

---

# **Atlas de Irradiación Solar y Temperatura Ambiente de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.**

(versión extendida)

**F Vera García, JR García Cascales, Z Hernández Guillén  
Modelado de Sistemas Térmicos y Energéticos, UPCT**

**Coordinado por JP Delgado Marín - ARGEM**

---

## **Índice**

<b>1.    <b>Introducción</b> .....</b>	<b>10</b>
<i>Marco General</i> .....	10
<i>Justificación</i> .....	12
<i>Objetivo del trabajo</i> .....	14
<i>Antecedentes</i> .....	15
<i>Estructura del documento</i> .....	20
<b>2.    <b>Obtención de los Datos</b>.....</b>	<b>22</b>
<i>Introducción</i> .....	22
<i>Estaciones y puntos de medida</i> .....	23
Transmisor de Irradiación directa y reflejada .....	25
Transmisor de irradiación por termoelementos .....	26
<i>Filtrado y depuración de los datos medidos</i> .....	26
<i>Recopilación y búsqueda de otros datos necesarios</i> .....	29
<b>3.    <b>Tratamiento de los datos</b> .....</b>	<b>31</b>
<i>Introducción</i> .....	31
Nomenclatura utilizada para la irradiación solar .....	31
Factores a tener en cuenta en el tratamiento de los datos .....	33
<i>Modelo utilizado para el tratamiento de los datos</i> .....	33
<i>Obtención de la irradiación global directa y difusa</i> .....	34
Obtención de la irradiación solar con cielo claro a nivel del mar .....	34
Obtención de la irradiación solar global para cada estación de medida.....	36

Obtención de la irradiación solar difusa y directa para cada estación. ....	37
<i>Obtención de la temperatura media diaria</i> .....	42
<b>4. Procesado de los resultados mediante técnicas SIG (Sistemas de Información Geográfica) .....</b>	<b>46</b>
<i>Introducción</i> .....	46
<i>Modelo SIG GRASS</i> .....	47
EVOLUCIÓN.....	47
ORGANIZACIÓN DE LA BASE DE DATOS GRASS .....	48
ESTRUCTURA DE COMANDOS .....	48
<i>El modelo r.sun</i> .....	48
<i>Implementación del modelo</i> .....	49
CÁLCULO DE RADIACIÓN DIRECTA .....	49
CÁLCULO DE RADIACIÓN DIFUSA.....	50
CALCULO DE RADIACIÓN BAJO CIELO CUBIERTO .....	51
<i>Preparación de datos para el modelo</i> .....	51
<b>5. Mapas de irradiación solar para la Región de Murcia .</b>	<b>55</b>
<i>Introducción</i> .....	55
<i>Irradiación Global</i> .....	56
<i>Irradiación directa media anual</i> .....	69
<i>Irradiación difusa media anual</i> .....	70
<i>Irradiación global media anual para los términos municipales de la región</i>	71
Tablas de radiación mensual para cada Término Municipal de la Región. ....	94

<b>6.</b>	<b>Mapas de temperatura para la Región de Murcia .....</b>	<b>104</b>
	<i>Introducción .....</i>	<i>104</i>
	<i>Temperatura media .....</i>	<i>105</i>
<b>7.</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>118</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>120</b>
	<i>Anexo A. Tablas de irradiación en superficie inclinada.....</i>	<i>120</i>
	<i>Anexo B. Análisis estadístico de los resultados.....</i>	<i>133</i>
	<i>Anexo C. Características de los aparatos de medida .....</i>	<i>134</i>

## Índice de Figuras

Figura 1. 1. Potencial de Electricidad Solar Fotovoltaica en los países de la Unión Europea. Fuente: IES - UE.....	13
Figura 1. 2. Ejemplos de mapas de Irradiación a nivel europeo. Fuentes: PVGIS-European Communities (“Atlas de Radiación Solar Europeo”) y S@tel-Ligth.com. ....	16
Figura 1. 3. Irradiación Solar Global Media en España en el año 2002 (valores de irradiación en kWh/m <sup>2</sup> año <sup>-1</sup> ). Fuentes: Instituto Nacional de Meteorología (arriba) Censolar (abajo). ....	18
Figura 2. 1. Disposición de las estaciones de medida en el territorio de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.....	23
Tabla 2. 1. Estaciones de medida de irradiación solar consideradas en el presente estudio. Fuente: IMIDA y INM-Región de Murcia.....	25
Tabla 2. 2. Número de datos ‘útiles’ para cada estación meteorológica de medida. Fuente: IMIDA y INM-Región de Murcia.....	27
Figura 2. 2. Representación gráfica de los datos de irradiación procedentes de tres estaciones de medida (Corvera, Lorca (La Paca) y Yecla-Norte). Marcados en círculo rojos se encuentran los datos desestimados en el proceso de depuración. .....	28
Figura 2. 3. Factor de Linke, Factor de turbidez de la atmósfera para el mes de Noviembre a nivel mundial. Fuente:. SoDa “ <i>Services for Professionals in Solar Energy and Radiation</i> ” .....	30
Tabla 2. 3. Frecuencia de cielo despejado para la región de Murcia. La información cubre desde la salida hasta la puesta de Sol y se ha calculado de información recogida desde el año 1996 hasta 2000. Fuente: “Satel-light Enterprise” y SoDa.....	30
Tabla 3. 1. Identificación de todas las variables de medida e interpretación de la irradiación solar sobre la superficie de la Tierra con su símbolo y la unidad usual empleada.	32
Figura 3. 1. Comparación entre la irradiación solar con cielo claro a nivel del mar y irradiación global medida en la estación de UPCT-La Palma. ....	36

Figura 3. 2. Comparación entre la <i>irradiación difusa medida</i> en diferentes estaciones y las <i>curvas de irradiación difusa obtenida</i> tras el ajuste de los parámetros de la ecuación 3.4. ....	39
Figura 3. 3. Comparación entre la <i>irradiación global medida</i> en diferentes estaciones y las <i>curvas de irradiación global y difusa obtenida</i> tras el ajuste de los parámetros de las ecuaciones 3.3 y 3.4.....	40
Tabla 3. 2. Parámetros de ajuste de obtenidos para la irradiación directa y difusa para cada una de las estaciones de medida. Parámetros de las ecuaciones 3.3 y 3.4. ....	42
Tabla 3. 3. Parámetros de ajuste de obtenidos para la irradiación directa y difusa para cada una de las estaciones de medida. Parámetros para la ecuación 3.5. ....	45
Figura 4. 1. Modelo Digital de elevaciones del Terreno (topografía) de la Comunidad de Murcia.....	52
Figura 4. 2. Modelo Digital Capa ráster de orientaciones del terreno (topografía).....	52
Tabla 4.1. Linke Turbidity Factor medio mensual para cada una de las estaciones meteorológicas de donde se han recogido datos de irradiación solar. Fuente: <a href="http://www.helioclim.net">http://www.helioclim.net</a> .....	54
Figura 5.1. Mapa de irradiación global diaria, media anual.....	56
Figura 5.2. Mapa de radiación global diaria, media del mes de enero. ....	57
Figura 5.3. Mapa de radiación global diaria, media del mes de febrero.....	58
Figura 5.4. Mapa de radiación global diaria, media del mes de marzo.....	59
Figura 5.5. Mapa de radiación global diaria, media del mes de abril.....	60
Figura 5.6. Mapa de radiación global diaria, media del mes de mayo.....	61
Figura 5.7. Mapa de radiación global diaria, media del mes de junio.....	62
Figura 5.8. Mapa de radiación global diaria, media del mes de julio. ....	63
Figura 5.9. Mapa de radiación global diaria, media del mes de agosto. ....	64
Figura 5.10. Mapa de radiación global diaria, media del mes de septiembre.....	65
Figura 5.11. Mapa de radiación global diaria, media del mes de octubre.....	66
Figura 5.12. Mapa de radiación global diaria, media del mes de noviembre.....	67
Figura 5.13. Mapa de radiación global diaria, media del mes de diciembre.....	68
Figura 5.14. Mapa de irradiación directa diaria, media anual. ....	69

Figura 5.15. Mapa de radiación difusa diaria, media anual.....	70
Figura 5.16. Mapa de radiación global de T.M. de Abanilla.....	71
Figura 5.17. Mapa de radiación global de T.M. de Abarán. ....	72
Figura 5.18. Mapa de radiación global de T.M. de Águilas.....	72
Figura 5.19. Mapa de radiación global de T.M. de Albudeite. ....	73
Figura 5.20. Mapa de radiación global de T.M. de Alcantarilla. ....	73
Figura 5.21. Mapa de radiación global de T.M. de Aledo.....	74
Figura 5.22. Mapa de radiación global de T.M. de Alguazas.....	74
Figura 5.23. Mapa de radiación global de T.M. de Alhama de Murcia. ....	75
Figura 5.24. Mapa de radiación global de T.M. de Archena. ....	75
Figura 5.25. Mapa de radiación global de T.M. de Beniel.....	76
Figura 5.26. Mapa de radiación global de T.M. de Blanca.....	76
Figura 5.27. Mapa de radiación global de T.M. de Bullas.....	77
Figura 5.28. Mapa de radiación global de T.M. de Calasparra.....	77
Figura 5.29. Mapa de radiación global de T.M. de Campos del Río.....	78
Figura 5.30. Mapa de radiación global de T.M. de Caravaca de la Cruz.....	78
Figura 5.31. Mapa de radiación global de T.M. de Cartagena.....	79
Figura 5.32. Mapa de radiación global de T.M. de Cehegín. ....	79
Figura 5.33. Mapa de radiación global de T.M. de Ceutí.....	80
Figura 5.34. Mapa de radiación global de T.M. de Cieza. ....	80
Figura 5.35. Mapa de radiación global de T.M. de Fortuna. ....	81
Figura 5.36. Mapa de radiación global de T.M. de Fuente Álamo de Murcia. ....	81
Figura 5.37. Mapa de radiación global de T.M. de Jumilla. ....	82
Figura 5.38. Mapa de radiación global de T.M. de La Unión. ....	82
Figura 5.39. Mapa de radiación global de T.M. de Librilla. ....	83
Figura 5.40. Mapa de radiación global de T.M. de Lorca. ....	83
Figura 5.41. Mapa de radiación global de T.M. de Lorquí.....	84
Figura 5.42. Mapa de radiación global de T.M. de Los Alcázares. ....	84
Figura 5.43. Mapa de radiación global de T.M. de Mazarrón.....	85
Figura 5.44. Mapa de radiación global de T.M. de Molina del Segura. ....	85

Figura 5.45. Mapa de radiación global de T.M. de Moratalla.....	86
Figura 5.46. Mapa de radiación global de T.M. de Mula.....	86
Figura 5.47. Mapa de radiación global de T.M. de Murcia. ....	87
Figura 5.48. Mapa de radiación global de T.M. de Ojós.....	87
Figura 5.49. Mapa de radiación global de T.M. de Pliego.....	88
Figura 5.50. Mapa de radiación global de T.M. de Puerto Lumbreras. ....	88
Figura 5.51. Mapa de radiación global de T.M. de Ricote.....	89
Figura 5.52. Mapa de radiación global de T.M. de San Javier.....	89
Figura 5.53. Mapa de radiación global de T.M. de San Pedro del Pinatar.....	90
Figura 5.54. Mapa de radiación global de T.M. de Santomera.....	90
Figura 5.55. Mapa de radiación global de T.M. de Torre Pacheco. ....	91
Figura 5.56. Mapa de radiación global de T.M. de Torres de Cotillas.....	91
Figura 5.57. Mapa de radiación global de T.M. de Totana. ....	92
Figura 5.58. Mapa de radiación global de T.M. de Uléa. ....	92
Figura 5.59. Mapa de radiación global de T.M. de Villanueva del Río Segura.....	93
Figura 5.60. Mapa de radiación global de T.M. de Yecla. ....	93
Tabla 5. 1. Valores de la declinación característica en función del día característico. ....	95
Tabla 5. 2. Radiación Global media, máxima y mínima ( $Wh/m^2 \cdot día$ ), mensual (meses de Enero a Junio) y anual para diferentes municipios de la Región.....	96
Tabla 5. 3. Radiación Global media, máxima y mínima ( $Wh/m^2 \cdot día$ ), mensual (meses de Julio a Diciembre) y anual para diferentes municipios de la Región.....	97
Tabla 5. 4. Radiación Global media, máxima y mínima ( $Wh/m^2 \cdot día$ ), mensual (meses de Enero a Junio) y anual para diferentes municipios de la Región.....	98
Tabla 5. 5. Radiación Global media, máxima y mínima ( $Wh/m^2 \cdot día$ ), mensual (meses de Julio a Diciembre) y anual para diferentes municipios de la Región.....	99
Tabla 5. 6. Radiación Global media, máxima y mínima ( $Wh/m^2 \cdot día$ ), mensual (meses de Enero a Junio) y anual para diferentes municipios de la Región.....	100
Tabla 5. 7. Radiación Global media, máxima y mínima ( $Wh/m^2 \cdot día$ ), mensual (meses de Julio a Diciembre) y anual para diferentes municipios de la Región.....	101

Tabla 5. 8. Radiación Global media, máxima y mínima ( $Wh/m^2 \cdot día$ ), mensual (meses de Enero a Junio) y anual para diferentes municipios de la Región (Continuación)..	102
Tabla 5. 9. Radiación Global media, máxima y mínima ( $Wh/m^2 \cdot día$ ), mensual (meses de Julio a Diciembre) y anual para diferentes municipios de la Región.....	103
Figura 6.1. Mapa de temperatura media anual.....	105
Figura 6.2. Mapa de temperatura media mes de enero.....	106
Figura 6.3. Mapa de temperatura media mes de Febrero.....	107
Figura 6.4. Mapa de temperatura media mes de marzo.....	108
Figura 6.5. Mapa de temperatura media mes de abril.....	109
Figura 6.6. Mapa de temperatura media mes de mayo.....	110
Figura 6.7. Mapa de temperatura media mes de junio.....	111
Figura 6.8. Mapa de temperatura media mes de julio.....	112
Figura 6.9. Mapa de temperatura media mes de agosto.....	113
Figura 6.10. Mapa de temperatura media mes de septiembre.....	114
Figura 6.11. Mapa de temperatura media mes de octubre.....	115
Figura 6.12. Mapa de temperatura media mes de noviembre.....	116
Figura 6.13. Mapa de temperatura media mes de diciembre.....	117

## 1. Introducción

El presente documento es el informe final de resultados del contrato entre la Universidad Politécnica de Cartagena y la Agencia de Gestión de la Energía de la Región de Murcia (ARGEM) para actividades de asesoramiento y asistencia técnica. El contrato lleva por título:

### “REALIZACIÓN DE UN MAPA DE IRRADIACIÓN SOLAR DE LA REGIÓN DE MURCIA”

El objetivo global de este trabajo es la elaboración de un mapa de irradiación solar media recibida sobre plano horizontal e inclinado, específico para la Región de Murcia.

En el desarrollo del trabajo se desarrollarán técnicas de búsqueda, tratamiento e interpretación de los datos disponibles de irradiación solar y temperatura ambiente de las diferentes estaciones meteorológicas instaladas en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

### ***Marco General***

Prácticamente la totalidad de las fuentes de energía disponibles, salvo la nuclear, la geotérmica y las mareas, derivan del Sol. Los saltos hidráulicos o el viento son fuentes de energía producidas gracias a fenómenos climatológicos derivados principalmente de la influencia del Sol sobre nuestro planeta. Por otro lado, las fuentes denominadas convencionales de energía el petróleo, el gas natural, la biomasa y los biocombustibles tienen su origen, aunque veces lejano, en energía que proviene del Sol.

Las distintas fuentes de energía se pueden clasificar en dos grandes grupos, **renovables** y **no renovables**. Se puede definir cada grupo de la siguiente forma:

- Fuentes de energía **renovable**. Son aquellas fuentes que no desaparecen al transformar su energía en energía útil. Es decir, se puede recurrir de esta/s fuente/s de forma permanente porque son inagotables a escala temporal humana: por ejemplo, el sol, el agua o el viento.
- Fuentes de energía **no renovable**. Es el sistema material que se agota al transformar su energía en energía útil. Por lo tanto, no se puede recurrir de esta/s fuente/s forma permanente, porque sus reservas son limitadas y, por tanto, disminuyen a medida que las consumimos: por ejemplo, el petróleo o el carbón.

La energía Solar se origina gracias a la actividad de las reacciones de fusión que tienen lugar en el Sol. Las reacciones de fusión origina radiaciones electromagnéticas,

y estas son las causantes de la iluminación y del calentamiento de nuestro planeta Tierra. Los componentes del Sol, principalmente hidrógeno y helio, se encuentran en estado gaseoso y plasma, y llegan a alcanzar en la zona central del Sol temperaturas del orden de  $10^6$  K. La masa solar se estima alrededor de los  $2 \cdot 10^{30}$  kg con una conversión de masa en energía que supone una pérdida de 4 millones de toneladas por segundo, pero pese a esta impresionante velocidad de pérdida de masa, la vida del Sol en su estado actual está garantizada durante muchos miles de millones de años. Esto último es lo que hace que la Energía Solar sea **inagotable** a escala humana.

Evidentemente, toda la energía emitida por el Sol no es aprovechable a nivel terrestre, aunque la irradiación solar captada por nuestro planeta es uno de los parámetros principales que gobiernan el balance energético de la Tierra y los procesos de fotosíntesis y de evaporación de humedad superficial. Por lo tanto, entendemos como **energía solar** como la porción de irradiación solar interceptada por la Tierra y constituye, como recurso energético terrestre, la principal fuente de energía renovable a nuestro alcance.

Existen diferentes niveles, y definiciones, de irradiación interceptada dependiendo de factores externos al Sol que influyen sobre la irradiación emitida por el Sol. Una amplia explicación de los tipos de irradiación y de los factores que influyen sobre cada tipo de irradiación se puede encontrar en la literatura relacionada y, de forma resumida y concisa en libro utilizado para este trabajo [3] "Radiación Solar sobre la superficie de la Tierra. Fundamentos" del profesor Javier Cañada del Departamento de Termodinámica Aplicada de la Universidad Politécnica de Valencia.

Respecto al aprovechamiento de la energía solar, se puede hablar de dos tipos de sistemas importantes: los que la convierten en electricidad mediante células **fotovoltaica** y los que la utilizan para la producción de energía **térmica** mediante la utilización de captadores solares (planos, de concentración, de vacío, etc). Aunque también existen otras posibilidades de aprovechamiento de la irradiación solar como son: la Arquitectura Bioclimática (aprovechamiento de la orientación, características climáticas y materiales del emplazamiento), producción de frío mediante la utilización de máquinas de absorción. Adicionalmente, las aplicaciones agrícolas son muy amplias: invernaderos solares, secaderos agrícolas, y plantas de purificación o desalinización de aguas.

La Comisión de las Comunidades Europeas entre sus objetivos estratégicos presenta a la energía como un factor esencial de la competitividad y del desarrollo económico de Europa. La seguridad de abastecimiento de energía de la Unión

Europea y la protección del medio ambiente han adquirido una gran importancia estos últimos años, en particular, desde la firma del Protocolo de Kioto de 1997 sobre el cambio climático. La dependencia energética exterior de la Unión Europea crece continuamente, en la actualidad un 50% de sus necesidades energéticas son cubiertas con productos de importación (75% en el caso de España) y si nada cambia este factor de dependencia alcanzará el 70% antes de 2030, lo que debilitaría todavía más la posición de la UE en el mercado energético internacional.

La energía obtenida a partir de las fuentes de energía renovables desempeña una función capital en la diversificación y la sostenibilidad de las fuentes de energía y en la lucha contra el cambio climático. En el Libro Blanco de las Energías Renovables de la UE propone “Alcanzar, en el 2010, una penetración mínima del 12% de las fuentes de energías renovables en la Unión Europea”

A nivel estatal, han sido varias las propuestas gubernamentales para cumplir con el objetivo general del plan de fomento de las energías renovables. En cuanto a la energía solar fotovoltaica, cabe citar el recién entrado en vigor RD 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, este decreto sustituye al RD 436/2004, de 12 de marzo, y da un nuevo impulso mediante la regulación a la de energía eléctrica en régimen especial, energía procedente de fuentes renovables.

Por otro lado la aprobación y puesta en vigor del nuevo Código Técnico de la Edificación, CTE, dentro de la Norma Básica de la Edificación, NBE, ha dado un impulso, ya detectable, al uso de instalaciones de captación de energía solar térmica

## ***Justificación***

El aprovechamiento de la energía solar está condicionado principalmente por dos aspectos: de la intensidad de la irradiación solar recibida por la Tierra, la que su vez depende de los ciclos diarios y anuales y de la latitud del lugar de aplicación sobre la superficie terrestre, y de las condiciones climatológicas y meteorológicas imperantes.

Tal y como se ha puesto de manifiesto en el apartado anterior, el apoyo tanto social como gubernamental al uso de fuentes de energía renovable es creciente. Por lo tanto, para el aprovechamiento de la irradiación solar como fuente de energía requiere del conocimiento de la cantidad y distribución de la irradiación solar que incide en un lugar determinado y de su variación temporal a lo largo de los ciclos anual y diario.

La irradiación solar que incide sobre una región determinada se suele representar en mapas mensuales y anuales de irradiación solar. El procedimiento más comúnmente usado para la confección de estos mapas es mediante la interpolación-



## **Objetivo del trabajo**

El objetivo de este trabajo es la elaboración de un mapa de irradiación solar media recibida sobre plano horizontal y de temperaturas medias del aire a nivel de la superficie, específico para la Región de Murcia.

En el desarrollo del trabajo se desarrollarán técnicas de búsqueda, tratamiento e interpretación de los datos disponibles de irradiación solar y temperatura ambiente de las diferentes estaciones meteorológicas instaladas en la Comunidad Región de Murcia.

Para la consecución del objetivo general se desarrolla el presente informe a modo de base de datos para su utilización en la elaboración de proyectos cuya fuente energética sea la irradiación solar.

Para la consecución del objetivo general se hace necesario el planteamiento de los siguientes objetivos más específicos:

- 1) Realizar una búsqueda bibliográfica de técnicas de interpretación y representación de datos geográficos y meteorológicos.
- 2) Recopilar los datos disponibles de irradiación y temperatura en la Región de Murcia. Así como recopilar todos los datos (elevaciones, curvas de nivel, sombras, coeficientes atmosféricos, turbidez, etc.) que resulten necesarios a la hora de interpretar y calcular con exactitud los parámetros buscados
- 3) Filtrar y procesar los datos disponibles mediante técnicas de estadística básica.
- 4) Tratar los datos y calcular las variables buscadas (irradiación global, directa, difusa, temperatura, etc) con sistemas de calculo e interpretación geográfica del tipo SIG (Sistemas de Información Geográfica, o conocidos también como GIS, del Inglés *Geographical Information Systems*).
- 5) Creación de una base de datos de irradiación, temporal y espacial de la Región de Murcia de fácil manejo e interpretación.
- 6) Exponer la base de datos creada en forma de mapas de fácil interpretación para su utilización en la evaluación de energía disponible en proyectos de energía solar. En estos mapas se expondrán los resultados del estudio proporcionando las variables enumeradas a continuación para diferentes zonas geográficas en la Región de Murcia.
  - a. Irradiación diaria
  - b. Irradiación media mensual

- c. Irradiación media anual
- d. Temperatura ambiente

## **Antecedentes**

En cuanto a la realización de atlas de irradiación solar, existen numerosas referencias al respecto, en donde se describe entre otras cosas, la base teórica y formulaciones pertinentes, así como el cálculo y procedimiento de elaboración de los mismos, en función de la técnica de tratamiento de datos y de representación de los resultados empleado por cada uno de los autores en cuestión.

A continuación se presenta un resumen de algunos de los trabajos realizados en el área en el ámbito de Europa, de España y Comunidades Autónomas.

La historia del “Atlas de Radiación Solar Europeo” se remonta al año de 1979 fecha en la cual aparece la primera publicación (CCE, 1979), donde se utilizan datos de los años 1966 a 1975, una revisión y actualización del mismo, conduce en el año 1984 a la publicación de la segunda edición del atlas Kasten et al. (1984), y para el año 1996 se realizan mejoras y actualizaciones a esta segunda edición del atlas, para publicar la tercera edición del atlas (Kasten et al., 1996), estos mapas utilizaban datos de irradiación e insolación y la ecuación de Angström-Prescott (Angström, 1924) para determinar la irradiación en las estaciones carentes de información. Esta información se representa en una serie de mapas correspondientes a las estadísticas básicas de medias anuales y mensuales de irradiación solar global y en los cuales se trazan las isolíneas mediante interpolación.

Por otra parte en el proyecto “ESRA - European Solar Radiation Atlas” (Beyer et al., 1997), se presenta un método para la representación de mapas de irradiación solar y de otros parámetros meteorológicos de interés a través del tratamiento conjunto de datos procedentes de estaciones de medición en superficie e imágenes de satélites.

Finalmente todas estas mejoras tanto en la metodología como en el procesamiento conjunto de datos de estaciones de medición en superficie y datos de satélites son introducidos en la última edición del “Atlas de Radiación Solar Europeo” (Aguilar et al., 2000) uno de los mapas de este atlas se expone en la figura 1.1.

Además existen iniciativas para distribuir datos de irradiación solar a través de Internet:

- El servidor HelioClim ([www.helioclim.org](http://www.helioclim.org)), soportado y desarrollado por el Groupe Télédétection & Modélisation del Centre d'Energétique de la Ecole des Mines de Paris.

- El servidor “Satel-Light project” (<http://www.satel-light.com>) financiado por la unión Europea (Directorate General XII).

Ejemplos estas iniciativas se muestra en la figura 1.2. Es evidente que los ejemplos mostrados se han centrado en la zona de España y Portugal.

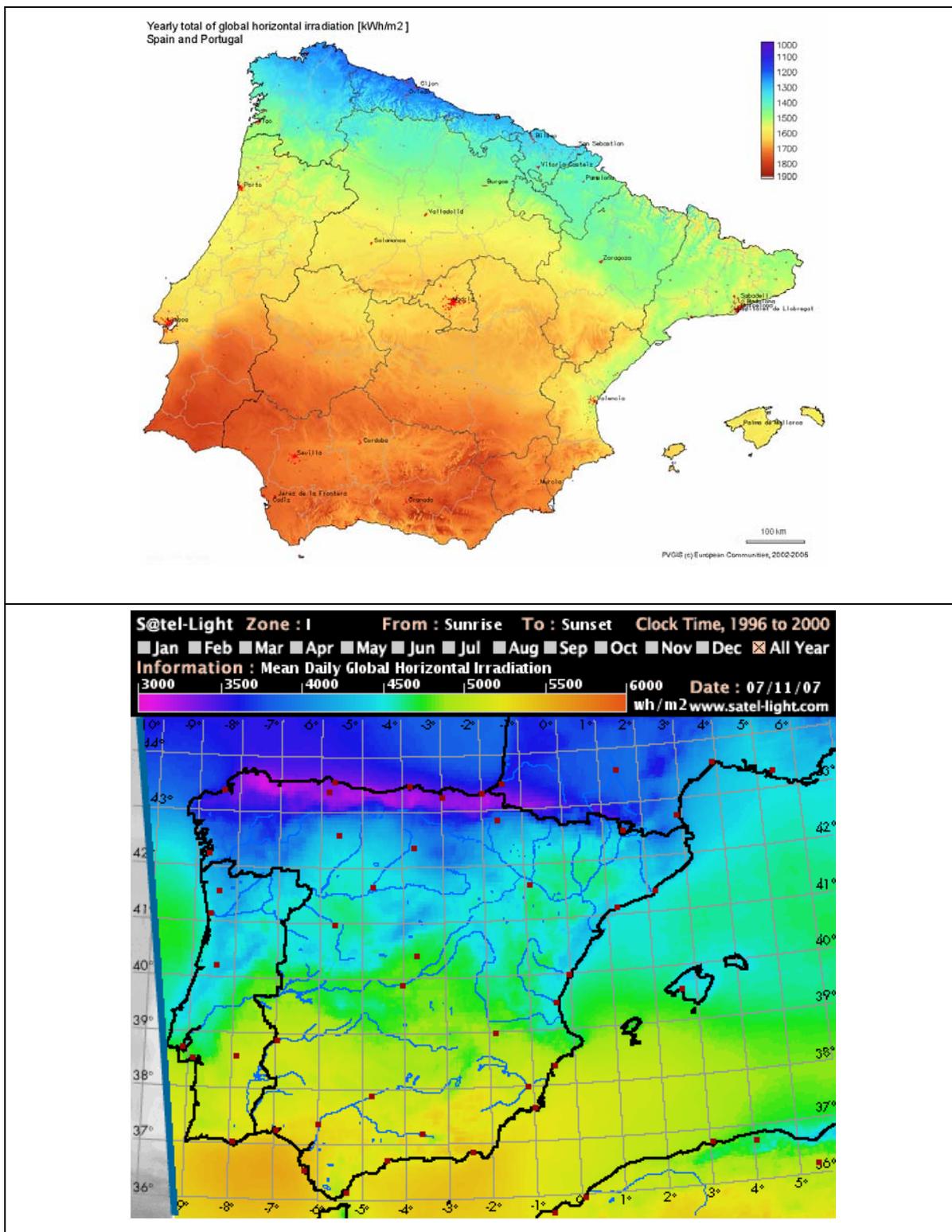
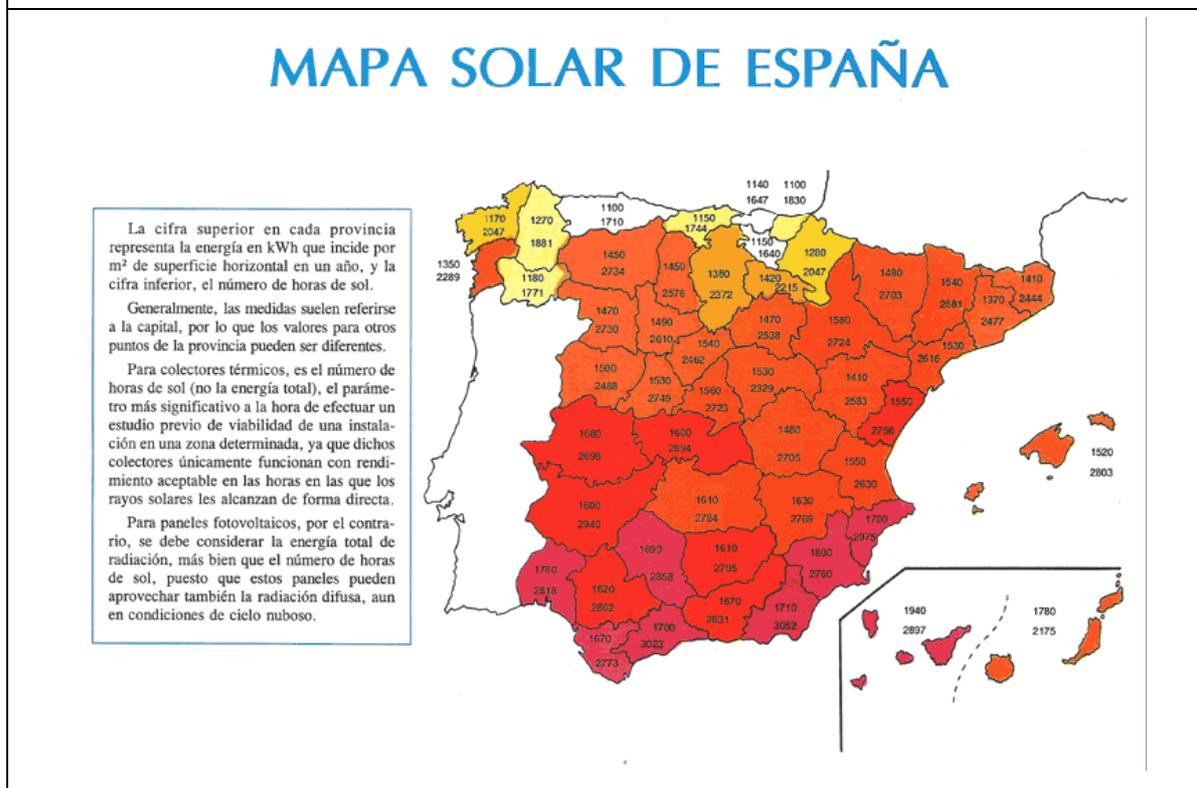
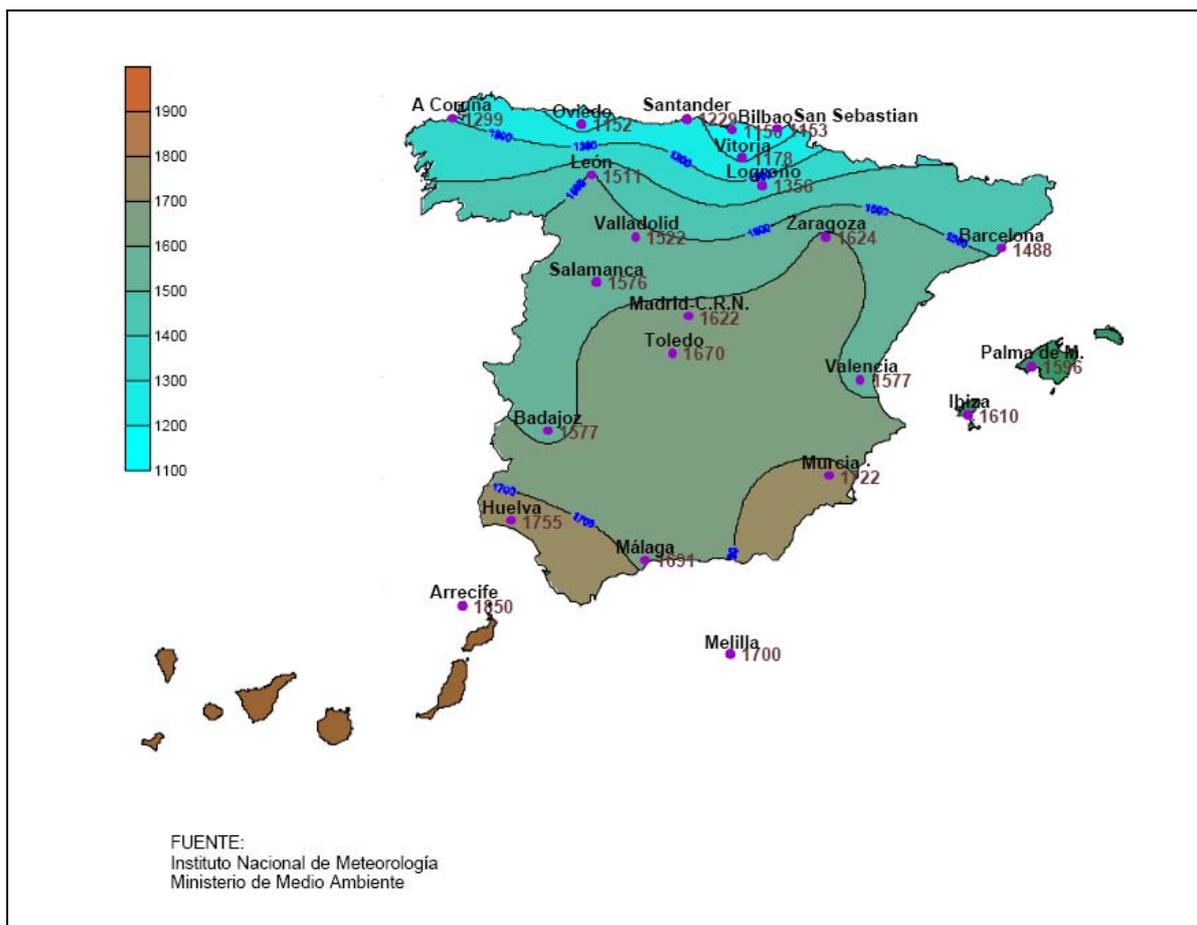


Figura 1. 2. Ejemplos de mapas de Irradiación a nivel europeo. Fuentes: PVGIS-European Communities (“Atlas de Radiación Solar Europeo”) y S@tel-Ligh.com.

A nivel Español la referencia formal que durante muchos años ha estado vigente ha sido el “Atlas de Radiación Solar de España” (Font, 1984) realizado por el Instituto Nacional de Meteorología de España. Este trabajo presenta mapas de isolíneas de valores medios, anuales y mensuales, de la irradiación solar global y de duración de la insolación directa (horas de sol).

Además es posible encontrar mapas actualizados de irradiación solar en los “Informes de coyuntura” del Ministerio de Medio Ambiente, quién los elabora y publica con el propósito de dar difusión a los datos estadísticos (<http://www.mma.es> ) que están bajo su tutela, en este caso el Instituto Nacional de Meteorología (INM). El análisis se realiza desde el punto de vista coyuntural, comparando los datos actuales con los datos correspondientes del periodo anterior. Como complemento y compendio de los informes mensuales se elabora además un documento de síntesis anual, que presenta la evolución de los valores medioambientales a lo largo del año. Entre otros, este informe presenta los datos de irradiación solar, mostrándose el mapa de “Distribución de la irradiación global media en España”, mensual o anual según corresponda. En la figura 1.3 se muestra el mapa del INM correspondiente al año 2002.

Por otro lado han sido varias las instituciones, tanto públicas como privadas, que han hecho un esfuerzo en la recopilación de datos para realizar mapas útiles para los proyectistas e instaladores de sistemas de aprovechamiento de energía solar. Una de las instituciones de este tipo más conocida y con mayor difusión a nivel nacional es el Centro de Estudios de Energía Solar (CENSOLAR). En la figura 1.3 se muestra el mapa que difunde CENSOLAR y que recomienda como base de cálculo de instalaciones de energía solar. Se trata de un mapa político que recomienda, en lo que se refiere a irradiación solar, la utilización del mismo nivel de irradiación para cualquier lugar de la provincia, sin tener en cuenta variables como la orografía del terreno u otras variables climatológicas importantes. Esta simplificación en cuanto a los valores utilizados por los instaladores y proyectistas de energía solar puede llevar a resultados erróneos, sobrevalorando o desestimando el potencial solar de posibles instalaciones situadas en lugares determinados de una provincia.



**Figura 1. 3. Irradiación Solar Global Media en España en el año 2002 (valores de irradiación en kWh/m<sup>2</sup>·año<sup>-1</sup>). Fuentes: Instituto Nacional de Meteorología (arriba) Censolar (abajo).**

Por último, a nivel nacional, en Septiembre de 2005 se publicó "Atlas Climático Digital de la Península Ibérica" accesible desde internet desde la dirección (<http://opengis.uab.es/wms/iberia/index.htm>) realizado como iniciativa del Departamento de Biología Animal, Biología Vegetal y Ecología (Unidad de Botánica) y del Departamento de Geografía de la Universidad Autónoma de Barcelona. Se desarrolló un trabajo de investigación para profundizar en aspectos relacionados con la interpolación espacial de datos discretos en el espacio (estaciones meteorológicas), primeramente orientada a relacionar datos climáticos y de vegetación para obtener mapas de idoneidad de las especies vegetales, pero más adelante dedicada intensamente a aspectos climáticos. En este trabajo es de destacar el uso de sistemas SIG para la presentación de datos y la recopilación de una gran cantidad de datos a nivel peninsular.

En cuanto a las comunidades autónomas, han sido varias las Comunidades Autónomas Españolas que han realizado un mapa solar o climático con datos de irradiación. Como resultado del estudio bibliográfico se muestran los ejemplos siguientes como los más relevantes:

- Atlas de Radiación solar a la Comunitat Valenciana (Generalitat Valenciana, 1987). Este trabajo presenta los datos en base a tablas de medias mensuales y mapas mensuales, de la irradiación solar global y de duración de la insolación. Utiliza la formulación de Angström-Prescott (Angström, 1924) para obtener la irradiación en los puntos sin registros, y sigue la metodología de Martínez-Lozano (1984).
- Atlas de radiación solar del País Vasco (EVE, 1992). Este trabajo presenta datos horarios y medios diarios de irradiación solar global y difusa, para cada mes del año. Se hace uso de la formulación de Angström-Prescott (1924) para obtener los valores e irradiación en aquellas estaciones carentes de registros. Los datos considerados corresponden al período 1930-1989, con un máximo de 7 años de medición de insolación.
- Atlas de radiació solar a Catalunya (Baldasano et al., 1992, 1996 y 2001). En este trabajo se utilizan las series históricas de datos diarios de irradiación global incidente sobre superficie horizontal procedentes de estaciones de medición. Para el tratamiento de los datos se emplea el análisis de Fourier, lo que permite disponer de una ecuación representativa de un año tipo, que da como resultado la irradiación solar global más probable para cualquier día del año. La validez del método fue comprobada al realizar el análisis de Fourier a los datos de irradiación solar de Barcelona. La bondad de los

resultados expuestos por estos métodos, permite la aplicación del método a datos de irradiación solar de toda España, y a datos de irradiación solar del territorio interior y periférico de Cataluña.

- Atlas de Radiación Solar de las Islas Baleares - Mediante imágenes de Satélite (Baldasano et al., 2003). En este trabajo se han obtenido los mapas de irradiación solar superficial diaria a partir de imágenes de satélite, mediante un modelo estadístico, usando imágenes NOAA-AVHRR y datos de irradiación solar de estaciones de medición en superficie. El modelo fue calibrado con datos e imágenes del año 1998 (Flores et al., 2001a y 2002), mientras que los mapas de irradiación solar diaria fueron obtenidos con imágenes de los años 1998 y 1999. Además se realiza una validación de los resultados comparando con valores de las estaciones de Palma de Mallorca, Mahón (Menorca) e Ibiza que aparecen en el “*European Solar Radiation Atlas*” (Kasten et al., 1996), en el Atlas de Radiación Solar Europeo (Aguar et al., 2000), en el Atlas de Radiación Solar en España (Font, 1984), en el trabajo de Clar et al. (1987) y en el Atlas de Radiación Solar de Cataluña (Baldasano et al., 2001).

Es importante decir que muchos de los métodos presentados y utilizados en la creación del “*Atlas de radiació solar a Catalunya*”, en concreto en su edición 2001, se han seguido en la realización del presente mapa solar de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

### ***Estructura del documento***

En el capítulo de introducción se hace una introducción al problema que nos enfrentamos, exponiendo en un marco general y justificando la necesidad de crear mapas de irradiación solar a nivel local y con suficiente detalle para poder ser utilizados en los estudios de viabilidad de proyectos aprovechamiento de la energía procedente del sol. Se exponen los antecedentes de este tipo de trabajo mediante un pequeño resumen de la revisión bibliográfica realizada y por supuesto se exponen los objetivos tanto globales como específicos del estudio realizado.

En el siguiente capítulo se expone el proceso seguido para obtener los datos de irradiación en la Región de Murcia y se explica el proceso llevado a cabo para la depuración de los datos recogidos tanto de irradiación solar como de temperatura superficial. Con este proceso se han eliminado los datos con poco valor de significación debido a posibles errores de medida y/o a circunstancias particulares o especiales durante la medida.

Seguidamente, en el capítulo 3 del presente documento se describe el tratamiento realizado sobre las medidas de campo así como la descripción de los modelos físico-matemáticos utilizados para la creación de correlaciones de irradiación válidas para la región de Murcia.

En el capítulo 4 se describe el procesado de los resultados de los modelos desarrollados para la inclusión de estos resultados sobre modelos de tipo SIG (Sistemas de Información Geográfica).

En el capítulo 5 se exponen los mapas de irradiación solar global de la región, presentando los mapas mensuales de radiación global y los mapas de radiación directa y difusa de la media anual. Además, este capítulo presenta una sección realizada gracias al uso de las técnicas SIG, donde se muestra la radiación global media, máxima y mínima de cada uno de los 45 municipios, extendiendo el terreno a su término municipal, que forman la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

Para terminar, en el capítulo 6 se presenta el mapa de temperatura ambiente media a nivel superficial para cada mes del año en la región de Murcia. Estos mapas junto a los mapas anteriores son de gran utilidad para el diseño de determinadas instalaciones de aprovechamiento de energía solar.

Además se incluyen una serie de anexos al documento para complementar información relevante en cuanto a los modelos utilizados, en cuanto a las características de los equipos y como muestra de la utilidad de los modelos desarrollados. Un anexo importante es el anexo A, donde se muestra la irradiación solar sobre superficie inclinada obtenida mediante los modelos desarrollados en este trabajo.

## 2. Obtención de los Datos.

### ***Introducción***

Si se desea valorar ahora la evolución de los datos de irradiación solar terrestre para realizar algún análisis climático o si se desean realizar previsiones sobre la irradiancia o irradiación en un lugar determinado y sobre una superficie de captación inclinada u horizontal, se tienen tres opciones:

1. Recurrir a bases de datos de irradiación solar en dicho lugar y realizar previsiones basadas en la experiencia anterior del lugar en cuestión. Dichas previsiones serán más fiables cuando la base de datos sea temporalmente más extensa. Esta posibilidad se hace inviable debido a que sería necesario la instalación de estaciones de medida, a priori, en todos aquellos lugares susceptibles de ser objeto de proyectos de aprovechamiento solar.
2. Recurrir a modelos matemáticos, más o menos complejos del comportamiento de la atmósfera terrestre que permitan realizar correlaciones entre datos terrestres y datos conocidos de irradiación extraterrestre.
3. Recurrir a modelos matemáticos-estadísticos de interpolación y extrapolación, que con la ayuda de: datos de irradiación terrestre en lugares cercanos combinados con otros datos (geográficos, climatológicos, turbidez, etc.), y; datos conocidos y/o calculados de irradiación extraterrestre; y aplicando los modelos puedan ser estimados los valores de irradiación horizontal en un lugar concreto.

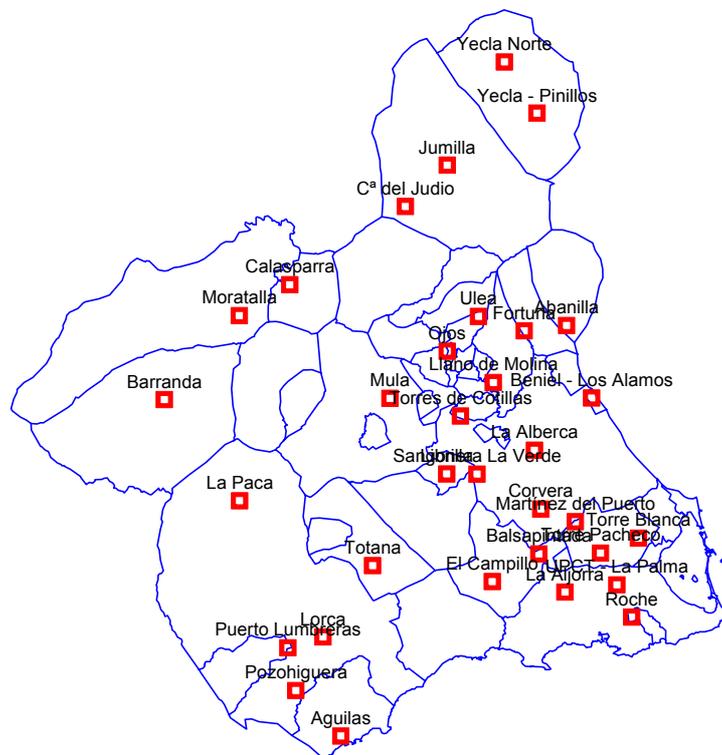
La primera opción se hace totalmente inviable debido a la cantidad de estaciones de medida necesarias y al tiempo que llevaría la realización de una base de datos fiable. Los modelos matemáticos de los que se habla en el punto 2, requieren de un estudio más extenso que excede los objetivos de este texto, ya que requiere modelar un gran número de variables climatológicas.

Los modelos matemáticos/estadísticos de los que se habla en el punto 3, van a ser utilizados en este estudio para la realización de los mapas solares. Estos modelos no están exentos de la utilización de datos medidos y, por supuesto, cuanto mayor la base de datos utilizada más fiable será la respuesta del modelo utilizado.

## Estaciones y puntos de medida

Hoy en día existe disponibilidad de datos de irradiación solar terrestre provenientes de estaciones de medición agrupadas en redes más o menos organizadas. En concreto el “Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y alimentario” (IMIDA) dispone de más de 100 estaciones de medida repartidas en a lo largo y ancho de la Comunidad Autónoma de Murcia, más de 30 de estas estaciones disponen de algún sistema de medida de irradiación solar. Algunas de estas estaciones están recopilando datos desde hace más de 10 años. Estos datos y los datos procedentes de la Estación Meteorológica de Guadalupe, perteneciente al Instituto Nacional de Meteorología (INM) con datos de irradiación desde hace casi 25 años, han sido los datos utilizados para el estudio.

La figura 2.1 muestra la disposición espacial de las estaciones en el mapa de la Comunidad de la Región de Murcia. Y en la tabla 2.1 se muestra una relación de los códigos de las estaciones con la población, la posición exacta de su situación (coordenadas UTM y su altitud sobre el nivel del mar) y nombres de los aparatos de medida utilizados en cada estación. Información más detallada de las estaciones se puede encontrar en la dirección web del IMIDA <http://siam.imida.es/siam.htm> .



**Figura 2. 1. Disposición de las estaciones de medida en el territorio de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.**

Codigo	Nombre	X_UTM5000	Y_UTM5000	LONG (W)	LAT (N)	Cota	Sensor RAD
AL31	Totana	631134	4177380	1° 30' 47.29"	37° 43' 56.99"	234	SP1110
AL51	Librilla	646202	4196165	1° 20' 18.01"	37° 53' 57.91"	164	SP1110
CA12	UPCT - La Palma	680785	4173450	0° 57' 03.09"	37° 41' 19.92"	30	SP1110
CA21	Corvera	665320	4188975	1° 07' 22.49"	37° 49' 53.04"	225	SP1110
CA42	Balsapintada	664924	4179770	1° 07' 45.14"	37° 44' 53.89"	136	SP1110
CA52	La Aljorra	670233	4171939	1° 04' 14.18"	37° 40' 37.25"	84	SP1110
CA72	Roche	683796	4166811	0° 55' 08.73"	37° 37' 41.35"	63	SP1110
CA91	El Campillo	655462	4174084	1° 14' 16.96"	37° 41' 56.52"	174	CMP6
CI32	Ulea	652671	4228482	1° 15' 28.53"	38° 11' 28.96"	236	SP1110
CI52	Calasparra	614311	4234953	1° 41' 41.89"	38° 15' 12.59"	274	SP1110
CR12	Barranda	588796	4211407	1° 58' 48.67"	38° 02' 38.24"	866	SP1110
CR42	Moratalla	604030	4228626	1° 48' 37.50"	38° 11' 54.35"	454	SP1110
JU12	C <sup>a</sup> del Judio	637803	4251007	1° 25' 24.11"	38° 23' 41.56"	394	CMA11
JU42	Yecla Norte	657918	4280624	1° 11' 08.73"	38° 39' 31.90"	657	SP1110
JU52	Yecla - Pinillos	664558	4270147	1° 06' 44.57"	38° 33' 45.57"	565	CMP6
JU61	Jumilla	646291	4259462	1° 19' 27.73"	38° 28' 11.04"	486	CMP6
LO11	Lorca	621083	4162736	1° 37' 46.14"	37° 36' 06.23"	323	SP1110
LO21	Pozohiguera	615537	4151777	1° 41' 38.07"	37° 30' 13.86"	356	SP1110
LO31	Aguilas	624681	4142445	1° 35' 31.94"	37° 25' 06.96"	30	SP1110
LO41	La Paca	604096	4190668	1° 48' 59.90"	37° 51' 23.42"	693	SP1110
LO61	Puerto Lumbreras	613917	4160518	1° 42' 40.81"	37° 35' 03.32"	310	CMP6
ML21	Mula	634664	4211679	1° 28' 00.49"	38° 02' 27.76"	274	CMP6
MO12	Torres de Cotillas	648990	4208022	1° 18' 09.23"	38° 00' 25.31"	157	SP1110
MO31	Llano de Molina	655664	4214906	1° 13' 58.05"	38° 04' 13.36"	80	CMP6
MO41	Abanilla	670577	4226616	1° 03' 13.48"	38° 10' 09.87"	138	SP1110
MO51	Fortuna	661952	4225502	1° 09' 09.43"	38° 09' 39.79"	196	SP1110
MO61	Ojos	646290	4221343	1° 19' 55.72"	38° 07' 35.45"	161	SP1110
MU21	Beniel - Los Alamos	675661	4211733	0° 59' 58.72"	38° 02' 04.33"	27	SP1110

MU31	Sangonera La Verde	652374	4196142	1° 16' 05.75"	37° 53' 53.59"	138	CMP6
MU62	La Alberca	664029	4201022	1° 08' 04.99"	37° 56' 24.24"	53	CMA11
TP42	Torre Blanca	685178	4182992	0° 53' 54.62"	37° 46' 25.89"	31	CMA11
TP81	Martínez del Puerto	672353	4186382	1° 02' 35.97"	37° 48' 24.31"	126	SP1110
TP91	Torre Pacheco	677479	4179933	0° 59' 12.02"	37° 44' 51.81"	53	SP1110
GUA1	Guadalupe	660726	4207774	1° 10' 10.00"	38° 00' 10.00"	62	Se desconoce

**Tabla 2. 1. Estaciones de medida de irradiación solar consideradas en el presente estudio. Fuente: IMIDA y INM-Región de Murcia**

Todos los instrumentos de medida de la irradiación solar son capaces de determinar la potencia instantánea de la irradiación solar (irradiancia), pero es necesario determinar en qué condiciones se ha realizado esta medición, es decir, es necesario saber:

1. La componente de la irradiación solar medida, bien sea directa, difusa o reflejada.
2. La inclinación del plano de captación, bien sea horizontal, inclinado respecto a la horizontal del lugar o perpendicular en cada momento a la dirección de la irradiación solar directa.

Según la información proporcionada por las instituciones encargadas de la recogida de los datos, han sido de dos tipos los aparatos utilizados en la medida de irradiación. Las características más importantes de cada uno de estos tipos es la descrita en los siguientes apartados. (Información más detallada de los aparatos de medida se puede encontrar en el Anexo C).

#### *Transmisor de Irradiación directa y reflejada*

Piranómetro para la medida de la irradiación global (irradiación solar incidente + irradiación difusa del cielo), mediante la diferencia de temperatura entre unas superficies blancas y negras, que es calculada con termoelementos y convertida en voltaje. Instalado sobre mástil a una altura entre 1 y 2 m, lejano de posibles sombras y dispuesto horizontalmente con su eje vertical paralelo al zenit del lugar.

Características y Rango de medidas: De 0 a 1300 W/m<sup>2</sup>, rango espectral de 0.3 a 3 μm, con una sensibilidad de 15 μV/Wm<sup>-2</sup>.

### *Transmisor de irradiación por termoelementos*

Piranómetro para la estimación de la irradiación global, con doble cúpula de cristal. Instalado sobre mástil a una altura superior a 1 m. De la misma manera que el anterior lejano de posibles sombras y dirigido al zenit del lugar.

Características y Rango de medidas: Rango de medida de 0 a 1300 W/m<sup>2</sup>, rango espectral 0.305 a 2.8 μ m, sensibilidad de 9 a 15 μ V/Wm<sup>-2</sup>, temperatura de trabajo -40 a 80° Con una influencia de la temperatura en la sensibilidad de inferior a ±2% en el intervalo de temperatura -10 a 40° C, irradiación máxima 2000 W/m<sup>2</sup>.

### **Filtrado y depuración de los datos medidos**

Todos los datos recopilados se han sometido a un proceso de depuración para controlar la calidad de las medidas obtenidas. Todas medidas de campo están expuestas a múltiples fuentes de error, desde la propia toma de la medida hasta llegar a ser incluida en la base de datos. Estas fuentes son difíciles de detectar, pero en cambio los errores de medida deben ser eliminados para poder utilizar estos datos con fiabilidad suficiente a la hora de hacer los estudios.

En este trabajo se ha utilizado un método parecido al desarrollado por Baldasano en la realización del “Atlas de radiación solar a Catalunya” del año 2001 para detectar y desestimar los datos con alta probabilidad de error. Este método consiste en el análisis de registros en función de dos criterios; coherencia temporal y espacial. Estos dos criterios son complementarios y se han realizado intercalados en el proceso de depuración de los datos.

En primer lugar se representan gráficamente las series de datos disponibles para cada estación y para todos los años que se tenga registro. Un ejemplo de estos gráficos se puede observar en la figura 2.2. Una vez se han representado se observa valores anómalos en la curva de irradiación que se separan en exceso. Estos valores son eliminados directamente de la serie de datos. En la figura 2.2 se muestran marcados en círculos los algunos de los datos desestimados de las series.

En segundo lugar se comparan los datos con la curva anual de irradiación máxima a nivel del mar, y todos los datos que la sobrepasen se desestiman.

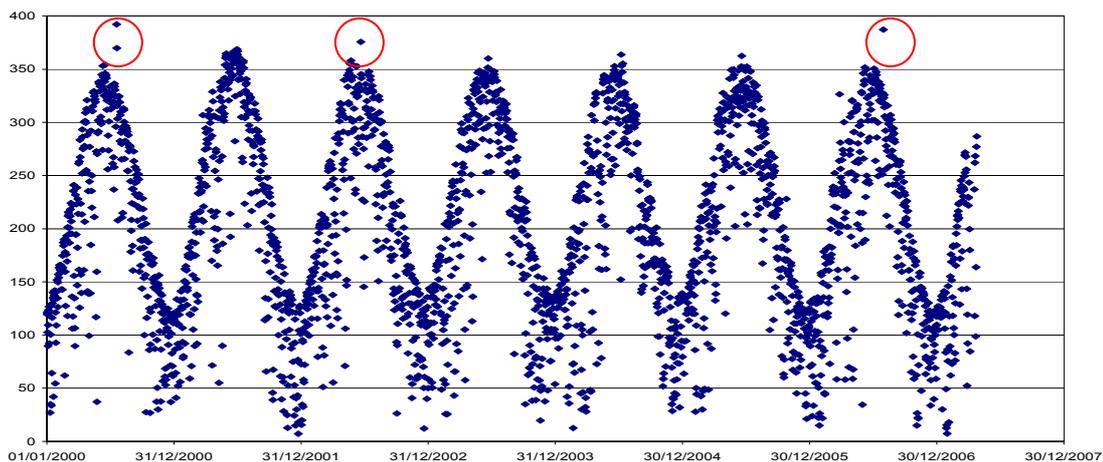
La selección espacial se realiza de la siguiente forma. Si dos estaciones cercanas ofrecen datos muy diferentes se comparan los datos con una tercera estación cercana a ambas y se desestiman (o ajustan) los datos procedentes de la estación con datos más dispares.

Cada estación meteorológica lleva funcionando un número de meses diferentes y alguna de las estaciones lleva funcionando menos de 2 años. La simultaneidad de los datos, el número de datos disponibles por cada estación, la cercanía de las estaciones, el mantenimiento de los aparatos de medida, etc. son factor importantes a para tener un nivel aceptable en la fiabilidad de los datos y de los resultados. La tabla 2.2 muestra el número de datos que tras el primer proceso de depuración se han considerado “útiles” para la realización de los modelos desarrollados.

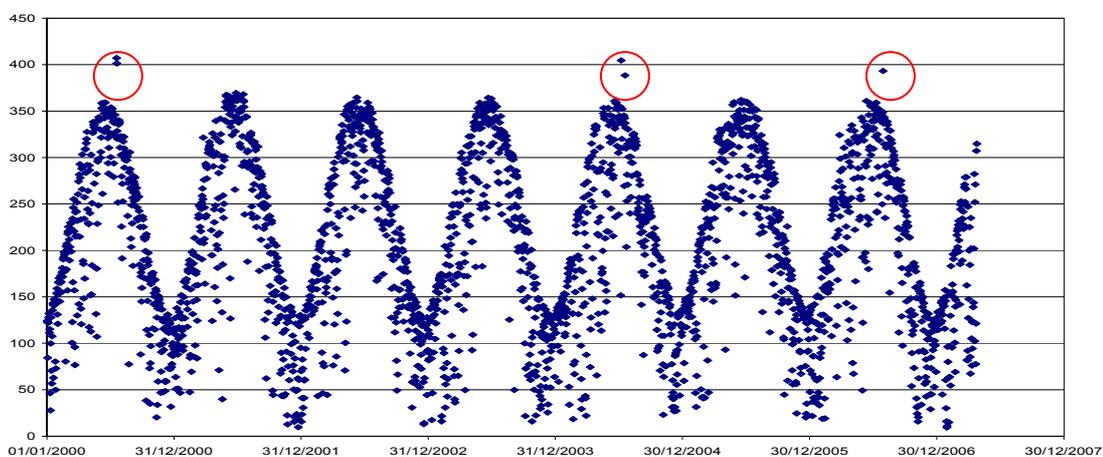
Codigo	Nombre	Frecuencia de muestreo (datos/hora)	Años de recopilación	Número de datos diarios utilizados
AL31	Totana	180	8	2780
AL51	Librilla	180	8	2833
CA12	UPCT - La Palma	180	2	584
CA21	Corvera	180	8	2780
CA42	Balsapintada	180	8	2778
CA52	La Aljorra	180	8	2762
CA72	Roche	180	8	2793
CA91	El Campillo	180	9	3133
CI32	Ulea	180	8	2788
CI52	Calasparra	180	9	3107
CR12	Barranda	180	9	3019
CR42	Moratalla	180	8	2822
JU12	C <sup>o</sup> del Judio	180	9	3126
JU42	Yecla Norte	180	7	2381
JU52	Yecla - Pinillos	180	8	2993
JU61	Jumilla	180	9	3198
LO11	Lorca	180	7	2536
LO21	Pozohiguera	180	7	2365
LO31	Aguilas	180	7	2764
LO41	La Paca	180	7	2793
LO61	Puerto Lumbreras	180	9	3124
MO12	Torres de Cotillas	180	8	2765
MO31	Llano de Molina	180	9	3042
MO41	Abanilla	180	9	2907
MO51	Fortuna	180	8	2824
MO61	Ojos	180	8	2830
MU21	Beniel - Los Alamos	180	7	2397
MU31	Sangonera La Verde	180	9	3182
MU62	La Alberca	180	9	3070
TP42	Torre Blanca	180	9	3146
TP81	Martínez del Puerto	180	8	2607
TP91	Torre Pacheco	180	2	643
GUA1	Guadalupe	60	10	3650

**Tabla 2. 2. Número de datos ‘útiles’ para cada estación meteorológica de medida.**

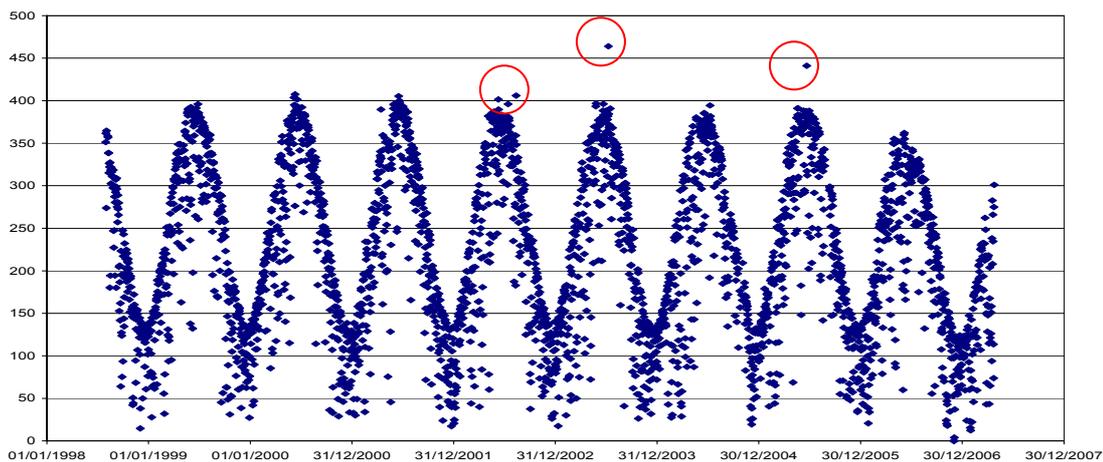
**Fuente: IMIDA y INM-Región de Murcia.**



### Corvera



### Lorca (La Paca)



### Yecla Norte

**Figura 2. 2. Representación gráfica de los datos de irradiación procedentes de tres estaciones de medida (Corvera, Lorca (La Paca) y Yecla-Norte). Marcados en círculo rojos se encuentran los datos desestimados en el proceso de depuración.**

## **Recopilación y búsqueda de otros datos necesarios**

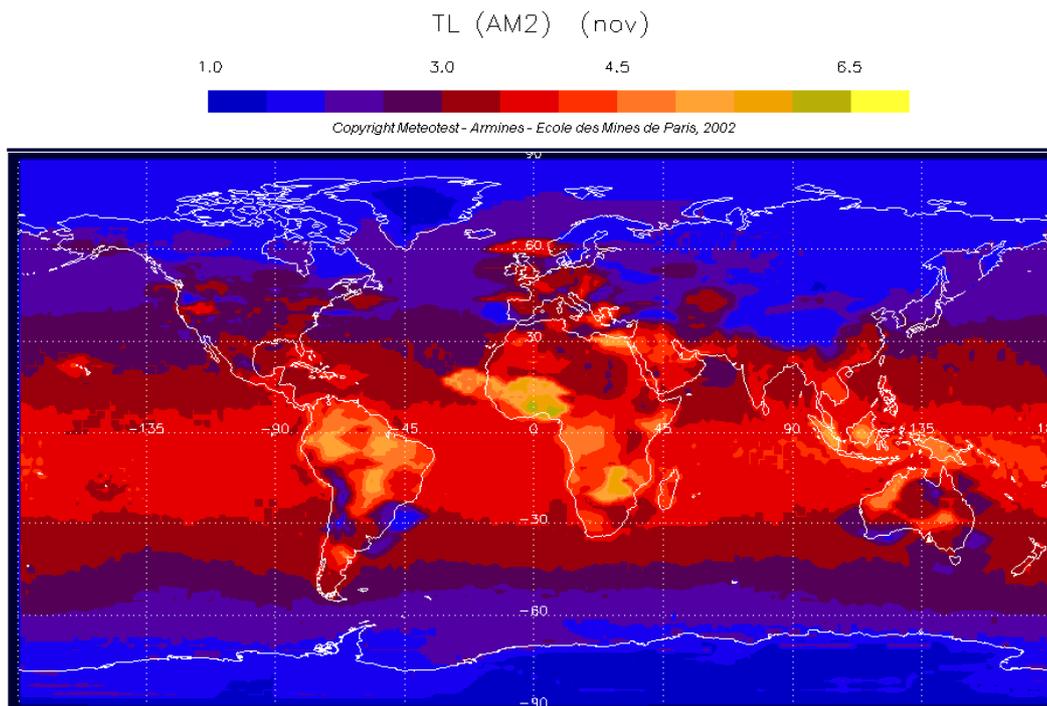
Ha sido necesaria la recopilación de otros datos, en este apartado se justifica y se muestra la procedencia de otros datos diferentes a la irradiación solar.

Para el cálculo de instalaciones de aprovechamiento solar es necesario conocer la **temperatura ambiente media** del lugar si se quiere realizar un buen dimensionamiento y/o protección de los captadores solares (colectores o placas FV). Esta variable se ha recopilado de las mismas instituciones propietarias de las estaciones de medida de irradiación solar, IMIDA e INM. Las propiedades y características de los sensores de temperatura utilizados se puede encontrar en la web del IMIDA (<http://siam.imida.es/siam.htm>) o bien un resumen de estas se encuentran en el ANEXO C.

Por otro lado para realizar un tratamiento correcto de los datos y correlacionar estos con los resultados de los modelos de irradiación ampliamente utilizados es necesaria la cuantificación de parámetros como los que siguen:

- Factor de Linke. Este factor cuantifica la turbidez del aire. Este factor es importante para cuantificar y modelar correctamente fenómenos, como la absorción y la dispersión de la irradiación solar que sufre la irradiación solar al traspasar la atmósfera terrestre. Este factor esta cuantificado mes a mes por el SoDa “*Services for Professionals in Solar Energy and Radiation*” y puede obtenerse en función de las coordenadas del lugar de la dirección <http://www.helioclim.net> . Un ejemplo de este factor para el mes de noviembre se muestra en la figura 2.3.
- Frecuencia de cielos soleados. Otro dato importante para tratar los datos de irradiación de manera correcta es la frecuencia de días soleados. Este datos se puede encontrar en las bases de datos procedentes de servidores de satélites. Se encuentra es porcentaje de probabilidad para cada mes en función de la latitud y longitud del lugar. Se ha realizado una interpolación cuadrática para obtener un valor medio válido en la región de Murcia. La tabla 2.3 muestra los resultados obtenidos del servidor web
- Horas de sol diarias. Este dato es más interesante que el anterior ya que nos proporciona más información y de una manera más directa. Para que estos datos puedan ser de utilidad tienen que ser recogidos directamente de las estaciones meteorológicas. En el proceso de obtención de los datos, se ha detectado que solamente la estación meteorológica del INM recoge las horas de sol, por lo tanto este dato no ha sido utilizado para realización de

los mapas pero si se utilizará en un proceso posterior de validación de los resultados obtenidos.



**Figura 2. 3. Factor de Linke, Factor de turbidez de la atmósfera para el mes de Noviembre a nivel mundial. Fuente: SoDa “Services for Professionals in Solar Energy and Radiation”**

Month	Frequency of Sunny Skies (%)
January	58.8
February	75.3
March	70.5
April	67.8
May	66.0
June	81.7
July	89.7
August	84.5
September	70.6
October	70.6
November	67.1
December	61.3
Year	72.9

**Tabla 2. 3. Frecuencia de cielo despejado para la región de Murcia. La información cubre desde la salida hasta la puesta de Sol y se ha calculado de información recogida desde el año 1996 hasta 2000. Fuente: “Satel-light Enterprise” y SoDa.**

### 3. Tratamiento de los datos

#### *Introducción*

El tratamiento de los datos y su utilización es una de las partes más relevantes del trabajo realizado. Un tratamiento de los datos correcto lleva asociado: una puesta en común de datos procedentes de diferentes fuentes, una depuración de estos, una adecuación de los datos para su uso en modelos y en sistemas de representación SIG; etc.

En este apartado se realiza un resumen del trabajo realizado para obtener una base de datos fiable con la que trabajar, se hacen unos pequeños apuntes del proceso de depuración de datos (anteriormente explicados); y se describen los modelos físico-matemáticos utilizados para el tratamiento de los datos de irradiación y de temperatura media a nivel superficial.

#### *Nomenclatura utilizada para la irradiación solar*

Antes de explicar el tratamiento realizado sobre los datos obtenidos es interesante explicar, identificar, separar y definir todos los parámetros utilizados para cuantificar la Irradiación (a veces nombrada radiación incorrectamente) Solar y/o Irradiancia Solar. Estos parámetros tienen varias acepciones en función del intervalo temporal considerado; de la disposición de superficie colectora considerada y; lo más importante, del tipo de irradiación (Global, Directa y Difusa) evaluada. La Tabla 3.1 sirve para identificar la simbología utilizada con la magnitud medida y las unidades empleadas.

<b>Símbolo</b>	<b>Magnitud</b>	<b>Unidad</b>
<b>G</b>	Irradiancia global sobre plano horizontal	$\text{W/m}^2$
<b>G<sub>b</sub></b>	Irradiancia directa sobre plano horizontal	$\text{W/m}^2$
<b>G<sub>d</sub></b>	Irradiancia difusa sobre plano horizontal	$\text{W/m}^2$
<b>G<sub>bn</sub></b> <b>G<sub>n</sub></b>	Irradiancia directa sobre plano perpendicular a la irradiación solar directa	$\text{W/m}^2$
<b>G<sub>β</sub></b>	Irradiancia global sobre plano inclinado β grados respecto a la horizontal	$\text{W/m}^2$
<b>G<sub>bβ</sub></b>	Irradiancia directa sobre plano inclinado β grados respecto a la horizontal	$\text{W/m}^2$
<b>G<sub>dβ</sub></b>	Irradiancia difusa sobre plano inclinado β grados respecto a la horizontal	$\text{W/m}^2$

<b>I</b>	Irradiación horaria global sobre plano horizontal	$\text{kJ/m}^2$
<b>I<sub>b</sub></b>	Irradiación horaria directa sobre plano horizontal	$\text{kJ/m}^2$
<b>I<sub>d</sub></b>	Irradiación horaria difusa sobre plano horizontal	$\text{kJ/m}^2$
<b>I<sub>bn</sub></b> <b>I<sub>n</sub></b>	Irradiación horaria directa sobre plano perpendicular a la irradiación solar	$\text{kJ/m}^2$
<b>I<sub>β</sub></b>	Irradiación horaria global sobre plano inclinado $\beta$ grados respecto a la horizontal	$\text{kJ/m}^2$
<b>I<sub>bβ</sub></b>	Irradiación horaria directa sobre plano inclinado $\beta$ grados respecto a la horizontal	$\text{kJ/m}^2$
<b>I<sub>dβ</sub></b>	Irradiación horaria difusa sobre plano inclinado $\beta$ grados respecto a la horizontal	$\text{kJ/m}^2$
<b>H</b>	Irradiación diaria global sobre plano horizontal	$\text{MJ/m}^2$
<b>H<sub>b</sub></b>	Irradiación diaria directa sobre plano horizontal	$\text{MJ/m}^2$
<b>H<sub>d</sub></b>	Irradiación diaria difusa sobre plano horizontal	$\text{MJ/m}^2$
<b>H<sub>bn</sub></b> <b>H<sub>n</sub></b>	Irradiación diaria directa sobre plano perpendicular a la irradiación solar	$\text{MJ/m}^2$
<b>H<sub>β</sub></b>	Irradiación diaria global sobre plano inclinado $\beta$ grados respecto a la horizontal	$\text{MJ/m}^2$
<b>H<sub>bβ</sub></b>	Irradiación diaria directa sobre plano inclinado $\beta$ grados respecto a la horizontal	$\text{MJ/m}^2$
<b>H<sub>dβ</sub></b>	Irradiación diaria difusa sobre plano inclinado $\beta$ grados respecto a la horizontal	$\text{MJ/m}^2$

**Tabla 3. 1. Identificación de todas las variables de medida e interpretación de la irradiación solar sobre la superficie de la Tierra con su símbolo y la unidad usual empleada.**

De todas las posibles opciones para expresar la irradiación solar, en el presente documento se ha realizado el estudio centrándose en la **irradiación diaria global, directa y difusa sobre plano horizontal**. Aunque para la descripción de los modelos SIG (“*Grass*” y “*r.sun*”) utilizados ha sido necesaria la utilización de variables de Irradiancia solar (G), debido a que estos modelos están basados en el tratamiento de variables de este tipo. Por otro lado, este documento también muestra valores de irradiación solar sobre plano inclinado, estos valores han sido obtenidos mediante la aplicación de los factores geométricos necesarios en el cálculo de irradiación sobre superficies inclinadas descritos en el libro de fundamentos de Javier Cañada de la UPV.

### *Factores a tener en cuenta en el tratamiento de los datos*

La irradiación solar medida en un lugar depende principalmente de los siguientes factores:

- **Factores astronómicos:** la declinación y la distancia del sol a la tierra varían a lo largo del año. Estos factores son fáciles de cuantificar aplicando las ecuaciones que describen el movimiento de traslación de la tierra respecto al sol, la ecuación de irradiación es función de la **constante solar**,  $1367 \text{ W/m}^2$  (el valor aceptado por el “*World Radiation Center*” (WRC)) y de la **posición relativa del lugar** de medida respecto al sol (o lo que es lo mismo, la declinación del Sol y la distancia de la Tierra al Sol, ambos son función del día del año).
- **Factores geográficos:** Estos factores son sobre todo la latitud y la longitud del lugar, no se puede olvidar la orografía del terreno y la altitud del lugar de medida ya que puede provocar sombras y reflejos que influyen a las medidas y, por lo tanto, a la irradiación disponible del lugar.
- **Factores meteorológicos:** Definidos principalmente por el estado del cielo. Por supuesto el estado del cielo es uno de los factores que más influye sobre el nivel de irradiación y el tipo disponible a nivel del suelo de ésta. El cielo despejado, por regla general, proporciona mayor proporción de irradiación directa que difusa, en cambio, con el cielo cubierto de nubes la ausencia de sombras nos hace indicar que la mayor parte de la irradiación recibida es del tipo difusa.

Los factores **geográficos** son constantes en el caso de no variar el posicionamiento de la estación de medida y que la orografía del terreno colindante no sea alterada de manera sensible. Los valores **astronómicos** son cíclicos a lo largo del año y están suficientemente caracterizados por las ecuaciones que definen el movimiento relativo del sol respecto a la tierra. En cambio, los factores de carácter **meteorológico** deben ser tratados mediante técnicas estadísticas debido a su carácter variable e impredecible.

### ***Modelo utilizado para el tratamiento de los datos***

Para el tratamiento de datos climatológicos es habitual elaborar bancos de datos con series de al menos 30 años de antigüedad. Las series de datos de irradiación disponibles en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia no superan, en ninguna de las estaciones meteorológicas, los 11 años. Además, las diferencias obtenidas en la comparación entre años de un día determinado son grandes, y los

datos diarios presentan una variabilidad notable a lo largo del año. Por lo tanto, no tiene sentido calcular únicamente un valor medio de irradiación obtenido mediante mínimos cuadrados. La estrategia seguida para el tratamiento de los datos ha sido la misma que la utilizada por Baldasano et al. en 2001 para la creación del “Atlas de radiación solar a Catalunya”. El tratamiento de los datos se ha realizado mediante la utilización de un modelo que se basa, en parte, en el estudio astronómico de la irradiación solar (descrito en el anexo B) y propuesto por Santabàrbara et al. (1996).

El tratamiento de los datos se puede dividir en tres fases. Una primera fase que consiste en la *obtención de la irradiación diaria con cielo claro a nivel del mar teniendo en cuenta solamente los factores astronómicos*; una segunda fase que consiste en la *obtención de la irradiación que contenga implícitamente los factores geográficos y meteorológicos* mediante el ajuste de los parámetros mediante técnicas estadísticas; y, por último, *obtención de la irradiación difusa* mediante la aplicación del modelo de Liu-Jordan, modelo ampliamente contrastado y admitido por la comunidad científica especialista en el análisis de la irradiación solar. Estas tres fases de tratamiento de los datos se describen detalladamente en el siguiente apartado.

## **Obtención de la irradiación global directa y difusa**

### *Obtención de la irradiación solar con cielo claro a nivel del mar*

En primer lugar se ha calculado la irradiación extraterrestre diaria media mensual sobre plano horizontal, para después aplicar calcular la dependencia temporal de la irradiación a nivel del mar mediante un modelo simplificado para latitudes cercanas a la región de Murcia.

La irradiación extraterrestre diaria media mensual sobre plano horizontal se ha obtenido utilizando la expresión siguiente:

$$\bar{H}_0 = \frac{24,3,6}{\pi} G_{sc} E_0 \left[ \cos \varphi \cos \delta \operatorname{sen} \omega_s + \frac{\pi \omega_s}{180} \operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} \delta \right] \quad \text{Ec.3.1}$$

donde

$G_{sc}$ : es la constante solar cuyo valor es  $1367 \text{ W/m}^2$

$\omega_s$ : ángulo horario correspondiente a la salida del sol en un lugar de latitud  $\varphi$  expresado en grados sexagesimales.

El ángulo horario correspondiente a la salida del sol se relaciona con la declinación solar mediante la ecuación siguiente:

$$\omega_s = \arccos(-\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta).$$

$\delta$ : es la declinación solar para cada día del año.

$$\delta = 23,45 \operatorname{sen} \left( \frac{360}{365} (D + 284) \right).$$

$E_0$ : corrección por excentricidad de la órbita terrestre,

$$E_0 = 1 + 0,033 \cos \left( \frac{360}{365} D \right).$$

$\varphi$ : latitud del lugar donde se realiza el cálculo.

$D$ : día juliano correspondiente al día de cálculo.

La conclusión básica del estudio astronómico de la irradiación solar es que la dependencia temporal de la irradiación diaria solar a nivel del mar, en el caso de cielo siempre claro (total ausencia de nubes)  $H_0$  y para las latitudes medias (30-50°), como la de la Región de Murcia, se puede aproximar a una expresión analítica del tipo.

$$H_0 = H_M + A_0 \times \cos \left[ \left( \frac{2\pi}{365.25} \right) \times D + B_0 \right] \quad \text{Ec.3.2}$$

Donde:

**D** = Día Juliano

**H<sub>M</sub>** = Media anual de la irradiación diaria

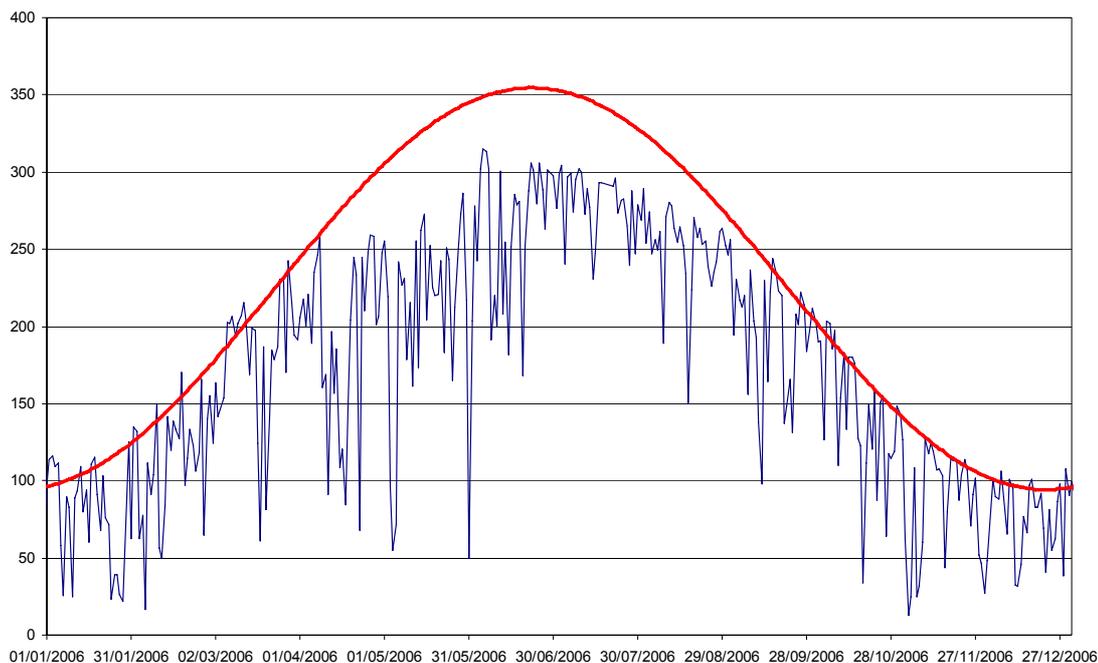
**A<sub>0</sub>** = Amplitud de la variación anual de la irradiación diaria

**B<sub>0</sub>** = Factor que corrige el desfase provocado por iniciar el calculo el día 1 de enero

La curva generada para esta expresión es de bastante utilidad para desechar los valores incorrectos en la medida de la irradiación en cada una de las estaciones (anteriormente explicado en el apartado Filtrado y depuración de los datos)

Es importante remarcar que la expresión Ecu.2.1 no tiene en cuenta ninguno de los valores medidos, por lo tanto no tiene en cuenta factores del tipo geográfico y/o meteorológico, solamente tiene en cuenta los factores astronómicos.

La figura 3.1 muestra la comparación entre los resultados medidos en la estación de la UPCT en el campus de La Palma con la evolución de la irradiación mediante el uso de la ecuación 3.1. Esta ecuación es válida para realizar un filtrado de las medidas que se sobrepasen la curva por encima de la misma.



**Figura 3. 1. Comparación entre la irradiación solar con cielo claro a nivel del mar y irradiación global medida en la estación de UPCT-La Palma.**

*Obtención de la irradiación solar global para cada estación de medida*

El paso siguiente es considerar una expresión del mismo tipo pero obtenida partiendo de los datos medidos en cada una de las estaciones de medida.. Así, la curva obtenida tendrá incluida de manera implícita los factores geográficos y meteorológicos del lugar sujeto a estudio (estación meteorológica en particular). La expresión propuesta por el modelo es la siguiente:

$$\bar{H}=M+A \times \cos \left[ \left( \frac{2 \pi}{365.25} \right) \times D+B \right] \quad \text{Ec.3.3}$$

Donde:

$\bar{H}$  = Irradiación global diaria media sobre plano horizontal

**D** = Día Juliano

**M** = Media anual de la irradiación diaria **para el lugar estudiado**

**A**= Amplitud de la variación anual de la irradiación diaria **para el lugar**

**B**= Factor que corrige el desfase provocado por iniciar el cálculo el día 1 de enero **para el lugar sujeto a estudio**

Los parámetros **M**, **A** y **B** son exclusivos para cada estación de recogida de datos y se obtienen del ajuste estadístico mediante la técnica de mínimos cuadrados utilizando la base de datos procedente de cada una de las estaciones meteorológicas.

Una vez se han ajustado los datos de todas las estaciones, se obtiene una base de datos con los parámetros M, A y B para todas los puntos de medida y mediante técnicas de interpolación espacial se obtienen mapas de irradiación global en toda la superficie de la región de Murcia, estos mapas se encuentran representados en los siguientes apartados.

#### *Obtención de la irradiación solar difusa y directa para cada estación.*

La irradiación difusa es aquella que no proviene directamente del disco solar (irradiación solar que ha sufrido procesos de dispersión por los componentes de la atmósfera y proviene de todos los puntos de la bóveda celeste), este tipo de irradiación es importante sobre todo a la hora de calcular la irradiación incidente sobre superficies inclinadas. La medida de irradiación difusa se realiza con el mismo tipo de aparato que la irradiación global, el piranómetro en dirección a la bóveda celeste, pero manteniendo este bajo una banda de sombra que cubre el movimiento del disco solar para cada día de medida.

Una vez se obtiene la irradiación global y la irradiación difusa, la forma de obtener la irradiación directa es mediante la resta aritmética de ambas ( $H_b = H - H_d$ ), ya que la irradiación recibida por un piranómetro sin banda de sombra será la suma de la irradiación directa en plano horizontal más la irradiación difusa de toda la bóveda celeste.

Los datos de irradiación difusa pueden tener los mismos problemas que la irradiación global, ya que se mide con el mismo tipo de aparato. Además no todas las estaciones de medida disponen de piranómetro para la medida de irradiación difusa, en nuestro caso solamente 5 de las estaciones meteorológicas registran la irradiación difusa. Este hecho conlleva que el análisis y tratamiento de los datos debe de ser mucho más cuidadoso.

Para el tratamiento de los datos se ha utilizado el modelo desarrollado por Liu-Jordan en 1960. Este modelo está altamente contrastado y validado por diferentes autores desde su publicación. El modelo utiliza conjuntamente valores medidos de irradiación global y difusa y los relaciona con la irradiación extraterrestre obtenida a través del análisis astronómico. El modelo propone la expresión siguiente:

$$\frac{H_{D_0}}{H_0} = J_1 - J_2 \frac{H_{D_0}}{H_\infty} + J_3 \left( \frac{H_{D_0}}{H_\infty} \right)^2 - J_4 \left( \frac{H_{D_0}}{H_\infty} \right)^3 \quad \text{Ec.3.4}$$

Donde:

$H_{D_0}$  = Irradiación difusa medida en cada estación sujeta a estudio.

$H_0$  = Irradiación global medida en cada estación sujeta a estudio.

$H_\infty$  = Irradiación solar extraterrestre

$J_1, J_2, J_3$  y  $J_4$  = Parámetros de ajuste de la ecuación dependientes de cada estación de medida

El valor promedio de los coeficientes de ajuste para todas las estaciones donde se ha tomado la medida de irradiación difusa es el siguiente:

$$J_1 = 0.417127806$$

$$J_2 = 0.29166985$$

$$J_3 = 1.87634434$$

$$J_4 = 1.74839097$$

Los valores para cada una de las estaciones, junto con los parámetros utilizados para la irradiación global se encuentran representados en la Tabla 3.2. Las estaciones marcadas en negrita son las únicas, de toda la red de medida, donde se dispone de datos fiables de irradiación difusa. Con los datos procedentes de estas estaciones se ha hecho una extrapolación de las medidas para poder realizar mapas con un nivel mayor de detalle.

Un ejemplo de aplicación de las expresiones Ec. 3.3 y 3.4 es poder calcular la media mensual y/o diaria de la irradiación solar para cada estación. Esto se hace de forma tan simple como dando el valor D que corresponde a todos los días de cada mes y calcular la media de las radiaciones obtenidas.

Se han representado las curvas generadas a partir de las Ec. 3.3 y 3.4 con los parámetros ajustados y se han comparado con la nube de puntos que representan las medidas recogidas por las estaciones. En los gráficos representados, en la figura 3.2, se puede observar la bondad del ajuste realizado y la pequeña variabilidad que presenta la irradiación difusa dependiendo del lugar donde se haya realizado la medida.

En la figura 3.3 se ha representado la irradiación global registrada en cada una de las estaciones meteorológicas y se ha comparado con la curva obtenida de la ecuación 3.3, además se ha representado la irradiación difusa obtenida de la ecuación

3.4 con el objeto de comparar la diferencia en magnitud que existe entre la irradiación global y la irradiación difusa.

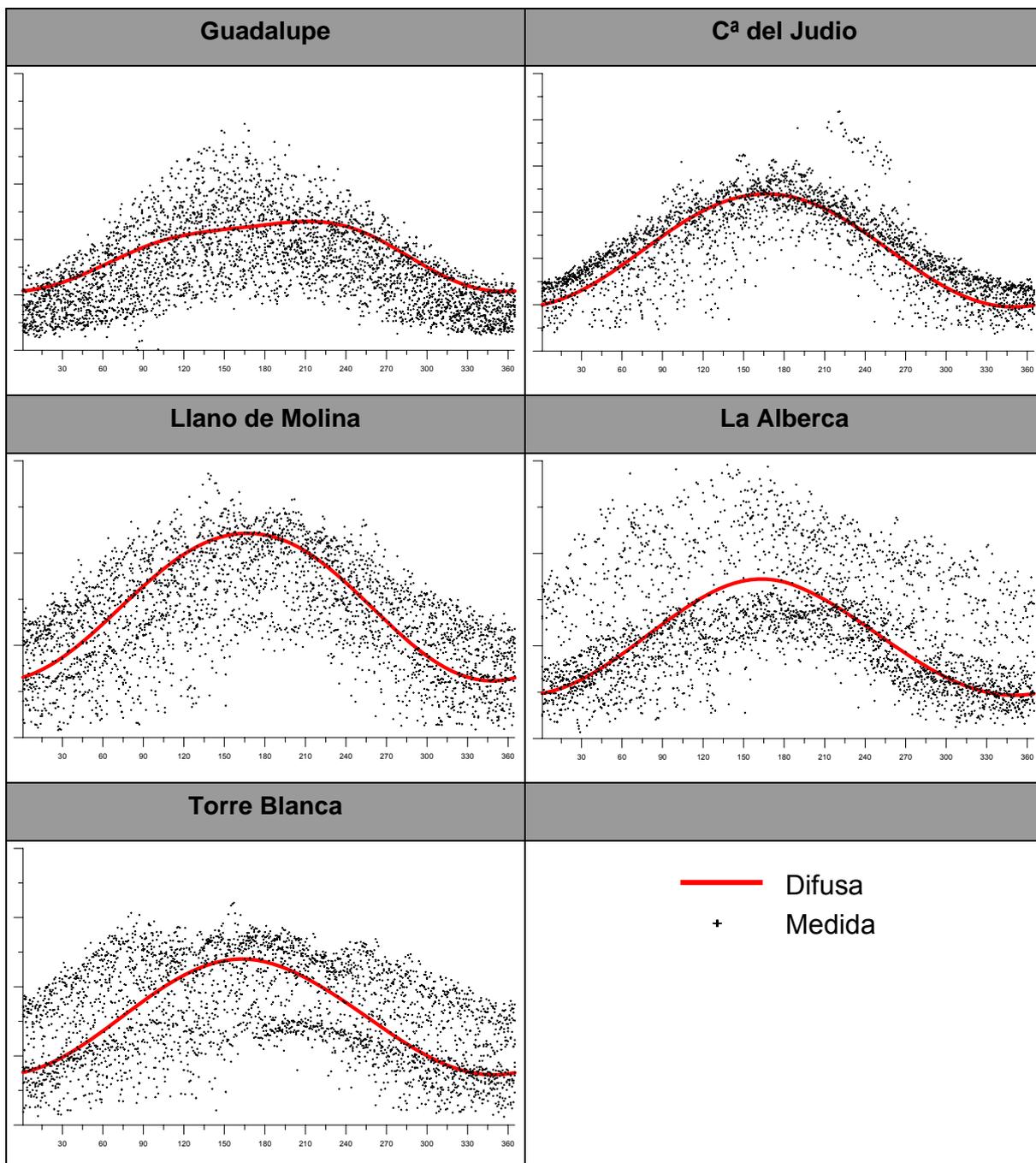
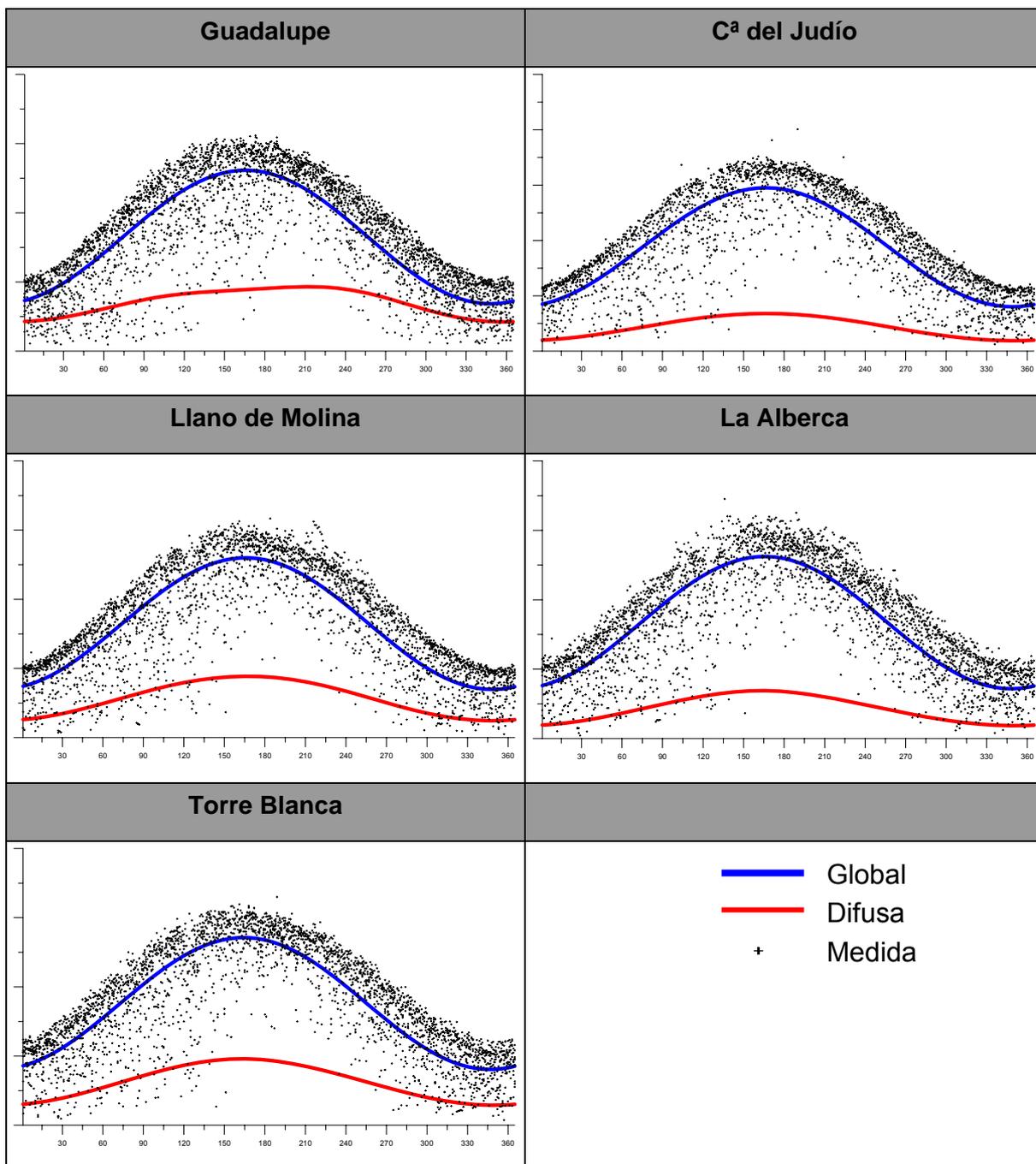


Figura 3. 2. Comparación entre la *irradiación difusa medida* en diferentes estaciones y las *curvas de irradiación difusa obtenida* tras el ajuste de los parámetros de la ecuación 3.4.



**Figura 3. 3. Comparación entre la *irradiación global medida* en diferentes estaciones y las *curvas de irradiación global y difusa obtenida* tras el ajuste de los parámetros de las ecuaciones 3.3 y 3.4.**

Código	Emplazamiento	Parámetros de Irradiación global			Parámetros de Irradiación Difusa			
		M	A	B	J1	J2	J3	J4
AL31	Sotana	17.3512287	9.6804611	3.417603	0.3272163	1.4254461	-4.4755865	3.6089248
AL51	Librilla	16.8568788	9.8303524	3.4220721	0.3648796	0.4254933	-2.6507905	2.7289913
CA12	UPCT - La Palma	14.5386156	8.4319868	3.3259052	0.3272163	1.4254461	-4.4755865	3.6089248
CA21	Corvera	17.1926934	9.6213483	3.4334204	0.3272163	1.4254461	-4.4755865	3.6089248
CA42	Balsapintada	16.9140664	9.6563959	3.4428727	0.3272163	1.4254461	-4.4755865	3.6089248
CA52	La Aljorra	16.6742328	9.5300541	3.4341143	0.3272163	1.4254461	-4.4755865	3.6089248
CA72	Roche	17.059481	9.3772236	3.465595	0.3272163	1.4254461	-4.4755865	3.6089248
CA91	El Campillo	17.3557775	9.6710923	3.4174394	0.3272163	1.4254461	-4.4755865	3.6089248
CI32	Ulea	17.5983956	9.989423	3.4151842	0.494707	-1.0864082	1.5309554	-0.7406922
CI52	Calasparra	16.0017213	9.6082297	3.4302632	0.494707	-1.0864082	1.5309554	-0.7406922
CR12	Barranda	15.9542597	9.5902188	3.4221172	0.494707	-1.0864082	1.5309554	-0.7406922
CR42	Moratalla	17.266218	9.844351	3.4083433	0.494707	-1.0864082	1.5309554	-0.7406922
<b>JU12</b>	<b>C<sup>a</sup> del Judio</b>	<b>18.7723772</b>	<b>10.7461965</b>	<b>3.4217015</b>	<b>0.494707</b>	<b>-1.0864082</b>	<b>1.5309554</b>	<b>-0.7406922</b>
JU42	Yecla Norte	17.4773592	9.3417646	3.3711342	0.494707	-1.0864082	1.5309554	-0.7406922
JU52	Yecla - Pinillos	15.7755742	9.7441837	3.3841022	0.494707	-1.0864082	1.5309554	-0.7406922
JU61	Jumilla	14.0239201	8.4818597	3.4111745	0.494707	-1.0864082	1.5309554	-0.7406922
LO11	Lorca	16.425143	9.5487287	3.4151237	0.3272163	1.4254461	-4.4755865	3.6089248
LO21	Pozohiguera	17.3916954	9.7870401	3.4201264	0.3272163	1.4254461	-4.4755865	3.6089248
LO31	Aguilas	17.59608	9.4666242	3.4394956	0.3272163	1.4254461	-4.4755865	3.6089248
LO41	La Paca	17.6318973	9.8438499	3.4095726	0.3272163	1.4254461	-4.4755865	3.6089248
LO61	Puerto Lumbreras	16.5841103	9.3438204	3.4407907	0.3272163	1.4254461	-4.4755865	3.6089248
MO12	Torres de Cotillas	17.3286004	9.7251898	3.3239216	0.494707	-1.0864082	1.5309554	-0.7406922
<b>MO31</b>	<b>Llano de Molina</b>	<b>16.4814725</b>	<b>9.5124859</b>	<b>3.4347385</b>	<b>0.494707</b>	<b>-1.0864082</b>	<b>1.5309554</b>	<b>-0.7406922</b>

MO41	Abanilla	14.7339463	8.1572839	3.4517471	0.494707	-1.0864082	1.5309554	-0.7406922
MO51	Fortuna	16.2628092	9.4241107	3.435052	0.494707	-1.0864082	1.5309554	-0.7406922
MO61	Ojos	17.0788551	9.5344962	3.4249963	0.494707	-1.0864082	1.5309554	-0.7406922
MU21	Beniel - Los Álamos	16.3650991	9.5420779	3.4494572	0.3648796	0.4254933	-2.6507905	2.7289913
MU31	Sangonera La Verde	15.478066	8.784109	3.4506216	0.3648796	0.4254933	-2.6507905	2.7289913
<b>MU62</b>	<b>La Alberca</b>	<b>16.7009386</b>	<b>9.5286986</b>	<b>3.438201</b>	<b>0.3648796</b>	<b>0.4254933</b>	<b>-2.6507905</b>	<b>2.7289913</b>
<b>TP42</b>	<b>Torre Blanca</b>	<b>17.5930557</b>	<b>9.52575957</b>	<b>3.45926573</b>	<b>0.3272163</b>	<b>1.4254461</b>	<b>-4.4755865</b>	<b>3.6089248</b>
TP81	Martínez del Puerto	16.3841842	9.8219968	3.4148217	0.3272163	1.4254461	-4.4755865	3.6089248
TP91	Torre Pacheco	13.8579084	8.3918408	3.3496026	0.3272163	1.4254461	-4.4755865	3.6089248
<b>Gua1</b>	<b>Guadalupe</b>	<b>16.5014295</b>	<b>9.6492555</b>	<b>3.4355914</b>	<b>0.9662637</b>	<b>0.664747</b>	<b>-4.0848239</b>	<b>2.2760634</b>

**Tabla 3. 2. Parámetros de ajuste de obtenidos para la irradiación directa y difusa para cada una de las estaciones de medida. Parámetros de las ecuaciones 3.3 y 3.4.**

### ***Obtención de la temperatura media diaria***

Para el cálculo de la temperatura media diaria a nivel superficial se dispone de una serie temporal de datos a lo largo de varios años de muestreo en cada una de las estaciones meteorológicas anteriormente mencionadas. Con esta serie temporal se ha realizado un ajuste estadístico del mismo estilo al utilizado para la obtención de la irradiación global.

Para la obtención de la función estadística más apropiada para la modelización de la temperatura se han seguido los siguientes pasos. En primer lugar se ha calculado la temperatura media de cada día y de cada estación de medida, con estas medias se ha calculado la media a lo largo de los años de los que se dispone medidas. Utilizando estos valores como valores objetivo, y con todas series temporales medidas se ha realizado un análisis estadístico del tipo ANOVA (Análisis de la Varianza) mediante las librerías de cálculo IMSL, librerías implementadas en el programa *Developer Studio* ©. Mediante el *Developer Studio* © se ha programado, en el lenguaje de programación Visual Fortran, una aplicación capaz de obtener los parámetros de la función más apropiada para la temperatura media diaria.

Según el análisis ANOVA y sobre todo la bibliografía consultada, la función más apropiada para la temperatura media diaria debe tener como mínimo; un término medio fijo debido al área cálida para la cual se realiza el cálculo, latitudes cercanas a

los 40°; por otro lado debe tener un término dependiente del día año, del mismo modo que en el caso de la irradiación global, este término será del tipo senoidal; y, por último, un término de ajuste sobre la desviación posible a serie temporal.

Con todo lo dicho se obtiene que esta función tenga una forma similar a la utilizada para el cálculo de la irradiación global media diaria, por supuesto, con parámetros de ajuste diferentes:

$$\bar{T} = T_M + T_A \times \cos \left[ \left( \frac{2\pi}{365.25} \right) \times D + T_B \right] \quad \text{Ec.3.5}$$

Siendo:

$\bar{T}$  = Temperatura diaria media a nivel de la superficie

D = Día Juliano

$T_M$  = Media anual de la temperatura diaria para el lugar estudiado

$T_A$  = Amplitud de la variación anual de la Temperatura diaria para el lugar

$T_B$  = Factor que corrige el desfase provocado por iniciar el cálculo el día 1 de enero para el lugar sujeto a estudio

El valor promedio de los coeficientes de ajuste para todas las estaciones donde se ha tomado la medida es el siguiente:

$$T_M = 16.709353$$

$$T_A = 8.540308418$$

$$T_B = 2.915550048$$

En la tabla 3.3 se muestran los parámetros de la ecuación 3.5 obtenidos de para cada una de las estaciones de medida. Una forma de comprobar la consistencia de la correlación elegida es mediante la comparación de los parámetros obtenidos para cada estación con los parámetros medios, se observa que existe un nivel de varianza bajo, lo que nos lleva a pensar en lo consistente de la correlación.

Código	Emplazamiento	Parámetros de Temperatura media diaria		
		$T_M$	$T_A$	$T_B$
AL31	Sotana	16.6787391	8.436983	2.9142238
AL51	Librilla	17.1647676	8.5863201	2.9261178
CA12	UPCT - La Palma	17.4676627	7.8813423	2.8921322
CA21	Corvera	17.1087351	7.946457	2.8805345

CA42	Balsapintada	17.1743524	8.3508872	2.882404
CA52	La Aljorra	17.4707058	7.8344485	2.856199
CA72	Roche	17.2051746	7.7533303	2.8485785
CA91	El Campillo	17.381691	8.3831529	2.9038235
CI32	Ulea	16.8603691	8.5113843	2.9281672
CI52	Calasparra	16.3302953	9.7581206	2.9855845
CR12	Barranda	12.5808302	9.1008209	2.9424775
CR42	Moratalla	15.477021	9.3091126	2.9408925
JU12	C <sup>a</sup> del Judío	15.5617422	9.0119247	2.9573457
JU42	Yecla Norte	13.9980274	9.3290712	2.9527986
JU52	Yecla - Pinillos	14.5329077	9.2507889	2.9768628
JU61	Jumilla	16.695544	9.7005163	2.9695975
LO11	Lorca	16.5691653	8.9163925	2.9121398
LO21	Pozohiguera	16.2682347	8.288988	2.9043525
LO31	Águilas	18.1338082	7.454142	2.8330426
LO41	La Paca	14.376019	8.9020964	2.9304546
LO61	Puerto Lumbreras	16.5603238	8.9011505	2.9575745
MO12	Torres de Cotillas	17.5487288	8.2362856	2.918409
MO31	Llano de Molina	16.6265034	8.8926416	2.9417652
MO41	Abanilla	16.9638715	8.1939865	2.8993615
MO51	Fortuna	17.5220957	8.2133953	2.9056501
MO61	Ojos	18.2102055	8.2140373	2.9128429
MU21	Beniel - Los Álamos	17.1297236	8.5274634	2.9193807
MU31	Sangonera La Verde	18.8742532	8.6920067	2.9342768
MU62	La Alberca	18.0468926	8.8879487	2.9470716
TP42	Torre Blanca	16.5488857	7.9646603	2.8622786

TP81	Martínez del Puerto	16.844607	8.1887913	2.8735671
TP91	Torre Pacheco	17.4197783	7.9798781	2.8972481
Gua1	Guadalupe	18.0769874	8.2316528	2.9059964

**Tabla 3. 3. Parámetros de ajuste de obtenidos para la irradiación directa y difusa para cada una de las estaciones de medida. Parámetros para la ecuación 3.5.**

## 4. Procesado de los resultados mediante técnicas SIG (Sistemas de Información Geográfica)

### **Introducción**

Un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS en las siglas inglesas) es a menudo descrito como una integración de datos, hardware y software diseñado para gestionar, procesar, analizar y visualizar datos espacialmente referenciados (Neteler y Mitasova, 2002).

Las capacidades o funciones de un SIG según Bosque Sendra (2000) son:

- **Incorporación/importación de información:** Son los procedimientos que permiten convertir la información geográfica del formato analógico al formato digital que puede manejar el ordenador. También se incluyen los procedimientos de verificación y eliminación de errores o redundancia en la información.
- **Salida/representación gráfica y cartográfica de la información:** Permiten la representación al usuario de los propios datos incorporados en la base de datos del SIG y los resultados de las operaciones analíticas realizadas sobre ellos. Visualizan mapas, gráficos, tablas numéricas, etc.
- **Gestión de la información espacial:** Con las cuales se extraen de la base de datos las porciones que interesan en cada momento, y es posible reorganizar todos los elementos integrados en ella de diversas maneras.
- **Funciones analíticas:** Facilitan el procesamiento de los datos integrados en el SIG de modo que sea posible obtener mayor información, y con ella mayor conocimiento del que inicialmente se disponía. Los SIG contienen una amplia variedad de funciones analíticas para manipular datos espaciales. Pueden sumar, restar, multiplicar y dividir. También permiten llevar a cabo análisis estadísticos incluyendo correlación espacial y regresión, calcular distancias y áreas, e incluso hacer interpolación matemática.

Las áreas de uso de un SIG son muy variadas (Bosque S., 2000): desde el inventario de recursos naturales y humanos hasta el control y gestión de datos catastrales y de propiedad urbana y rústica (catastro multipropósito), planificación y gestión urbana y de equipamientos, cartografía y control de grandes instalaciones (red telefónica, redes de abastecimiento y evacuación de aguas, redes de transportes...), marketing geográfico, hidrología e hidráulica, etc. En realidad, un SIG es útil en cualquier área donde sea necesario el manejo de información espacial, cómo en el

caso que nos ocupa al representar la radicación solar en el ámbito territorial de la Región de Murcia. En este caso el SIG utilizado es el GRASS, un software libre de aplicaciones medioambientales.

### ***Modelo SIG GRASS***

El SIG GRASS (Geographical Resources Analysis Support System) presenta una estructura vectorial/ráster combinada con un procesador integrado de imágenes y subsistemas de visualización de datos. Incluye más de 350 módulos para gestionar, procesar, analizar y visualizar datos georreferenciados (Neteler y Mitasova, 2002). Permite trabajar con datos de tipo ráster, vectorial y puntual, además presenta capacidades para el procesamiento de imágenes satélite y fotos aéreas.

### ***EVOLUCIÓN***

GRASS fue desarrollado en 1982-1995 por el Army Construction Engineering Research Laboratory (CERL) de EE.UU. en Champaign. Durante los años ochenta, CERL publicó GRASS con su código de procedencia completo en Internet. La expansión y el auge de Internet ayudó a establecer un universo de GRASS. En 1995 CERL se retiró del desarrollo de GRASS. Desde 1997, el GRASS Development Team con desarrolladores en todo el mundo continuó el progreso de GRASS. En 1997, GRASS 4.2 fue publicado por la Universidad de Baylor. En 1998, GRASS 4.2.1 basado en el anterior.

El desarrollo de las nuevas versiones de GRASS puede conocerse mejor al consultar Neteler y Mitasova (2002).

La liberación de GRASS 5.0 bajo la GNU GPL (General Public License) en octubre de 1999 protege a los autores del software del mal uso de sus desarrollos, mientras que ofrece un código abierto. Los usuarios pueden analizar los métodos usados internamente, comprender su funcionamiento, modificar los programas para encontrar sus necesidades y corregir o poner al día los módulos (Neteler y Mitasova, 2002).

GRASS es un paquete de software diseñado para ejecutarse bajo varios sistemas operativos sujetos a UNIX, tales como Linux, SUN-Solaris, Iris, MacOS X, así como en plataforma MS-WindowsNT/2000/XP.

## *ORGANIZACIÓN DE LA BASE DE DATOS GRASS*

Los datos de GRASS son almacenados en un directorio referido como DATABASE. Este directorio ha de ser creado antes de comenzar a trabajar con GRASS. En él, los proyectos son organizados por áreas o subproyectos almacenados en subdirectorios llamados LOCATIONS. Cada LOCATION se define por su sistema de coordenadas, proyección y límites geográficos. El subdirectorio y los archivos que definen una LOCATION son creados automáticamente cuando GRASS utiliza por primera vez esta LOCATION. Cada LOCATION tiene varios MAPSETs, son estos MAPSETs los que manejan las capas de mapas para los diferentes de usuarios que trabajan en un proyecto.

El concepto LOCATION con múltiples MAPSETs apoya en este sentido el trabajo en equipo. Además del acceso a su propio MAPSET cada usuario tiene también acceso a la lectura de las capas de mapas de otros MAPSETs. Sin embargo, únicamente puede modificar o borrar las capas de mapas de su MAPSET. Con la creación de una LOCATION, GRASS automáticamente crea un MAPSET llamado PERMANENT, donde los datos esenciales del proyecto pueden ser almacenados y protegidos contra escritura. Los datos contenidos en este MAPSET (PERMANENT) sólo pueden ser borrados por el usuario propietario, sin embargo, los otros usuarios pueden acceder a ellos, analizarlos y copiarlos a sus propios MAPSET para trabajar con ellos.

## *ESTRUCTURA DE COMANDOS*

Las capas de mapas almacenadas en los MAPSETs son gestionadas, visualizadas, procesadas y analizadas usando comandos de GRASS. Esto se puede hacer a través de la línea de comandos, de la interfaz gráfica o de un diálogo interactivo.

### ***El modelo r.sun***

Es un comando (modelo) que calcula radiación difusa, directa y radiación solar reflejada para un día dado, para una latitud, superficie y condiciones atmosféricas específicas, ya que r.sun es una herramienta eficiente para la estimación de la radiación solar para cielo claro y con cobertura de nubes.

La geometría solar que el modelo implementa está basada en los trabajos de Krcho (1990), mejorados tiempo después por Jenco (1992). Las ecuaciones que describen la posición del Sol y la Tierra así como de la interacción de la radiación solar con la atmósfera, estaban en un primer momento basadas en las fórmulas sugeridas por

Kitler y Mikler (1986), y fue puesto al día por los resultados y las sugerencias del grupo de trabajo coordinado por Scharmer y Greif (2000) en el proyecto ESRA (European Solar Radiation Atlas). El modelo calcula las tres componentes de radiación global (directa, difusa y reflejado) para condiciones de cielo limpio, p. ej. sin tener en cuenta la variación espacial y temporal de nubes.

El grado y la resolución espacial del área modelada, así como la integración en el tiempo, son limitados sólo por la memoria y las fuentes de datos. El modelo se ha desarrollado para completar necesidades de los usuarios en distintas disciplinas y en diferentes resoluciones espaciales.

El r.sun trabaja en dos posibles modos, el primero calcula para la hora local, el ángulo de incidencia y los valores de irradiación solar [ $\text{Wm}^{-2}$ ]. En el segundo modo calcula las cantidades de radiación solar diarias [ $\text{Whm}^{-2}\text{día}^{-1}$ ], forma en la que se han obtenido los mapas que se presentan en este trabajo. Podemos encontrar más detalles del comando en [http://grass.itc.it/gdp/html\\_grass5/html/r.sun.html](http://grass.itc.it/gdp/html_grass5/html/r.sun.html)

La integración del modelo r.sun en el SIG GRASS permite el uso de herramientas de interpolación necesarias para tratamiento de previo de los datos, aunque para ello es necesario disponer de un número suficiente de datos. Es un modelo especialmente apropiado para grandes áreas con orografía complicada ya que todas las variables espaciales a tener en cuenta como parámetros de entrada pueden ser definidas como mapas en formato ráster (Hofierka, J. y Suri, M., 2004). La utilización de modelos digitales del terreno permite simular la dinámica de la radiación influenciada por el terreno, incluido el efecto del sombraje, con una alta precisión.

### ***Implementación del modelo***

La implementación del modelo r.sun conlleva el cálculo de diferentes ecuaciones para la obtención de las capas ráster de radiación Directa, difusa y global. A continuación se explica de forma esquemática el procedimiento de cálculo del modelo de radiación solar r.sun.

#### ***CÁLCULO DE RADIACIÓN DIRECTA***

Para la distancia media entre la Tierra y el Sol la irradiancia directa (constante solar  $I_0$ ) es  $1,367 \text{ Wm}^2$ . Debido a que la órbita terrestre es ligeramente excéntrica debe aplicarse un factor de corrección que tenga en cuenta la variación de la distancia entre los dos cuerpos celestes, que varía significativamente a lo largo del año. Así,  $E$  es aplicado como factor de corrección para el cálculo de la Irradiancia Extraterrestre Directa sobre plano horizontal  $G_0$ :

$$G_0 = I_0 \varepsilon$$

Donde:

$$\varepsilon = 1 + 0.03344 \cos(D - 0.048869)$$

y  $D$  es el día juliano, número de día del año que varía entre 1 (para el primero de Enero) a 365 ó 366 (31 de Diciembre).

Así,  $G_b$  se ve afectada por la atmósfera totalmente despejada de nubes, calculándose como sigue:

$$G_b = G_0 \exp\{-0.866 T_{LK} m \delta(m)\}$$

Donde:

$T_{LK}$  : Factor de Turbidez Atmosférico de Linke de la masa de aire (adimensional)

$m$  : Hace referencia a la óptica de la masa de aire, cantidad de masa de aire que atraviesa la irradiación solar hasta la superficie, teniendo en cuenta la refracción de la radiación por atravesar medios distintos.

$\delta_R(m)$ : Espesor óptico de Raylight de la masa de aire

Para más detalles sobre el procedimiento de cálculo se puede consultar Suri y Hofierka (2004).

### **CÁLCULO DE RADIACIÓN DIFUSA**

A medida que el cielo se va haciendo más turbio, la radiación difusa se incrementa mientras que la directa disminuye.

La estimación de la componente difusa de la radiación sobre plano horizontal  $D_{hc}$  se obtiene como un producto de  $G_0$ , de una función de transmisión difusa  $T_n$  (únicamente dependiente del Factor de Turbidez Atmosférico de Linke (TLK)), y de una función de altitud solar difusa  $F_d$  dependiente de la altitud solar  $h_0$ :

$$G_d = G_0 T_n(T_{LK}) F_d(h_0)$$

Finalmente, la radiación global sobre plano horizontal viene dada como la suma de las componentes directas y difusas:

$$G = G_b + G_d$$

Igualmente se puede consultar más detenidamente Suri y Hofierka (2004) para conocer más detalladamente el cálculo de esta componente.

### *CALCULO DE RADIACIÓN BAJO CIELO CUBIERTO*

El cálculo de la radiación directa y difusa con cielo cubierto se realiza a partir de los mapas ráster originados para cielo totalmente claro mediante la aplicación de un factor que parametriza la atenuación producida por la cubierta de nubes.

Para la obtención de la radiación global sobre plano horizontal para condiciones de cielo nublado, los valores de radiación para cielo claro  $G$  se multiplican por el índice  $k_c$ :

$$G_c = G k_c$$

El índice  $k_c$  representa la transmisión atmosférica expresada como un ratio entre la radiación global horizontal para cielo nublado y para cielo claro:

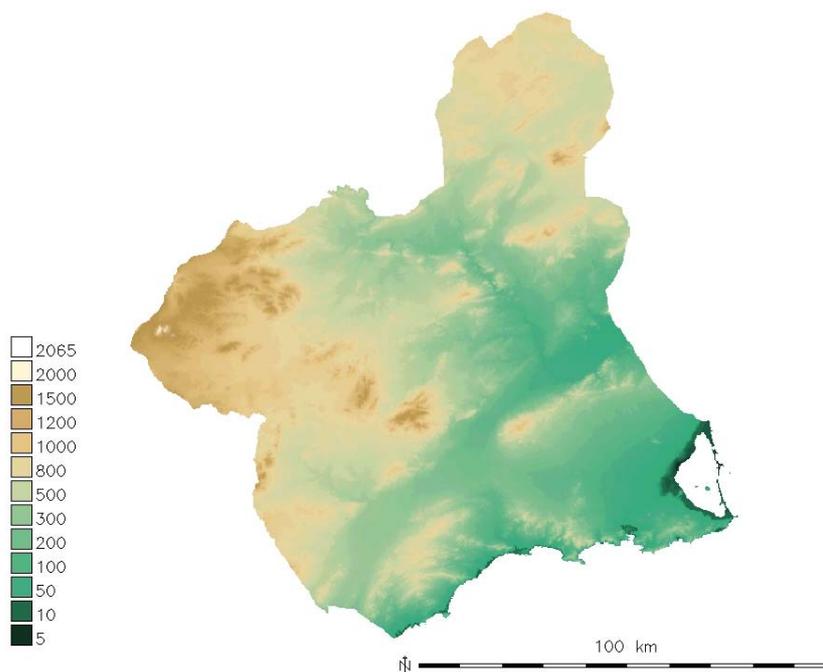
$$k_c = G / G_c$$

Calculado y utilizado en el modelo r.sun utilizado para la representación geográfica de los resultados.

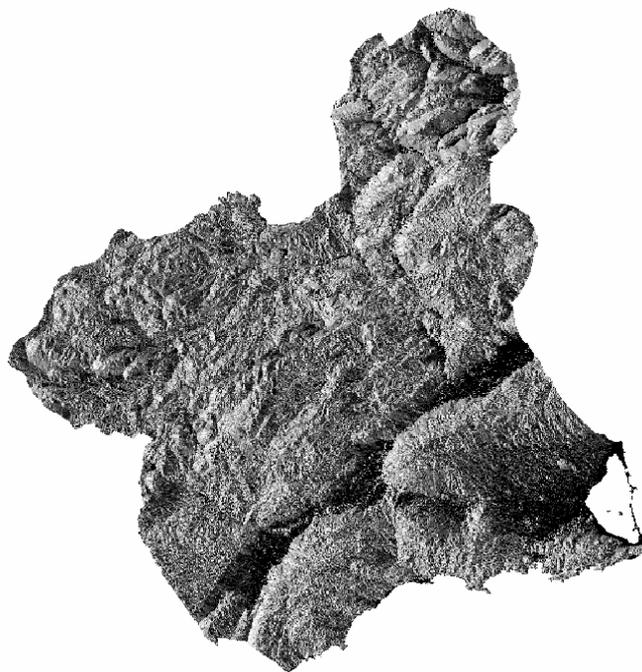
### ***Preparación de datos para el modelo***

El modelo r.sun tiene pocos requerimientos de entrada, y estos son las capas ráster de elevación, pendiente y orientación además del día juliano para el que se va a calcular la radiación (para el modo 2) o la hora solar local (para el modo 1). Las distribuciones espaciales de estos parámetros se incorporan al modelo como capas ráster de información.

Las capas de elevación, orientación y pendiente se generaron a partir de las curvas de nivel 1:25.000. Mostradas en las figuras 4.1 y 4.2.



**Figura 4. 1. Modelo Digital de elevaciones del Terreno (topografía) de la Comunidad de Murcia.**



**Figura 4. 2. Modelo Digital Capa ráster de orientaciones del terreno (topografía).**

Los demás parámetros de entrada se pueden obviar, pero también pueden ser definidos para usos específicos, en este caso incluimos capas ráster de Factor de Turbidez de Linke y coeficientes de radiación difusa y directa .

A través de los datos previos de los coeficientes de radiación directa y difusa con cielo totalmente claro en cada una de las 34 estaciones para cada día del año, se obtuvieron las capas ráster para todo el área de estudio mediante interpolación de los datos también para cada día del año. A falta de suficientes datos para una mejor interpolación que tuviera en cuenta la elevación a la que se encontraban las estaciones de medida, se rasterizó la información por medio del inverso de la distancia, método que estima el valor de cada una de las celdillas como la media ponderada de los valores medidos en un conjunto de puntos de muestreo situados alrededor, obteniendo así dos capas ráster con los coeficientes de radiación difusa y radiación directa para cada día del año. La obtención de las capas ráster por interpolación sería uno de los aspectos a mejorar del proceso. Se propone, para futuros proyectos, la utilización de programas específicos de geoestadística para lograr una interpolación más exacta por otros métodos como “kriging”, que se basa en un ajuste lineal, siendo este de los métodos más recomendados para construir una malla regular a partir de datos espaciales irregularmente repartidos. Para ello sería necesario disponer de un número mayor de datos medidos, incluso fuera de los límites del área de trabajo.

A través de la página SoDa “Services for Professionals in Solar Energy and Radiation” (<http://www.helioclim.net>) se obtuvieron los valores mensuales de Turbidez del aire para las coordenadas de cada una de las 34 estaciones utilizadas en el estudio. Se interpoló con el mismo método comentado anteriormente para obtener una capa ráster de Turbidez media para cada mes del año.

Codigo	Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media Anual
AL31	Totana	2.6	2.9	2.8	3.4	3.6	4.1	4.3	4.3	3.9	2.8	2.6	2.1	3.3
AL51	Librilla	2.6	2.9	2.8	3.4	3.6	4.1	4.3	4.3	3.9	2.8	2.5	2.2	3.3
CA12	UPCT - La Palma	2.6	2.9	2.7	3.4	3.6	4.1	4.3	4.4	3.8	2.8	2.5	2.1	3.2
CA21	Corvera	2.6	2.9	2.8	3.4	3.6	4.1	4.3	4.3	3.8	2.8	2.5	2.1	3.2
CA42	Balsapintada	2.6	2.9	2.8	3.4	3.6	4.1	4.4	4.4	3.8	2.8	2.5	2.1	3.3
CA52	La Aljorra	2.6	2.9	2.7	3.4	3.6	4.1	4.4	4.4	3.8	2.8	2.5	2.1	3.3
CA72	Roche	2.6	2.9	2.7	3.4	3.6	4.1	4.4	4.4	3.8	2.8	2.5	2.1	3.3
CA91	El Campillo	2.6	2.9	2.8	3.4	3.6	4.1	4.4	4.4	3.8	2.8	2.5	2.1	3.3
CI32	Ulea	2.7	2.9	3	3.5	3.6	4.2	4.3	4.3	3.9	2.9	2.7	2.4	3.3
CI52	Calasparra	2.8	2.9	3	3.5	3.7	4.1	4.2	4.2	4	3	2.8	2.6	3.4
CR12	Barranda	2.7	2.9	2.9	3.5	3.6	4.1	4.2	4.2	4	2.9	2.6	2.4	3.3
CR42	Moratalla	2.7	2.9	3	3.5	3.7	4.1	4.2	4.2	4	3	2.7	2.5	3.3
JU12	Cº del Judío	2.8	2.9	3	3.5	3.7	4.1	4.2	4.2	4	3	2.8	2.6	3.4

JU42	Yecla Norte	2.9	3	3.3	3.5	3.9	4.3	4.2	4.3	3.9	3	2.9	2.9	3.5
JU52	Yecla - Pinillos	2.9	3	3.2	3.5	3.8	4.3	4.3	4.3	3.9	3	2.9	2.8	3.5
JU61	Jumilla	2.8	2.9	3.1	3.5	3.8	4.2	4.2	4.2	3.9	3	2.8	2.7	3.4
LO11	Lorca	2.6	2.9	2.9	3.6	3.7	4.1	4.4	4.3	3.9	2.8	2.6	2.2	3.3
LO21	Pozohiguera	2.6	2.9	2.9	3.5	3.7	4.1	4.4	4.4	3.9	2.8	2.6	2.2	3.3
LO31	Águilas	2.7	2.9	2.9	3.5	3.7	4.1	4.4	4.3	3.9	2.8	2.6	2.2	3.3
LO41	La Paca	2.6	2.9	2.9	3.5	3.6	4.1	4.3	4.2	3.9	2.8	2.6	2.3	3.3
LO61	Puerto Lumbreras	2.6	2.9	2.9	3.5	3.7	4.1	4.4	4.3	3.9	2.8	2.6	2.2	3.3
ML21	Mula	2.6	2.9	2.9	3.4	3.6	4.1	4.3	4.3	3.9	2.9	2.6	2.3	3.3
MO12	Torres de Cotillas	2.6	2.9	2.9	3.4	3.6	4.1	4.3	4.3	3.9	2.8	2.6	2.3	3.3
MO31	Llano de Molina	2.6	2.9	2.9	3.4	3.6	4.1	4.3	4.3	3.9	2.8	2.6	2.3	3.3
MO41	Abanilla	2.7	2.9	3	3.5	3.7	4.2	4.3	4.3	3.9	2.8	2.8	2.4	3.3
MO51	Fortuna	2.6	2.9	2.9	3.5	3.7	4.1	4.3	4.3	3.9	2.8	2.7	2.3	3.3
MO61	Ojos	2.6	2.9	2.9	3.5	3.6	4.1	4.3	4.3	3.9	2.8	2.7	2.3	3.3
MU21	Beniel - Los Álamos	2.6	2.9	2.8	3.4	3.7	4.1	4.3	4.3	3.9	2.8	2.7	2.3	3.3
MU31	Sangonera La Verde	2.6	2.9	2.7	3.4	3.6	4.1	4.3	4.3	3.8	2.8	2.5	2.2	3.2
MU62	La Alberca	2.6	2.9	2.7	3.4	3.6	4.1	4.3	4.3	3.8	2.8	2.5	2.2	3.3
TP42	Torre Blanca	2.6	2.9	2.7	3.4	3.6	4.1	4.3	4.4	3.8	2.7	2.5	2	3.2
TP81	Martínez del Puerto	2.6	2.9	2.7	3.4	3.6	4.1	4.3	4.4	3.8	2.8	2.5	2.1	3.2
TP91	Torre Pacheco	2.6	2.9	2.7	3.4	3.6	4.1	4.3	4.4	3.8	2.8	2.5	2.1	3.2
GUA1	Guadalupe	2.6	2.9	2.9	3.4	3.6	4.1	4.3	4.3	3.9	2.8	2.6	2.3	3.3

**Tabla 4.1. Linke Turbidity Factor medio mensual para cada una de las estaciones meteorológicas de donde se han recogido datos de irradiación solar. Fuente: <http://www.helioclim.net> .**

Así, con la siguiente orden procesada para cada día del año, se obtuvieron los ráster de radiación difusa y directa en el área de estudio.

***r.sun -s elevin=mdemurcia aspin=aspect\_murcia slopein=slope\_murcia linkein=Tenero coefbh=1kdiff coefd=1kbeam beam\_rad=1beam diff\_rad=1diff day=1***

El flag **-s** hace que se tenga en cuenta el efecto de sombra del terreno en el cómputo de la radiación.

Tras esto se obtuvieron las medias mensuales y por último la media anual a través del operador algebraico **r.mapcalc**.

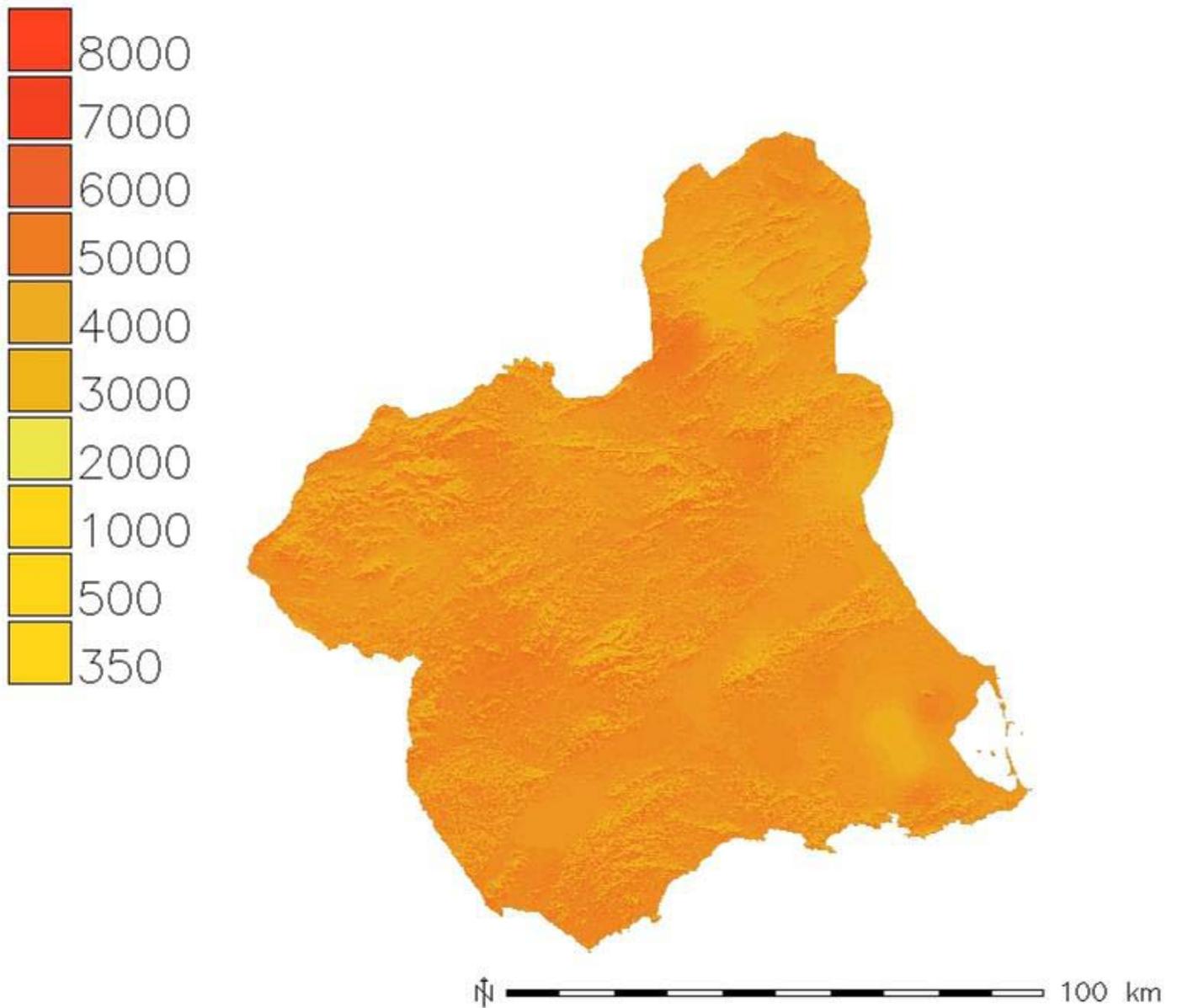
## **5. Mapas de irradiación solar para la Región de Murcia**

### ***Introducción***

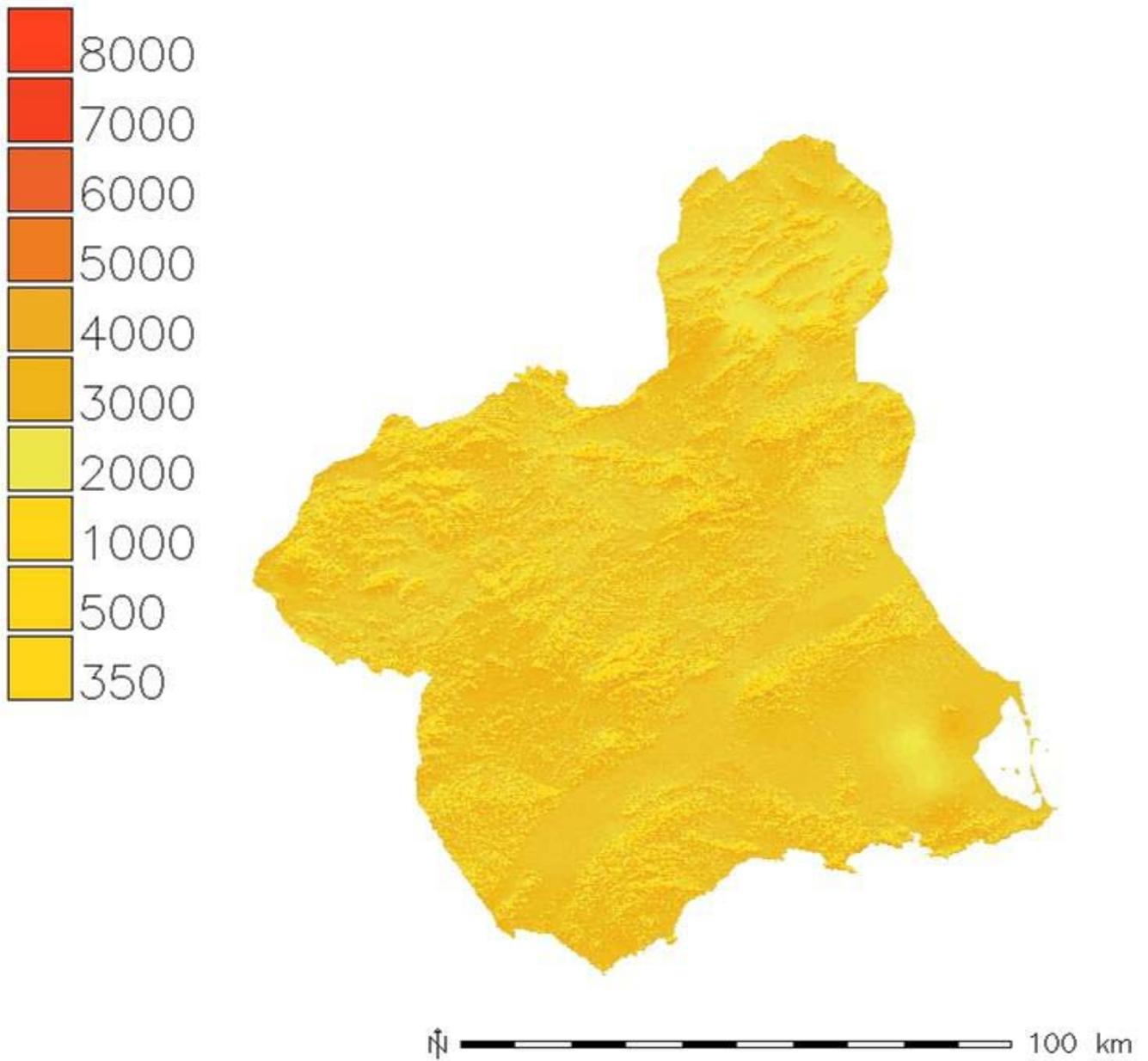
Se presentan 12 mapas mensuales de radiación global media mensual, figuras de 5.2 a 5.13 y uno de radiación global media anual en la figura 5.1. Cada mapa cubre la superficie total de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia con una resolución espacial de 250 x 250 metros. Las unidades en las que se presentan son  $\text{Whm}^{-2}\text{día}^{-1}$ . Además, para terminar el apartado, se muestra la irradiación media anual directa y difusa de la región de Murcia separada en las figuras 5.14 y 5.15 respectivamente. En total se presentan 16 mapas de irradiación con la cual se obtiene una idea clara de los niveles de irradiación para todos los puntos geográficos de la Región de Murcia.

Seguidos a estos mapas de la región de Murcia en su totalidad, se muestran los mapas de cada uno de los términos municipales que conforman la región. Estos mapas exponen la radiación global media anual extendida al término municipal particular de cada municipio. Estos mapas son de especial ayuda a la hora de obtener datos de radiación en un sitio particular del término municipal, sobre todo para los términos municipales de gran superficie, p.e. Término Municipal de Lorca. Al final de esta serie de 45 mapas se introduce una tabla donde aparecen los niveles de radiación media, máxima y mínima anual y mensual de cada uno de los municipios de la Región de Murcia. Esta tabla es útil cuando se desea obtener un valor medio, máximo y/o mínimo de un municipio en particular. Estos valores se han obtenido gracias a los mapas anteriormente mencionados.

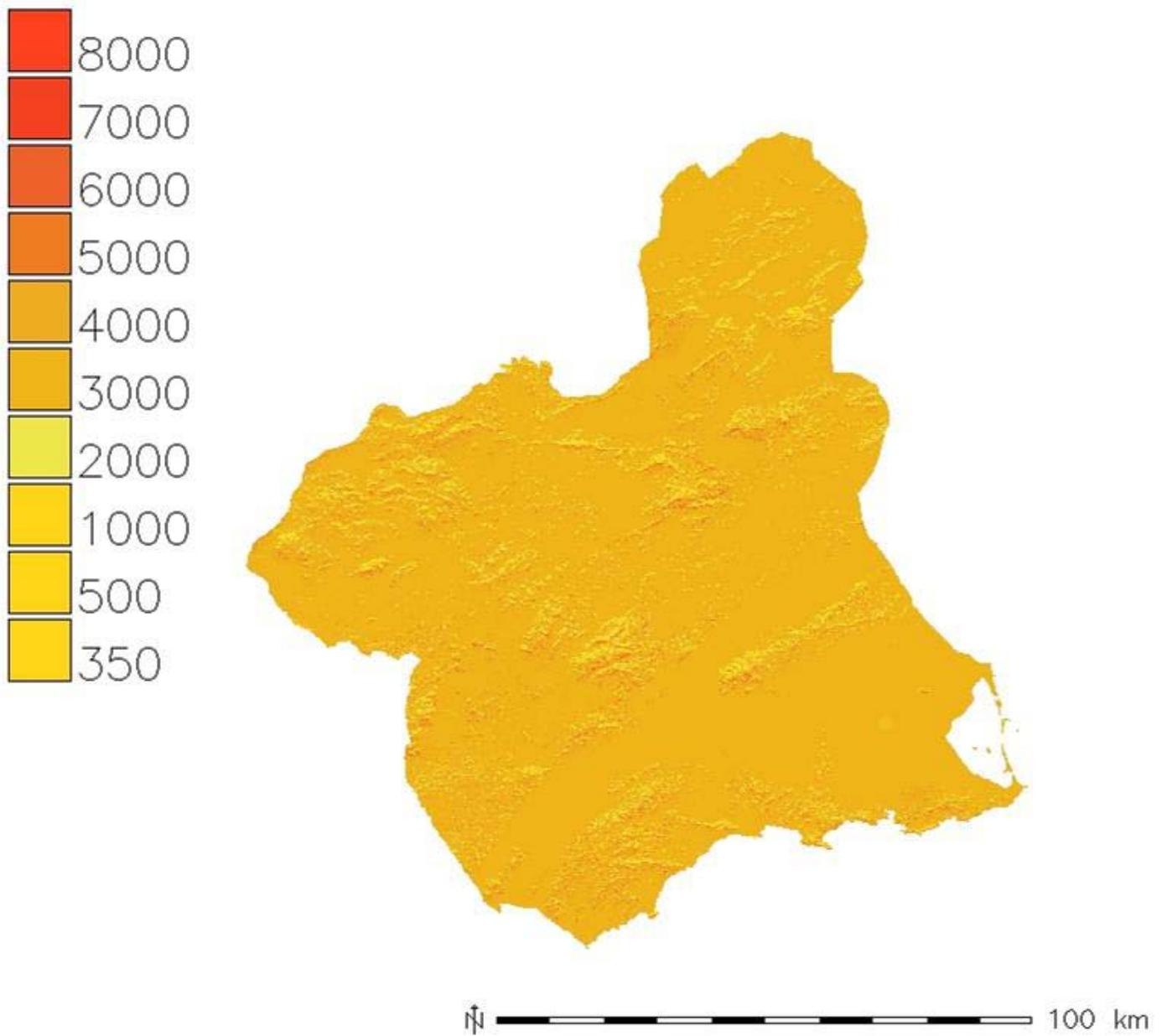
***Irradiación Global***



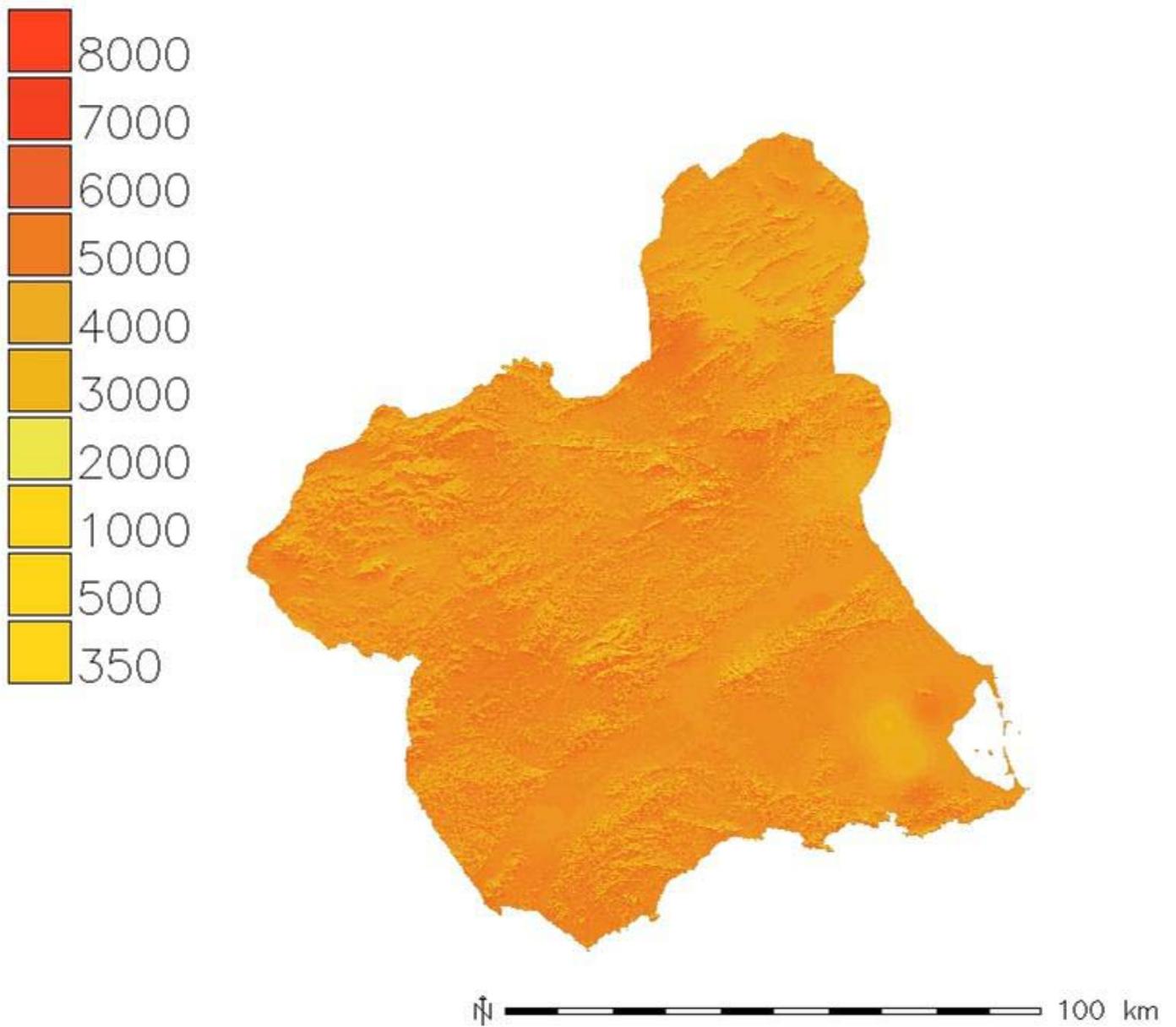
**Figura 5.1. Mapa de irradiación global diaria, media anual.**



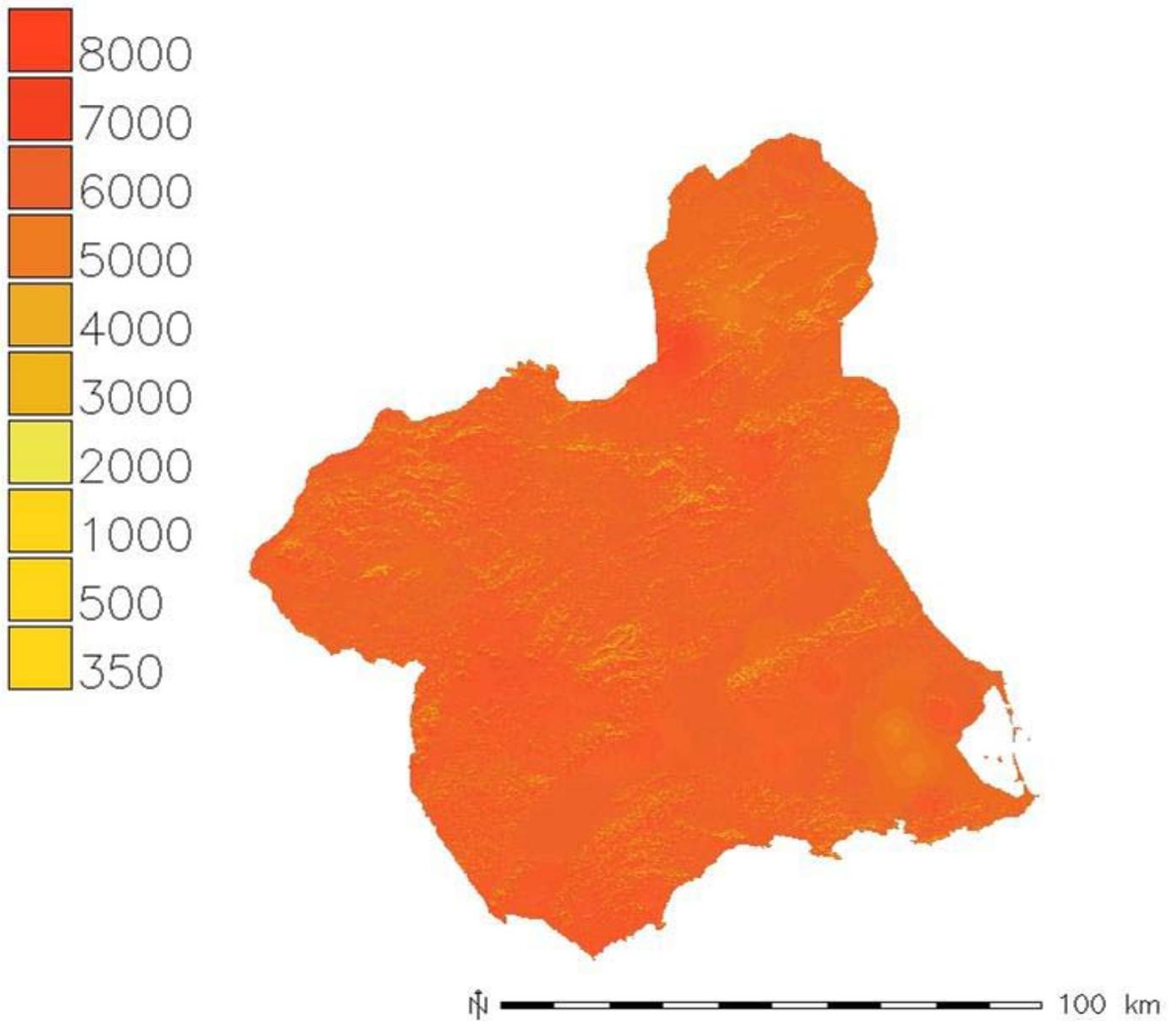
**Figura 5.2. Mapa de radiación global diaria, media del mes de enero.**



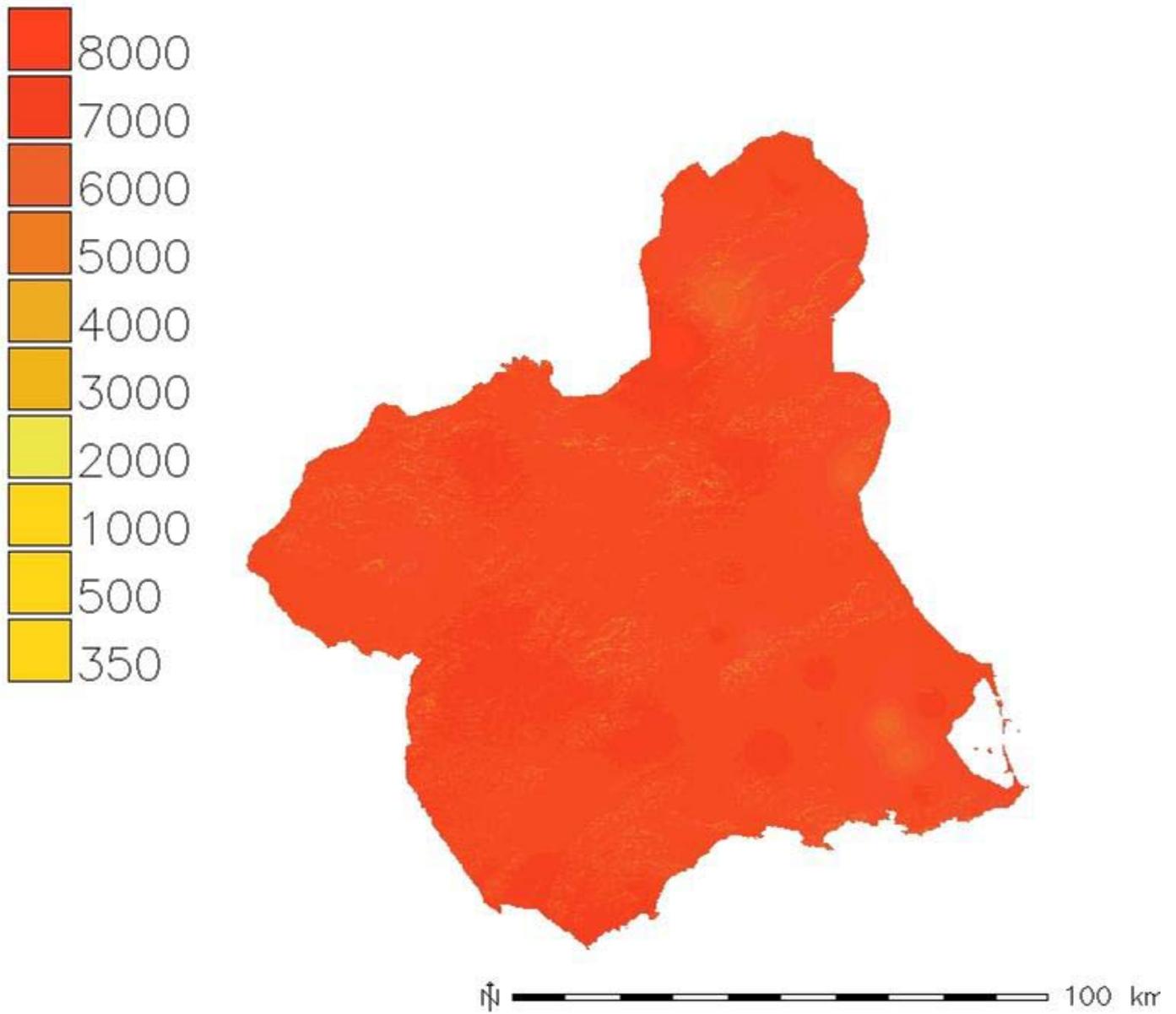
**Figura 5.3. Mapa de radiación global diaria, media del mes de febrero.**



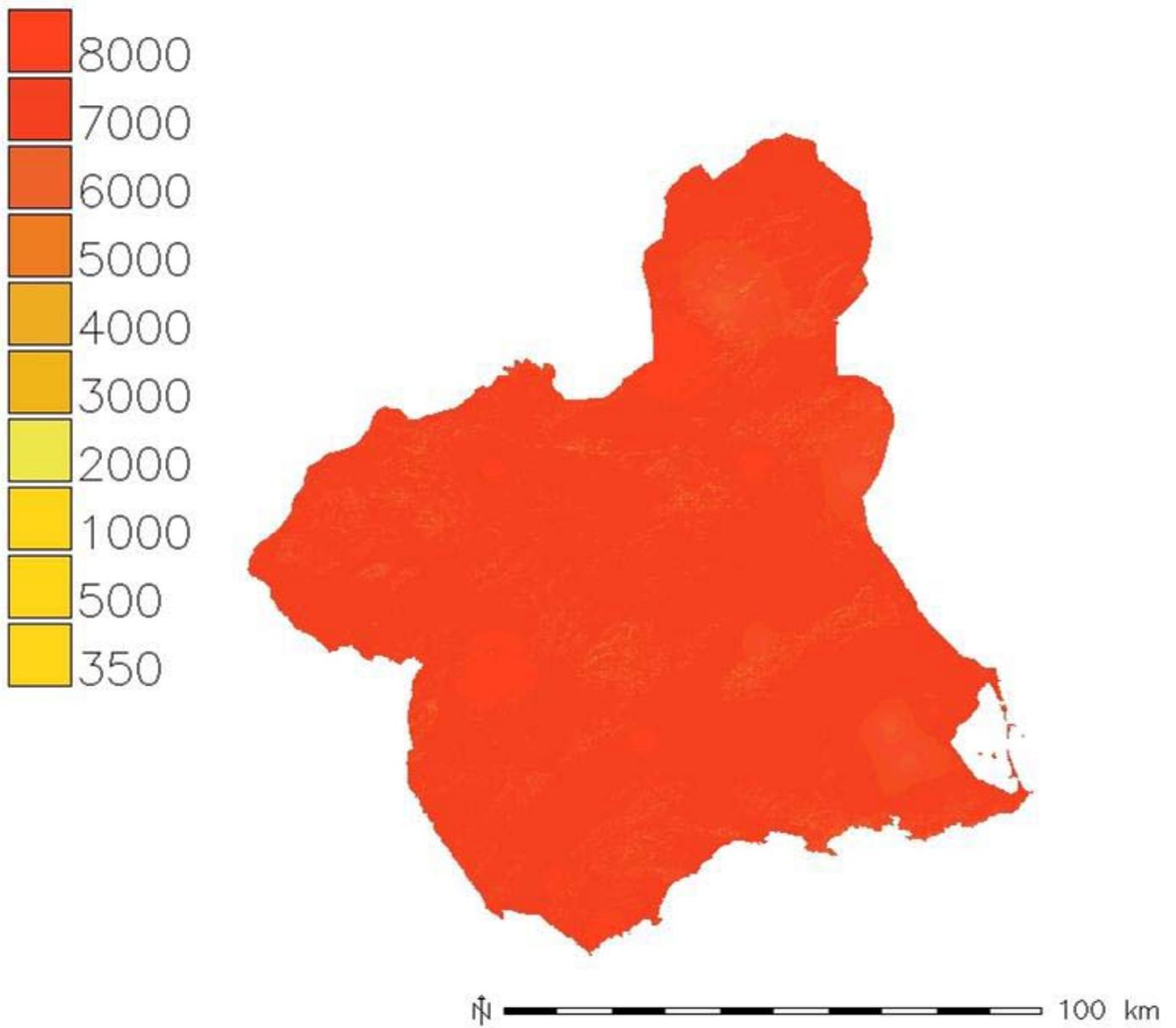
**Figura 5.4. Mapa de radiación global diaria, media del mes de marzo.**



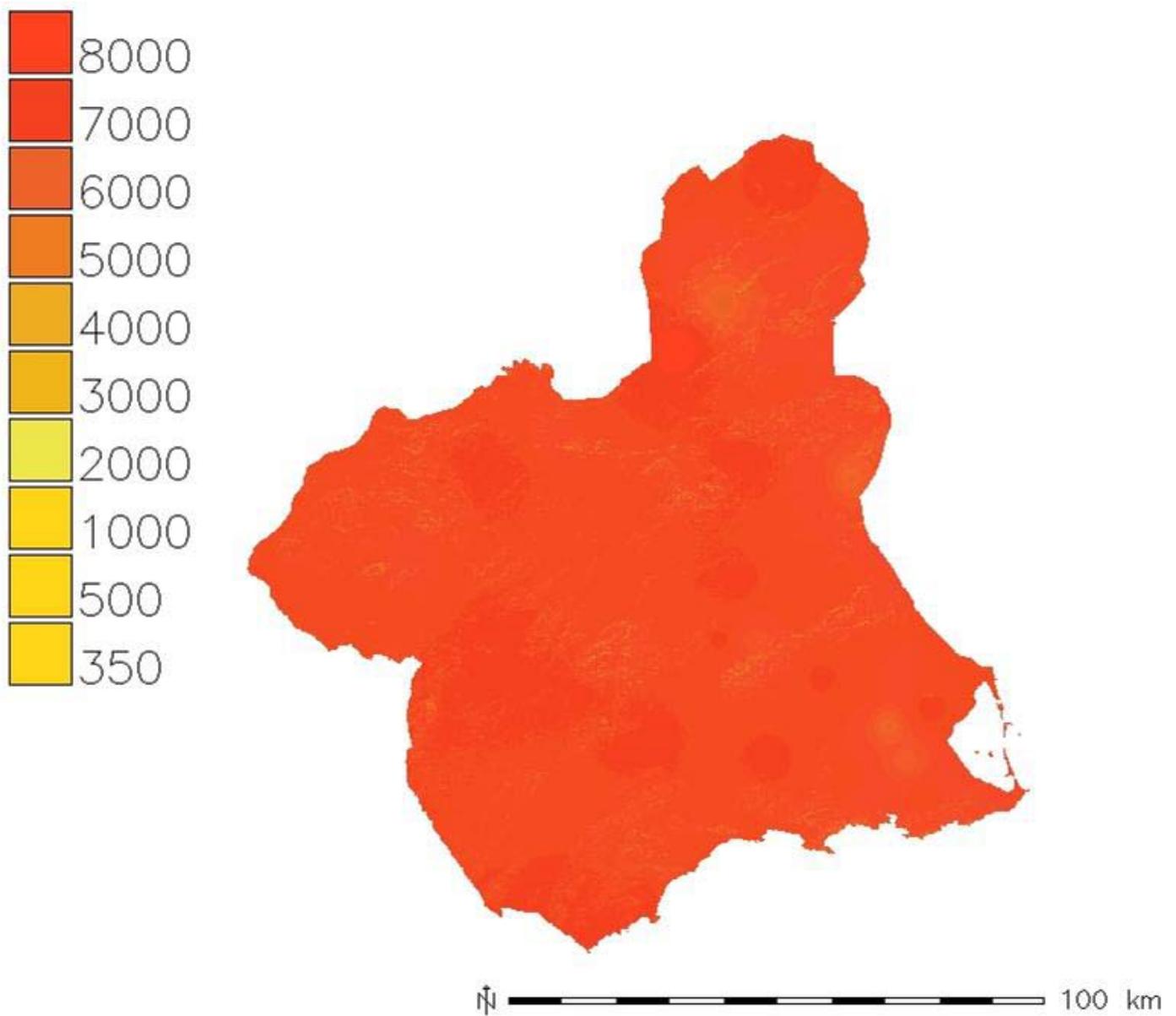
**Figura 5.5. Mapa de radiación global diaria, media del mes de abril.**



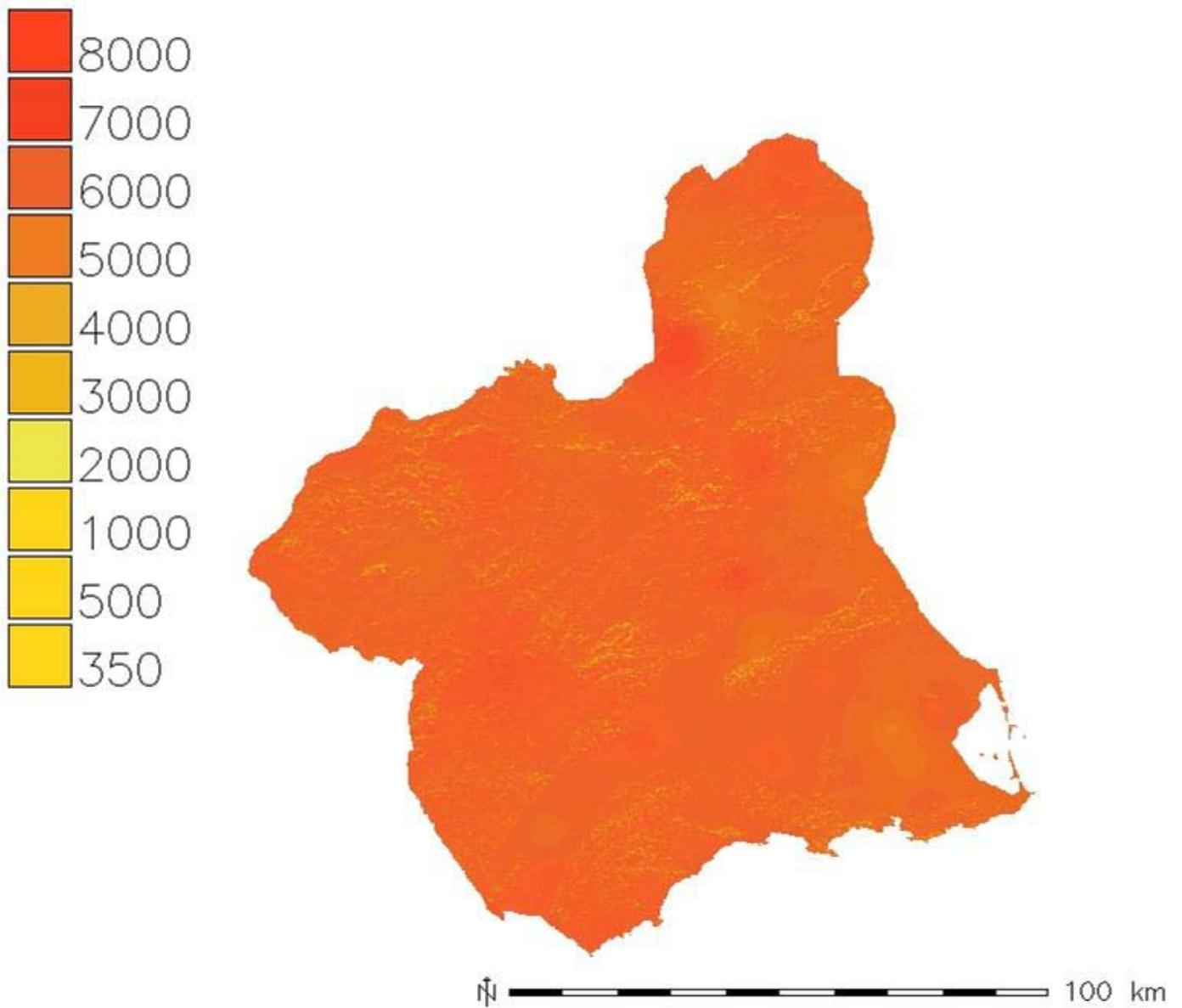
**Figura 5.6. Mapa de radiación global diaria, media del mes de mayo.**



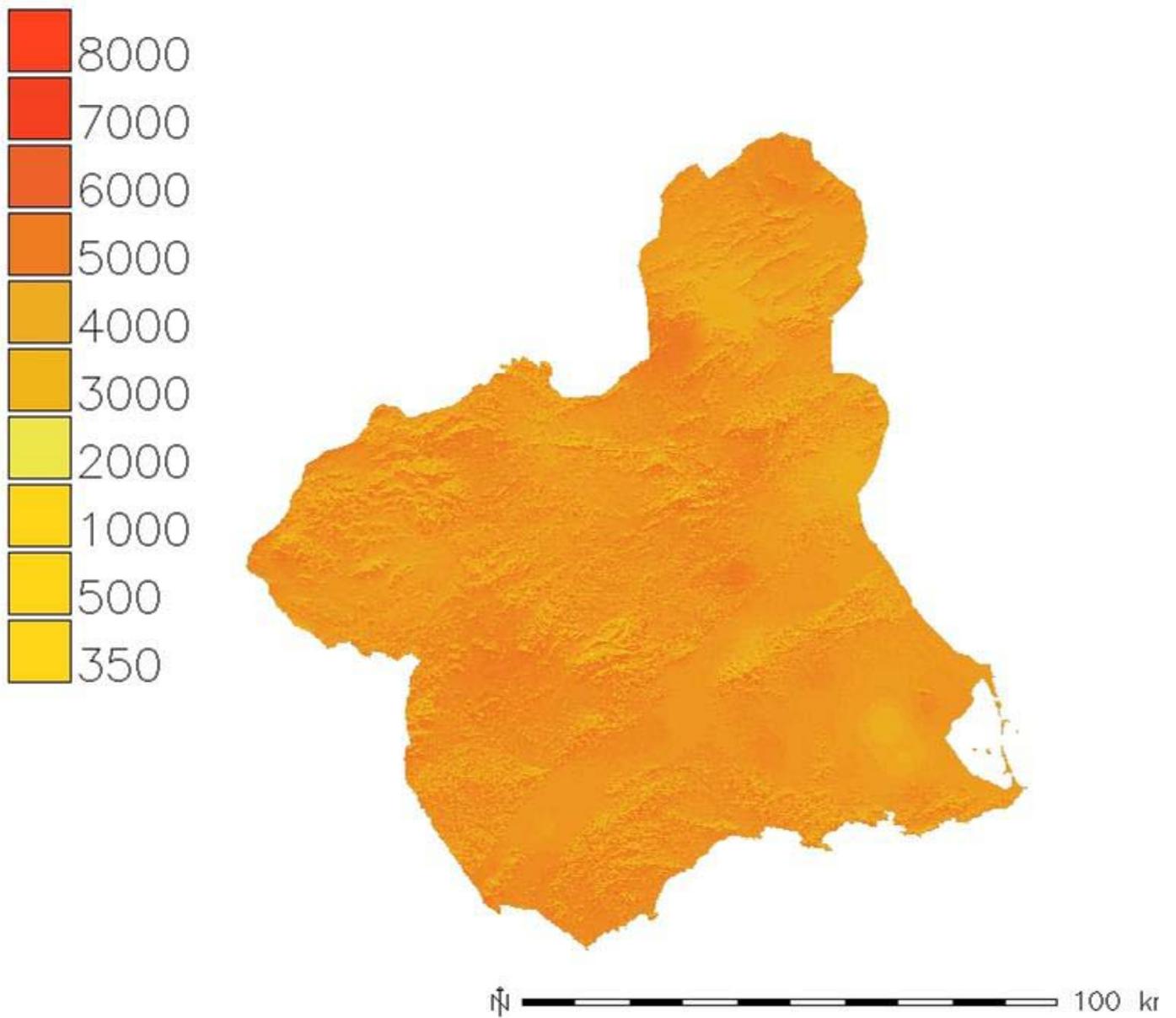
**Figura 5.7. Mapa de radiación global diaria, media del mes de junio.**



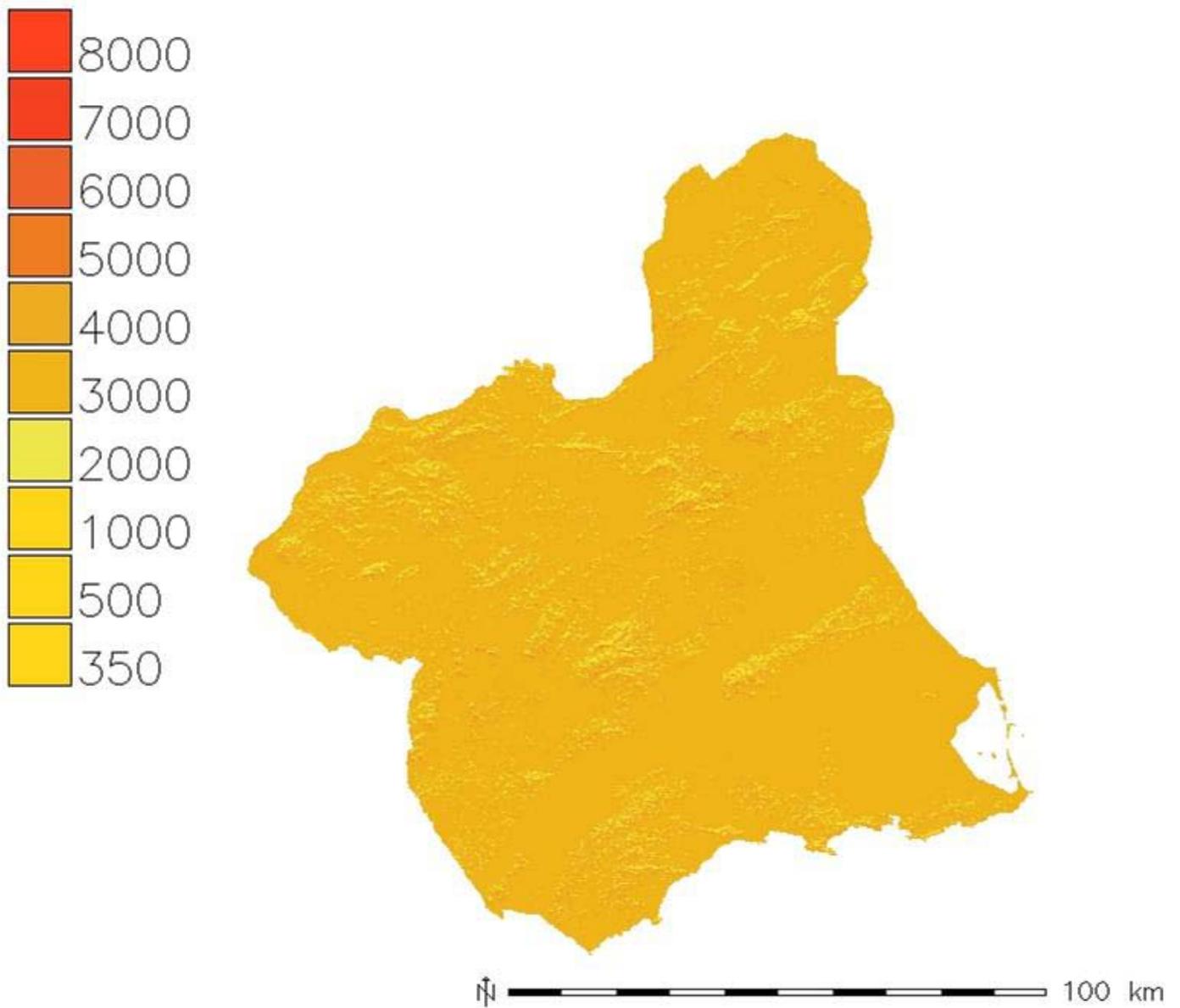
**Figura 5.8. Mapa de radiación global diaria, media del mes de julio.**



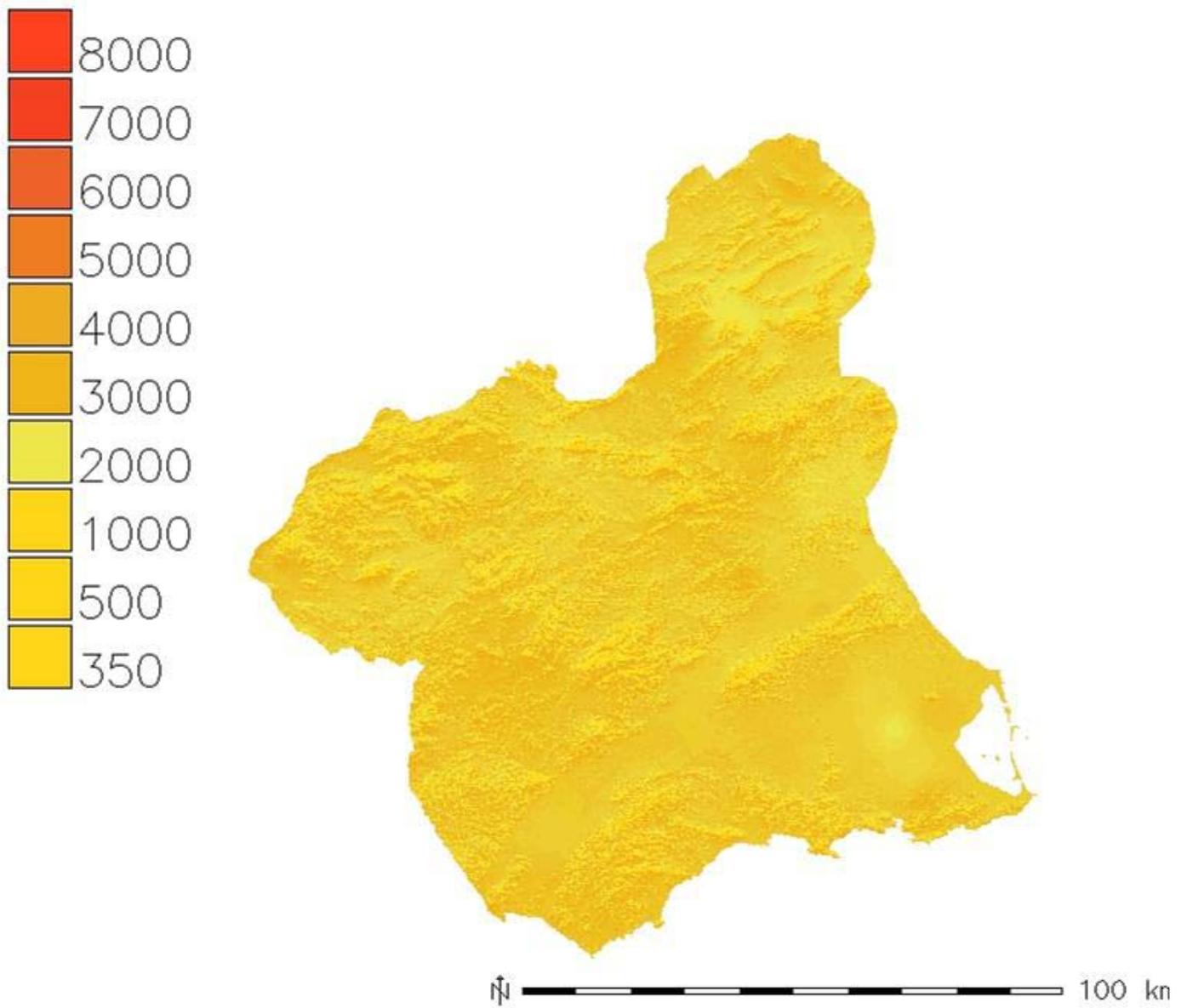
**Figura 5.9. Mapa de radiación global diaria, media del mes de agosto.**



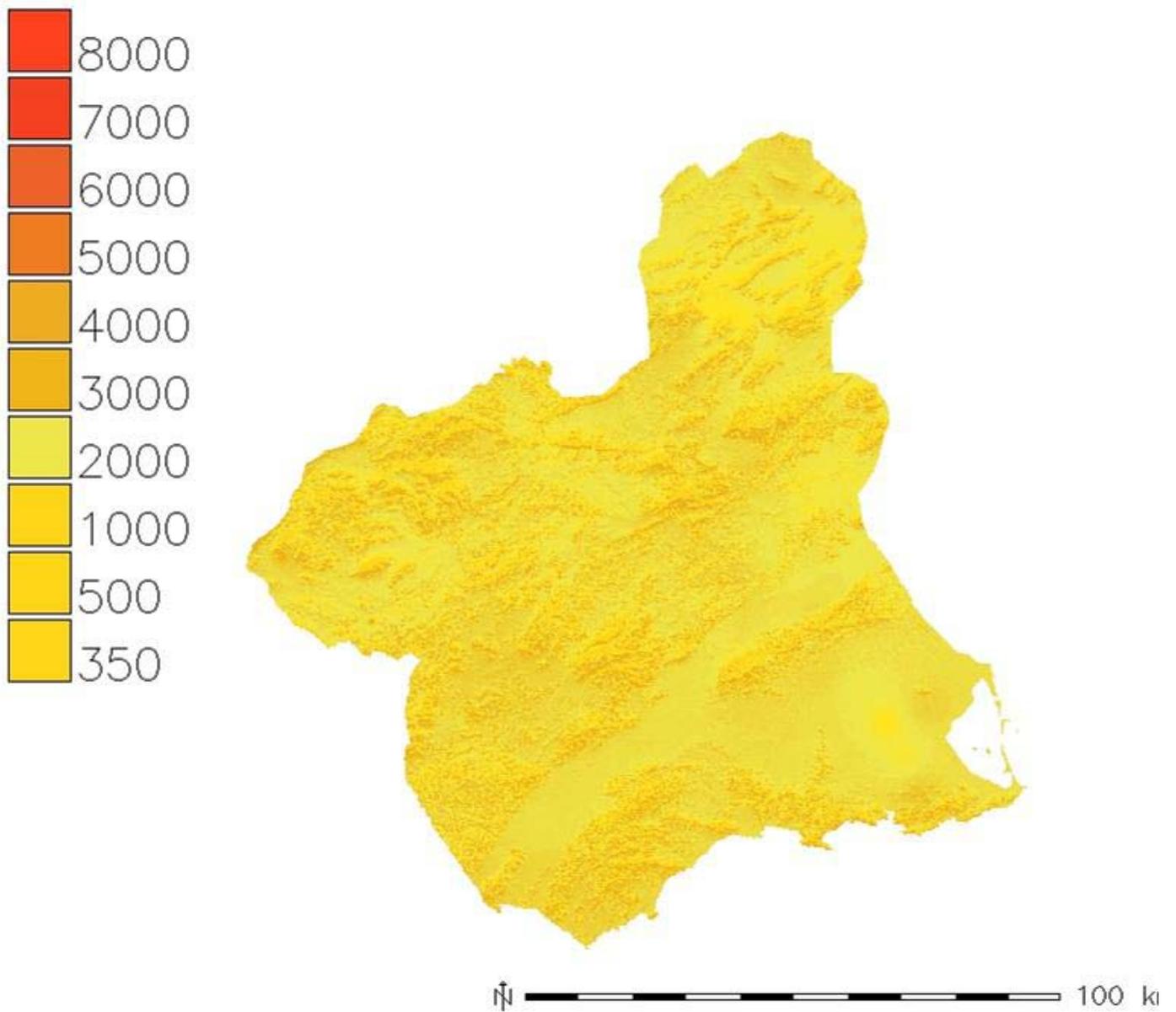
**Figura 5.10. Mapa de radiación global diaria, media del mes de septiembre.**



**Figura 5.11. Mapa de radiación global diaria, media del mes de octubre.**

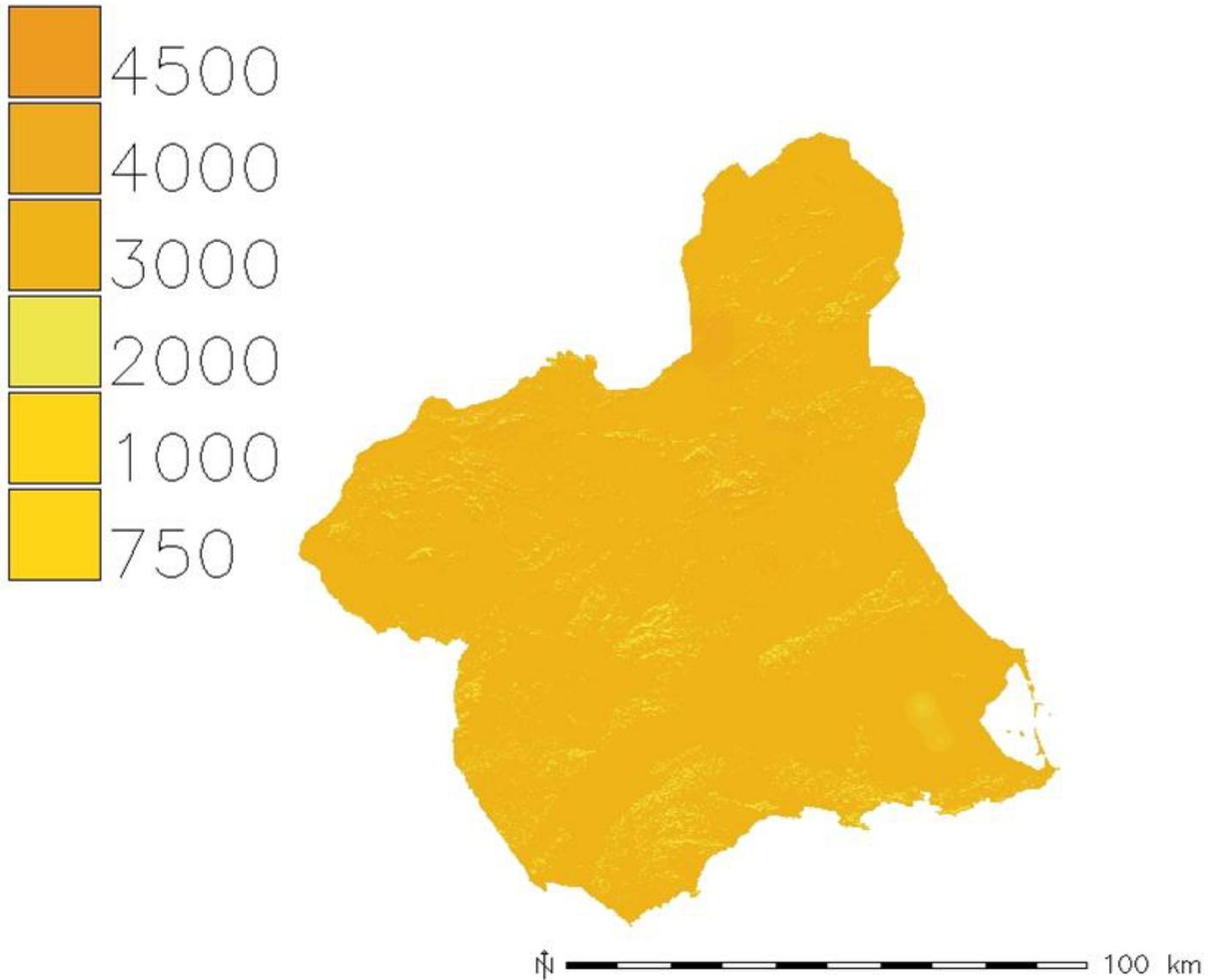


**Figura 5.12. Mapa de radiación global diaria, media del mes de noviembre.**



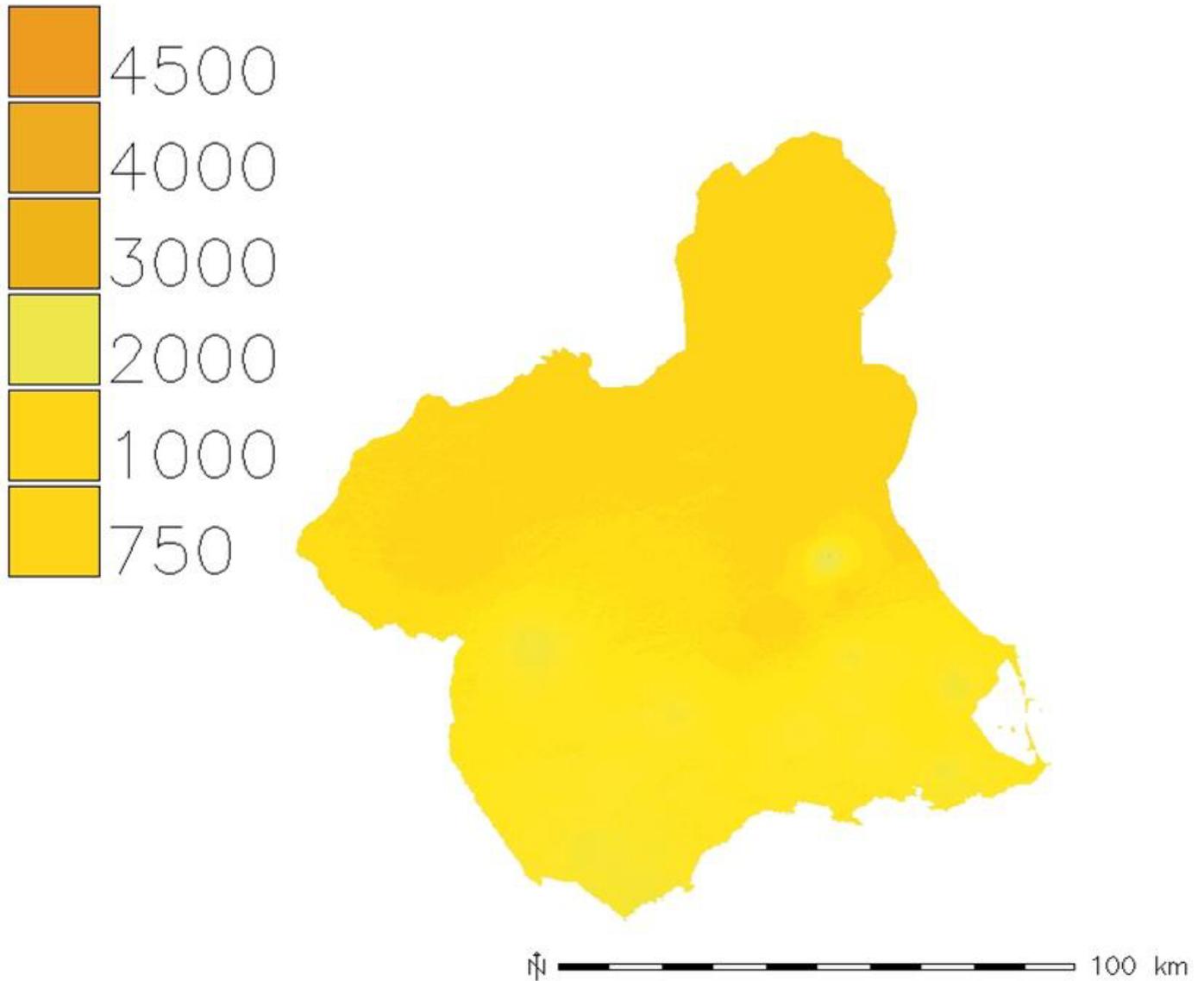
**Figura 5.13. Mapa de radiación global diaria, media del mes de diciembre.**

***Irradiación directa media anual***



**Figura 5.14. Mapa de irradiación directa diaria, media anual.**

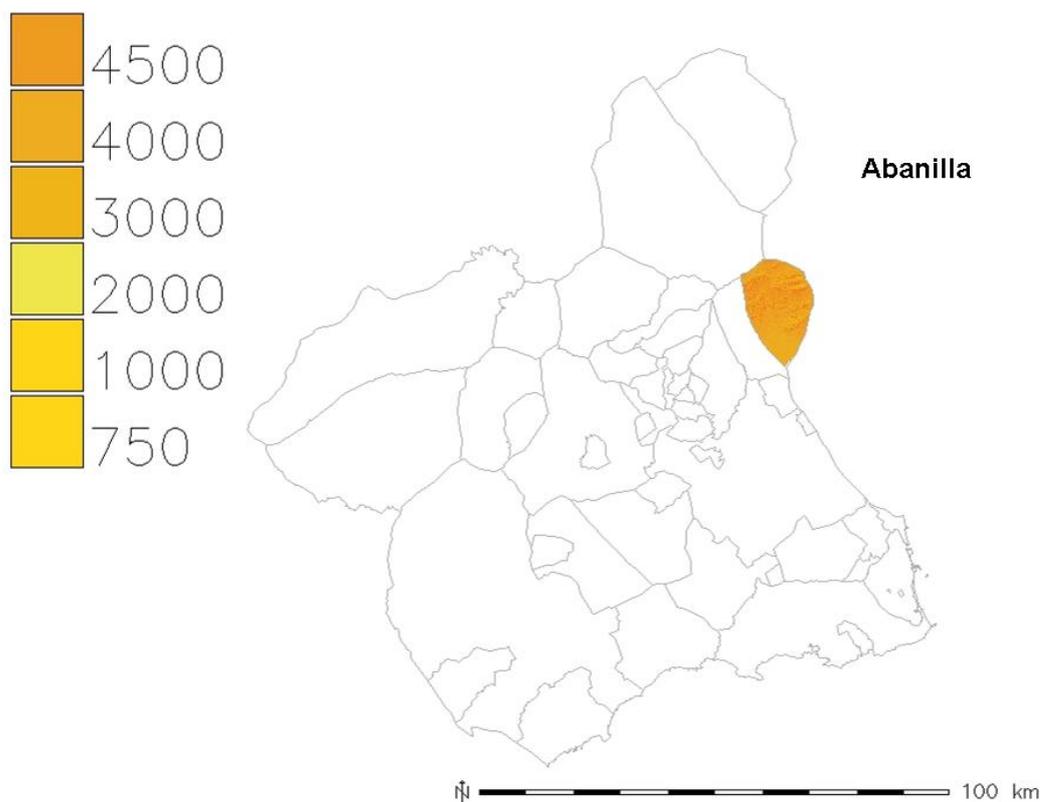
***Irradiación difusa media anual***



**Figura 5.15. Mapa de radiación difusa diaria, media anual.**

### ***Irradiación global media anual para los términos municipales de la región***

En esta sección se encuentran los mapas de radiación solar media anual para cada uno de los términos municipales de la región de Murcia. Seguidos a los mapas de muestra una serie de tablas con los valores de radiación global media, máxima y mínima mensual y anual de cada término municipal de los 45 municipios que conforman la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.



**Figura 5.16. Mapa de radiación global de T.M. de Abanilla.**

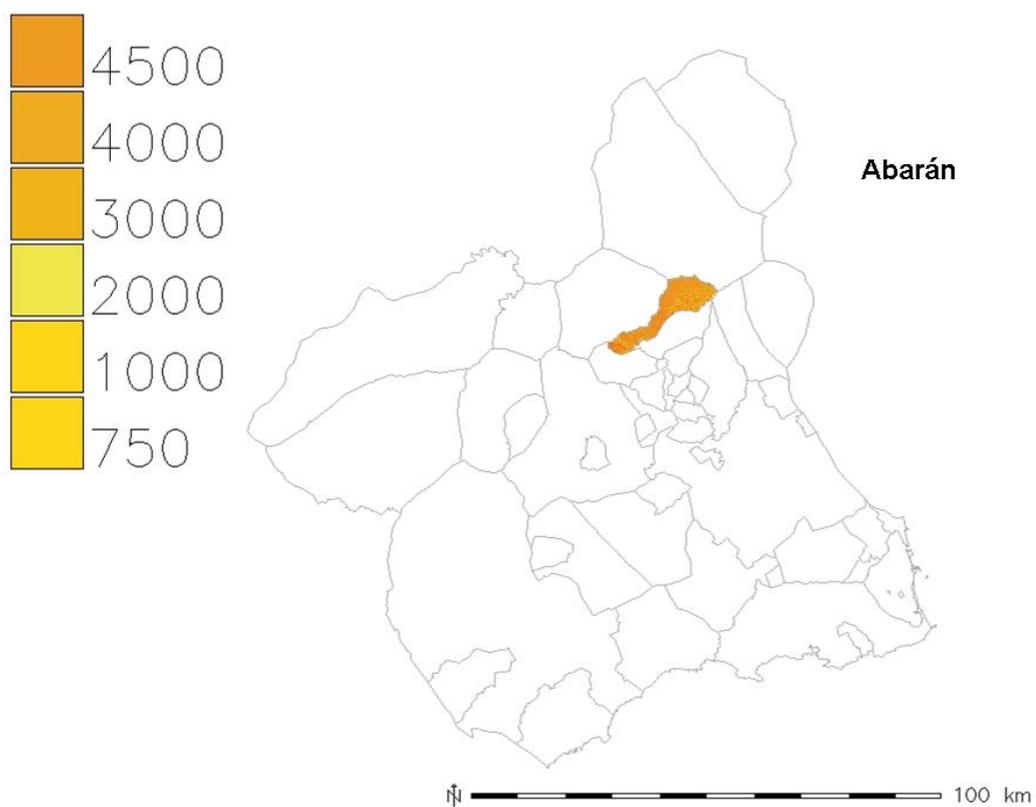


Figura 5.17. Mapa de radiación global de T.M. de Abarán.

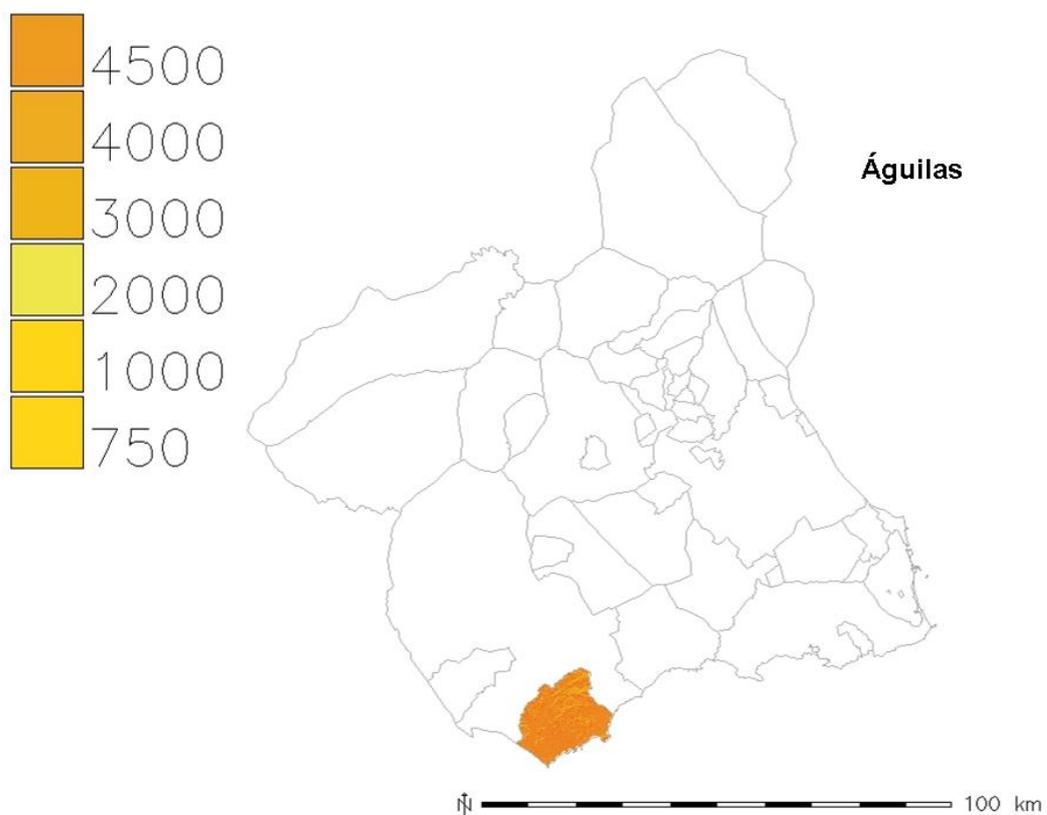


Figura 5.18. Mapa de radiación global de T.M. de Águilas.

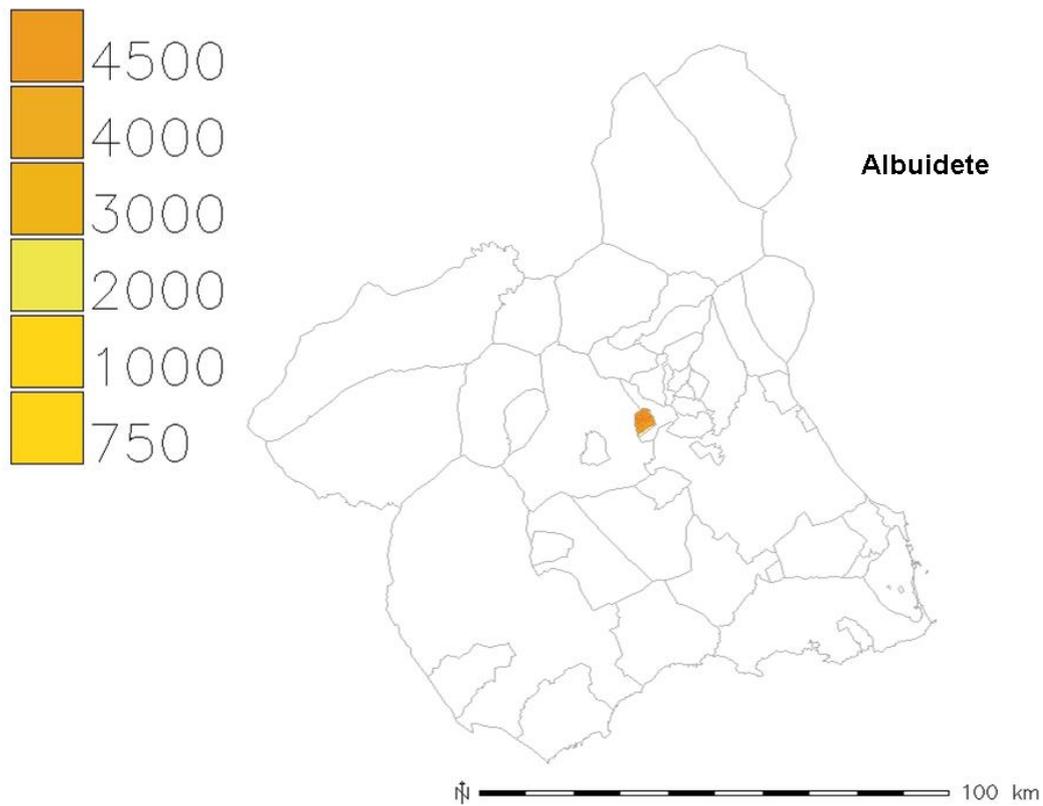


Figura 5.19. Mapa de radiación global de T.M. de Albudeite.

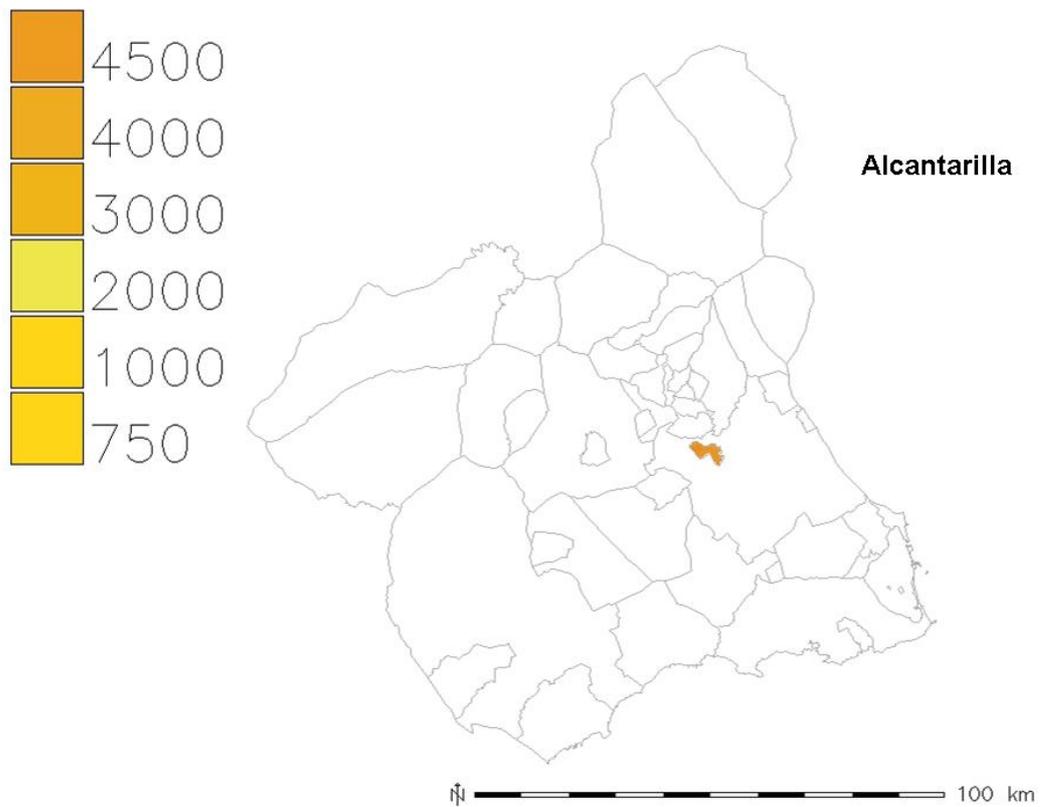


Figura 5.20. Mapa de radiación global de T.M. de Alcantarilla.

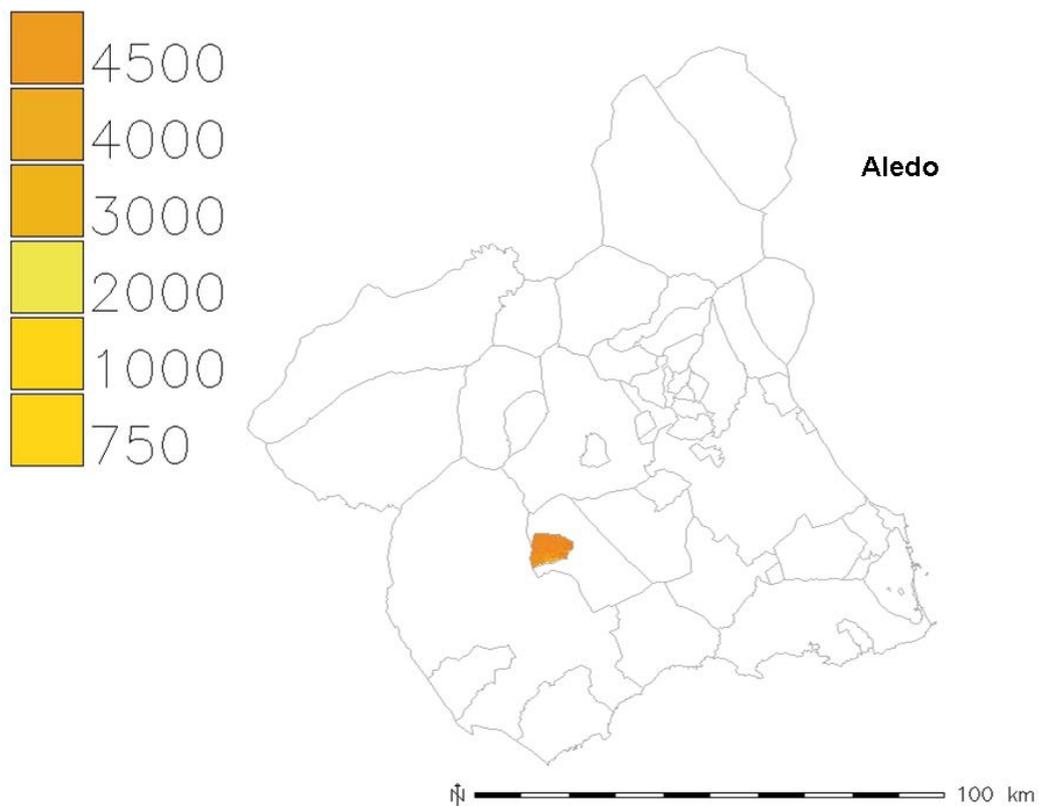


Figura 5.21. Mapa de radiación global de T.M. de Aledo.

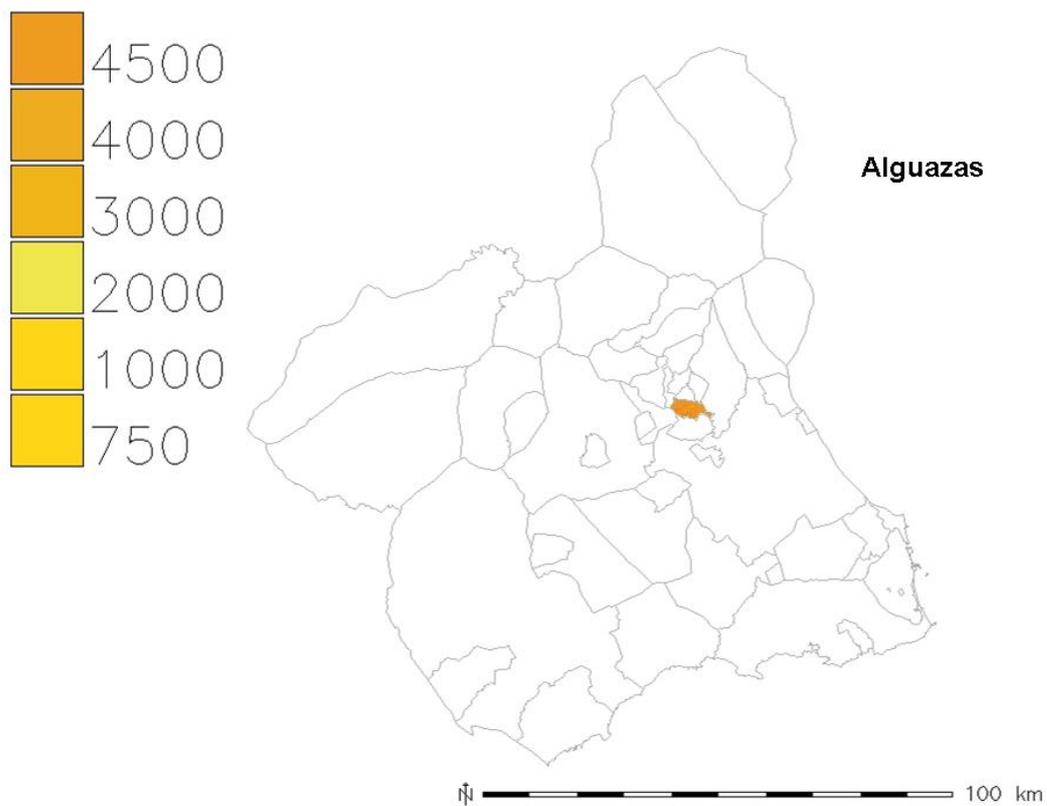


Figura 5.22. Mapa de radiación global de T.M. de Alguazas.

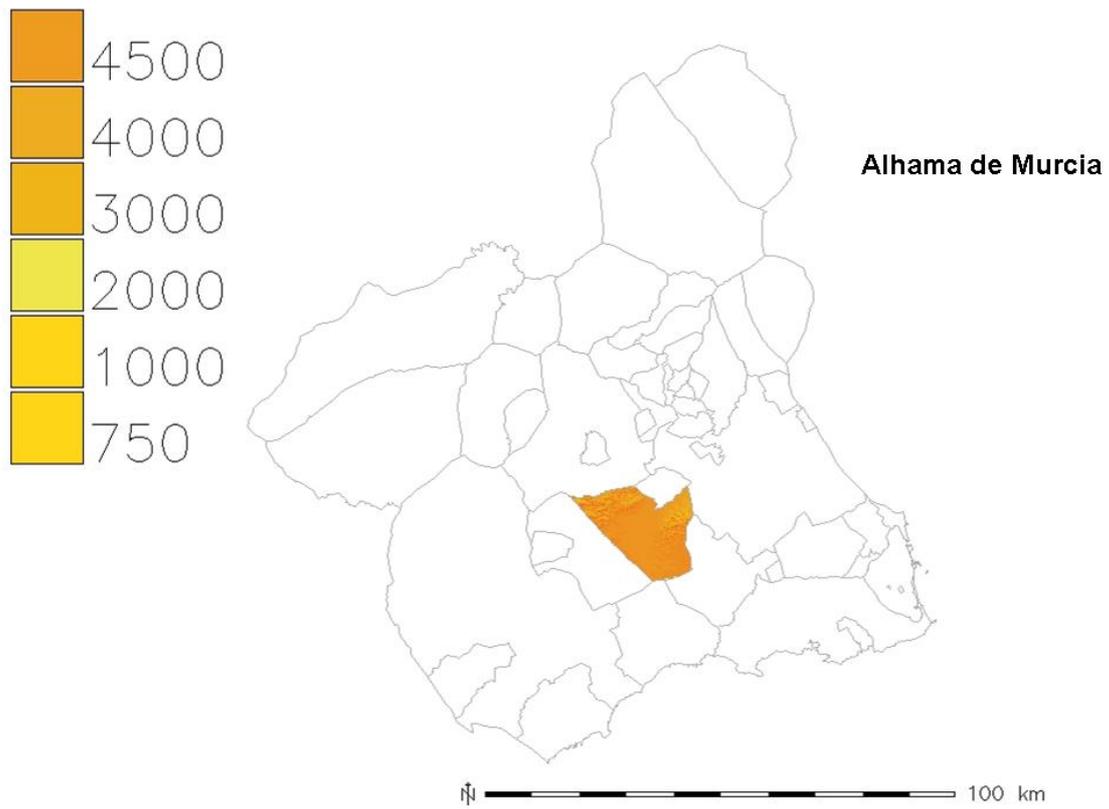


Figura 5.23. Mapa de radiación global de T.M. de Alhama de Murcia.

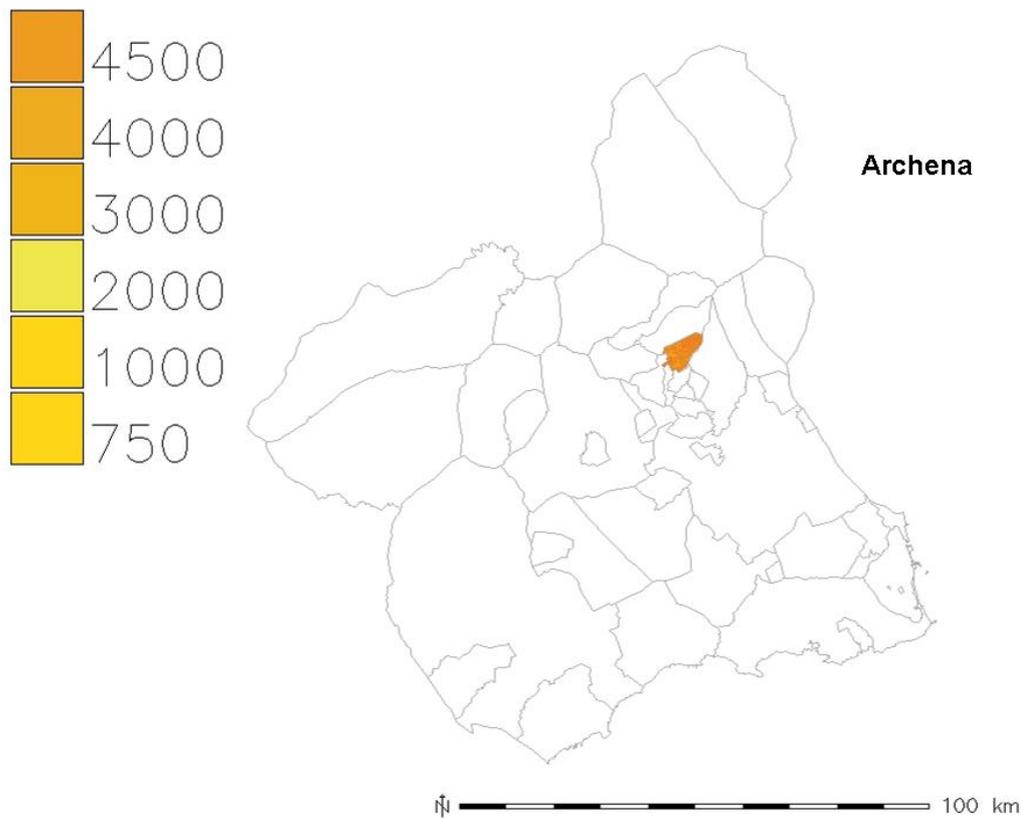


Figura 5.24. Mapa de radiación global de T.M. de Archena.

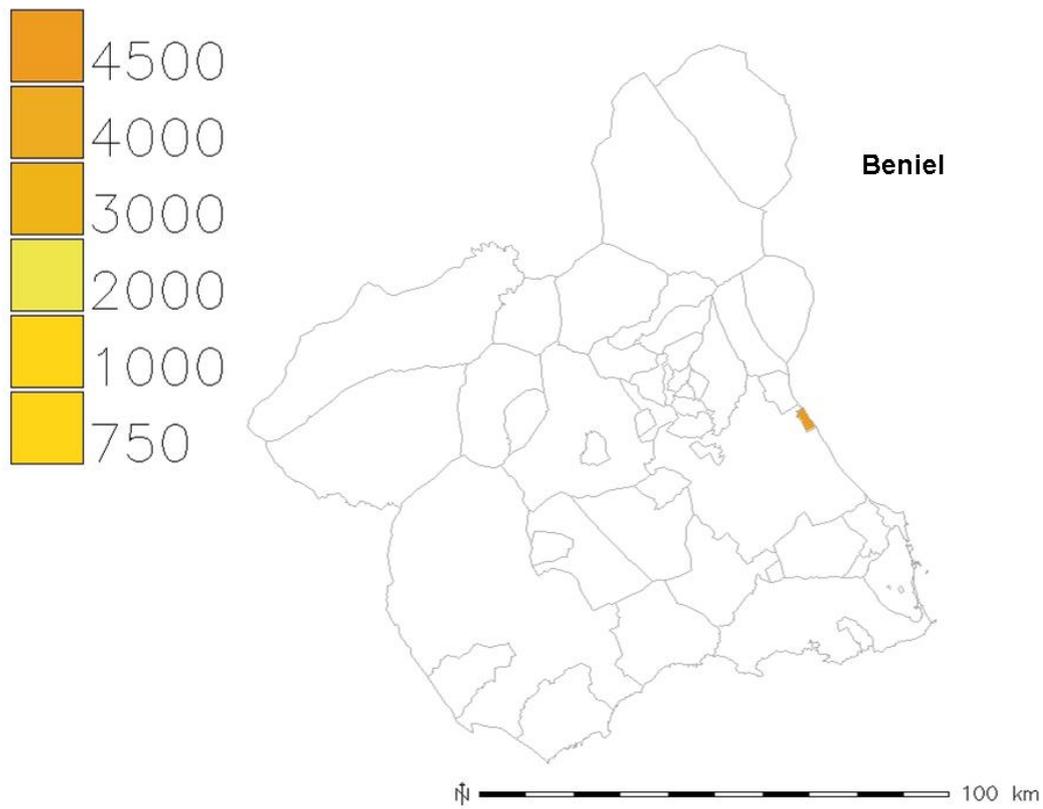


Figura 5.25. Mapa de radiación global de T.M. de Beniel.

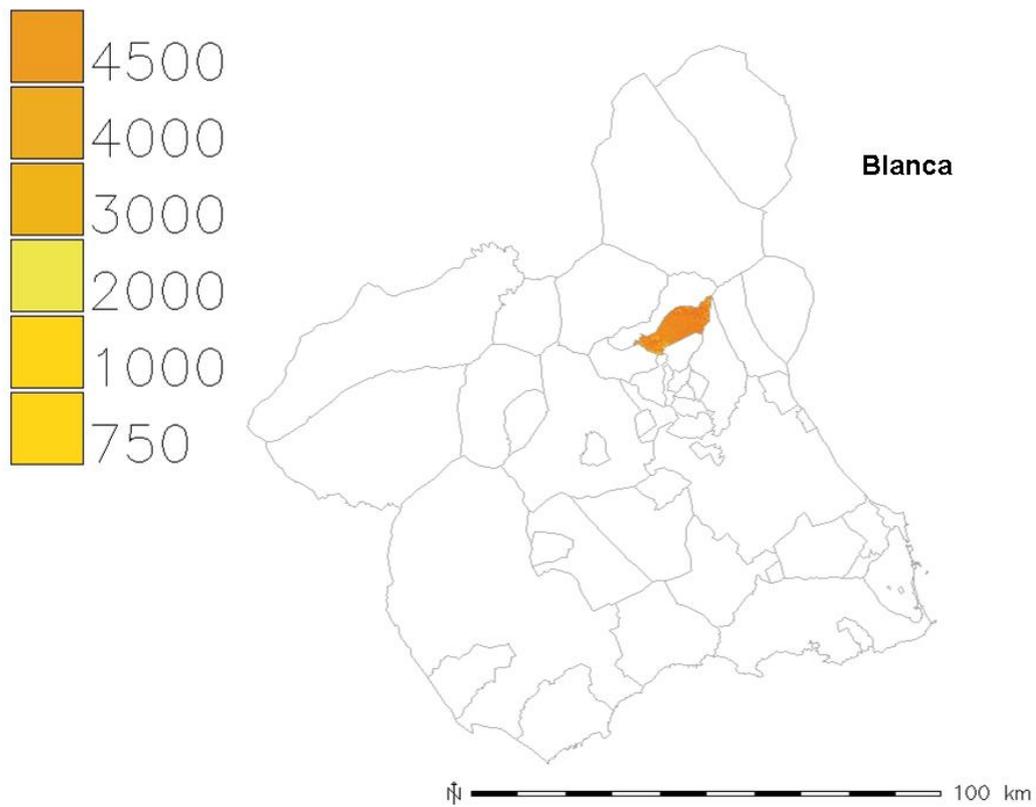


Figura 5.26. Mapa de radiación global de T.M. de Blanca.

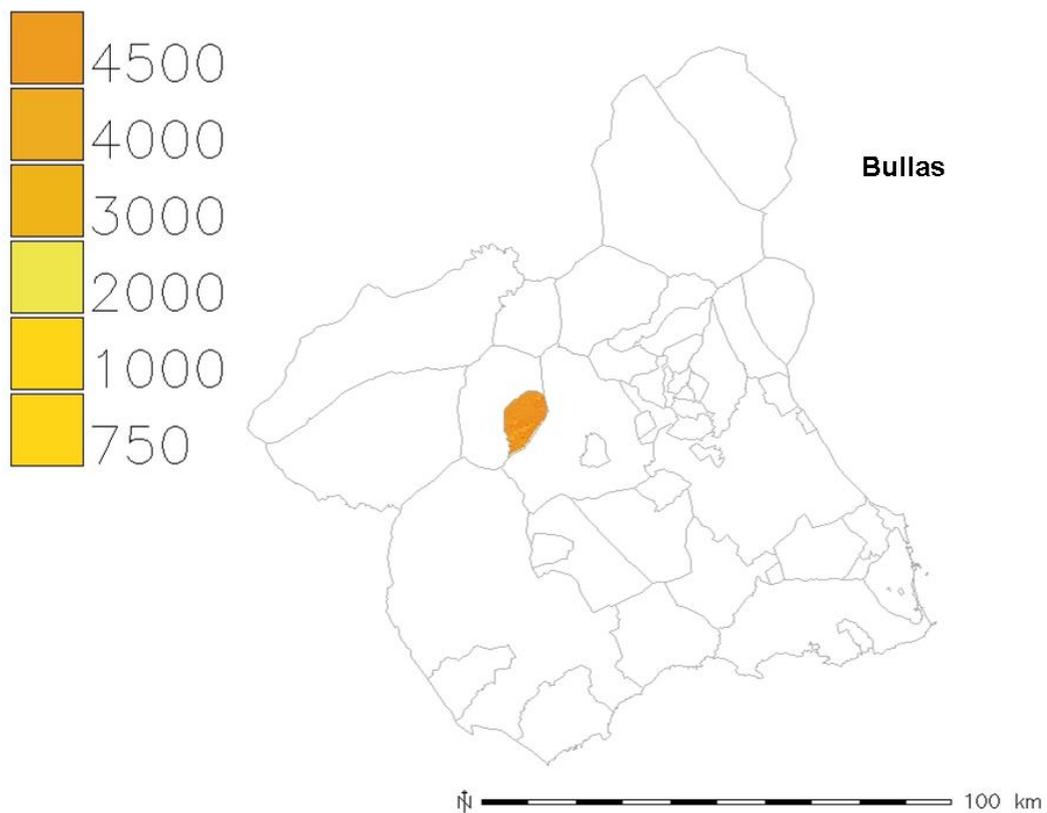


Figura 5.27. Mapa de radiación global de T.M. de Bullas.

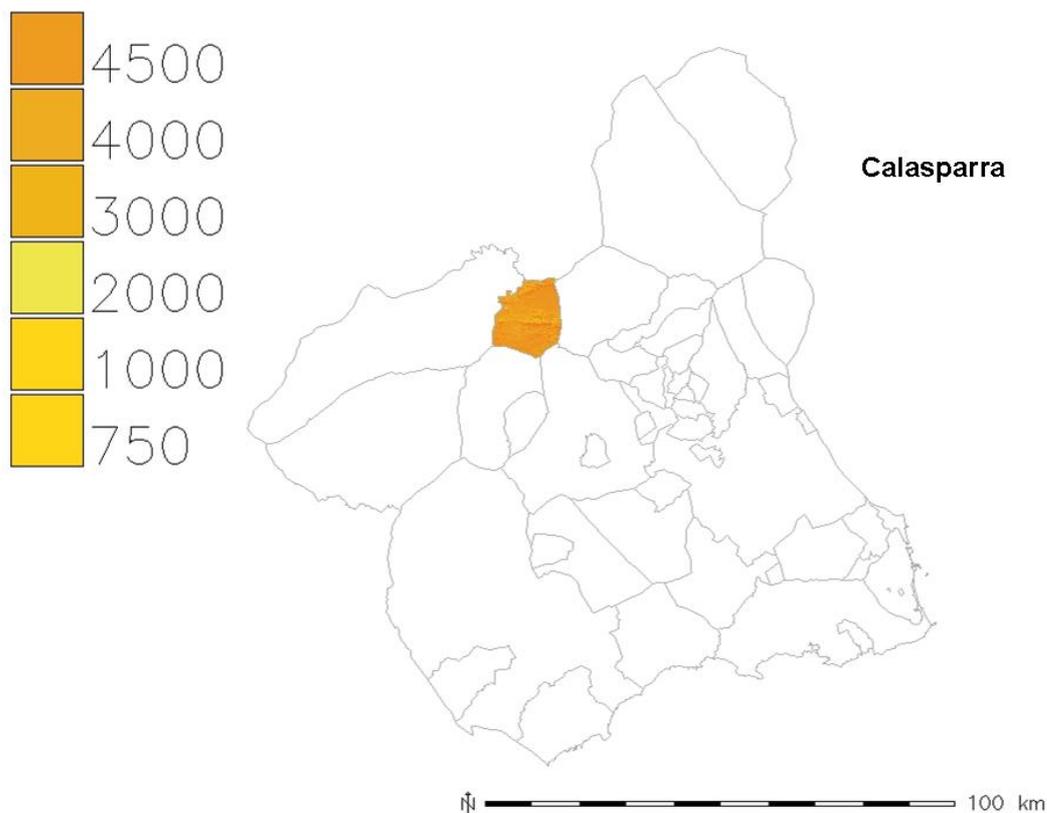


Figura 5.28. Mapa de radiación global de T.M. de Calasparra.

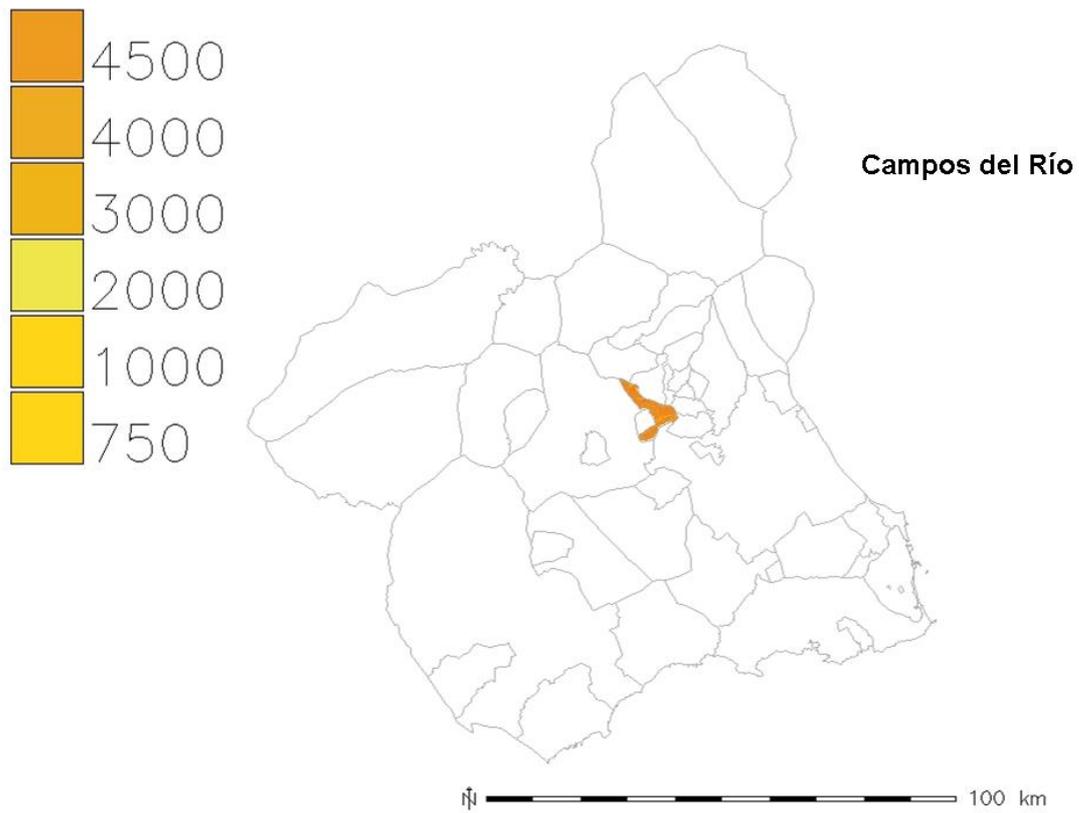


Figura 5.29. Mapa de radiación global de T.M. de Campos del Río.

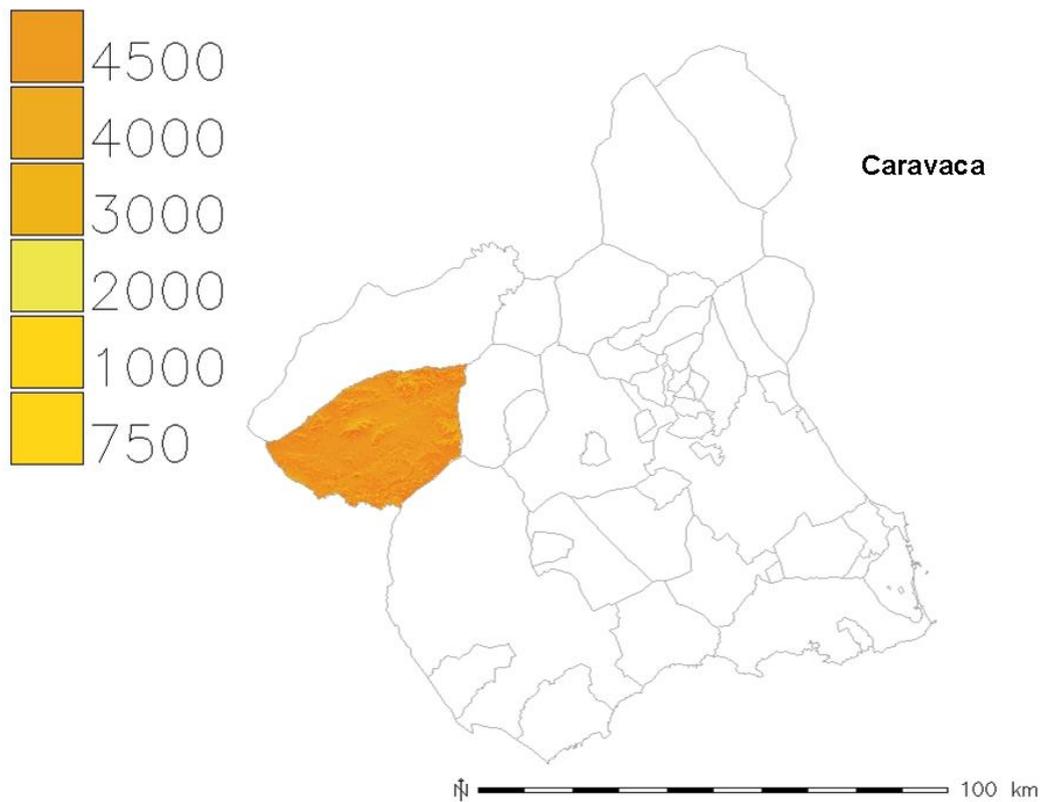


Figura 5.30. Mapa de radiación global de T.M. de Caravaca de la Cruz.

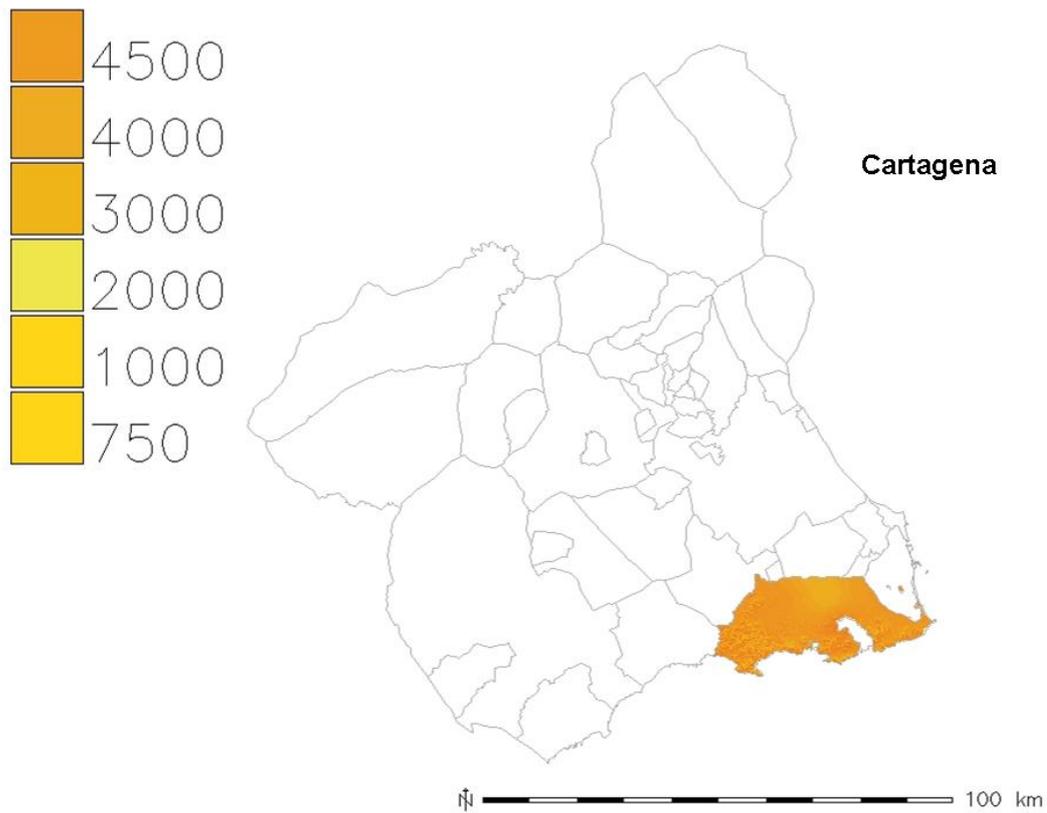


Figura 5.31. Mapa de radiación global de T.M. de Cartagena.

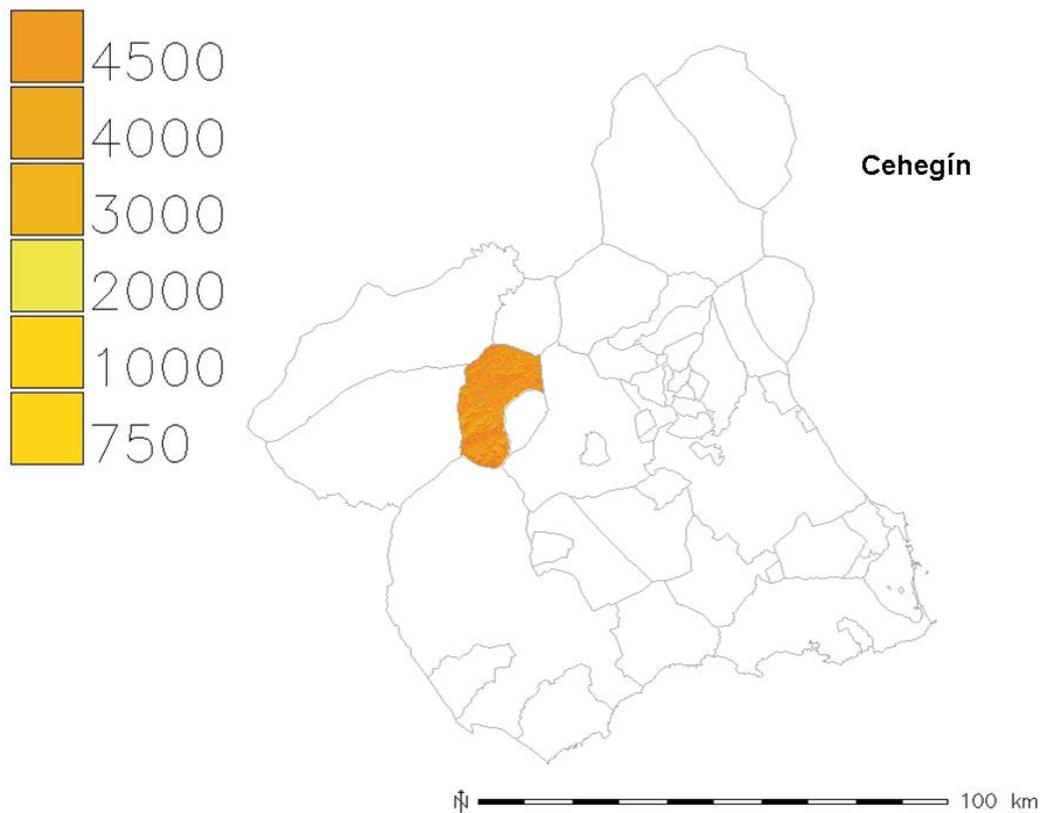


Figura 5.32. Mapa de radiación global de T.M. de Cehegín.

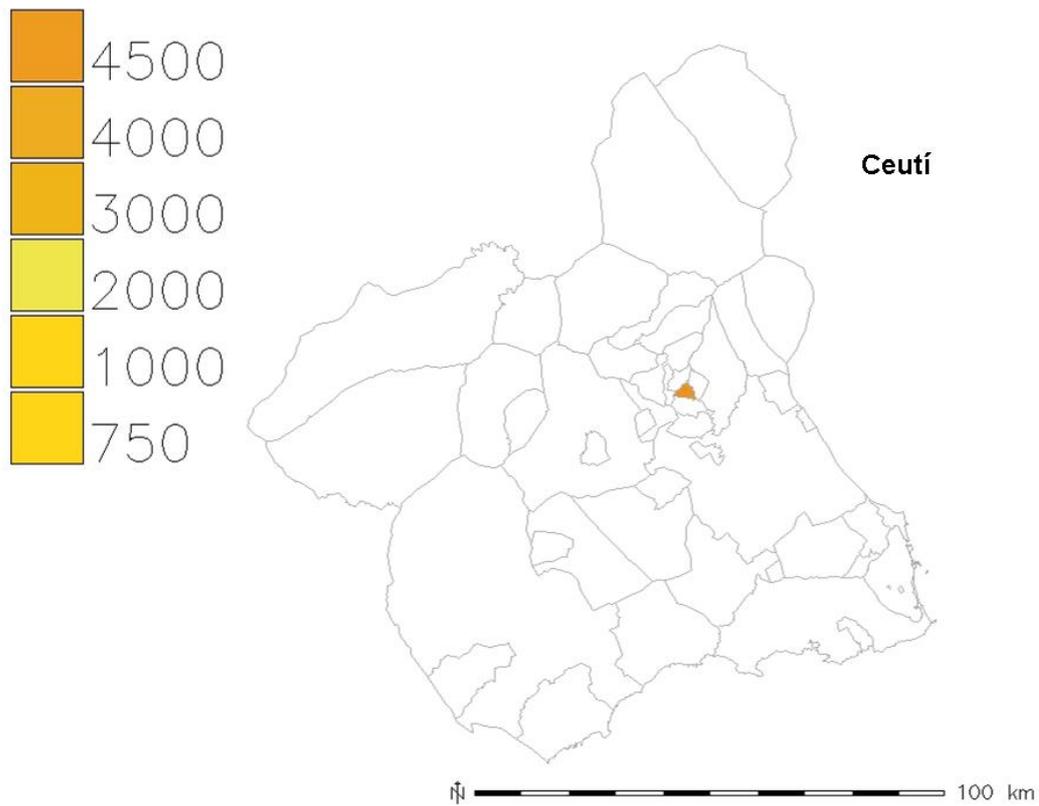


Figura 5.33. Mapa de radiación global de T.M. de Ceutí.

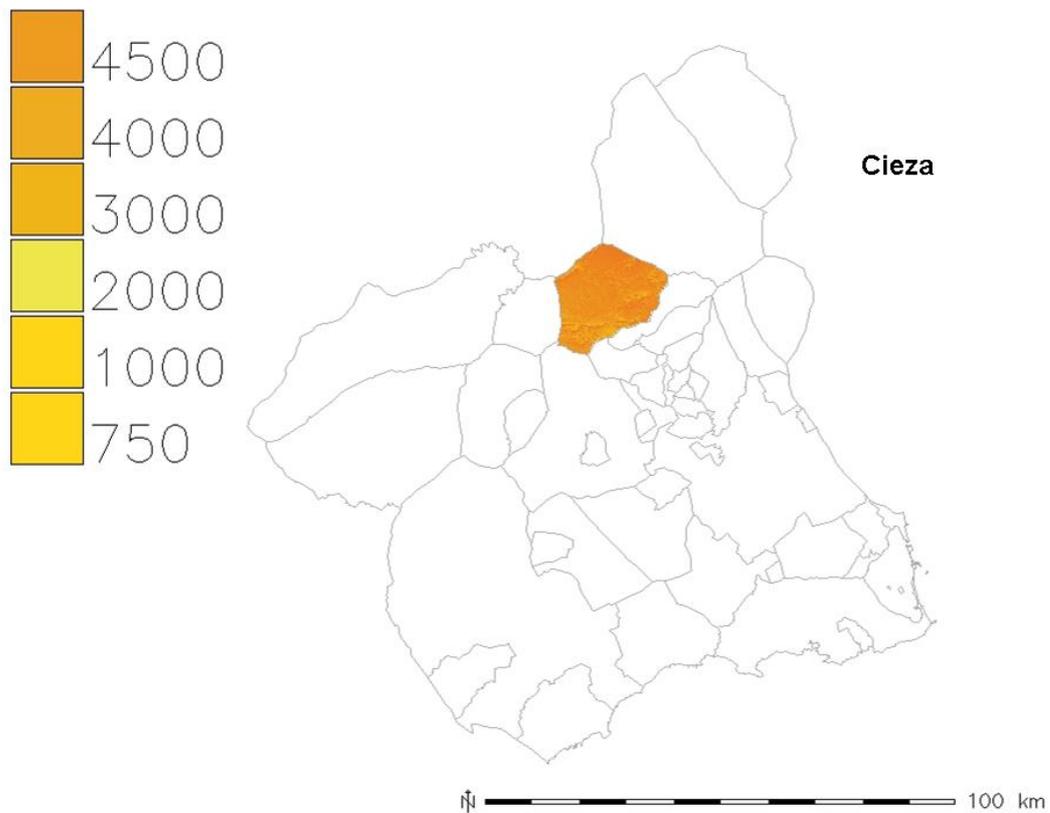


Figura 5.34. Mapa de radiación global de T.M. de Cieza.

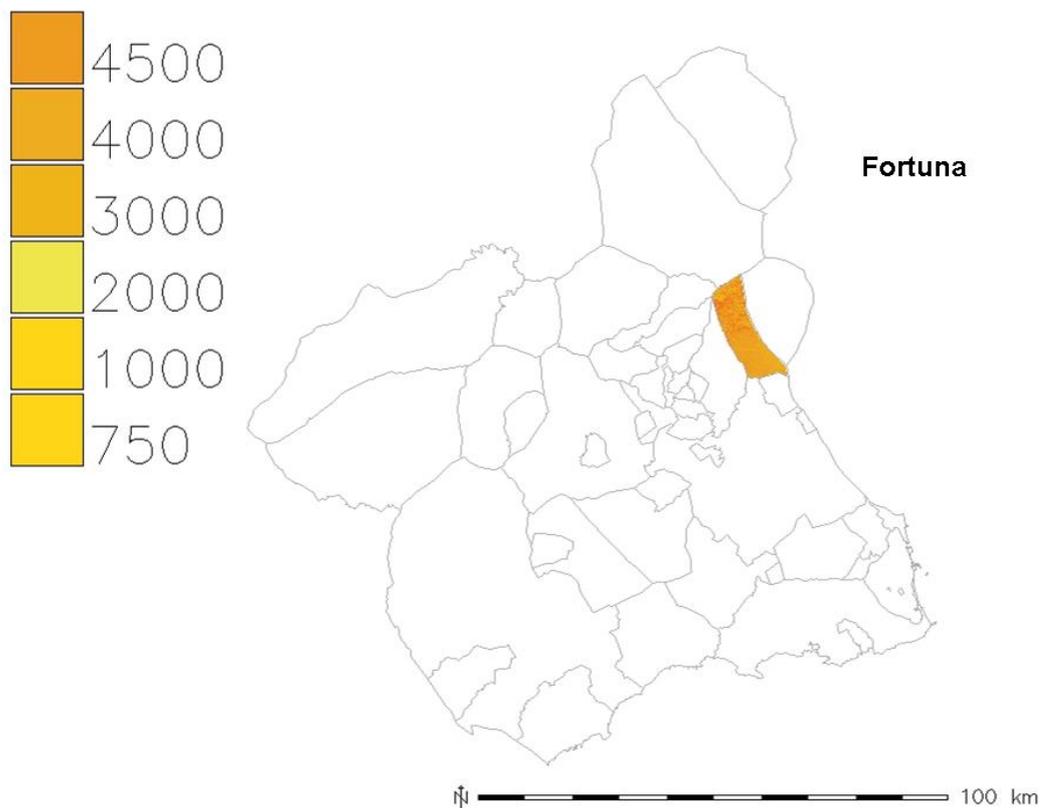


Figura 5.35. Mapa de radiación global de T.M. de Fortuna.

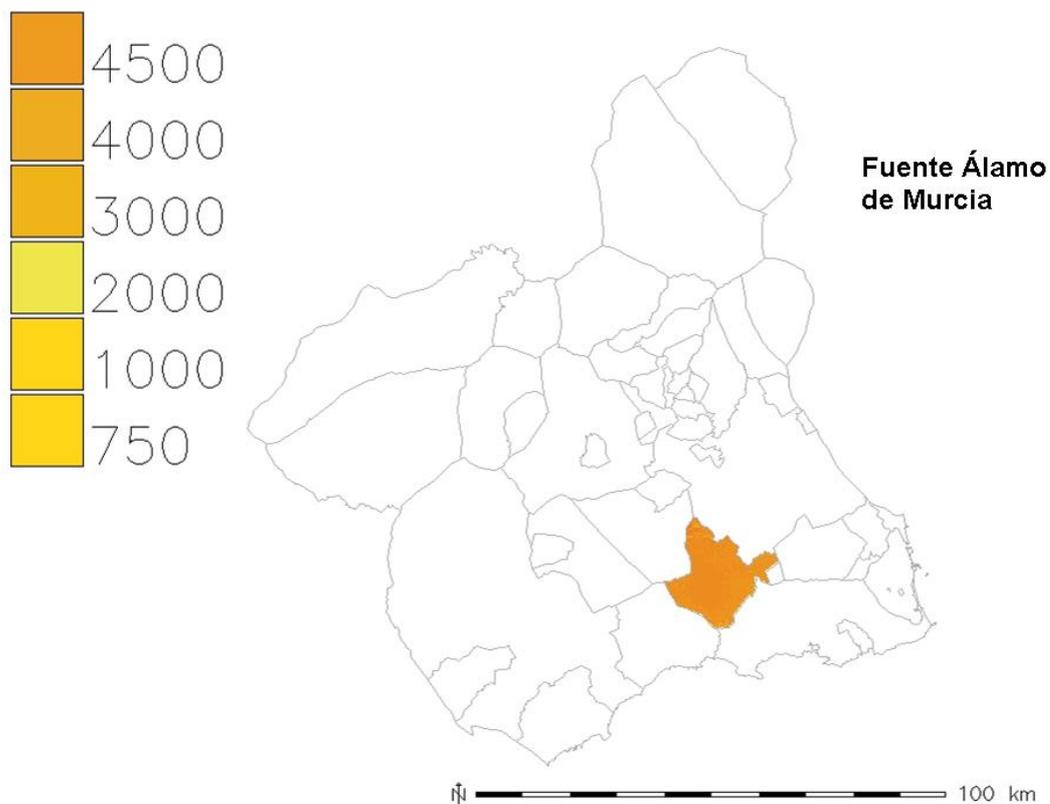


Figura 5.36. Mapa de radiación global de T.M. de Fuente Álamo de Murcia.

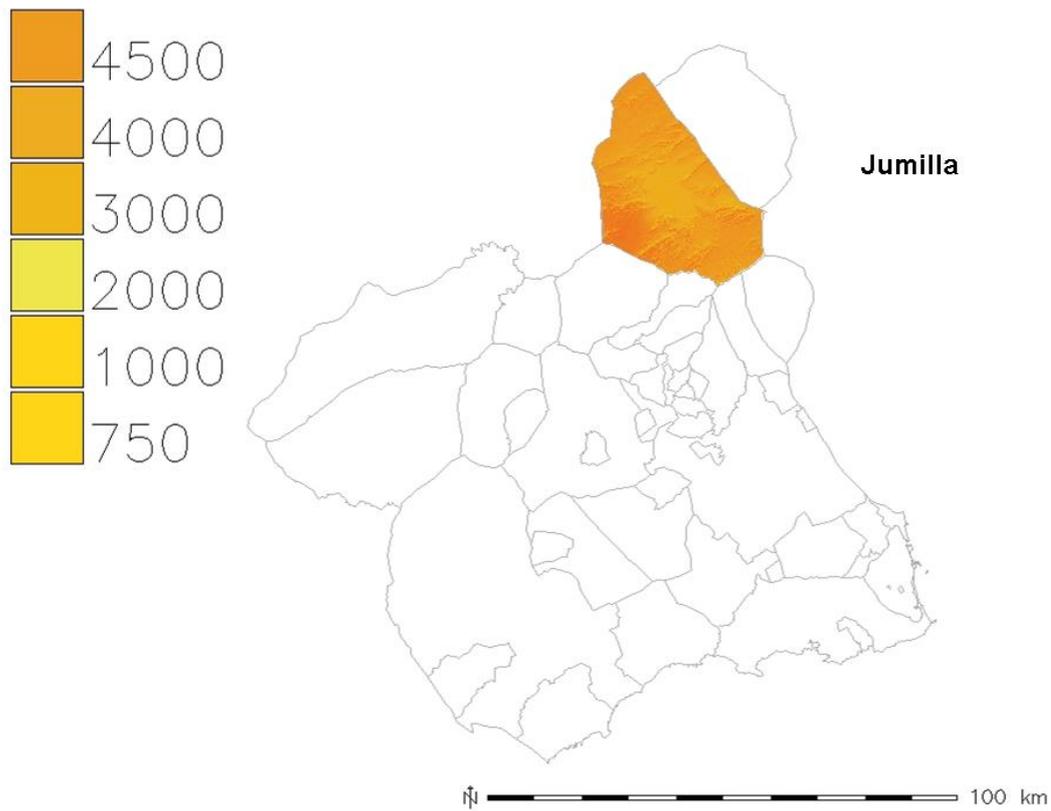


Figura 5.37. Mapa de radiación global de T.M. de Jumilla.

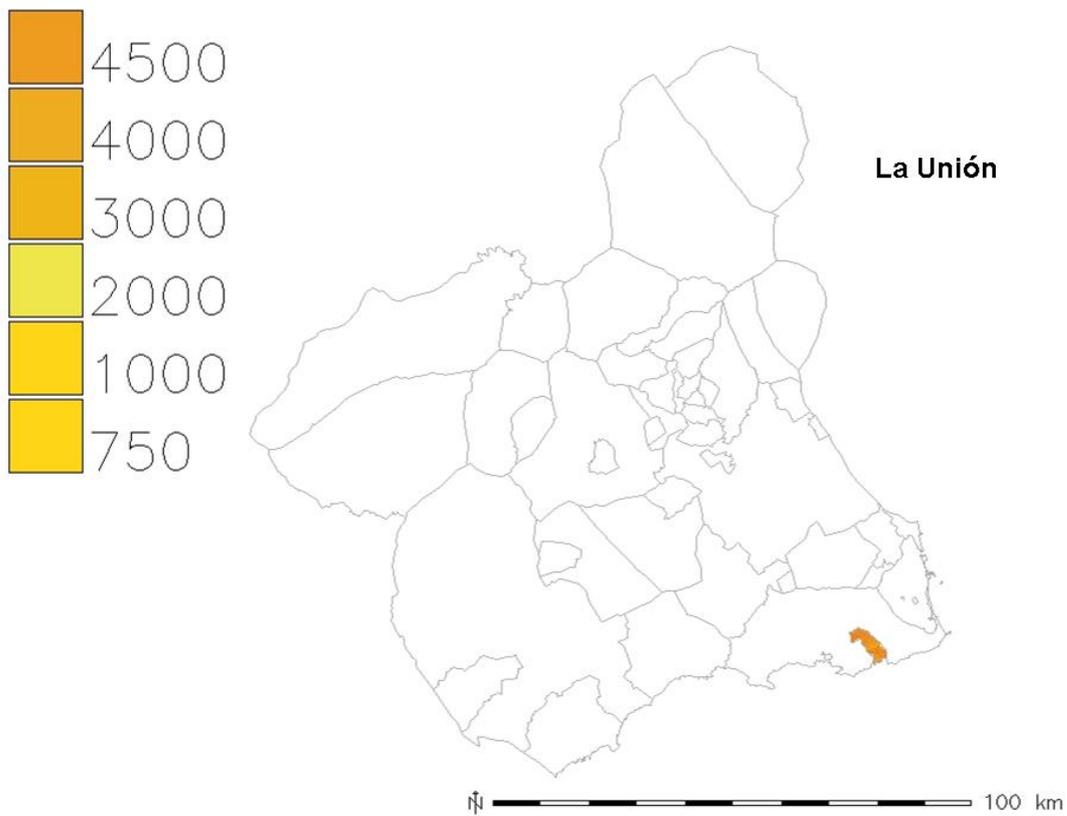


Figura 5.38. Mapa de radiación global de T.M. de La Unión.

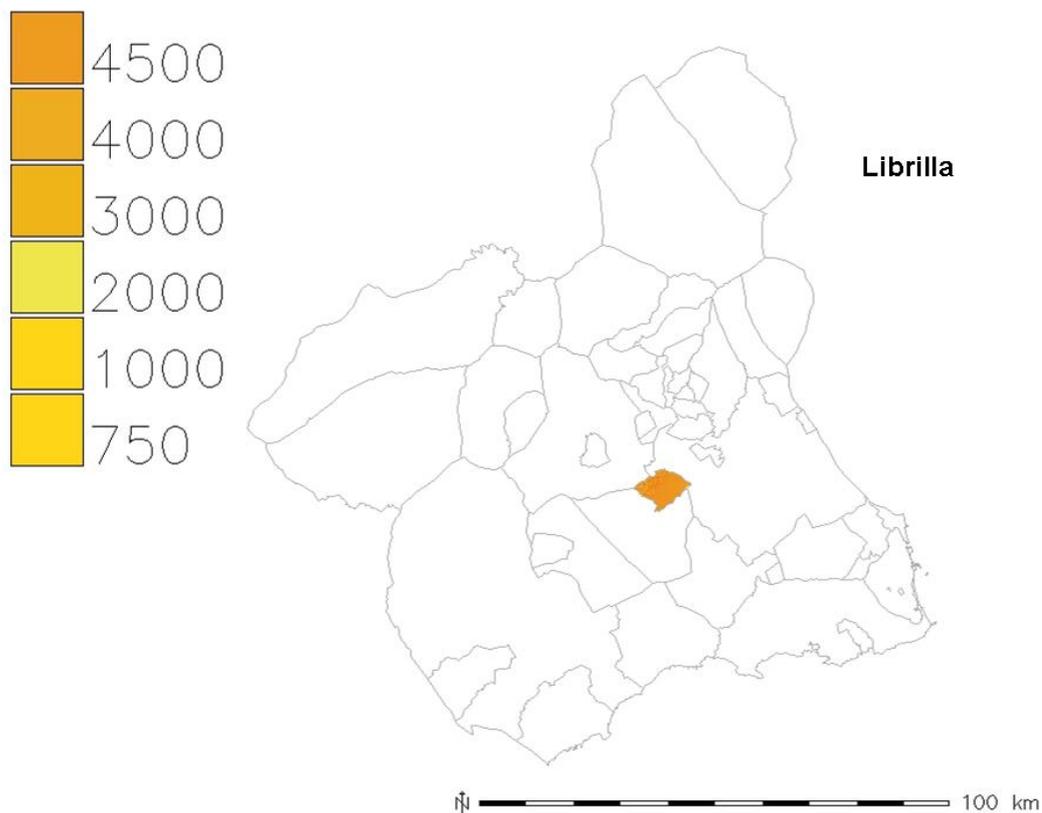


Figura 5.39. Mapa de radiación global de T.M. de Librilla.

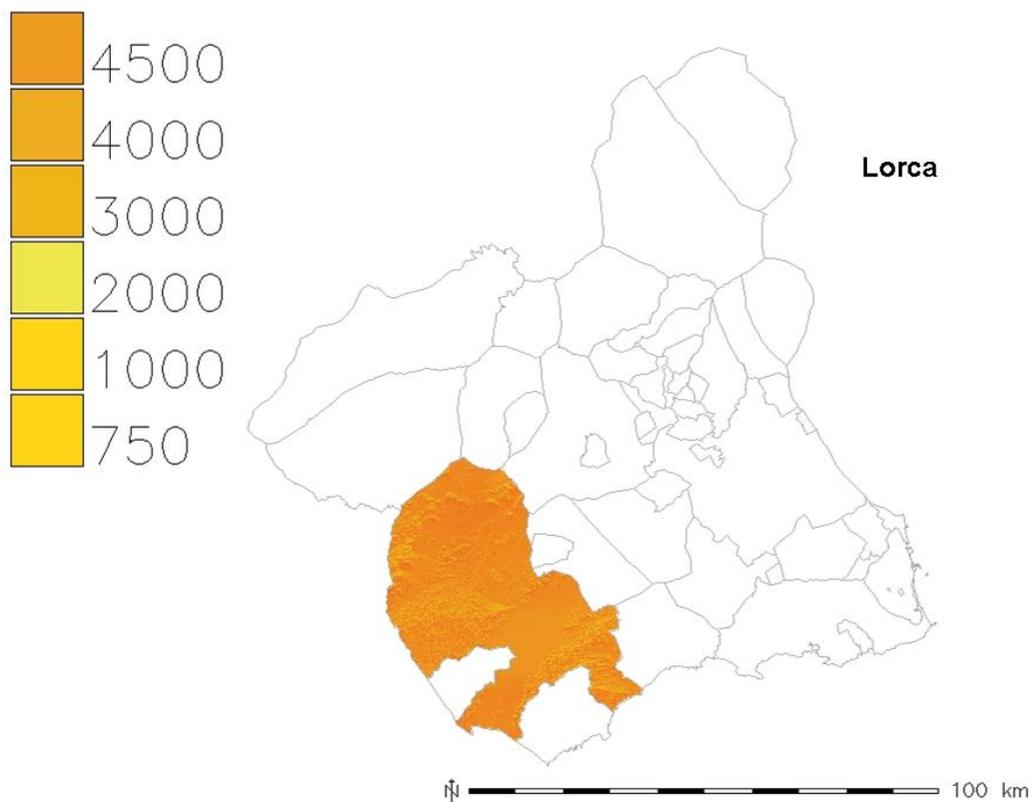


Figura 5.40. Mapa de radiación global de T.M. de Lorca.

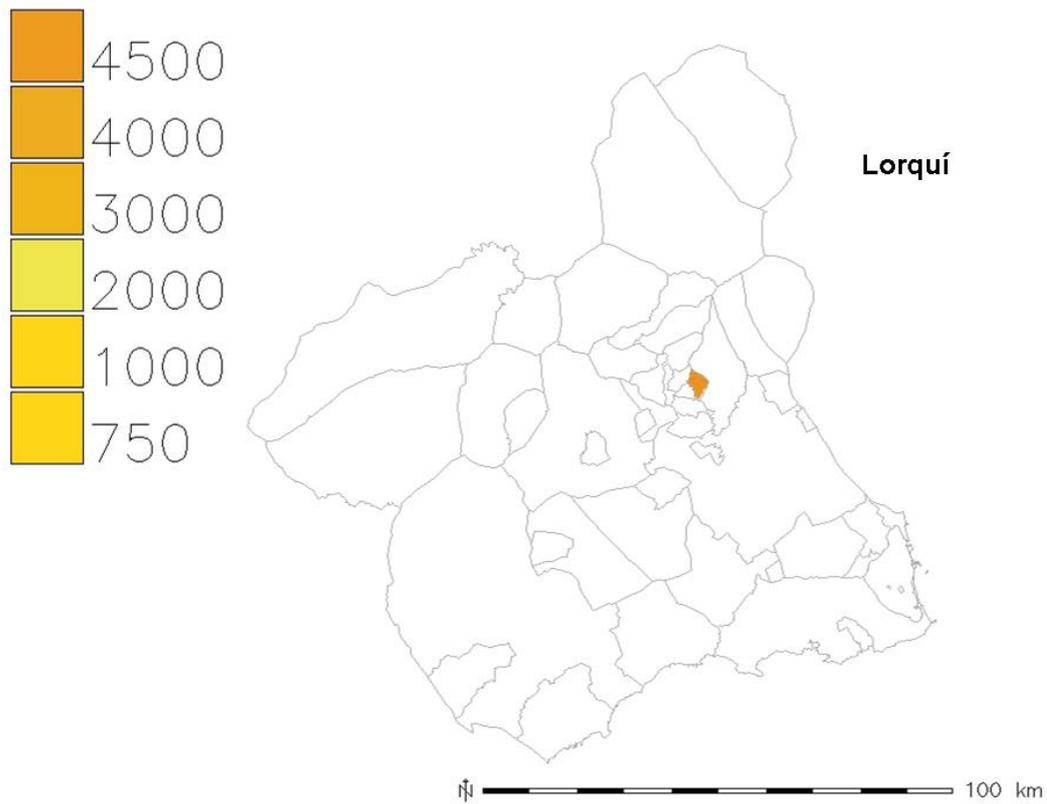


Figura 5.41. Mapa de radiación global de T.M. de Lorquí.

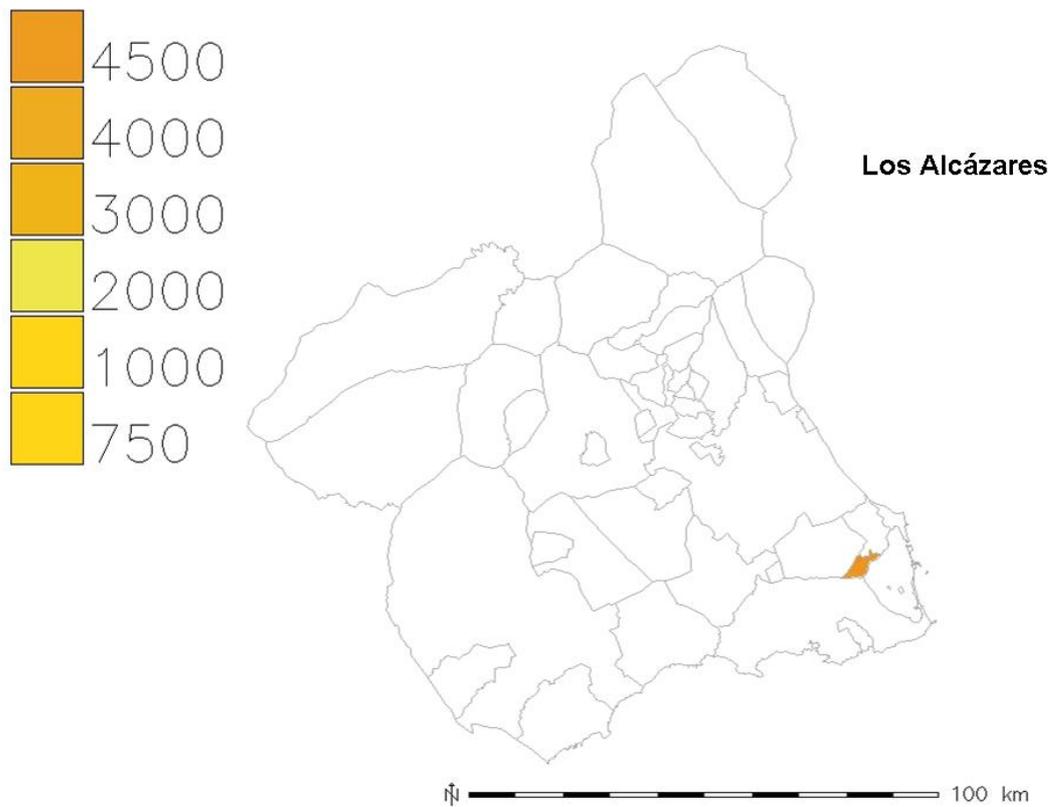


Figura 5.42. Mapa de radiación global de T.M. de Los Alcázares.

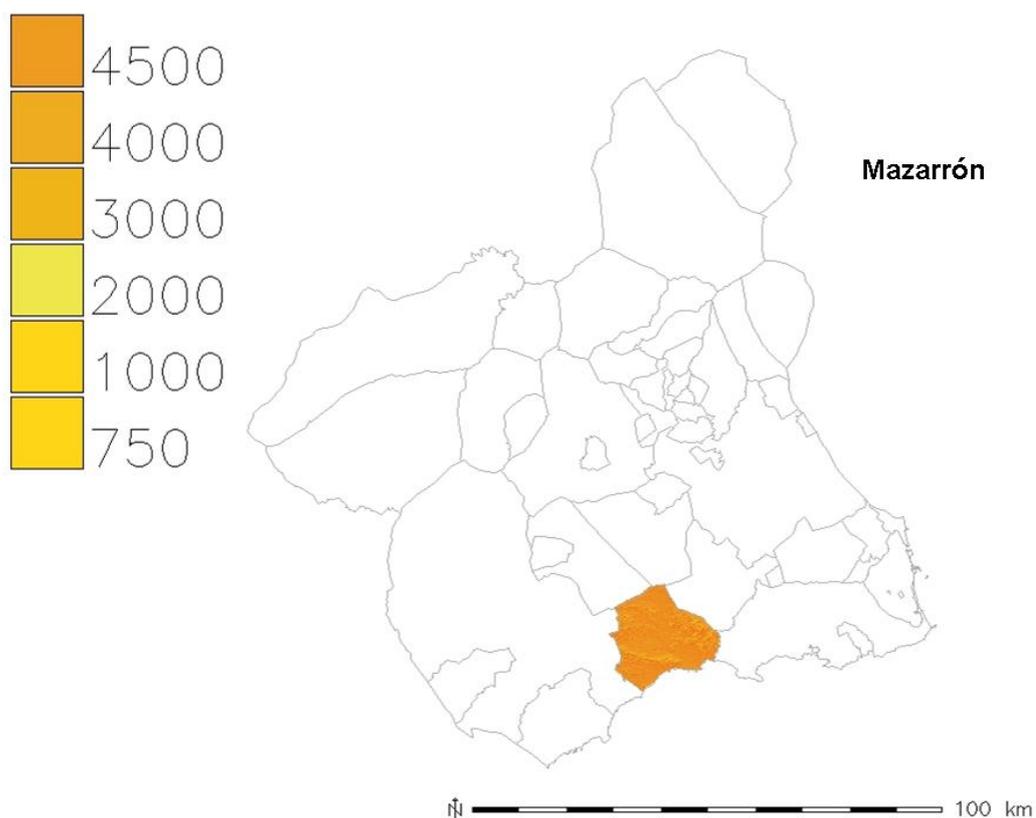


Figura 5.43. Mapa de radiación global de T.M. de Mazarrón.

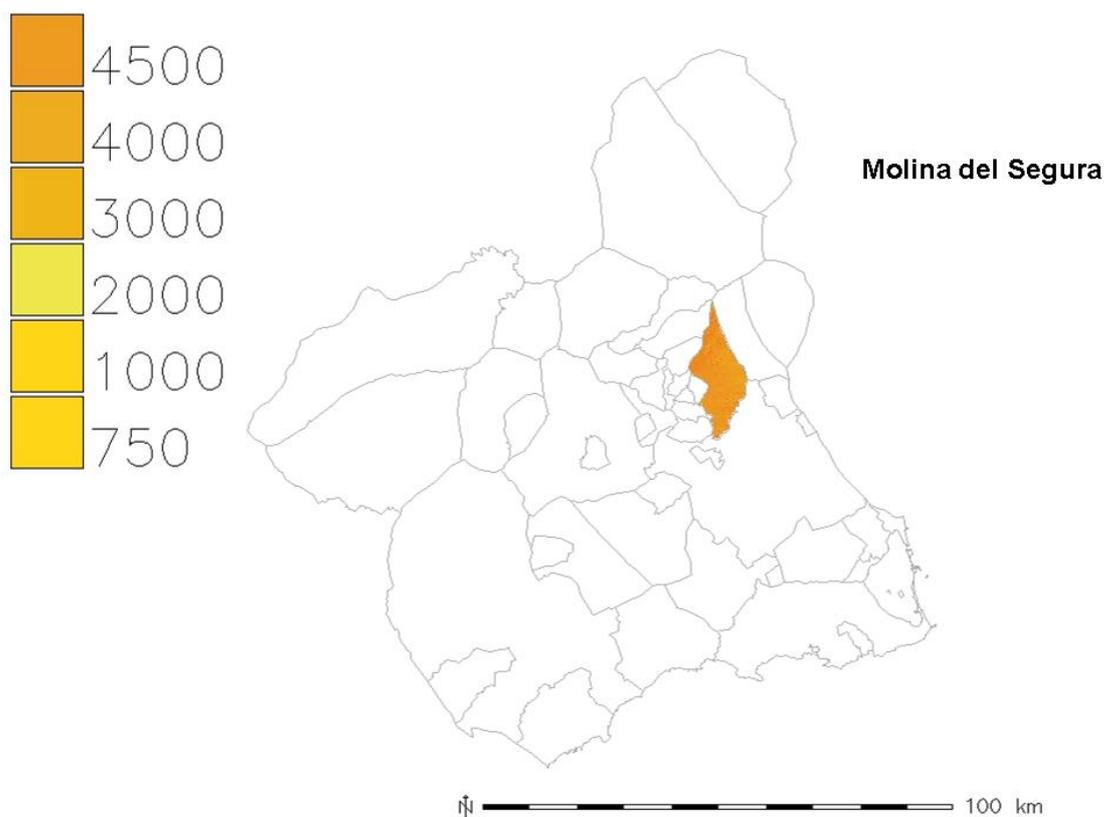


Figura 5.44. Mapa de radiación global de T.M. de Molina del Segura.

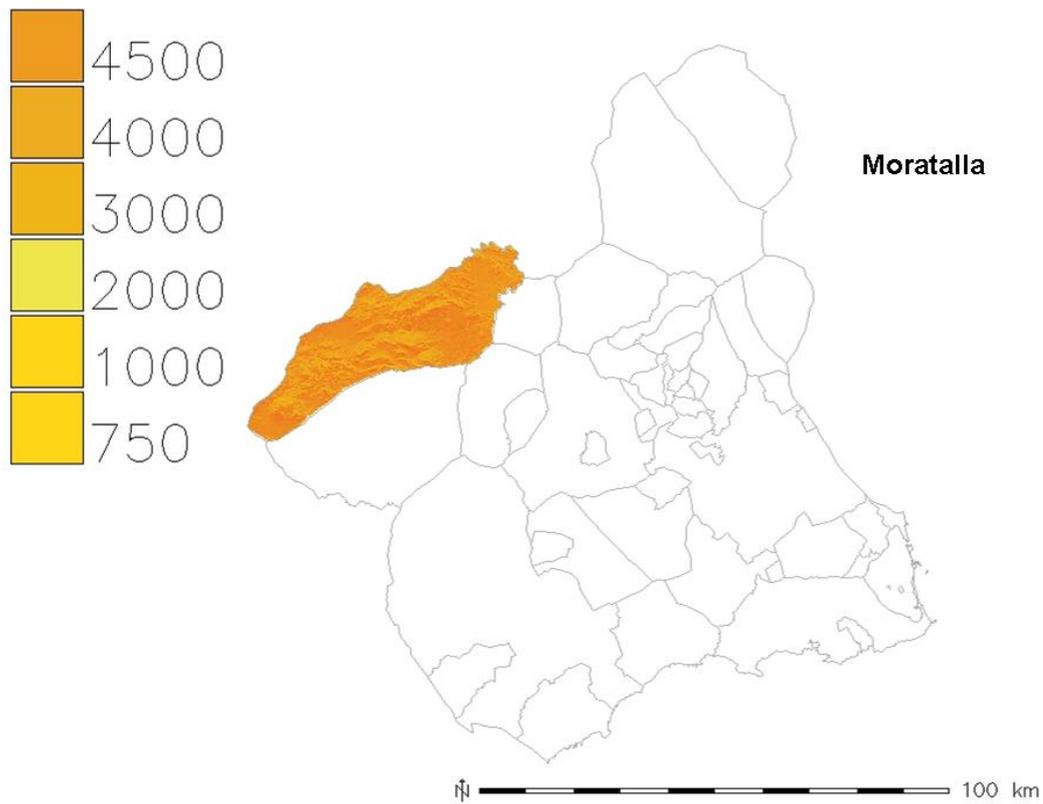


Figura 5.45. Mapa de radiación global de T.M. de Moratalla.

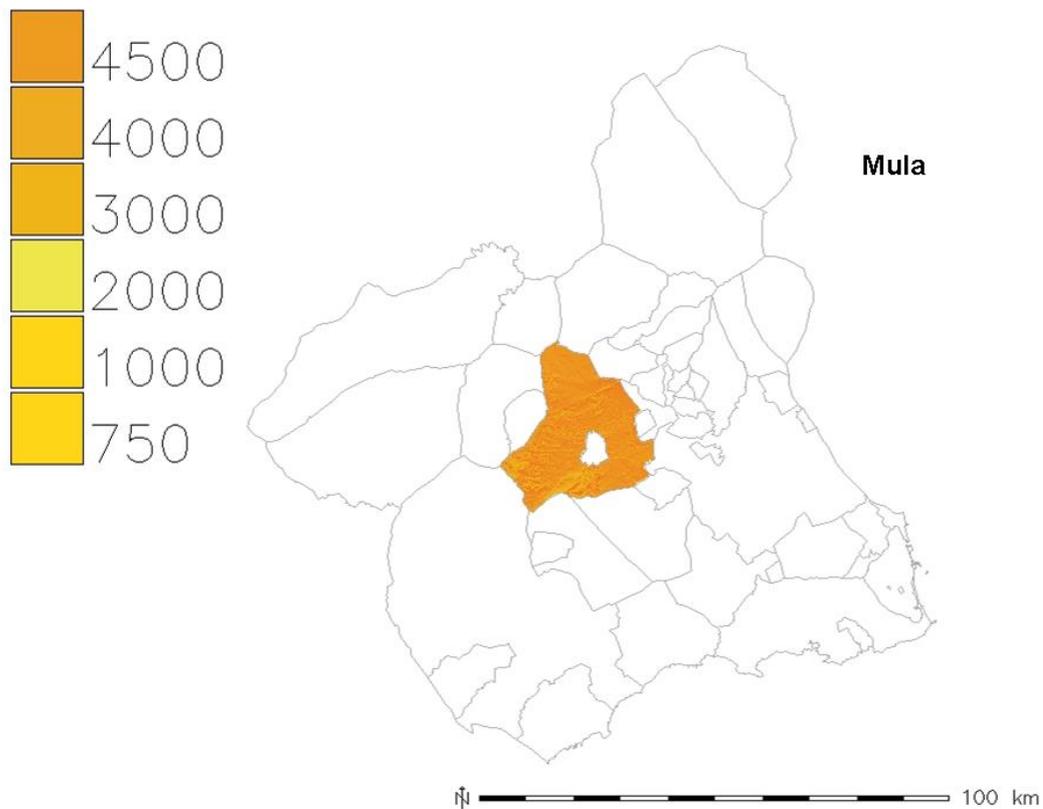


Figura 5.46. Mapa de radiación global de T.M. de Mula.

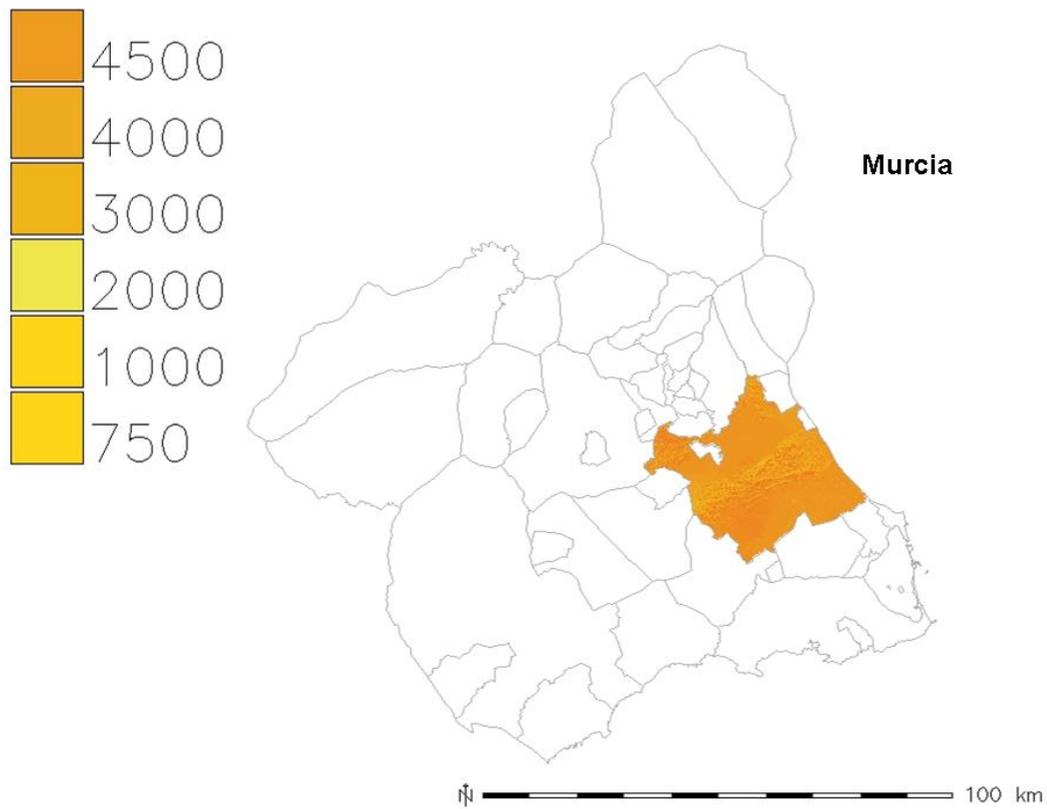


Figura 5.47. Mapa de radiación global de T.M. de Murcia.

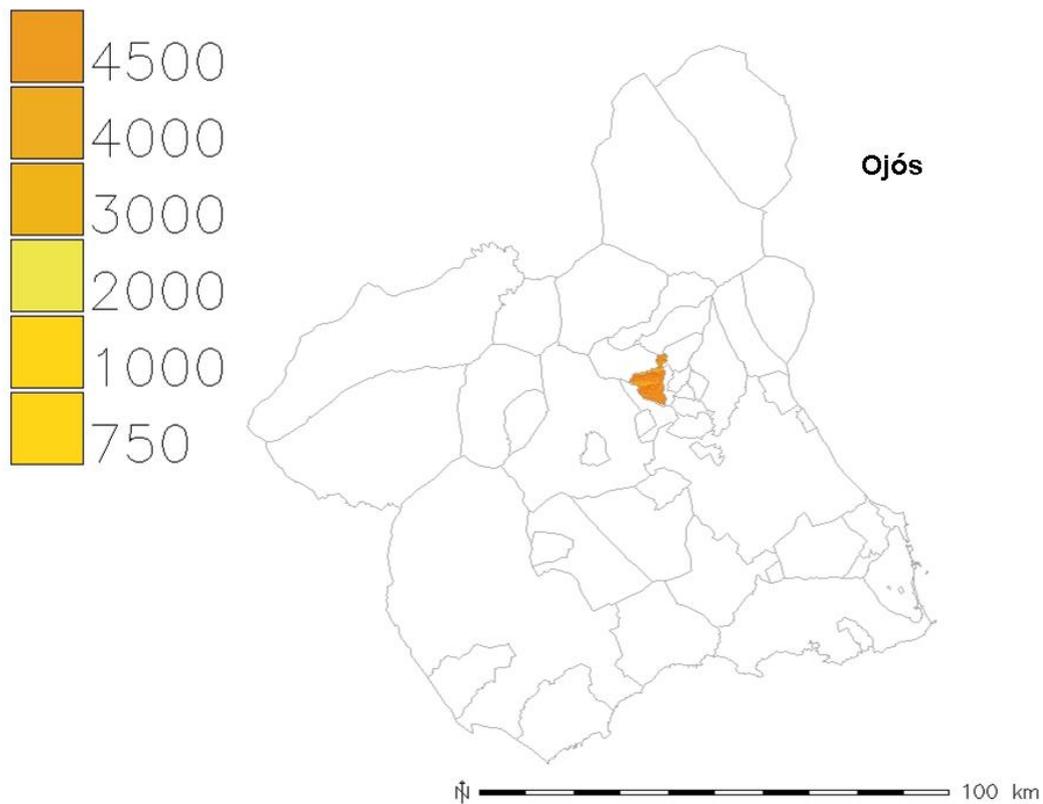


Figura 5.48. Mapa de radiación global de T.M. de Ojós.

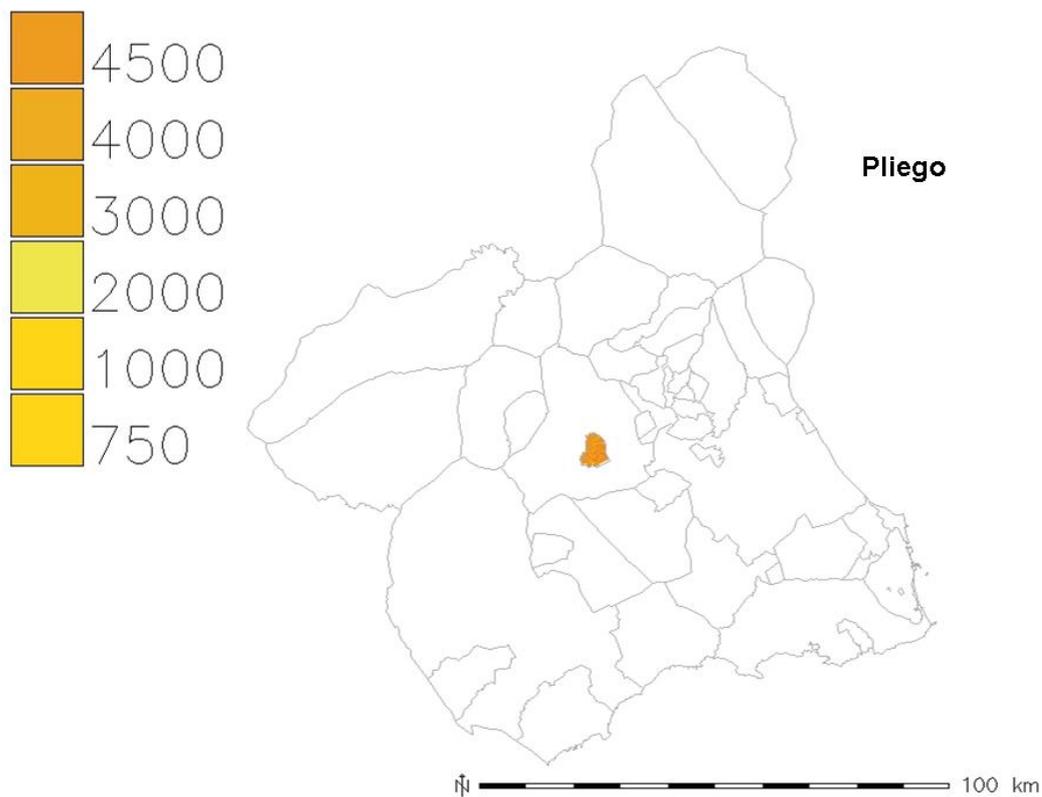


Figura 5.49. Mapa de radiación global de T.M. de Pliego.

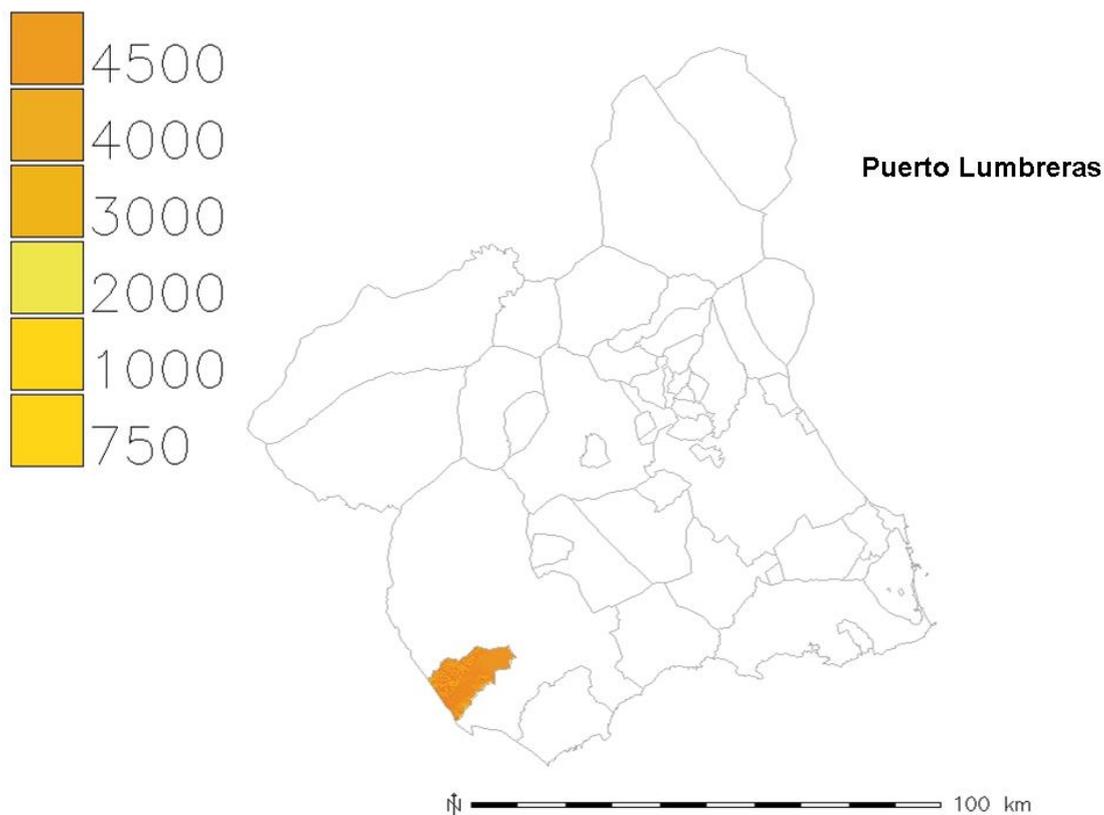


Figura 5.50. Mapa de radiación global de T.M. de Puerto Lumbreras.

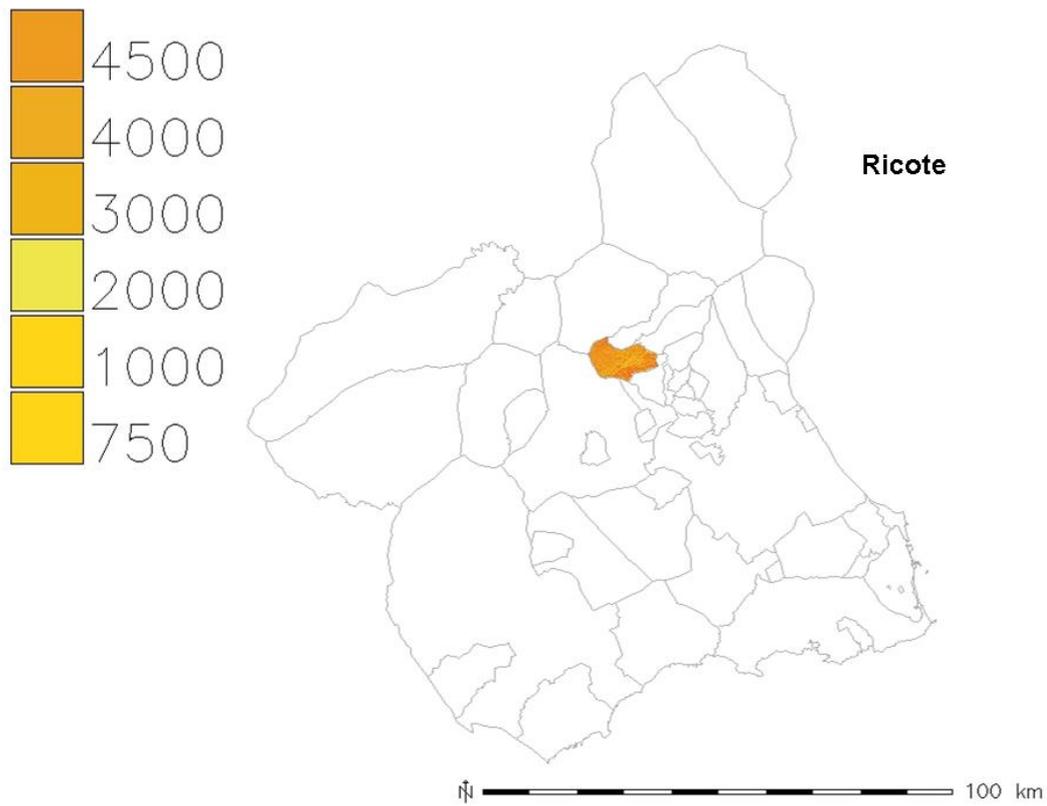


Figura 5.51. Mapa de radiación global de T.M. de Ricote.

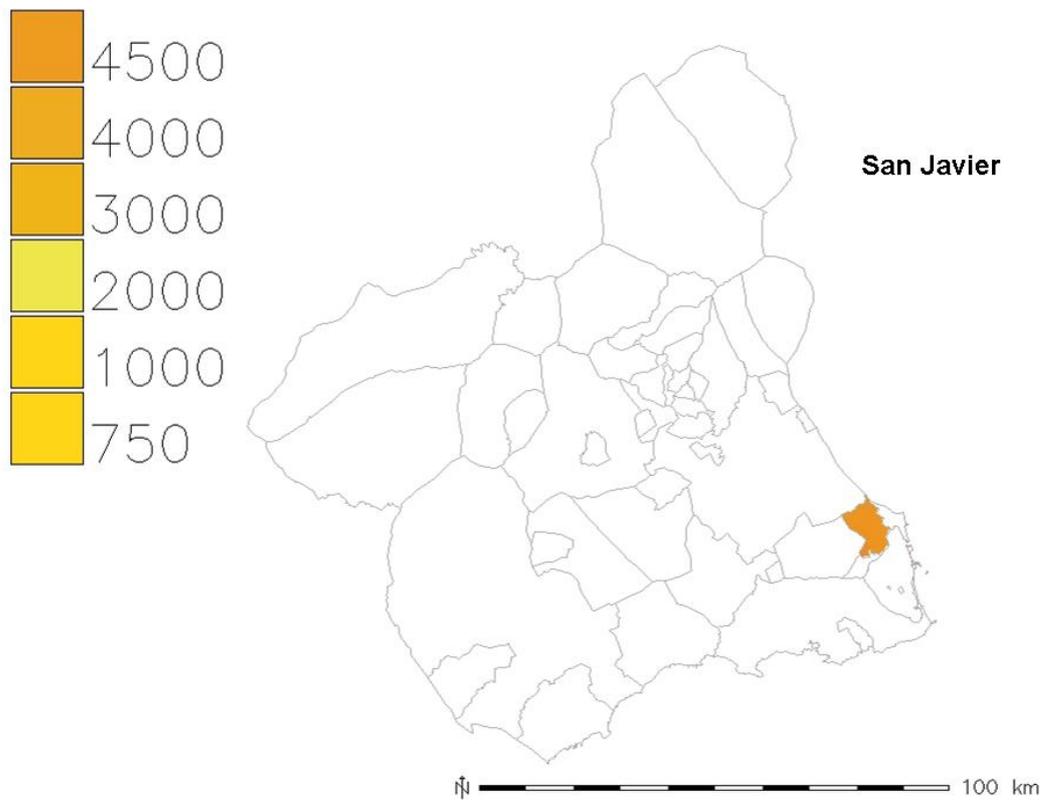


Figura 5.52. Mapa de radiación global de T.M. de San Javier.

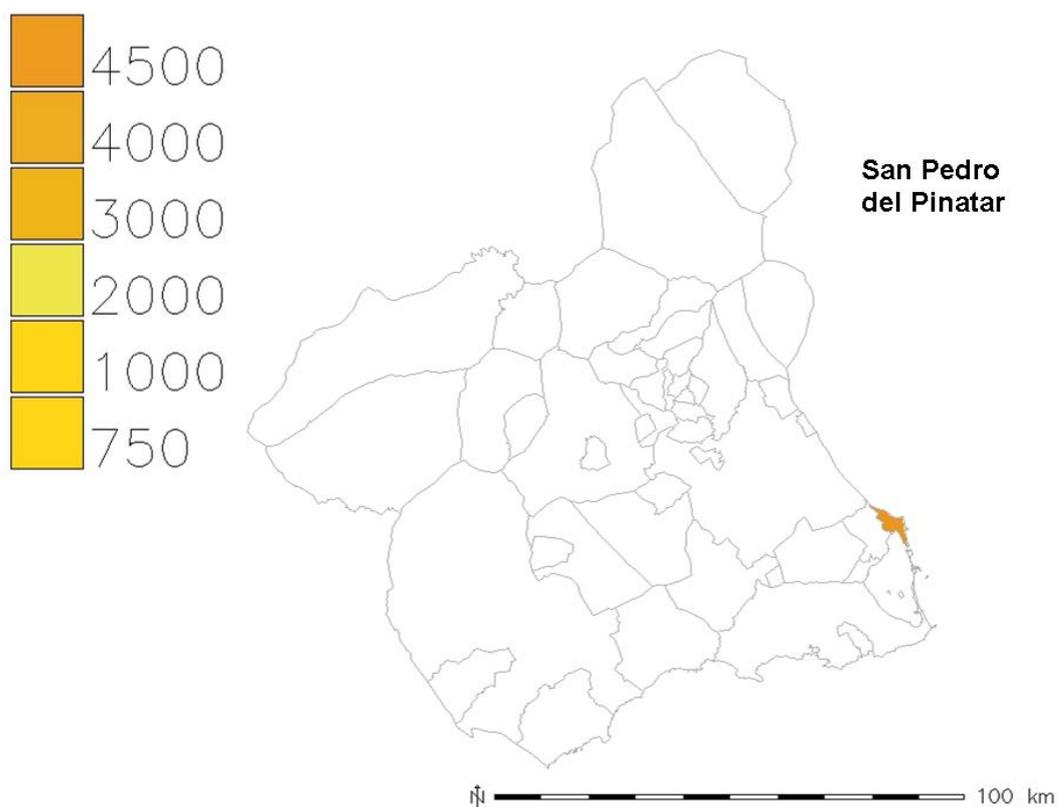


Figura 5.53. Mapa de radiación global de T.M. de San Pedro del Pinatar.

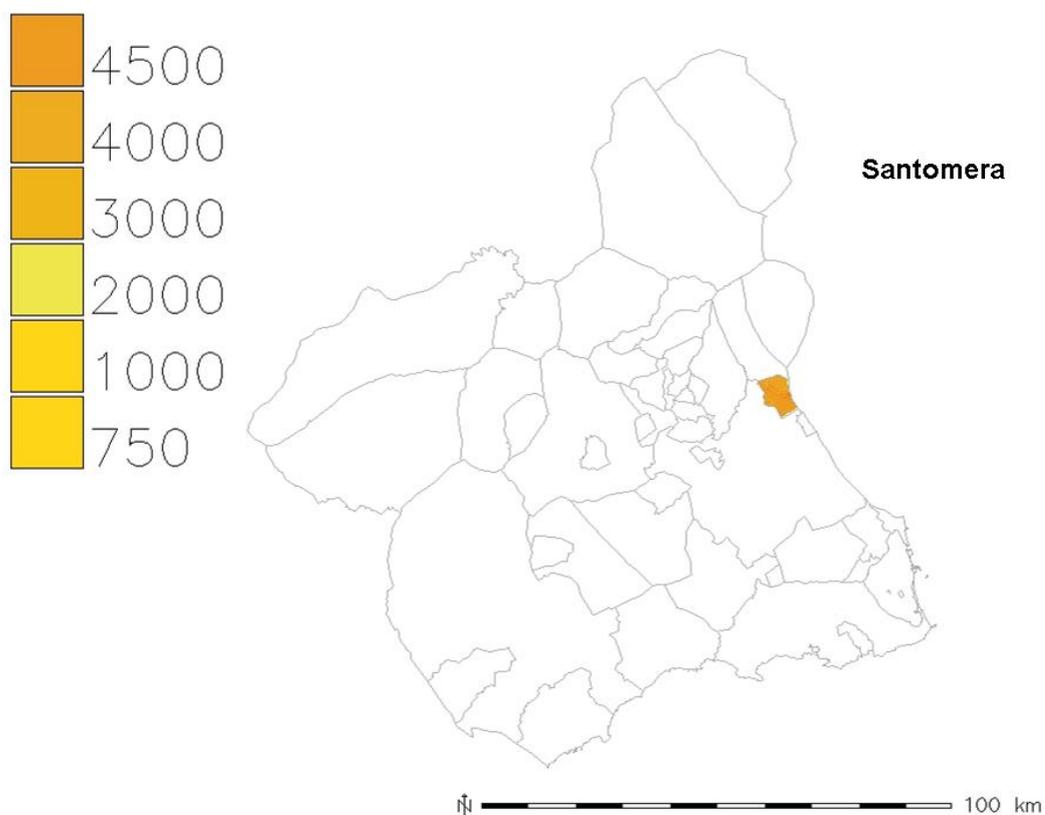


Figura 5.54. Mapa de radiación global de T.M. de Santomera.

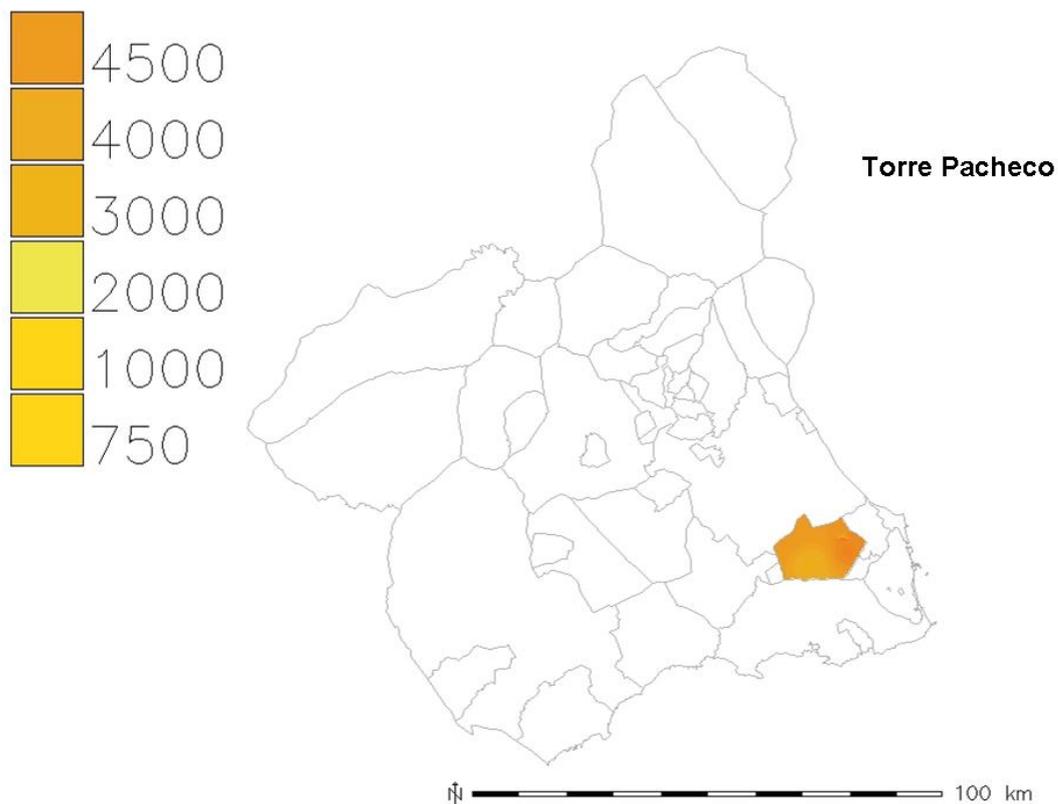


Figura 5.55. Mapa de radiación global de T.M. de Torre Pacheco.

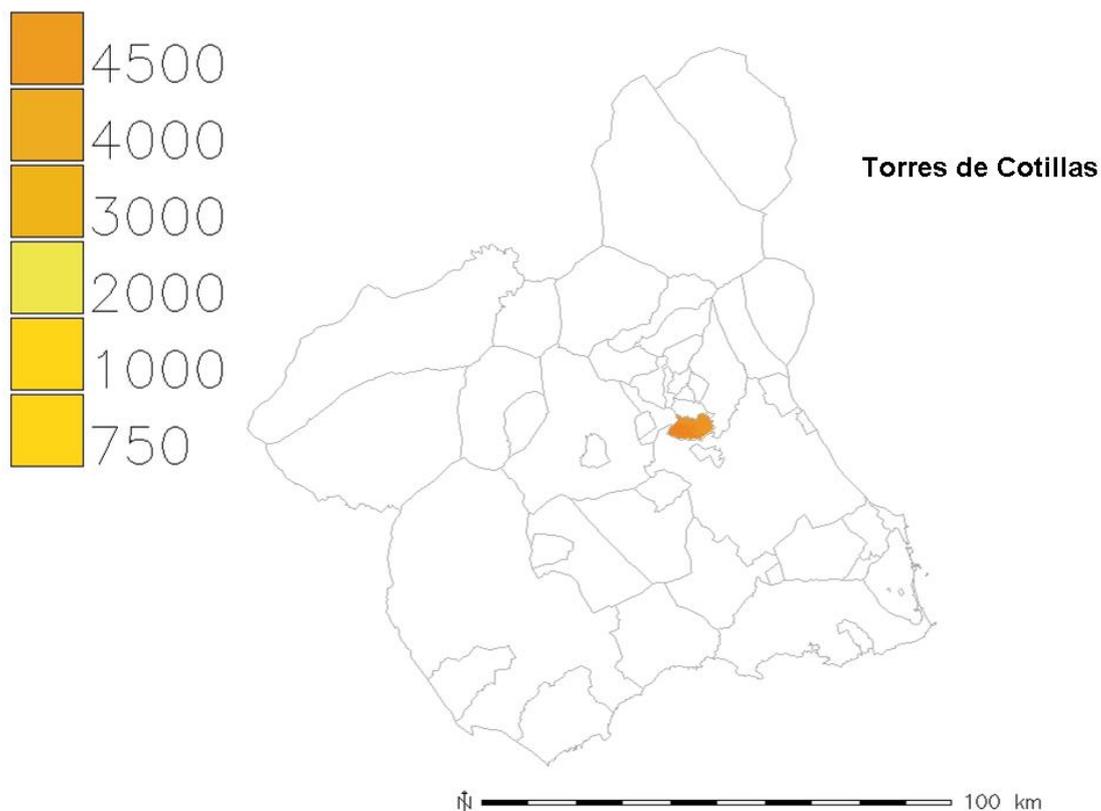


Figura 5.56. Mapa de radiación global de T.M. de Torres de Cotillas.

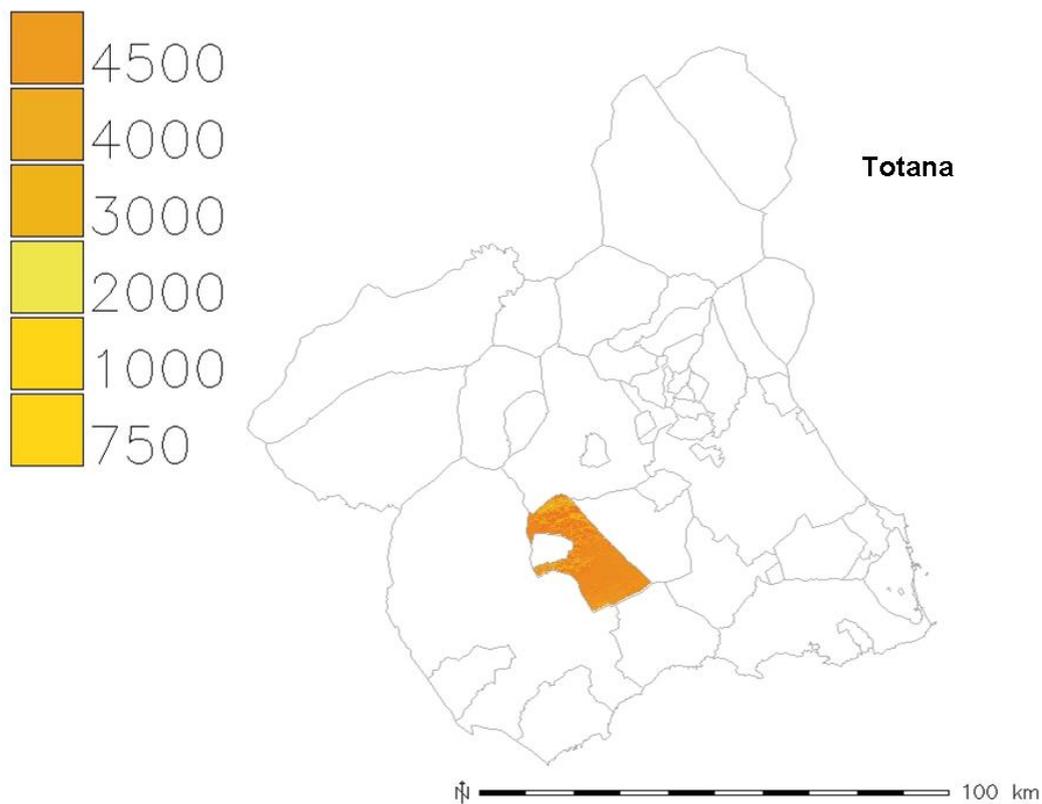


Figura 5.57. Mapa de radiación global de T.M. de Totana.

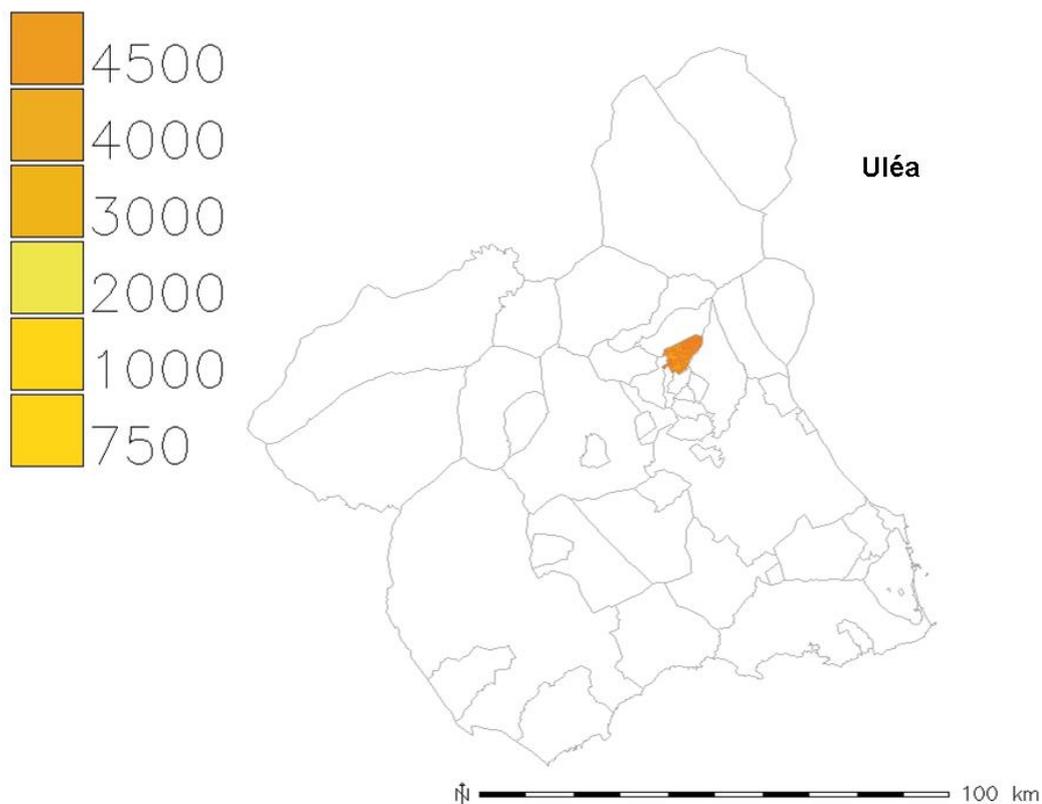
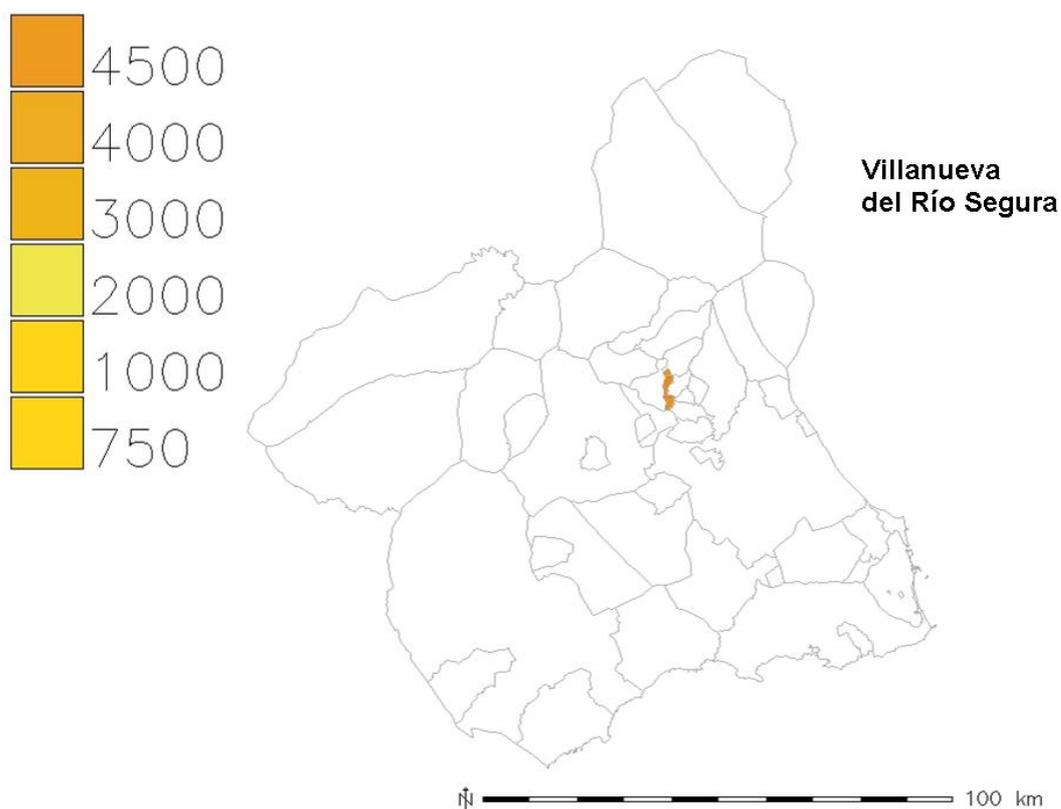
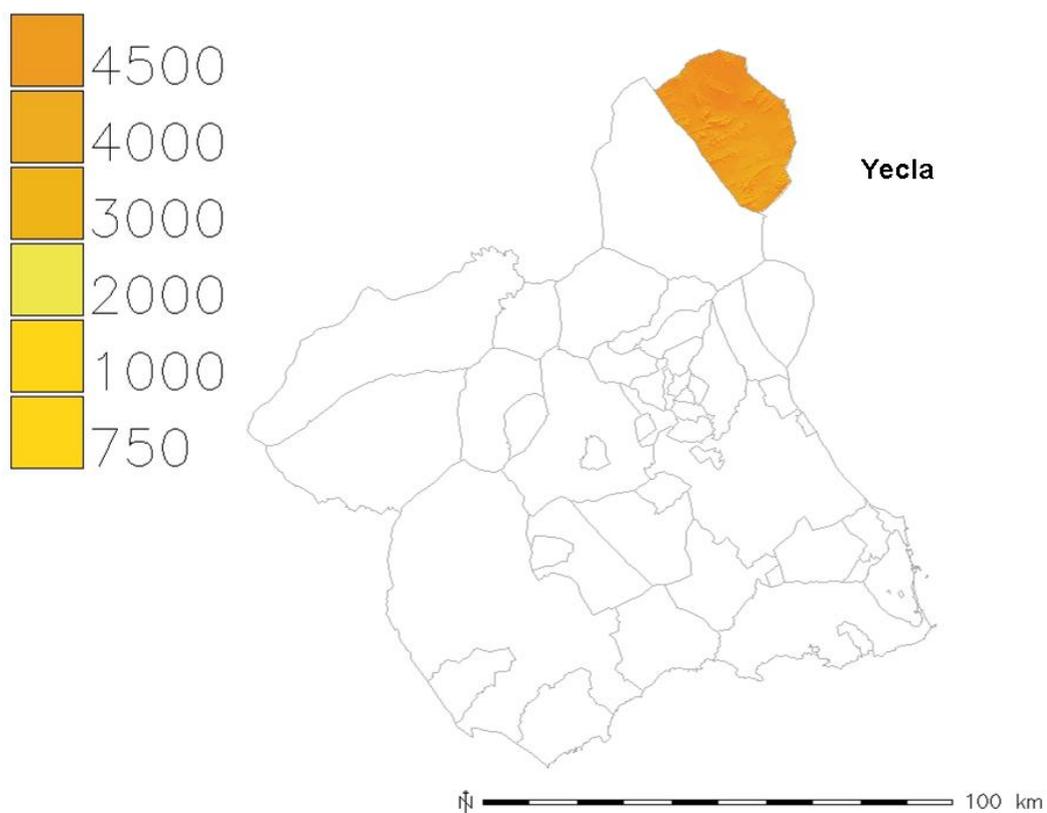


Figura 5.58. Mapa de radiación global de T.M. de Uléa.



**Figura 5.59. Mapa de radiación global de T.M. de Villanueva del Río Segura.**



**Figura 5.60. Mapa de radiación global de T.M. de Yecla.**

*Tablas de radiación mensual para cada Término Municipal de la Región.*

En las tablas siguientes se muestran los valores de radiación para cada Término Municipal de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia obtenidos a partir de los mapas de radiación mostrados anteriormente.

Las tablas muestran tres valores de radiación para cada municipio, estos valores son:

- Radiación Mínima
- **Radiación Media**
- Radiación Máxima

Estos valores de radiación se refieren según la columna al mes en cuestión o al año en la última de las columnas.

Estos valores son muy útiles para realizar una estimación bastante aproximada de la radiación disponible en un municipio en concreto a la hora de prediseñar una instalación de aprovechamiento solar.

Con los valores de radiación global media y latitud de cada municipio en concreto, y siguiendo el proceso descrito en el anexo A del presente documento, que se resume en la aplicación correcta de la ecuación 5.1, se puede calcular la radiación solar sobre plano inclinado para cada uno de los municipios de la región.

$$\bar{H}_\beta = \bar{H} \left[ \cos(\varphi - \beta) - \cos \delta \operatorname{sen} \omega'_s + \frac{\pi \omega'_s}{180} \operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} \delta \right] \quad \text{Ec.5.1}$$

Donde  $\delta$  es la declinación característica y  $\omega_s$  es el ángulo correspondiente a la salida de Sol (en grados sexagesimales). El valor de la declinación característica es el que aparece recogido en la tabla siguiente:

Mes	Día del mes	Día característico	Valor de la declinación ( $\delta$ )
Enero	17	17	-20,9°
Febrero	16	47	-13,0°
Marzo	16	75	-2,4°
Abril	15	105	9,4°
Mayo	15	135	18,8°
Junio	11	162	23,1°

Julio	17	198	21,2°
Agosto	16	228	13,5°
Septiembre	15	258	2,2°
Octubre	15	288	-9,6°
Noviembre	14	318	-18,9°
Diciembre	10	344	-23,0°

**Tabla 5. 1. Valores de la declinación característica en función del día característico.**

El valor del ángulo horario correspondiente a la salida del sol se puede determinar mediante la expresión:

$$\omega'_s = \min\{\arccos[-\tan \delta \tan \varphi], \arccos[-\tan \delta \tan(\varphi - \beta)]\}$$

La obtención de estas expresiones y de los términos que las componen está ampliamente descrita en el Anexo A del presente documento.

	Wh/m <sup>2</sup> *día	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	ANUAL
Abanilla	MINIMA	448.541	704.547	1484.94	2747.63	4126.89	4634.99	2097.18
	<b>MEDIA</b>	<b>2303.12</b>	<b>3188.69</b>	<b>4385.16</b>	<b>5581.06</b>	<b>6472.5</b>	<b>6780.67</b>	<b>4349.07</b>
	MAXIMA	4680.52	5248.61	5665.48	6225.27	6846.07	7148.71	5193.49
Abarán	MINIMA	494.697	672.543	1435.38	3067.49	4375.44	4891.97	2329.26
	<b>MEDIA</b>	<b>2249.1</b>	<b>3173.79</b>	<b>4458.36</b>	<b>5756.51</b>	<b>6773.48</b>	<b>7138.75</b>	<b>4482.49</b>
	MAXIMA	4797.09	5456.8	5969.88	6456.57	7076.42	7403.32	5419.43
Águilas	MINIMA	716.452	1015.7	2127.27	3592.71	4868.75	5496.42	2681.64
	<b>MEDIA</b>	<b>2691.3</b>	<b>3611.77</b>	<b>4842.41</b>	<b>6063.13</b>	<b>6928.68</b>	<b>7246.96</b>	<b>4778.45</b>
	MAXIMA	4782.16	5428.94	5994.43	6585.7	7175.44	7524.93	5529.12
Albudeite	MINIMA	705.258	1427.91	2781.25	4490.28	5774.85	6373.59	3276.36
	<b>MEDIA</b>	<b>2412.82</b>	<b>3327.81</b>	<b>4577.45</b>	<b>5863.53</b>	<b>6854.3</b>	<b>7229.73</b>	<b>4638.48</b>
	MAXIMA	3628.81	4499.98	5494.53	6342.53	6990.38	7341.42	5288.54
Alcantarilla	MINIMA	1039.19	1858.69	3240.93	4901.81	6317.57	6944.36	3647.04
	<b>MEDIA</b>	<b>2426.14</b>	<b>3359.07</b>	<b>4617.58</b>	<b>5908.04</b>	<b>6867.16</b>	<b>7228.68</b>	<b>4634.39</b>
	MAXIMA	3284.5	4154.85	5237.16	6238.85	6959.26	7311.28	5118.03
Los Alcázares	MINIMA	2297.08	3161.74	4341.8	5549.01	6491.25	6844.77	4398.58
	<b>MEDIA</b>	<b>2487.45</b>	<b>3409.44</b>	<b>4638.38</b>	<b>5879.33</b>	<b>6836.17</b>	<b>7164.54</b>	<b>4624.2</b>
	MAXIMA	2691.48	3639.43	4873.44	6104.31	7060.38	7370.82	4801.98
Aledo	MINIMA	875.772	1606.63	2870.01	4452.64	5657.81	6137.49	3289.16
	<b>MEDIA</b>	<b>2530.29</b>	<b>3473.26</b>	<b>4741.65</b>	<b>6028.37</b>	<b>6970.06</b>	<b>7315.05</b>	<b>4728.52</b>
	MAXIMA	4064.88	4883.03	5747.72	6428.92	7063.9	7400.99	5360.38
Alguazas	MINIMA	1349.21	2236.06	3609.35	5159.9	6455.31	6978.29	3854.82
	<b>MEDIA</b>	<b>2396.38</b>	<b>3332.77</b>	<b>4604.99</b>	<b>5896.22</b>	<b>6890.44</b>	<b>7250.06</b>	<b>4626.8</b>
	MAXIMA	3284.44	4162.17	5242.23	6236.88	6981.15	7318.04	5129.11
Alhama de Murcia	MINIMA	497.783	697.936	1138.61	2335.61	3231.92	3603.87	1737.41
	<b>MEDIA</b>	<b>2416.76</b>	<b>3340.44</b>	<b>4585.21</b>	<b>5863.74</b>	<b>6798.92</b>	<b>7143.59</b>	<b>4580.75</b>
	MAXIMA	4761.3	5349.75	5914.48	6427.85	7049.01	7376.8	5419.86
Archena	MINIMA	553.757	1120.01	2304.59	3903.38	5417.03	5251.08	2854.92
	<b>MEDIA</b>	<b>2636.53</b>	<b>3578.07</b>	<b>4837.37</b>	<b>6064.61</b>	<b>7019.17</b>	<b>7331.62</b>	<b>4797.19</b>
	MAXIMA	5377.33	5797.26	6170.35	6529.08	7291.06	7612.64	5613.54
Beniel	MINIMA	777.805	1526.44	2825.01	4415.83	5842.82	6432.84	3207.94
	<b>MEDIA</b>	<b>2285.74</b>	<b>3250.6</b>	<b>4526.82</b>	<b>5804.24</b>	<b>6811.55</b>	<b>7139.97</b>	<b>4478.3</b>
	MAXIMA	3298.89	4258.15	5355.61	6223.63	6869.12	7176.03	5009.11
Blanca	MINIMA	494.27	670.814	1180.1	2954.82	4582.41	4681.98	2252.75
	<b>MEDIA</b>	<b>2655.78</b>	<b>3589.4</b>	<b>4828.87</b>	<b>6026.44</b>	<b>6941.74</b>	<b>7240.4</b>	<b>4771.16</b>
	MAXIMA	4910.61	5481.15	6037.02	6502.18	7277.91	7601.74	5512.12
Bullas	MINIMA	610.872	861.341	1852.52	3485.93	4995.64	5745.79	2587.58
	<b>MEDIA</b>	<b>2373.54</b>	<b>3314.27</b>	<b>4599.02</b>	<b>5894.23</b>	<b>6880.07</b>	<b>7242.22</b>	<b>4604.95</b>
	MAXIMA	4133.83	4952.43	5724.8	6406.98	7027.7	7366.16	5335.84

Tabla 5. 2. Radiación Global media, máxima y mínima (Wh/m<sup>2</sup>\*día), mensual (meses de Enero a Junio) y anual para diferentes municipios de la Región.

	Wh/m <sup>2</sup> *día	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
Abanilla	MINIMA	4378.97	3052.15	1732.65	828.192	453.744	388.788	2097.18
	<b>MEDIA</b>	<b>6450.43</b>	<b>5519.37</b>	<b>4288.8</b>	<b>3076.76</b>	<b>2213.14</b>	<b>1929.18</b>	<b>4349.07</b>
	MAXIMA	6816.73	6017.18	5184.4	4538.93	4175.59	4171.53	5193.49
Abarán	MINIMA	4542.1	3420.31	1813.31	760.601	495.051	424.217	2329.26
	<b>MEDIA</b>	<b>6796.43</b>	<b>5786.54</b>	<b>4437.03</b>	<b>3134.62</b>	<b>2203.11</b>	<b>1882.2</b>	<b>4482.49</b>
	MAXIMA	7063.42	6237.81	5422.02	4831.14	4344.04	4289.7	5419.43
Águilas	MINIMA	5075.65	3825.75	2460.36	1190.88	753.982	623.109	2681.64
	<b>MEDIA</b>	<b>6914.77</b>	<b>5972.46</b>	<b>4723.29</b>	<b>3474.6</b>	<b>2579.08</b>	<b>2292.93</b>	<b>4778.45</b>
	MAXIMA	7161.54	6348.8	5512.92	4769.22	4284.02	4250.65	5529.12
Albudeite	MINIMA	6010.29	4828.34	3155.32	1706.85	824.398	544.703	3276.36
	<b>MEDIA</b>	<b>6923.59</b>	<b>5967.11</b>	<b>4663.06</b>	<b>3365.71</b>	<b>2410.94</b>	<b>2065.72</b>	<b>4638.48</b>
	MAXIMA	7053.6	6278.81	5358.74	4327.86	3489	3223.04	5288.54
Alcantarilla	MINIMA	6531.07	5221.89	3588.11	2125.32	1171.68	823.862	3647.04
	<b>MEDIA</b>	<b>6893.54</b>	<b>5920.31</b>	<b>4631.1</b>	<b>3327.27</b>	<b>2380.61</b>	<b>2053.15</b>	<b>4634.39</b>
	MAXIMA	7025.7	6238.62	5186.84	4054.63	3177.92	2904.25	5118.03
Los Alcázares	MINIMA	6561.47	5653.37	4425.17	3184.26	2272.66	1954.07	4398.58
	<b>MEDIA</b>	<b>6834.38</b>	<b>5859.66</b>	<b>4564.55</b>	<b>3309.35</b>	<b>2403.48</b>	<b>2103.69</b>	<b>4624.2</b>
	MAXIMA	7017.6	6001.85	4696.45	3443.63	2547.73	2274.51	4801.98
Aledo	MINIMA	5781.04	4621.6	3126.63	1797.77	978.055	692.233	3289.16
	<b>MEDIA</b>	<b>6981.85</b>	<b>6002.15</b>	<b>4698.39</b>	<b>3399.83</b>	<b>2459.68</b>	<b>2141.65</b>	<b>4728.52</b>
	MAXIMA	7058.63	6215.33	5373.21	4457.95	3742.47	3574.85	5360.38
Alguazas	MINIMA	6556.81	5316.95	3764.49	2355.52	1411.1	1064.86	3854.82
	<b>MEDIA</b>	<b>6916.2</b>	<b>5934.1</b>	<b>4611.33</b>	<b>3305.67</b>	<b>2358.81</b>	<b>2024.66</b>	<b>4626.8</b>
	MAXIMA	7032.87	6233.83	5194.6	4075.01	3198.66	2903.33	5129.11
Alhama de Murcia	MINIMA	3360.73	2520.42	1460.77	727.972	503.466	436.781	1737.41
	<b>MEDIA</b>	<b>6801.59</b>	<b>5829.51</b>	<b>4545.16</b>	<b>3264.1</b>	<b>2342.44</b>	<b>2037.6</b>	<b>4580.75</b>
	MAXIMA	7038.61	6218.04	5421.65	4777.76	4217.66	4292.15	5419.86
Archena	MINIMA	5237.08	4233	2599.83	1330.31	612.629	469.56	2854.92
	<b>MEDIA</b>	<b>7015.67</b>	<b>6064.73</b>	<b>4753.87</b>	<b>3477.35</b>	<b>2548.54</b>	<b>2238.73</b>	<b>4797.19</b>
	MAXIMA	7291.11	6417.43	5559.02	5046.81	4762.92	4905.69	5613.54
Beniel	MINIMA	5946.86	4602.27	3006.81	1677.63	861.035	579.97	3207.94
	<b>MEDIA</b>	<b>6733.19</b>	<b>5713.57</b>	<b>4366.68</b>	<b>3077.03</b>	<b>2162.33</b>	<b>1867.88</b>	<b>4478.3</b>
	MAXIMA	6771.45	5958.93	4965.95	3866.33	3016.08	2769.89	5009.11
Blanca	MINIMA	4698.56	3428.65	1629.59	667.87	493.682	428.412	2252.75
	<b>MEDIA</b>	<b>6931.77</b>	<b>6009.22</b>	<b>4734.33</b>	<b>3478.37</b>	<b>2561.22</b>	<b>2256.37</b>	<b>4771.16</b>
	MAXIMA	7278.38	6357.03	5498.71	4877.82	4369.69	4454.36	5512.12
Bullas	MINIMA	5253.7	3850.09	2220.98	1026.76	613.384	533.927	2587.58
	<b>MEDIA</b>	<b>6900.2</b>	<b>5903.78</b>	<b>4573.56</b>	<b>3264.68</b>	<b>2320.74</b>	<b>1993.13</b>	<b>4604.95</b>
	MAXIMA	7021.64	6210.71	5341.98	4493.9	3824.89	3595.48	5335.84

Tabla 5. 3. Radiación Global media, máxima y mínima (Wh/m<sup>2</sup>\*día), mensual (meses de Julio a Diciembre) y anual para diferentes municipios de la Región.

	Wh/m <sup>2</sup> *día	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	ANUAL
Calasparra	MINIMA	407.685	614.508	1296.24	2727.42	4204.03	4955.85	2098.71
	<b>MEDIA</b>	<b>2261.45</b>	<b>3198.8</b>	<b>4476.44</b>	<b>5748.82</b>	<b>6729.87</b>	<b>7076.12</b>	<b>4461.54</b>
	MAXIMA	4708.02	5337.5	5795.53	6351.76	6997.87	7342.66	5260.7
Campos del Río	MINIMA	550.766	755.279	1847.86	3673.78	5265.29	5967.05	2718.75
	<b>MEDIA</b>	<b>2526.32</b>	<b>3438.71</b>	<b>4676.9</b>	<b>5932.88</b>	<b>6899.69</b>	<b>7256.56</b>	<b>4717.87</b>
	MAXIMA	4116.92	4914.91	5772.98	6401.7	7028.86	7400.41	5457.41
Caravaca de la Cruz	MINIMA	459.355	626.884	953.226	2354.77	3871.68	4566.92	1874.5
	<b>MEDIA</b>	<b>2412.67</b>	<b>3350.06</b>	<b>4611.39</b>	<b>5861.55</b>	<b>6805.54</b>	<b>7149.26</b>	<b>4586.12</b>
	MAXIMA	4700.39	5321.92	5956.47	6430.88	7100.43	7389.56	5442.06
Cartagena	MINIMA	620.02	913.966	1614.24	2835.67	3866.71	4362.08	2130.11
	<b>MEDIA</b>	<b>2426.99</b>	<b>3319.41</b>	<b>4516.79</b>	<b>5712.96</b>	<b>6636.26</b>	<b>6965.24</b>	<b>4505.57</b>
	MAXIMA	4743.16	5433.34	5993.53	6510.53	7074.76	7306.1	5448.38
Cehegín	MINIMA	583.46	803.324	1553.32	3135.26	4740.36	5489.53	2401.89
	<b>MEDIA</b>	<b>2363.91</b>	<b>3299.4</b>	<b>4578.54</b>	<b>5856.47</b>	<b>6840.75</b>	<b>7198.12</b>	<b>4580.23</b>
	MAXIMA	4531.35	5307.48	5949.37	6489.67	7094.82	7406.62	5461.51
Ceutí	MINIMA	1933.28	2869.34	4215.9	5647.75	6798.7	7159.04	4340.51
	<b>MEDIA</b>	<b>2426.08</b>	<b>3367.26</b>	<b>4646.56</b>	<b>5931.56</b>	<b>6919.44</b>	<b>7268.31</b>	<b>4647</b>
	MAXIMA	3160.14	4072.39	5201.17	6227.81	6966.96	7309.14	5031.15
Cieza	MINIMA	368.256	575.361	1269.03	2976.02	4460.39	4537.08	2268.61
	<b>MEDIA</b>	<b>2429.01</b>	<b>3380.7</b>	<b>4675.12</b>	<b>5952.22</b>	<b>6954.84</b>	<b>7308.56</b>	<b>4663.62</b>
	MAXIMA	4757.92	5318.08	6113.9	6758.87	7580.33	7951.07	5688.83
Fortuna	MINIMA	447.004	657.982	1177.86	2649.32	4185.31	4995.2	2069.6
	<b>MEDIA</b>	<b>2294.04</b>	<b>3200.24</b>	<b>4431.01</b>	<b>5666.67</b>	<b>6594.72</b>	<b>6912.01</b>	<b>4404.09</b>
	MAXIMA	4771.17	5411.63	5849.03	6372.56	6996.89	7275.27	5310.41
Fuente Álamo de Murcia	MINIMA	653.126	1259.89	2588.68	4267.84	5653.01	5872.14	3054.99
	<b>MEDIA</b>	<b>2497.89</b>	<b>3444.85</b>	<b>4707.41</b>	<b>5990.99</b>	<b>6939.79</b>	<b>7279.11</b>	<b>4687.6</b>
	MAXIMA	4595.72	5263.58	5811.83	6355.36	7119.41	7466.36	5324.99
Jumilla	MINIMA	356.138	499.867	990.639	2530.79	4054.97	4048.96	1971.92
	<b>MEDIA</b>	<b>2292.21</b>	<b>3207.17</b>	<b>4463.83</b>	<b>5705.92</b>	<b>6670.13</b>	<b>7019.49</b>	<b>4465.11</b>
	MAXIMA	4951.08	5744.24	6420.95	6969.44	7772.34	8169.96	5828.34
Librilla	MINIMA	607.139	1236.26	2498.04	4039.82	5351.13	5133.77	2931.34
	<b>MEDIA</b>	<b>2429.41</b>	<b>3374.93</b>	<b>4634.86</b>	<b>5925.54</b>	<b>6859.81</b>	<b>7203.5</b>	<b>4617.69</b>
	MAXIMA	4546.79	5083.18	5728.74	6381.58	7043.87	7404.34	5314.09
Lorca	MINIMA	582.209	784.352	1158.52	2415.26	3364.96	3831.76	1866.55
	<b>MEDIA</b>	<b>2536.48</b>	<b>3466.37</b>	<b>4725.07</b>	<b>5990.49</b>	<b>6903.29</b>	<b>7245.83</b>	<b>4700.24</b>
	MAXIMA	4869.42	5487.37	6035.18	6623.03	7254.74	7627.59	5565.19

Tabla 5. 4. Radiación Global media, máxima y mínima (Wh/m<sup>2</sup>\*día), mensual (meses de Enero a Junio) y anual para diferentes municipios de la Región.

	Wh/m <sup>2</sup> *día	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
Calasparra	MINIMA	4475.96	3114.14	1603.5	686.515	406.909	346.095	2098.71
	<b>MEDIA</b>	<b>6726.85</b>	<b>5735.04</b>	<b>4411.33</b>	<b>3115.11</b>	<b>2184.58</b>	<b>1874.14</b>	<b>4461.54</b>
	MAXIMA	7004.25	6151.42	5270.88	4690.65	4211.32	4205.37	5260.7
Campos del Río	MINIMA	5496.45	4140.54	2389.18	976.848	569.459	481.387	2718.75
	<b>MEDIA</b>	<b>6960.5</b>	<b>6029.63</b>	<b>4745.43</b>	<b>3461.9</b>	<b>2512.86</b>	<b>2173.05</b>	<b>4717.87</b>
	MAXIMA	7153.77	6384.58	5624.57	4720.08	3926	3670.89	5457.41
Caravaca de la Cruz	MINIMA	4147.55	2787.45	1242.97	629.09	458.298	395.806	1874.5
	<b>MEDIA</b>	<b>6814.68</b>	<b>5850.94</b>	<b>4550.63</b>	<b>3267.55</b>	<b>2338.68</b>	<b>2020.42</b>	<b>4586.12</b>
	MAXIMA	7075.44	6288.3	5446.17	4749.53	4207.93	4237.3	5442.06
Cartagena	MINIMA	4008.87	3016.06	1924.76	955.81	624.579	517.167	2130.11
	<b>MEDIA</b>	<b>6639.59</b>	<b>5714.6</b>	<b>4472.1</b>	<b>3247.36</b>	<b>2358.34</b>	<b>2057.23</b>	<b>4505.57</b>
	MAXIMA	6929.88	6119.66	5293.86	4655.1	4180.74	4218.14	5448.38
Cehegín	MINIMA	5017.76	3558.65	1920.39	880.918	578.596	472.649	2401.89
	<b>MEDIA</b>	<b>6860.64</b>	<b>5872.36</b>	<b>4547.2</b>	<b>3248.46</b>	<b>2310.68</b>	<b>1986.24</b>	<b>4580.23</b>
	MAXIMA	7072.91	6293.74	5451.76	4770.4	4147.45	4007.25	5461.51
Ceutí	MINIMA	6866.35	5753.67	4299.26	2920.49	1948.92	1594.51	4340.51
	<b>MEDIA</b>	<b>6928.3</b>	<b>5941.39</b>	<b>4614.13</b>	<b>3309.44</b>	<b>2368.54</b>	<b>2043.02</b>	<b>4647</b>
	MAXIMA	6980.04	6117.5	5014.91	3861.86	2995.2	2726.59	5031.15
Cieza	MINIMA	4543.02	3416.3	1687.78	709.337	369.239	317.387	2268.61
	<b>MEDIA</b>	<b>6962.93</b>	<b>5967.73</b>	<b>4621.03</b>	<b>3310.76</b>	<b>2364.17</b>	<b>2036.41</b>	<b>4663.62</b>
	MAXIMA	7574.74	6531.78	5668.87	4763.69	4222.53	4290.58	5688.83
Fortuna	MINIMA	4489.29	3042.88	1521.48	683.743	448.316	387.632	2069.6
	<b>MEDIA</b>	<b>6578.05</b>	<b>5613.55</b>	<b>4340.42</b>	<b>3093.93</b>	<b>2209</b>	<b>1915.41</b>	<b>4404.09</b>
	MAXIMA	6953.16	6133.05	5294.21	4739.39	4294.25	4252.46	5310.41
Fuente Álamo de Murcia	MINIMA	5755.12	4508.64	2896.61	1502.01	723.847	578.469	3054.99
	<b>MEDIA</b>	<b>6926.27</b>	<b>5948.15</b>	<b>4646.34</b>	<b>3353.43</b>	<b>2414.19</b>	<b>2102.81</b>	<b>4687.6</b>
	MAXIMA	7119.36	6214.82	5302.76	4612.37	4108.63	4078.13	5324.99
Jumilla	MINIMA	4073.65	2967.91	1363.9	576.14	359.735	270.284	1971.92
	<b>MEDIA</b>	<b>6692.94</b>	<b>5740.04</b>	<b>4444.77</b>	<b>3174.71</b>	<b>2249.93</b>	<b>1920.13</b>	<b>4465.11</b>
	MAXIMA	7768.73	6869.73	5795.65	5122.03	4507.2	4384.76	5828.34
Librilla	MINIMA	5093.83	4285.22	2752.14	1467.07	678.546	487.525	2931.34
	<b>MEDIA</b>	<b>6855.05</b>	<b>5877.58</b>	<b>4580.04</b>	<b>3285.92</b>	<b>2345.49</b>	<b>2040.17</b>	<b>4617.69</b>
	MAXIMA	7036.64	6151.79	5337.71	4526.31	4083.09	4028.45	5314.09
Lorca	MINIMA	3520.59	2615.83	1434.98	793.697	586.433	509.832	1866.55
	<b>MEDIA</b>	<b>6918.06</b>	<b>5952.72</b>	<b>4669.2</b>	<b>3386.13</b>	<b>2460.86</b>	<b>2148.41</b>	<b>4700.24</b>
	MAXIMA	7290.78	6464.08	5579.27	4947.35	4422.47	4432.93	5565.19

Tabla 5. 5. Radiación Global media, máxima y mínima (Wh/m<sup>2</sup>\*día), mensual (meses de Julio a Diciembre) y anual para diferentes municipios de la Región.

	Wh/m <sup>2</sup> *día	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	ANUAL
Lorquí	MINIMA	1641.76	2560.18	3919.89	5401.16	6603.14	7048.54	4082.07
	<b>MEDIA</b>	<b>2463.51</b>	<b>3409.83</b>	<b>4682.95</b>	<b>5948.26</b>	<b>6911.9</b>	<b>7243.44</b>	<b>4654.56</b>
	MAXIMA	3211.44	4136.78	5253.07	6243.61	6993.66	7304.56	5041.69
Mazarrón	MINIMA	692.212	913.193	1633.81	3372.71	4967.08	5058.61	2553.17
	<b>MEDIA</b>	<b>2511.15</b>	<b>3435.65</b>	<b>4673.34</b>	<b>5928.04</b>	<b>6848.76</b>	<b>7180.84</b>	<b>4653.45</b>
	MAXIMA	4805.61	5333.24	5810.1	6397.73	7038.04	7364.83	5353.26
Molina de Segura	MINIMA	507.089	1007.8	2232.37	3880.2	5261.14	5795.18	2767.32
	<b>MEDIA</b>	<b>2372.03</b>	<b>3314.26</b>	<b>4591.56</b>	<b>5874.89</b>	<b>6851.08</b>	<b>7189.18</b>	<b>4575.28</b>
	MAXIMA	4476.56	5229.82	5893.1	6554.43	7221.86	7530.14	5466.9
Moratalla	MINIMA	409.032	557.83	912.166	2255.57	3476.34	4243.08	1794.97
	<b>MEDIA</b>	<b>2384.12</b>	<b>3313.81</b>	<b>4579.35</b>	<b>5827.31</b>	<b>6796.32</b>	<b>7139.31</b>	<b>4565.57</b>
	MAXIMA	4771.82	5466.96	5970.18	6518.81	7184.21	7492.45	5502.41
Mula	MINIMA	526.937	716.888	1246.42	2596.77	4132.48	4864.96	2090.83
	<b>MEDIA</b>	<b>2375.13</b>	<b>3303.94</b>	<b>4571.48</b>	<b>5862.57</b>	<b>6838.08</b>	<b>7198.81</b>	<b>4587.69</b>
	MAXIMA	4849.66	5307.2	5881.15	6451.83	7083.36	7411.24	5424.6
Murcia	MINIMA	497.813	712.912	1089.95	2540.96	4097.99	4797.87	2045.11
	<b>MEDIA</b>	<b>2404.76</b>	<b>3335.05</b>	<b>4582.2</b>	<b>5844.45</b>	<b>6794.05</b>	<b>7134.25</b>	<b>4566.54</b>
	MAXIMA	4666.35	5306.47	5862.61	6389.93	7127.61	7459.04	5554.8
Ojós	MINIMA	486.098	665.854	1395.07	2767.99	4319	4767.98	2148.05
	<b>MEDIA</b>	<b>2550.4</b>	<b>3443.88</b>	<b>4668.79</b>	<b>5869.33</b>	<b>6797.06</b>	<b>7109.1</b>	<b>4643.89</b>
	MAXIMA	5247.2	5796.25	6179.14	6538.95	7090.48	7360.77	5618.91
Pliego	MINIMA	595.136	1007.7	2213.32	3909.89	5472.01	6148.66	2862.47
	<b>MEDIA</b>	<b>2382.09</b>	<b>3308.28</b>	<b>4572.69</b>	<b>5867.34</b>	<b>6839.37</b>	<b>7201.94</b>	<b>4592.97</b>
	MAXIMA	4043.45	4868.27	5733.6	6372.2	6979.6	7315.76	5348.94
Puerto Lumbreras	MINIMA	751.347	1037.48	2224.12	3934.39	5333.15	5877.09	2926.73
	<b>MEDIA</b>	<b>2458.55</b>	<b>3388.31</b>	<b>4656.84</b>	<b>5939.03</b>	<b>6854.56</b>	<b>7197.47</b>	<b>4628.2</b>
	MAXIMA	4590.28	5278.48	5847.5	6460.53	7047.72	7372.98	5415.86

Tabla 5. 6. Radiación Global media, máxima y mínima (Wh/m<sup>2</sup>\*día), mensual (meses de Enero a Junio) y anual para diferentes municipios de la Región.

	Wh/m <sup>2</sup> *día	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
Lorquí	MINIMA	6673.58	5491.65	4000.12	2615.85	1665.63	1321.84	4082.07
	<b>MEDIA</b>	<b>6900.04</b>	<b>5920.76</b>	<b>4607.29</b>	<b>3314.62</b>	<b>2384.17</b>	<b>2068.01</b>	<b>4654.56</b>
	MAXIMA	6975.42	6100.27	5014.52	3879.99	3020.97	2758.38	5041.69
Mazarrón	MINIMA	5021.02	3768.6	2065.05	968.657	698.657	606.876	2553.17
	<b>MEDIA</b>	<b>6846.54</b>	<b>5891.13</b>	<b>4619.02</b>	<b>3349.81</b>	<b>2431.09</b>	<b>2126.04</b>	<b>4653.45</b>
	MAXIMA	7023.28	6194.2	5354.24	4692.54	4281.33	4300.57	5353.26
Molina de Segura	MINIMA	5394.12	4152.01	2549.78	1234.56	544.414	440.594	2767.32
	<b>MEDIA</b>	<b>6843.3</b>	<b>5845.69</b>	<b>4520.54</b>	<b>3222.9</b>	<b>2295.95</b>	<b>1982.02</b>	<b>4575.28</b>
	MAXIMA	7214.25	6411.73	5461.89	4679.15	4082.44	3964.02	5466.9
Moratalla	MINIMA	3782.69	2547.42	1210.29	621.19	410.196	353.567	1794.97
	<b>MEDIA</b>	<b>6807.69</b>	<b>5838.92</b>	<b>4529.65</b>	<b>3247.47</b>	<b>2320.1</b>	<b>2002.73</b>	<b>4565.57</b>
	MAXIMA	7174.96	6389.29	5498.74	4863.54	4331.21	4276.01	5502.41
Mula	MINIMA	4442.41	2990.78	1604.03	787.872	532.473	461.961	2090.83
	<b>MEDIA</b>	<b>6863.21</b>	<b>5878.93</b>	<b>4564.88</b>	<b>3265.55</b>	<b>2326.9</b>	<b>2002.77</b>	<b>4587.69</b>
	MAXIMA	7087.57	6265.65	5442.06	4730.3	4358.18	4385.48	5424.6
Murcia	MINIMA	4360.62	2952.48	1400.62	765.581	518.812	440.778	2045.11
	<b>MEDIA</b>	<b>6783.92</b>	<b>5810</b>	<b>4522.57</b>	<b>3245.58</b>	<b>2324.57</b>	<b>2017.1</b>	<b>4566.54</b>
	MAXIMA	7264.06	6561.7	5738.8	4960.52	4225.81	4160.71	5554.8
Ojós	MINIMA	4452.61	3171.77	1698.61	755.033	478.565	423.719	2148.05
	<b>MEDIA</b>	<b>6795.28</b>	<b>5874.49</b>	<b>4613.51</b>	<b>3364.29</b>	<b>2466.81</b>	<b>2173.69</b>	<b>4643.89</b>
	MAXIMA	7032.52	6292.42	5574.21	5073.36	4707.21	4735.85	5618.91
Pliego	MINIMA	5715.13	4274.95	2580.2	1256.51	616.49	531.472	2862.47
	<b>MEDIA</b>	<b>6866.25</b>	<b>5883.19</b>	<b>4573.88</b>	<b>3273.84</b>	<b>2334.5</b>	<b>2012.24</b>	<b>4592.97</b>
	MAXIMA	6980.11	6181.94	5372.5	4485.52	3740.38	3587.86	5348.94
Puerto Lumbreras	MINIMA	5554.26	4184.06	2610.58	1244.18	744.24	640.88	2926.73
	<b>MEDIA</b>	<b>6857.97</b>	<b>5872.89</b>	<b>4577.45</b>	<b>3293.27</b>	<b>2374.25</b>	<b>2067.82</b>	<b>4628.2</b>
	MAXIMA	7033.21	6199.42	5389.49	4661.62	4116.76	4046.31	5415.86

Tabla 5. 7. Radiación Global media, máxima y mínima (Wh/m<sup>2</sup>\*día), mensual (meses de Julio a Diciembre) y anual para diferentes municipios de la Región.

	Wh/m <sup>2</sup> *día	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	ANUAL
Ricote	MINIMA	461.165	639.51	1020.33	2377.48	3739.01	4459.47	1909.08
	<b>MEDIA</b>	<b>2354.22</b>	<b>3243.79</b>	<b>4474.17</b>	<b>5711.52</b>	<b>6668.95</b>	<b>7005.98</b>	<b>4481.3</b>
	MAXIMA	5323.9	5775.89	6097.75	6498.6	7081.36	7361.67	5594.21
San Javier	MINIMA	2239.89	3170.22	4445.66	5756.78	6775.41	7112.17	4474.81
	<b>MEDIA</b>	<b>2490.29</b>	<b>3422.81</b>	<b>4664.89</b>	<b>5915.97</b>	<b>6868.11</b>	<b>7202.71</b>	<b>4639.92</b>
	MAXIMA	2867.58	3785.25	4955.14	6118.53	7044.65	7359.18	4852.87
San Pedro del Pinatar	MINIMA	2356.54	3284.7	4541.23	5818.23	6788.82	7131.64	4545.69
	<b>MEDIA</b>	<b>2441.68</b>	<b>3368.51</b>	<b>4608.81</b>	<b>5857.28</b>	<b>6814</b>	<b>7156.52</b>	<b>4594.78</b>
	MAXIMA	2529.62	3455.19	4681	5902.9	6831.66	7175.37	4645.51
Santomera	MINIMA	577.164	1156.69	2339.53	3890.79	5177.62	5208.37	2827.57
	<b>MEDIA</b>	<b>2324.13</b>	<b>3245.43</b>	<b>4477.82</b>	<b>5713.84</b>	<b>6648.5</b>	<b>6966.73</b>	<b>4438.54</b>
	MAXIMA	4568.28	5244.17	5668.11	6191.81	6836.9	7160.16	5137.34
Torre Pacheco	MINIMA	1404.73	2272.23	3616.3	5123.4	6399.26	6820.88	3914.19
	<b>MEDIA</b>	<b>2429.31</b>	<b>3344.4</b>	<b>4600.75</b>	<b>5904.74</b>	<b>6923.66</b>	<b>7321.52</b>	<b>4703.66</b>
	MAXIMA	3421.08	4285.73	5330.85	6285.95	7047.27	7462.36	5231.55
Torres de Cotillas	MINIMA	784.79	1236.08	2533.98	4284.82	5755.28	6131.25	3117.1
	<b>MEDIA</b>	<b>2313.63</b>	<b>3215.85</b>	<b>4440.86</b>	<b>5692.5</b>	<b>6636.16</b>	<b>6997.2</b>	<b>4462.39</b>
	MAXIMA	4578.17	5293.45	5872.28	6431.79	7214.68	7510.39	5375.83
Totana	MINIMA	480.263	718.985	1115.66	2619.12	3622.95	3978.2	1961.27
	<b>MEDIA</b>	<b>2493.04</b>	<b>3416.95</b>	<b>4666.58</b>	<b>5945.06</b>	<b>6881.22</b>	<b>7223.64</b>	<b>4662.71</b>
	MAXIMA	4732.47	5311.66	5924	6470.77	7138.21	7503.86	5429.79
Ulea	MINIMA	553.757	1120.01	2304.59	3903.38	5417.03	5251.08	2854.92
	<b>MEDIA</b>	<b>2636.53</b>	<b>3578.07</b>	<b>4837.37</b>	<b>6064.61</b>	<b>7019.17</b>	<b>7331.62</b>	<b>4797.19</b>
	MAXIMA	5377.33	5797.26	6170.35	6529.08	7291.06	7612.64	5613.54
La Unión	MINIMA	818.186	1207.18	2478.26	4173.19	5669.05	6057.14	3053.98
	<b>MEDIA</b>	<b>2707.18</b>	<b>3623.58</b>	<b>4805.06</b>	<b>5929.76</b>	<b>6794.24</b>	<b>7058.8</b>	<b>4685.07</b>
	MAXIMA	4470.06	5189.22	5844.16	6500.07	7086.34	7325.14	5355.68
Villanueva del Río Segura	MINIMA	549.844	970.615	2305.52	4045.59	5601.44	6248.46	2905.22
	<b>MEDIA</b>	<b>2556.33</b>	<b>3481.87</b>	<b>4739.31</b>	<b>5976.25</b>	<b>6941.03</b>	<b>7266.61</b>	<b>4720.73</b>
	MAXIMA	4559.22	5316.98	6066.46	6531.37	7090.18	7349.65	5620.42
Yecla	MINIMA	411.657	570.25	856.801	2110.07	3786.07	4622.95	1801.15
	<b>MEDIA</b>	<b>2252.98</b>	<b>3155.75</b>	<b>4431.21</b>	<b>5716.58</b>	<b>6752.42</b>	<b>7138.3</b>	<b>4514.43</b>
	MAXIMA	4520.96	5141.15	5821.89	6309.23	7054.4	7398.98	5507.65

Tabla 5. 8. Radiación Global media, máxima y mínima (Wh/m<sup>2</sup>\*día), mensual (meses de Enero a Junio) y anual para diferentes municipios de la Región (Continuación).

	Wh/m <sup>2</sup> *día	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
Ricote	MINIMA	3987.92	2785.04	1298.28	646.733	461.678	402.797	1909.08
	<b>MEDIA</b>	<b>6681.33</b>	<b>5728.22</b>	<b>4443.07</b>	<b>3185.54</b>	<b>2290.14</b>	<b>1988.66</b>	<b>4481.3</b>
	MAXIMA	7028.68	6284.09	5555.55	5010.86	4741.49	4838.88	5594.21
San Javier	MINIMA	6789.61	5766.21	4418.6	3121.79	2190.05	1868.71	4474.81
	<b>MEDIA</b>	<b>6855.88</b>	<b>5876.1</b>	<b>4574.34</b>	<b>3311.17</b>	<b>2398.01</b>	<b>2098.76</b>	<b>4639.92</b>
	MAXIMA	7004.56	6007.36	4784.92	3602.52	2719.35	2446.94	4852.87
San Pedro del Pinatar	MINIMA	6789.76	5809.72	4489.25	3211.31	2289.71	1977.39	4545.69
	<b>MEDIA</b>	<b>6810.9</b>	<b>5838.68</b>	<b>4542.09</b>	<b>3279.02</b>	<b>2363.07</b>	<b>2056.78</b>	<b>4594.78</b>
	MAXIMA	6827.96	5866.14	4591.99	3343.92	2435.6	2136.9	4645.51
Santomera	MINIMA	5145.33	4094.64	2598.61	1353.64	648.859	486.445	2827.57
	<b>MEDIA</b>	<b>6609.31</b>	<b>5641.46</b>	<b>4366.56</b>	<b>3114.55</b>	<b>2222.84</b>	<b>1931.34</b>	<b>4438.54</b>
	MAXIMA	6777.74	5940.26	5090.91	4510	4035.01	4009.34	5137.34
Torre Pacheco	MINIMA	6564.25	5429.68	3918.43	2499.76	1522.47	1147.98	3914.19
	<b>MEDIA</b>	<b>7033.7</b>	<b>6084.35</b>	<b>4770.63</b>	<b>3455.7</b>	<b>2473.82</b>	<b>2101.28</b>	<b>4703.66</b>
	MAXIMA	7266.96	6537.32	5437.9	4270.51	3373.11	3059.85	5231.55
Torres de Cotillas	MINIMA	5831.03	4541.72	2842.96	1453.49	786.139	703.05	3117.1
	<b>MEDIA</b>	<b>6668.54</b>	<b>5718.29</b>	<b>4447.08</b>	<b>3193.04</b>	<b>2271.11</b>	<b>1954.48</b>	<b>4462.39</b>
	MAXIMA	7143.41	6147.63	5267.15	4612.79	4067.47	4056.51	5375.83
Totana	MINIMA	3721.04	2937.4	1424.42	746.157	489.258	416.742	1961.27
	<b>MEDIA</b>	<b>6892.65</b>	<b>5920.48</b>	<b>4630.4</b>	<b>3346.53</b>	<b>2422.71</b>	<b>2113.29</b>	<b>4662.71</b>
	MAXIMA	7158.51	6268.18	5426.76	4733.58	4227.06	4269.93	5429.79
Ulea	MINIMA	5237.08	4233	2599.83	1330.31	612.629	469.56	2854.92
	<b>MEDIA</b>	<b>7015.67</b>	<b>6064.73</b>	<b>4753.87</b>	<b>3477.35</b>	<b>2548.54</b>	<b>2238.73</b>	<b>4797.19</b>
	MAXIMA	7291.11	6417.43	5559.02	5046.81	4762.92	4905.69	5613.54
La Unión	MINIMA	5824.89	4423.05	2777.35	1420.43	809.443	728.052	3053.98
	<b>MEDIA</b>	<b>6710.59</b>	<b>5797.83</b>	<b>4576.75</b>	<b>3385.57</b>	<b>2542.29</b>	<b>2289.19</b>	<b>4685.07</b>
	MAXIMA	6944.22	6136.99	5238.65	4517.64	3966.49	3946.51	5355.68
Villanueva del Río Segura	MINIMA	5803.43	4385.62	2672.26	1234.29	553.735	491.81	2905.22
	<b>MEDIA</b>	<b>6943.25</b>	<b>5990.84</b>	<b>4689.6</b>	<b>3410.13</b>	<b>2483.4</b>	<b>2170.15</b>	<b>4720.73</b>
	MAXIMA	7026.04	6294.02	5563.52	4789.41	4156.82	4063.92	5620.42
Yecla	MINIMA	4163.07	2627.31	1099.24	590.069	419.858	356.511	1801.15
	<b>MEDIA</b>	<b>6846.07</b>	<b>5880.85</b>	<b>4548.49</b>	<b>3244.75</b>	<b>2285.41</b>	<b>1920.34</b>	<b>4514.43</b>
	MAXIMA	7155.72	6401.11	5609.92	4972.2	4393.76	4222.41	5507.65

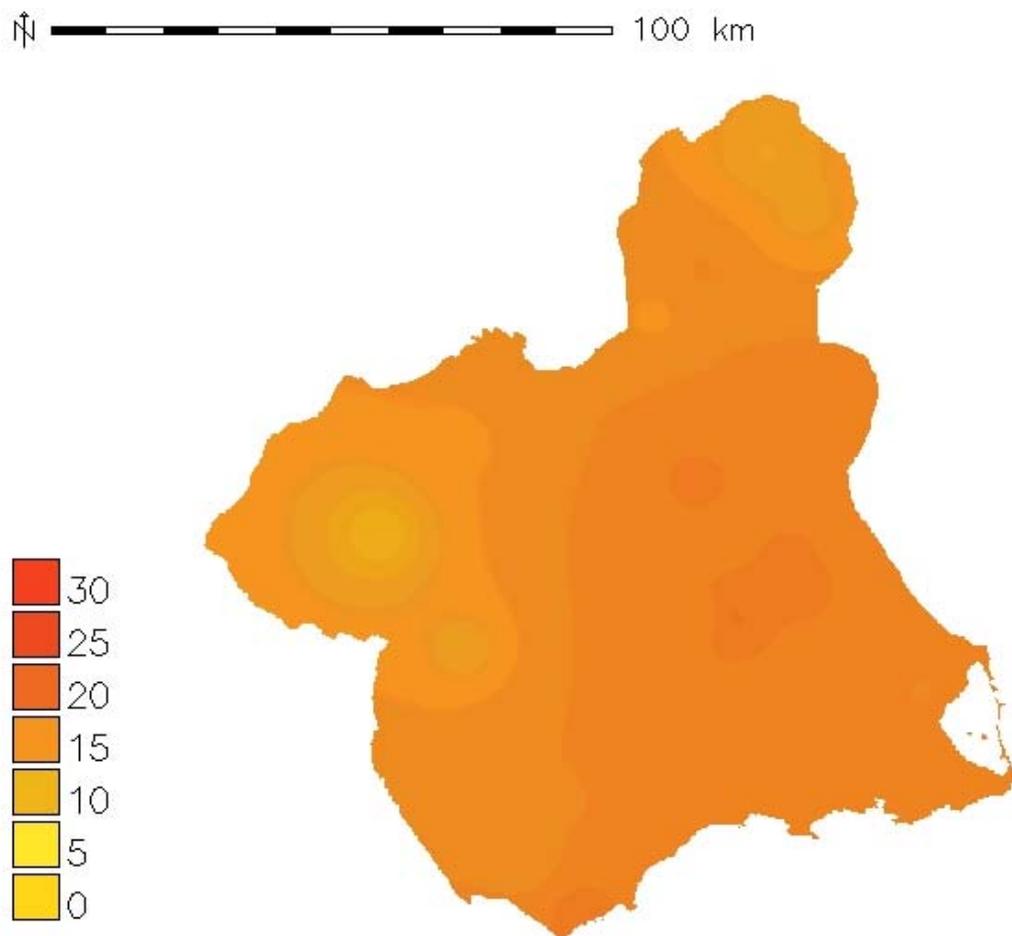
Tabla 5. 9. Radiación Global media, máxima y mínima (Wh/m<sup>2</sup>\*día), mensual (meses de Julio a Diciembre) y anual para diferentes municipios de la Región.

## **6. Mapas de temperatura para la Región de Murcia**

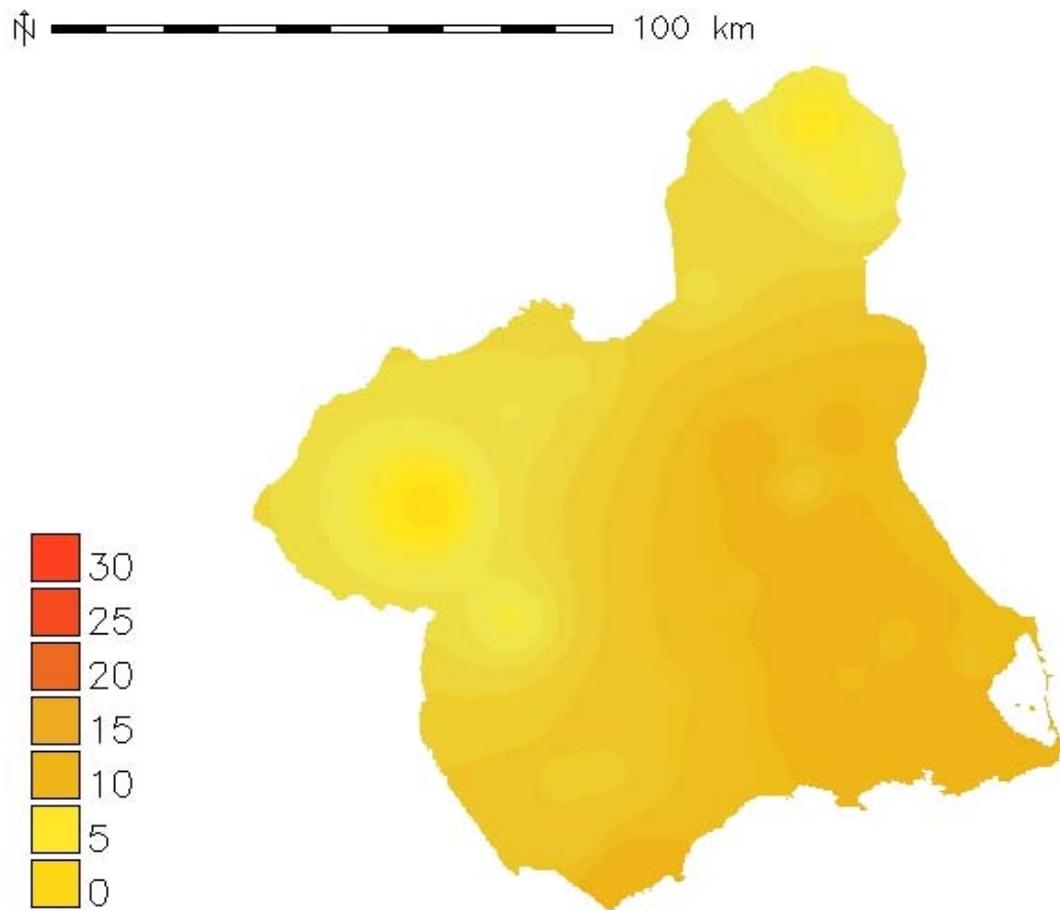
### ***Introducción***

En este apartado se presentan 12 mapas mensuales de la temperatura media del aire a nivel superficial, figuras de 6.2 a 6.13 y uno de temperatura media anual en la figura 5.1. De igual forma que los mapas de irradiación, cada mapa cubre la superficie total de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia con una resolución espacial de 250 x 250 metros. Las unidades en las que se presentan estos mapas son °C.

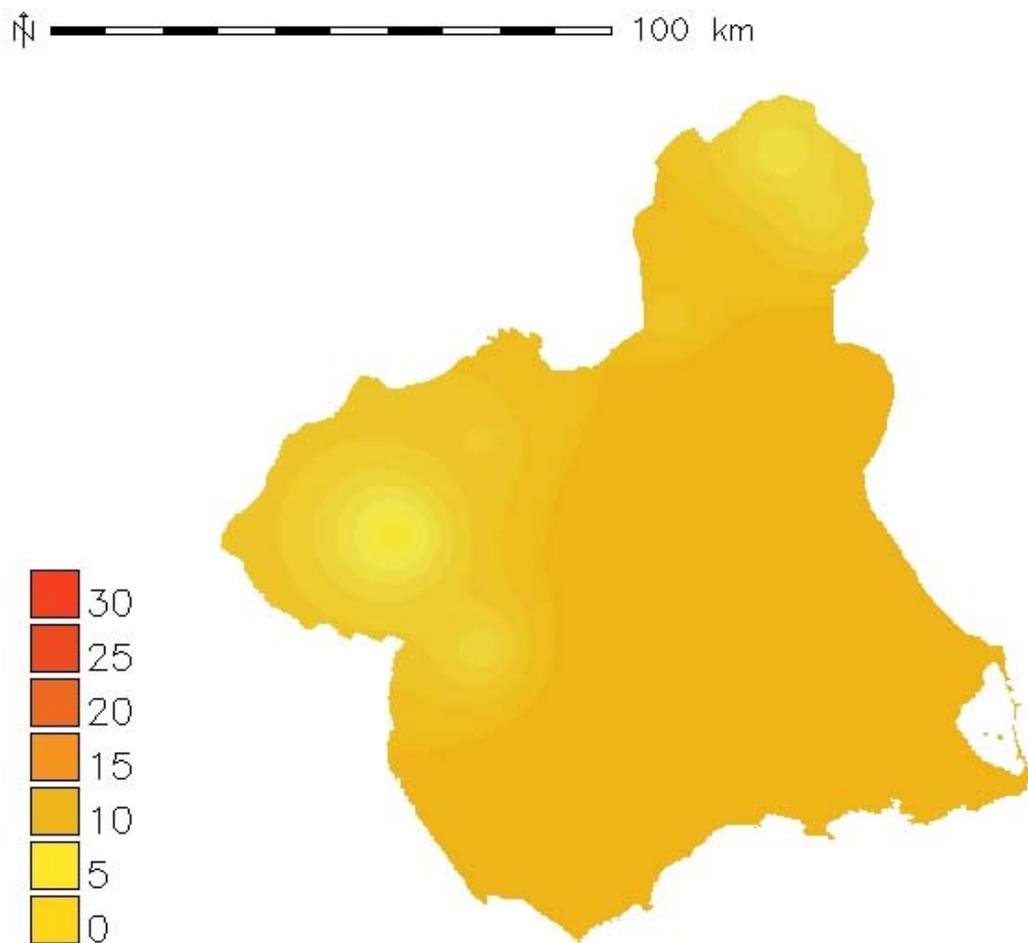
### ***Temperatura media***



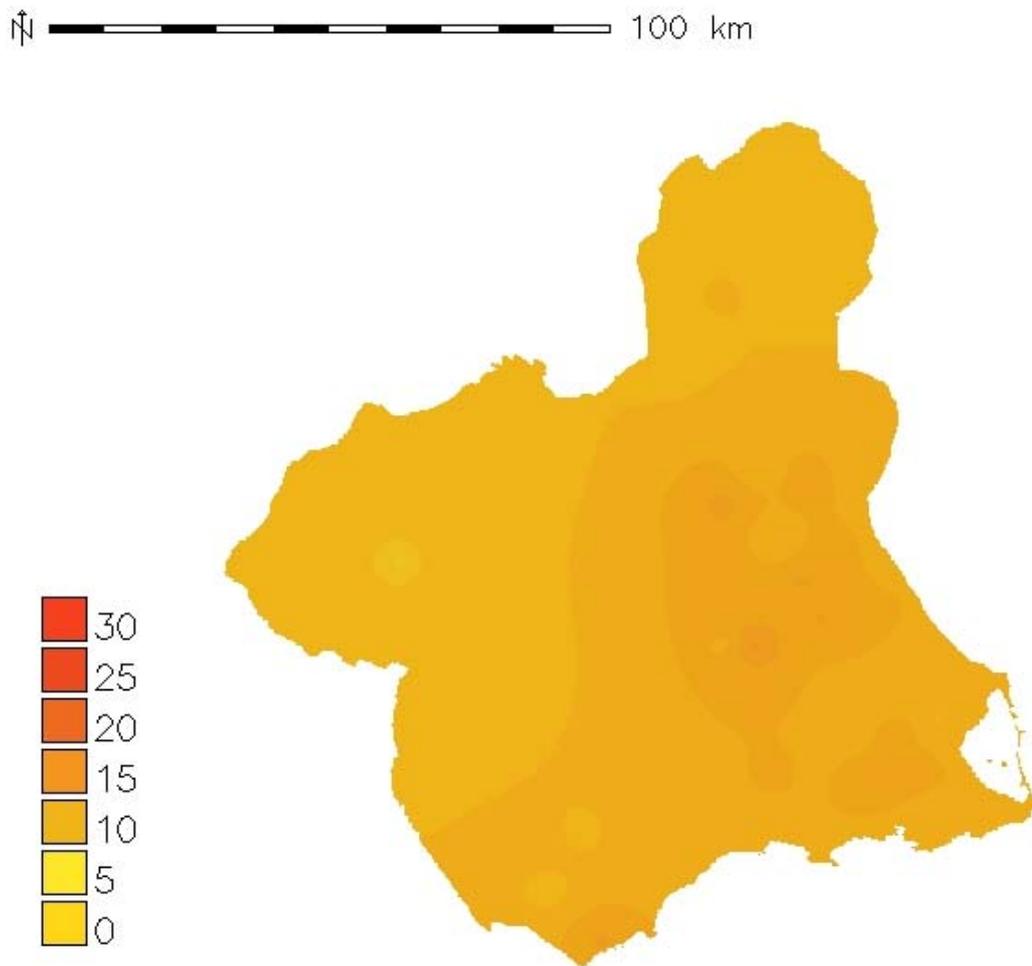
**Figura 6.1. Mapa de temperatura media anual.**



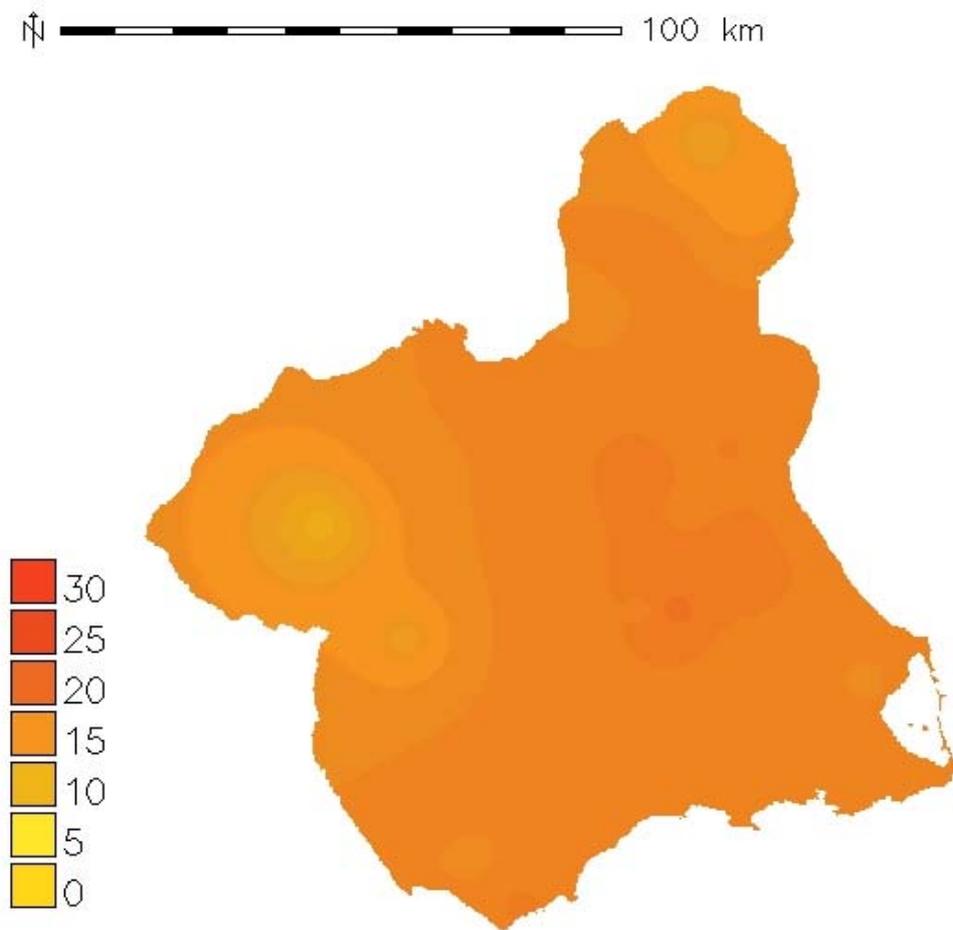
**Figura 6.2. Mapa de temperatura media mes de enero.**



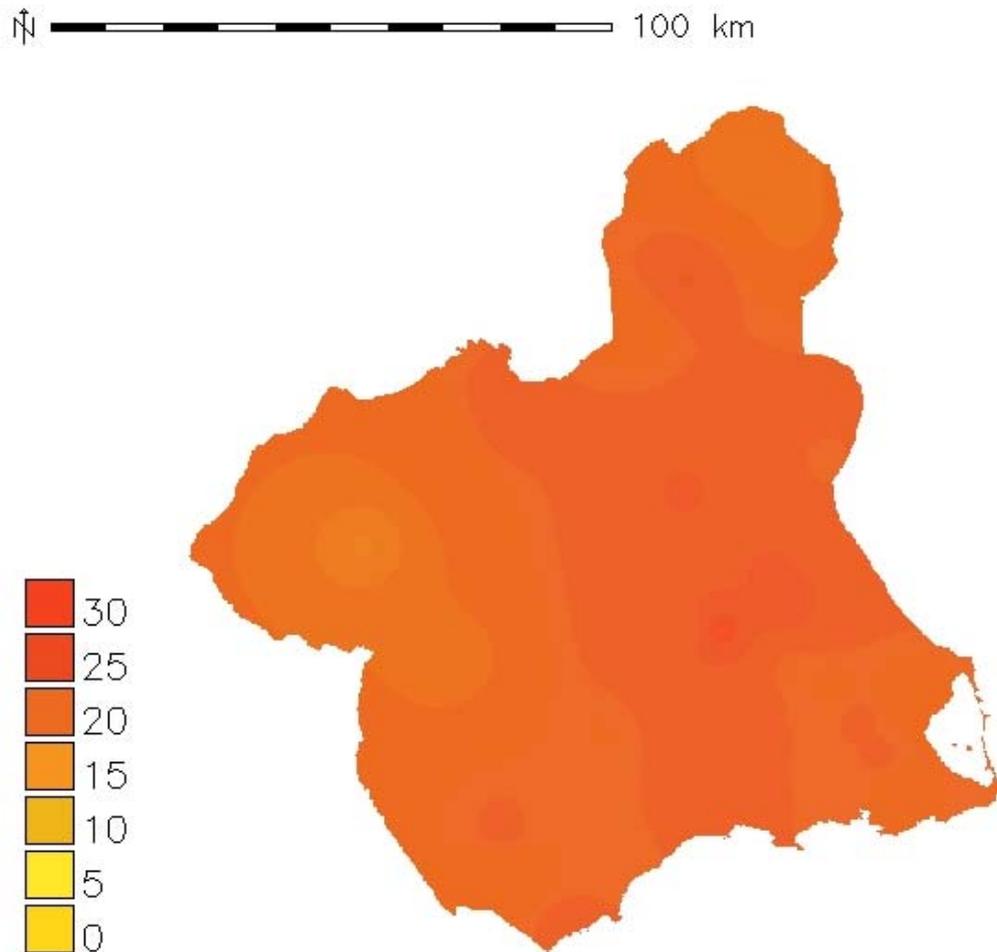
**Figura 6.3. Mapa de temperatura media mes de Febrero.**



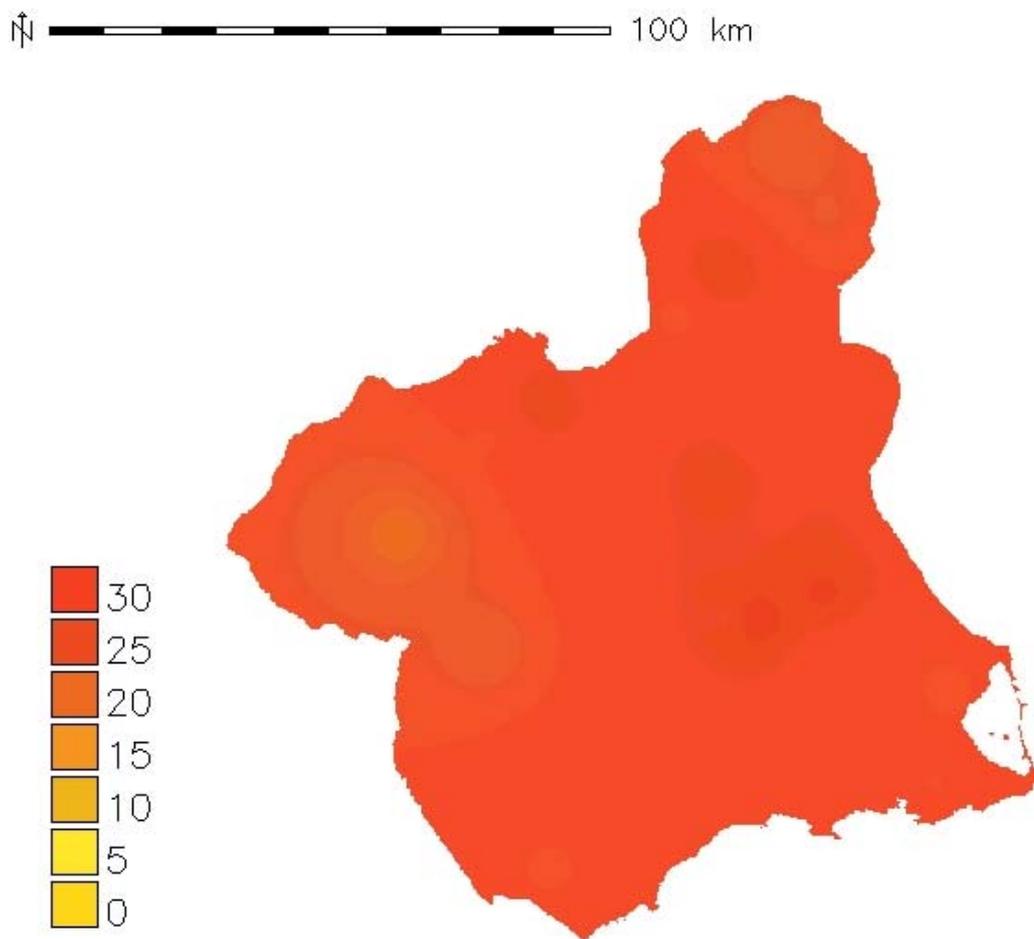
**Figura 6.4. Mapa de temperatura media mes de marzo.**



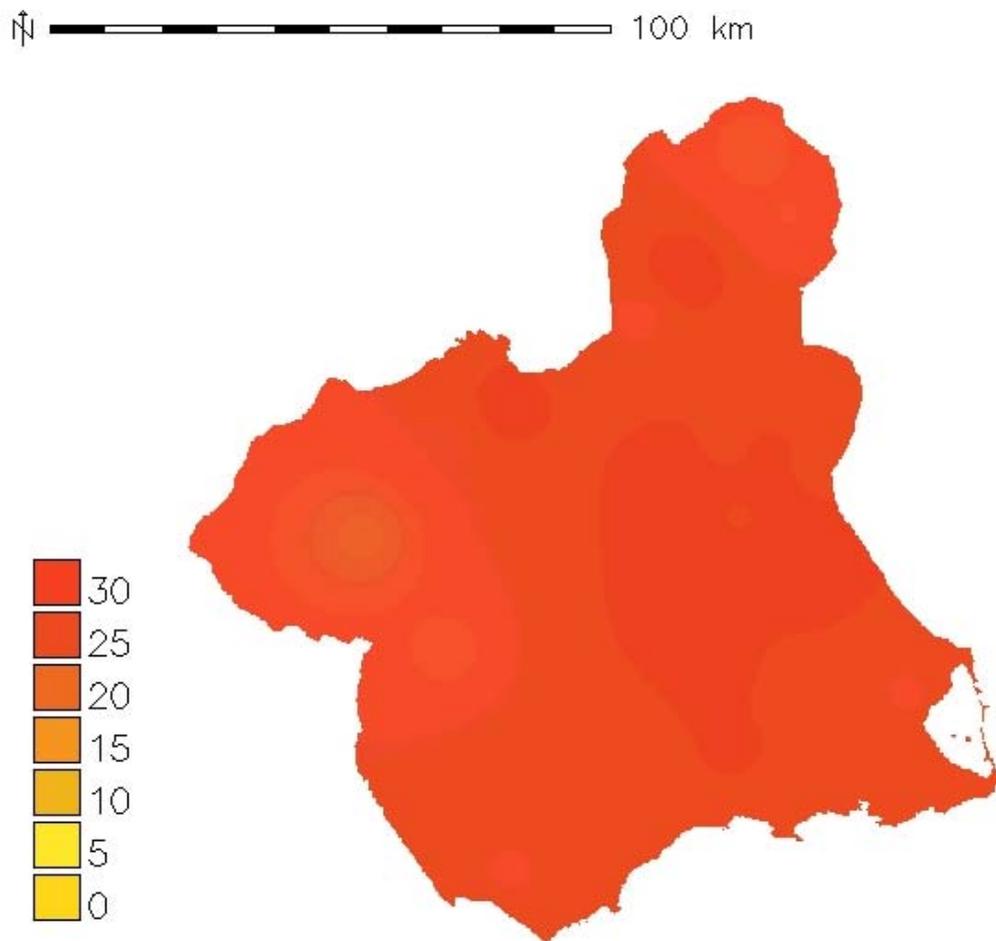
**Figura 6.5. Mapa de temperatura media mes de abril.**



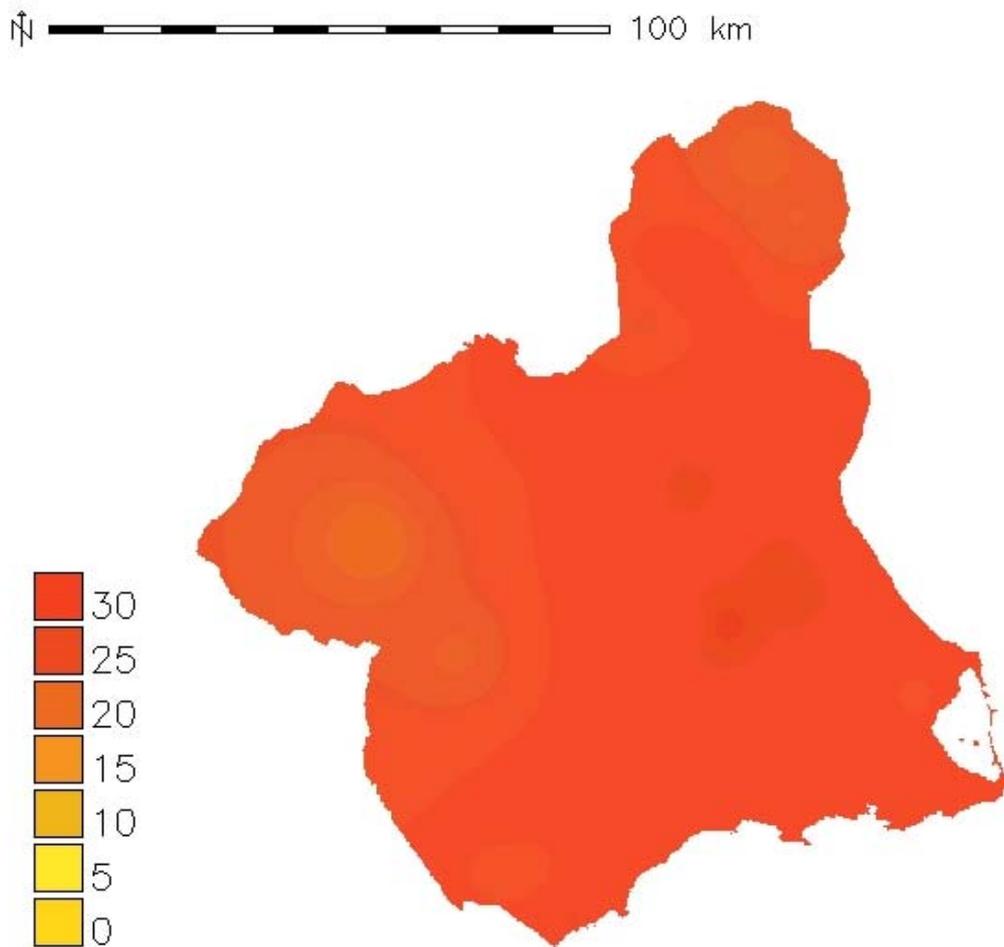
**Figura 6.6. Mapa de temperatura media mes de mayo.**



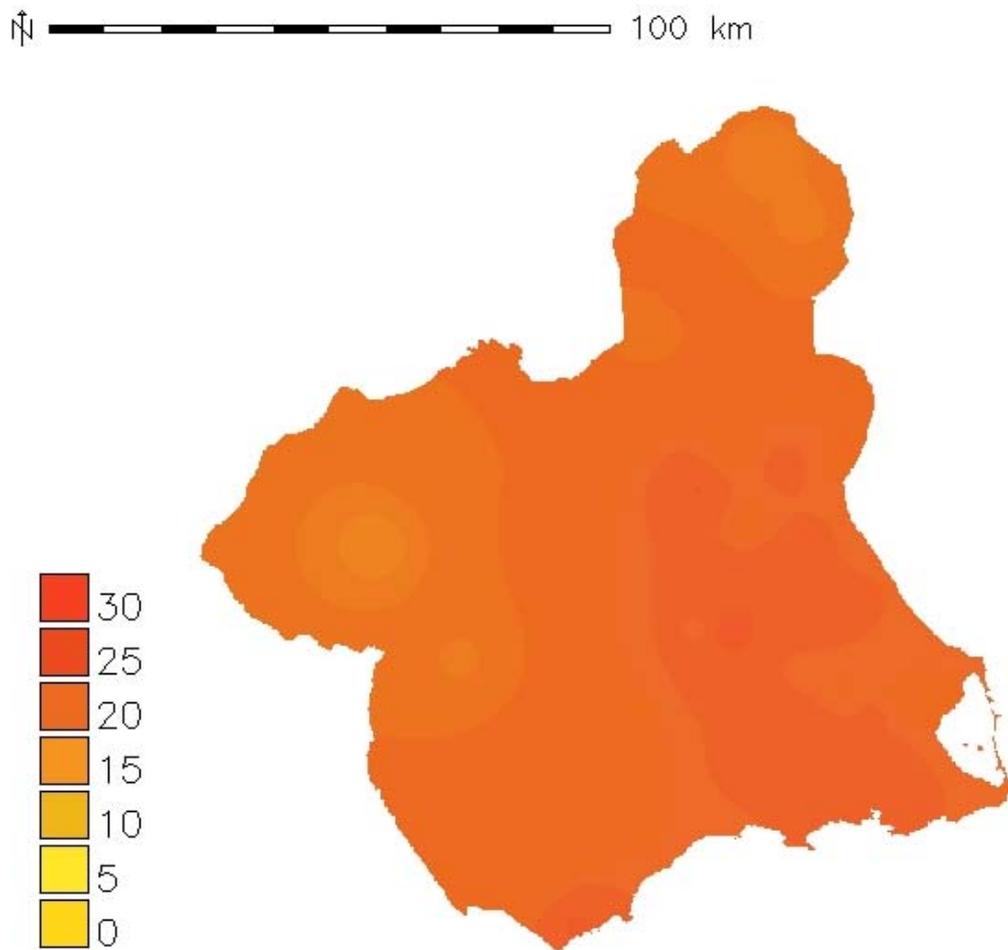
**Figura 6.7. Mapa de temperatura media mes de junio.**



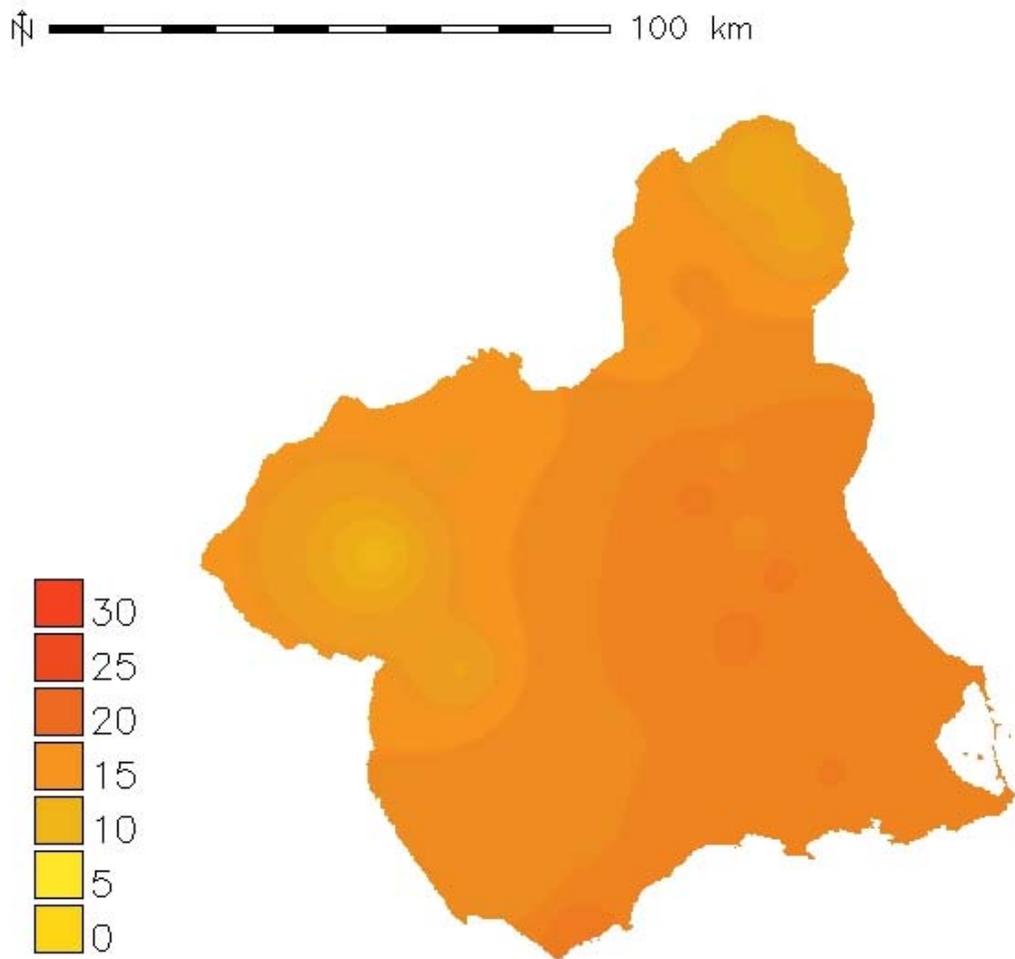
**Figura 6.8. Mapa de temperatura media mes de julio.**



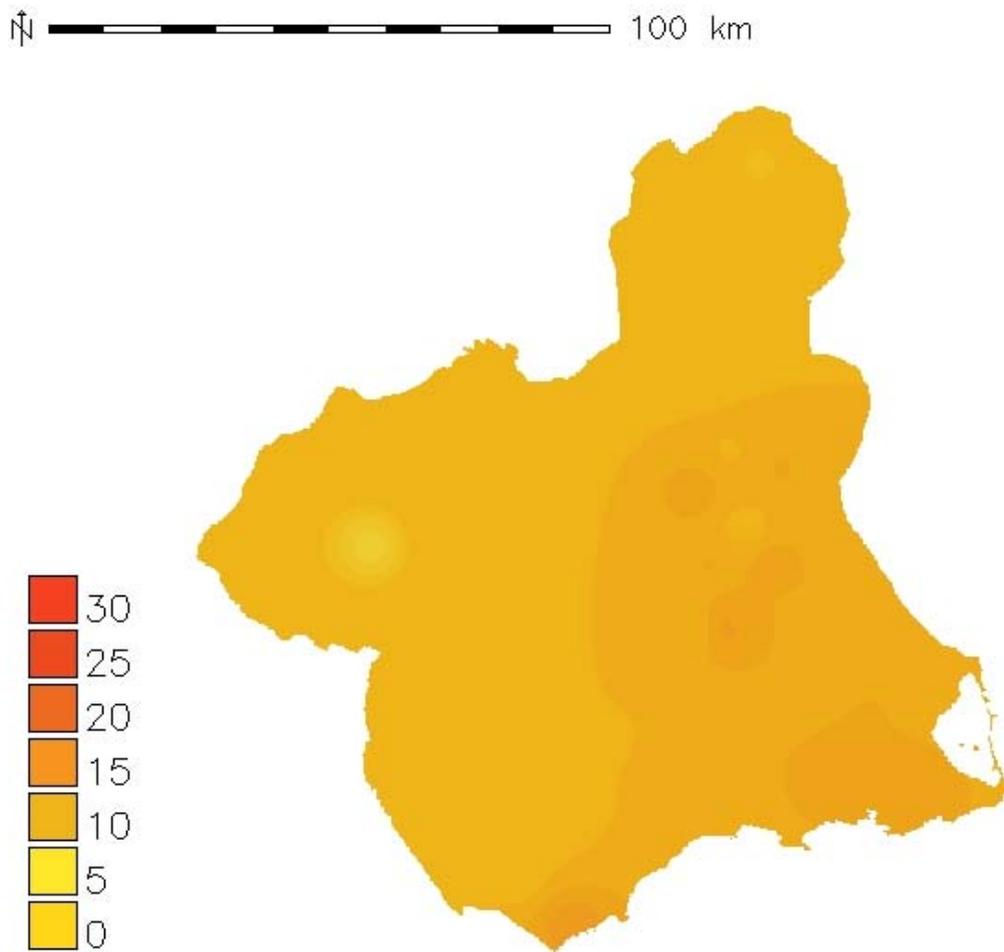
**Figura 6.9. Mapa de temperatura media mes de agosto.**



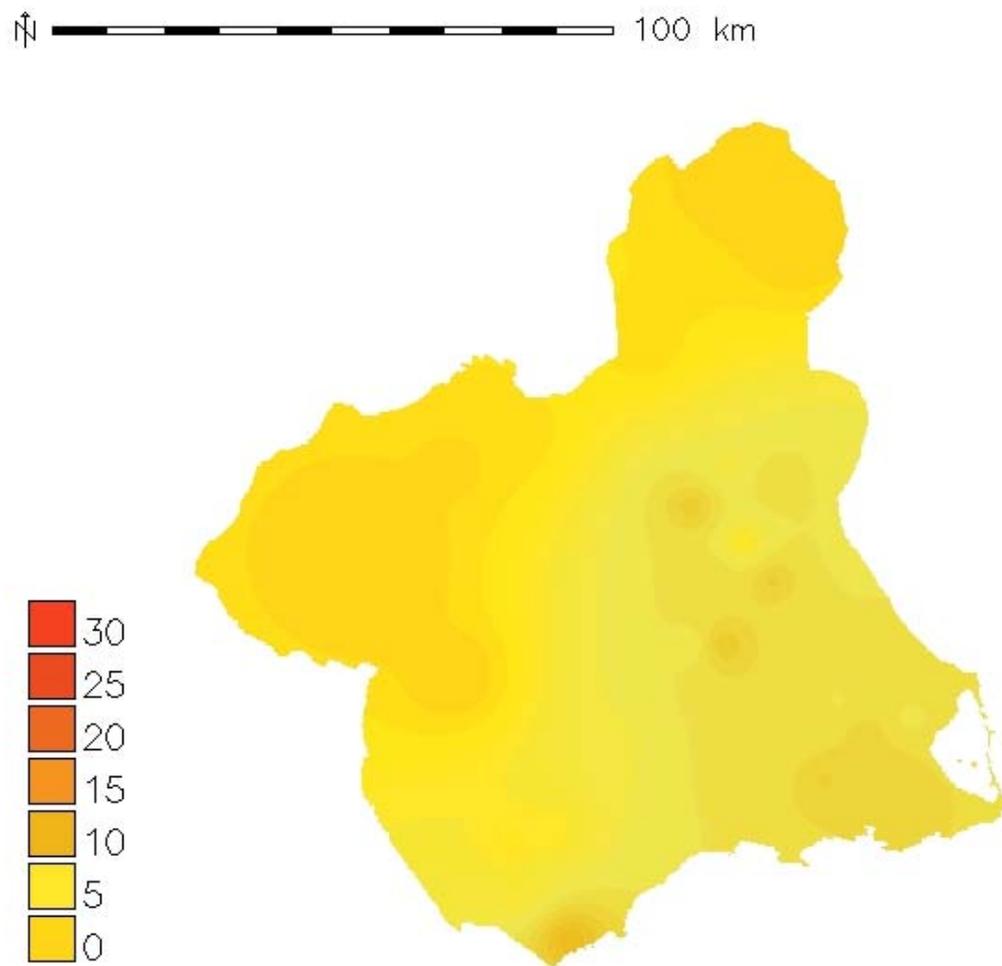
**Figura 6.10. Mapa de temperatura media mes de septiembre.**



**Figura 6.11. Mapa de temperatura media mes de octubre.**



**Figura 6.12. Mapa de temperatura media mes de noviembre.**



**Figura 6.13. Mapa de temperatura media mes de diciembre.**

## 7. Bibliografía

- [1] **Aguar**, R., Albuissou, M., Beyer, H. G., Borisenkov, E. P., Bourges, B., Czeplak, G., Lund, H., Joukoff, A., Scharmer, K., Page, J. K., Trezenbach, U. and Wald, L.. The European Solar Radiation Atlas. Vol. 1. Fundamentals and maps. Vol. 2 Database and exploitation software. École des Mines de Paris. pp. 118 (vol.1) and 296 (vol.2). 2000
- [2] **Angström**, A. K.. Solar and terrestrial radiation. Quart. L. R. Met. Soc.,50, 121-126. 1924
- [3] **Baldasano**, J. M., Soriano, C. i Flores, H.. Atlas de radiació solar a Catalunya. Edició 2000. Institut Català d'Energia, Barcelona. pp. 149. 2001
- [4] **Baldasano**, J. M., Flores H. y Vera N. . Atlas de Radiación Solar de las Islas Baleares - Mediante imágenes de Satélite. Universidad Politécnica de Cataluña- Laboratorio de Modelización Ambiental y Govern de les Illes Balears – Conselleria d'Innovació i Energia. Barcelona. pp. 162. 2003
- [5] **Beyer**, H. G., Czeplak, G., Terzenbach, U. and Wald, L. . Assessment of the method used to construct clearness index maps for the new European Solar Radiation Atlas (ESRA). Solar Energy, 61, 6: 389-397. 1997
- [6] **Bosque Sendra, J.**, 2000. Sistemas de Información Geográfica, (Ediciones Rialp, S.A.), Madrid.
- [7] **Cañada, J.** "Radiación solar sobre la superficie de la tierra. Fundamentos". 2000
- [8] CCE. "Atlas européen du rayonnement solaire, Vol. I: Rayonnement global sur des surfaces horizontals". 1ère edition, Grösschen Verlag, Dortmund. 1979
- [9] **Clar J.**, Berna A. y Baldasano J.M., (1997). Análisis de Fourier da datos de radiación solar de les Illes Balears. Revista de Ciència (IEB), 1: 39-44.
- [10] EVE. Atlas de radiación solar del país Vasco. Ente Vasco de la nergia, Bilbao. pp. 73. 1992
- [11] **Flores**, H. y Baldasano, J. M. (2001a). Atlas de radiación solar de las Islas Baleares mediante imágenes de satélite. Laboratorio de Modelización Ambiental, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. pp. 68.37.
- [12] **Flores**, H., Baldasano, J. M., Vera, N. y Nadal., P. (2002). Radiación solar en las islas Baleares mediante imágenes de satélite. Proceedings of the

- First International Symposium on Recent Advances in quantitative remote sensing. Editor José A. Sobrino, Spain :261-267.
- [13] **Font**, I.. Atlas de radiación solar en España. Instituto Nacional de Meteorología. pp. 44. 1984
- [14] **Kasten**, F., Golchert, H. J., Dogniaux, R. et Lemoine, M. . Atlas européen du rayonnement solaire, Verlag TÜV Rheinland GmbH, Colònia. pp. 289. (Vol. I) et 321 (Vol. II). 1984
- [15] **Kasten**, F., Golchert, H. J., Dogniaux, R. and Lemoine, M. (1996). European solar radiation atlas. Springer-Verlag, Berlin. pp. 333
- [16] IMSL STAT/LIBRARY subroutines, volumen 1, Visual Numerics Inc. 1994.
- [17] **Martínez-Lozano**, J. A.. Irradiación solar global e insolación en Valencia. Revista de Geofísica, 40, 279-290. 1984
- [18] **Neteler**, M. and **Mitasova**, H., 2002. Open a Source GIS: A GRASS GIS Approach. Boston, MA, Kluwer Academic Publisher.
- [19] **Santabàrbara**, J. M., Calbó, J. M., Baldasano, J. M., Esteve, J. and Mitjá, A. (1996). Month to month variation of global solar radiation in Catalonia Spain. Int. J. Climatol., 16, 711-721.
- [20] **Suri**, M. and Hofierka, J., 2004. A New GIS-base Solar Radiation Model and Its Application to Photovoltaic Assesments. Transaction in GIS, 2004, 8(2): 175-190.
- [21] **Neteler**, M. and **Mitasova**, H., 2002. Open a Source GIS: A GRASS GIS Approach. Boston, MA, Kluwer Academic Publisher.
- [22] [www.helioclim.org](http://www.helioclim.org)
- [23] [www.satel-light.com](http://www.satel-light.com)
- [24] <http://www.mma.es>
- [25] <http://opengis.uab.es/wms/iberia/index.htm>
- [26] <http://siam.imida.es/siam.htm>
- [27] [http://grass.itc.it/gdp/html\\_grass5/html/r.sun.html](http://grass.itc.it/gdp/html_grass5/html/r.sun.html)

## 8. ANEXOS

### **Anexo A. Tablas de irradiación en superficie inclinada**

Para la obtención de la irradiación sobre superficie inclinada se ha utilizado los factores de corrección geométrica descritos en el libro “Radiación Solar sobre la superficie de la tierra. Fundamentos” de Javier Cañada (2000).

La irradiación extraterrestre diaria media mensual sobre plano inclinado horizontal se ha obtenido utilizando la expresión siguiente:

$$\bar{H}_{0\beta} = \frac{24 \cdot 3,6}{\pi} G_{sc} E_0 \left[ \cos(\varphi - \beta) - \cos \delta \operatorname{sen} \omega'_s + \frac{\pi \omega'_s}{180} \operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} \delta \right] \quad \text{Ec.A.1}$$

donde

$G_{sc}$ : es la constante solar cuyo valor es  $1367 \text{ W/m}^2$

$\omega'_s$ : mínimo entre el ángulo horario correspondiente a la salida del sol en un lugar de latitud  $(\varphi - \beta)$  y latitud  $\varphi$  expresado en grados sexagesimales.

El ángulo horario se relaciona con la declinación solar mediante la ecuación siguiente:

$$\omega_s = \operatorname{acos}(-\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta)$$

por lo tanto,

$$\omega'_s = \min \{ \operatorname{acos}(-\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta), \operatorname{acos}(-\operatorname{tg}(\varphi - \beta)) \}$$

$\delta$ : es la declinación solar para cada día del año.

$$\delta = 23,45 \operatorname{sen} \left( \frac{360}{365} (D + 284) \right).$$

$E_0$ : corrección por excentricidad de la órbita terrestre,

$$E_0 = 1 + 0,033 \cos \left( \frac{360}{365} D \right).$$

$\varphi$ : latitud del lugar donde se realiza el cálculo.

$D$ : día juliano correspondiente al día de cálculo.

La ecuación A.1 se puede utilizar para el cálculo de la irradiación diaria global para plano inclinado sobre la superficie de la tierra, simplemente cambiando la expresión de

irradiación extraterrestre  $(\frac{24 \cdot 3,6}{\pi} G_{sc} E_0)$  por la de irradiación diaria global sobre la superficie de la tierra ( $\bar{H}$ ) calculada según la expresión

$$\bar{H} = M + A \times \cos \left[ \left( \frac{2\pi}{365.25} \right) \times D + B \right],$$

ec. 3.3 del presente documento.

De esta forma, queda la expresión Ec.. A.2 para el cálculo de la irradiación diaria global sobre plano inclinado a nivel de la superficie terrestre.

$$\bar{H}_\beta = \bar{H} \left[ \cos(\varphi - \beta) - \cos \delta \operatorname{sen} \omega'_s + \frac{\pi \omega'_s}{180} \operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} \delta \right] \quad \text{Ec.A.2}$$

Mediante esta expresión y los datos recogidos en las tablas de radiación de la sección 5 se puede obtener un valor aproximado de la irradiación en cada municipio que se considera suficiente para estudiar o diseñar una instalación solar.

Alternativamente y de forma más exacta se han obtenido las tablas de irradiación sobre plano inclinado mostradas en las siguientes páginas. Para ello se han tenido en cuenta la componente directa, difusa y reflejada en la expresión de la irradiación diaria media mensual sobre plano inclinado:

$$\bar{H}_\beta = (\bar{H} - \bar{H}_d) \frac{\bar{H}_{0\beta}}{\bar{H}_0} + \frac{1}{2} \bar{H}_d (1 + \cos \beta) + \frac{1}{2} \rho \bar{H} (1 - \cos \beta) \quad \text{Ec.A.3}$$

donde  $\bar{H}$  y  $\bar{H}_d$  son los valores diarios medios mensuales de la radiación global y difusa sobre plano horizontal respectivamente que fueron obtenidos en las estaciones de medida anteriormente referenciadas.  $\rho$  es el albedo del terreno que se ha tomado igual a 0,2 y  $\beta$  es la inclinación de los colectores. Estos valores de irradiación vienen dados en kJ/(m<sup>2</sup>día).

Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "AL31" – Totana													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	9202.0	12653.6	17307.2	22108.7	25624.1	26924.7	25637.3	22056.4	17251.1	12472.8	9000.6	7785.8
	10°	11261.6	14635.8	18829.3	22864.7	25627.1	26543.8	25441.5	22490.5	18386.0	14086.4	10810.0	9704.0
	20°	13056.9	16279.5	19924.3	23132.0	25143.9	25699.1	24782.3	22462.5	19110.4	15378.6	12368.9	11394.4
	30°	14533.4	17534.5	20558.9	22898.1	24172.7	24391.2	23659.5	21965.7	19401.7	16310.2	13629.7	12805.8
	40°	15646.3	18362.9	20713.8	22168.3	22735.9	22648.8	22098.2	21011.8	19251.0	16852.9	14554.4	13895.2
	50°	16361.6	18739.4	20384.4	20964.3	20875.8	20522.5	20144.1	19629.1	18662.6	16990.3	15114.6	14629.5
	60°	16657.8	18652.7	19580.6	19323.7	18652.6	18083.0	17861.3	17861.4	17654.7	16718.1	15293.5	14986.4
	70°	16525.7	18105.2	18326.8	17299.4	16144.7	15420.7	15332.6	15767.6	16258.1	16044.5	15085.5	14955.1
	80°	15969.4	17113.8	16661.4	14958.6	13451.2	12652.1	12663.2	13421.7	14516.2	14990.2	14497.1	14536.5
	90°	15005.8	15708.4	14634.9	12385.2	10704.3	9941.4	9997.8	10917.8	12483.2	13587.1	13546.0	13743.3
Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "AL51" - Librilla													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	8604.3	12124.5	16855.6	21725.7	25279.6	26578.6	25249.5	21597.1	16711.8	11865.7	8355.8	7144.1
	10°	10865.6	14343.4	18583.8	22601.1	25311.6	26180.9	25058.5	22113.7	18014.2	13683.7	10345.0	9221.6
	20°	12856.0	16209.6	19864.0	22965.1	24840.1	25307.1	24389.8	22148.7	18886.9	15168.0	12078.4	11069.0
	30°	14515.1	17666.5	20657.3	22801.6	23860.8	23955.0	23240.8	21692.3	19302.6	16273.6	13503.4	12630.1
	40°	15792.3	18669.8	20939.6	22113.4	22395.2	22153.3	21636.0	20754.6	19248.5	16966.7	14576.8	13857.6
	50°	16649.1	19188.9	20702.2	20921.1	20486.2	19954.0	19622.2	19363.3	18726.1	17226.4	15265.8	14714.0
	60°	17059.2	19208.1	19952.4	19262.0	18196.1	17430.4	17265.8	17562.6	17751.5	17044.7	15549.5	15173.5
	70°	17010.2	18726.9	18713.0	17189.5	15606.2	14677.5	14653.1	15412.8	16354.7	16427.2	15419.4	15222.0
	80°	16503.7	17759.9	17021.9	14773.3	12820.6	11818.0	11895.0	12991.0	14578.9	15392.6	14879.4	14858.1
	90°	15554.9	16336.3	14930.4	12101.0	9979.7	9027.3	9145.8	10396.2	12479.7	13972.4	13945.8	14092.8
Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "CA12" – La Palma													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	7070.6	9797.4	13737.4	18002.5	21331.2	22841.4	22107.0	19284.1	15215.3	10963.6	7669.0	6231.4
	10°	8537.5	11236.8	14888.4	18597.1	21330.4	22518.2	21937.1	19651.6	16183.4	12328.0	9134.8	7664.0
	20°	9809.6	12422.6	15707.9	18798.6	20926.8	21802.4	21369.3	19618.8	16794.6	13415.2	10392.9	8921.3
	30°	10848.4	13318.7	16171.0	18597.5	20119.3	20694.7	20403.4	19180.1	17029.9	14192.4	11404.9	9965.0
	40°	11622.2	13897.9	16263.7	17998.5	18926.4	19219.4	19061.2	18346.0	16882.0	14635.7	12140.1	10763.4
	50°	12107.5	14142.5	15983.0	17019.3	17383.2	17419.5	17382.2	17141.4	16355.2	14731.9	12576.1	11292.3
	60°	12289.6	14045.3	15337.6	15690.7	15539.9	15354.8	15421.3	15604.2	15465.7	14477.8	12699.8	11535.7
	70°	12163.0	13609.0	14347.0	14055.3	13461.2	13102.0	13249.6	13785.7	14240.8	13881.4	12507.3	11486.0
	80°	11731.5	12847.0	13041.5	12167.3	11229.3	10759.2	10957.3	11750.1	12718.4	12960.6	12004.6	11144.9
	90°	11008.1	11782.4	11460.8	10094.4	8953.4	8465.7	8668.5	9578.8	10946.1	11743.5	11206.8	10522.7

Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "CA21" - Corvera													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	9173.0	12655.7	17299.3	22051.2	25489.6	26706.8	25352.0	21737.6	16942.7	12215.3	8820.5	7689.0
	10°	11234.6	14646.2	18826.6	22810.0	25496.8	26332.5	25162.2	22169.1	18058.5	13794.0	10592.5	9587.1
	20°	13032.6	16297.7	19926.9	23081.4	25020.2	25498.3	24514.2	22145.2	18771.7	15058.6	12119.3	11260.4
	30°	14512.2	17560.2	20566.7	22852.6	24058.1	24204.4	23407.5	21659.4	19059.9	15970.6	13354.6	12658.0
	40°	15628.5	18395.1	20726.5	22128.7	22632.3	22478.9	21866.8	20722.9	18914.2	16502.4	14260.8	13737.5
	50°	16347.7	18777.2	20401.4	20931.3	20784.8	20372.1	19937.1	19363.6	18339.1	16637.7	14810.4	14466.0
	60°	16647.7	18694.8	19601.3	19297.8	18575.3	17953.7	17681.6	17624.5	17352.0	16372.5	14986.6	14821.4
	70°	16519.7	18150.5	18350.7	17280.7	16081.8	15313.5	15182.0	15563.3	15983.3	15714.9	14784.2	14792.9
	80°	15967.3	17160.8	16687.5	14947.1	13402.5	12566.5	12542.2	13253.0	14275.4	14684.8	14209.3	14381.4
	90°	15007.4	15755.7	14662.5	12380.5	10668.6	9875.3	9904.8	10786.2	12281.5	13313.5	13279.3	13599.4
Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "CA42" - Balsapintada													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	8914.0	12440.3	17111.3	21867.6	25284.8	26461.1	25056.4	21396.1	16572.9	11842.0	8468.9	7378.8
	10°	10897.4	14386.6	18616.6	22616.7	25288.7	26086.8	24865.6	21816.5	17655.1	13354.1	10143.1	9171.3
	20°	12625.7	16000.4	19699.7	22882.1	24812.5	25256.5	24221.8	21789.2	18344.3	14563.2	11583.7	10749.8
	30°	14046.4	17232.5	20327.7	22651.8	23854.5	23970.6	23124.6	21307.5	18619.2	15432.6	12747.0	12066.2
	40°	15116.4	18045.5	20481.4	21930.6	22436.6	22257.2	21598.7	20382.9	18471.1	15935.9	13597.7	13080.7
	50°	15803.1	18414.7	20156.2	20740.2	20600.6	20166.3	19688.6	19042.7	17904.5	16057.7	14109.7	13762.3
	60°	16085.6	18329.0	19362.0	19117.8	18406.1	17767.1	17457.0	17329.6	16936.8	15794.4	14267.7	14090.4
	70°	15955.5	17790.8	18122.9	17115.5	15930.2	15148.8	14984.8	15300.3	15597.7	15153.9	14066.8	14055.0
	80°	15416.5	16816.6	16476.6	14799.9	13270.8	12425.7	12374.9	13026.8	13928.5	14155.7	13513.1	13657.2
	90°	14485.2	15436.0	14473.5	12254.0	10558.6	9759.6	9768.8	10600.2	11981.5	12830.2	12623.5	12909.0
Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "CA52" - La Aljorra													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	8734.1	12186.1	16786.4	21492.2	24895.6	26097.9	24752.7	21170.3	16420.1	11738.6	8378.4	7260.9
	10°	10661.4	14081.4	18257.1	22225.3	24896.7	25725.8	24561.5	21582.7	17486.4	13229.1	10023.4	9009.4
	20°	12339.7	15651.7	19314.0	22483.2	24424.8	24903.7	23922.7	21552.3	18163.9	14419.9	11438.0	10548.2
	30°	13718.0	16849.1	19925.0	22253.8	23478.4	23632.0	22836.0	21072.8	18431.6	15274.7	12579.2	11830.5
	40°	14754.4	17637.3	20071.4	21542.2	22079.2	21938.8	21326.0	20155.5	18281.1	15767.5	13412.3	12817.2
	50°	15417.4	17992.4	19748.9	20369.8	20268.5	19873.4	19436.8	18827.7	17716.8	15883.5	13912.0	13478.5
	60°	15687.0	17903.6	18967.1	18773.1	18104.9	17504.3	17230.5	17131.5	16756.2	15619.0	14063.2	13794.2
	70°	15554.8	17373.5	17750.0	16803.5	15664.8	14919.7	14787.0	15123.2	15428.6	14982.2	13861.1	13754.8
	80°	15024.9	16418.3	16134.5	14526.6	13044.7	12232.7	12208.3	12874.0	13775.2	13992.3	13312.1	13361.4
	90°	14113.5	15067.0	14170.0	12023.9	10373.6	9603.3	9634.4	10474.2	11847.5	12679.4	12432.7	12626.0

Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "CA72" - Roche													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	9407.4	12902.6	17461.4	22048.7	25287.2	26323.0	24854.6	21225.0	16517.7	11957.0	8762.2	7810.5
	10°	11510.5	14918.6	18990.9	22797.9	25286.1	25946.0	24660.7	21636.6	17589.5	13480.0	10501.4	9725.4
	20°	13343.2	16589.3	20089.7	23059.7	24804.8	25115.0	24017.3	21604.3	18270.0	14696.9	11998.1	11412.1
	30°	14849.9	17863.9	20724.3	22822.0	23841.8	23830.8	22924.3	21121.7	18538.1	15570.9	13206.7	12819.5
	40°	15984.7	18703.8	20875.6	22089.9	22419.3	22121.6	21406.3	20200.3	18385.4	16075.3	14090.5	13904.7
	50°	16713.2	19083.4	20538.8	20885.5	20579.2	20037.3	19507.8	18867.5	17816.5	16194.8	14622.7	14634.8
	60°	17013.3	18991.1	19724.2	19246.3	18381.2	17647.3	17291.2	17165.5	16848.8	15925.7	14787.0	14987.6
	70°	16875.8	18429.9	18456.6	17225.1	15902.9	15040.2	14836.9	15151.0	15512.0	15276.3	14578.6	14952.3
	80°	16304.9	17416.7	16774.6	14889.1	13242.4	12330.4	12247.3	12895.3	13847.5	14266.3	14003.7	14530.1
	90°	15318.0	15982.3	14729.5	12322.2	10530.7	9679.7	9663.4	10489.0	11907.2	12926.4	13079.8	13733.8
Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "CA91" – El Campillo													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	9213.6	12661.3	17310.2	22107.3	25619.9	26920.0	25634.6	22057.8	17257.3	12483.5	9014.0	7799.6
	10°	11273.0	14642.2	18830.5	22861.7	25621.5	26537.8	25437.5	22490.5	18391.0	14096.4	10823.9	9718.6
	20°	13067.8	16284.4	19923.8	23127.3	25136.9	25691.9	24777.0	22461.0	19114.0	15387.8	12382.8	11409.5
	30°	14543.6	17537.9	20556.7	22892.0	24164.5	24382.9	23653.0	21962.9	19403.9	16318.4	13643.5	12821.0
	40°	15655.5	18364.7	20710.0	22160.8	22726.7	22639.4	22090.6	21007.7	19251.8	16860.0	14567.6	13910.2
	50°	16369.8	18739.7	20379.1	20955.7	20865.7	20512.4	20135.6	19623.8	18662.0	16996.0	15127.1	14643.9
	60°	16664.6	18651.4	19574.0	19314.4	18642.0	18072.4	17852.3	17855.2	17652.8	16722.4	15304.8	14999.9
	70°	16531.2	18102.5	18319.2	17289.4	16133.9	15410.1	15323.2	15760.6	16255.0	16047.5	15095.6	14967.4
	80°	15973.4	17109.8	16652.9	14948.3	13440.5	12641.8	12653.9	13414.2	14512.0	14991.7	14505.6	14547.3
	90°	15008.3	15703.4	14626.0	12375.0	10694.3	9932.1	9989.1	10910.2	12478.2	13587.2	13552.9	13752.5
Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "CI32" - Ulea													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	9176.6	12730.0	17529.1	22487.0	26123.3	27477.4	26160.8	22474.5	17519.0	12584.9	8993.0	7727.4
	10°	11674.8	15141.7	19402.0	23448.4	26179.8	27068.7	25975.3	23045.1	18933.2	14581.4	11223.9	10071.8
	20°	13879.0	17177.4	20801.1	23870.6	25706.9	26160.9	25288.5	23108.2	19891.1	16218.5	13173.9	12161.8
	30°	15722.4	18775.0	21683.7	23735.3	24698.6	24750.0	24096.0	22652.6	20363.1	17446.6	14783.8	13933.9
	40°	17148.9	19886.2	22023.1	23044.3	23176.5	22864.9	22422.6	21687.7	20334.5	18228.3	16004.5	15334.2
	50°	18115.2	20477.1	21809.0	21818.1	21184.6	20559.7	20316.8	20242.0	19806.1	18539.8	16799.1	16320.2
	60°	18591.9	20529.7	21047.7	20095.0	18788.0	17911.3	17848.0	18361.4	18794.1	18371.8	17143.4	16861.9
	70°	18564.5	20042.6	19762.6	17930.6	16071.9	15019.2	15106.5	16108.9	17329.6	17729.2	17026.9	16942.8
	80°	18033.8	19030.4	17992.7	15397.8	13145.7	12012.8	12209.0	13565.2	15458.0	16631.7	16453.1	16560.6
	90°	17016.1	17524.0	15792.1	12588.3	10157.0	9076.9	9317.3	10834.3	13238.0	15112.5	15439.6	15726.8

Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "CI52" - Calasparra													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	7976.9	11444.5	16078.2	20827.7	24272.6	25503.2	24165.2	20566.8	15782.1	11056.7	7655.3	6510.1
	10°	10134.5	13606.5	17794.0	21718.8	24327.5	25127.1	23996.6	21089.3	17051.5	12798.4	9533.4	8462.7
	20°	12037.9	15431.1	19075.9	22111.1	23891.1	24288.3	23365.6	21148.4	17911.1	14225.8	11174.3	10202.6
	30°	13629.2	16863.1	19884.9	21987.6	22957.7	22983.0	22267.9	20733.4	18334.2	15295.8	12528.0	11677.0
	40°	14860.1	17858.8	20196.3	21349.9	21547.0	21237.6	20726.3	19853.2	18307.7	15975.7	13553.3	12841.2
	50°	15693.2	18388.1	20000.7	20216.9	19700.2	19102.5	18785.4	18533.6	17832.3	16244.9	14219.2	13659.7
	60°	16103.1	18434.8	19304.1	18624.0	17477.2	16648.4	16509.1	16816.4	16922.6	16095.1	14505.3	14107.6
	70°	16077.4	17997.5	18127.7	16622.7	14957.1	13967.9	13980.7	14759.3	15606.6	15531.1	14403.1	14171.4
	80°	15616.9	17089.6	16507.2	14280.1	12241.3	11180.4	11307.6	12435.9	13925.1	14569.9	13915.6	13849.2
	90°	14735.6	15738.5	14492.2	11681.1	9466.5	8456.6	8638.5	9940.8	11930.6	13240.6	13057.5	13150.7
Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "CR12" - Barranda													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	7903.5	11337.8	15953.4	20704.5	24171.4	25438.5	24141.6	20578.3	15812.3	11084.6	7660.6	6478.7
	10°	10019.8	13460.8	17641.2	21578.9	24216.3	25054.2	23964.1	21091.4	17072.8	12816.8	9523.1	8401.5
	20°	11885.0	15250.4	18898.9	21957.6	23771.7	24207.9	23324.1	21140.7	17923.1	14234.4	11148.7	10113.4
	30°	13442.3	16652.1	19688.4	21824.3	22832.5	22896.3	22218.2	20716.2	18336.7	15294.5	12487.9	11562.4
	40°	14644.6	17623.4	19985.6	21180.8	21418.9	21146.7	20669.5	19827.0	18300.8	15964.8	13500.1	12704.5
	50°	15455.2	18134.8	19781.5	20046.3	19572.1	19009.4	18723.1	18499.3	17816.5	16224.9	14154.6	13505.0
	60°	15849.5	18170.8	19082.2	18456.3	17352.2	16555.7	16443.2	16775.2	16898.5	16067.0	14431.4	13939.5
	70°	15815.6	17730.2	17909.2	16462.1	14838.6	13878.1	13913.3	14712.6	15575.2	15495.7	14322.1	13994.9
	80°	15354.4	16826.5	16298.0	14130.8	12132.4	11096.7	11241.3	12385.5	13887.5	14528.6	13830.1	13669.5
	90°	14480.0	15487.1	14297.9	11547.0	9370.8	8383.3	8577.3	9889.2	11888.4	13194.9	12970.3	12973.1
Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "CR42" - Moratalla													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	8932.2	12410.6	17131.4	22025.8	25633.6	27001.3	25737.2	22129.3	17254.5	12382.9	8818.7	7538.1
	10°	11361.0	14759.9	18960.7	22967.2	25689.2	26600.1	25555.0	22691.0	18646.7	14346.0	11004.0	9821.9
	20°	13504.1	16742.7	20327.2	23380.6	25225.6	25708.6	24879.8	22753.3	19589.7	15955.6	12914.1	11857.8
	30°	15296.1	18298.9	21189.2	23248.1	24236.7	24322.8	23707.1	22304.8	20054.3	17163.0	14490.8	13583.8
	40°	16682.7	19381.0	21520.4	22571.5	22743.6	22471.0	22061.5	21355.1	20026.0	17931.3	15686.4	14947.6
	50°	17621.8	19956.3	21311.0	21370.8	20789.8	20206.6	19990.5	19932.1	19505.6	18237.4	16464.4	15907.7
	60°	18084.9	20007.2	20567.1	19683.5	18438.8	17604.8	17562.3	18080.9	18509.1	18071.8	16801.2	16435.0
	70°	18057.7	19532.2	19311.5	17564.2	15774.4	14763.5	14865.9	15863.6	17067.2	17439.6	16686.6	16513.4
	80°	17541.3	18545.7	17582.4	15084.1	12903.7	11809.9	12015.9	13359.8	15224.5	16360.1	16124.1	16140.5
	90°	16551.2	17077.8	15432.5	12333.0	9971.6	8925.2	9171.5	10671.4	13038.7	14866.0	15130.8	15327.6

Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "JU12" – C <sup>a</sup> del Judío													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	9748.9	13595.6	18767.0	24091.4	27977.8	29399.8	27948.8	23957.6	18617.7	13319.5	9481.2	8154.6
	10°	12433.7	16197.8	20792.7	25136.5	28049.7	28972.3	27760.9	24578.5	20137.7	15455.6	11861.5	10660.1
	20°	14805.0	18397.2	22310.1	25603.1	27554.6	28011.1	27037.5	24657.9	21171.9	17210.1	13944.4	12895.7
	30°	16790.7	20126.8	23272.8	25471.2	26485.2	26511.0	25773.1	24183.3	21688.1	18529.9	15666.5	14793.7
	40°	18330.5	21334.1	23651.7	24742.2	24864.1	24502.3	23993.8	23164.2	21670.3	19374.7	16975.6	16296.2
	50°	19377.7	21982.5	23435.2	23437.5	22738.1	22042.5	21750.8	21630.8	21119.0	19719.0	17831.9	17357.8
	60°	19900.3	22052.3	22629.9	21598.1	20176.5	19213.4	19118.0	19631.6	20051.0	19552.2	18209.4	17946.0
	70°	19882.6	21541.3	21260.3	19283.3	17270.3	16121.0	16191.4	17233.5	18499.3	18879.5	18096.5	18043.1
	80°	19325.1	20465.0	19368.2	16570.8	14136.0	12903.2	13095.2	14522.4	16511.8	17721.2	17496.8	17646.0
	90°	18244.6	18856.3	17011.3	13558.7	10930.9	9755.9	10001.0	11608.6	14150.9	16112.6	16428.5	16766.9
Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "JU42" - Yecla Norte													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	9397.1	12574.3	17006.1	21691.0	25236.9	26705.3	25679.2	22386.4	17810.0	13143.6	9637.5	8250.7
	10°	12011.0	14999.1	18854.7	22643.5	25313.9	26329.7	25518.7	22978.4	19277.8	15271.5	12086.4	10818.4
	20°	14322.1	17051.0	20242.8	23075.8	24880.4	25470.5	24867.4	23065.1	20280.8	17022.4	14231.9	13112.0
	30°	16260.0	18667.8	21128.1	22969.3	23929.3	24122.1	23719.2	22633.9	20787.9	18343.1	16008.9	15061.8
	40°	17766.0	19800.3	21483.8	22324.8	22480.1	22311.3	22097.4	21693.6	20783.1	19193.4	17363.3	16608.6
	50°	18794.2	20414.1	21299.0	21161.4	20574.7	20089.6	20048.6	20271.6	20266.7	19547.5	18254.0	17705.4
	60°	19313.4	20490.6	20579.3	19515.4	18274.9	17530.7	17639.9	18413.0	19254.5	19394.7	18654.0	18318.9
	70°	19307.9	20027.4	19346.8	17440.0	15662.1	14730.0	14959.1	16180.0	17777.6	18739.7	18551.0	18430.4
	80°	18777.9	19038.6	17638.8	15004.6	12840.8	11811.8	12119.1	13652.2	15881.7	17602.2	17948.2	18036.6
	90°	17739.3	17554.3	15507.5	12297.1	9951.2	8951.4	9275.8	10932.0	13626.2	16016.8	16864.0	17149.3
Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "JU52" – Yecla Pinillos													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	7408.4	10767.9	15408.8	20281.6	23936.3	25406.2	24272.7	20789.9	15997.6	11145.3	7532.6	6148.2
	10°	9427.4	12818.8	17069.5	21164.5	24004.5	25045.1	24116.8	21333.1	17302.8	12923.4	9402.8	8008.7
	20°	11210.3	14552.3	18314.3	21561.6	23588.8	24223.8	23497.1	21407.6	18191.9	14384.0	11039.0	9668.2
	30°	12702.9	15915.6	19105.2	21456.0	22682.7	22937.5	22408.3	21002.1	18637.3	15482.7	12391.2	11076.3
	40°	13859.9	16867.5	19418.1	20848.6	21304.9	21211.9	20872.5	20125.0	18625.1	16186.1	13418.5	12190.2
	50°	14646.0	17378.9	19243.6	19757.3	19495.3	19096.3	18933.9	18801.9	18155.6	16472.9	14089.6	12976.1
	60°	15037.4	17434.4	18587.0	18216.3	17312.6	16660.6	16656.2	17074.8	17243.3	16334.3	14384.2	13410.0
	70°	15022.2	17032.2	17468.2	16275.2	14834.3	13996.2	14122.3	15001.4	15916.2	15774.5	14293.3	13478.9
	80°	14600.9	16184.5	15921.3	13999.2	12159.5	11221.1	11439.2	12655.7	14215.4	14810.5	13819.6	13180.6
	90°	13786.3	14917.2	13993.6	11470.3	9421.4	8502.9	8754.7	10132.9	12194.1	13471.8	12977.5	12524.1

Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "JU61" - Jumilla													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	6855.6	9860.9	13931.5	18145.5	21245.3	22411.8	21310.8	18193.4	13990.1	9796.0	6733.8	5642.3
	10°	8701.6	11718.9	15417.2	18925.6	21301.0	22090.7	21170.5	18660.1	15114.5	11333.7	8377.7	7324.8
	20°	10330.4	13287.5	16528.4	19272.4	20928.1	21364.4	20623.7	18718.3	15877.2	12594.4	9814.2	8824.2
	30°	11692.4	14519.3	17231.2	19171.2	20121.0	20228.8	19666.3	18358.4	16254.4	13539.9	10999.4	10095.0
	40°	12746.4	15376.7	17504.3	18623.0	18896.8	18706.7	18317.8	17587.8	16234.4	14141.4	11897.6	11098.6
	50°	13460.3	15833.6	17339.2	17643.9	17290.8	16841.9	16617.2	16429.2	15817.8	14380.6	12481.3	11804.6
	60°	13812.3	15876.3	16741.1	16264.7	15355.3	14696.0	14620.2	14919.3	15017.4	14250.4	12732.8	12191.4
	70°	13791.9	15503.4	15728.2	14529.8	13158.8	12349.6	12399.8	13108.6	13857.8	13754.5	12644.5	12247.3
	80°	13399.6	14726.2	14331.3	12497.3	10789.4	9906.6	10049.6	11061.7	12374.9	12908.2	12219.0	11970.6
	90°	12647.3	13568.4	12593.0	10240.7	8365.2	7515.0	7699.3	8861.7	10615.1	11737.1	11469.3	11369.8
Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "LO11" - Lorca													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	8374.6	11771.0	16358.3	21097.6	24573.7	25868.3	24610.1	21086.7	16349.8	11633.3	8199.6	6989.6
	10°	10195.2	13584.1	17782.9	21813.3	24571.8	25496.5	24417.2	21494.1	17406.7	13101.7	9792.9	8646.5
	20°	11778.9	15084.4	18805.0	22062.7	24102.9	24678.4	23779.0	21460.6	18076.9	14273.7	11161.6	10103.1
	30°	13077.4	16226.4	19393.5	21834.0	23165.7	23414.8	22695.8	20980.0	18339.4	15113.6	12264.4	11315.0
	40°	14051.3	16975.5	19530.4	21132.6	21781.6	21733.4	21191.8	20063.8	18186.0	15595.8	13067.6	12245.5
	50°	14671.1	17308.7	19211.7	19979.2	19991.6	19683.5	19311.2	18739.1	17621.4	15705.7	13546.8	12866.3
	60°	14917.9	17216.0	18446.9	18410.0	17853.8	17333.0	17115.9	17048.0	16662.9	15440.1	13687.5	13158.6
	70°	14784.2	16700.3	17259.5	16475.4	15443.5	14769.5	14685.3	15046.6	15339.9	14806.9	13485.5	13113.4
	80°	14274.0	15777.1	15685.5	14239.8	12856.2	12105.4	12121.1	12806.1	13693.2	13825.3	12946.8	12732.2
	90°	13402.9	14474.6	13772.9	11783.6	10219.6	9499.9	9562.9	10416.3	11774.5	12525.3	12087.8	12026.5
Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "LO21" - Pozohiguera													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	9165.6	12663.7	17371.6	22222.8	25767.9	27070.6	25756.8	22127.4	17266.0	12438.6	8937.2	7721.4
	10°	11192.8	14629.4	18885.6	22971.4	25761.2	26678.8	25551.0	22553.2	18390.3	14031.0	10710.3	9596.1
	20°	12957.7	16256.9	19971.4	23229.0	25265.4	25820.4	24879.4	22515.5	19104.0	15303.7	12235.5	11246.2
	30°	14406.7	17496.6	20595.9	22983.5	24279.5	24496.5	23742.4	22007.9	19385.1	16218.0	13466.7	12621.4
	40°	15495.9	18311.0	20740.1	22240.5	22826.2	22736.7	22165.6	21042.5	19224.8	16746.1	14366.3	13680.1
	50°	16192.0	18675.2	20399.7	21022.3	20948.5	20592.2	20195.4	19648.0	18627.9	16872.0	14907.1	14390.0
	60°	16473.9	18578.2	19585.0	19366.8	18707.5	18134.5	17896.5	17868.7	17612.6	16591.8	15072.6	14729.6
	70°	16333.1	18023.0	18320.9	17327.4	16182.1	15455.0	15352.5	15763.8	16210.1	15914.2	14857.8	14688.6
	80°	15773.9	17026.4	16645.7	14971.9	13472.4	12671.4	12669.8	13408.0	14463.9	14859.6	14269.1	14268.1
	90°	14813.2	15618.7	14610.5	12385.2	10712.6	9950.5	9994.9	10896.2	12428.5	13460.1	13324.6	13481.0

Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "LO31" - Águilas													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	9736.0	13182.2	17757.8	22425.2	25787.1	26956.1	25594.8	22017.9	17293.3	12650.4	9331.7	8247.0
	10°	11902.2	15227.1	19299.9	23175.9	25776.8	26562.5	25387.0	22437.9	18415.3	14270.8	11196.7	10273.3
	20°	13788.6	16919.5	20404.5	23431.3	25277.0	25703.9	24716.0	22396.7	19126.3	15565.5	12801.7	12057.6
	30°	15337.7	18208.1	21037.9	23179.4	24286.8	24381.8	23582.5	21888.2	19404.1	16495.2	14097.9	13545.8
	40°	16502.7	19053.8	21180.9	22426.0	22829.2	22625.7	22012.2	20924.4	19240.1	17031.8	15045.8	14692.7
	50°	17248.0	19430.8	20829.1	21193.7	20947.3	20486.9	20051.3	19534.2	18639.3	17158.8	15616.7	15463.4
	60°	17551.0	19327.6	19993.3	19521.0	18702.4	18036.8	17764.3	17761.6	17620.0	16872.5	15793.3	15834.6
	70°	17402.5	18747.5	18698.8	17461.7	16173.6	15366.5	15234.3	15665.7	16213.5	16181.5	15570.2	15794.9
	80°	16807.0	17708.0	16985.1	15084.4	13461.4	12593.7	12567.4	13320.9	14463.4	15106.8	14954.0	15345.5
	90°	15782.7	16240.8	14904.5	12474.6	10700.3	9885.1	9909.9	10821.8	12424.3	13681.2	13963.7	14500.1
Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "LO41" - La Paca													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	9304.5	12786.9	17509.0	22401.7	26004.9	27366.6	26096.6	22484.4	17608.3	12738.5	9178.9	7904.3
	10°	11403.5	14801.6	19056.2	23172.6	26012.8	26985.0	25902.3	22932.5	18776.9	14403.1	11045.0	9872.2
	20°	13234.7	16473.6	20171.1	23448.4	25527.8	26132.8	25236.9	22909.5	19525.7	15738.4	12654.4	11607.9
	30°	14742.2	17752.2	20819.9	23216.5	24548.0	24810.1	24099.7	22408.2	19831.4	16703.8	13958.2	13058.7
	40°	15880.3	18598.5	20982.8	22481.9	23095.7	23045.9	22516.2	21440.4	19684.4	17270.0	14916.7	14180.5
	50°	16614.5	18986.7	20654.8	21266.6	21213.6	20891.3	20532.5	20034.8	19089.1	17419.7	15500.9	14939.1
	60°	16922.3	18905.1	19845.9	19608.4	18962.7	18417.7	18213.7	18235.9	18063.9	17148.5	15692.9	15311.6
	70°	16794.6	18356.2	18580.7	17560.6	16422.2	15716.9	15643.6	16103.4	16640.1	16464.5	15487.0	15286.6
	80°	16235.0	17356.5	16897.8	15191.5	13692.1	12906.3	12929.0	13712.8	14861.8	15388.6	14889.5	14864.9
	90°	15260.7	15936.6	14848.5	12585.7	10906.1	10151.9	10216.2	11159.9	12784.6	13953.4	13918.3	14059.3
Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "LO61" - Pto. Lumbreras													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	8832.5	12238.1	16755.7	21360.9	24674.7	25822.5	24472.9	20938.1	16273.3	11692.5	8421.3	7356.8
	10°	10777.8	14135.5	18218.0	22085.1	24672.1	25450.7	24280.4	21341.4	17323.2	13169.5	10069.6	9126.3
	20°	12471.2	15706.6	19267.5	22337.1	24200.5	24633.3	23645.1	21307.1	17988.4	14348.3	11486.4	10683.1
	30°	13861.3	16903.6	19872.2	22105.1	23258.7	23371.2	22567.3	20829.1	18248.1	15193.1	12628.7	11979.9
	40°	14905.8	17690.1	20013.8	21394.2	21868.4	21692.2	21071.2	19918.8	18094.3	15678.3	13461.7	12977.4
	50°	15573.1	18042.3	19687.9	20225.8	20070.5	19645.3	19200.7	18603.2	17531.5	15789.0	13960.1	13645.1
	60°	15842.8	17949.5	18904.5	18636.4	17923.5	17298.5	17017.3	16924.1	16577.0	15522.0	14108.9	13962.9
	70°	15706.8	17414.4	17687.3	16677.0	15503.1	14739.2	14600.2	14937.2	15260.2	14885.3	13903.4	13921.1
	80°	15169.1	16453.3	16073.6	14412.9	12905.1	12079.7	12050.4	12713.0	13621.6	13898.3	13349.9	13520.9
	90°	14246.2	15095.5	14112.3	11925.5	10257.9	9479.0	9506.8	10341.0	11712.6	12590.9	12465.3	12774.5

Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "MO12" - Mula													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	8706.8	11844.5	16385.6	21306.4	25151.9	26902.9	26065.7	22817.6	18128.1	13222.5	9416.2	7748.9
	10°	11051.1	14064.9	18118.8	22205.3	25197.1	26494.4	25872.2	23387.6	19582.2	15311.1	11740.7	10080.2
	20°	13117.6	15936.6	19410.2	22593.9	24732.6	25596.7	25178.8	23442.4	20564.2	17022.0	13771.2	12157.1
	30°	14843.7	17402.6	20220.4	22455.3	23753.2	24206.8	23981.8	22970.8	21043.6	18303.3	15445.9	13916.4
	40°	16176.7	18418.5	20524.7	21791.7	22280.0	22353.4	22306.4	21982.9	21005.6	19116.1	16714.0	15304.6
	50°	17076.3	18953.3	20314.0	20622.6	20355.9	20089.9	20201.3	20507.7	20451.1	19435.6	17536.9	16279.6
	60°	17515.1	18990.8	19594.7	18984.6	18043.6	17491.9	17735.8	18592.2	19397.3	19252.2	17889.7	16811.6
	70°	17479.7	18530.0	18388.6	16930.8	15425.8	14657.3	15000.7	16300.7	17876.5	18571.4	17761.5	16884.7
	80°	16971.3	17584.7	16732.5	14530.2	12608.0	11713.5	12112.4	13715.4	15935.9	17413.9	17156.4	16496.5
	90°	16005.3	16183.7	14676.8	11869.9	9733.2	8842.8	9233.7	10942.3	13636.3	15814.9	16092.6	15658.8
Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "MO31" – Llano de Molina													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	8559.2	12006.8	16599.3	21295.6	24690.5	25887.7	24542.1	20964.1	16221.9	11549.9	8198.1	7085.7
	10°	10867.5	14264.7	18360.6	22197.5	24737.7	25497.7	24362.7	21488.7	17518.9	13362.9	10206.7	9209.2
	20°	12902.8	16168.9	19674.0	22589.3	24284.9	24637.4	23713.2	21540.6	18394.5	14847.4	11960.6	11100.8
	30°	14603.2	17661.3	20499.4	22454.1	23326.6	23303.6	22589.9	21109.5	18821.7	15958.5	13406.5	12703.0
	40°	15917.0	18696.6	20811.9	21793.7	21883.4	21523.7	21016.3	20204.6	18787.1	16662.2	14500.7	13967.1
	50°	16804.4	19243.5	20601.9	20627.8	19997.4	19349.1	19038.1	18852.6	18291.7	16937.3	15209.7	14854.6
	60°	17238.3	19285.2	19875.8	18992.7	17730.1	16852.2	16720.5	17096.5	17350.8	16775.4	15512.1	15338.7
	70°	17205.6	18820.5	18655.7	16941.5	15162.2	14127.1	14148.5	14995.1	15993.3	16181.5	15398.7	15404.7
	80°	16707.3	17863.6	16978.8	14543.0	12397.3	11296.1	11431.7	12623.8	14261.2	15173.4	14872.9	15050.4
	90°	15758.5	16443.4	14896.1	11884.2	9575.4	8533.8	8722.5	10079.6	12208.9	13782.0	13950.7	14286.7
Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "MO41" - Abanilla													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	8015.1	11018.2	14972.1	18979.5	21839.3	22796.8	21574.6	18456.9	14374.3	10388.8	7566.7	6682.1
	10°	10175.9	13087.7	16558.0	19783.3	21884.3	22458.3	21421.0	18918.5	15517.5	12010.4	9414.1	8683.3
	20°	12081.4	14833.2	17741.0	20133.5	21488.0	21706.8	20855.2	18965.5	16289.0	13337.9	11027.3	10466.3
	30°	13673.7	16201.6	18484.9	20015.2	20645.6	20539.0	19873.8	18588.6	16664.9	14331.1	12357.4	11976.7
	40°	14904.5	17151.3	18767.2	19429.8	19375.0	18979.0	18497.3	17796.0	16633.5	14959.6	13363.8	13168.8
	50°	15736.4	17653.6	18579.3	18394.7	17713.2	17071.6	16765.6	16610.9	16195.6	15204.5	14016.0	14006.2
	60°	16144.1	17693.1	17926.8	16942.4	15714.4	14880.3	14735.7	15071.0	15364.8	15058.4	14294.2	14463.6
	70°	16115.1	17268.7	16829.7	15119.7	13449.6	12487.6	12482.0	13227.9	14166.5	14525.5	14189.9	14527.1
	80°	15650.5	16393.2	15321.3	12987.8	11010.0	10000.3	10100.2	11147.5	12637.9	13622.2	13706.4	14194.7
	90°	14764.2	15093.2	13447.7	10624.0	8518.5	7571.0	7723.1	8914.7	10826.9	12375.8	12858.2	13476.5

Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "MO51" - Fortuna													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	8415.7	11832.2	16382.5	21034.7	24397.0	25581.6	24247.0	20701.2	16002.7	11374.6	8055.0	6954.4
	10°	10691.8	14063.6	18125.9	21930.1	24447.9	25200.3	24073.8	21223.1	17286.0	13164.1	10033.1	9044.1
	20°	12699.3	15946.1	19427.3	22321.6	24004.8	24354.6	23436.4	21278.3	18153.7	14630.3	11761.0	10906.1
	30°	14377.2	17422.6	20246.9	22192.4	23062.2	23040.9	22330.8	20856.6	18578.9	15728.4	13186.2	12483.8
	40°	15674.6	18448.2	20559.8	21544.2	21640.3	21286.2	20780.1	19966.8	18548.4	16425.3	14265.3	13729.3
	50°	16552.0	18991.8	20356.6	20396.1	19780.4	19141.0	18829.2	18635.2	18063.0	16699.6	14965.7	14604.7
	60°	16982.8	19036.9	19643.4	18784.3	17543.0	16676.6	16542.5	16904.0	17137.7	16543.2	15266.0	15083.5
	70°	16953.9	18582.0	18441.9	16760.6	15008.0	13986.0	14003.6	14831.3	15800.9	15960.6	15157.1	15151.1
	80°	16466.0	17641.0	16788.7	14393.1	12277.2	11189.3	11320.6	12491.3	14094.0	14969.6	14642.4	14805.3
	90°	15534.2	16242.6	14734.3	11767.6	9488.6	8458.5	8643.4	9979.6	12070.5	13600.4	13737.3	14056.9
Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "MO61" - Ojós													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	9089.2	12513.0	17105.2	21825.0	25261.8	26507.8	25204.9	21652.3	16910.5	12214.2	8820.3	7658.9
	10°	11555.4	14876.0	18926.4	22753.4	25313.0	26110.9	25023.3	22197.8	18269.3	14143.5	10999.3	9974.2
	20°	13730.8	16869.6	20285.7	23158.8	24852.5	25232.4	24358.7	22254.8	19188.1	15724.5	12903.3	12037.6
	30°	15549.3	18433.3	21141.6	23023.6	23874.6	23868.8	23207.2	21812.5	19638.7	16909.2	14474.3	13786.4
	40°	16955.6	19519.6	21468.1	22349.6	22400.1	22048.2	21593.0	20880.2	19606.8	17661.7	15664.6	15167.6
	50°	17907.1	20095.4	21255.3	21156.9	20472.2	19822.9	19562.7	19485.5	19093.5	17959.1	16438.1	16139.1
	60°	18374.8	20143.2	20509.6	19482.7	18153.4	17267.1	17183.2	17672.5	18114.5	17792.3	16771.2	16671.5
	70°	18344.5	19661.7	19253.8	17381.2	15526.6	14477.0	14541.9	15502.2	16699.9	17166.4	16653.9	16748.5
	80°	17817.2	18665.4	17526.1	14923.0	12697.4	11577.5	11751.1	13052.3	14893.5	16100.4	16089.6	16367.9
	90°	16808.7	17184.6	15379.1	12197.2	9808.9	8747.3	8967.0	10423.0	12752.0	14626.8	15095.6	15541.1
Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "MU21" - Beniel - Los Álamos													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	8493.7	11999.3	16622.1	21313.0	24666.4	25797.4	24378.5	20739.2	15965.9	11300.6	7991.1	6945.3
	10°	10736.9	14207.0	18337.9	22182.8	24705.0	25415.3	24199.6	21243.1	17214.5	13030.2	9890.5	8969.2
	20°	12712.3	16065.3	19611.4	22549.7	24251.2	24570.1	23558.7	21284.0	18052.8	14442.7	11546.0	10769.5
	30°	14360.1	17517.7	20403.8	22397.7	23300.3	23259.2	22452.5	20852.2	18454.6	15495.4	12907.4	12291.5
	40°	15630.1	18520.1	20690.9	21729.4	21873.0	21509.9	20904.5	19956.9	18407.6	16156.1	13933.2	13489.1
	50°	16483.8	19042.1	20464.1	20564.6	20010.9	19372.9	18959.7	18624.7	17913.0	16404.8	14592.3	14325.8
	60°	16895.2	19067.7	19730.2	18939.7	17774.8	16919.1	16682.2	16897.9	16986.1	16234.0	14864.7	14776.1
	70°	16851.9	18596.3	18511.6	16907.2	15244.0	14240.8	14155.3	14834.2	15655.4	15648.9	14742.0	14826.5
	80°	16355.0	17642.1	16845.3	14535.2	12520.0	11457.3	11486.2	12507.6	13962.0	14667.1	14228.1	14475.3
	90°	15419.8	16234.1	14782.3	11909.6	9739.9	8738.8	8823.7	10013.0	11959.1	13318.6	13338.5	13733.3

Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "MU31" – Sangonera La Verde													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	8237.5	11468.1	15724.7	20041.6	23124.7	24160.8	22849.6	19495.8	15100.5	10807.3	7764.6	6807.0
	10°	10392.7	13565.7	17344.6	20859.1	23156.9	23795.3	22676.3	19963.0	16267.1	12440.0	9588.3	8769.8
	20°	12289.3	15329.8	18545.5	21202.3	22725.2	22994.2	22068.7	19995.2	17047.0	13771.1	11176.3	10514.4
	30°	13869.6	16706.9	19290.9	21056.1	21825.7	21755.5	21024.2	19583.5	17415.9	14760.2	12480.3	11987.8
	40°	15085.6	17655.0	19558.2	20423.1	20478.0	20105.2	19565.2	18736.9	17362.5	15377.2	13460.7	13145.4
	50°	15900.4	18145.5	19339.2	19321.9	18721.5	18091.0	17734.0	17480.4	16888.2	15603.3	14087.6	13951.9
	60°	16289.2	18163.3	18640.6	17787.2	16613.4	15780.0	15591.1	15854.0	16007.7	15431.8	14342.1	14382.8
	70°	16240.3	17707.9	17483.6	15868.4	14228.9	13259.4	13215.2	13912.1	14748.0	14867.7	14216.4	14425.1
	80°	15755.0	16793.3	15903.6	13630.1	11664.0	10642.0	10707.2	11724.4	13148.2	13928.2	13714.3	14077.4
	90°	14848.1	15447.1	13948.6	11153.3	9048.5	8089.4	8208.1	9380.4	11258.3	12642.0	12851.0	13350.3
Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "MU62" – La Alberca													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	8782.7	12247.4	16851.6	21551.3	24939.8	26122.6	24758.4	21162.5	16408.3	11733.2	8388.1	7290.2
	10°	11098.5	14491.3	18582.1	22423.6	24974.0	25732.4	24572.8	21671.7	17688.6	13531.6	10389.9	9421.0
	20°	13137.3	16379.0	19864.7	22788.1	24510.6	24873.3	23918.1	21708.6	18547.0	15000.1	12134.8	11316.4
	30°	14837.3	17853.1	20660.3	22628.8	23545.5	23543.4	22791.5	21263.6	18956.7	16094.2	13569.7	12918.7
	40°	16146.8	18868.7	20944.8	21948.3	22099.6	21770.5	21217.1	20346.3	18905.0	16780.5	14651.1	14179.4
	50°	17026.1	19395.1	20709.4	20767.0	20215.2	19605.9	19240.7	18983.9	18393.6	17038.2	15346.0	15060.1
	60°	17448.3	19416.3	19961.4	19121.7	17953.8	17121.7	16927.4	17219.6	17438.0	16859.6	15633.4	15534.0
	70°	17400.8	18931.5	18723.5	17065.6	15395.7	14411.3	14362.0	15112.5	16067.6	16250.0	15504.5	15586.8
	80°	16884.9	17955.6	17033.4	14667.8	12643.7	11595.6	11653.4	12738.2	14325.0	15227.9	14963.2	15216.8
	90°	15916.3	16518.1	14942.7	12015.0	9836.4	8847.3	8953.0	10193.7	12264.7	13824.4	14026.1	14435.2
Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "TP42" – Torre Blanca													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	9786.4	13317.0	17941.9	22611.0	25923.6	27005.9	25543.7	21877.7	17102.3	12459.5	9191.1	8194.1
	10°	11999.8	15410.5	19520.2	23384.0	25928.0	26625.6	25350.2	22309.7	18227.7	14073.8	11052.9	10241.8
	20°	13930.7	17147.2	20656.0	23657.8	25440.9	25780.3	24695.1	22283.5	18946.5	15367.1	12657.8	12048.0
	30°	15520.3	18474.2	21314.7	23419.5	24460.6	24470.4	23577.9	21792.3	19236.1	16300.0	13957.2	13557.8
	40°	16720.4	19351.3	21476.4	22674.4	23009.4	22724.6	22023.7	20847.7	19087.6	16844.2	14911.4	14725.3
	50°	17494.5	19751.9	21136.0	21444.8	21130.1	20593.7	20077.9	19477.6	18505.4	16983.2	15491.6	15515.1
	60°	17819.1	19663.7	20303.9	19769.2	18883.5	18148.3	17804.4	17725.6	17507.4	16712.7	15680.1	15903.2
	70°	17684.3	19089.4	19005.5	17701.2	16348.8	15479.2	15285.4	15649.8	16124.1	16040.9	15471.2	15877.7
	80°	17094.2	18046.5	17280.3	15309.7	13626.0	12702.9	12625.7	13323.7	14398.5	14988.4	14871.2	15439.5
	90°	16066.8	16566.7	15180.9	12680.5	10848.5	9983.9	9969.4	10840.6	12384.3	13586.9	13898.3	14601.8

Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "TP81" – Martínez del Puerto													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	8101.7	11594.3	16312.5	21187.8	24764.5	26097.6	24804.8	21181.7	16309.6	11457.7	7924.7	6678.6
	10°	9865.1	13390.1	17744.6	21916.2	24770.8	25730.5	24618.2	21599.6	17373.3	12910.5	9464.2	8257.6
	20°	11399.8	14877.8	18775.0	22176.0	24306.8	24913.5	23983.1	21574.4	18051.0	14071.5	10787.4	9646.0
	30°	12659.0	16012.2	19372.3	21955.3	23370.6	23647.0	22899.2	21099.7	18321.4	14905.2	11854.1	10801.6
	40°	13604.5	16758.9	19518.3	21258.9	21983.5	21958.5	21390.6	20186.5	18176.2	15386.5	12631.8	11689.3
	50°	14207.6	17095.1	19208.6	20107.5	20186.3	19897.2	19501.4	18861.9	17619.7	15500.6	13097.0	12282.1
	60°	14449.9	17010.6	18452.6	18537.1	18037.3	17531.4	17293.6	17167.9	16669.0	15244.1	13235.5	12562.0
	70°	14324.2	16508.0	17273.3	16598.2	15612.2	14948.9	14847.1	15160.8	15353.2	14624.9	13043.1	12520.5
	80°	13834.1	15602.5	15706.7	14355.3	13006.6	12262.4	12263.7	12911.5	13713.1	13661.6	12525.6	12158.9
	90°	12994.7	14321.8	13800.5	11888.8	10348.4	9631.1	9683.0	10510.3	11799.9	12383.7	11698.8	11488.2
Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "TP91" – Torre Pacheco													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	6514.7	9302.7	13256.4	17483.2	20730.1	22137.1	21306.0	18418.0	14335.2	10123.4	6911.4	5577.3
	10°	7837.7	10651.1	14357.5	18057.5	20730.4	21826.9	21144.4	18765.5	15232.8	11355.1	8195.5	6823.5
	20°	8983.5	11760.4	15140.3	18251.4	20340.3	21137.1	20600.4	18732.6	15796.8	12334.0	9295.3	7915.4
	30°	9917.3	12597.1	15581.1	18055.7	19558.6	20068.3	19673.9	18314.1	16009.7	13030.4	10177.3	8819.8
	40°	10610.7	13135.6	15666.3	17474.8	18403.3	18643.9	18385.8	17520.0	15864.9	13423.0	10814.8	9509.1
	50°	11042.7	13359.6	15393.4	16526.2	16908.3	16905.4	16773.8	16373.8	15366.7	13500.0	11188.4	9962.5
	60°	11200.0	13262.4	14770.6	15239.5	15122.2	14910.5	14890.7	14911.8	14530.3	13259.0	11286.8	10166.2
	70°	11078.0	12846.8	13817.1	13655.8	13107.7	12733.1	12804.6	13182.6	13381.4	12707.3	11106.9	10114.0
	80°	10680.3	12125.5	12561.6	11828.0	10944.1	10467.9	10602.1	11247.1	11955.6	11861.7	10654.2	9807.4
	90°	10019.0	11120.5	11042.7	9821.1	8737.2	8248.9	8401.7	9182.7	10297.4	10747.9	9942.5	9255.8
Radiación sobre plano inclinado para los datos de la estación meteorológica "GUA1" - Guadalupe													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inclinación superficie	0°	8469.6	11969.5	16629.1	21391.8	24832.5	26042.8	24673.7	21041.4	16230.0	11492.0	8095.1	6970.8
	10°	9836.1	13538.7	17965.4	22109.3	24848.5	25681.1	24496.5	21394.4	17030.5	12465.3	9047.7	7998.8
	20°	10998.5	14816.3	18909.9	22360.4	24391.2	24869.1	23878.9	21331.2	17490.1	13195.5	9827.0	8870.5
	30°	11921.5	15763.6	19433.9	22133.2	23458.3	23606.2	22820.6	20847.3	17594.4	13660.4	10409.5	9559.6
	40°	12577.2	16351.8	19521.4	21432.8	22070.7	21919.5	21345.0	19954.5	17340.1	13846.0	10777.4	10045.0
	50°	12945.6	16562.9	19169.8	20280.2	20269.1	19858.1	19495.3	18679.3	16734.8	13746.5	10919.6	10311.9
	60°	13015.5	16390.6	18389.7	18711.2	18111.9	17490.1	17331.9	17061.8	15797.2	13365.1	10831.7	10352.4
	70°	12784.8	15840.2	17204.9	16776.2	15674.9	14903.3	14932.7	15155.4	14555.8	12713.3	10516.5	10165.1
	80°	12260.4	14928.3	15651.5	14539.4	13054.1	12210.4	12396.4	13026.6	13048.9	11810.8	9983.5	9755.7
	90°	11458.4	13682.6	13776.8	12080.6	10377.8	9570.4	9857.9	10758.5	11323.5	10685.2	9248.8	9136.8

## **Anexo B. Análisis estadístico de los resultados**

Para la obtención de las curvas correspondientes a la irradiación directa y difusa diaria sobre plano horizontal en la superficie de la tierra se ha empleado la biblioteca de funciones IMSL.

En el caso de la irradiación directa y de la temperatura ambiente se ha estudiado una correlación del tipo

$$H_b = A + B \cos\left(\frac{2\pi}{365,25}n + C\right)$$

donde  $A$ ,  $B$  y  $C$  son los parámetros a determinar y  $n$  es el día juliano.

Se ha realizado para su obtención un ajuste no lineal utilizando para ello la subrutina *drnlin()*.

En el caso de la irradiación difusa se ha utilizado la aproximación planteada por Liu-Jordan.

$$H_d = H_b \left( D_1 + D_2 \frac{H_b}{H_0} + D_3 \left( \frac{H_b}{H_0} \right)^2 + D_4 \left( \frac{H_b}{H_0} \right)^3 \right)$$

donde  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$  y  $D_4$  son los parámetros a determinar y  $H_0$  es la irradiación diaria sobre plano horizontal en el exterior de la atmósfera.

Se ha llevado a cabo un ajuste a un polinomio de grado tres mediante mínimos cuadrados, en concreto se ha hecho con la subrutina *DRCURV()*.

## Anexo C. Características de los aparatos de medida



### Piranómetro SP1110 y Sensor Quantum SKP215



**Medidas de radiación con los dataloggers Campbell Scientific**

#### Introducción

Estos sensores muy utilizados en campo y fabricados por Skye Instruments, son ideales para su utilización con dataloggers de Campbell Scientific.

#### Piranómetro SP1110

Es un sensor de radiación solar compacto, térmicamente estable, de salida alta y basado en una célula fotoeléctrica de silicio. Se calibra con un piranómetro de termopilas de referencia, y en condiciones de luz natural. Las aplicaciones incluyen estaciones meteorológicas para la agricultura o la horticultura y el estudio de ecosistemas.

#### SKP215 Quantum Sensor

El sensor SKP215 mide el quanta incidente entre 400nm y 700nm. La luz de esta banda de longitud de onda es utilizada para la fotosíntesis, la cual se denomina también como "PAR" (Radiación Fotosintéticamente Activa)

Los quanta por debajo de 400nm no son generalmente utilizadas para la fotosíntesis y los que están por encima de 700nm no tienen energía suficiente para el proceso.

El número de quanta está ligado por ejemplo a la producción de azúcar, siendo esta medida actualmente un standard de referencia en publicaciones científicas mundiales. Filtrado en el sensor permite hacer medidas bajo cualquier fuente de luz (solar, tungsteno, fluorescencia, xenon, etc.)

#### Medida de la Radiación neta

La radiación neta es un parámetro importante para los estudios de estimación de la evapotranspiración (en la estimación de las necesidades de irrigación, por ejemplo). Los SP1110 y SKP215 no son adecuados para medir la radiación neta, pero disponemos de otros sensores específicos para ello, consúltenos.

#### Características Principales

- ✓ Sensores de alta calidad para medida de radiación solar y PAR
- ✓ Conexión directa al datalogger
- ✓ No requieren alimentación
- ✓ Cálculos on-line de máximos, medias, flujos, etc.

#### Aplicaciones típicas

- ✓ Meteorología
- ✓ Horticultura
- ✓ Investigación en agronomía
- ✓ Estudios de balance de energía en edificios

### Aplicaciones típicas del SKP215

- Comparación de las eficiencias fotosintéticas de fuentes de luz que difieren en la emisión espectral.
- Estimación de derivas de fuentes de radiación.
- Diseño de series de luz en invernaderos y las cámaras ambientales.
- Predicción de la eficiencia de la actividad fotosintética en el crecimiento de las plantas, particularmente bajo condiciones de luz fluctuante, como puede ser bajo cobertura foliar.
- Elección de los sitios de plantación en jardines o de crecimiento en interior.

### Especificaciones

#### SP1110

- Sensibilidad a la luz entre 350nm y 1100nm
- Salida 1mV por 100 Wm<sup>-2</sup>
- Cabezal corregido coseno (errores típicos de cero entre 0 y 70°, <10% de 85 a 90°)
- Detector de célula fotoeléctrica de silicio azul reforzada; bajo envejecimiento
- Fabricada por Dupont "Derlin", cabeza de sensor totalmente hermética, IP68
- Temperatura de funcionamiento -35°C a +75°C
- Precisión absoluta ±5% (típica <±3%)
- 3m de cable en standard

#### SKP215

El sensor está calibrado en μmol<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>. El μmol es equivalente a μEinstein, que es la millonésima del número de Avogadro de quanta o fotones.

- Sensibilidad a la luz entre 400nm y 700nm
- Salida 1mV por 100μmol<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>
- Las otras características son idénticas a las del SP1110

### Otros piranómetros

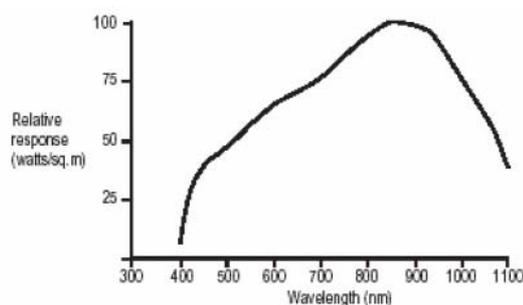
Para piranómetros conforme a las especificaciones del WMO, puede remitirse a nuestros catálogos correspondientes a los sensores CM3 y CM6B de Kipp & Zonen.

### Radiación neta

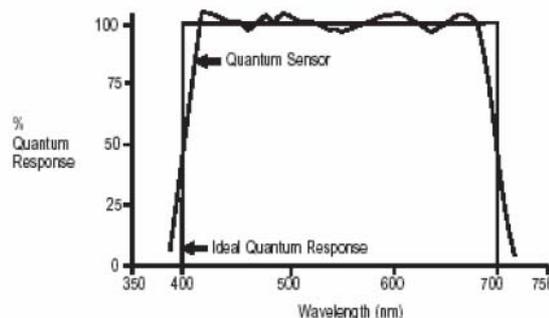
La radiación neta es la suma algebra de todas las longitudes de onda (componentes de onda corta y onda larga) entrantes y salientes. La radiación entrante se compone de la radiación solar directa y de la difusa más la radiación de onda larga del espacio. La radiación saliente está compuesta de la radiación solar reflejada más la componente terrestre de onda larga.

Para aplicaciones estándar recomendamos la utilización del sensor NR-LITE de Kipp & Zonen, descrito en folleto a parte.

Sensores de radiación neta de máxima calidad están disponibles bajo pedido especial.



Typical spectral response of SP1110





# CMA 11 CMA 6

## ALBEDOMETERS

CMA 11 complies with the highest level of ISO classification, Secondary Standard. CMA 6 complies with the second highest level, First Class. CMA albedometers are constructed around two pyranometer sensors in one convenient housing with an integral mounting rod for attachment to a mast. CMA 6 uses two CMP 6 sensors, CMA 11 is a double CMP 11.



CMA albedometers are suitable for measuring global radiation and/or albedo over many differing types of surface. The upper pyranometer measure incoming global solar radiation and the lower sensor measures solar radiation reflected from the surface below. From the two measurements the Albedo can be simply calculated.

CMA 6 is recommended for routine meteorological applications, CMA11 is recommended for scientific applications, for which accuracy needs to be according to the highest standards. The lightweight design makes CMA ideal for portable applications such as on snow and ice fields

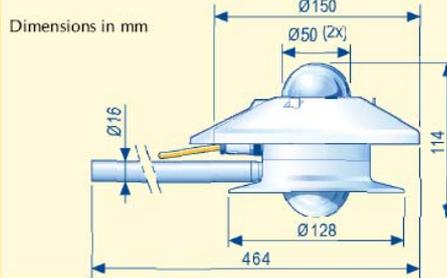
The white sun shield prevents the body of the albedometer from heating up. The conical lower glare screen prevents direct illumination of the lower glass dome at sunrise and sunset. A bubble level is fitted and a screw-in drying cartridge keeps the interior free from humidity. The signal cable has a waterproof connector for ease of installation.



All albedometers are supplied with a calibration certificate traceable to the World Radiation Centre.

### SPECIFICATIONS

	CMA 11	CMA 6
<b>ISO CLASSIFICATION</b>	Secondary Standard	First Class
Spectral range (50% points)	310 – 2800 nm	310 – 2800 nm
Sensitivity	7 – 14 $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$	5 – 16 $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$
Impedance	10 – 100 $\Omega$	20 – 200 $\Omega$
Response time (95%)	< 5 s	< 18 s
Non-linearity (0- 1000 $\text{W}/\text{m}^2$ )	< 0.2 %	< 1 %
Tilt error (at 1000 $\text{W}/\text{m}^2$ )	< 0.2 %	< 1 %
Operating temperature	-40 to +80 $^{\circ}\text{C}$	-40 to +80 $^{\circ}\text{C}$
Temperature dependence of sensitivity	< 1 % (-10 to +40 $^{\circ}\text{C}$ )	< 4 % (-10 to +40 $^{\circ}\text{C}$ )
Maximum irradiance	4000 $\text{W}/\text{m}^2$	2000 $\text{W}/\text{m}^2$
Directional error (at 80° with 1000 $\text{W}/\text{m}^2$ )	< 10 $\text{W}/\text{m}^2$	< 20 $\text{W}/\text{m}^2$
Weight (inc. rod & cable)	1.2 kg	1.2 kg
Standard cable length	10 m	10 m
Optional cable lengths	25 m and 50 m	25 m and 50 m



4414-106-44