los datos han sido analizados teniendo en cuenta la hora UTC (Universal Time Coordinated u Hora Universal Coordinada). El horario local en Almería es CET (Central European Time u Hora Central Europea) con ahorro de energía en verano. Por tanto, el horario UTC corresponde a una hora más que el horario local de Almería en horario de invierno y dos horas más en horario de verano.

4.2. MÁXIMOS UVI DIARIOS

En la figura 10 se muestran los valores máximos diarios para el UVI tanto dentro como fuera del invernadero. En el caso del interior del invernadero, el valor del UVI máximo mostrado corresponde a el valor máximo diario medido entre las 12 estaciones de medida situadas dentro del invernadero. La línea discontinua de color rojo representa el límite definido por la Organización Mundial de la Salud a partir del cual existe riesgo de daño para las personas por la radiación UV, como se mencionó anteriormente.



Figura 10. UVI máximo diario para el interior y exterior del invernadero; registrados en junio 2018 entre 10:39 y 12:53h, en julio 2018 entre 10:38 y 13:08h, en agosto 2018 entre 12:02 y 12:40h, en septiembre

2018 entre 10:52 y 13:36h, en octubre 2018 entre 10:11 y 13:45h, en noviembre 2018 entre 10:38 y 13:54h, en diciembre 2018 entre 10:31 y 12:48h y en enero 2019 entre 11:16 y 13:08h.

Por tanto, se observa que, desde el comienzo del estudio el día 16 de junio de 2018, se han alcanzado UVIs con riesgo de daño para las personas casi interrumpidamente hasta mediados de agosto. Además, cabe mencionar que la bajada tan significativa que se produce el 17 de agosto del mismo año se corresponde a la fecha que se llevó a cabo el blanqueo de la cubierta plástica, como se detalla en el apartado 3 (Materiales y métodos). Sin embargo, este efecto tiene una duración limitada, ya que, con la llegada de las primeras lluvias el 8 de septiembre, el UVI vuelve a aumentar superando algunos días el umbral de riesgo. Esto ocurre aun en el mes de septiembre donde el UVI va bajando en comparación con anteriores meses, como se puede observar en el UVI máximo en el exterior del invernadero.

El blanqueo del invernadero se suele realizar en periodos de elevada radiación/temperatura para evitar estrés en el cultivo, principalmente en la etapa inicial del mismo. Sin embargo, se ha demostrado que se reduce considerablemente la radiación UV que alcanza el interior del invernadero, por lo que puede ser utilizado no sólo para el cultivo, sino como una medida de protección colectiva para los trabajadores contra la radiación UV. Esto se puede usar tanto en los meses de verano, donde se realizan las labores de mantenimiento e inicio de cultivos, como en algunos periodos de primavera (mes de marzo). En ciertos cultivos de primavera no sería posible, ya que sería perjudicial para el cultivo (sobre todo melón y sandía, aunque no es descartable).

En la figura 10 se puede observar que el máximo UVI registrado hasta la fecha en el interior del invernadero corresponde al día 5 de julio de 2018. Este máximo fue medido por la estación 5 a las 12:44 horas (hora solar) y tuvo un valor de UVI de 4,69, mientras que en el exterior se obtuvo un UVI máximo ese día de 9,48 a las 12:16 horas. Esto se puede observar con mayor detalle en la figura 11, donde se muestra los datos obtenidos para todas las estaciones de medida para el día 5 de julio de 2018.

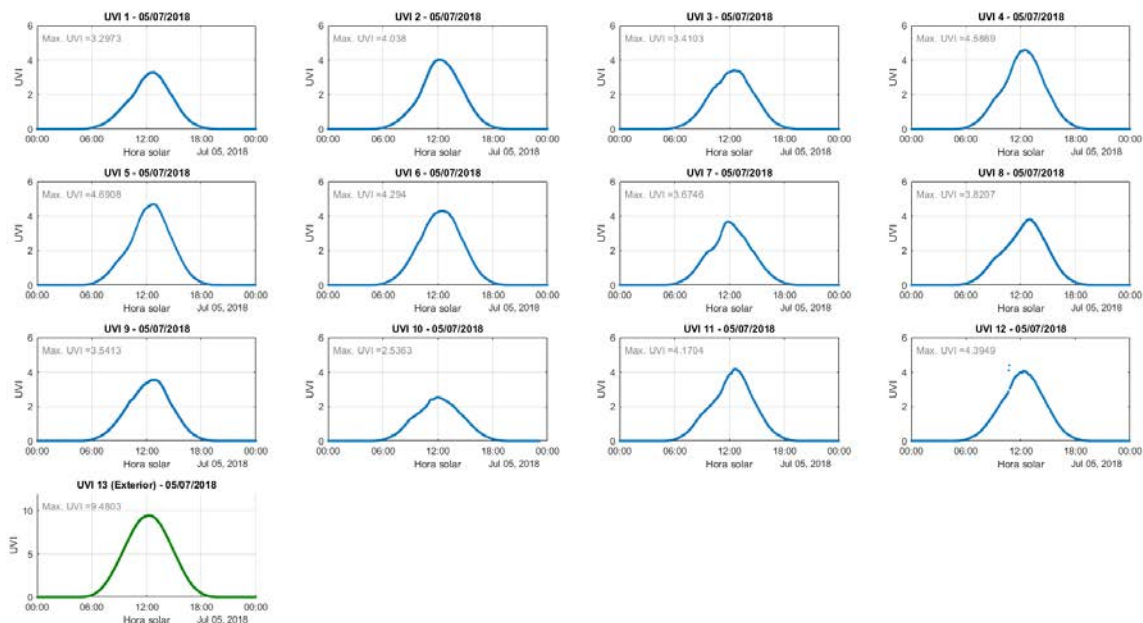


Figura 11. UVI registrado por todas las estaciones de medida durante el 5 de julio de 2018.

Para ese día, se observa una diferencia de UVI entre estaciones de hasta 2,16 entre la estación 5 y la estación 10. Estas diferencias de UVI entre estaciones se analizarán más en detalle en el apartado 4.6.

4.3. GRÁFICOS DEL DÍA MEDIO SEMANAL.

En este apartado se muestran gráficos del día medio semanal tanto para el UVI en el interior del invernadero y el exterior del invernadero. En el caso del interior del invernadero, este día medio corresponde a la media entre las 12 estaciones de medida durante el periodo semanal considerado.

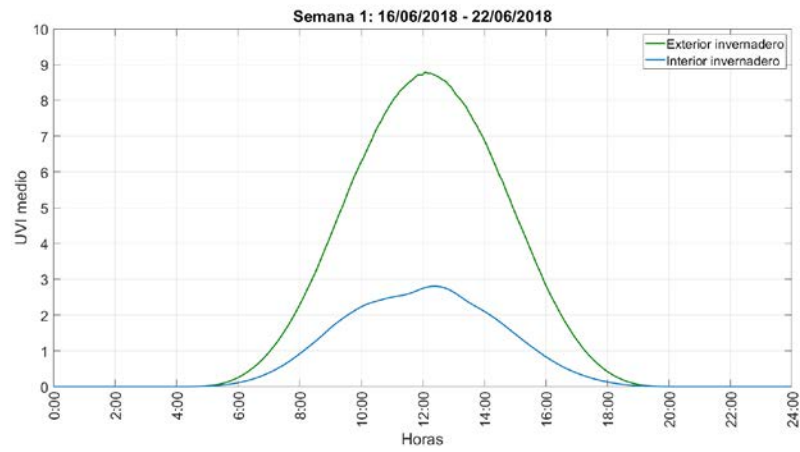


Figura 12. UVI medio semana 1 (16/06/2018 - 22/06/2018) para el interior y exterior del invernadero.

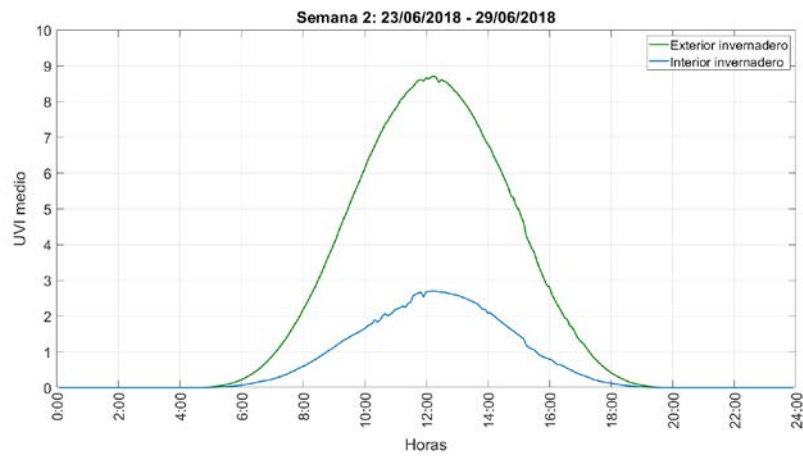


Figura 13. UVI medio semana 2 (23/06/2018 - 29/06/2018) para el interior y exterior del invernadero.

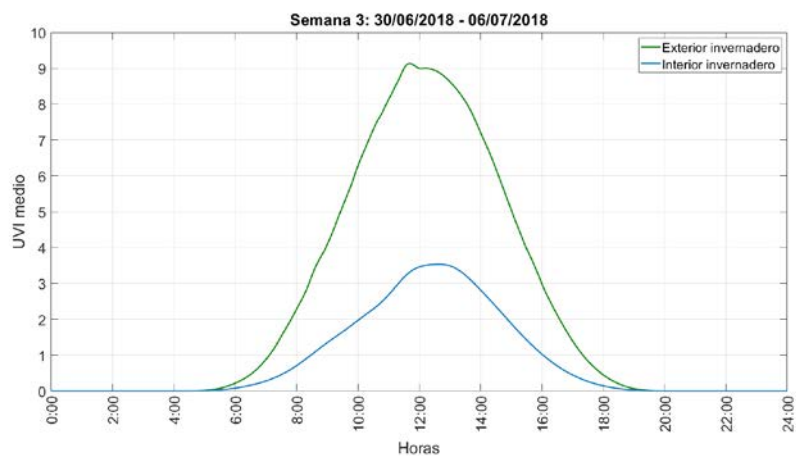


Figura 14. UVI medio semana 3 (30/06/2018 - 06/07/2018) para el interior y exterior del invernadero.

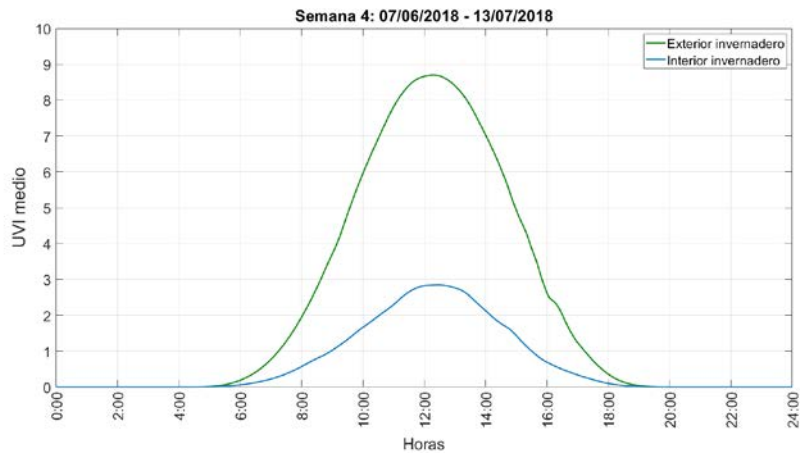


Figura 15. UVI medio semana 4 (07/07/2018 - 13/07/2018) para el interior y exterior del invernadero.

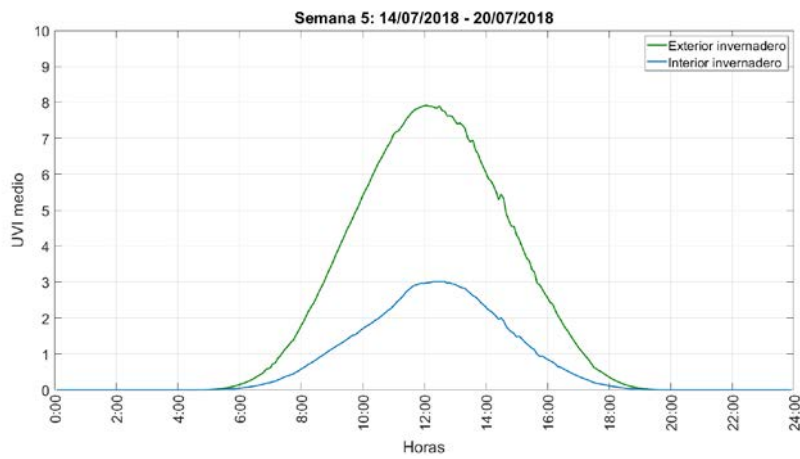


Figura 16. UVI medio semana 5 (14/07/2018 - 20/07/2018) para el interior y exterior del invernadero.

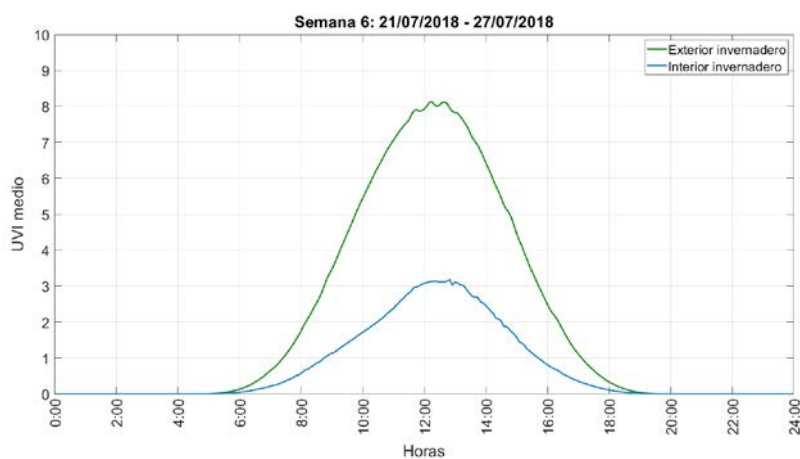


Figura 17. UVI medio semana 6 (21/07/2018 - 27/07/2018) para el interior y exterior del invernadero.

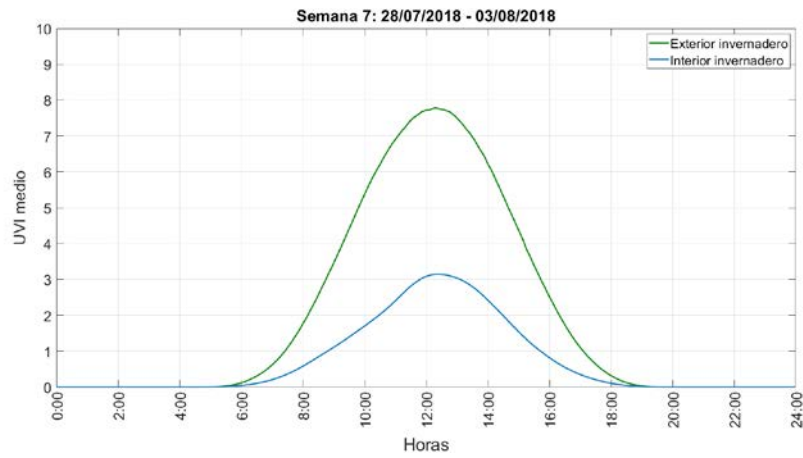


Figura 18. UVI medio semana 7 (28/07/2018 - 03/08/2018) para el interior y exterior del invernadero.

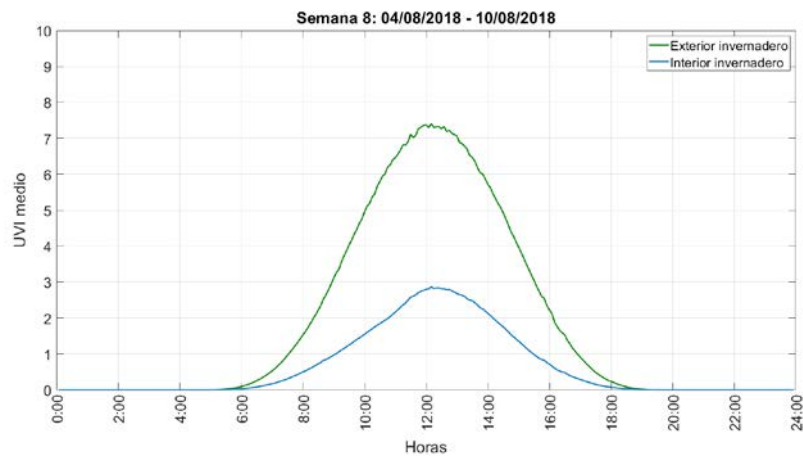


Figura 19. UVI medio semana 8 (04/08/2018 - 10/08/2018) para el interior y exterior del invernadero.

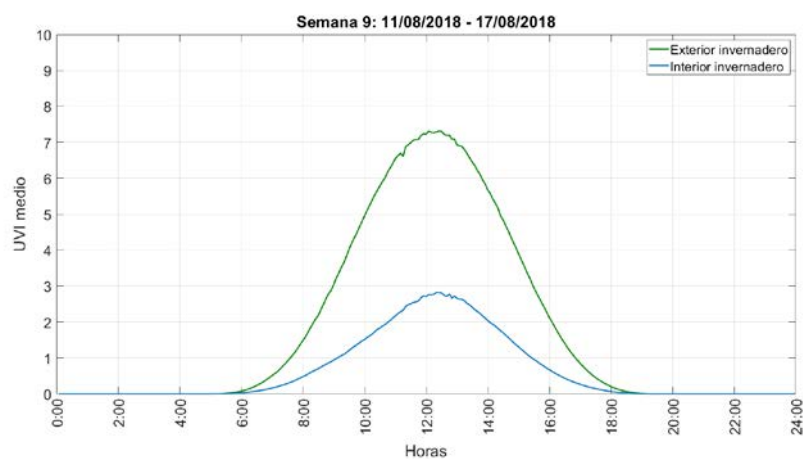


Figura 20. UVI medio semana 9 (11/08/2018 - 17/08/2018) para el interior y exterior del invernadero.

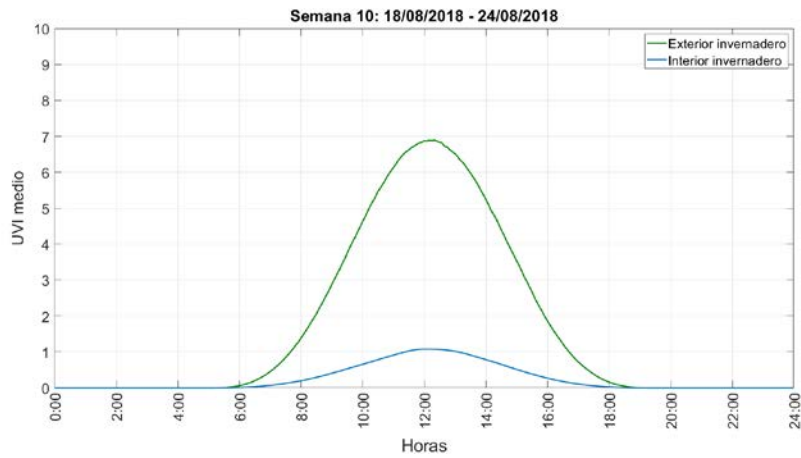


Figura 21. UVI medio semana 10 (18/08/2018 - 24/08/2018) para el interior y exterior del invernadero.

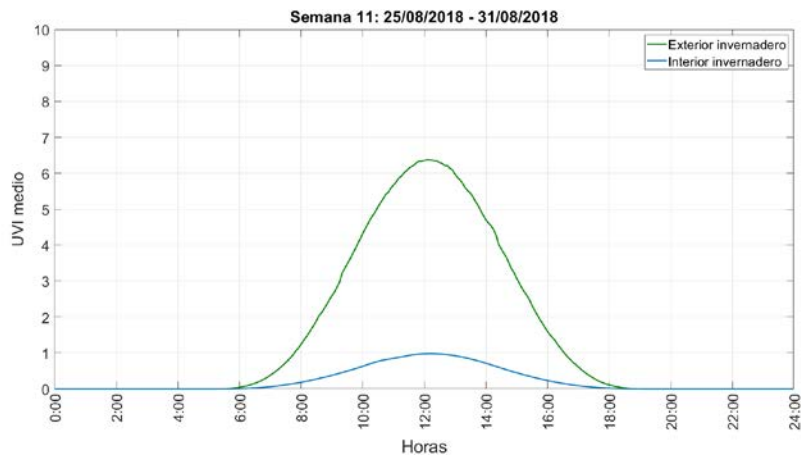


Figura 22. UVI medio semana 11 (25/08/2018 - 31/08/2018) para el interior y exterior del invernadero.

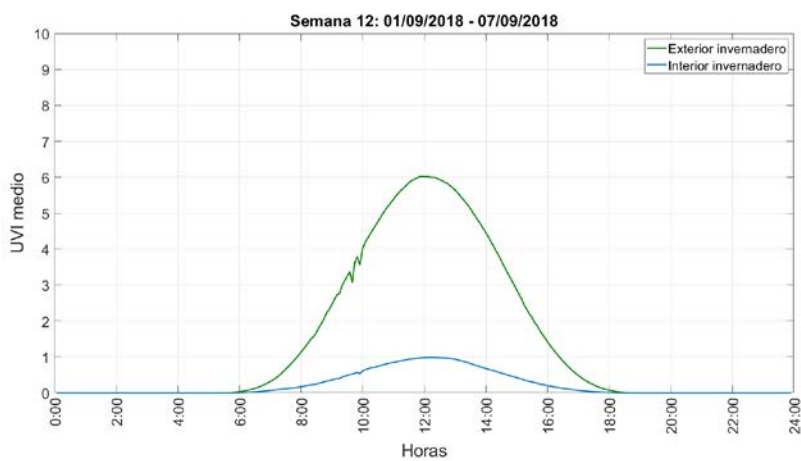


Figura 23. UVI medio semana 12 (01/09/2018 - 07/09/2018) para el interior y exterior del invernadero.

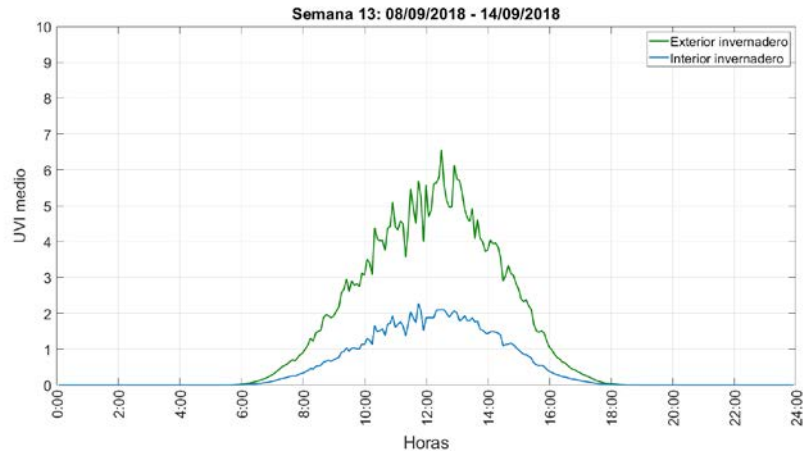


Figura 24. UVI medio semana 13 (08/09/2018 - 14/09/2018) para el interior y exterior del invernadero.

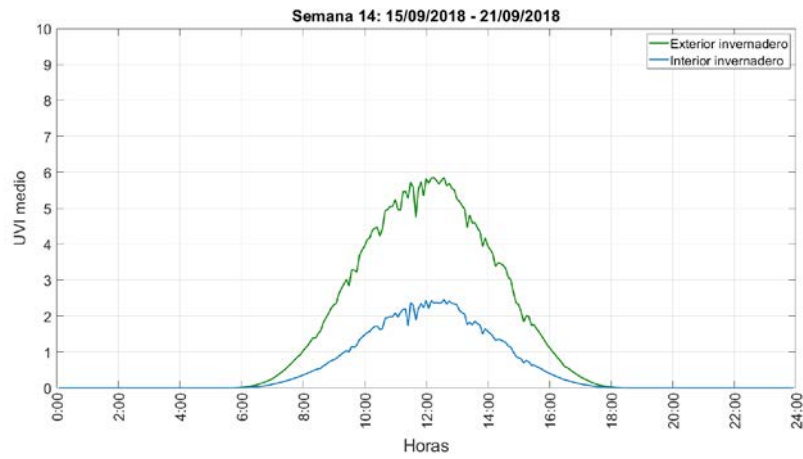


Figura 25. UVI medio semana 14 (15/09/2018 - 21/09/2018) para el interior y exterior del invernadero.

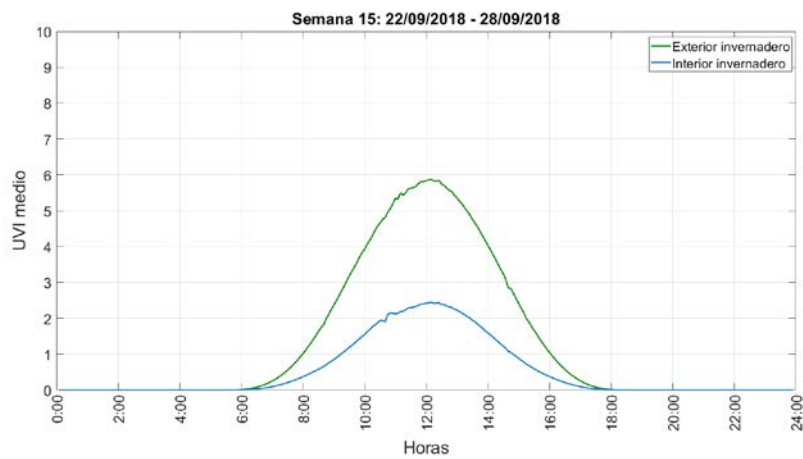


Figura 26. UVI medio semana 15 (22/09/2018 - 28/09/2018) para el interior y exterior del invernadero.

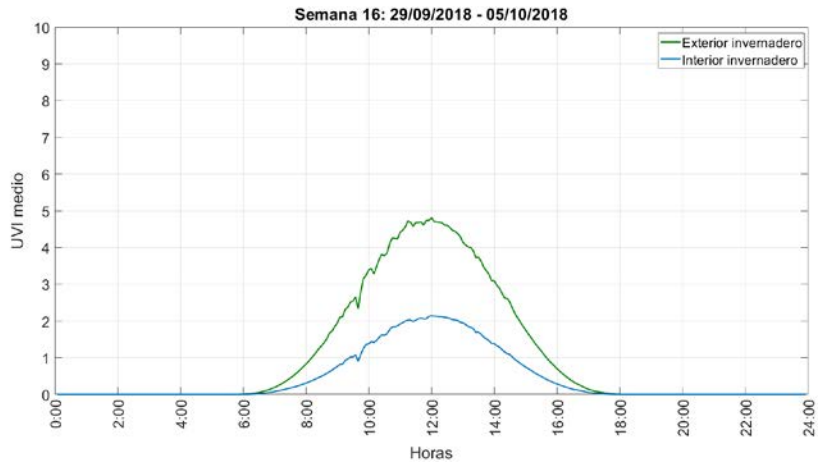


Figura 27. UVI medio semana 16 (29/09/2018 - 05/10/2018) para el interior y exterior del invernadero.

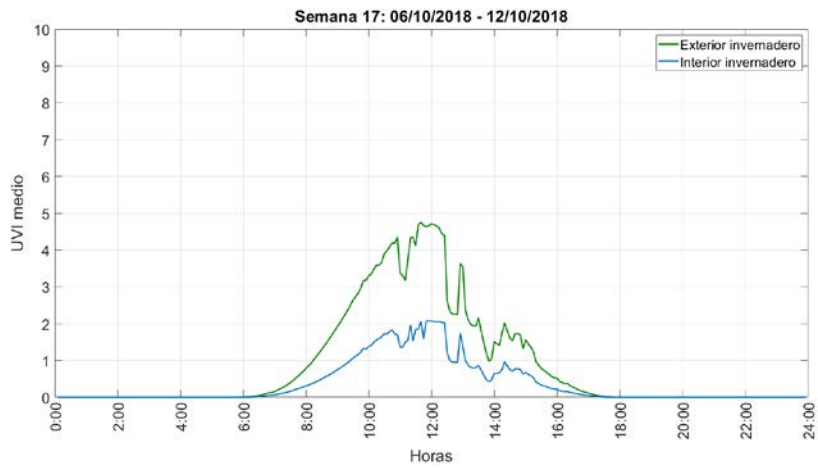


Figura 28. UVI medio semana 17 (06/10/2018 - 12/10/2018) para el interior y exterior del invernadero.4

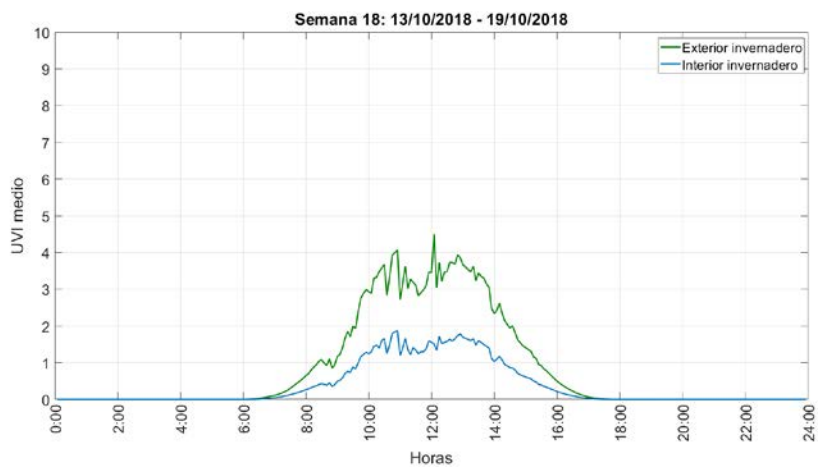


Figura 29. UVI medio semana 18 (13/10/2018 - 19/10/2018) para el interior y exterior del invernadero.

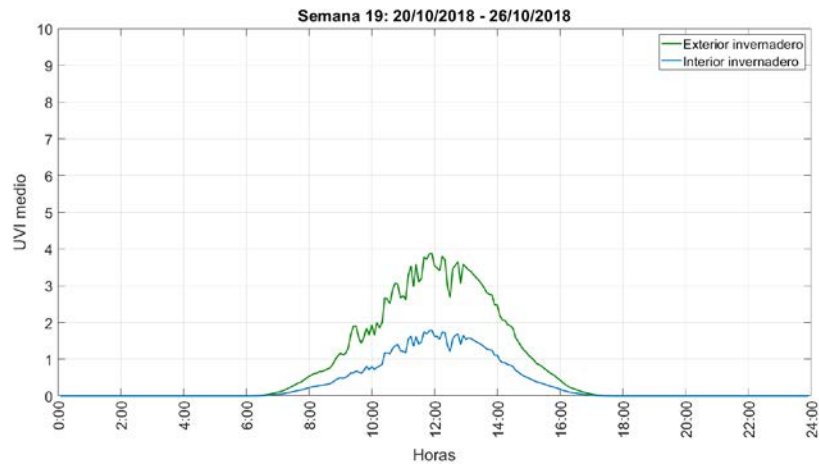


Figura 30. UVI medio semana 19 (20/10/2018 - 26/10/2018) para el interior y exterior del invernadero.

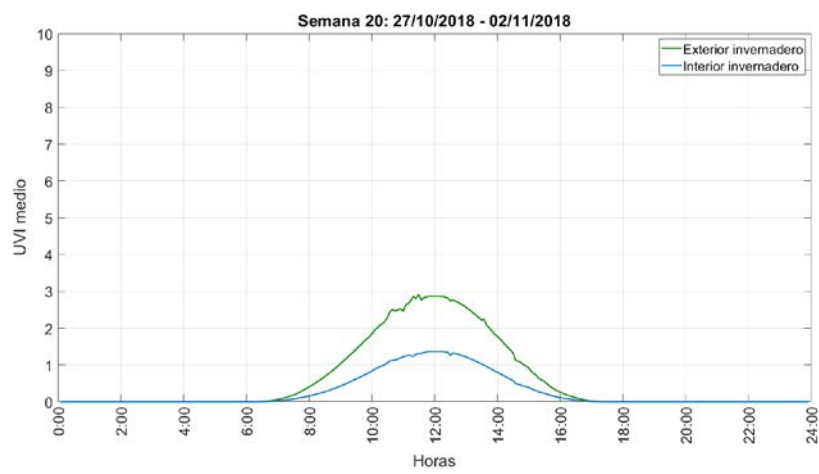


Figura 31. UVI medio semana 20 (27/10/2018 - 02/11/2018) para el interior y exterior del invernadero.

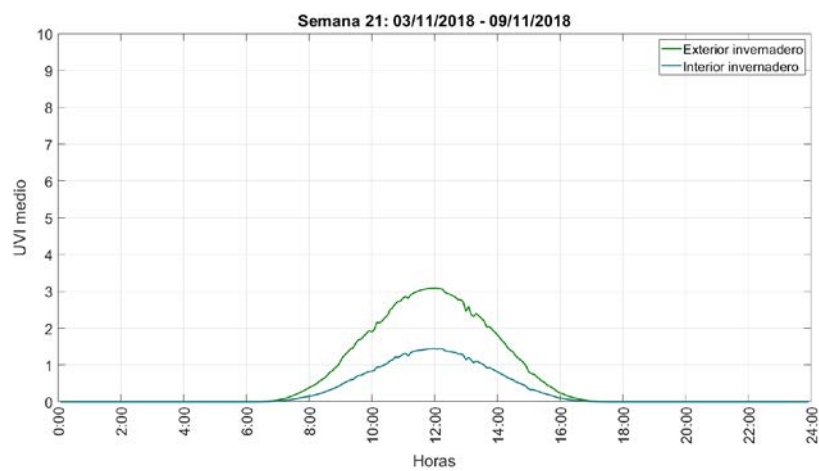


Figura 32. UVI medio semana 21 (03/11/2018 - 09/11/2018) para el interior y exterior del invernadero.

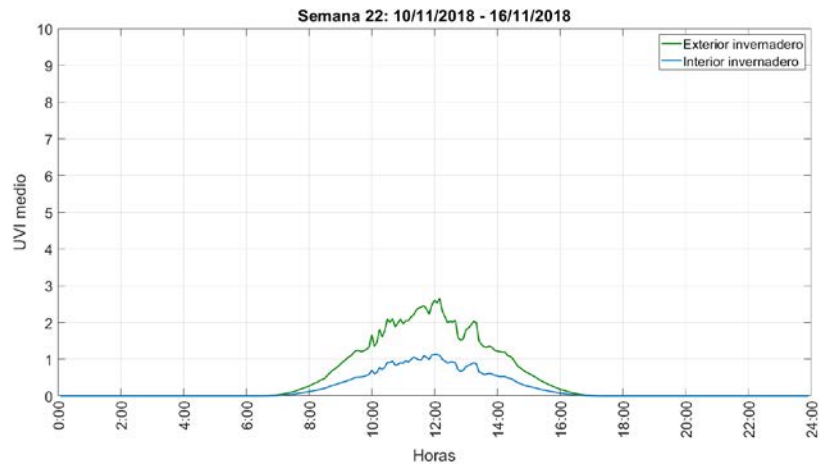


Figura 33. UVI medio semana 22 (10/11/2018 - 16/11/2018) para el interior y exterior del invernadero.

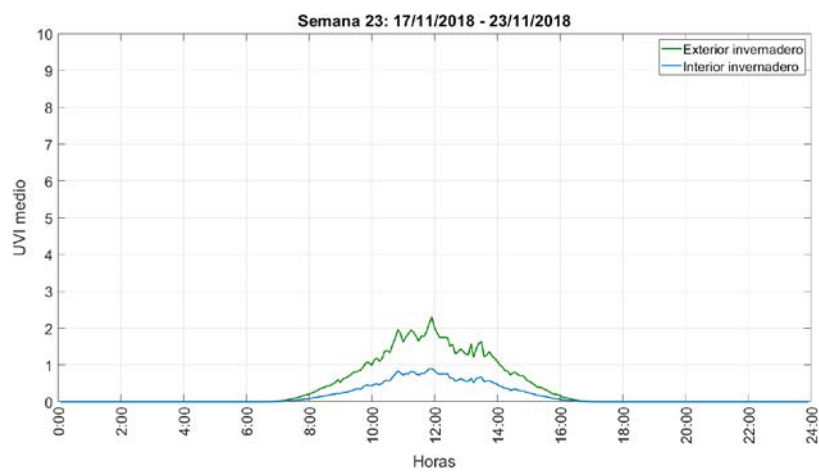


Figura 34. UVI medio semana 23 (17/11/2018 - 23/11/2018) para el interior y exterior del invernadero.

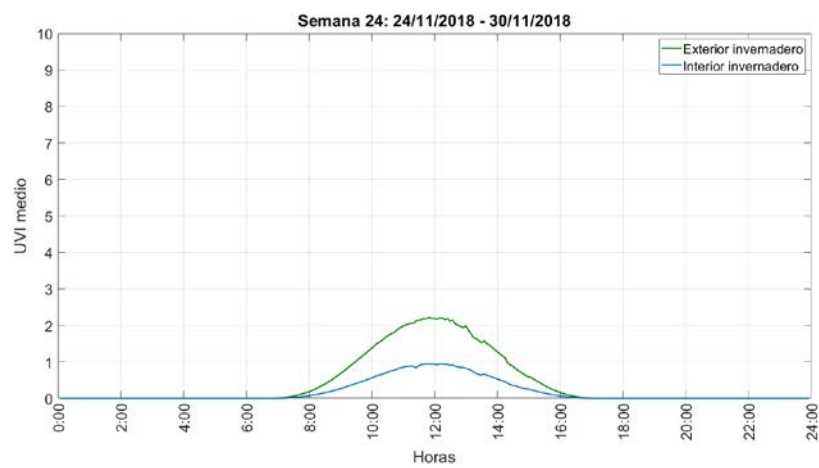


Figura 35. UVI medio semana 24 (24/11/2018 - 30/11/2018) para el interior y exterior del invernadero.

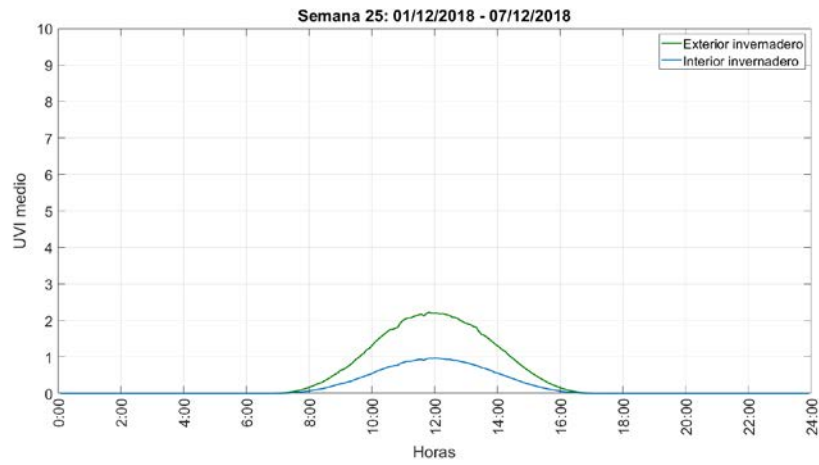


Figura 36. UVI medio semana 25 (01/12/2018 - 07/12/2018) para el interior y exterior del invernadero.

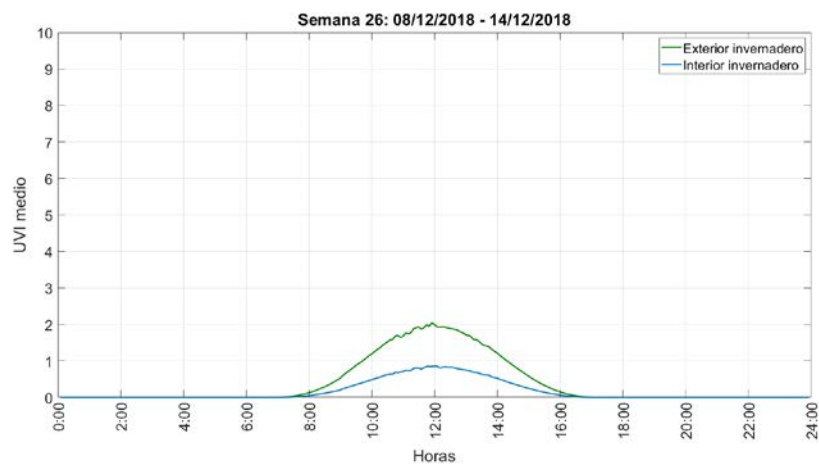


Figura 37. UVI medio semana 26 (08/12/2018 - 14/12/2018) para el interior y exterior del invernadero.

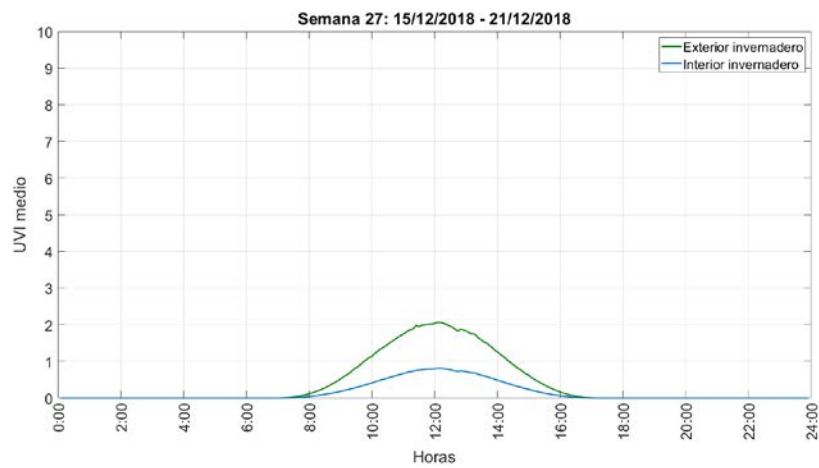


Figura 38. UVI medio semana 27 (15/12/2018 - 21/12/2018) para el interior y exterior del invernadero.

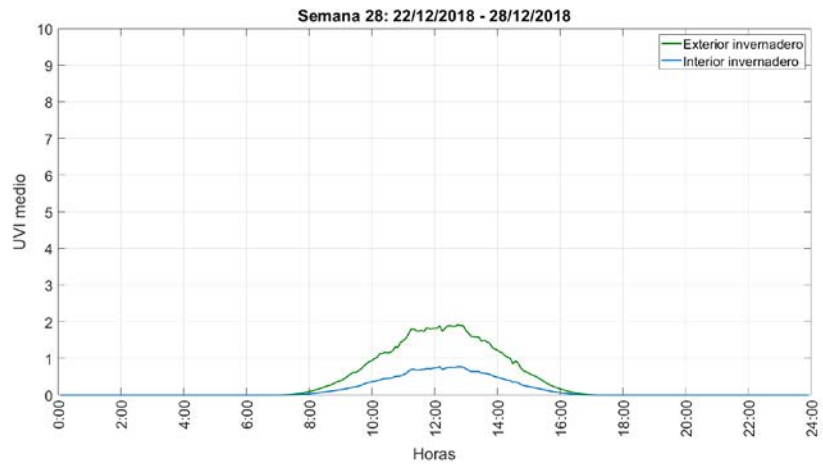


Figura 39. UVI medio semana 28 (22/12/2018 - 28/12/2018) para el interior y exterior del invernadero.

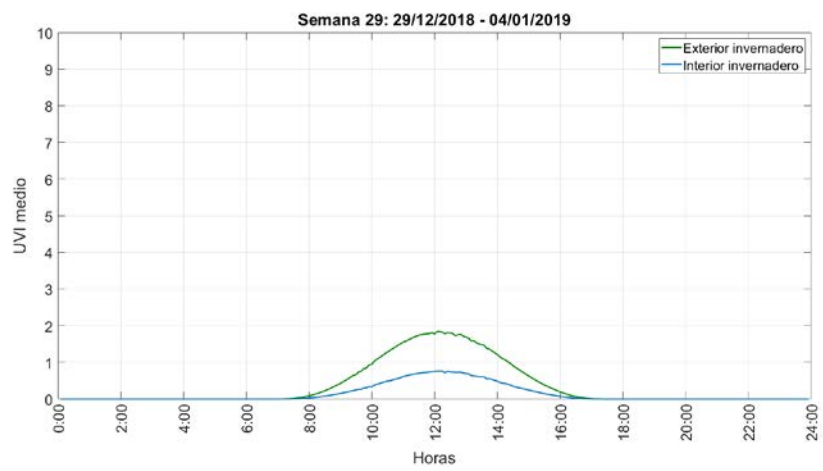


Figura 40. UVI medio semana 29 (29/12/2018 - 04/01/2019) para el interior y exterior del invernadero.

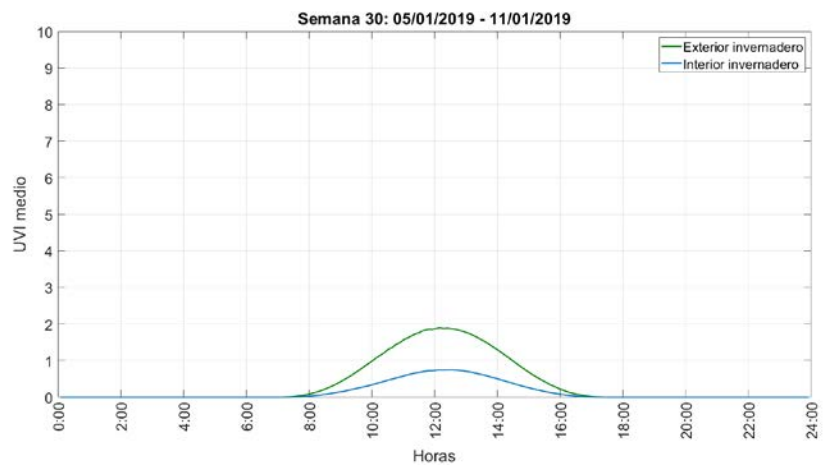


Figura 41. UVI medio semana 30 (05/01/2019 - 11/01/2019) para el interior y exterior del invernadero.

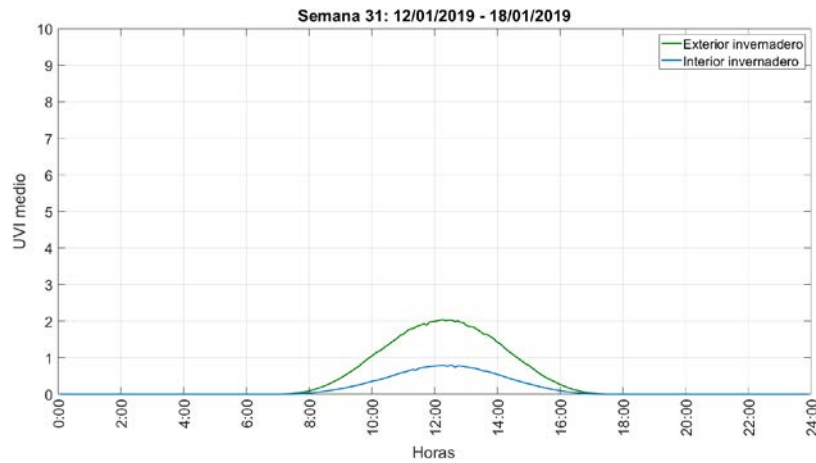


Figura 42. UVI medio semana 31 (12/01/2019 - 18/01/2019) para el interior y exterior del invernadero.

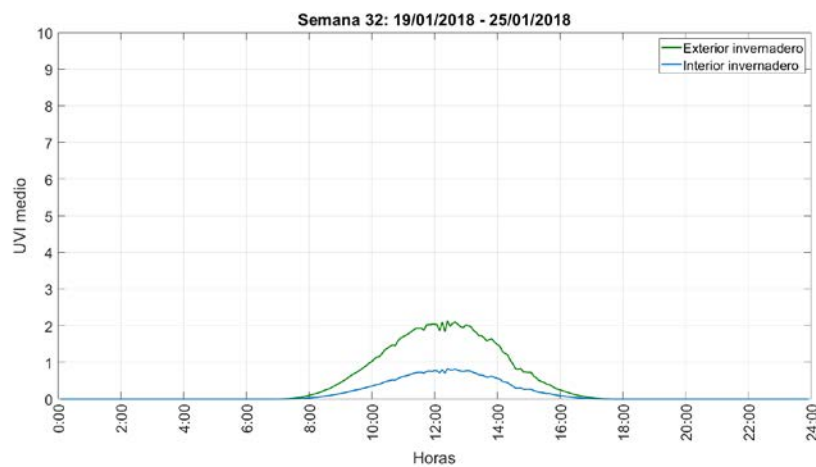


Figura 43. UVI medio semana 32 (19/01/2019 - 25/01/2019) para el interior y exterior del invernadero.

Se observa que el UVI medio semanal en el interior del invernadero sobrepasa en algunas semanas (semanas 3, 5, 6 y 7 del estudio en figuras 14, 16, 17 y 18) el umbral de riesgo en las horas centrales del día. Además, umbral también se supera en muchas otras semanas, aunque el valor medio semanal no lo supere. También se puede observar la mayor presencia de nubosidad en algunas semanas como la 14, 15 o 17 (figuras 25, 26 y 28), reduciéndose el UVI, aunque con algunos “picos” que nos recuerda que puede haber riesgo por radiación UV aun con nubosidad. En este caso no se supera el umbral en el día medio semanal, sin embargo, sí que se puede superar en alguno de estos días nublados.

4.4. GRÁFICOS DEL DÍA MEDIO MENSUAL.

De manera similar al apartado anterior, en este apartado se muestran gráficos correspondientes al día medio mensual para el UVI interior y exterior del invernadero:

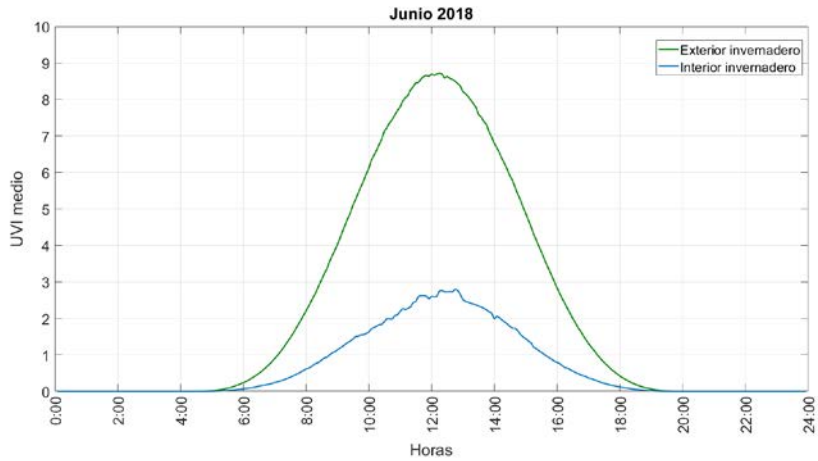


Figura 44. UVI medio Junio 2018 para el interior y exterior del invernadero.

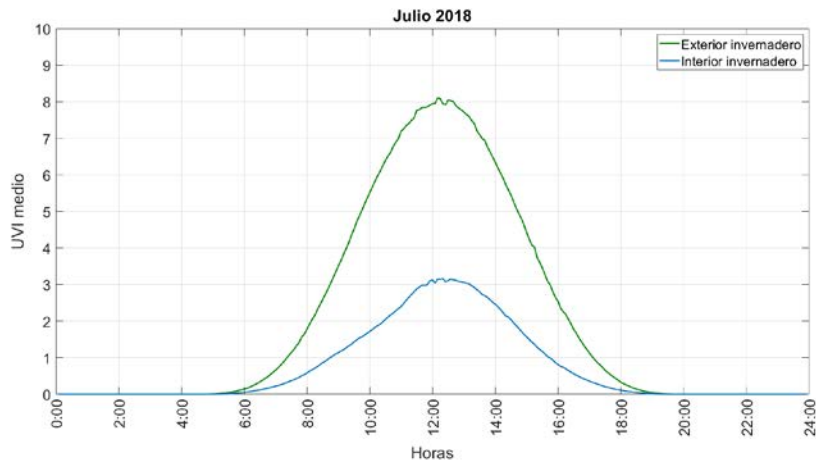


Figura 45. UVI medio Julio 2018 para el interior y exterior del invernadero.

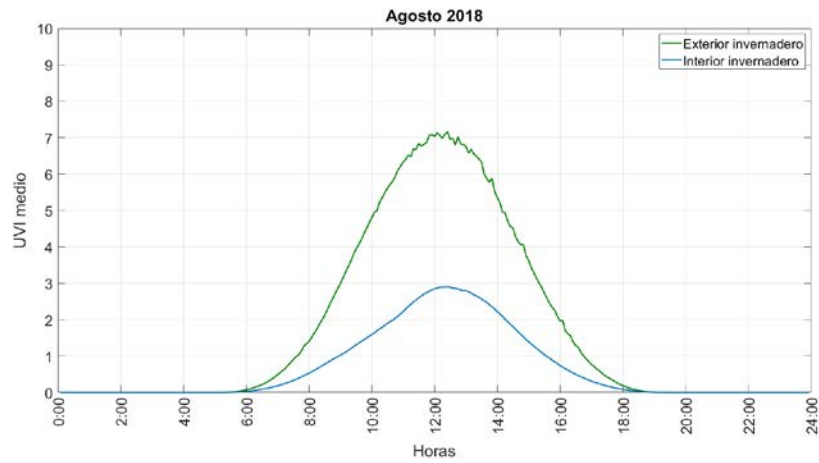


Figura 46. UVI medio Agosto 2018 para el interior y exterior del invernadero.

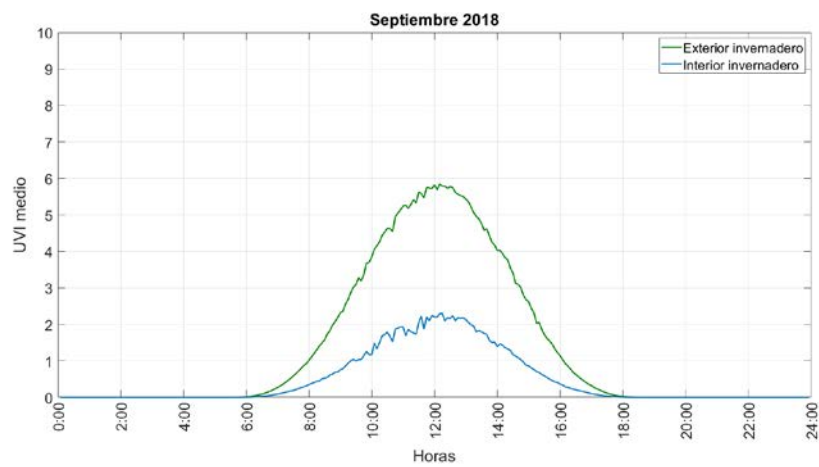


Figura 47. UVI medio Septiembre 2018 para el interior y exterior del invernadero.

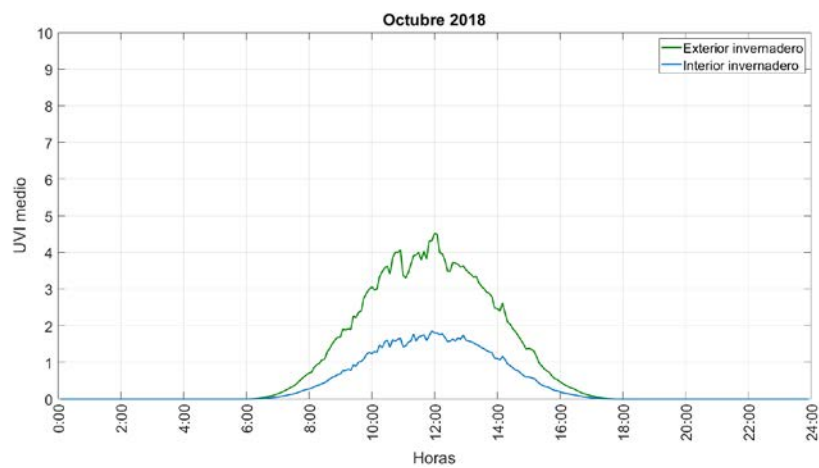


Figura 48. UVI medio Octubre 2018 para el interior y exterior del invernadero.

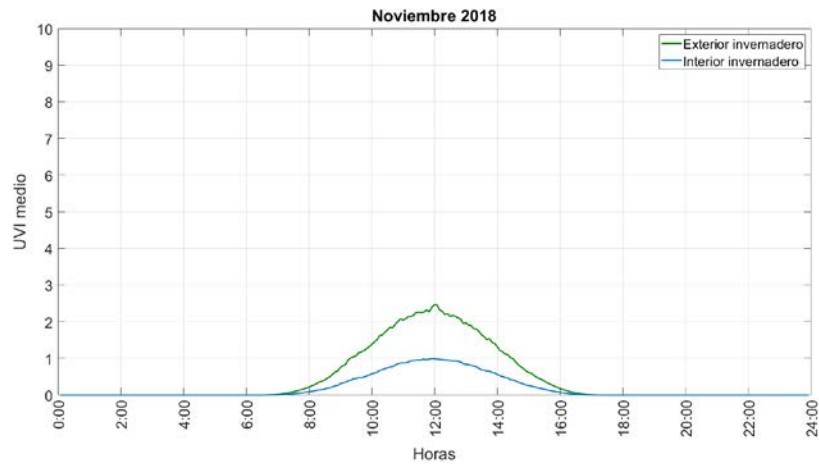


Figura 49. UVI medio Noviembre 2018 para el interior y exterior del invernadero.

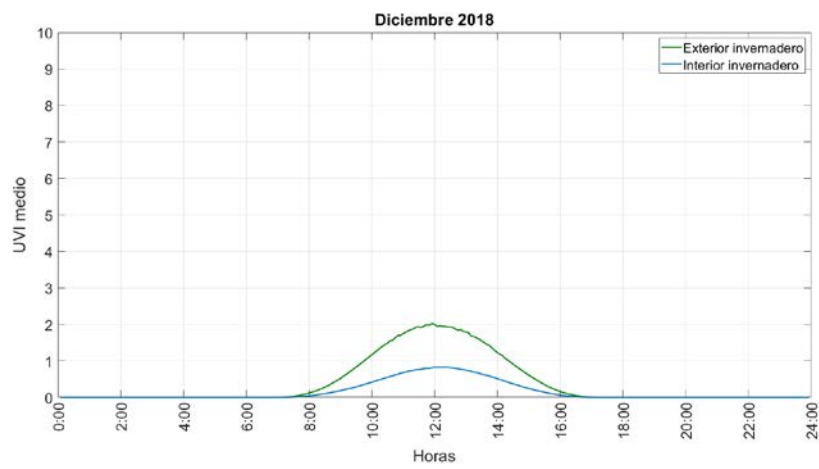


Figura 50. UVI medio Diciembre 2018 para el interior y exterior del invernadero.

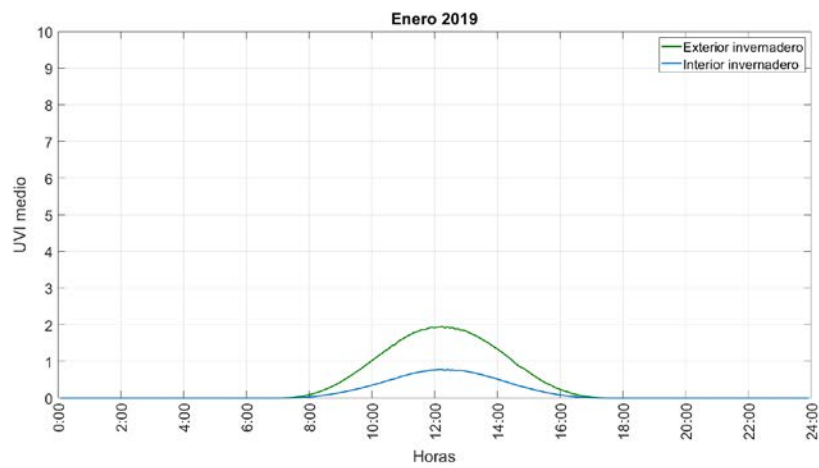


Figura 51. UVI medio Enero 2019 para el interior y exterior del invernadero.

En estos gráficos se observa que el UVI medio mensual solo supera el umbral de riesgo para Julio de 2018. Sin embargo, como se observa en la figura 10, en muchos días de otros meses también se supera el umbral de riesgo, y por ejemplo en agosto, el UVI medio es menor debido al blanqueo que se realizó en dicho mes, reduciendo la radiación que incide en el interior del invernadero. Además, se confirma que la mayor parte de la radiación se concentra entre las 10 y 14 horas, como se adelantó en el capítulo 1. Los máximos UVI se producen en torno a las 12 horas.

Por otro lado, ciertas tareas como el blanqueo o la construcción de invernaderos se realizan en el exterior. El UVI en el exterior del invernadero para la localización estudiada es elevado, superando el UVI medio mensual el umbral de riesgo desde junio a octubre de 2018, poniendo de manifiesto la necesidad de extremar las precauciones frente a la radiación UV.

4.5. ESTUDIO DE TEMPERATURA MEDIA FRENTE A UVI.

Análogamente al apartado 3.4, en este apartado se relaciona la temperatura media mensual frente al máximo UVI mensual en el interior del invernadero, lo que se ha denominado “uvigrama”. Esto se puede observar gráficamente en la figura 52:

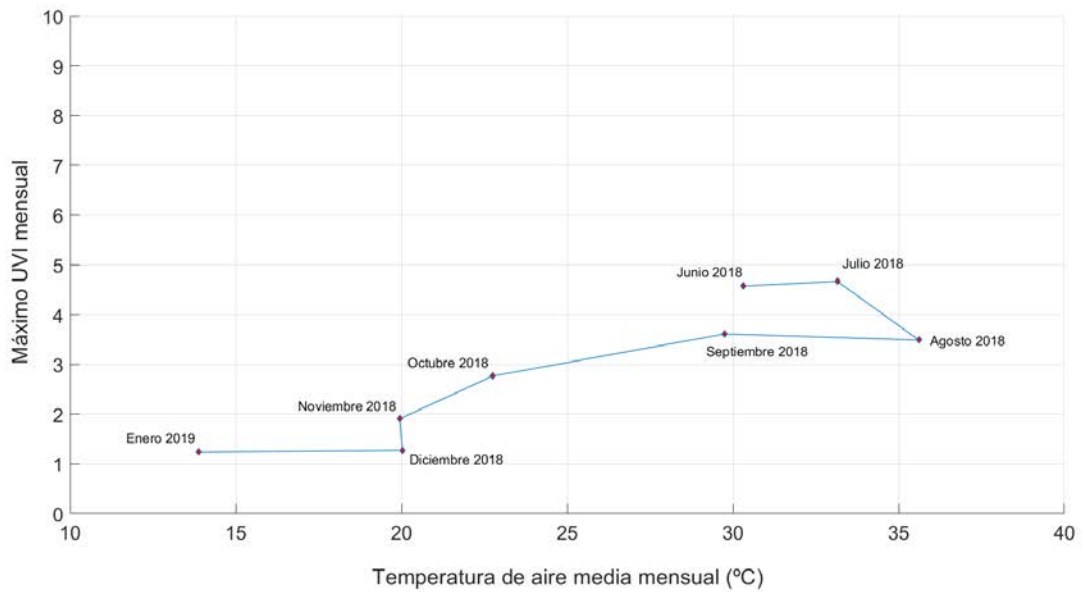


Figura 52. Uvigrama que relaciona la temperatura media mensual y el máximo UVI mensual en el interior del invernadero; los UVIs máximos mensuales fueron registrados el día 18 de junio de 2018 a las 12:09h, 5 de julio de 2018 a las 12:44h, 2 de agosto de 2018 a las 12:40h, 14 de septiembre de 2018 a las 12:21h, 6 de octubre de 2018 a las 11:54h, 4 de noviembre de 2018 a las 11:59h, 5 de diciembre de 2018 a las 12:02h y 25 de enero de 2019 a las 12:21h.

Al igual que en la figura 9, se observa que no siempre meses más fríos producen UVI máximos menores, sino que influyen factores como elevación del sol (según estación del año), presencia de nubes, gases en la atmósfera, etc.

Por otro lado, lógicamente los mayores UVI se registran en verano (junio y julio), mientras que los menores UVI se registran en invierno (diciembre y enero). En cuanto a otoño y primavera, si tenemos en cuenta tanto la figura 52 como la figura 9, se observa que otoño tiene UVI menores a los que se intuye que se puedan registrar en primavera (de primavera solo se tiene datos de marzo de 2018). Esto se observará más profundamente cuando se disponga de datos del año completo.

4.6. MAPAS EN 3D DE LA VARIACIÓN DE UVI EN EL INTERIOR DEL INVERNADERO.

Los datos de UVI se obtienen cada 30 segundos como se explicó anteriormente. Esto permite la modelación y análisis de datos UVI mediante mapas en 3 dimensiones en forma de video, el cual muestra gráficamente y de forma continua como es esta variación de UVI en cada una de las zonas de interior del invernadero a lo largo del tiempo. El video se ha alojado en plataforma YouTube¹. En la figura 53 se muestra una captura del video, donde se representan 4 vistas diferentes del invernadero analizado. En cada vista, esta detallada con un marcador azul la localización de cada una de las 12 estaciones de medida, junto con el valor de UVI que tiene cada estación en cada momento. En la parte inferior derecha, se detalla el valor máximo, mínimo y medio entre las 12 estaciones de medida. Además, se muestra una escala de colores de la variación de UVI en el interior del invernadero, interpolando el resto de puntos mediante campos aleatorios de Markov (abreviado MRF por sus siglas en inglés, Markov Random Fields). En las dos vistas de la izquierda la escala de colores se establece entre 0 y 6 UVI, mientras que en las dos vistas de la derecha la escala es dinámica en función de los valores representados.

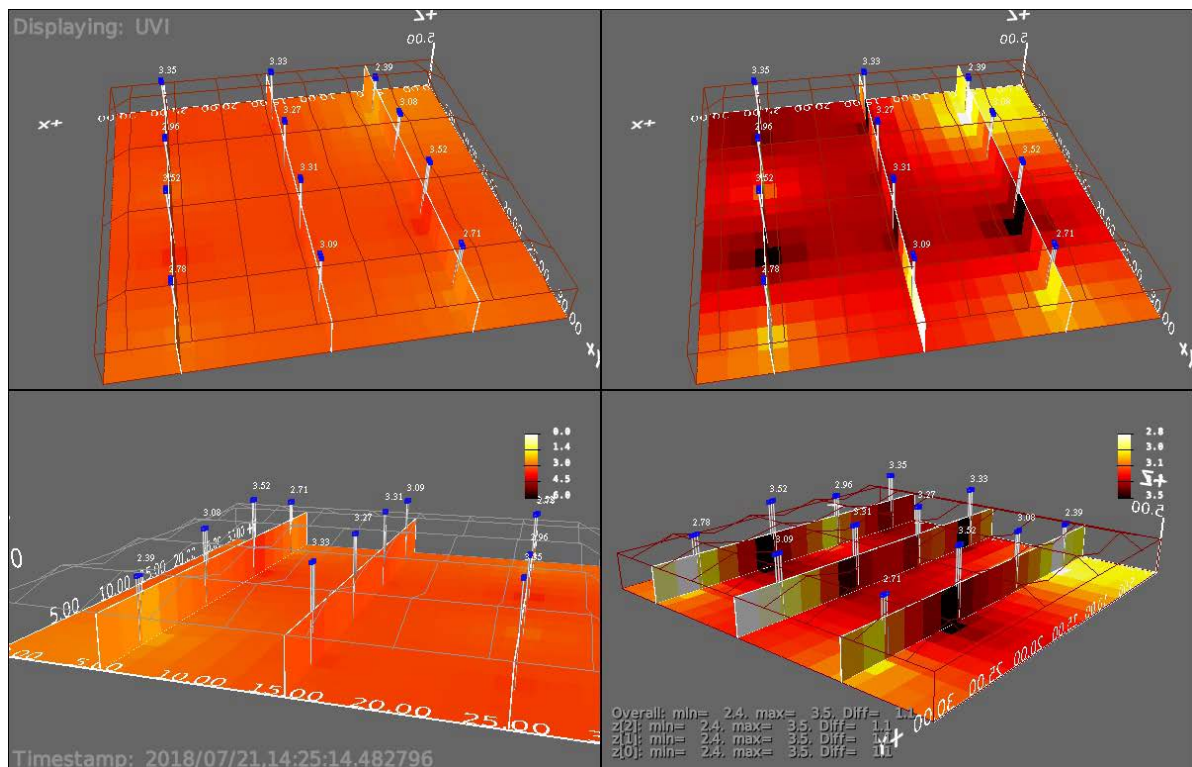


Figura 53. Captura de mapa en 3D de UVI en el interior del invernadero.

¹ https://www.youtube.com/playlist?list=PLguxjVND_tkxyZnfx6H9YQY13hgH5CnL

En la figura 53 se observa una captura para el día 21 de julio de 2018 a las 14:25 horas, donde se alcanza un valor máximo de 3,52 UVI, por encima del umbral de riesgo definido por la OMS, y una diferencia máxima de 1,1 UVI entre estaciones.

Durante el periodo analizado se observa en el video que las mayores diferencias de UVI se producen lógicamente cuando el UVI es mayor, en verano, alcanzándose diferencias de hasta 2 unidades. En este periodo los máximos valores se suelen encontrar en la parte central del invernadero, en las estaciones 4, 5, 6 y 8. Por otro lado, en periodos con UVI menor, los máximos valores se encuentran más distribuidos en el invernadero, aunque se aprecia una cierta tendencia a localizarse en la zona sur, la cual correspondería aproximadamente a la coordenada “-y” en el video.

4.7. RECOMENDACIONES PARA REDUCIR EL RIESGO POR RADIACIÓN UV EN TRABAJADORES DE INVERNADEROS.

Ante los resultados obtenidos, se observa que existe riesgo de daño para las personas por radiación UV al superarse un UVI mayor al umbral de riesgo definido en 3, y por tanto se proponen las siguientes recomendaciones de medidas de protección:

- Análogamente al factor de protección contra el sol de las cremas solares (SPF), se desarrolló un factor de protección de las prendas de vestir (UPF) en función a su protección a la radiación UV (Gambichler et al., 2006). Factores de 15-24 ofrecen buena protección, de 25-39 muy buena y mayores a 40 excelente protección. Se deben utilizar prendas con un factor UPF de 30 o superior. Las prendas deben cubrir completamente las piernas y utilizar manga larga en la medida de lo posible, siempre adaptadas al medio de trabajo y a la aceptación de los trabajadores para que sean respetadas y permitan la realización de las labores con comodidad.
- Se recomienda el uso de sombreros de ala ancha (Vecchia et al., 2007), ya que proporcionan sombra a gran parte de la cabeza y cuello, protegiéndolos de la radiación UV. Si no se disponen de sombreros de ala ancha o resultan incómodos para alguna de las labores a realizar, sería

aconsejable utilizar gafas de sol con alta protección a la radiación UV y un diseño “envolvente” (Vecchia et al., 2007).

- Para zonas de difícil protección contra el sol, se recomienda el uso de crema de protección solar con factor SPF de 30 o mayor, de manera similar al UPF. La crema de protección solar se debe aplicar 15 minutos antes de la exposición al sol y renovada cada dos horas. La crema solar puede resultar inútil si la sudoración es elevada, debiendo renovarse la aplicación con mayor frecuencia. La cantidad de crema utilizada debe ser alrededor de 2 mg/cm^2 , ya que en estas condiciones es cuando la crema solar protege según su factor de protección SPF especificado (CIE, 1991).
- Se deben gestionar los tiempos de trabajo para evitar las horas centrales del día. También se deben utilizar sombras cuando sea posible, especialmente en descansos. Aunque en invernaderos no es habitual la presencia de sombras, se podrían colocar pequeños toldos o carpas con protección a la radiación UV.
- Alternativamente a las medidas de protección individual anteriores, se recomienda como medida de protección colectiva, realizar blanqueo del invernadero en periodos de mayor radiación UV. Esto se realizará siempre que sea posible y no perjudique al cultivo.

4.8. DISCUSIÓN.

El invernadero donde se realiza la presente investigación es tipo Almería (raspa y amagado; Figuras 3 y 4) siendo el más representativo, con un porcentaje mayor al 90% de los más de 30000 ha de invernaderos en la provincia de Almería (Fernández y Pérez, 2004). Este hecho justificaría su elección por afectar a la inmensa mayoría de los trabajadores de los invernaderos de Almería.

Las estaciones de medida a desarrolladas y puestas en funcionamiento han cumplido con los requisitos de servicio esperados (Anexos II y III). Su desarrollo ha requerido de muchas horas de trabajo en los talleres del Área de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Almería, considerándose un éxito tanto la

fabricación, que se llevó a cabo mediante recursos propios (perfiles metálicos, soldaduras, taladros, montaje, mano de obra, etc.), como la adquisición y recepción de datos.

En cuanto a la alimentación eléctrica, el funcionamiento ha sido satisfactorio en gran parte debido a la previsión de cortes de suministro en zonas rurales, lo que llevó a instalar una fuente de alimentación ininterrumpida (Figura 6).

Las estaciones de medida se han protegido mediante papel de aluminio (figuras 132-134) para frente a las posibles goteras debidas a la condensación (frecuentes en invernaderos) y sobre todo a los productos empleados en la realización de los tratamientos fitosanitarios. Por otro lado, la instalación de las estaciones de medida (Figura 74-130) han permitido a los agricultores la realización de las tareas habituales del cultivo con normalidad.

La medida del índice UV se suele realizar con espectrorradiómetros cuyo coste es muy elevado, de varios miles de euros. En este estudio, se han utilizado detectores de banda ancha calibrados y programados para proporcionar el índice UV directamente, con una sensibilidad espectral y campo de visión según normas ISO 17166 (tabla 2). Este hecho, junto al desarrollo de la red de comunicaciones, justifica de sobra la optimización de los recursos obtenidos por parte del Instituto de Prevención de Riesgos Laborales de Andalucía.

Un invernadero es un espacio muy peculiar, ya que la radiación solar llega hasta su interior (Callejón-Ferre et al, 2011a), la cubierta de plástico no es impermeable al 100%, se produce condensación y hay ventilación natural (leves corrientes de aire $<0.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; López et al., 2013). Estas características implican altas labores de mantenimiento, ya que los sensores están muy expuestos a polvo, carbonato cálcico procedente del blanqueo de la cubierta, productos fitosanitarios, humedades superiores al 100% (rocío) y, a veces, pequeñas gotas de agua (lluvia). Por todo ello, han sido necesarias visitas semanales para limpieza y puesta a punto de equipos, posibilitando un correcto funcionamiento y evitando que el estudio fracasase. Especialmente la estación externa ha soportado lluvia, agua nieve, radiación solar directa, vientos de hasta $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ y temperaturas cercanas a los $0 \text{ }^\circ\text{C}$. A pesar de eso, la pérdida de datos ha sido casi nula. Esas condiciones, junto hasta un índice UV mayor a 9 registrado en el exterior del invernadero,

deberían hacer reflexionar a autoridades laborales sobre los ambientes de trabajo que pueden llegar a soportar profesionales de sectores como agricultura al aire libre, silvicultura (actividades forestales), ganadería extensiva, pesca y construcción, fundamentalmente.

Los datos registrados del índice UV en el interior del invernadero demuestran que durante las horas centrales del día (10 a 14 horas, figuras 12-51) se concentra la mayor parte de la radiación UV, pudiendo superar el umbral de riesgo definido por la Organización Mundial de la Salud especialmente en los meses de verano y previsiblemente primavera (figuras 9 y 10). Esto pone de manifiesto la necesidad de implantar medidas preventivas, tanto individuales como colectivas, que eliminen en la mayor medida posible el riesgo existente. Se considera positivo que durante los meses de otoño e invierno apenas se producen situaciones de riesgo por la radiación UV en el interior del invernadero.

Una vez obtenidos los datos restantes, si es posible, hasta completar el periodo anual, se podrían desarrollar diferentes soluciones para alertar a los trabajadores del riesgo por radiación UV en el interior del invernadero. Una opción sería el desarrollo de un dispositivo de alarma, que estaría conectado al sensor UV, y avisaría mediante una señal luminosa o sonora a los trabajadores cuando se alcanzaran valores cercanos al umbral de riesgo. Otra opción podría ser la colocación de información en el invernadero acerca de los periodos y tramos horarios en los que se produce riesgo por radiación UV en el invernadero. La información de esos periodos y tramos horarios se obtendría de un histórico de datos de UV en el interior de dicho invernadero, o los de una ubicación lo más cercana posible.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se ha puesto en funcionamiento 13 estaciones de medida de UVI para evaluar su influencia a la altura de los ojos de los trabajadores de invernaderos raspa y amagado.

Se ha modelizado el parámetro UVI en el interior del invernadero mediante videos 3D desde el 16/06/2018 hasta el 27/01/2019 de un invernadero raspa y amagado.

Se ha demostrado que el UVI medido en el interior del invernadero estudiado supera el umbral de riesgo de daño para las personas definido por la Organización Mundial de la Salud en las horas centrales del día (10 a 14 horas - UTC) en periodos de verano y previsiblemente en primavera. Por ello, se han recomendado medidas de protección individual para reducir el riesgo por radiación UV en trabajadores de invernaderos, entre las que se incluyen: el uso de prendas con alto factor de protección de prendas de vestir (UPF), el uso de sombrero de ala ancha o, si no es posible, el uso de gafas de sol con alta protección a la radiación solar y diseño “envolvente”, protección solar con alto factor de protección (SPF) y evitar los tiempos de trabajo en las horas centrales del día. Además, se ha demostrado que el blanqueo del invernadero supone una medida de protección colectiva eficaz para reducir la radiación UV, por lo que se recomienda su utilización, siempre que sea posible, en los meses con mayor índice UV, alternándose con las medidas de protección individual.

CAPÍTULO 6. REFERENCIAS

- Buller, D. B., Cokkinides, V., Hall, H. I., Hartman, A. M., Saraiya, M., Miller, E., Paddock, L., & Glanz, K. (2011). Prevalence of sunburn, sun protection, and indoor tanning behaviors among Americans: Review from national surveys and case studies of 3 states. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 65, S114.e1-S114.e11. doi:[10.1016/j.jaad.2011.05.033](https://doi.org/10.1016/j.jaad.2011.05.033).
- Cajamar-Caja Rural. 2017. Análisis de la campaña Hortofrutícola de Almería. Campaña 2016/2017. Servicio de Estudios Agroalimentarios de Cajamar Caja Rural. Ed. Cajamar Caja Rural. 59 pp. URL: <http://www.publicacionescajamar.es/pdf/series-tematicas/informes-coyuntura-analisis-de-campana/analisis-de-la-campana-hortofruticola-16.pdf>. (acceso 2018-04-02).
- Callejón-Ferre, Á. J. Manzano-Agugliaro, F., Díaz-Perez, M., & Carreño-Sánchez, J. 2011a. 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, 391-396. doi:[10.1016/j.apergo.2010.08.014](https://doi.org/10.1016/j.apergo.2010.08.014).
- Cañada, J., Esteve, A., Marin, M., Utrillas, M., Tena, F., & Martínez-Lozano, J. (2008). Study of erythemal, UV (A+B) and global solar radiation in Valencia (Spain). *International Journal of Climatology*, 28, 693-702. doi:[10.1002/joc.1569](https://doi.org/10.1002/joc.1569).
- Castilla N., 2005. Invernaderos de plástico. Tecnología y manejo. Ed. Mundi-prensa Madrid, 462 pp. [In Spanish].
- CIE, Sunscreen Testing (UV B), Report CIE 90. ISBN 3 900 734 27 5; (Vienna: CIE), 1991.
- Coldiron, B. M. (1998). The UV index: A weather report for skin. *Clinics in Dermatology*, 16, 441-446. doi:[10.1016/S0738-081X\(98\)00017-0](https://doi.org/10.1016/S0738-081X(98)00017-0).
- Diffey, B. L. (1991). Solar ultraviolet radiation effects on biological systems. *Physics in Medicine and Biology*, 36(3), 299-328. doi:[10.1088/0031-9155/36/3/001](https://doi.org/10.1088/0031-9155/36/3/001).
- Diffey, B. L. (1998). Ultraviolet radiation and human health. *Clinics in Dermatology*, 16, 83-89. doi:[10.1016/S0738-081X\(97\)00172-7](https://doi.org/10.1016/S0738-081X(97)00172-7).

- Fitzpatrick, T. B. (1988). The validity and practicality of sun-reactive skin types I through VI. *Archives of Dermatology*, 124, 869-871. doi:[10.1001/archderm.1988.01670060015008](https://doi.org/10.1001/archderm.1988.01670060015008).
- Fitzpatrick, T. B. (1992). Soleil et peau. *Journal de Médecine Esthétique*, 2, 33-34.
- Gambichler, T., Laperre, J., & Hoffmann, K. (2006). The European standard for sun-protective clothing: EN 13758. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 20(2), 125-130. doi:[10.1111/j.1468-3083.2006.01401.x](https://doi.org/10.1111/j.1468-3083.2006.01401.x).
- García-Ruiz, R. A., López-Martínez, J., Blanco-Claraco, J. L., Pérez-Alonso, J., & Callejón-Ferre, Á. J. (2018). On air temperature distribution and ISO 7726-defined heterogeneity inside a typical greenhouse in Almería. *Computers and Electronics in Agriculture*, 151, 264-275. doi:[10.1016/j.compag.2018.06.001](https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.06.001).
- Gies, P., & Wright, J. (2003). Measured solar ultraviolet radiation exposures of outdoor workers in Queensland in the building and construction industry. *Photochemistry and Photobiology*, 78, 342-348. doi:[10.1562/0031-8655\(2003\)0780342MSUREO2.0.CO2](https://doi.org/10.1562/0031-8655(2003)0780342MSUREO2.0.CO2).
- Gordon, L. G., & Rowell, D. (2015). Health system costs of skin cancer and cost-effectiveness of skin cancer prevention and screening: a systematic review. *European Journal of Cancer Prevention*, 24(2), 141-149. doi: [10.1097/CEJ.0000000000000056](https://doi.org/10.1097/CEJ.0000000000000056).
- Hammond, V., Reeder, A., & Gray, A. (2009). Patterns of real-time occupational ultraviolet radiation exposure among a sample of outdoor workers in New Zealand. *Public Health*, 123, 182-187. doi:[10.1016/j.puhe.2008.12.007](https://doi.org/10.1016/j.puhe.2008.12.007).
- Hault, K., Rönsch, H., Beissert, S., Knuschke, P., & Bauer, A. (2016). Knowledge of outdoor workers on the effects of natural UV radiation and methods of protection against exposure. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 30, 34-37. doi:[10.1111/jdv.13631](https://doi.org/10.1111/jdv.13631).
- Holman, C. D. J., Gibson, I. M., Stephenson, M., & Armstrong, B. K. (1983). Ultraviolet irradiation of human body sites in relation to occupation and outdoor activity: Field studies using personal UVR dosimeters. *Clinical and Experimental Dermatology*, 8, 269-277. doi:[10.1111/j.1365-2230.1983.tb01779.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2230.1983.tb01779.x).

- Hunter, N., Rendell, R. J., Higlett, M. P., O'Hagan, J. B. & Haylock, R. G. R. (2019). Relationship between erythema effective UV radiant exposure, total ozone, cloud cover and aerosols in southern England, UK. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19, 683-699. doi:[10.5194/acp-19-683-2019](https://doi.org/10.5194/acp-19-683-2019).
- International Agency for Research on Cancer (1992). Solar and ultraviolet radiation. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Lyon, France, 55.
- ISO 7726:1999/CIE S 007/E-1998 (1999). Erythema reference action spectrum and standard erythema dose. Standard International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- Jemal, A., Bray, F., Center, M. M., Ferlay, J., Ward, E., & Forman, D. (2011). Global Cancer Statistics. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 61, 69-90. doi:[10.3322/caac.20107](https://doi.org/10.3322/caac.20107).
- Kasparian, N. A., McLoone, J. K., & Meiser, B. (2009). Skin cancer-related prevention and screening behaviors: a review of the literature. *Journal of Behavioral Medicine*, 32, 406-428. doi:[10.1007/s10865-009-9219-2](https://doi.org/10.1007/s10865-009-9219-2).
- Kerr, J., McElroy, C., Tarasick, D., & Wardle, D. (1994). The Canadian ozone watch and UV-B advisory programs. *Ozone in the Troposphere and Stratosphere*, NASA Conf. Publ., 3266, 794-797. URL: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19950004680.pdf>. (acceso 2018-04-02).
- Larkö, O., & Diffey, B. L. (1983). Natural UV-B radiation received by people with outdoor, indoor, and mixed occupations and UV-B treatment of psoriasis. *Clinical and Experimental Dermatology*, 8, 279-285. doi:[10.1111/j.1365-2230.1983.tb01780.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2230.1983.tb01780.x).
- Liley, J. B., & McKenzie, R. L. (2006). Where on Earth has the highest UV. *UV Radiation and its Effects: an update*, RSNZ Miscellaneous Series, Dunedin, 2006, vol. 68, pp. 36–37. https://www.niwa.co.nz/sites/default/files/import/attachments/Liley_2.pdf. (acceso 2018-04-02).
- López A, Valera DL, Molina-Aiz FD, Peña A. 2013. Effectiveness of horizontal air flow fans supporting natural ventilation in a Mediterranean multi-span greenhouse. *Scientia Agricola* 70, 219-228. doi: [10.1590/S0103-90162013000400001](https://doi.org/10.1590/S0103-90162013000400001).

- Lotter, D. W. (2003). Organic agriculture. *Journal of sustainable agriculture*, 21(4), 59-128. doi:[10.1300/J064v21n04_06](https://doi.org/10.1300/J064v21n04_06).
- Milon, A., Sottas, P.-E., Bulliard, J.-L., & Vernez, D. (2007). Effective exposure to solar UV in building workers: influence of local and individual factors. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 17, 58. doi:[10.1038/sj.jes.7500521](https://doi.org/10.1038/sj.jes.7500521).
- Oberyszyn, T. M. (2008). Non-melanoma skin cancer: importance of gender, immunosuppressive status and vitamin D. *Cancer letters*, 261(2), 127-136. doi:[10.1016/j.canlet.2008.01.009](https://doi.org/10.1016/j.canlet.2008.01.009).
- Péguy, C. P. (1961). Une tentative de délimitation et de schématisation des climats intertropicaux. *Revue de géographie de Lyon*, 36(1), 1-6.
- Pérez-Alonso, J., Callejón-Ferre, A. J., Carreño-Ortega, A., & Sánchez-Hermosilla, J. (2011). Approach to the evaluation of the thermal work environment in the greenhouse-construction industry of SE Spain. *Building and Environment*, 46, 1725-1734. doi:[10.1016/j.buildenv.2011.02.014](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.02.014).
- Pil, L., Hoorens, I., Vossaert, K., Kruse, V., Tromme, I., Speybroeck, N., Brochez, L. & Annemans, L. (2016). Burden of skin cancer in Belgium and cost-effectiveness of primary prevention by reducing ultraviolet exposure. *Preventive medicine*, 93, 177-182. doi:[10.1016/j.ypmed.2016.10.005](https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2016.10.005).
- Radespiel-Tröger, M., Meyer, M., Pfahlberg, A., Lausen, B., Uter, W., & Gefeller, O. (2009). Outdoor work and skin cancer incidence: a registry-based study in Bavaria. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 82, 357. doi:[10.1007/s00420-008-0342-0](https://doi.org/10.1007/s00420-008-0342-0).
- Robaa, S. (2004). A study of ultraviolet solar radiation at Cairo urban area, Egypt. *Solar Energy*, 77, 251-259. doi:[10.1016/j.solener.2004.01.008](https://doi.org/10.1016/j.solener.2004.01.008).
- Scordo, A., Maltese, A., Ciraolo, G., & La Loggia, G. (2009). Estimation of the time lag occurring between vegetation indices and aridity indices in a Sicilian semi-arid catchment. *Italian Journal of Remote Sensing*, 41(2), 33-46. [In Italian].

- Serrano, M. A., Cañada, J., & Moreno, J. C. (2009). Erythematous Ultraviolet exposure in two groups of outdoor workers in Valencia, Spain. *Photochemistry and Photobiology*, 85, 1468-1473. doi:[10.1111/j.1751-1097.2009.00609.x](https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2009.00609.x).
- Shih, S. T., Carter, R., Heward, S., & Sinclair, C. (2017). Skin cancer has a large impact on our public hospitals but prevention programs continue to demonstrate strong economic credentials. *Australian and New Zealand journal of public health*, 41(4), 371-376. doi:[10.1111/1753-6405.12679](https://doi.org/10.1111/1753-6405.12679).
- Silva, A. A. (2015). The diffuse component of erythematous ultraviolet radiation. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 14, 1941-1951. doi:[10.1039/c5pp00131e](https://doi.org/10.1039/c5pp00131e).
- Sliney, D. H. (1995). UV radiation ocular exposure dosimetry. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 31, 69-77. doi:[10.1016/1011-1344\(95\)07171-5](https://doi.org/10.1016/1011-1344(95)07171-5).
- Stepanski, B. M., & Mayer, J. A. (1998). Solar protection behaviors among outdoor workers. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 40, 43-48. doi:[10.1097/00043764-199801000-00009](https://doi.org/10.1097/00043764-199801000-00009).
- Thieden, E., Philipsen, P. A., Heydenreich, J., & Wulf, H. C. (2004). UV radiation exposure related to age, sex, occupation, and sun behavior based on time-stamped personal dosimeter readings. *Archives of Dermatology*, 140, 197-203. doi:[10.1001/archderm.140.2.197](https://doi.org/10.1001/archderm.140.2.197).
- Torre, L. A., Bray, F., Siegel, R. L., Ferlay, J., Lortet-Tieulent, J., & Jemal, A. (2015). *Global Cancer Statistics, 2012*. CA: A Cancer Journal for Clinicians, 65, 87-108. doi:[10.3322/caac.21262](https://doi.org/10.3322/caac.21262).
- UNE-EN-13031-1, 2002. *Invernaderos, proyecto y construcción. Parte 1: invernaderos para producción comercial*. AENOR. Madrid. Spain. [In Spanish].
- Vecchia, P., Hietanen, M., Stuck, B. E., van Deventer, E., & Niu, S. (2007). *Protecting workers from ultraviolet radiation (Vol. 14)*. Oberschleißheim, Germany: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. http://cdrwww.who.int/entity/uv/publications/Protecting_Workers_UV_pub.pdf. (acceso 2018-04-02).

Webb, A. R., & Holick, M. F. (1988). The role of sunlight in the cutaneous production of vitamin D3. *Annual Review of Nutrition*, 8(1), 375-399. doi: [10.1146/annurev.nu.08.070188.002111](https://doi.org/10.1146/annurev.nu.08.070188.002111).

World Health Organization (WHO), World Meteorological Organization (WMO), United Nations Environment Programme (UNEP), & International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) (2002). *Global solar UV index: a practical guide*. Geneva, Switzerland, URL: <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42459/9241590076.pdf;jsessionid=8DC73AAAF5258232AC8854BA2D2EDFOC?sequence=1>. (accesso 2018-04-02).

World Meteorological Organization (WMO) (2014). *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2014, Global Ozone Research and Monitoring Project|Report*. Geneva, Switzerland, 55, 416. URL: <https://www.esrl.noaa.gov/csd/assessments/ozone/2014/chapters/2014OzoneAssessment.pdf>. (accesso 2018-04-02).

Young, R. W. (1994). The family of sunlight-related eye diseases. *Optometry and Vision Science: Official publication of the American Academy of Optometry*, 71, 125-144. doi:[10.1097/00006324-199402000-00013](https://doi.org/10.1097/00006324-199402000-00013).

CAPÍTULO 7. ANEXOS

ANEXO I

- **Cronograma de actuación.**

En este anexo se detalla el cronograma del proyecto, con las acciones realizadas y también las pendientes de realizar con la fecha prevista de su realización.

Acciones realizadas:

06/2018- 02/2019	Mantenimiento semanal del sistema de medida.
08/03/2018	Aprobación del proyecto “MAPAS DE ÍNDICE ULTRAVIOLETA SOLAR (UVI) EN EL INTERIOR DE INVERNADEROS TIPO ALMERÍA (RASPA Y AMAGADO).”
12/03/2018	Análisis inicial.
24/03/2018	Compra sensores UVI.
04/04/2018	Compra de equipos y resto de material necesario para las estaciones de medida y comunicaciones.
09/04/2018	Calibrado de sensores UVI.
16/04/2018	Recepción de sensores UVI.
24/04/2018	Recepción de equipos y resto de material necesario para las estaciones de medida y comunicaciones.
11/05/2018	Montaje de los equipos y programación de software necesario para la medición.
25/05/2018	Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Inicio de pruebas de medición.
16/06/2018	Inicio de la medición en continuo de UVI en invernadero y comienzo de análisis y modelado de datos. Inicio del mantenimiento semanal del sistema de medida.
21/06/2018	1º visita de evaluación y estudio del proyecto por parte Sindicatos, CEA e IAPRL.
23/06/2018	Recolección cultivo (melón). Este cultivo se sembró antes del inicio de este proyecto.
14/07/2018	Eliminación cultivo (melón).
17/08/2018	Blanqueo cubierta de invernadero.
21/08/2018	Siembra de cultivo de tomate tipo pera.

- 03/10/2018** Redacción y entrega de informe intermedio de seguimiento del proyecto.
- 01/2019** Finalización de campaña de medida e inicio de análisis final de datos.
- 02/2019** Finalización de cultivo de tomate tipo pera.
- 03/2019** Elaboración y entrega de memoria final del proyecto, incluyendo conclusiones finales y síntesis del mismo.
- 04/03/2019** 2º visita de evaluación y estudio del proyecto por parte Sindicatos, CEA e IAPRL.

Acciones previstas:

- 03/2019 - 06/2019** Continuación, si es posible, de la campaña de medida hasta obtener datos durante un periodo anual.

ANEXO II

- **Certificado de calibración de los sensores UV.**
- **Configuración de los sensores UV.**
- **Identificación de los sensores UV.**

Certificate of Calibration / Kalibrierschein

Page / Seite 1



No. / Nr. **01324**

This certificate of calibration documents the traceability to national standards, which realize the physical units of measurement according to the international System of Units (SI).

Dieser Kalibrierschein dokumentiert die Rückführbarkeit auf nationale Normale zur Darstellung der physikalischen Einheiten in Übereinstimmung mit dem internationalen Einheitensystem (SI).

Object Gegenstand	UV-Cosine-Dom
Manufacturer Hersteller	sglux GmbH
Type Typ	UVI
Output type Signalausgang	D-USB
Spectral range Spektralbereich	UVI (ISO 17166)
Serial number Fabrikat / Serien-Nr.	3171, 3176, 3177, 3178, 3186, 3198, 3200, 3205, 3206, 3207, 3217, 3226, 3228
Customer Auftraggeber	Universidad de Almeria Ctra. De Sacramento s/n, CITE IIA 04120 Almeria Spain
Order No. Auftragsnummer	45649
Number of pages of the certificate Anzahl der Seiten des Kalibrierscheins	2
Date of Calibration Datum der Kalibrierung	09.04.2018

Dr. Niklas Papathanasiou
Head of Laboratory
Leiter der Kalibrierstelle

Gabriel Hopfenmüller
reviewed by
geprüft durch

Issue Date
Ausstellungsdatum



sglux
The UV Experts

GmbH Richard-Willstätter-Str. 8 Tel. +49 30 53015211
12489 Berlin Fax +49 30 53015209

Seal
Stempel

Calibration laboratory / Kalibrierstelle:
sglux GmbH

This certificate may not be reproduced or printed other than in full except.
Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weitergeleitet oder ausgedruckt werden.

Certificate of Calibration / Kalibrierschein

Page / Seite 2



No. / Nr. **01324**

Calibration Object UV sensor calibrated for UV Index measurements.
Kalibriergegenstand

Accessories
Zubehör

Calibration Source Natural sun light, clear sky conditions
Strahlungsquelle Berlin, 09.04.2018, 14:00-15:00

Method of Calibration Calibration by substitution with a traceable calibrated
Kalibrierverfahren spectroradiometer Gigahertz BTS-2048-UV-S-F (SN: 35855).
Calibration certificate No. 1741203-F, 30.06.2017

Measurement Conditions Before the calibration the calibration object has been acclimated.
Messbedingungen Sensors were placed perpendicular to the surface.

Environmental Conditions 26°C, 30% relative humidity
Umgebungsbedingungen

Measurement Protocol UAL45649
Messprotokoll

Calibration Result
Kalibrierergebnis

SN	Signal [cnt]	time	E_{REF}^* [W/m ²]	UVI	cal. fac. [UVI/cnt]	UVI _{Max}
3171	146000	14:15	0.079	3.16	2.164E-05	45
3176	115600	14:36	0.073	2.92	2.526E-05	53
3177	132600	14:33	0.074	2.96	2.232E-05	47
3178	126000	14:27	0.075	3.00	2.381E-05	50
3186	125000	14:24	0.079	3.16	2.528E-05	53
3198	112200	14:12	0.080	3.20	2.852E-05	60
3200	95100	14:30	0.075	3.00	3.155E-05	66
3205	106600	14:07	0.081	3.24	3.039E-05	64
3206	96100	14:40	0.073	2.92	3.039E-05	64
3207	108900	14:20	0.077	3.08	2.828E-05	59
3217	135500	14:17	0.078	3.12	2.303E-05	48
3226	108800	14:03	0.081	3.24	2.978E-05	62
3228	112000	14:00	0.083	3.32	2.964E-05	62

* erythemal weighted irradiance

Calibration uncertainty	±10%
-------------------------	------

Calibration laboratory / Kalibrierstelle:
sglux GmbH

This certificate may not be reproduced or printed other than in full except.
Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weitergeleitet oder ausgedruckt werden.

Richard-Willstätter-Str. 8, D-12489 Berlin, Tel. +49 30 5301 5211, Fax +49 30 5301 5209
mail: welcome@sglux.de - web: www.sglux.de - WEEE No. DE 76297302

2018-04-09-UAL45649-CC1324-UV-Cosine-UVI.xlsm

Certificate of Calibration / Kalibrierschein

Page / Seite 1

No. / Nr. **01180**

This certificate of calibration documents the traceability to national standards, which realize the physical units of measurement according to the international System of Units (SI). This certificate may not be reproduced or printed other than in full except.

Dieser Kalibrierschein dokumentiert die Rückführbarkeit auf nationale Normale zur Darstellung der physikalischen Einheiten in Übereinstimmung mit dem internationalen Einheitensystem (SI). Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weitergeleitet werden.

Object UV-Cosine-D
Gegenstand

Manufacturer sglux GmbH
Hersteller

Type UVI
Typ

Spectral range UVI (ISO 17166)
Spektralbereich

Serial number 2999
Fabrikat / Serien-Nr.

Customer Universidad de Almeria
Auftraggeber
Ctra. De Sacramento s/n, CITE IIA
04120 Almeria
Spain

Order No. 45309
Auftragsnummer

Number of pages of certificate 2
Anzahl der Seiten des Kalibrierscheins

Date of Calibration 15.08.2017
Datum der Kalibrierung



sglux

The UV Experts

Dr. Niklas Papathanasiou
Head of Laboratory
Leiter der Kalibrierstelle

Michael Matalla
Person in charge
Bearbeiter

Issue Date
Ausstellungsdatum

sglux GmbH Max-Planck-Str. 3 Tel. +49 30 53015211
D-12489 Berlin Fax +49 30 53015209

Seal
Stempel

Calibration laboratory / Kalibrierstelle:

sglux GmbH

Max-Planck-Str. 3, D-12489 Berlin, Tel. +49 30 5301 5211, Fax +49 30 5301 5209

mail: welcome@sglux.de - web: www.sglux.de - WEEE No. DE 76297302

Certificate of Calibration / Kalibrierschein

Page / Seite 2

No. / Nr. **01180**

Calibration Object UV sensors calibrated for measuring UV Index according to
Kalibriergegenstand ISO 17166.

Calibration Source Natural sun light, clear sky conditions
Strahlungsquelle date of calibration 15.08.2017, 15:55, Berlin, Germany
UV-Index: 3.00

Method of Calibration Calibration by substitution with a traceable calibrated
Kalibrierverfahren spectroradiometer Gigahertz BTS-2048-UV-S-F (SN:
35855). Calibration certificate No. 1741203-F, 30.06.2017

Measurement Conditions Before the calibration the calibration object has been
Messbedingungen acclimated.
Sensor was placed perpendicular to the surface.

Environmental Conditions 27.0°C, 43% relative humidity
Umgebungsbedingungen

Measurement Protocol UAL45309
Messprotokoll

Calibration Result
Kalibrierergebnis

Calibration object calibration factor

SN	Time	signal[kcnts]	E_ery[W/m ²]	UVI	UVI/count	Max. UVI
2999	15:55	171	0.075	3.0	1.75E-05	37

Uncertainty of measurement (k=2)	±10%
----------------------------------	------

Calibration laboratory / Kalibrierstelle:
sglux GmbH

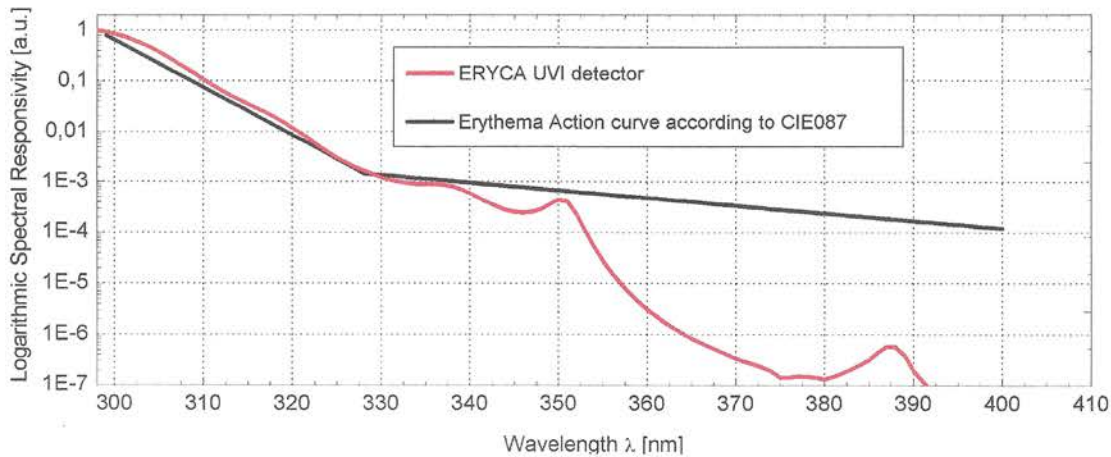
Max-Planck-Str. 3, D-12489 Berlin, Tel. +49 30 5301 5211, Fax +49 30 5301 5209
mail: welcome@sglux.de - web: www.sglux.de - WEEE No. DE 76297302

UV Sensor "UV-Cosine-UVI"

Configuration sheet

SERIAL NUMBER 3171, 3176, 3177, 3178, 3186, 3198,
3200, 3205, 3206, 3207, 3217, 3226, 3228

Normalized Spectral Responsivity



Signal Output Type

Please see configuration below.

Output Type	Description	Connection = "cable"	Connection = "male plug"
<input type="checkbox"/> 0 to 5 V	0 to 5 V voltage output proportional to radiation input. Supply voltage is 7 to 24VDC, current consumption is < 30 mA.	<input type="checkbox"/> V. = brown, V ₊ = white, V _{out} = green, shield = black	<input type="checkbox"/> V. = 1, V ₊ = 4, V _{out} = 3
<input type="checkbox"/> 4 to 20 mA	4 to 20 mA current loop for PLC controllers. The current is proportional to the radiation, supply voltage is 24VDC.	<input type="checkbox"/> V. = brown, V ₊ = white, shield = black	<input type="checkbox"/> V. = 1, V ₊ = 4
<input type="checkbox"/> CAN bus signal	VSCP protocol according to the following specifications: http://download.sglux.de/probes-digital/vscp-protocol/	Pins 1 & 7 = CAN low Pins 3 & 8 = CAN high Pins 2 & 4 & 5 = GND	
<input checked="" type="checkbox"/> USB	The signal is transmitted via standard USB-A plug to a computer. Software and 1.5 m cable are included.		

Measurement Range

Your sensor is configured for UV intensity up to:

45 - 66 mWJ

The dynamic range for analog UV sensors is 3 orders of magnitude and for digital UV sensors it is 5 orders of magnitude.

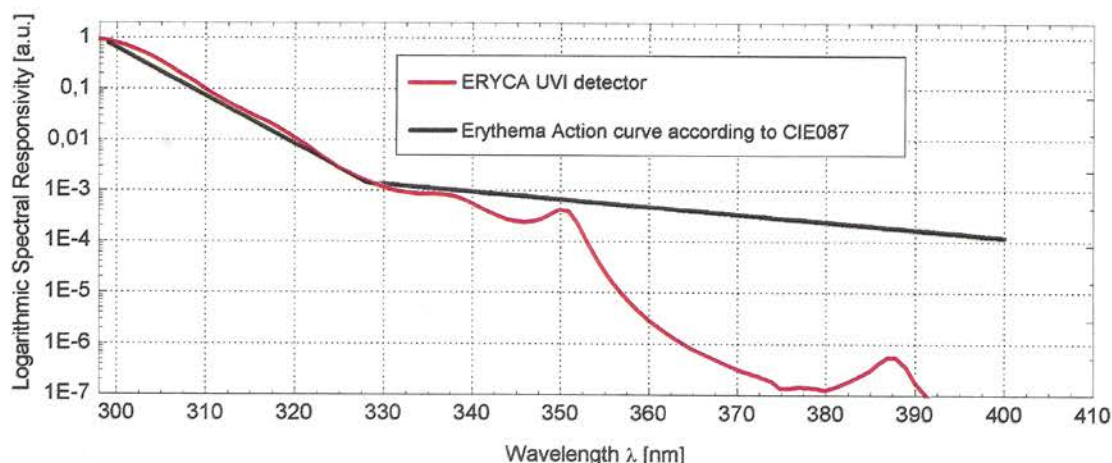
UV Sensor "UV-Cosine-UVI"

Configuration sheet

SERIAL NUMBER

2999

Normalized Spectral Responsivity



Signal Output Type

Please see configuration below.

Output Type	Description	Connection = "cable"	Connection = "male plug"
<input type="checkbox"/> 0 to 5 V	0 to 5 V voltage output proportional to radiation input. Supply voltage is 7 to 24VDC, current consumption is < 30 mA.	<input type="checkbox"/> V ₋ = brown, V ₊ = white, V _{out} = green, shield = black	<input type="checkbox"/> V ₋ = 1, V ₊ = 4, V _{out} = 3
<input type="checkbox"/> 4 to 20 mA	4 to 20 mA current loop for PLC controllers. The current is proportional to the radiation, supply voltage is 24VDC.	<input type="checkbox"/> V ₋ = brown, V ₊ = white, shield = black	<input type="checkbox"/> V ₋ = 1, V ₊ = 4
<input type="checkbox"/> CAN bus signal	VSCP protocol according to the following specifications: http://download.sglux.de/probes-digital/vscp-protocol/	Pins 1 & 7 = CAN low Pins 3 & 8 = CAN high Pins 2 & 4 & 5 = GND	
<input checked="" type="checkbox"/> USB	The signal is transmitted via standard USB-A plug to a computer. Software and 1.5 m cable are included.		

Measurement Range

Your sensor is configured for UV intensity up to:

36 mWJ

The dynamic range for analog UV sensors is 3 orders of magnitude and for digital UV sensors it is 5 orders of magnitude.

Inventario de Bienes Inmuebles, Universidad de Almería	Número de serie sglux
91408	3171
91409	3176
91410	3177
91411	3178
91412	3186
91413	3198
91414	3200
91415	3205
91416	3206
91417	3207
91418	3217
91419	3226
91420	3228
86535	2999

Tabla 3: Identificación de los sensores UV.



Figura 54. Sensor UV con número serie sglux 3171 e identificación número 91408 del Inventario de Bienes Inmuebles de la Universidad de Almería.



Figura 55. Sensor UV con número serie sglux 3176 e identificación número 91409 del Inventario de Bienes Inmuebles de la Universidad de Almería.



Figura 56. Sensor UV con número serie sglux 3177 e identificación número 91410 del Inventario de Bienes Inmuebles de la Universidad de Almería.



Figura 57. Sensor UV con número serie sglux 3178 e identificación número 91411 del Inventario de Bienes Inmuebles de la Universidad de Almería.



Figura 58. Sensor UV con número serie sglux 3186 e identificación número 91412 del Inventario de Bienes Inmuebles de la Universidad de Almería.



Figura 59. Sensor UV con número serie sglux 3198 e identificación número 91413 del Inventario de Bienes Inmuebles de la Universidad de Almería.



Figura 60. Sensor UV con número serie sglux 3200 e identificación número 91414 del Inventario de Bienes Inmuebles de la Universidad de Almería.



Figura 61. Sensor UV con número serie sglux 3205 e identificación número 91415 del Inventario de Bienes Inmuebles de la Universidad de Almería.



Figura 62. Sensor UV con número serie sglux 3206 e identificación número 91416 del Inventario de Bienes Inmuebles de la Universidad de Almería.



Figura 63. Sensor UV con número serie sglux 3207 e identificación número 91417 del Inventario de Bienes Inmuebles de la Universidad de Almería.



Figura 64. Sensor UV con número serie sglux 3217 e identificación número 91418 del Inventario de Bienes Inmuebles de la Universidad de Almería.



Figura 65. Sensor UV con número serie sglux 3226 e identificación número 91419 del Inventario de Bienes Inmuebles de la Universidad de Almería.



Figura 66. Sensor UV con número serie sglux 3228 e identificación número 91420 del Inventario de Bienes Inmuebles de la Universidad de Almería.



Figura 67. Sensor UV con número serie sglux 2999 e identificación número 86535 del Inventario de Bienes Inmuebles de la Universidad de Almería.

ANEXO III

- **Imágenes.**



Figura 68. Recepción componentes.



Figura 69. Etiquetado ordenadores de placa reducida o SBC.

PROGRAMA UVI				
	Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
Acceso rápido	UVI.py	27/11/2017 10:14	Python File	3 KB
Escritorio	UVI1.py	23/04/2018 8:25	Python File	3 KB
Descargas	UVI2.py	23/04/2018 8:26	Python File	3 KB
Documentos	UVI3.py	23/04/2018 8:26	Python File	3 KB
Imágenes	UVI4.py	23/04/2018 8:29	Python File	3 KB
Este equipo	UVI5.py	23/04/2018 8:29	Python File	3 KB
G:\	UVI6.py	23/04/2018 8:29	Python File	3 KB
Google Drive	UVI7.py	23/04/2018 8:30	Python File	3 KB
ann	UVI8.py	23/04/2018 8:30	Python File	3 KB
fotos montaje	UVI9.py	23/04/2018 8:30	Python File	3 KB
img	UVI10.py	23/04/2018 8:31	Python File	3 KB
ref	UVI11.py	23/04/2018 8:31	Python File	3 KB
	UVI12.py	23/04/2018 8:31	Python File	3 KB
	UVI13.py	23/04/2018 8:35	Python File	3 KB

Figura 70. Programación de software necesario para la medición.



Figura 71. Prueba software de medición en equipo de medición (I).



Figura 72. Prueba software de medición en equipo de medición (II).



Figura 73. Etiquetado de identificación de los sensores de medida de UVI.



Figura 74. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (I).



Figura 75. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (II).



Figura 76. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (III).



Figura 77. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (IV).



Figura 78. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (V).



Figura 79. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (VI).



Figura 80. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (VII).



Figura 81. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (VIII).



Figura 82. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (IX).



Figura 83. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (X).



Figura 84. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XI).



Figura 85. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XII).



Figura 86. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XIII).



Figura 87. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XIV).



Figura 88. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XV).



Figura 89. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XVI).



Figura 90. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XVII).



Figura 91. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XVIII).



Figura 92. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XIX).



Figura 93. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XX).



Figura 94. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXI).



Figura 95. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXII).



Figura 96. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXIII).



Figura 97. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXIV).



Figura 98. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXV).



Figura 99. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXVI).



Figura 100. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXVII).



Figura 101. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXVIII).



Figura 102. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXIX).



Figura 103. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXX).



Figura 104. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXXI).



Figura 105. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXXII).



Figura 106. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXXIII).



Figura 107. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXXIV).



Figura 108. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXXV).



Figura 109. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXXVI).



Figura 110. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXXVII).



Figura 111. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXXVIII).



Figura 112. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XXXIX).



Figura 113. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XL).



Figura 114. Instalación completa de sistema de medida en invernadero (XLI).



Figura 115. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (I).



Figura 116. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (II).



Figura 117. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (III).



Figura 118. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (IV).



Figura 119. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (V).



Figura 120. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (VI).



Figura 121. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (VII).



Figura 122. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (VIII).



Figura 123. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (IX).

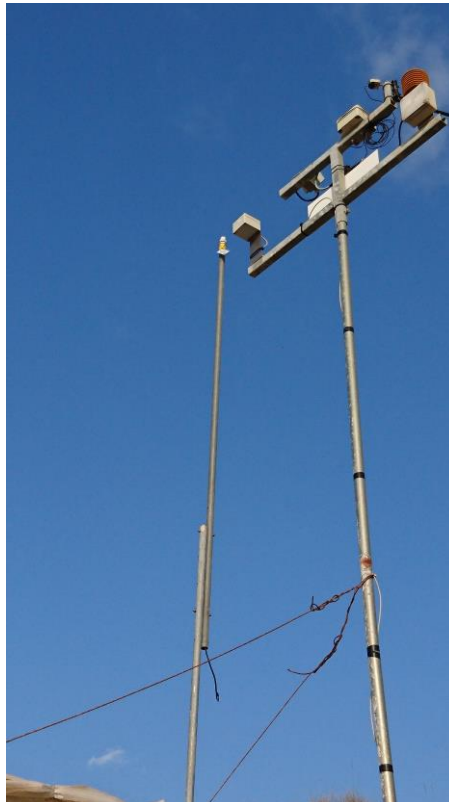


Figura 124. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (X).



Figura 125. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (XI).



Figura 126. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (XII).



Figura 127. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (XIII).

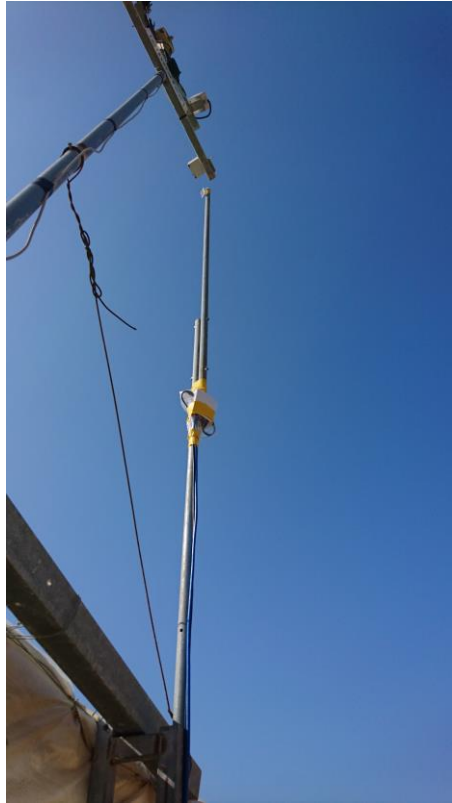


Figura 128. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (XIV).



Figura 129. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (XV).



Figura 130. Instalación completa de sistema de medida en invernadero. Montaje sensor UVI exterior (XVI).



Figura 131. Mantenimiento semanal del sistema de medida (I).



Figura 132. Mantenimiento semanal del sistema de medida (II).



Figura 133. Mantenimiento semanal del sistema de medida (III).



Figura 134. Mantenimiento semanal del sistema de medida (IV).



Figura 135. 1ª visita de evaluación y estudio del proyecto por parte Sindicatos, CEA e IAPRL.



Figura 136. Siembra de cultivo de tomate tipo pera (I).



Figura 137. Siembra de cultivo de tomate tipo pera (II).



Figura 138. Siembra de cultivo de tomate tipo pera (III).



Figura 139. Siembra de cultivo de tomate tipo pera (IV).



Figura 140. Mantenimiento semanal del sistema de medida (V).



Figura 141. Mantenimiento semanal del sistema de medida (VI).



Figura 142. Mantenimiento semanal del sistema de medida (VII).



Figura 143. Mantenimiento semanal del sistema de medida (VIII).



Figura 144. Mantenimiento semanal del sistema de medida (IX).



Figura 145. Mantenimiento semanal del sistema de medida (X).



Figura 146. Mantenimiento semanal del sistema de medida (XI).



Figura 147. Mantenimiento semanal del sistema de medida (XII).



Figura 148. Mantenimiento semanal del sistema de medida (XIII).



Figura 149. Mantenimiento semanal del sistema de medida (XIV).



Figura 150. Mantenimiento semanal del sistema de medida (XV).



Figura 151. Mantenimiento semanal del sistema de medida (XVI).



Figura 152. Mantenimiento semanal del sistema de medida (XVII).



Figura 153. Mantenimiento semanal del sistema de medida (XVIII).



Figura 154. Mantenimiento semanal del sistema de medida (XIX).



Figura 155. Mantenimiento semanal del sistema de medida (XX).



Figura 156. Mantenimiento semanal del sistema de medida (XXI).



Figura 157. Mantenimiento semanal del sistema de medida (XXII).