



## Evaluación de la capacidad de acogida del territorio de la provincia de Jaén para la ubicación de instalaciones fotovoltaicas

**Autor:** María Teresa Martínez Romero

**Institución:** Universidad de Jaén

**Otros autores:** Susana Márquez Gómez (Universidad de Jaén); Inmaculada Romero Pulido (Universidad de Jaén); Eulogio Castro Galiano (Universidad de Jaén); Encarnación Ruiz Ramos (Universidad de Jaén)

## Resumen

El trabajo que se presenta pretende contribuir a los esfuerzos para hacer del desarrollo sostenible un concepto operativo e integrar las consideraciones relativas a la sostenibilidad en los modelos del desarrollo humano. Concretamente, las energías renovables pueden contribuir significativamente a esta idea, siempre y cuando se desarrollen mediante 'proyectos sostenibles', que provoquen el menor impacto ambiental negativo posible.

Con este objetivo, en el marco de un proyecto de investigación financiado por la Junta de Andalucía, que se desarrolla en la Universidad de Jaén, sobre el estudio de un modelo energético basado en la utilización masiva de energías renovables en la provincia de Jaén (MODENER), se ha procedido a determinar, en este ámbito territorial concreto, las zonas más idóneas para la implantación de sistemas fotovoltaicos, considerando los requerimientos técnicos de este tipo de energía y las características medioambientales del territorio (diagnóstico ambiental-territorial).

Una vez identificados, inventariados y cartografiados los requisitos técnicos-ambientales, se procede a analizar la fragilidad del territorio, partiendo conceptualmente del hecho de que el territorio es un ente complejo y cambiante, resultado de la interrelación de los componentes físicos, biológicos y humanos que lo caracterizan, presentando zonas que tienen la capacidad de asimilar transformaciones frente a otras que no pueden asumirlas debido a su dinámica biológica, su estructura funcional, etc.

Analizadas las clases de fragilidad, a continuación se realiza una clasificación de zonas generales con distinta capacidad de acogida para las instalaciones fotovoltaicas. Esta zonificación ha dado lugar a un mapa de capacidad de acogida (obtenido con Sistemas de Información Geográfica) para la implantación de estas instalaciones, identificando tres tipos de zonas: las áreas más aptas para la ubicación de instalaciones fotovoltaicas, una segunda clasificación de zonas en las que se podrían instalar siempre que lleven a cabo determinadas medidas preventivas o correctoras y un tercer tipo de áreas en las que no se aconseja su emplazamiento, por considerarse muy impactante para el medio.

El trabajo que se presenta pretende contribuir a los esfuerzos para hacer del desarrollo sostenible un concepto operativo e integrar las consideraciones relativas a la sostenibilidad en los modelos del desarrollo humano. Concretamente, las energías renovables pueden contribuir significativamente a esta idea, siempre y cuando se desarrollen mediante “proyectos sostenibles”, que provoquen el menor impacto ambiental negativo posible.

Con este objetivo, en el marco de un proyecto de investigación financiado por la Junta de Andalucía, que se desarrolla en la Universidad de Jaén, sobre el estudio de un modelo energético basado en la utilización masiva de energías renovables en la provincia de Jaén (MODENER), se ha procedido a determinar, en este ámbito territorial concreto, las zonas más idóneas para la implantación de sistemas fotovoltaicos, considerando los requerimientos técnicos de este tipo de energía y las características medioambientales del territorio (diagnóstico ambiental-territorial).

Una vez identificados, inventariados y cartografiados los requisitos técnicos-ambientales, se procede a analizar la fragilidad del territorio, partiendo conceptualmente del hecho de que el territorio es un ente complejo y cambiante, resultado de la interrelación de los componentes físicos, biológicos y humanos que lo caracterizan, presentando zonas que tienen la capacidad de asimilar transformaciones frente a otras que no pueden asumirlas debido a su dinámica biológica, su estructura funcional, etc.

Analizadas las clases de fragilidad, a continuación se realiza una clasificación de zonas generales con distinta capacidad de acogida para las instalaciones fotovoltaicas. Esta zonificación ha dado lugar a un mapa de capacidad de acogida (obtenido con Sistemas de Información Geográfica) para la implantación de estas instalaciones, identificando tres tipos de zonas: las áreas más aptas para la ubicación de instalaciones fotovoltaicas, una segunda clasificación de zonas en las que se podrían instalar siempre que lleven a cabo determinadas medidas preventivas o correctoras y un tercer tipo de áreas en las que no se aconseja su emplazamiento, por considerarse muy impactante para el medio.

## **1. METODOLOGÍA**

El estudio se desarrolla siguiendo una metodología basada en evaluar la capacidad de acogida del territorio, a través de un diagnóstico ambiental del mismo (utilizando datos bibliográficos y sistemas de información geográfica) y un análisis de los requerimientos técnicos que necesitan las instalaciones fotovoltaicas.

Una vez identificados, inventariados y cartografiados los requisitos técnicos-ambientales, se procede a analizar la fragilidad del territorio, partiendo conceptualmente del hecho de que el territorio es un ente complejo y cambiante, resultado de la interrelación de los componentes físicos, biológicos y humanos que lo caracterizan, presentando zonas que tienen la capacidad de asimilar transformaciones frente a otras que no pueden asumirlas debido a su dinámica biológica, su estructura funcional, etc.

Analizadas las clases de fragilidad, a continuación se realiza una clasificación de zonas generales con distinta capacidad de acogida para las instalaciones fotovoltaicas. Esta zonificación ha dado lugar a un mapa de capacidad de acogida (obtenido con Sistemas de Información Geográfica) para la implantación de estas instalaciones, identificando tres tipos de zonas: las áreas más aptas para la ubicación de instalaciones fotovoltaicas, una segunda clasificación de zonas en las que se podrían instalar siempre que lleven a cabo determinadas medidas preventivas o correctoras y un tercer tipo de áreas en las que no se aconseja su emplazamiento, por considerarse muy impactante para el medio.

## **2. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL-TERRITORIAL DE LA PROVINCIA DE JAÉN**

La provincia de Jaén se encuentra comprendida entre los paralelos 38°33'56" y 37° 22'35" de latitud norte, 15'99" de longitud este y 35'56" de longitud oeste referidas ambas al meridiano de Madrid; cuenta con una extensión superficial de 13.498 km<sup>2</sup>, lo que supone el 15,46% de la Comunidad Autónoma Andaluza y el 2,67% del territorio nacional. Fernández et al. (1999).

En lo geográfico y de norte a sur, se pueden diferenciar las siguientes unidades: al norte, Sierra Morena que se desliza con un trazado continuo entre la provincia manchega y jienense, zona montañosa, abrupta, de maquis y dehesas, que desciende en un escalón brusco a la depresión del Guadalquivir. Las cotas mayores superan ligeramente los 1.000 metros de altitud, mientras que la media altitudinal está próxima a los 600 metros. En el centro de la provincia, de nordeste a oeste está la depresión del Guadalquivir, constituida por terrenos suaves, ondulados o alomados, fértiles, que enmarcan un paisaje típicamente mediterráneo. Al sur, aparecen las

cordilleras Béticas, representadas en Jaén por lo que se conoce como Prebético o Frente Externo Bético. Se trata de un complejo sistema orográfico calizo dolomítico, que da lugar a un paisaje accidentado, constituido por numerosas sierras, montañas y peñas.

## **2.1. Factores físicos influyentes en el estudio**

Las formas del relieve, la geomorfología, hidrología y radiación solar, tienen una particular importancia a la hora de realizar el estudio del medio físico de nuestro proyecto, independientemente de otros de elementos que se puedan analizar (edafología, temperatura, precipitación...etc).

### 2.1.1. Formas del relieve y geomorfología

La provincia de Jaén tiene una altitud media alta, más del 70% del territorio se encuentra por encima de los 650 metros sobre el nivel del mar, este valor varía en sentido ascendente de oeste a este. La morfología del terreno es compleja y está diferenciada básicamente en cuatro unidades geomorfológicas: Sierra Morena al norte, la depresión del Guadalquivir en el centro, las cordilleras Béticas al sur y las depresiones semiáridas en el sureste.

La unidad geomorfológica de **Sierra Morena** está constituida por pizarras, granitos y cuarcitas y contacta con la depresión del Guadalquivir a través de la gran falla del Guadalquivir. El sistema de fractura permite diferenciar en esta unidad una secuencia de tres escalones formados durante la orogenia alpina a partir de la antigua perillanura, dichos escalones son: el de Linares, el de Santa Elena y el de la Meseta.

El primero se sitúa a unos 600 metros de altura y conserva en general una morfología plana. Son restos de la penillanura triásica desarrollada sobre materiales graníticos o pizarrosos. El escalón de Santa Elena, tiene un desnivel con respecto al anterior de unos 200 metros a lo largo de la falla que lo limita por el sur y oeste. Se resuelve este escalón en una serie de bloques y fosas que se alinean de oeste a este y de sur a norte hasta alcanzar la Meseta. Se trata de una serie de crestas de cuarcita sin superficie de arrasamiento, redondeadas, que se asocian a pizarras. Es pues un terreno montañoso con algunos farallones cuarcíticos y una red hidrográfica vigorosa que disecta fuertemente el terreno, mostrando laderas con pendientes entre el 20 y el 50%. El escalón de la Meseta, es un cordón montañoso de sierras cuarcíticas, con picos de más de 1000 metros, que da un escarpe dentado, asimétrico y discontinuo, en el que cada pico constituye por sí un bloque asilado. En este escalón se puede separar una zona escarpada a fuertemente escarpada que coincide con las partes apicales de dichas sierras, y

otras en las laderas con pendientes escarpadas o moderadamente escarpadas, donde los materiales son derrubios de cuarcitas y pizarras.

Con los últimos movimientos alpinos, la **depresión del Guadalquivir** se levanta configurando el relieve de esta unidad geomorfológica. La erosión eólica e hídrica modela y realzan nuevos accidentes, dando el paisaje actual con lomas, depresiones, terrazas y terrenos de campiña.

La campiña jienense, aparece en el oeste de la provincia y se ubica entre los ríos Guadalbullón y Salado, alcanzando una extensión superior a los 1500 km<sup>2</sup>. El Guadalquivir corre por estas tierras muy encajado, de ahí que las terrazas apenas tengan significación.

Si la depresión del Guadalquivir es la más importante unidad paisajística de Jaén por su relieve, al sur y sureste, aparece una región montañosa de gran complejidad, son las **Serranías Subbéticas**, constituyentes en un macizo alpino intensamente plegado. En la provincia de Jaén solo aparece el borde meridional de esta cordillera y se conoce como frente externo de la **Cordillera Bética**, que tiene unos 150 km.

La zona Subbética abarca una línea montañosa representada por macizos montañosos aislados, separados por depresiones que penetran profundamente en las montañas, individualizando así las distintas sierras: Sierra de Grana, Jabalruz, Pandera, San Cristobal, Puerto Alto, Almadén y Mágina, prolongándose de noroeste a sureste.

Hacia el este, entre la depresión y la Sierra de Cazorla, el relieve cambia, es un terreno colinado de pendientes suaves perteneciendo a la unidad geomorfológica de las **depresiones semiáridas del sureste**. En resumen, podemos diferenciar las siguientes zonas: una de "bands lands" muy disectada con pendientes en los taludes mayores del 30%; al este, un terreno ondulado con perfil semejante al de la depresión del Guadalquivir, dedicado al cultivo del olivo y cereales; finalmente, entre Ceal, Aldea de Pozo Alcón y la desembocadura, el valle, ancho y simétrico, muestra terrazas a ambos lados que alegran el paisaje en contraste con los eriales que la rodean. Aguilar et al, (1987).

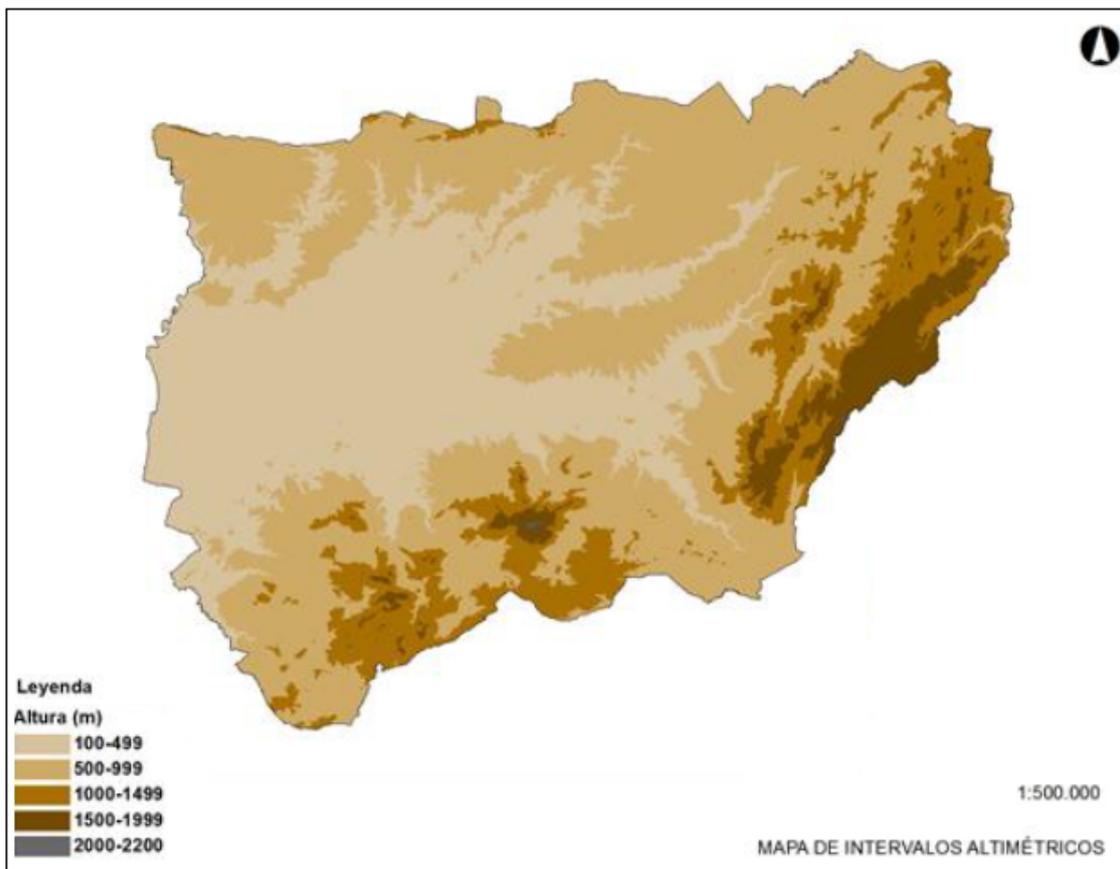


Figura 1. Mapa de Intervalos Altimétricos de la provincia de Jaén. Fuente: *Elaboración propia, a partir de los datos de Infraestructura de Datos Espaciales de Andalucía (IDEA)*,

En la figura anterior se puede diferenciar las zonas de mayor altitud de la provincia de Jaén, que corresponde con las Sierras de Cazorla y Segura al este, Sierra Morena al norte, Sierra Mágina, Sierra Sur y la Subbética al sur; en ellas la cota es superior a 600 metros, por lo que resultan menos adecuadas para la implantación de paneles fotovoltaicos ya que son zonas escarpadas, abruptas, con altas pendientes y de difícil acceso; a diferencia de las zonas más llanas, situadas principalmente en la campiña y la depresión del Guadalquivir donde la altitud es de rango 100 a 500 metros, una topografía idónea para la implantación de este tipo de tecnologías.

### 2.1.2. Red hidrográfica

La red de drenaje pertenece casi en su totalidad a la cuenca del Guadalquivir, el cual tras su nacimiento en la Sierra de Cazorla y atravesar el estrecho del Tranco penetra en la Depresión Bética por donde discurre en un amplio valle adosado al pie de Sierra Morena.

El afluente principal por la vertiente derecha es el río Guadalimar en cuyo afluente, se encuentra el embalse del Gaudalmena. Otro importante afluente por la derecha es el río Jándula donde se alza la presa del mismo nombre.

Destaca también el Guadiana Menor, que afluye al Guadalquivir por la izquierda, tras drenar parte de la zona nordeste de la provincia de Granada. Una pequeña extensión de la parte más oriental de la provincia corresponde a la cuenca del río Segura.

Toda la zona de Campiña está vertebrada por el río Guadalquivir, a cuya cuenca pertenecen la inmensa mayoría de los cursos de agua del territorio estudiado; a septentrión tiene gran importancia el río Guadalimar, afluente también del Guadalquivir. Las Sierras Prebéticas del Cazorla, El Pozo, etc., poseen una importante red hidrográfica debido a la alta pluviosidad de la zona. El curso de agua más destacado es también el río Guadalquivir, que nace en la Cañada de las Fuentes y discurren un tramo en dirección norte hasta el Pantano del Tranco, seguidamente describe una hoz pronunciada y se dirige hacia el suroeste para adentrarse en la campiña. Entre sus primeros afluentes destacan los ríos Borosa y Aguasmulas. Al pie de la Sierra del Pozo en dirección sur para desembocar en el Guadiana Menor al nivel de Embalse del Negratín, ya en la provincia de Granada; en su curso se encuentra el Pantano de la Bolera.

En la Depresión del Guadiana Menor la característica hidrológica más destacada es el carácter irregular, con fuertes estiajes y crecidas. Los afluentes del Guadiana Menor más importantes en el área estudiada son el río Toya y el río Salado, aunque son abundantes las ramblas de corriente esporádica. En la zona de las Sierras Subbéticas la red fluvial está muy encajada y los ríos más importantes de curso continuo son Guadalbullón, Frío, Jaén, Bedmar y Jandulilla, si bien existen numerosos cursos de agua temporales. Cano et al. (1999).

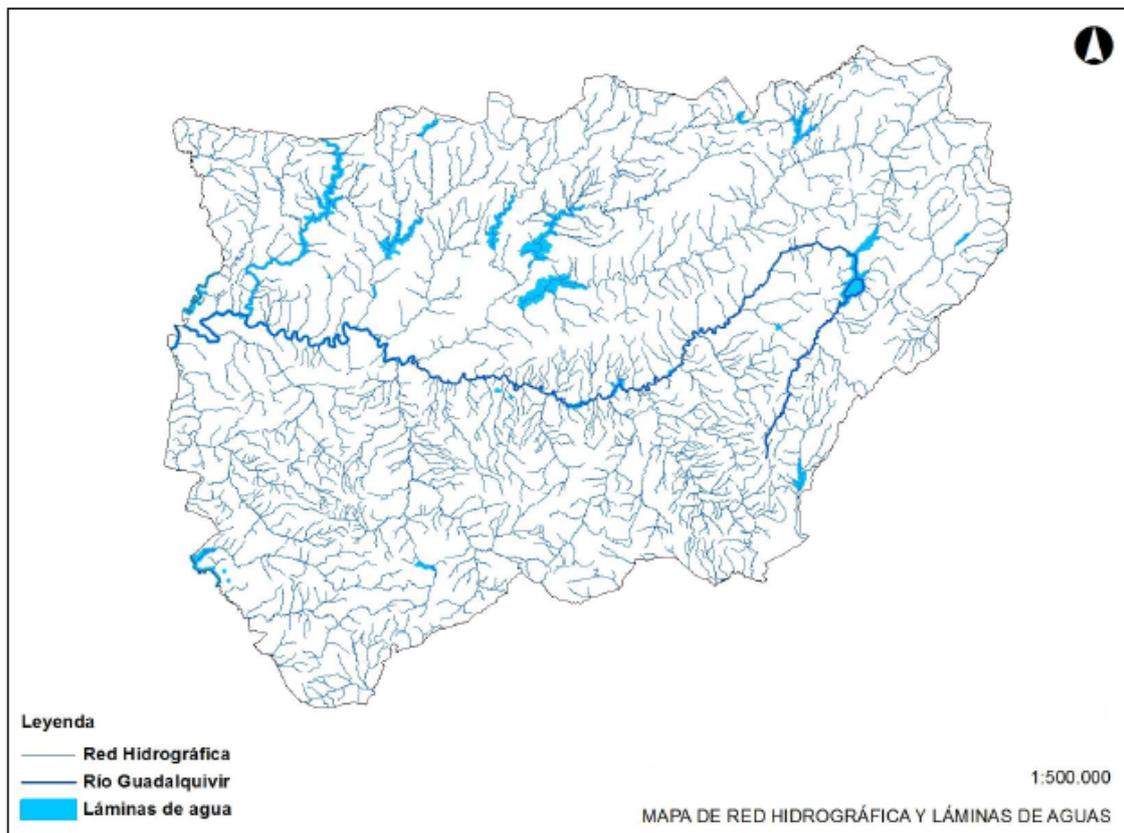


Figura 2. Mapa de la Red Hidrográfica de la provincia de Jaén. Fuente: *Elaboración propia, a partir de los datos de Infraestructura de Datos Espaciales de Andalucía (IDEA)*.

La información obtenida a través de la figura 2, pone de manifiesto lo descrito, es decir, que la provincia presenta una red hidrográfica abundante, la cual será sensible a la instalación de sistemas fotovoltaicos por dos motivos principales: 1. Por la afectación al propio elemento en sí; 2. Para evitar episodios de inundación de las plantas, por ubicarse próximas al dominio público hidráulico.

### 2.1.3. Radiación solar

La importancia de la radiación solar para este estudio es directa, al ser la fuente de energía de los sistemas fotovoltaicos, por ello hay que conocer muy bien cuáles son las zonas donde la intensidad de radiación es mayor.

Se han recogido datos de la Agencia Andaluza de la Energía. A partir de estos se ha obtenido información sobre la radiación anual de diferentes localidades elegidas aleatoriamente en las

cuatro zonas más características de la provincia, que son: la zona de Sierra Morena, la depresión del Guadalquivir, la cordillera Bética y las depresiones semiárida del sureste.

**Zona Norte - Sierra Morena;** se han tomado los datos de tres de localidades, la estación de de Marmolejo, la de Linares y la de Chiclana de Segura. Los datos obtenidos determinan la radiación solar global media en kWh/m<sup>2</sup> de cada mes, la media anual y la media anual total para cada una de las localidades, obteniendo de esta manera una radiación solar media anual total de 144,9 kWh/m<sup>2</sup>.

Radiación solar mensual (KWh/m <sup>2</sup> )	Marmolejo	Linares	Chiclana de segura
Enero	69,2	72,1	66,7
Febrero	91,8	94,5	90,1
Marzo	136	141,8	132,9
Abril	169,8	176,6	164,5
Mayo	201,4	208,2	196
Junio	223,89	232,2	222
Julio	230,7	240,9	231,8
Agosto	206	212,5	204,1
Septiembre	155,7	161,9	153,5
Octubre	110,8	112,7	106,9
Noviembre	74,8	75,1	70
Diciembre	59,8	62,3	58,8
<b>Media anual</b>	<b>114,2</b>	<b>149,2</b>	<b>141,4</b>
<b>Media anual total</b>	<b>144,9</b>		

**Cordilleras béticas;** las estaciones elegidas son Santo Tomé, Huesa y San José de los Propios. Con la radiación media anual de cada localidad y la media anual total, se ha obtenido una radiación solar media anual para esta zona de 150,5 kWh/m<sup>2</sup>.

Radiación solar mensual (KWh/m <sup>2</sup> )	Santo Tomé	Huesa	San José de los Propios
Enero	74,1	77,7	80,7
Febrero	93,6	96,7	99,6
Marzo	139,4	143,1	145,8
Abril	169,9	170,6	182,5
Mayo	202,2	207,7	211,7
Junio	227,7	230,5	237,3
Julio	236	240,2	246,6
Agosto	208,2	210,3	215,5
Septiembre	159,1	162,5	165,3
Octubre	112,2	118,2	118,5
Noviembre	75,1	78,2	81
Diciembre	63,6	67,5	69,5
<b>Media anual</b>	<b>146,8</b>	<b>150,3</b>	<b>154,5</b>
<b>Media anual total</b>	<b>150,5</b>		

**Depresión del Guadalquivir;** las estaciones elegidas han sido Jaén, Úbeda y Mancha Real. Con la radiación media anual de cada localidad y la media anual total, se ha obtenido una radiación solar media anual para esta zona de 147,6 kWh/m<sup>2</sup>.

Radiación solar mensual (KWh/m <sup>2</sup> )	Jaén	Úbeda	Mancha Real
Enero	77	74,3	73,3
Febrero	95,1	95,9	93,9
Marzo	141	142,1	137,6
Abril	169,4	176,9	168,8
Mayo	204,9	207,5	200,6
Junio	229	232,5	225,6
Julio	236,5	239,8	233,5
Agosto	210	210,4	205,8
Septiembre	157,8	162,9	156,4
Octubre	112,2	114,9	110,2
Noviembre	76,3	76,9	75,4
Diciembre	63	64,2	62,5
<b>Media anual</b>	<b>147,7</b>	<b>149,9</b>	<b>145,3</b>
<b>Media anual total</b>	<b>147,6</b>		

**Depresiones semiáridas del sureste;** en este caso solo se han recogido (por disponibilidad de estaciones climáticas) datos del observatorio de Pozo Alcón, la cual presenta una radiación media anual de 153,9 kWh/m<sup>2</sup>.

Radiación solar mensual (KWh/m <sup>2</sup> )	Pozo Alcón
Enero	79,9
Febrero	100,2
Marzo	147,1
Abril	183,6
Mayo	213
Junio	234,5
Julio	242,9
Agosto	211,4
Septiembre	164,8
Octubre	120
Noviembre	81,1
Diciembre	68,2
<b>Media anual total</b>	<b>153,9</b>

Atendiendo a las tablas anteriores, en la provincia de Jaén la distribución de la radiación solar es muy homogénea, en torno a 150,0 kWh/m<sup>2</sup>, localizándose las mayores intensidades en el sureste de la provincia (en el límite de la provincia de Jaén con la provincia de Almería) y las menores al norte en Sierra Morena (este hecho se debe a que suelen presentar mayor nubosidad, incidiendo así en una menor radiación).

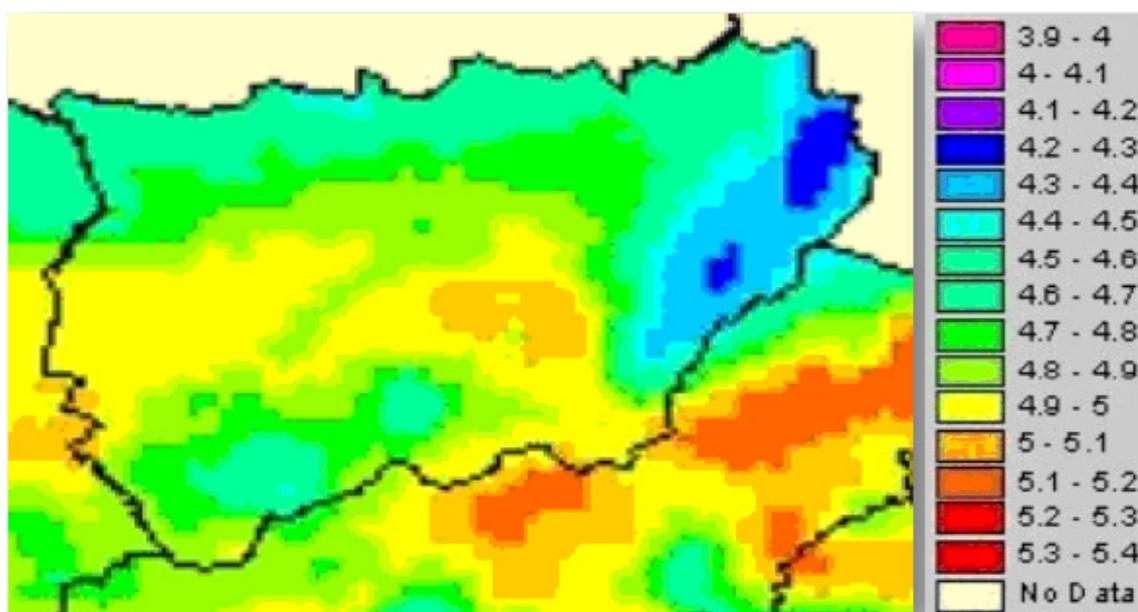


Figura 3. Radiación Media Diaria Anual en kWh/m<sup>2</sup>. Resultados obtenidos de 10 años de tratamiento de imágenes de satélite Fuente: Acuerdo de colaboración CIEMAT-AICIA, (2005).

## 2.2. Factores bióticos influyentes en el estudio

### 2.2.1. Comunidades de Vegetación (unidades de paisaje):

La vegetación es uno de los elementos del medio más aparente y, en la mayor parte de los casos, uno de los más significativos. En efecto, el hombre percibe el medio, principalmente, a través de este manto vegetal. Es importante no sólo por el papel que desempeña como asimilador básico de la energía solar, sino también sus importantes relaciones con el resto de los componentes bióticos y abióticos del medio. Ministerio de Medio Ambiente (2004) *Guía para la elaboración del estudio del medio físico*.

Para definir este elemento, se van a tener en cuenta las unidades geográficas descritas anteriormente:

**Zona Norte - Sierra Morena;** La mayor parte de esta sierra se encuentra dentro del piso mesomediterráneo con ombroclima seco, las formaciones vegetales propias de este piso son los encinares con piruétano *Piro-Quercetum rotundifoliae*, que dominan en situaciones normales y de los que quedan buenas representaciones aisladas en algunas localidades del territorio, entre ellos las encinas, *Quercus rotundifoliae*, alcanzan grandes tamaños y dominan sobre otras especies propias del bosque mediterráneo como: *Daphne gnidium*, *Juniperus oxycedrus*, *Pirus bourgeana*, var. *mariana*, *Phillyrea angustifolia*, *Arbutus unedo*, *Rubia peregrina*, *Lonicera etrusca*, *Asparagus acutifolius*, *Paeonia broteroi*, etc. Debido a la influencia del valle del Guadalquivir, en aquellos lugares de mayor termicidad, se observa la presencia en el encinar de determinados elementos que nos indican la benignidad del clima entre ellos, tenemos: *Myrtus comunis*, *Olea europea*, var. *sylvestris*, *Asparagus albus*, *Arisarum vulgare*, *Smilax aspera*, etc., propios de la asociación *Myrto-Quercetum rotundifoliae*, es decir, los encinares con mirto, muy abundantes el suroeste peninsular, que alcanzan aquí una gran penetración hacia el interior. Los únicos sustratos existentes son de naturaleza silíceo, dando lugar a suelos de pH neutro o débilmente ácidos y decarbonatados.

Alternando con los encinares y siempre que las condiciones de humedad sean más elevadas, los alcornocales pasan a ser las formaciones dominantes. Se localizan en fondos de barrancos, laderas orientadas al suroeste y exposiciones norte no muy frías, siempre que exista una cierta humedad ambiental. Cuando existen mayores precipitaciones y las temperaturas medias anuales disminuyen, suelen aparecer formaciones puntuales de roble melojo *Quercus pirenaica*, con el conviven otras especies caducifolias como el *Acer monspensulanus*, *Quercus*

*faginea*, *Fraxinus angustifolia* o *Castanea sativa*, así como hierbas de grandes exigencias mesófilas como *Luzula forsteri*, *Doronicum plantagineum*, *Saxifraga carpetana*, *Cephalantera longifolia*, etc.

**Cordilleras béticas;** Los suelos de esta cordillera tienen un pH neutro o básico y un bioclima muy variado, debido a la altitud y la orografía, pudiendo reconocerse los pisos mesomediterráneo, supramediterráneo y oromediterráneo; los ombroclimas varían desde seco a subhúmedo y húmedo, siendo más frecuentes estos últimos en la zona oriental (Cazorla y Segura). Estas características ecológicas, unidas a la fuerte acción atrópica hacen que la vegetación sea variada.

Cuando los bosques se desarrollan sobre suelos profundos y ricos en materia orgánica, es muy característica su estratificación y se pueden distinguir cuatro niveles: el primero formado casi exclusivamente por encinas *Quercus rotundifolia*. El segundo estrato estaría formado por árboles o arbustos de menor porte y subordinados a la especie dominante, destacamos: Torvizco *Daphne gnidium*, enebros *Juniperus oxycedrus*, olivilla *Phillyrea angustifolia*, etc. El tercer estrato corresponde a las plantas trepadoras que utilizan como soporte las plantas de los estratos superiores para buscar la luz, entre ellas, resaltan: Esparrago *Asparagus acutifolius*, rubia *Rubia peregrina*, madreSelva *Lonicera etrusca*, jazmín de monte *Clematis flammula*, etc. Por último, el cuarto estrato estaría formado por especies herbáceas, anuales o vivaces, como las peonías *Peonia broteroii*, orquídeas *Orchis masula*, plantaginea *Doronicum plantagineum*, etc. Y distintas especies de musgos que formarían una típica alfombra que nos da idea de la alta humedad existente en el interior de estos bosques.

Cuando existe una cierta humedad estival, para ello es necesario ante todo, precipitaciones anuales altas, ombroclimas húmedos y subhúmedos, aparecen quejigos *Quercus faginea*, acer *Acer granatense*, *Acer monspesulanus*, *Acer opalus*.

También se pueden encontrar Pinos *Pinus nigra* en esta zona presentan una baja cobertura, están acompañados por enebros y sabinas rastreras *Juniperus communis*, *subp. hemisferica*; *Juniperus sabina* var. *humilis*.

**Depresión del Guadalquivir;** en la actualidad, por tratarse de una zona habitada desde antiguo, son muy pocas las formaciones naturales que se conservan, si bien, son frecuentes los restos de éstas en lugares poco apropiados para el cultivo donde se pueden identificar

coscoja *Quercus coccifera*, esparrago blanco *Asparagus albus*, espino negro *Rhamnus lycioides*, subsp. *oleoidis*, jazmín silvestre *Jasminum fruticans*, etc.

**Depresiones semiáridas del sureste;** los suelos son muy erosionados y pobres y el clima es muy seco lo que imposibilita el desarrollo de formaciones boscosas correspondiendo la etapa madura en el desarrollo de la vegetación a un coscojal con espino *Rhamno-Quercetum cocciferae* del que apenas quedan restos aislados y donde destacan especies como la coscoja *Quercus coccifera*, espino *Rhamnus lycioides*, efedra *Ephedra fragilis*, encinas achaparradas, etc.

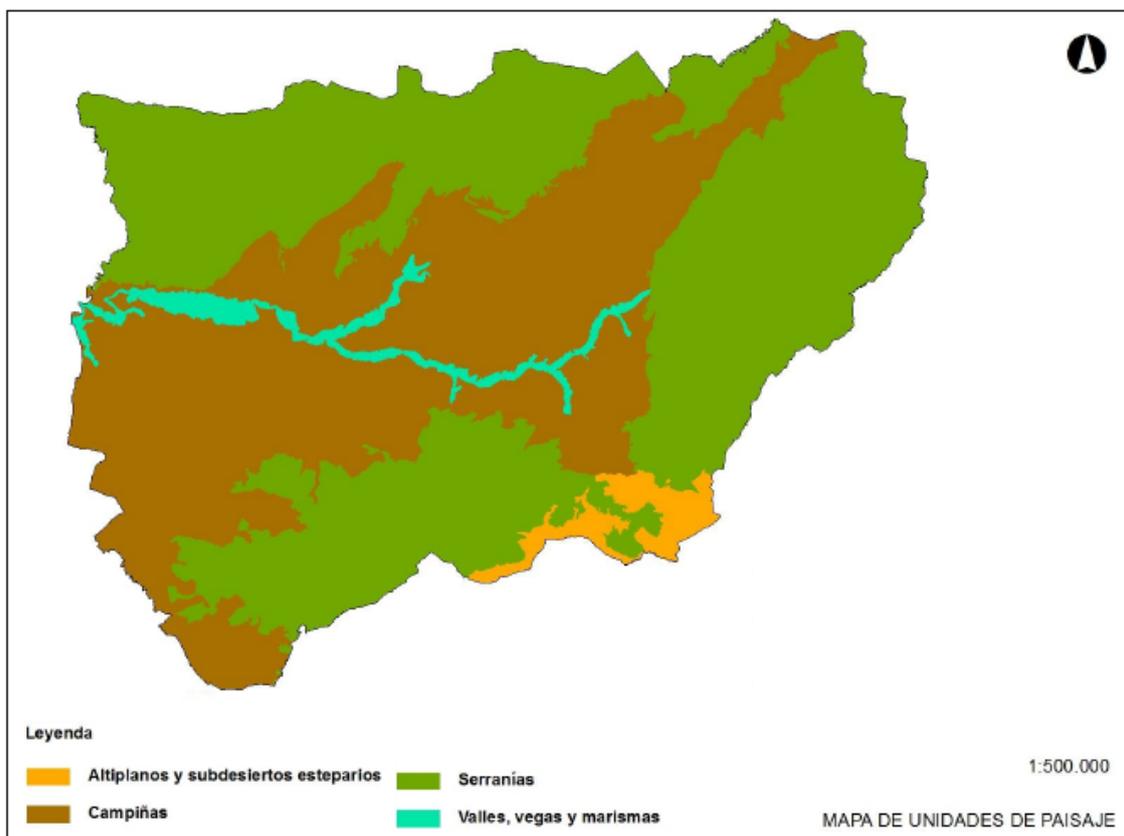


Figura 4. Mapa de Unidades de Paisaje de la provincia de Jaén. Fuente: *Elaboración propia, a partir de los datos de Infraestructura de Datos Espaciales de Andalucía (IDEA)*

Las unidades de paisaje que albergan comunidades de vegetación natural, deberán quedar al margen de ubicar sobre ellas cualquier tipo de desarrollo; si bien, al tratarse de un elemento tan complejo, además de esta clasificación general siempre será conveniente realizar un análisis de detalle para ver con más exactitud la cobertura vegetal presentes en las zonas concretas de estudio.

### 2.2.2. Fauna

En los inventarios faunístico, el interés se dirige hacia las especies silvestres integradas en comunidades estables, independientemente de su procedencia. Por el estudio que nos ocupa, se ha realizado solo un inventario de avifauna, por ser potencialmente más sensible a este tipo de instalaciones fotovoltaicas. En la tabla siguiente se muestran la avifauna amenazada inventariada dentro de la provincia de Jaén.

<b>AVIFAUNA</b>		
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Categoría en Lista Roja</b>
Cigüeña negra	<i>Ciconi nigra</i>	VU (Vulnerable)
Milano real	<i>Milvus milvus</i>	EN (En peligro)
Buitre negro	<i>Aegyptius monachus</i>	VU (Vulnerable)
Aguilucho cenizo	<i>Circus pygargus</i>	VU (Vulnerable)
Águila imperial ibérica	<i>Aquila adalberti</i>	EN (En peligro)
Águila real	<i>Aquila chrysaetos</i>	NT (Casi amenazado)
Cernícalo primilla	<i>Falco naumanni</i>	VU (Vulnerable)
Sisón común	<i>Tetrax tetrax</i>	VU (Vulnerable)
Avutarda común	<i>Otis tarda</i>	VU (Vulnerable)
Alcaraván común	<i>Burhinus oediconemus</i>	NT (Casi amenazado)
Ganga ortega	<i>Pterocles orientalis</i>	VU (Vulnerable)
Zarcero pálido	<i>Hippolais pallida</i>	NT (Casi amenazado)

Para conocer la distribución de estas especies, se ha procedido a cartografiar las Zonas de Especial Importancia de Aves (ZEPAS, perteneciente a la Red Natura 2000) que en la actualidad hay clasificadas dentro de nuestra provincia de estudio; mostrando estas áreas una alta fragilidad a la ubicación de cualquier tipo de desarrollo (industrial, urbanístico...etc).

### 2.2.3. Zonas de Especial Protección de Aves

- ZEPA Alto Guadalquivir
- ZEPA Cascada de Cimbarra
- ZEPA Despeñaperros
- ZEPA Sierra Mágina
- ZEPA Sierra de Andujar
- ZEPA Sierra de Cazorla, Segura y Las Villas

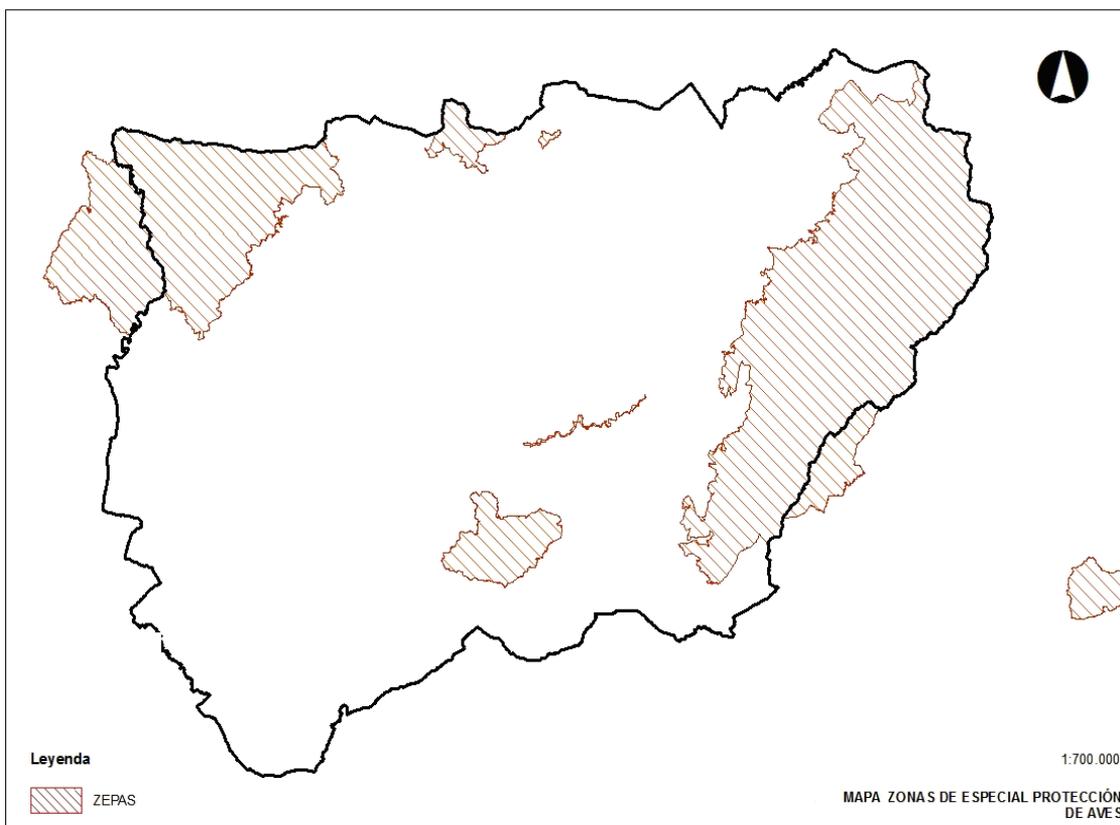


Figura 5. Mapa de Zonas de Especial Protección de Aves de la provincia de Jaén. Fuente: *Elaboración propia, a partir de los datos de Infraestructura de Datos Espaciales de Andalucía (IDEA)*

### 2.3. Espacios de interés ambiental y cultural

Para llegar a obtener una distribución óptima de nuestra actividad dentro del territorio de estudio, no se puede dejar de definir la conservación de ciertos recursos con gran valor ambiental y cultural; se recogen tanto Espacios Naturales Protegidos, como Áreas de la Red Natura 2000 (LIC y ZEC, ZEPAS ya se han estudiado en el punto anterior) y Espacios Culturales.

#### 2.3.1. Espacios Naturales Protegidos

- Parque Natural de Despeñaperros
- Parque Natural de Sierra de Andujar
- Parque Natural de Sierra Mágina
- Parque Natural de Sierra de Cazorla, Segura y Las Villas

- Reserva Natural Laguna del Chinche
- Reserva Natural Laguna Honda
- Paraje Natural Alto Guadalquivir
- Paraje Natural Laguna Grande
- Paraje Natural Cascada de la Cimbarra
- Monumento Natural Bosque de la Bañizuela
- Monumento Natural Huellas de Dinosaurio de Santisteban del Puerto
- Monumento Natural El Piélago
- Monumento Natural Quejigo del Amos o del Carbón
- Monumento Natural Los Órganos de Despeñaperros
- Monumento Natural Pinar de Cánovas
- Parque Periurbano Monte de Sierra
- Parque Periurbano Santa Catalina

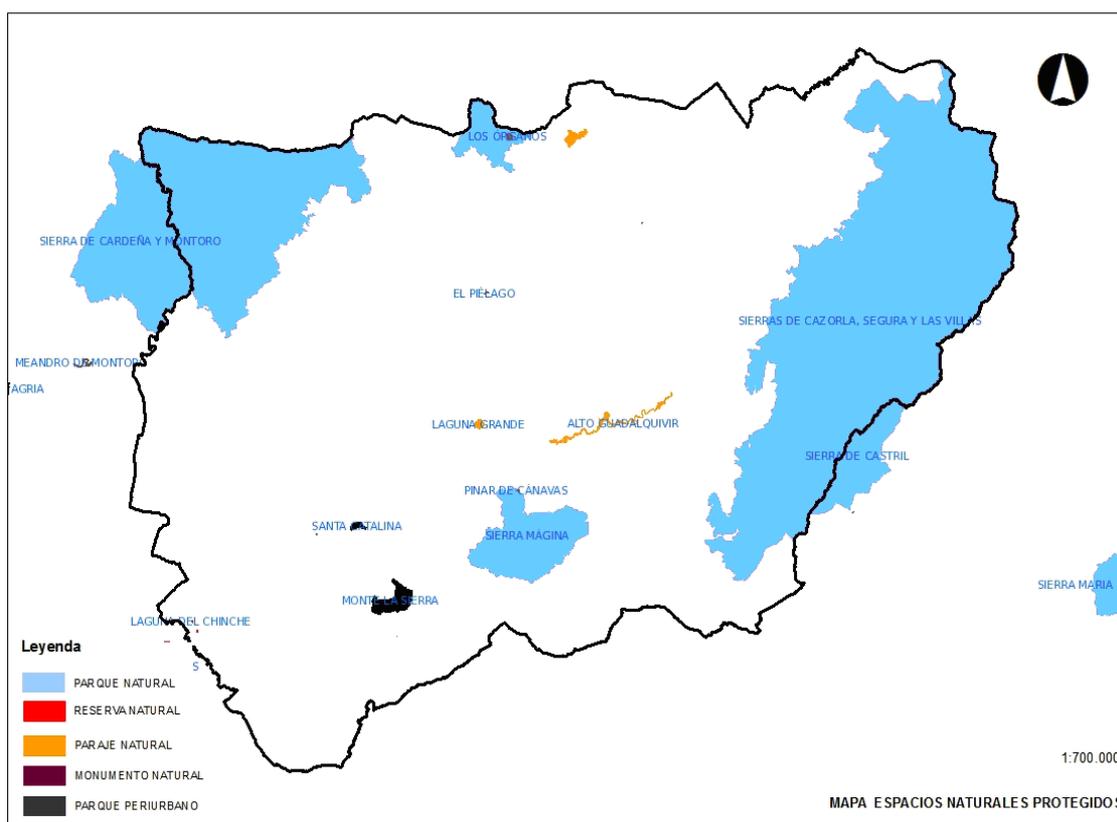


Figura 6. Mapa de Espacios Naturales Protegidos de la provincia de Jaén. Fuente: *Elaboración propia, a partir de los datos de Infraestructura de Datos Espaciales de Andalucía (IDEA)*

2.3.2. Red Natura 2000 (Zonas de Especial Conservación y Lugares de Importancia Comunitaria)

- ZEC Sierra de Andujar
- ZEC Sierra Mágina
- ZEC Despeñaperros
- LIC Alto Guadalquivir
- LIC Cascada de Cimbarra
- LIC Cuencas del Rumblar, Guadalén y Guadalmena
- LIC Despeñaperros
- LIC Estribaciones de Sierra Mágina
- LIC Laguna Grande
- LIC Laguna Honda
- LIC Río Guadalimar
- LIC Río Guadalquivir, tramo superior
- LIC Río Guadalquivir, tramo medio
- LIC Río Jándula
- LIC Sierra Mágina
- LIC Sierra de Andujar
- LIC Sierra de Cazorla, Segura y Las Villas
- LIC Sierras de Nordeste
- LIC Tramo inferior del Río Guadalimar y Alto Guadalquivir
- LIC Guadiana Menor, tramo superior
- LIC Guadiana Menor, tramo inferior

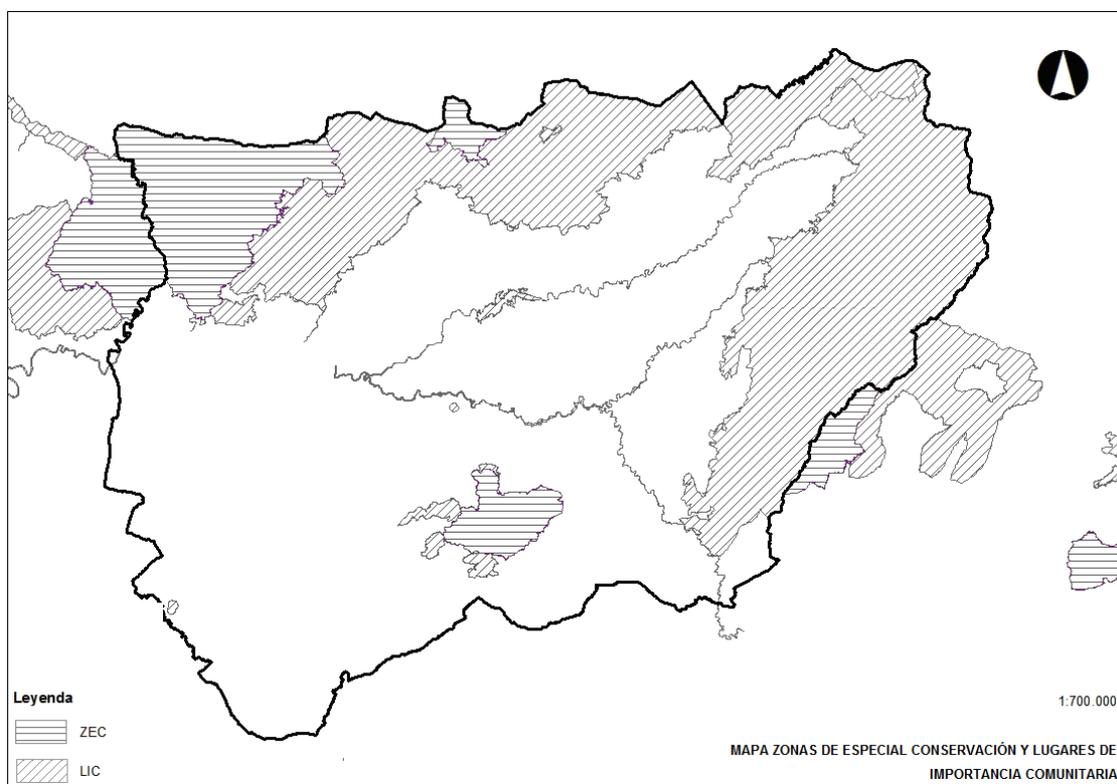


Figura 7. Mapa de Zonas de Especial Conservación y Lugares de Importancia Comunitaria de la provincia de Jaén.  
*Fuente: Elaboración propia, a partir de los datos de Infraestructura de Datos Espaciales de Andalucía (IDEA)*

### 2.3.3. Vías pecuarias y recursos culturales

Según el Decreto 155/1998, de 21 de julio, por el que se aprueba el reglamento de vías pecuarias de la comunidad autónoma de Andalucía, Las vías pecuarias constituyen testimonios físicos de un modo de utilización y aprovechamiento del territorio y de un desarrollo económico que, en buena parte, ha perdido su vigencia en una sociedad de servicios, ya que se fundamentaba en la utilización primaria de recursos naturales o elementos bióticos del medio ambiente. En la actualidad, por efecto de su definición jurídica, están llamadas a tener un papel protagonista en el incremento de la calidad de vida por su valor en el territorio y para el medio ambiente. En cumplimiento con el artículo 3 del citado decreto, Las vías pecuarias, cuyo itinerario discurre por el territorio andaluz, son bienes de dominio público de la Comunidad Autónoma de Andalucía y, en consecuencia, inalienables, imprescriptibles e inembargables; por tanto serán elementos excluidos dentro del territorio seleccionado para la instalación de las plantas fotovoltaicas.

En la figura 8, se representan todas las vías pecuarias que discurren por la provincia de Jaén, clasificándose en cañadas, coladas, cordeles y veredas, dependiendo de su anchura legal.

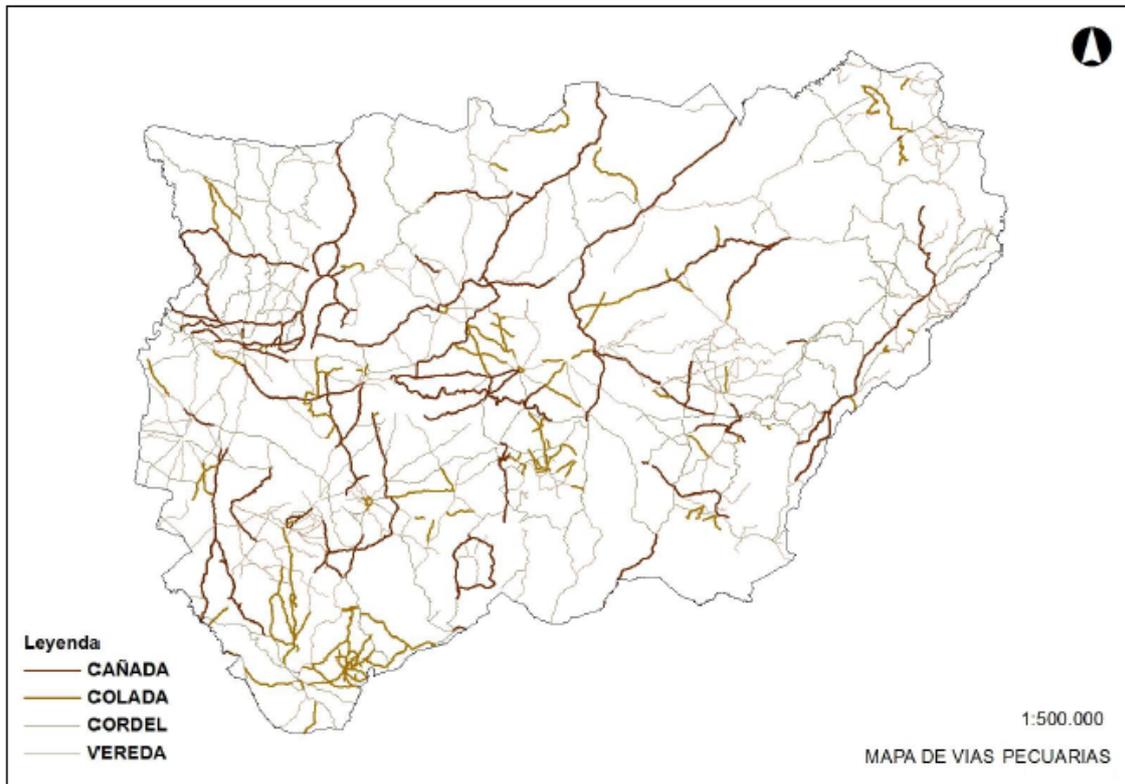


Figura 8. Mapa de Vías Pecuarias de la provincia de Jaén. Fuente: Elaboración propia, a partir de los datos de Infraestructura de Datos Espaciales de Andalucía (IDEA)

En el análisis del medio se tiene por finalidad proporcionar la información necesaria para llegar a establecer una distribución óptima de actividades en un cierto territorio. Por tanto debe de contemplarse también la conservación de ciertos recursos que tienen un valor para el hombre más allá del económico o productivo, como es el caso de los recursos culturales. A continuación, se han cartografiado los espacios culturales de la provincia, que al igual que las vías pecuarias y espacios protegidos deberán estar excluidos de las zonas aptas para los sistemas de estudio.

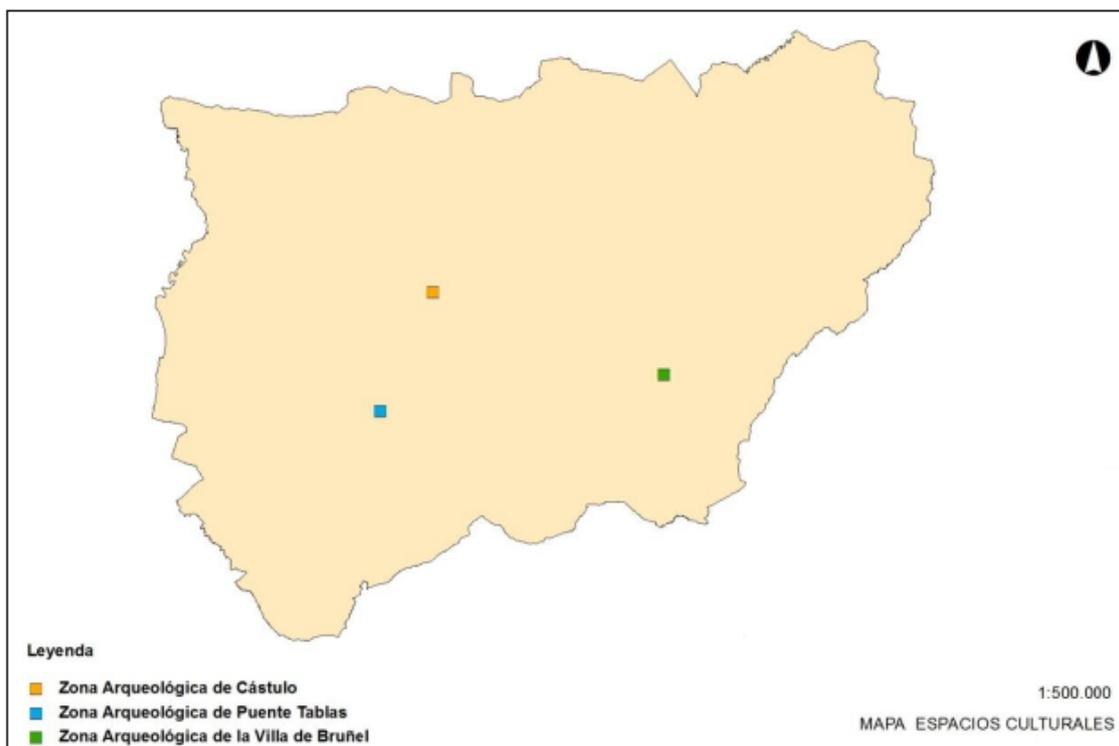


Figura 9. Mapa de Espacios Culturales de la provincia de Jaén. Fuente: *Elaboración propia, a partir de los datos de Infraestructura de Datos Espaciales de Andalucía (IDEA)*

### 3. REQUISITOS TÉCNICOS PARA UBICAR INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS

Denominamos energía solar fotovoltaica a la transformación de la radiación solar en electricidad a través de unos dispositivos conocidos como “células fotovoltaicas”. Estas células, compuestas por materiales semiconductores generalmente de silicio, aprovechan el denominado “efecto fotovoltaico” para generar una corriente eléctrica cuando están expuestas a la radiación luminosa.

El hecho de que la provincia de Jaén esté influenciada por un clima mediterráneo continental, da lugar a la presencia de una alta radiación solar, lo que la hace muy favorable para el desarrollo de este tipo de energía. Ahora bien, no todos los terrenos son aptos para proyectos de instalaciones solares fotovoltaicas, es necesario tener en cuenta también los siguientes aspectos:

- Orografía del terreno. Prevalecerá aquellas superficies tendentes a la planitud, con el objeto de minimizar los movimientos de tierra y nivelación del terreno.
- Evitar zonas con nivel freático alto o con riesgo de inundabilidad, que pudieran provocar daños a la instalación durante períodos de grandes lluvias.
- Geología; es fundamental conocer el material geológico sobre el que se situará la instalación, para ello habrá que hacer estudios pormenorizados en las posibles zonas de trabajo (catas), que determinen si el área está sobre un material adecuado o sin embargo son suelos con relleno o excesiva rocosidad.
- Sombras actuales y potenciales futuras, puesto que cualquier sombra imposibilitará el correcto funcionamiento de la planta.
- Accesibilidad, intentar buscar áreas con infraestructuras viarias existentes, lo que evita por un lado la ocupación de nuevos terrenos, minimiza costes y facilitando los trabajos.
- Cercanía de centros de transformación para evacuar la energía generada, de tal manera que la línea de evacuación eléctrica tenga la menor longitud posible, lo que supone una mejora nivel ambiental (menor impacto negativo) y técnico (menores costes)
- Aspectos urbanísticos, todo proyecto que se pretenda llevar a cabo tendrá que consultar la normativa urbanística municipal, la cual es clave, pues en ella se establecen los actos de aprovechamiento permitidos en suelo rústico (en nuestro caso comprobar si están autorizados estos sistemas).
- Protecciones ambientales, ya definidas en subapartados anteriores, las instalaciones no podrán afectar físicamente a ningún espacio sensible, protegido por legislación sectorial correspondiente.
- Recuperabilidad del terreno, todas las plantas fotovoltaicas tienen una vida útil, una vez finalice ésta, la planta ha de ser desmantelada y los terrenos deben volver a su situación inicial; por ello siempre será más adecuado y menos costoso seleccionar terrenos suaves, ocupados por eriales o cultivos, antes que terrenos accidentados con una cubierta vegetal muy densa.

#### **4. CAPACIDAD DE ACOGIDA DEL TERRITORIO**

Descritos los elementos ambientales de la provincia de Jaén, así como los requisitos que precisan las plantas fotovoltaicas para un correcto funcionamiento, se procede a definir la FRAGILIDAD, y por ende, la CAPACIDAD DE ACOGIDA que el territorio tiene a la implantación de estas instalaciones solares.

En el estudio de fragilidad se definen niveles para distintas zonas del ámbito de estudio, de tal forma que permite observar rápidamente las posibilidades de transformación que tienen los distintos espacios, sobre la base de unas características del territorio definido previamente.

Una vez delimitadas espacialmente las distintas fragilidades del territorio, podrán ponerse en valor aquellos espacios que poseen recursos a preservar por su especial fragilidad y aquellos que poseen una capacidad de acogida alta, y por tanto podrán absorber las transformación que sobre él se realice.

##### **4.1. Análisis de la fragilidad**

El análisis de la fragilidad debe partir del hecho de que el territorio es un ente complejo y cambiante, resultado de la interrelación de abundantes factores; éstos son los afectados por las transformaciones producidas por las actividades humanas. Algunos tienen la capacidad de asimilar los cambios, no así otros que verían transformada su dinámica biológica, su estructura funcional., etc., pudiendo provocar su desaparición. Así pues, deben ser tenidos en cuenta como elementos del medio definitorios del grado de fragilidad territorial. Para medir la fragilidad o capacidad de acogida se han tomado, por su singular valor, por su representatividad, etc.

La cartografía temática (vista en el apartado 2.) se ha referido a los siguientes elementos:

- Topografía del terreno
- Red hidrográfica
- Radiación solar
- Infraestructuras de comunicación y eléctricas
- Formaciones boscosas
- Espacios naturales protegidos
- Áreas de la Red Natura 2000
- Vías pecuarias
- Espacios culturales

Con estos elementos se garantiza la total cobertura del espacio de la provincia de Jaén.

## 4.2. Valoración de la fragilidad

Las clases de fragilidad identificadas y sus criterios de adscripción se definen a continuación:

- Fragilidad muy alta: Las superficies más vulnerables a la alternación por parte de las instalaciones fotovoltaicas; se corresponden con los Espacios naturales protegidos (Parques naturales, Parajes naturales, Monumentos naturales, Reservas naturales y Parques periurbanos), Áreas de la Red Natura 2000 (ZEPA's, LIC's y ZEC's), Espacios culturales, Vías pecuarias inventariadas y Red hidrográfica.
- Fragilidad alta: Se incluye en esta categoría a los usos del suelo de carácter natural (principalmente las serranías y los valles presente en la provincia) cubiertos de masas de vegetación que les confieren un carácter singular, también se incluyen las infraestructuras energéticas y de comunicación. Se deberá favorecer la protección y conservación de estos espacios, por lo que se propone, siempre que se pueda, su exclusión en zonas con capacidad de aptitud elevada para la acogida de actividades.
- Fragilidad baja: Formado por mosaicos agrícolas y áreas rústicas (campiñas y altiplanicies áridas) que a nivel ambiental carecen de un menor valor. Se consideran, a priori, zonas sin restricciones ambientales para la ubicación de instalaciones fotovoltaicas.

## 4.3. Zonificación de la fragilidad

Una vez analizadas las clases de fragilidad en la provincia de Jaén, se procede a establecer una clasificación de zonas generales con distinta capacidad de acogida para las plantas fotovoltaicas. Esta zonificación ha dado lugar a un MAPA DE CAPACIDAD DE ACOGIDA para la implantación de este tipo de instalaciones de energías renovables que sirve como síntesis de los análisis descriptivos ambientales previos realizados y permitirá proveer de criterios para su ordenación y emplazamiento.

Las clases de capacidad de acogida tenidas en cuenta están directamente relacionadas con el análisis de la fragilidad, codificándose con una carta de colores.

- **ROJO:** Los espacios categorizados como fragilidad muy alta, serán aquellos que presentan una capacidad de acogida muy baja. Estos espacios se definen como zonas de especial protección.
- **NARANJA:** En un segundo nivel, se encuentran los terrenos definidos con una fragilidad alta luego su capacidad de acogida será moderada, lo que significa que para implantar las instalaciones en estos terrenos será necesario establecer una serie de restricciones ambientales. Se recomienda el desarrollo de estudios pormenorizados y de detalle para valorar sus aptitudes y poder adaptar los futuros sistemas solares a sus características ambientales.
- **VERDE:** En cuanto a los terrenos categorizados como fragilidad baja, presentan una capacidad de acogida alta, y se consideran áreas que en una primera aproximación no presentan restricciones ambientales. Las superficies de la provincia incluidas en esta categoría se consideran las más aptas para acoger las plantas fotovoltaicas según la normativa vigente y siempre que cumplan los requisitos técnicos necesarios para su correcto funcionamiento.

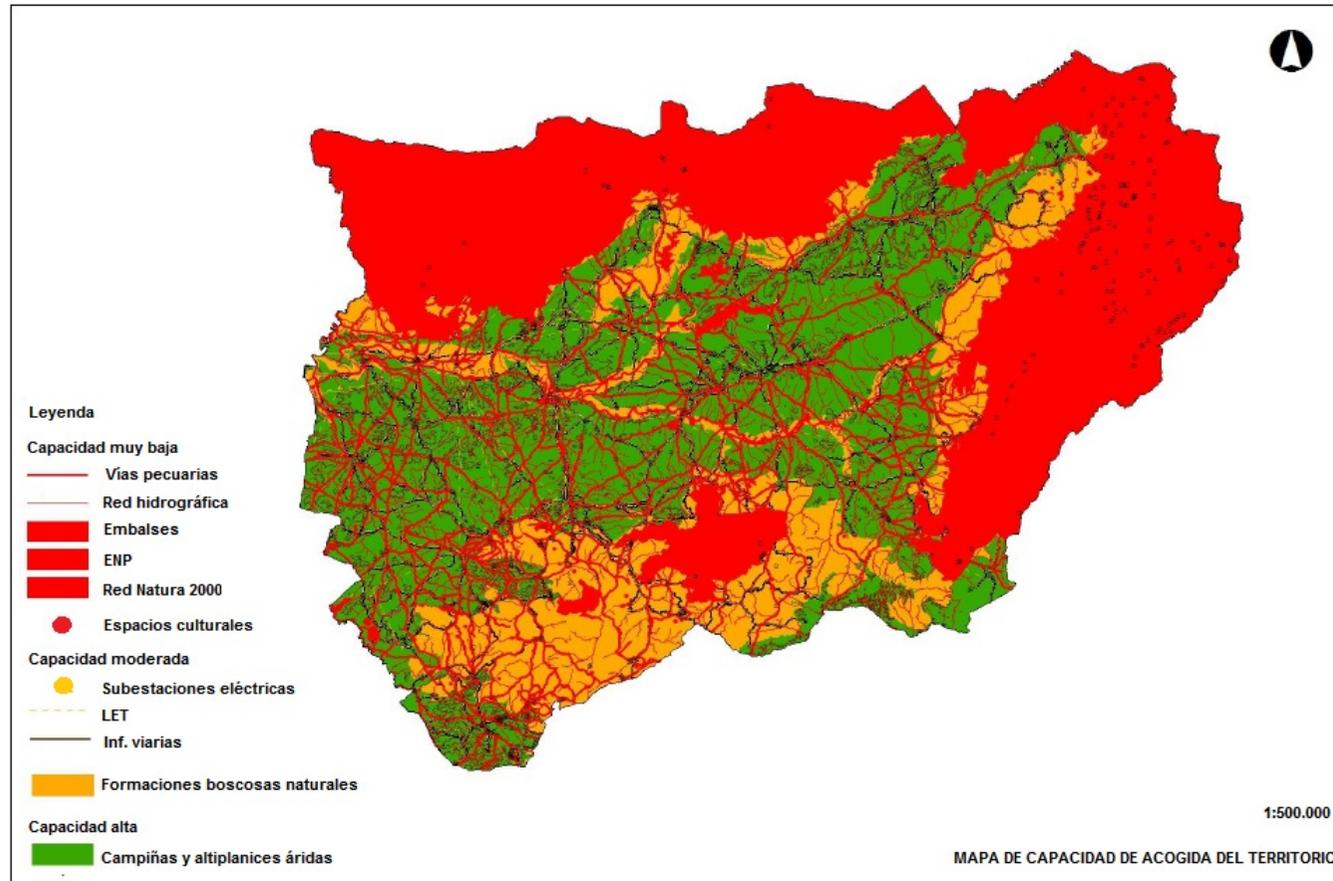


Figura 10. Mapa de Capacidad de Acogida de la provincia de Jaén para ubicar instalaciones fotovoltaicas. Fuente: *Elaboración propia, a partir de los datos de Infraestructura de Datos Espaciales de Andalucía (IDEA)*

## 5. BIBLIOGRAFÍA

Agencia Andaluza de la Energía. Consejería de Innovación, ciencia y empresa. Junta de Andalucía. (2013). Recuperado el 17 de octubre de 2013, de <http://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/Radiacion/radiacion1.php>

Agencia Andaluza de la Energía. Consejería de economía, innovación, ciencia y empleo. Junta de Andalucía. (2013). Informe de infraestructuras energéticas provincia de Jaén. Actualizado el 30-Junio-2013 de <http://www.cne.es/cgi-bin/BRSCGI.exe?CMD=VEROBJ&MLKOB=776973241414>

*Atlas de las Aves Reproductoras en España.* (2004). SEO/BirdLife, Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente. Recuperado el 31 de Agosto 2013, de [http://www.seguimientodeaves.org/\\_AtlasRep/subfDatosUsuario.php](http://www.seguimientodeaves.org/_AtlasRep/subfDatosUsuario.php)

Benavente, J., Cruz, J., Linares, L., Martínez, J.C., Moral, F., Olías, M. (1990). *Estudios Hidrogeológicos en áreas de protección medioambiental. Algunos ejemplos en Espacios Naturales de Andalucía (España).* (1a.ed.). Lisboa.

Cano, E., Torres, J.A., García, A., Salazar, C., Melendo, M., Ruiz, L., Nieto, J. (1999). *Vegetación de la provincia de Jaén: Campiña, Depresión del Guadiana Menor y Sierras Subbética. (Parques naturales de Sierra de Mágina y Cazorla, Segura y Las Villas).* (1a.ed.). Jaén, España.: Universidad de Jaén.

Cano, E., Torres, J.A., Ruiz, S.L., Cano, A. (2001). El paisaje vegetal de la Sierra Sur de Jaén. *Crónica trimestral de la ciudad de Valdepeñas de Jaén, Asociación Cultural Lugia, Segunda Época- Año XVII- Julio/Diciembre 2001, 57-58, 55-67.*

Fernández, E. (1960). *Mapa de vegetación de la provincia de Jaén (mitad oriental).* Jaén, España.: [s.n].

Fernández, N., Cabrera, R., Remón, M., Roth, J.C. (1999). *Clasificación del suelo de la provincia de Jaén desde el punto de vista agrario: clases agrológicas.* Sevilla, España.: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Dirección General de la Producción Agraria.

Gámez, J.A., Torres, J.A., García, L., Ruiz, S.L., Cano, E. (2000). Comunidades vegetales sobre dolomías en el Parque Natural de Sierra Mágina: un hábitat a conservar. *Sumuntán*, 13, 39-46.

García de la Morena, E.L., De Juana, E., Martínez, C., Morales, M.B., Suárez, F., M. (En, Madroño, A., González, C., Atienza, J.C. (Eds). *Libro Rojo de las Aves de España*. Dirección general para la biodiversidad-SEO/Birdlife. Madrid.

*Infraestructura de Datos Espaciales de Andalucía (IDEA)*.  
<http://www.ideandalucia.es/portal/web/ideandalucia/>

*Instituto Geológico y Minero de España. Cartografía geocientífica digital. Mapa Geológico escala 1:200000 (Hojas 70, 71, 77 y 78), (año 1971)*. (s.f.). Recuperado el 6 de agosto de 2013, de <http://www.igme.es>

Ministerio de Medio Ambiente (2004). *Guía para la elaboración del estudio del medio físico*, 84-8320-286-7.

*Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía (RENPA). Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía*. (s.f.). Recuperado el 4 de septiembre de 2013, de <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.f497978fb79f8c757163ed105510e1ca/?vgnnextoid=007fee9b421f4310VgnVCM2000000624e50aRCRD>

Terrados, J., Almonacid, G. (2007). *Las energías renovables en la provincia de Jaén. Recursos y estrategias para un desarrollo sostenible*. Jaén, España.: Diputación provincial de Jaén.