



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Facultad de Ciencias Experimentales

Trabajo Fin de Grado

**Integración masiva de
energías renovables en el
sistema eléctrico andaluz.
Metodología para la
determinación del potencial
de integración neto.**

Alumna: Sofía Navarro Espinosa

Julio, 2021



Universidad de Jaén



Facultad de
Ciencias Experimentales

Trabajo Fin de Grado

Integración masiva de energías renovables en el sistema eléctrico andaluz. Metodología para la determinación del potencial de integración neto.

Alumna: Sofía Navarro Espinosa

Jaén, Julio, 2021

RESUMEN

En el presente trabajo se ha realizado un análisis de la situación actual de Andalucía en cuanto a generación eléctrica renovable, además de revisar estudios y proyectos que estudien el potencial de integración de energías renovables como biomasa, fotovoltaica y eólica, incluyendo procedimientos que evalúen la disponibilidad de recurso renovable.

Se han identificado las posibles variables que de forma negativa limitan el potencial bruto de integración en un determinado entorno, y se han analizado los factores que aceptan o se oponen a los proyectos de energías renovables.

Por último, se ha establecido una metodología basándose en el establecimiento de criterios de aceptación y una evaluación multicriterio, finalizando con una superposición ponderada de diferentes capas mediante el software ArcGIS, aplicándola a la provincia de Jaén con el fin de evaluar el potencial de integración neto de las energías renovables.

Palabras clave: energías renovables, potencial, metodología

ABSTRACT

The main of this essay is the analysis of the current situation in Andalucía regarding to create renewable energy, as well as the revision of studies that work on the integration of renewable energies like biomass, photovoltaic and wind energy, including the evaluation processes of the resource availability.

Possible variables have been identified as a negative way to limit raw integration potential in a specific environment. At the same time, it has been analysed the factors that accept or reject this type of renewable energy projects.

Finally, a methodology has been established based on the setting up of criteria for acceptance and a detailed evaluation. This work finish with a weighted superposition of many layers with ArcGIS software applied to the province of Jaén, with the goal of evaluating the net renewable energy integration potential.

Keywords: renewable energies, potential, methodology

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA RENOVABLE EN ANDALUCÍA	5
2.1. Situación actual de la generación eléctrica en la provincia de Sevilla.....	6
2.2. Situación actual de la generación eléctrica en la provincia de Córdoba..	7
2.3. Situación actual de la generación eléctrica en la provincia de Granada ..	9
2.4. Situación actual de la generación eléctrica en la provincia de Jaén	10
2.5. Situación actual de la generación eléctrica en la provincia de Huelva ...	11
2.6. Situación actual de la generación eléctrica en la provincia de Almería..	12
2.7. Situación actual de la generación eléctrica en la provincia de Cádiz.....	14
2.8. Situación actual de la generación eléctrica en la provincia de Málaga...	15
3. REVISIÓN DE ESTUDIOS, PROYECTOS DE I+D, INFORMES Y PLANES ESTRATÉGICOS QUE ANALICEN EL POTENCIAL DE INTEGRACIÓN DE RENOVABLES (BIOMASA, FOTOVOLTAICO Y EÓLICO) EN ANDALUCÍA.	18
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE PROCEDIMIENTOS EXISTENTES PARA DETERMINAR Y ESTIMAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES DE UNA REGIÓN.....	22
5. IDENTIFICACIÓN VARIABLES DE QUE INFLUYEN NEGATIVAMENTE EN EL POTENCIAL BRUTO DE INTEGRACIÓN DE RENOVABLES EN UN ENTORNO DETERMINADO	25
6. ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE ACEPTACIÓN U OPOSICIÓN A PROYECTOS DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ÁMBITO ANDALUZ	28
7. ESTABLECIMIENTO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE INTEGRACIÓN NETO UNA VEZ QUE SE HAYA IDENTIFICADO EL POSIBLE POTENCIAL BRUTO	30
8. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL NETO DE INTEGRACIÓN EN LA PROVINCIA DE JAÉN	33
8.1. Biomasa	33
8.2. Solar	38
8.3. Eólica	40
9. CONCLUSIONES.....	42
10. REFERENCIAS	43
ANEXO I	46

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las energías renovables han experimentado una importante crecida debido a la necesidad de descarbonizar el ámbito energético y reducir las emisiones de CO₂.

A diferencia de las energías convencionales, las energías renovables provienen de fuentes inagotables, lo que las hace esenciales para contar con un sistema energético limpio y sostenible. Además, de que la naturaleza de estas fuentes supone una ventaja para las economías locales, puesto que en cualquier parte hay algún tipo de recurso renovable (sol, viento, materia orgánica o agua) dispuesto a ser aprovechado. En suma, no contribuyen con gases de efecto invernadero en el proceso de producción de energía.

En lo que respecta a la comunidad andaluza, tanto ésta como la provincia de Jaén cuentan con un altísimo potencial bruto de recursos energéticos renovables, especialmente de recurso solar, eólico (tanto terrestre como marino) y recursos biomásicos. Estos recursos son espacialmente adecuados para su integración en el sistema eléctrico de la región.

Ante esto, el objetivo del presente trabajo es el establecimiento de una metodología con la que poder evaluar el potencial neto de integración de las energías renovables en el sistema eléctrico de la Comunidad Autónoma de Andalucía.

Para ello se han revisado las metodologías que se vienen aplicando, y se ha propuesto un procedimiento basado en la definición de criterios de aceptabilidad y en la priorización de estos criterios para establecer zonas aptas de introducción de centrales energéticas renovables. Todo ello se integra mediante la aplicación de técnicas de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Finalmente, la metodología propuesta se ha aplicado a la provincia de Jaén para demostrar su utilidad para la evaluación del potencial de integración de las renovables en el sistema eléctrico de la región.

2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA RENOVABLE EN ANDALUCÍA

Andalucía ha apostado por un sistema energético sostenible y creído de manera absoluta en las Energías Renovables. Así pues, a finales del año 2019 este tipo de energías supusieron un 42,98% de potencia eléctrica total en la comunidad autónoma. Puesto que el crecimiento de este tipo de energías más limpias y sostenibles se han multiplicado en Andalucía por cinco veces, son las instalaciones fotovoltaicas y térmicas, además de los parques eólicos, las que han presentado un aumento mucho más relevante. No obstante, el resto de energías renovables no se quedan al margen debido a que ya sea en mayor o menor medida contribuye en la potencia renovable instalada de la región andaluza.

A finales de 2020 se produjo un incremento del 8,87%, presentando unos 8.103,4 MW de potencial total renovable instalada, según el Informe de Infraestructuras Energéticas de Andalucía (Agencia Andaluza de la Energía, 2020).

Asimismo, a fecha del 31/12/2020, la comunidad dispone de 22 centrales termosolares en funcionamiento, siendo por ello la que cuenta con mayor potencia instalada a escala nacional con 997,40 MW. De igual forma, Andalucía dispone de una potencia fotovoltaica conectada a la red de unos 2.662,11 MW en funcionamiento y 9,99 MW en sistemas aislados. Destacando así que respecto a los datos finales de potencia fotovoltaica a finales de 2019, en 2020 la tecnología fotovoltaica ha sufrido un aumento de un 50%. En cuanto a los sistemas aislados, éstos han experimentado un incremento con el fin de facilitar electricidad a viviendas rurales o aisladas en montaña. En suma, las pequeñas instalaciones de autoconsumo también han padecido un crecimiento notable para autoabastecer la demanda eléctrica y reducir la factura de la misma, por lo que Andalucía dispone de 10.900 instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo contando así con más de 126,6 MW de potencia.

En lo referente a energía eólica, Andalucía cuenta con una potencia total de 3.471,97 MW. Si bien, 3.471,70 MW provienen de parques eólicos, dejando un 0,01 MW conectados a la red pertenecientes a dos aerogeneradores, pero cuya

potencia se destina para autoconsumo. Por último, quedan 0,26 MW de potencia generados por instalaciones minieólicas aisladas.

Por una parte, gracias al notable potencial del que dispone Andalucía en cuanto a olivar e industrias similares/asociadas, cuenta con 17 instalaciones de empleo de biomasa como combustible para la generación eléctrica con 273,98 MW de potencia total. Por otra parte, dispone de 21 instalaciones de empleo de biogás con 27,4 MW conectados a la red y 6,05 MW destinados para autoconsumo, dando un total de 33,45 MW de potencia total de biogás en Andalucía. De este tipo de instalaciones hay que destacar dos tipos: aquellas que aprovechan el gas de vertederos para la producción del biogás y las que emplean los lodos de depuradores de aguas residuales.

En última instancia, Andalucía no tiene un desarrollo muy significativo en cuanto a energía hidroeléctrica, debido principalmente al clima seco que predomina en la región. No obstante, la comunidad andaluza dispone de 94 centrales hidroeléctricas en funcionamiento con 650,00 MW totales de potencia instalada, del cual unos 0,2 MW pertenecen a una instalación aislada de la red.

A continuación, se desglosa de forma más concreta la situación actual de la generación eléctrica renovable en Andalucía realizada por provincias.

2.1. Situación actual de la generación eléctrica en la provincia de Sevilla

Del total andaluza mencionado con anterioridad, Sevilla aporta el 25,18% de potencia instalada para la generación de electricidad mediante renovables, contribuyendo con 2.040,13 MW.

Por una parte, la provincia fue pionera en centrales termosolares en 2006 y así ha continuado hasta día de hoy, contando con unas 13 centrales en funcionamiento (Agencia Andaluza de la Energía, 2020). El potencial obtenido de esas centrales es de 447,9 MW que corresponde a un 44,9% del total. Por otra parte, las instalaciones fotovoltaicas proporcionan un 51,57% del total de la comunidad. De la potencia instalada conectada a la red, unos 1.367,67 MW en funcionamiento mientras que 1,32 MW provienen de emplazamientos aislados.

En cuanto al autoconsumo fotovoltaico, la potencia es de 36,3 MW (al cierre de 2020).

Con respecto a la energía eólica, hay 5 parques eólicos conectados a la red aportando, junto con instalaciones minieólicas aisladas que generan 1,75 kW, un total 135,50 MW de potencia eólica. En este caso, Sevilla es una de las provincias con menor potencia instalada de este tipo.

Así pues, la provincia no genera energía eléctrica a partir de biomasa pero sí de biogás, aportando 15,69 MW y posicionándose como líder con 46,91% del total potencia instalada en la región para la generación de energía eléctrica con biogás.

Finalmente, según datos de la AAE¹, para con la energía hidroeléctrica Sevilla cuenta con 8 centrales hidráulicas en funcionamiento aportando 63,05 MW, lo que conlleva un 9,70% del total andaluz.

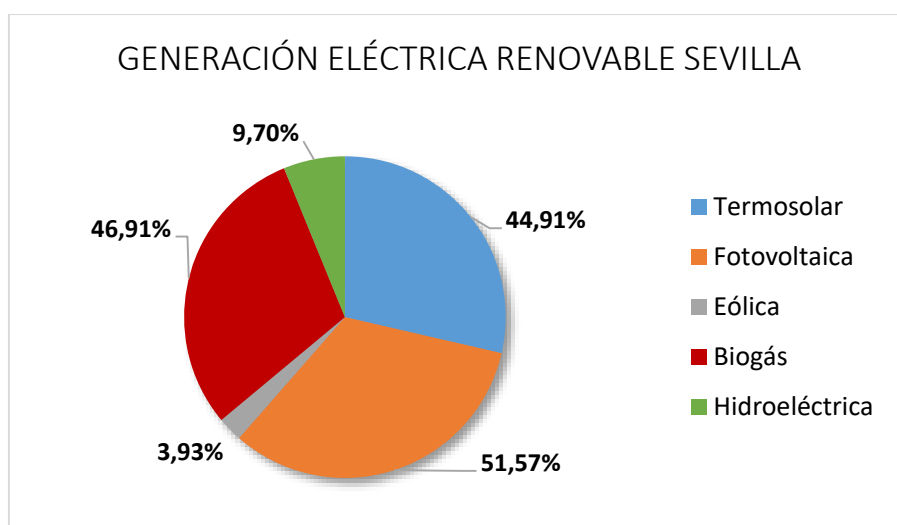


Gráfico 2.1. Generación energía eléctrica renovable de la Provincia de Sevilla (total andaluz)

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la AAE

2.2. Situación actual de la generación eléctrica en la provincia de Córdoba

En el caso de Córdoba, coopera con 807,03 MW de potencia renovable instalada para la generación de electricidad. Siendo un 9,96% del total de Andalucía.

¹ Agencia Andaluza de la Energía, (Sevilla). Consejería de la Presidencia, Administración Pública e interior. Consejería de Hacienda y Financiación Europea.

En lo que respecta a energía termosolar, proporcionando unos 299,80 MW de potencia instalada, siendo un 30,1% del total andaluz gracias a las seis plantas CCP (concentrador cilindro parabólico) de las cuales dispone. En cuanto a la energía solar fotovoltaica, contribuye con 11,4% del total, siendo la segunda provincia que más aporta en potencia fotovoltaica conectada a la red. De la cual, unos 300,70 MW en funcionamiento, dejando 3,88 MW en sistemas aislados. Mientras que, para autoconsumo, la cifra es de 13,9 a finales de 2020.

Sin embargo, la energía eólica en la provincia de Córdoba no es lo suficientemente relevante debido a su escasez de parques eólicos. Simplemente dispone de 3,14 kW de potencia minieólica aislada en electrificación rural.

Si bien, en energía de biomasa y biogás se cuenta con una mayor potencia eléctrica de ésta primera que de la segunda. Por una parte, la provincia proporciona una potencia instalada de biogás de 3,05 MW. Por otra parte, en la generación eléctrica con biomasa, Córdoba aporta unos 81,14 MW gracias a las ocho plantas de las que dispone que empleen este tipo de combustible, siendo lo principal la biomasa de olivar. Dicha potencia corresponde al 29,6% del total de la región (Agencia Andaluza de la Energía, 2020).

Por último, de energía hidroeléctrica se aportan 89,36 MW de potencia (14,8% del total) teniendo en cuenta las 15 centrales en funcionamiento de este tipo de energía.

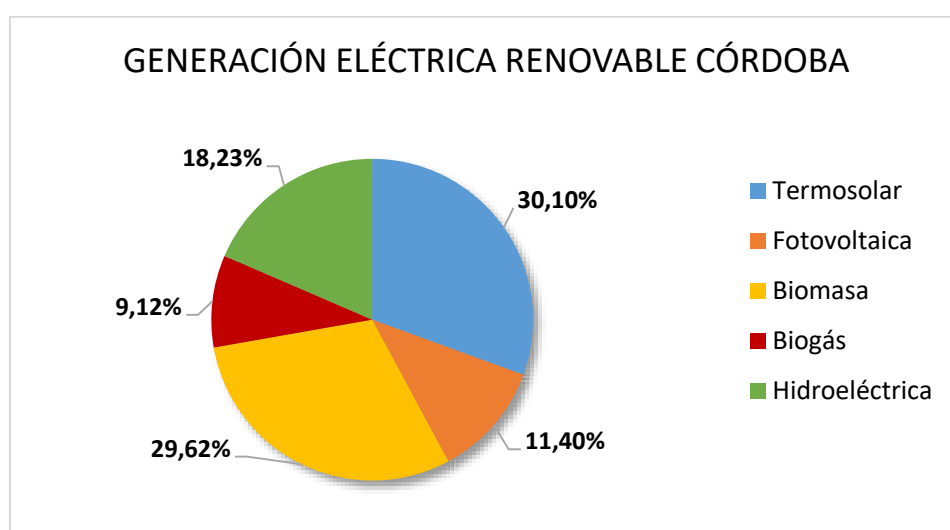


Gráfico 2.2. Generación energía eléctrica renovable de la Provincia de Córdoba (total andaluz).

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la AAE

2.3. Situación actual de la generación eléctrica en la provincia de Granada

Por su parte, Granada aporta un total de potencia renovable para la generación de electricidad correspondiente a 776,67 MW. Un 9,58% del total de la comunidad de Andalucía.

En lo que respecta a energía termosolar, contribuye con 149,7 MW siendo un 15,01% del total, ya que tiene tres centrales térmicas CCP con almacenamiento térmico estando operativas durante la noche. En cuanto a energía solar fotovoltaica, solo se trata de un 4,72% siendo unos 126,21 MW en funcionamiento y 0,68 MW en sistemas aislados, conectados a la red.

Asimismo, Granada dispone de 21 parques eólicos en funcionamiento conectados a la red cuya potencia, junto con la perteneciente a las instalaciones minieólicas aisladas que corresponde a 9,5 kW. En total, la provincia facilita 402,21 MW de potencia en energía eólica. Lo que corresponde a un 11,58% del total de la comunidad andaluza.

En cambio, en energía de biogás la potencia total instalada es de 2,22 MW, siendo un 6,64% del total. No aporta potencia renovable a partir de biomasa.

Finalmente, es importante concretar que es la provincia que cuenta con mayor número de centrales hidroeléctricas en funcionamiento, concretamente dispone de 27 centrales. Aportando así unos 96,33 MW de potencia, lo que supone un 14,82% del total de la región (Agencia Andaluza de la Energía, 2020).

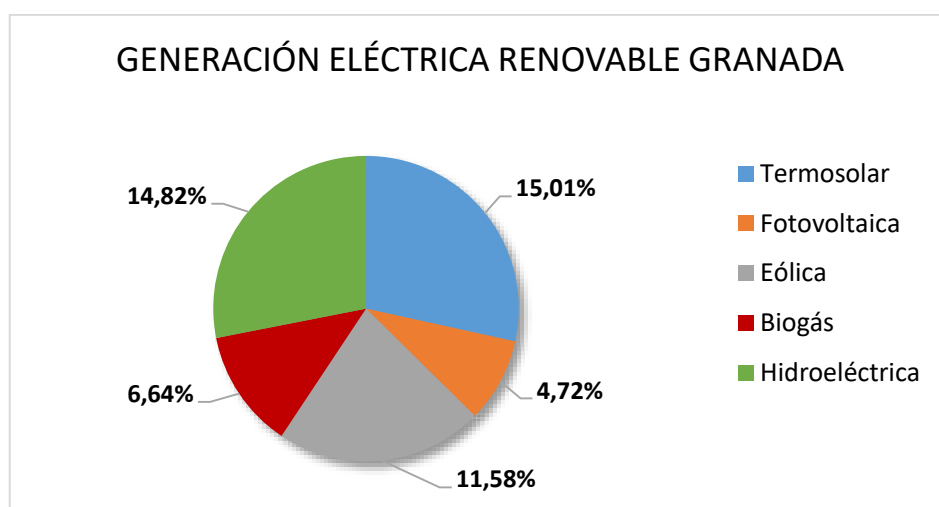


Gráfico 2.3. Generación energía eléctrica renovable de la Provincia de Granada (total andaluz).

2.4. Situación actual de la generación eléctrica en la provincia de Jaén

En lo que respecta a la provincia jiennense, ayuda con 375,15 MW de potencia renovable para la generación de electricidad. Lo que supone un 4,63% del total andaluz.

Por una parte, Jaén no cuenta con instalaciones termosolares. Aunque sí contribuye con una potencia conectada a la red, de la cual unos 104,55 MW fotovoltaicos en funcionamiento y 1,07 MW en sistemas aislados. Siendo un 5,19% del total de potencia instalada de la región.

Por otra parte, en energía eólica la provincia dispone únicamente de un parque eólico en funcionamiento con una potencia de 15,18 MW. Así pues, cuenta con una potencia minieólica aislada de 4,68 kW.

En suma, Jaén ocupa el tercer puesto en instalaciones de generación eléctrica mediante el uso de biomasa. Disponiendo de tres plantas en las que mayormente se emplea biomasa de olivar como combustible, contando con un total de 37,0 MW de potencia instalada, un 16,23% del total. Mientras que, a su vez, cuenta con dos plantas de producción de energía eléctrica a partir de gases de vertedero (biogás), aportando 1,12 MW de potencia (Agencia Andaluza de la Energía, 2020).

Por último, la favorable orografía de la región ayuda a que sea de todas las provincias andaluzas la que cuente con mayor potencia instalada en cuanto a energía hidroeléctrica, concretamente 212,22 MW (32,6% del total) gracias a las 23 centrales en funcionamiento de las que dispone.

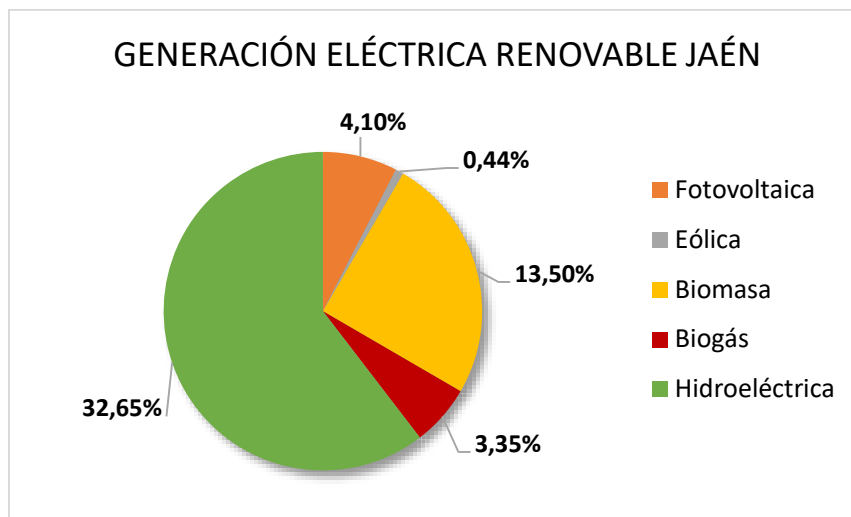


Gráfico 2.4. Generación energía eléctrica renovable de la Provincia de Jaén (total andaluz).

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la AAE

2.5. Situación actual de la generación eléctrica en la provincia de Huelva

En cuanto a Huelva, del total de potencia renovable para la generación eléctrica de Andalucía, aporta 769,42 MW lo que supone un 9,50%.

La provincia contribuye con una potencia fotovoltaica de 228,32 MW conectados a la red, de los cuales 0,59 MW en sistemas aislado. Y lo que supone un 8,6% del total. Asimismo, de energía fotovoltaica para autoconsumo se estima que aporta 4,6 MW. Además, por su parte y a día de hoy no invierte en energía termosolar para la generación eléctrica.

Así pues, dicha provincia cuenta con 12 parques eólicos en funcionamiento por lo que contribuye con 383,81 MW de potencia eólica instalada para la generación eléctrica, en los que unos 5,71 kW corresponden a instalaciones minieólicas aisladas. Siendo un 11,05% del total de la región.

En lo referido a energía de biomasa y biogás, Huelva dispone de tan solo una planta que aprovecha el gas de vertedero para la producción eléctrica. No obstante, la misma no se encuentra conectada a la red, ya que los 0,25 MW de potencia que genera están destinados a autoconsumo. Mientras tanto y con respecto al empleo de biomasa, cuenta así con tres plantas que aportan 136,95 MW de potencia instalada, siendo el 50% del total de Andalucía.

Respecto a la energía hidroeléctrica, cuenta con tres centrales en funcionamiento con un aporte de 15 MW (el 2,3% del total regional). Si bien, al igual que otras provincias de Andalucía, la orografía de ésta no favorece el aprovechamiento del recurso hidroeléctrico.

Por último, es preciso destacar que Huelva es la única provincia que dispone de una instalación oceanotérmica, con tecnología de cogeneración de cola², que contribuye con unos 4,5 MW de potencia, localizándose en el término municipal de Palos de la Frontera (Agencia Andaluza de la Energía, 2020). En dicha instalación la electricidad se obtiene debido a que se aprovecha la diferencia de temperaturas entre la masa oceánica y la corriente del gas licuado (facilitado por buques).

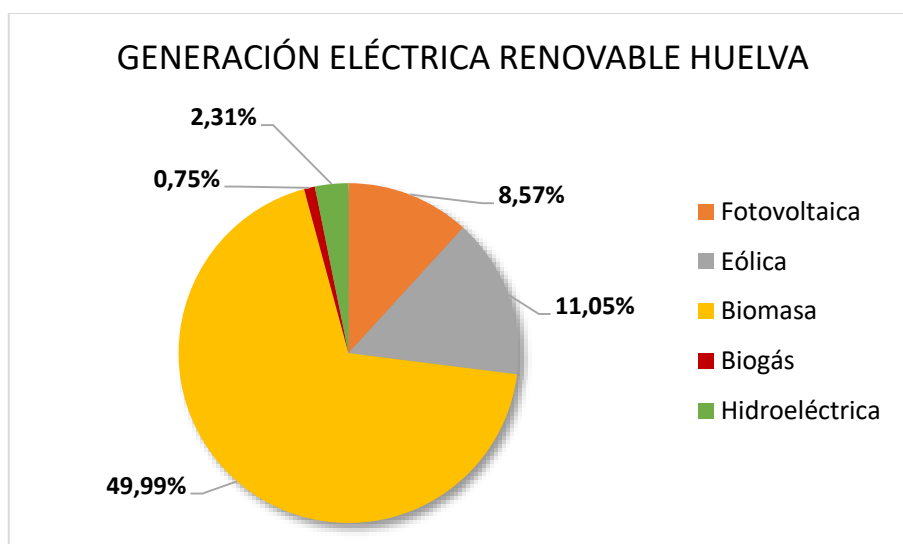


Gráfico 2.5. Generación energía eléctrica renovable de la Provincia de Huelva (total andaluz).

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la AAE

2.6. Situación actual de la generación eléctrica en la provincia de Almería

Por la parte de Almería, contribuye con un total de 752,06 MW de potencia renovable para la producción eléctrica. Supone un 9,28% del total andaluz.

La provincia aporta un 8,56% del total de potencia fotovoltaica de la región conectada a la red, siendo unos 227,50 MW en funcionamiento y 1,12 MW en

² Se basa en recuperar el flujo térmico residual con el fin de producir energía eléctrica (o mecánica) gracias a un ciclo de vapor o de gas, en este caso, del gas licuado que se emplea.

sistemas aislados. De igual modo que otras provincias, no contribuye en potencia con energía termosolar.

No obstante, cuenta con 19 parques eólicos en funcionamiento con una potencia de 511,3 MW, dentro de los cuales se incluyen 37,46 kW de instalaciones minieólicas aisladas. En suma, Almería dispone de dos instalaciones de autoconsumo de 2,0 y 10,5 kW de potencia. Siendo un 14,7% del total andaluz.

Asimismo, la planta de gasificación que emplea de combustible residuos de invernadero como biomasa actualmente no se encuentra en funcionamiento pero aportaba 1,7 MW de potencia (0,62% del total). Sin embargo, en lo que respecta al empleo de biogás para la producción eléctrica, el vertedero Gádor aprovecha el gas del mismo contribuyendo con 2,05 MW de potencia lo que corresponde a un 6,13% del total (Agencia Andaluza de la Energía, 2020).

Para terminar, Almería dispone de cuatro centrales hidroeléctricas en funcionamiento de 8,39 MW de potencia suponiendo un 1,4% de total andaluz. Si bien, el motivo por el cual la provincia cuenta con tan bajo número de centrales de este tipo de energía se debe a la climatología seca que caracteriza la región, siendo desfavorable.

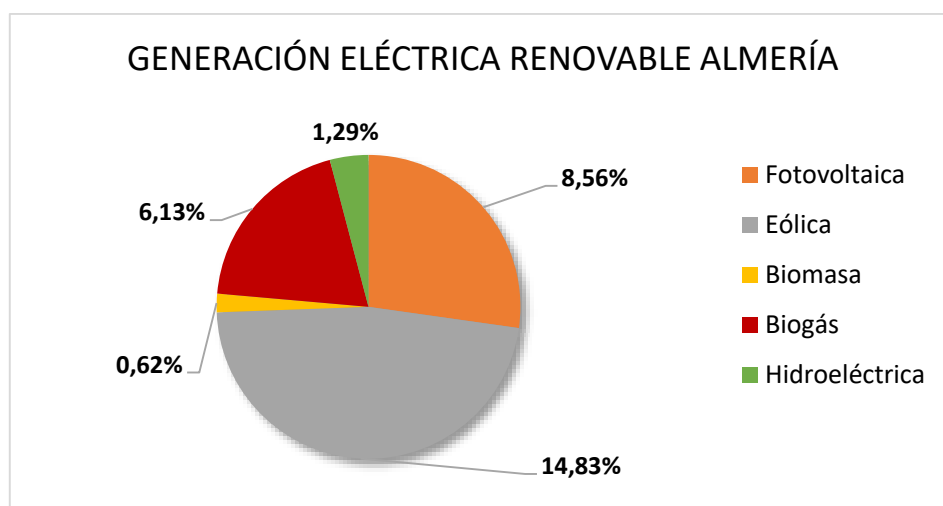


Gráfico 2.6. Generación energía eléctrica renovable de la Provincia de Almería (total andaluz).

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la AAE

2.7. Situación actual de la generación eléctrica en la provincia de Cádiz

En el caso de Cádiz, aporta 1642,05 MW de potencia renovable instalada para la generación eléctrica, siendo un 20,26% del total de Andalucía.

Por su parte, dispone de dos plantas termosolares de cilindro parabólico con almacenamiento, cada una de ellas de siete horas y media, con 100 MW en funcionamiento. Lo que supone un 10,03% del total de potencia de la región. Mientras que en fotovoltaica un 5,04% de potencia instalada; 133,91 MW conectados a la red y 0,66 en sistemas aislados.

Así pues, la provincia ocupa el primer puesto en la comunidad andaluza en la producción de potencia eólica para la generación de electricidad (Agencia Andaluza de la Energía, 2020). Esto se debe a los 71 parques eólicos de los que dispone en funcionamiento y conectados a la red con 1395,97 MW de potencia, en los cuales están incluidos los 175,5 kW procedentes de instalaciones minieólicas aisladas.

En cuanto a la potencia eléctrica de biogás, Cádiz contribuye con 1,62 MW gracias a dos plantas con las que cuenta (un 4,84% del total). Asimismo, la provincia gaditana no emplea biomasa para la producción de electricidad.

Por último, en preciso comentar que al igual que algunas provincias la orografía no ayuda mucho en lo que al aprovechamiento hidráulico se refiere. Sin embargo, Cádiz dispone de dos centrales hidroeléctricas en funcionamiento con un total de 9,89 MW de potencia suponiendo 1,52% del total.

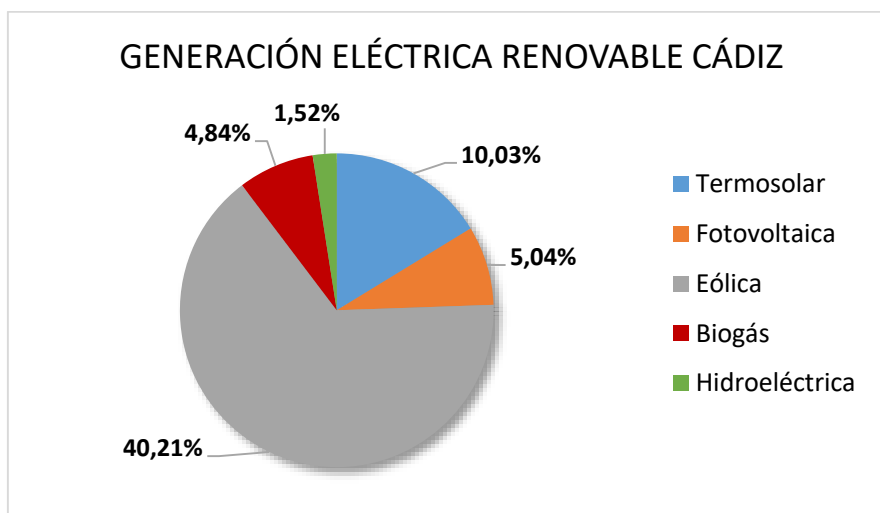


Gráfico 2.7. Generación energía eléctrica renovable de la Provincia de Cádiz (total andaluz).

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la AAE

2.8. Situación actual de la generación eléctrica en la provincia de Málaga

En última instancia, la región malagueña hace su aportación al total andaluz con 940,85 MW de potencia renovable para la generación de electricidad. Siendo así el 11,61%.

Con respecto a energía solar, es la provincia que menos potencia fotovoltaica instalada tiene, ya que proporciona solo un 6,05% del total, de lo que 160,98 MW se encuentran conectados a la red y 0,57 MW en sistemas aislados. Del mismo modo que Jaén, Almería y Huelva no invierte en energía termosolar.

Si bien, es la segunda provincia en cuanto a mayor número de parques eólicos. Concretamente cuenta con 25 parques en funcionamiento conectados a la red, cuya potencia junto con los 19,65 kW proporcionados por instalaciones minieólicas aisladas, supone un total de 628,00 MW de potencia eólica. Siendo un 18,09% del total de la comunidad andaluza.

Al igual que la provincia jiennense, Málaga emplea biomasa de olivar en las dos instalaciones de las que dispone para la generación de electricidad a partir de esta forma de combustible, aportando un total de 17,19 MW (6,27% del total). En cuanto a biogás, es la primera provincia con una instalación de purines con 0,3 MW de potencia. Además, cuenta tanto con una planta de producción de biogás mediante el empleo de lodos de depuradoras como otra que aprovecha los gases de vertedero, aportando así 1,44 MW y 5,71 MW, respectivamente. Facilitando así un total de 7,45 MW de potencia instalada de biogás (un 22,27% del total). Ante todo, es preciso puntualizar que la instalación que utiliza los lodos de depuradoras como combustible mantiene un régimen de autoconsumo (Agencia Andaluza de la Energía, 2020), por lo que no se halla conectada a la red.

Finalmente, la provincia cuenta con 11 centrales hidroeléctricas en funcionamiento, aportando así 126,66 MW de potencia para la generación de electricidad. Siendo un 19,49% del total de la región, ya que la orografía contribuye a un mayor aprovechamiento.

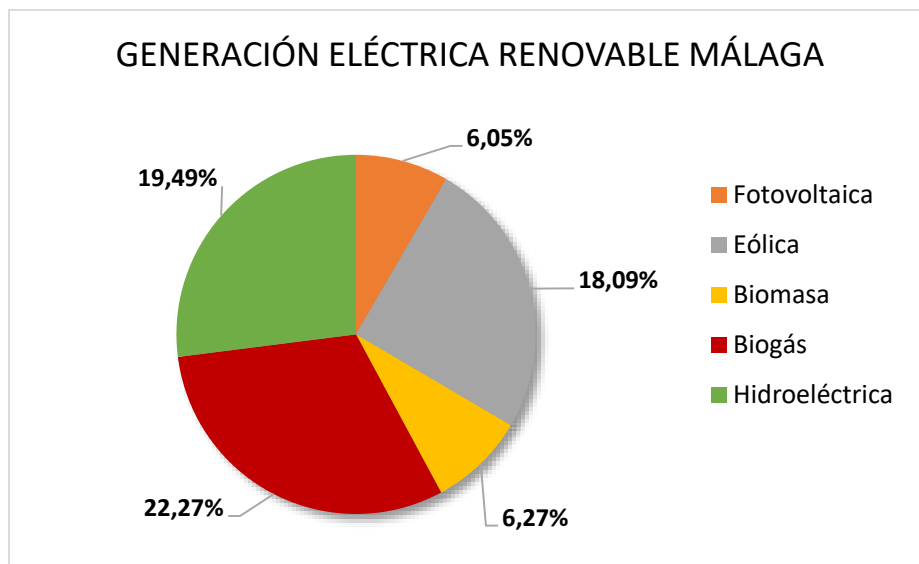


Gráfico 2.8. Generación energía eléctrica renovable de la Provincia de Málaga (total andaluz).

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la AAE

Para concluir el presente apartado, a continuación se exponen los datos provinciales de potencia eléctrica renovable (total), además de un gráfico elaborado a partir de dichos datos y, el cual, muestra con mayor claridad las provincias que aportan mayor potencia renovable al total de Andalucía. En suma, todos los datos expuestos en el presente apartado se encuentran recogidos en una tabla resumen en el Anexo I.

PROVINCIA	POTENCIA (MW)	%
Sevilla	2040,13	25,18%
Málaga	940,85	11,61%
Granada	776,67	9,58%
Jaén	375,19	4,63%
Córdoba	807,03	9,96%
Huelva	769,42	9,50%
Cádiz	1642,05	20,26%
Almería	752,06	9,28%
Andalucía	8103,4	100,00%

Tabla 2.1. Datos provinciales potencia eléctrica renovable (MW)

Fuente: Agencia Andaluza de la Energía

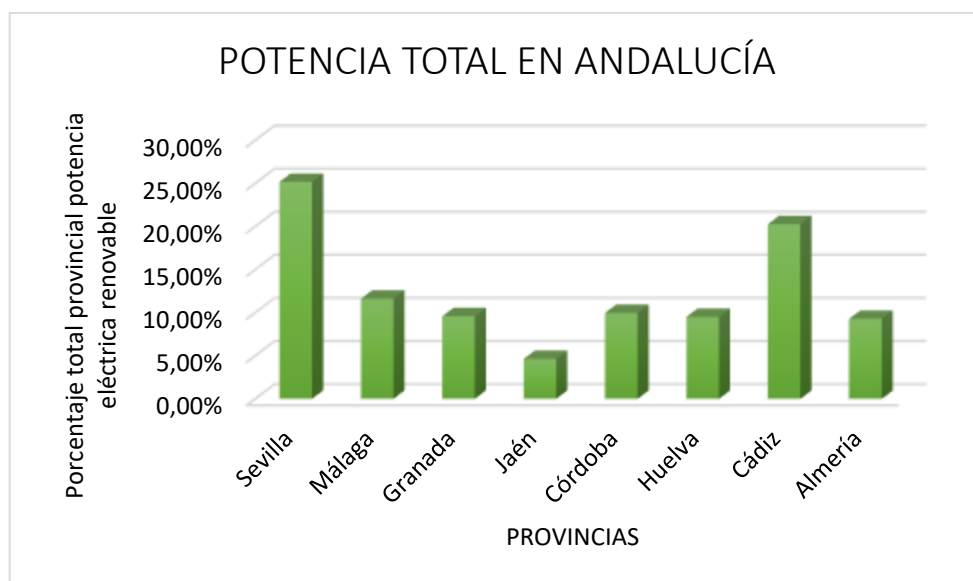


Gráfico 2.9. Potencia eléctrica renovable provincial
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la AAE

Tal y como se representa en el gráfico 2.9., las provincias que contribuyen con mayor potencia eléctrica renovable son Sevilla y Cádiz, debido primordialmente a su gran aportación de potencia eólica y solar fotovoltaica, respectivamente. Del mismo modo, puede observarse que Málaga, Granada, Córdoba y Almería se mantienen en valores aproximados, seguidas de Huelva y aportando la mitad que las provincias anteriores. Sin embargo, el porcentaje que más llama la atención por ser tan bajo es el de Jaén. Si bien, puede deberse a que es la provincia que cuenta con mayor superficie de espacios naturales protegidos.

TECNOLOGÍAS	TOTAL ANDALUCÍA	
Termosolar	997,4	MW
Fotovoltaica	2672,1	MW
Eólica	3471,97	MW
Biomasa	273,98	MW
Biogás	33,45	MW
Hidroeléctrica	650	MW
Oceanotérmica	4,5	MW
Total	8103,4	

Tabla 2.2. Potencia total de Andalucía por tecnologías (MW)
Fuente: Agencia Andaluza de la Energía

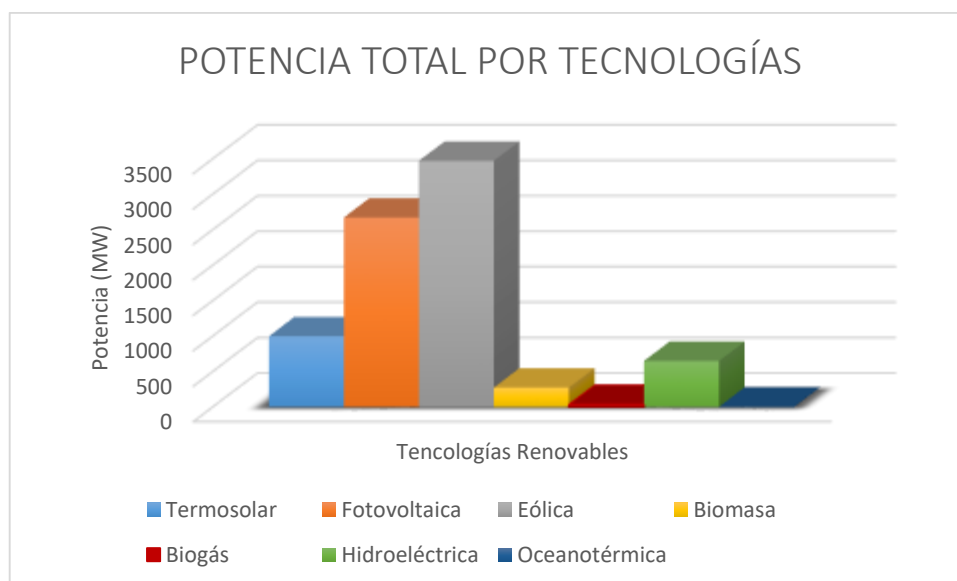


Gráfico 2.10. Potencia total de Andalucía (MW)
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la AAE

Asimismo, atendiendo a la información expuesta en la tabla y representada en el gráfico 10, en Andalucía las tecnologías renovables que se encuentran en mayor auge son la eólica y la solar fotovoltaica, de las cuales en comparación con los datos del 2019, la primera se ha mantenido más o menos en las mismas cifras de potencia instalada, mientras que la energía solar fotovoltaica ha ido en aumento. Así pues, las que menos se potencian son la biomasa y biogás, y la energía oceanotérmica puesto que como se ha mencionado con anterioridad, Huelva es la única provincia que cuenta con una central que genere este tipo de energía.

3. REVISIÓN DE ESTUDIOS, PROYECTOS DE I+D, INFORMES Y PLANES ESTRATÉGICOS QUE ANALICEN EL POTENCIAL DE INTEGRACIÓN DE RENOVABLES (BIOMASA, FOTOVOLTAICO Y EÓLICO) EN ANDALUCÍA.

En el presente apartado se han examinado proyectos y estrategias, como la Estrategia Energética de Andalucía 2020³ en la que se expone que las energías disponen de un papel bastante significativo en la estructura energética de la región andaluza. En la que se estableció hace años un sistema energético mucho

³ Junta de Andalucía (2020). Consejería de Empleo, Empresa y Comercio. *Estrategia Energética de Andalucía 2020*

más sostenible que se basó en la eficiencia energética y en las renovables, manteniéndose a día de hoy y de acuerdo con la Ley 2/2007, de 27 de Marzo⁴.

A pesar de que se aporta información general sobre el sistema energético andaluz, incluyendo así energía nuclear o procedente de combustibles fósiles, nos centraremos en lo referente a las renovables. Hay que destacar que el análisis de dicho sistema se plantea y recoge mediante un análisis DAFO, permitiendo clasificar las fortalezas, debilidades amenazas y oportunidades del sector energético, al igual que otros sectores o ámbitos importantes en Andalucía, de una manera más adecuada. Por ello, una de las principales fortalezas de la comunidad en cuanto a renovables es la elevada disponibilidad de recursos de este tipo que, según se indica en el documento, pueden cubrir la demanda energética de la región. Ante lo cual, se plantea la oportunidad de un creciente requerimiento de soluciones sostenibles, ahorro energético y sistemas de innovación que pueden considerarse gracias a las energías renovables. Teniendo en cuenta el liderazgo del que dispone Andalucía en el empleo de recursos renovables, fundamentalmente en energía solar y biomasa.

De igual modo, con respecto al I+D+i según la Estrategia de Innovación de Andalucía 2020, RiS3 Andalucía⁵, la cual actúa como instrumento que progresa de forma paralela a la Estrategia anterior, se pretende que la comunidad sea más sostenible y eficiente mediante un mejor uso de los recursos renovables, como vienen a ser la propia luz del sol, las mareas y el viento, considerándose así las energías renovables y la eficiencia energética como área de especialización. Siendo, como se especifica en el documento en cuestión, la Prioridad de especialización N°7: Energías renovables, eficiencia energética y construcción sostenible.

En suma, para la investigación y el desarrollo de tecnologías renovables Andalucía cuenta con diversas estructuras y centros, como las Universidades de Sevilla, Jaén y Almería, o el Centro Tecnológico Avanzado de Energías Renovables (CTAER), el cual tiene instalaciones de investigación y ensayos en energía solar de concentración y biomasa en Tabernas (Almería) y Mengibar

⁴ España. Ley 2/2007, de 27 de Marzo, de fomento de las Energías Renovables y del ahorro y eficiencia energética de Andalucía.

⁵ Junta de Andalucía, (2015-2020). *Estrategia de Innovación de Andalucía 2020, RiS3 Andalucía*.

(Jaén), respectivamente. Además, es importante destacar la Plataforma Solar de Almería y el CIEMAT⁶.

También se ha procedido a la revisión de ciertos estudios y trabajos, así como algunos artículos, que analizan de manera más exhaustiva y compleja el potencial que puede presentar una determinada zona a la hora de integrar energías renovables. Es preciso concretar que aunque algunos de estos estudios hayan tratado regiones totalmente distintas a Andalucía, plantean metodologías que podrían llevarse a cabo o considerarse en futuros estudios que analicen dicho potencial.

Como la práctica experimental que se llevó a cabo para determinar los lugares más óptimos de la región de Murcia (Roa Escalante, 2015), en los cuales implantar energía solar fotovoltaica y energía eólica. Se seleccionaron diez lugares de la región y teniendo en cuenta datos reales, tanto mensuales como anuales, de la irradiancia y la velocidad del viento media de las zonas donde se pretendía implementar estos tipos de energía. Para el cálculo de los lugares más apropiados se empleó la Metodología TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutio) difusa. Se trata de un método temático de evaluación multicriterio que clasifica una serie de variables, tanto de entrada (inputs) como de salida (outputs), obteniéndose resultados más precisos (Rodríguez *et al.*, 2015). En este caso se lograría, de forma categórica, los lugares con mayor eficiencia energética de la región sometida a estudio y así poder ubicar los posibles parques eólicos e instalaciones fotovoltaicas. Si bien, aunque en este caso se trata de un estudio llevado a cabo en la región de Murcia, es posible que la metodología se pueda extrapolar a Andalucía y así poder analizar el potencial que presenta la comunidad para la integración de energías renovables, destacando de este modo diversas zonas que sean óptimas para tal fin.

Asimismo, es importante tener una perspectiva de integración más socioeconómica y territorial. Para lo que los Sistemas de Información Geográfica pueden llegar a desempeñar un papel importante para anexar las EERR en el

⁶ CIEMAT: *Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas* (Madrid, España). Organismo público de investigación en materias de energía y medio ambiente, así como diversas tecnologías de vanguardia.

sistema energético territorial. Principalmente, teniendo en cuenta una planificación estratégica para analizar el futuro de la demanda energética, así como las relaciones entre la ordenación territorial y la política, y la legislación correspondiente a la energía. En suma, analizar los aspectos más fundamentales de las fuentes de energía renovable para coordinarlos con los aspectos ambientales, institucionales y socioeconómicos, además de tratar las barreras y posibles ventajas de las que disponen las energías renovables. Considerando todo esto, es importante tener un claro conocimiento sobre los SIG (Sistemas de Información Geográfica) y verlos como “sistemas de soporte de decisiones, sistemas para la producción distribuida y sistemas para la producción descentralizada” (Domínguez, 2002).

De igual modo, también resulta significativo reparar en los requisitos que deben cumplir una región o determinadas zonas para que en ellas se pueda desarrollar la integración de renovables. Tales requisitos pueden ser: zonas en las que haya buena velocidad del viento, en las que la variedad en la dirección del viento sea baja, que no se hallen en espacios naturales protegidos y espacios medioambientales, y que presenten un fácil acceso y se encuentran despejadas. Asimismo, otros requisitos que se pueden considerar son que esas mismas zonas tengan una conexión de red eléctrica a equis km y no tengan frecuencia de fenómenos meteorológicos (Artillo, 2017).

Finalmente, para completar el apartado en cuestión se han revisado tanto artículos e informes en los que se expone el empleo de diversos modelos y métodos en planificación energética y estratégica. Entre los cuales destacan las técnicas de decisión multicriterio como son el Método ELECTRE (*Elimination and choice translating reality*) o los Métodos MCDM (*Multiple Criteria Decision Making*) y MCDA (*Multiple Criteria Decision Analysis*), consistiendo en la elaboración de una matriz de decisión que recopila una serie de alternativas y criterios de evaluación, éstos disponen de un peso diferente dependiendo de la importancia que tengan en el estudio en el que se aplique. Este tipo de técnicas son también muy empleadas en los estudios de evaluación de impacto ambiental de diversos proyectos. Asimismo, destacan modelos de planificación estratégica como es el Análisis DAFO que permite una visión más amplia de las características internas (debilidad y fortalezas) y externas (amenazas y

oportunidades) de un proyecto, como puede ser un proyecto de integración de energías renovables en una determinada zona. Por lo que, resulta ser una herramienta bastante eficaz en la elaboración de diversos estudios. Para finalizar, también se hace referencia al Método Delphi que consiste en varias consultas a expertos en temas específicos obteniendo información para desarrollar una serie de ideas futuras (Jurado Media, J.M. 2015).

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE PROCEDIMIENTOS EXISTENTES PARA DETERMINAR Y ESTIMAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES DE UNA REGIÓN

Ante todo, la disponibilidad de recurso energético renovable es de vital importancia para un mayor rendimiento. De este modo, se han considerado una serie de procedimientos y metodologías que ayudan a estimar y cuantificar la disponibilidad del recurso renovable, tanto eólico y fotovoltaico como biomasa.

En el caso del estudio realizado por Domínguez *et al.* (2002), el objetivo primordial de éste se basaba en el desarrollo de una metodología que evalúe el potencial para la producción de energía y elaborar la cartografía correspondiente en la que se reflejen los recursos de biomasa de los cuales dispone la región.

Por una parte, se consultaron distintas fuentes de datos e información tanto cartográfica como alfanumérica. Dichas fuentes fueron el Inventario Forestal Nacional, los límites municipales de Navarra y tablas estadísticas anuales. Así pues se seleccionaron varias especies de cultivo y especies forestales en base a la amplitud de la distribución regional y a la viabilidad tecnológica para un mejor aprovechamiento de los residuos. Por otra parte, se procedió a aplicar un índice de residuos específico para cada especie escogida con el fin de calcular así la producción potencial de residuos. Se empleó un calorímetro del Laboratorio de Caracterización de la Biomasa del CIEMAT, asociándose los residuos a su poder calorífico potencial y obteniendo una serie de valores que se clasificaron en base a si eran PCS (Poder Calorífico Superior) o PCI (Poder Calorífico Inferior).

Por último, el cálculo de la energía potencial de la biomasa se llevó a cabo con Arcview SIG, programa que también se empleó para elaborar los mapas

cartográficos en los que se refleja cómo se distribuye y la disponibilidad del recurso de biomasa.

Asimismo, De la Paz Blanco (2012) en su trabajo fin de master, plantea una metodología para la instalación de dos centrales, biomasa forestal y minihidráulica. La cual se basa en una Evaluación Multicriterio implementándose con diferentes herramientas de SIG con la finalidad de zonas óptimas tanto en disponibilidad de recursos como en localización para el emplazamiento de las centrales correspondientes.

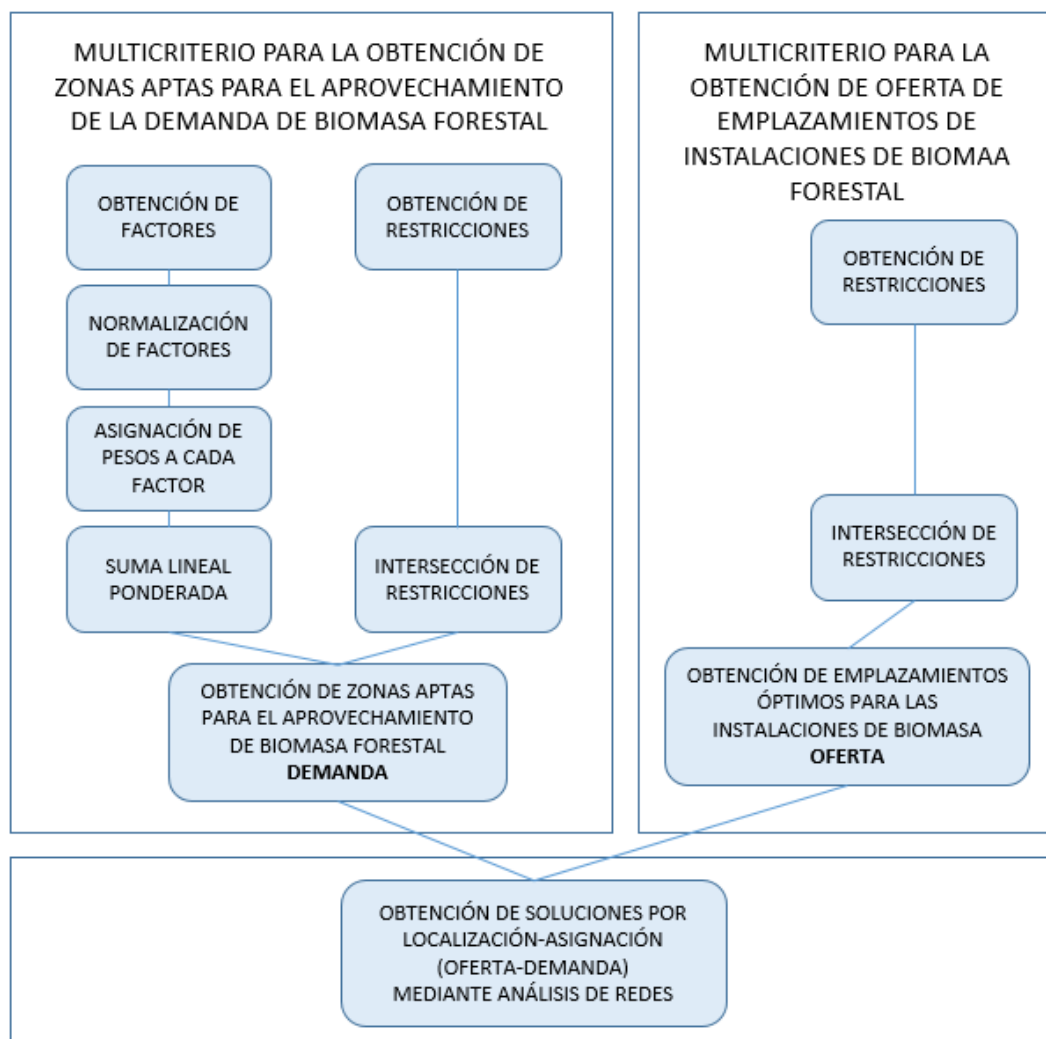


Imagen 4.1. Esquema metodológico Biomasa. Fuente: De la Paz Blanco, 2012

En la evaluación de los recursos energéticos renovables es importante tener una buena comprensión de la radiación solar en las modelizaciones climáticas e hidrológicas, ya que ésta es el inagotable recurso del cual disponen la energía solar fotovoltaica y la energía solar térmica. Por ello, considerando el estudio de

F.J. Batlles *et al.* (2006), el método habitual por el cual se estima la radiación solar en diferentes puntos es mediante la interpolación/extrapolación. Se emplea cuando existe una variabilidad pequeña entre los valores. No obstante, los mismos autores e investigadores del artículo en cuestión han concretado que emplear imágenes de satélite en la estimación de la energía solar conlleva mejores resultados que la interpolación/extrapolación. Puesto que para dicha estimación se precisa de una observación continua, y los satélites geoestacionarios (Meteosat) proporcionan varias imágenes por hora al tener su campo de visión sobre la misma zona de forma continua.

Así pues, para estimar la radiación global diaria se emplearon Modelos Digitales del Terreno (MDT) y una metodología basada en imágenes de satélite.

Por una parte, gracias a los MDT fue posible obtener una representación de los horizontes superficiales así como la posición relativa del sol. Por consiguiente con la radiación solar diaria y difusa, expresada en forma de suma, se consiguió la radiación solar global. Para ello, se utilizó el programa Solar Analyst (Rich *et al.*, 1995) que mediante una simulación y predicción se estimó dicha radiación. Por otra parte, se empleó el Modelo HELIOSAT-2 basado en el empleo de imágenes de satélite. Con el cual se propuso estimar un parámetro adimensional, el *índice de cobertura nubosa* (n). Éste se evalúa para cada pixel en función de tres tipos de albedo: albedo instantáneo (ρ^t), albedo de las nubes (ρ_n^t) y albedo terrestre (ρ_g). Con la expresión: $n^t = (\rho^t - \rho_g) \cdot (\rho_n^t - \rho_g)^{-1}$. Para completar, la evaluación de estos tipos de albedos se hace a partir de la radiancia, así como considerando la información acerca de la calidad atmosférica local y los parámetros geográficos que determinan el pixel (como altitud, latitud, etc.).

Asimismo, otras formas de determinar el recurso solar de diversas zonas es mediante el empleo de imágenes como las proporcionadas por *NASA Prediction of Worldwide Energy Resource*. Tal y como Sayago *et al.* (2017) emplean en su estudio, cuyo objetivo era evaluar y realizar una comparación entre la radiación que se registra en diferentes estaciones meteorológicas de la península y la radiación solar resultante de NASA-P, con la finalidad de establecer la procedencia de aquellos datos estimados por imágenes de satélite de zonas en las que no se tiene información de carácter meteorológico.

Desde un punto de vista metodológico, se tomaron datos meteorológicos sobre radiación solar global diaria de nueve estaciones meteorológicas en diferentes puntos de España desde del año 2000 al 2016, obteniéndose de la Red Radiométrica de la AEMET⁷. Los índices de transparencia (K_T) de la atmósfera que se tuvieron en cuenta, a la hora de clasificar los datos, fueron “nuboso”, “parcialmente nuboso” y “claro”.

$$K_T = \frac{H}{H_0}$$

Siendo H : radiación global diaria y H_0 : radiación solar extraterrestre diaria

Finalmente, con la comparación de los resultados con las imágenes de NASA-P llegaron a la conclusión de una estimación fiable de la radiación solar.

De igual modo, el recurso eólico es importante determinarlo puesto que muchas regiones cuentan con una disponibilidad elevada. En el estudio de Espinosa *et al.* (2011), el objetivo era estimar el recurso en cuestión con el fin de generar electricidad empleando un aerogenerador ACCIONA AW 70/1500 Class I, el cual tiene capacidad de producir 1.500 kW. Recogieron datos durante el periodo de 2008 y 2009, cada 10 minutos a una altura de 50 m en 16 estaciones anemométricas diferentes. Llevaron a cabo un análisis estacional que les facilitó las variaciones en las componentes de velocidad del viento, realizándose para tres estaciones seleccionadas, comparando así los cambios a lo largo del periodo considerado. Se emplearon los Sistemas de Información Geográfica para establecer las zonas que presentaban mayor cantidad de recurso, en este caso, mayor velocidad del viento.

5. IDENTIFICACIÓN VARIABLES DE QUE INFLUYEN NEGATIVAMENTE EN EL POTENCIAL BRUTO DE INTEGRACIÓN DE RENOVABLES EN UN ENTORNO DETERMINADO

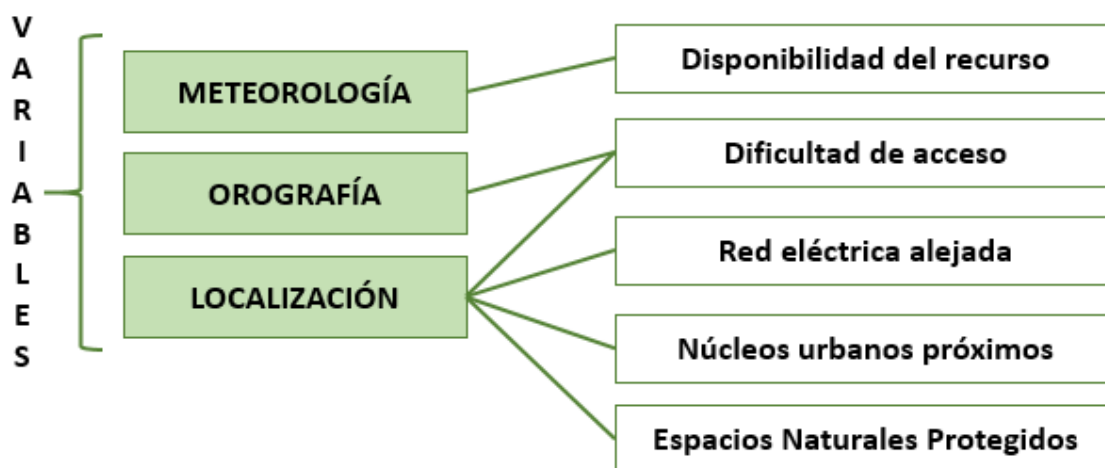
Atendiendo a los datos facilitados por la AAE y expuestos en el primer punto del presente trabajo, las Energías Renovables han tenido un importante éxito en la generación de energía eléctrica en determinadas zonas. Si bien, se busca la integración de éstas con el fin de depender cada vez menos de las fuentes de

⁷ Agencia Estatal de Meteorología

energía convencionales, como los combustibles fósiles, y alcanzar un sistema energético limpio y sostenible con el medio ambiente.

No obstante, en el desarrollo de proyectos de esta índole se suelen presentar algunas variables que intervienen de forma negativa en determinadas zonas, limitando las posibilidades de integración.

Algunas de dichas variables se exponen en el siguiente esquema:



Esquema 5.2. Variables influyentes en el potencial bruto. Fuente: Elaboración propia.

El recurso energético es imprescindible evidentemente, por ello la meteorología juega un papel fundamental en la disponibilidad del recurso y, en consecuencia, en la producción de energía renovable. Por lo que, aquellas zonas que presenten una disponibilidad de recurso baja o casi nula, sería descartada definitivamente aunque cumpliesen otros requisitos importantes. No obstante, enfocándonos en la comunidad andaluza, contamos con un clima mediterráneo bastante favorable que nos permite tener abundante recurso solar, por ejemplo. Puesto que el hecho de que la energía solar aporte uno de los mayores porcentajes de potencia instalada para la generación eléctrica se debe a la cantidad de horas de sol que recibe Andalucía.

En lo referente a la orografía, en ciertas ocasiones supone un impedimento en la realización de proyectos de estas características en ciertos términos. Debido a que lo más demandado son zonas de topografía llana. En el caso de algunas provincias andaluzas lo que predomina son relieves moderadamente elevados y/o relieves elevados, sobre todo zonas de sierra, lo que implica un difícil acceso

a ellas, a pesar de que puedan tener un abundante recurso renovable. Por ello, se puede decir que, en ocasiones, la orografía influye de forma negativa en la integración de algunos tipos de energías renovables.

Asimismo, puede darse el caso de que ciertas zonas presenten una orografía favorable y dispongan de un abundante recurso energético, pero su localización en sí no lo sea por los motivos expuestos en el esquema de arriba. Por una parte, que la red eléctrica se encuentre alejada de tal forma que suponga un doble coste tener que conectar la potencia que se produzca a la red. En suma, no solo influye de forma negativa lo alejadas que puedan estar estas redes sino también la falta de infraestructuras de este tipo para un mejor transporte y distribución de la electricidad. En ocasiones, dicha deficiencia de infraestructuras contribuye a la marginación de zonas rurales de localización compleja a las que es difícil llevar energía eléctrica.

Por otra parte, no es bueno estar tan lejos pero tampoco lo es estar tan cerca. Ante lo cual, la localización de zonas óptimas que se encuentren próximas a núcleos urbanos se descartan para la integración de energías renovables. Puesto que, por ejemplo, en el caso de la energía eólica el movimiento de las aspas genera mucho ruido. Y, aparte de eso, sería poner un poco en riesgo a la población residente y obtener una oposición social hacia futuros proyectos de estas características.

Por último, si algo caracteriza a Andalucía son sus espacios naturales. En la comunidad andaluza, la Red Natura 2000 abraza unas 2,67 millones de hectáreas, tanto terrestres como marinas, y contando con cerca de 200 espacios protegidos con una gran diversidad de ecosistemas. De los cuales unos 63 son Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA), unas 190 son Lugares de Interés Comunitario y, de éstos, unas 176 zonas están declaradas como ZEC (Zonas Especiales de Conservación). De igual modo y de acuerdo con el Decreto 95/2003, de 8 de Abril⁸, dicha red se encuentra integrada en la RENPA (Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía). En la cual, también se encuentran alrededor de 174 figuras de protección (parques y parajes naturales, parques

⁸ DECRETO 95/2003, de 8 de abril, por el que se regula la Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía y su Registro.

periurbanos, reservas naturales, etc.), y unas 44 figuras de protección por acuerdos internacionales (Reserva de la Biosfera, Patrimonio de la Humanidad, Geoparques Mundiales de la UNESCO, etc.).

Atendiendo a eso, las zonas que se encuentren en este tipo de espacios protegidos se descartarían a pesar de que cumpliesen otros tipos de requisitos para que el potencial bruto de integración fuese aceptable. Por lo que, la localización de estas zonas influye de forma negativa limitando los lugares óptimos en los que integrar energía renovable.

6. ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE ACEPTACIÓN U OPOSICIÓN A PROYECTOS DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ÁMBITO ANDALUZ

De igual modo, pueden presentarse factores de carácter social, medioambiental o financiero, entre otros, que puede suponer la aceptación de proyectos de Energías Renovables o por el contrario la oposición a éstos.

Algunos factores de carácter ambiental generan de por sí una oposición por parte de la sociedad a este tipo de proyectos, bien por el impacto negativo que pueda generar en el medio ambiente. Aunque es difícil de creer, puede tratarse de alteración de hábitats, pérdida de biodiversidad/geodiversidad o impacto/destrucción paisajística. Por ello, es de vital importancia llevar a cabo una exhaustiva evaluación del impacto en el entorno que pueda llegar a ocasionar la ejecución de estos proyectos. Uno de los ejemplos más recientes es la desazón de los vecinos de Granada ante la construcción de una red eléctrica de alta tensión, además de paneles solares y aerogeneradores eólicos en el Geoparque del Cuaternario de Granada, el cual recientemente, el 10 de Julio de 2020, pasó a formar parte de la Red de Geoparques de la UNESCO. Según informa el diario digital, [Eldiario.es](https://www.eldiario.es/andalucia/granada/millar-vecinos-granada-organizan-plataforma-red-electrica-construir-linea-alta-tension-permiso-ambiental_1_6100267.html)⁹. Dicho proyecto atraviesa 20 municipios de la provincia de Granada, además de generar un importante impacto visual/paisajístico y la ocupación de grandes extensiones de terreno de

⁹ https://www.eldiario.es/andalucia/granada/millar-vecinos-granada-organizan-plataforma-red-electrica-construir-linea-alta-tension-permiso-ambiental_1_6100267.html

valor geológico. Por lo que, es evidente el disgusto por parte de los habitantes de las comarcas vecinas.

Otro factor de oposición con respecto a los proyectos de estas características es en cuanto al coste de la tecnología que emplean las instalaciones. A modo de ejemplo, una planta grande de biomasa o una instalación fotovoltaica supone un coste elevado en lo referido a su tecnología, en comparación con las instalaciones de mediana/pequeña potencia fotovoltaica que suelen destinarse al autoconsumo. Éstas suelen tener un menor coste y llegan a ser rentables a escala local. Por lo tanto, atendiendo a esto y junto con una mayor concienciación sobre las energías renovables, además de las diferentes ayudas y subvenciones favorecidas por la Junta de Andalucía, se podría llegar a una considerable aceptación sobre la integración de instalaciones de pequeña potencia fotovoltaica en aquellas zonas rurales en las que existe una elevada dificultad para conectarse a la red eléctrica. Por lo que, se ayudaría a la electrificación de regiones rurales de Andalucía, generándose aceptación por parte de la población con respecto a este tipo de proyectos.

Si bien, hay que considerar que de haber continuado el denominado “impuesto del sol”¹⁰ se habría generado justo lo contrario, un rechazo a la implantación de placas fotovoltaicas de autoconsumo. No obstante, el hecho de que se derogara en 2018 contribuyó a un incremento en el empleo de este tipo de instalaciones.

En lo que respecta a la financiación, la Junta de Andalucía cuenta con diferentes fondos para incentivos y subvenciones que se crean cada cierto tiempo con el fin de modificar y mejorar la eficiencia energética. Como los Incentivos 2017-2020, destacando así el *Programa de Incentivos para el Desarrollo Energético Sostenible de Andalucía 2020*. Con la puesta en marcha del mencionado programa se continúa favoreciendo la eficiencia energética, así como progresar en la gestión energética. Asimismo, el IDAE¹¹ también colabora en llevar a cabo proyectos de energías renovables, así como los incentivos proporcionados por

¹⁰ Impuesto que se pagaba por la correspondiente energía que se produjese por la instalación de autoconsumo.

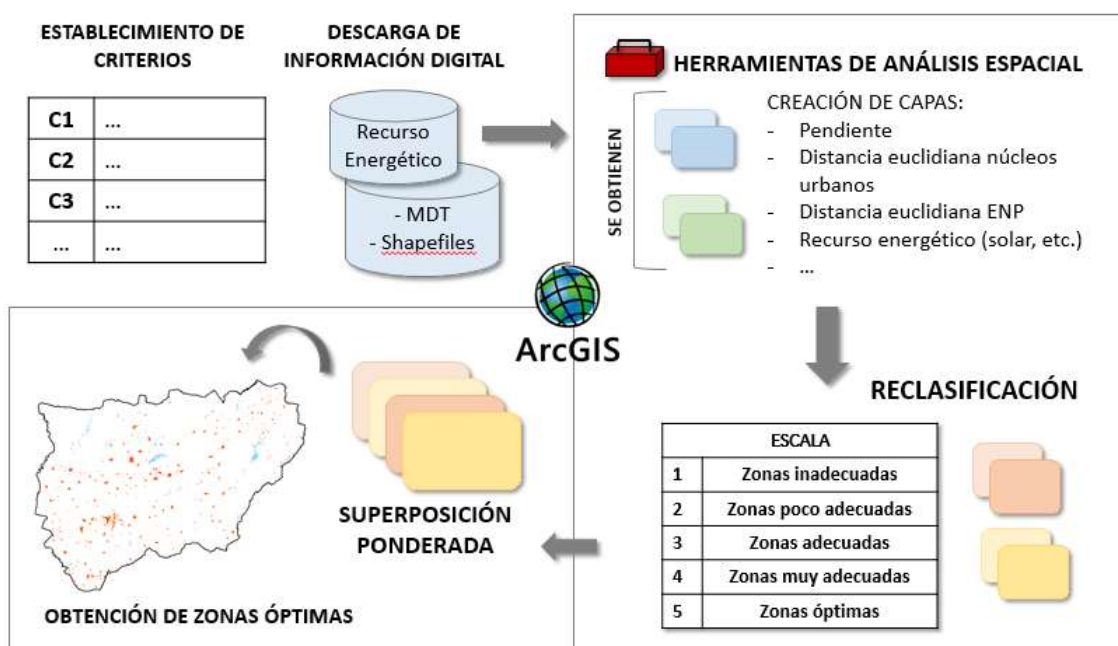
¹¹ Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

el fondo FEDER¹² para ayudar a la renovación de proyectos e implementación de mejoras en la eficiencia energética en diferentes zonas de Andalucía.

7. ESTABLECIMIENTO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE INTEGRACIÓN NETO UNA VEZ QUE SE HAYA IDENTIFICADO EL POSIBLE POTENCIAL BRUTO

A continuación, y en base a la revisión de estudios y trabajos previos, vamos a diseñar una metodología que nos permita determinar el potencial de integración neto de energías renovables en Andalucía.

Dicha metodología se basará en el establecimiento de criterios de aceptación y en una evaluación multicriterio, graduando primero y priorizando después cada uno de los criterios, y realizando finalmente una superposición ponderada de capas mediante el software ArcGIS. El esquema general de la metodología propuesta se presenta en el esquema a continuación.



Esquema 7.3. Metodología. Fuente: Elaboración propia

En primer lugar, se procede al establecimiento de los criterios de aceptabilidad tener en cuenta y los cuales se desarrollan a la siguiente tabla:

¹² Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Criterios		Explicación
C1	Recurso energético renovable	Se valora la disponibilidad del recurso en el área de estudio. Se dispondrá de datos de radiación solar, de velocidad media de viento y de densidad de potencial biomásico, para poder cuantificar esta disponibilidad.
C2	Red eléctrica	Es imprescindible que las líneas eléctricas se encuentren relativamente próximas para facilitar la conexión y transporte de la energía producida. Si bien, Andalucía cuenta con una gran red de transporte (220 y 400 kV) y distribución (132 y 66-55 kV). Las redes de transporte permiten llevar gran cantidad de energía eléctrica a largas distancias, siendo éstas líneas de alta/muy alta tensión, por lo que, es importante que las zonas más óptimas sean cercanas a las redes de transporte.
C3	Relieve	Para la integración de tecnologías de energía renovable es importante que el relieve esté acorde y sea adecuado para los diferentes tipos. Puesto que, por ejemplo, para la energía solar fotovoltaica lo ideal es que el relieve sea llano o que presente una leve pendiente, mientras que en el caso de integrar energía eólica las zonas con un relieve más o menos elevado son clave en cuanto al recurso renovable. Asimismo, debe ser firme y estable.
C4	Núcleo urbanos	Es importante considerar que los núcleos urbanos y rurales se hallen a una cierta distancia para evitar exponer a la población a un posible riesgo, en lo que respecta a la energía eólica por el ruido que puedan generar los aerogeneradores.
C5	ENP	Este es un criterio imprescindible, puesto que Andalucía dispone de una gran Red de Espacios Naturales Protegidos en la que se incluye la Red Natura 2000. Por lo tanto, con el fin de proteger el patrimonio natural, turístico, y la gran diversidad ecológica y ecosistémica de

		Andalucía, es importante considerar que las zonas más adecuadas para integrar energías renovables estén a cierta distancia para evitar así cualquier impacto ambiental negativo en dichos espacios.
C6	Embalses	Los embalses son un criterio a tener en cuenta debido a que son zonas destinadas al uso turístico y recreativo.
C7	Ríos	Se considera también la presencia de ríos para excluirllos de las zonas de aceptabilidad.

Tabla 7.3. Criterios. Fuente: Elaboración propia

En segundo lugar, se procede a la descarga de datos sobre radiación solar o velocidad del viento, así como información digital tipo modelos digitales del terreno (MDT), ortoimágenes, shapefiles de núcleos urbanos, embalses, espacios naturales, etc., en fuentes como el IGN (Instituto Geográfico Nacional) o el Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, que engloben al área de estudio.

Posteriormente, una vez tenemos toda la información digital necesaria se emplea el software ArcGIS. La extensión Spatial Analyst facilita un gran conjunto de herramientas de análisis y modelado espaciales, permitiendo trabajar tanto con datos ráster (divididos en celdillas) como con entidades (vectoriales).

I. Creación de capas

- *Capa de pendiente.* La pendiente es una herramienta de geoprocésamiento que identifica las diferentes pendientes desde cada celda, a partir de un modelo digital del terreno. Ésta se puede expresar en grado o porcentaje, pero en este estudio se ha considerado en porcentaje.
- *Capas de distancias.* En este caso, se aplica la distancia euclidiana. Se trata de una herramienta de geoprocésamiento que calcula, para cada celda, la distancia euclidiana hacia el origen más cercano. Las diferentes capas necesarias son:
 - Núcleos urbanos
 - Embalses
 - Red Eléctrica
 - Espacios Naturales Protegidos
 - Ríos

II. Reclasificación

En esta etapa se reclasifican las capas creadas anteriormente, mediante la herramienta “reclasificar” de la extensión Spatial Analyst. Es una herramienta de geoprocésamiento que cambia los valores de un ráster. En este caso, en cada una de las capas se ha reducido a cinco valores, de manera que se ajuste a la escala establecida: 1, zonas inadecuadas; 2, zonas poco adecuadas; 3, zonas adecuadas; 4, zonas muy adecuadas; y 5, zonas óptimas. Asimismo, la asignación de los valores de dicha escala se ha realizado de forma diferente para cada uno de los criterios teniendo en cuenta el tipo de energía que se pretende implantar.

III. Superposición ponderada

Se trata de una herramienta de geoprocésamiento que superpone varios rásteres con una escala de medición común y pondera cada uno según su importancia, siendo la suma el 100%. Las zonas que sean inadecuadas para el proyecto en cuestión, puesto que no cumplen los criterios definidos, se descartarán directamente. Finalmente, se resaltan las zonas más óptimas o las más adecuadas para la integración de energía renovable mediante una evaluación condicional, por ejemplo, seleccionando las zonas que cumplan la condición de ser iguales a 5 (zonas óptimas).

Finalmente, se puede obtener una aproximación de las hectáreas de dichas zonas más óptimas y estimar el potencial energético de éstas.

8. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL NETO DE INTEGRACIÓN EN LA PROVINCIA DE JAÉN

En este último apartado se exponen los resultados de potenciales energéticos para la provincia de Jaén, aplicando la metodología explicada anteriormente.

8.1. Biomasa

La provincia de Jaén cuenta con una superficie total de 13.496 km² (1.349.600 ha), contando con 962.481,31 ha de superficie de recurso potencial de las que 883.046,75 ha son de recurso disponible para el empleo en generación eléctrica.

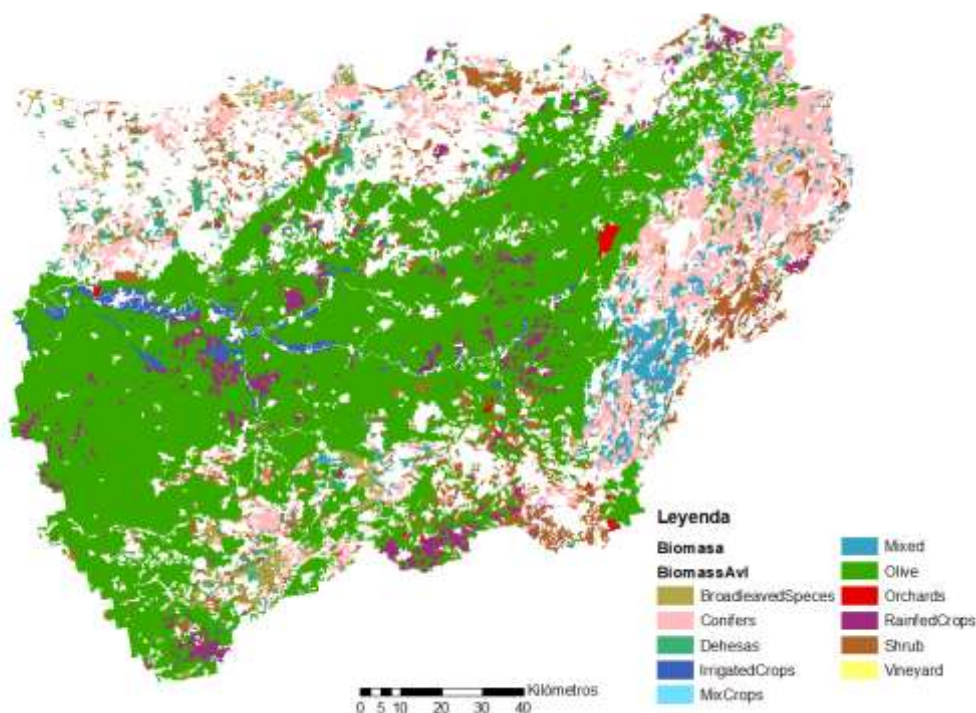
Si bien, los resultados sobre este tipo de recurso se han obtenido gracias a BIORAISE, una aplicación SIG que evalúa el recurso de biomasa agrícola y forestal (regadío, secano, matorral, olivar, agrícola mixto, forestal mixto, etc.).

En el presente mapa se muestra la distribución de los diferentes tipos de recurso de biomasa, destacando en su totalidad el cultivo del olivar del cual se emplean el orujo, orujillo, hojas y restos de poda como biomasa para la generación eléctrica renovable. Contando con 689.178,63 tMS/año¹³ de recurso disponible de olivar.

Tipo de biomasa	Superficie de recursos potenciales (ha)	Superficie de recursos disponibles (ha)	Recursos potenciales (tMS/año)	Recursos disponibles (tMS/año)
Secano	30.130,87	30.130,87	69.093,99	34.546,99
Regadío	1.112,32	1.112,32	13.679,55	6.839,78
Viñedo	398,3	398,3	1.032,48	722,74
Frutales	3.816,52	3.816,52	11.117,19	7.782,03
Olivo	597.639,04	597.639,04	984.540,87	689.178,63
Agrícola mixto	40,58	40,58	80,96	40,48
Coníferas	111.716,48	106.728,41	104.429,66	32.420,88
Fronosas	24.529,91	22.131,12	25.885,49	7.377,41
Forestal mixto	33.860,44	32.486,50	31.382,77	9.576,18
Dehesas	29.946,88	18.998,90	12.436,21	2.713,81
Matorral	129.289,97	69.564,19	92.860,06	18.090,33

Tabla 8.4. Disponibilidad de recurso biomásico en la provincia de Jaén. Fuente: BIORAISE

¹³ Toneladas de materia seca por año



Mapa 8.1. Recurso disponible de biomasa. Fuente: BIORAISE

Ante esto, es necesario aclarar que en este caso se han presentado algunas limitaciones a la hora de introducir el mapa de biomasa en ArcGIS para poder emplearlo como criterio y seleccionar aquellas zonas que sean más adecuadas para integrar este tipo de energía. Por lo que, en la selección de estas zonas se han considerado tan solo seis criterios.

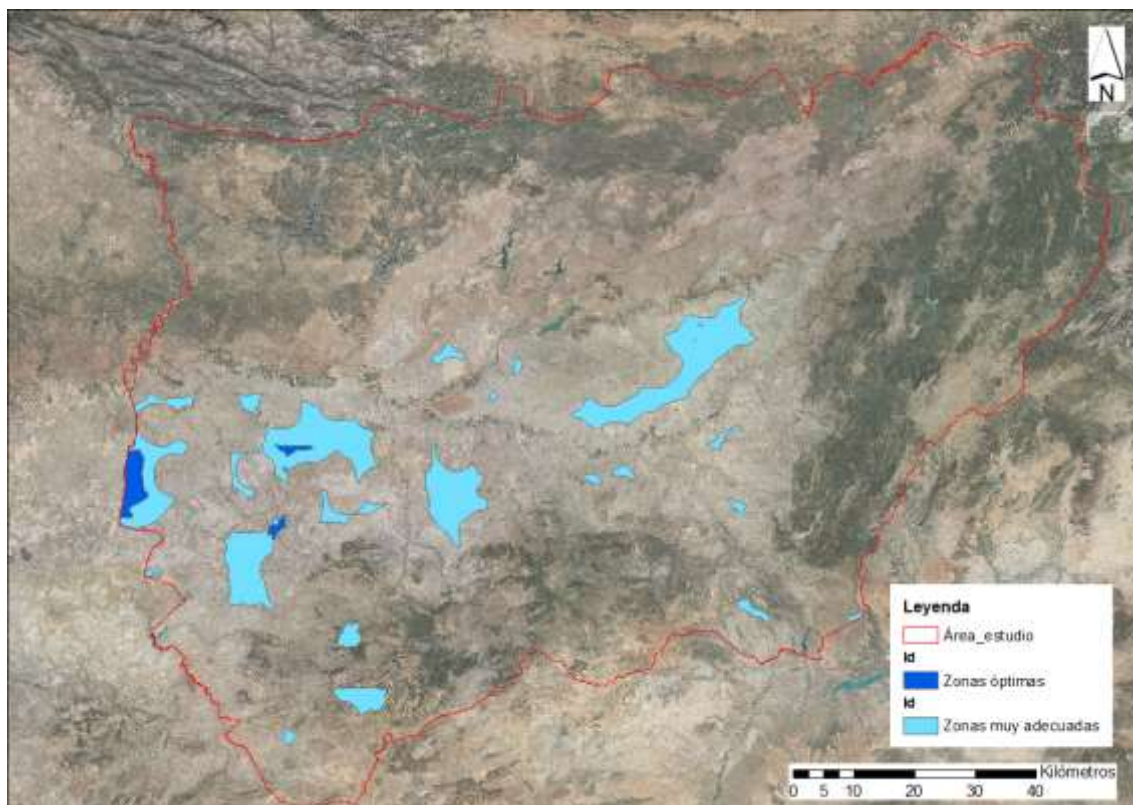
Criterios	Reclasificación	Valor Escala	% ponderación
C1: Recurso Biomásico (te)	0 - 700	1	20%
	700 – 1000	2	
	1000 – 3000	3	
	3000 - 6000	4	
	> 6000	5	
C2: Redes Eléctricas (metros)	0 – 3000	5	20%
	3000 – 5000	4	
	5000 – 7000	3	
	7000 – 9000	2	
	> 9000	1	
C3: Pendientes (%)	0 – 5	5	10%
	5 – 10	4	
	10 – 15	3	
	15 – 20	2	
	20 – > 20	1	
C4: Núcleos poblacionales	0 – 3000	1	15%
	3000 – 5000	2	

(metros)	5000 – 7000	3	
	7000 – 9000	4	
	> 9000	5	
C5: ENP (metros)	0 – 3000	1	15%
	3000 – 5000	2	
	5000 – 7000	3	
	7000 – 9000	4	
	> 9000	5	
C6: Embalses (metros)	0 – 3000	1	10%
	3000 – 5000	2	
	5000 – 7000	3	
	7000 – 9000	4	
	> 9000	5	
C7: Ríos (metros)	0 – 3000	1	10%
	3000 – 6000	2	
	6000 – 10000	3	
	10000 – 15000	4	
	> 15000	5	

Tabla 8.5. Reclasificación y ponderación biomasa. Fuente: Elaboración propia

Finalmente, tras aplicar las etapas explicadas con anterioridad las zonas más óptimas para integrar energía renovable a partir de biomasa se reflejan en el siguiente mapa.

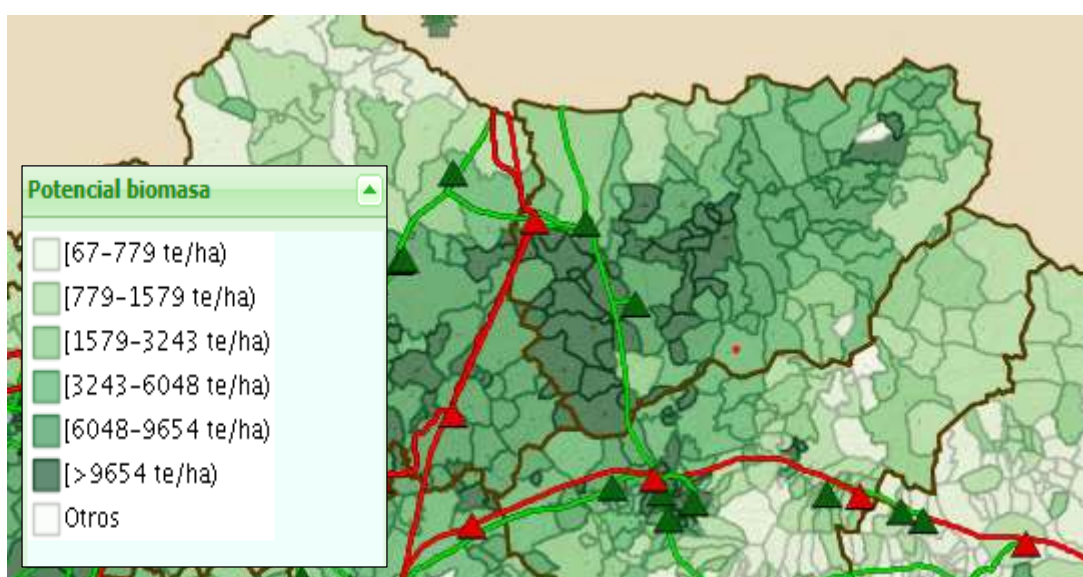
Teniendo en cuenta el mapa anterior y comparando ambos, se tratan de zonas con abundante potencial de recurso, como viene a ser el olivar. Asimismo, es conveniente que nos centremos en aquellas que se sitúan en la parte izquierda de la provincia, puesto que lo más adecuado es que se encuentren cercanas a las redes de transporte de energía, en este caso las líneas rojas y verdes representadas en el mapa.



Mapa 8.2. Zonas muy adecuadas y óptimas para la integración de energía de biomasa.

Fuente: Elaboración propia

En lo que respecta a las hectáreas de zonas muy adecuadas se han obtenido unas 66.298 ha, de las cuales unas 4.064 ha corresponde a zonas completamente óptimas. Si bien, para estimar el potencial energético podemos comparar el mapa anterior con el “mapa de potencial de biomasa de Andalucía” interactivo de la Agencia Andaluza de la Energía.



Mapa 8.3. Potencial de Biomasa de Andalucía, provincia de Jaén.

Fuente: Agencia Andaluza de la Energía

Puede observarse que las zonas óptimas obtenidas con nuestra metodología se corresponde con las partes del mapa 8.3 en las que más potencial hay (zonas de verde más oscuro), desde 6.048 hasta valores superiores a 9.654 te/ha (termias, que equivalen a mil kilocalorías por hectárea). Mientras que las zonas muy adecuadas (azul claro) se hallan en zonas de valores intermedios de potencial de biomasa. El aprovechamiento de las 66.298 ha adecuadas implica un potencial energético de 609.942 tep (toneladas equivalentes de petróleo)¹⁴

8.2. Solar

En cuanto a la energía solar, la reclasificación de algunas capas como la de pendientes se ha realizado de diferente forma con respecto a la biomasa, así como los valores de escala asignados a cada uno de los diferentes criterios.

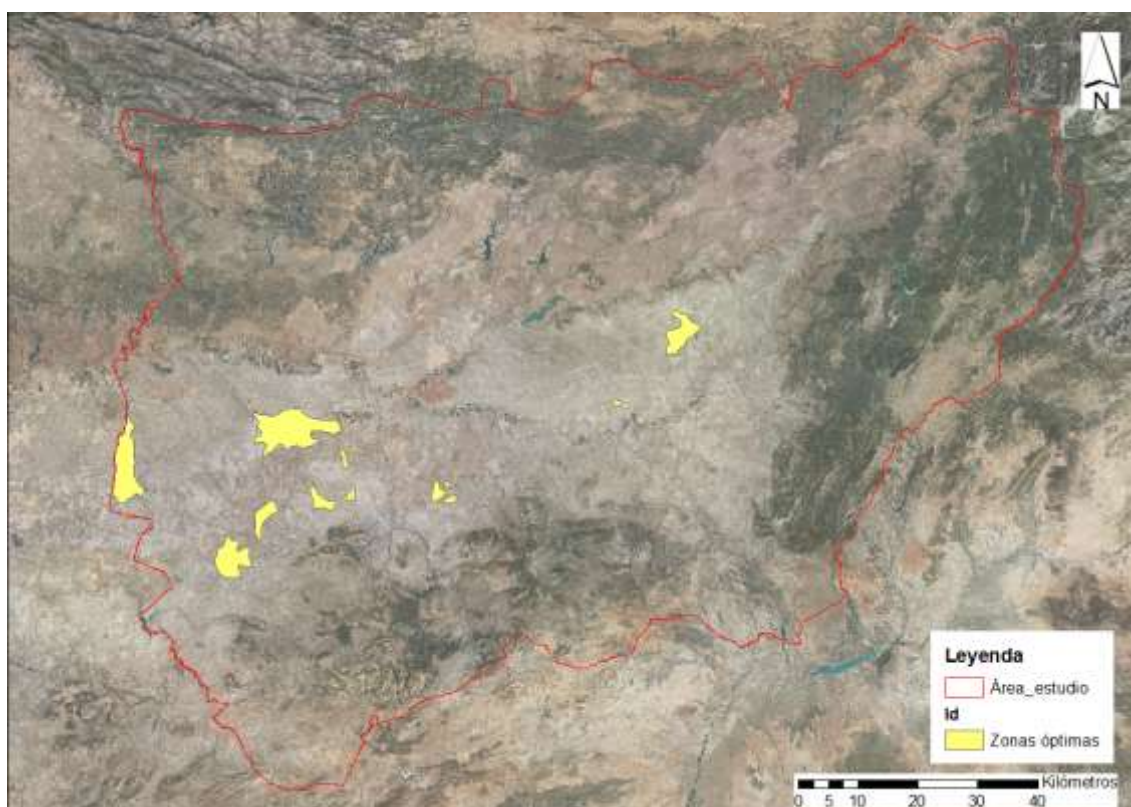
En suma, ha sido posible mediante el software ArcGIS determinar la radiación solar directa entrante a un área geográfica como es la provincia jienense, simulando el año 2020 con intervalos mensuales e intervalos horarios de 1 hora.

Criterios	Reclasificación	Valor Escala	% Ponderación
C1: Recurso Solar (Wh/m ²)	0 – 450.000	1	20%
	450.000 – 950.000	2	
	950.000 – 1.076.000	3	
	1.076.000 – 1.244.000	4	
	>1.244.000	5	
C2: Redes Eléctricas (metros)	0 – 3000	5	20%
	3000 – 5000	4	
	5000 – 7000	3	
	7000 – 9000	2	
	> 9000	1	
C3: Pendientes	0 – 5	5	10%
	5 – 10	4	
	10 – 15	3	
	15 – 20	2	
	20 – >20	1	
C4: Núcleos poblacionales (metros)	0 – 3000	1	15%
	3000 – 5000	3	
	5000 – 7000	5	
	7000 – 9000	5	
	> 9000	5	
C5: ENP	0 – 3000	1	15%

¹⁴ Para este cálculo se ha tomado un valor medio de 9.200 termias por hectárea.

(metros)	3000 – 5000	2	
	5000 – 7000	3	
	7000 – 9000	4	
	> 9000	5	
C6: Embalses (metros)	0 – 3000	1	10%
	3000 – 5000	3	
	5000 – 7000	5	
	7000 – 9000	5	
	> 9000	5	
C7: Ríos	0 – 3000	1	10%
	3000 – 6000	3	
	6000 – 10000	5	
	10000 – 15000	5	
	> 15000	5	

Tabla 8.6. Reclasificación y ponderación Solar. Fuente: Elaboración propia.



Mapa 8.4. Zonas óptimas para la integración de energía solar. Fuente: Elaboración propia

En cuanto a energía solar, en el mapa de arriba se han representado tan solo las zonas más óptimas, puesto que al ser una de las que más extensiones de terreno demanda y la mayor superficie de la provincia jiennense es olivar, se han resaltado las que cumplen todos los criterios establecidos según la metodología. Las cuales presentan un total de 18.744 hectáreas.

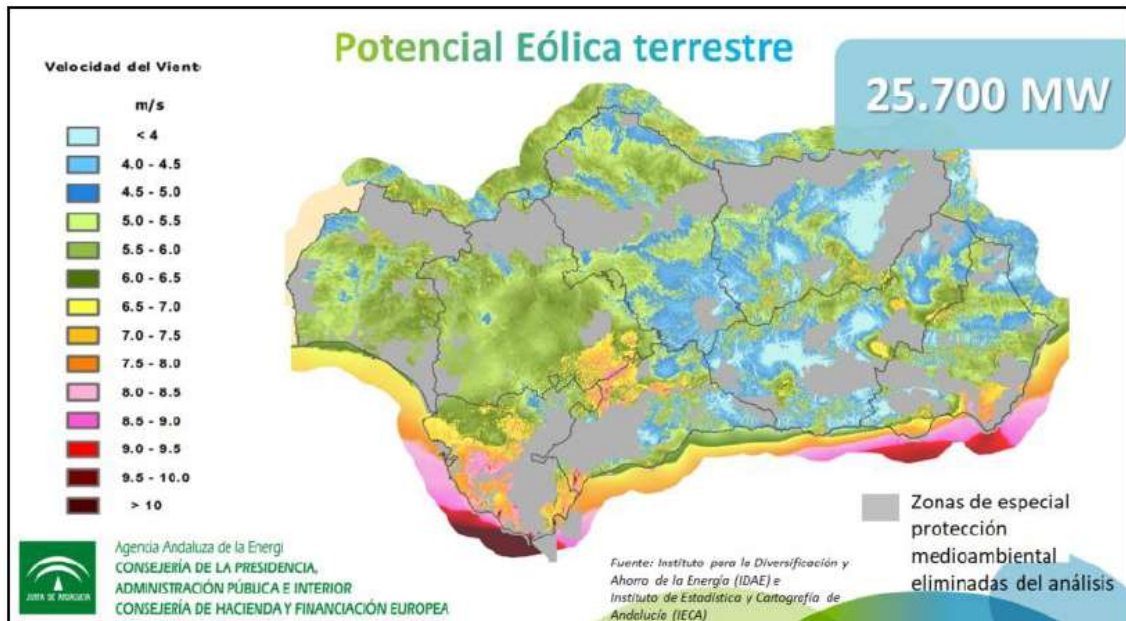
8.3. Eólica

Por último, y en lo referente a la energía eólica (en este caso terrestre), en la reclasificación de algunos criterios se han tomado valores de distancia más largas teniendo en cuenta el tipo de energía, para evitar el malestar y riesgo de la población por el ruido que puedan generar las aspas con el movimiento.

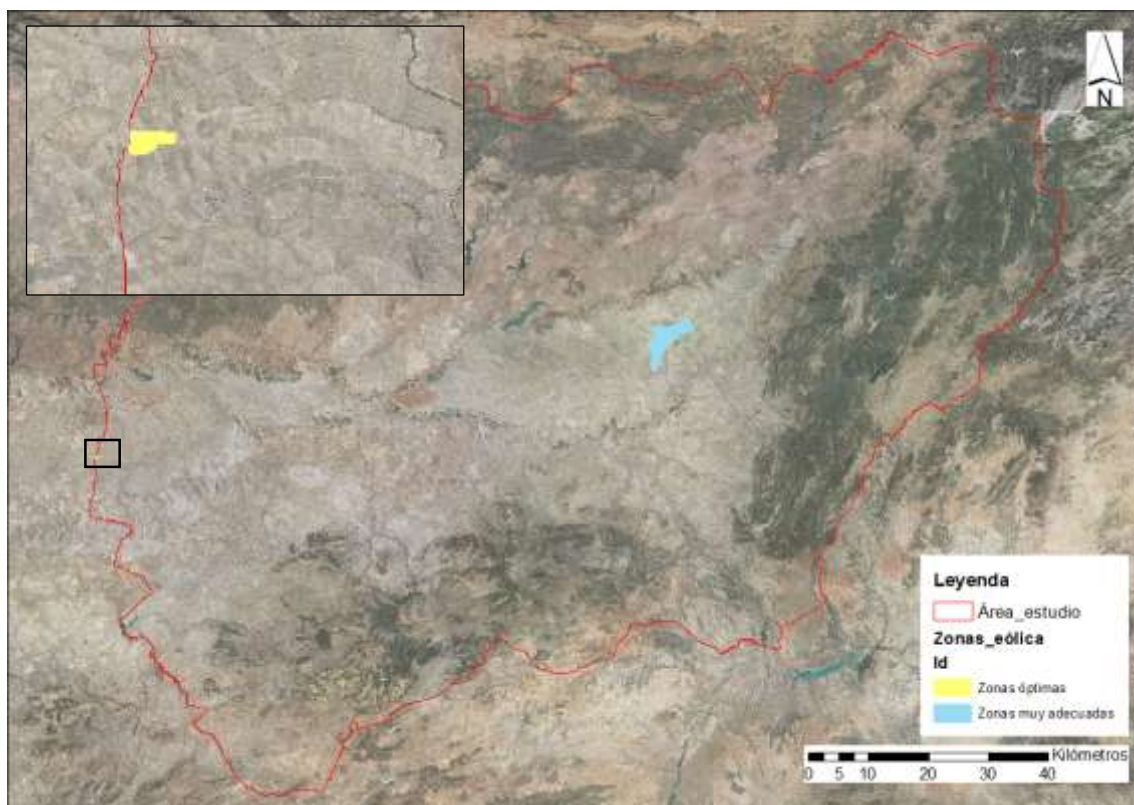
Criterios	Reclasificación	Valor Escala	% Importancia
C1: Recurso Eólico (m/s)	0 – 2	1	20%
	2 – 4	2	
	4 – 6	3	
	6 – 8	4	
	> 8	5	
C2: Redes Eléctricas (metros)	0 – 5000	5	20%
	5000 – 7000	4	
	7000 – 9000	3	
	9000 – 15000	2	
	> 15000	1	
C3: Pendientes (%)	0 – 5	1	10%
	5 – 10	3	
	10 – 15	5	
	15 – 20	2	
	>20	1	
C4: Núcleos poblacionales (metros)	0 – 5000	1	15%
	5000 – 7000	2	
	7000 – 9000	3	
	9000 – 15000	4	
	> 15000	5	
C5: ENP (metros)	0 – 5000	1	15%
	5000 – 7000	2	
	7000 – 9000	3	
	9000 – 15000	4	
	> 15000	5	
C6: Embalses (metros)	0 – 5000	1	10%
	5000 – 7000	2	
	7000 – 9000	3	
	9000 – 15000	4	
	> 15000	5	
C7: Ríos (metros)	0 – 5000	1	10%
	5000 – 7000	2	
	7000 – 9000	3	
	9000 – 15000	4	
	> 15000	5	

Tabla 8.7. Reclasificación y ponderación Eólica. Fuente: Elaboración propia.

Como en biomasa, en la determinación de las zonas más óptimas para la integración de energía eólica los valores de recurso eólico no se han podido introducir en el software. No obstante, se han considerado los valores de velocidad del viento de entre 4 a 6,5 m/s de potencial eólico terrestre, que según la Agencia Andaluza de la Energía presenta la provincia de Jaén.



Mapa 8.5. Potencial Eólica terrestre de Andalucía. Fuente: Agencia Andaluza de la Energía.



Mapa 8.6. Zonas muy adecuadas y óptimas para la integración de energía eólica.

Fuente: Elaboración propia.

En este último mapa se representan las zonas óptimas y las más adecuadas según los criterios de aceptabilidad, las cuales presentan, si comparamos con el mapa 8.5., velocidades del viento de entre 4 y 5 m/s.

9. CONCLUSIONES

En los últimos años, las energías renovables han experimentado un desarrollo importante que es necesario mantener e impulsar para llegar a descarbonizar el sistema energético y reducir las emisiones de CO₂. Además, estas fuentes renovables generan desarrollo local en las regiones y permiten aprovechar recursos autóctonos sin incrementar las emisiones de gases de efecto invernadero en el proceso de producción de energía.

Tanto la comunidad andaluza como la provincia de Jaén cuentan con un altísimo potencial de recursos energéticos renovables, especialmente de recurso solar, eólico y biomásico, que son espacialmente adecuados para su integración en el sistema eléctrico de la región.

En este trabajo se ha desarrollado una metodología, basada en la definición de criterios de aceptación y uso de sistemas de información geográfica, para evaluar el potencial neto de integración de las energías renovables en el sistema eléctrico de la Comunidad Autónoma de Andalucía.

La metodología se ha aplicado en la determinación del potencial de integración neto en la provincia de Jaén ha servido para obtener resultados de potenciales energéticos apreciables en cuanto a biomasa y solar. Puesto que, en lo referente a eólica los resultados de potencial disponible han sido escasos y son coherentes con los datos aportados por la Agencia Andaluza de la Energía en el estudio “Potencial de centrales renovables en Andalucía”, en el que destaca que las provincias con mayor recurso eólico terrestre son Cádiz, Málaga, Granada, Sevilla y Almería.

En cuanto a biomasa, la provincia jienense es una de las que presenta mayor potencial, por lo que sería bueno aprovecharlo e impulsar este tipo de energía para que Jaén contribuya un poco más en potencia renovable instalada al total de Andalucía, ya que aporta un 4,63%. Los resultados de la aplicación de la

metodología nos dan unas 66.298 ha de superficie adecuada, lo que supone un potencial energético de 609.942 tep.

Por otra parte, en lo referente a solar, la metodología obtiene 18.744 hectáreas adecuadas, lo que sería suficiente para potenciar el aprovechamiento de este recurso en la provincia, pero sería necesario realizar un estudio muy más exhaustivo que el que se ha llevado a cabo, puesto que muchas de las hectáreas de las que se han obtenido presentan cultivos de olivar y sería necesario evaluar la compatibilidad de los usos del suelo.

10. REFERENCIAS

AGENCIA ANDALUZA DE LA ENERGÍA (2020). "Potencial de Centrales Renovables en Andalucía"

ARTILLO GARCÍA, M. (2017). *Estudio del potencial eólico y viabilidad de Parque Eólico en Andalucía*. Tesis. Sevilla: Escuela Técnica Superior de Ingeniería.

BATLLES, F. J., ZARZALEJO, L. F., ROSIEK, S., POLO, J., MARTINEZ-DRUBAN, M., RAMIREZ, L., BOSHCH, J. L., ESPINAR, B. y POZO, D. (2006). *Estimación de la radiación global diaria en zonas de topografía compleja utilizando Modelos Digitales del Terreno e Imágenes de Meteorología: comparación de resultados*.

DE LA PLAZA BLANCO, C. (2012). *Metodologías para la localización óptima de centrales de biomasa y minihidráulica como recursos energéticos renovables en la Comarca de El Bierzo*. Trabajo Fin de Máster. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

DOMÍNGUEZ BRAVO, J. (2002). *La integración económica y territorial de las energías renovables y los sistemas de información geográfica*. Tesis Doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

DÍAZ CUEVAS, M.P., PITA LÓPEZ, M.F., FERNÁNDEZ TABALES, A., & LIMONES RODRÍGUEZ, N. (2017). Energía eólica y territorio en Andalucía: diseño y aplicación de un modelo de potencialidad para la implantación de parques eólicos. *Investigaciones Geográficas*, (67), 9-29.

DOMINGUEZ BRAVO, J. (2002). *La integración económica y territorial de las energías renovables en los sistemas de información geográfica*. Tesis. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

DOMINGUEZ, J. SANCHEZ, D. LASRY, P. CIRIA, M., y ESTEBAN, L. (2000). *Biomasa potencial para la producción de energía en Navarra*.

ESPINOSA-ARENLA, F., HERNÁNDEZ-ESCOBEDO, Q., SALDAÑA-FLORES, R., RIVERA-BLANCO, C. (2011). Assessment to wind power for electricity generation in the state of Veracruz (Mexico)

GARCIA MARTIN, A. (2009). *Estimación de biomasa residual mediante imágenes de satélite y trabajo de campo. Modelización del potencial energético de los bosques turolenses*. Tesis. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.

GIL GARCÍA, I. C.; GARCÍA-CASCALES, M. SOCORRO; MOLINA GARCÍA, A. (2019). "Wind energy review: global impact, challenges and barriers for its integration in electrical systems". International Congress on Project Management and Engineering Málaga, 12 de Julio de 2019.

ING. Instituto Geográfico Nacional.

<<http://www.ign.es/web/ign/portal>> [Consulta: Abril-Mayo]

JUNTA DE ANDALUCIA. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible.

<<https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/espacios-prottegidos-por-la-red-natura-2000?categoryVal=>> [Consulta: 2 de Julio de 2021]

JUNTA DE ANDALUCIA (2020). Consejería de Hacienda, Industria y Energía. Agencia Andaluza de la Energía

Agencia Andaluza de la Energía (2020). Informe de Infraestructuras Energéticas, Andalucía.

Agencia Andaluza de la Energía (2020). Informe de Infraestructuras Energéticas, Provincia de Sevilla.

Agencia Andaluza de la Energía (2020). Informe de Infraestructuras Energéticas, Provincia de Málaga.

Agencia Andaluza de la Energía (2020). Informe de Infraestructuras Energéticas, Provincia de Córdoba.

Agencia Andaluza de la Energía (2020). Informe de Infraestructuras Energéticas, Provincia de Cádiz.

Agencia Andaluza de la Energía (2020). Informe de Infraestructuras Energéticas, Provincia de Granada.

Agencia Andaluza de la Energía (2020). Informe de Infraestructuras Energéticas, Provincia de Jaén.

Agencia Andaluza de la Energía (2020). Informe de Infraestructuras Energéticas, Provincia de Huelva.

Agencia Andaluza de la Energía (2020). Informe de Infraestructuras Energéticas, Provincia de Almería.

JUNTA DE ANDALUCÍA, (2015-2020). *Estrategia de Innovación de Andalucía 2020, RiS3 Andalucía*.

JUNTA DE ANDALUCÍA. Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía.
<<https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/DERA/g10.htm>> [Consulta: 26 de Junio de 2021]

JURADO MEDINA, J. M. (2015). *Energías renovables: modelos de planificación energética sostenible*. Trabajo Final de Grado. Jaén: Universidad de Jaén.

ROA ESCALANTE, G. (2015). *Integración de instalaciones de media y baja potencia eólica y fotovoltaica en microrredes eléctricas con generación distribuida*. Tesis. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.

RODRIGUEZ, R. M., ESTRELLA, F. J., y MARTINEZ, L., (2015). *Modelo Difuso TOPSIS que Maneja Información Lingüística Dudosa en Contextos Heterogéneos*. Universidad de Granada y Universidad de Jaén.

SAYAGO, S., OVANDO, G., y BOCCO, M., (2017). Estimación de radiación solar diaria a partir de imágenes NASA-POWER con distintos índices de claridad. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 21, pp 08.49-08.58, 2017. Argentina.

STOLZ, W. (2008). "Climate Prediction and Numerical Models" en *Tropical Journal Enviromental Sciences*, vol. 35(1), pág. 34-42.

ANEXO I

Tabla 1. Resumen sobre la Generación Eléctrica Renovable de Andalucía

		POTENCIA	PROVINCIAS								TOTAL ANDALUCIA
			Sevilla	Málaga	Granada	Jaén	Córdoba	Huelva	Cádiz	Almería	
GENERACIÓN ELECTRICA A PARTIR DE RENOVABLES	Termosolar	MW	447,9	0	149,7	0	299,8	0	100	0	997,4
	Fotovoltaica	MW	1377,99	161,55	126,21	109,67	304,58	228,91	134,57	228,62	2672,1
	Eólica	MW	135,5	628	402,21	15,18	0	383,81	1395,97	511,3	3471,97
	Biomasa	MW	0	17,19	0	37	81,14	136,95	0	1,7	273,98
	Biogás	MW	15,69	7,45	2,22	1,12	3,05	0,25	1,62	2,05	33,45
	Hidroeléctrica	MW	63,05	126,66	96,33	212,22	118,46	15	9,89	8,39	650
	Oceanotérmica	MW	0	0	0	0	0	4,5	0	0	4,5
Total Provincia		MW	2040,13	940,85	776,67	375,19	807,03	769,42	1642,05	752,06	8103,4
Solar fotovoltaica	SA	MW	1,32	0,54	0,68	1,07	3,85	0,59	0,66	1,12	9,83
	AC	MW	36,3	-	-	1,6	3,9	4,6	-	-	46,4
Eólica	mEA	kW	1,75	19,65	9,5	4,68	3,14	5,71	175,5	37,46	257,39

SA: sistemas aislados

AC: autoconsumo

mEA: mini-eólica aislada

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Agencia Andaluza de la Energía.