

**Título:** Los cuentos de Jauja y España 100x100 renovable

**Autores:** Miguel Millán (JJNN)

**Contacto:** [miguel@jovenesnucleares.org](mailto:miguel@jovenesnucleares.org)

Miguel Millán. Natural de Castro Del Río (Córdoba) es Licenciado en Física Fundamental por la universidad de Granada (año 2000), además de poseer el diploma de Estudios Avanzados (DEA) por el departamento de Ingeniería Nuclear de la ESTII Universidad Politécnica de Madrid (año 2005). Desde el año 2002 pertenece al departamento de Seguridad y Licenciamiento de WESTINGHOUSE-INITEC NUCLEAR, donde ha participado en proyectos de desmantelamiento, gestión de residuos y apoyo a las plantas nucleares españolas, sudafricanas y norte-americanas. Miguel Millán es actualmente Vicepresidente de Jóvenes Nucleares.

## 1 *Introducción*

En Julio de 2005, la organización ecologista Greenpeace publicó un documento titulado “Renovables 2050. Un informe sobre el potencial de las energías renovables en la España peninsular” (Ref.[1]). Durante los últimos tres años, hemos podido asistir al constante bombardeo, por parte de esta organización, de afirmaciones tales como:”Hemos demostrado que España es autosuficiente con energías renovables”.

En el siglo XVI, Lope De Rueda plasmó la tierra de Jauja en uno de sus pasos. La tierra de Jauja era un lugar fantástico donde los fértiles campos eran surcados por arroyos de leche y miel, y de los árboles brotaba tocino.

Jauja existe, es un pueblo de Córdoba, pero se encuentra muy lejos de la descripción de Lope de Rueda. De la misma forma, el informe de Greenpeace existe, pero los postulados, escenarios e hipótesis que Greenpeace presenta quedan lejos de demostrar que la España peninsular será 100 % renovable en el 2050.

En el presente artículo se muestran los escenarios en los que se basan los análisis de Greenpeace, y cómo imaginación, utopía e ingeniería numérica se unen para conseguir que el castillo de naipes del ecologismo radical pueda ser construido.

## 2 Hipótesis y datos de partida utilizados por Greenpeace

En este apartado se presentan las hipótesis y datos de partida utilizados en el documento Renovables 100% (Ref.[1]) y que posteriormente en este artículo serán utilizados o comparados con otros datos, propios y de otras fuentes.

### 2.1 Techos de generación eléctrica

La siguiente tabla presenta los techos de generación mostrados en la (Ref.[1]):

**Tabla 1** Techos de potencia y generación peninsular

	Techo potencia (GWp)	Techo generación (TWh/año)	Demanda eléctrica (%)	Demanda total (%)	Ocupación territorio (%)
Demanda total		1525			
Demanda eléctrica		280			
Hidroeléctrica (P >10 MW)*	16.6	30.7	11.0	2.0	
Minihidráulica (P < 10 MW)**	2.2	6.9	2.5	0.5	
Eólica terrestre (CF datos CNE)***	915.1	1902	679.3	124.7	56.64
Eólica terrestre (CF Weibull)***	915.1	2285	816.1	149.8	56.64
Eólica marina	164.8	334.0	119.3	21.9	
Fotovoltaica integrada	494.5	569.3	203.3	37.3	
Fotovoltaica azimutal	708.4	1382.0	493.6	90.6	8.82
Biomasa residual y biogas	7.3	50.9	18.2	3.3	
Cultivos energéticos	4.7	35.2	12.6	2.3	6.34
Cultivos forestales de rotación rápida (p < 3%)****	1.9	14.4	5.1	0.92	33
Cultivos forestales de rotación rápida (p < 10%)	5.1	38.2	13.6	2.5	5.73
Monte bajo (p< 4%)****	1.3	9.4	3.4	0.6	5.42
Monte bajo (p< 10%)	2.3	17.2	6.1	1.1	9.43
Biomasa total (menor pendiente)	15.2	109.8	39.2	7.2	14.09
Biomasa total (mayor pendiente)	19.5	141.5	50.5	9.3	21.50
Solar termoeléctrica	2738.8	9897.0	3534.6	649.0	13.26
Chimenea solar	324.3	836.0	298.6	54.8	14.60
Olas	84.4	296.0	105.7	19.4	
Geotérmica HDR*****	2.5	19.5	7.0	1.3	0.0002

**Tabla 1:** Techos de generación y techos de potencia en la península (Pag. 13 Ref. [1])

### 2.2 Población peninsular utilizada como dato de partida en el estudio (Ref.[1])

Uno de los principales datos de partida utilizado por Greenpeace en su documento es la población española peninsular. Para este dato en el citado documento se utiliza el valor de población española del año 2003. Este dato se presenta a continuación tal y como se recoge en la Ref.[1].

“Población peninsular en el 2050: 38,32 millones de habitantes”.

(Pag. 42 Ref. [1])

### 2.3 Consumo eléctrico diario de la población y generación eléctrica en el año 2050.

Con el propósito de presentar los datos de partida del estudio (Ref. [1]), a continuación se reproduce literalmente el párrafo donde se presentan los valores de consumo diario y demanda eléctrica en el año 2050:

“Adoptaremos para el desarrollo del proyecto un valor del consumo eléctrico medio peninsular per cápita efectivo (descontadas las contribuciones renovables en origen) en el año 2050 de 20 kW.h/hab-día, que junto a la población peninsular prevista para este año (38,32 Mhab), nos conducen a una demanda eléctrica peninsular en el 2050 de 280 TW.h/año”.

(Pag. 53 Ref. [1])

## 2.4 Escenarios y Mixes de energía para cubrir la demanda del año 2050.

Aunque en el presente artículo se presentan las hipótesis y datos de partida del documento (Ref. [1]), se considera oportuno recoger resultados del documento pagado por la misma organización: “**100% Renovables. Un sistema eléctrico renovable para la España peninsular y su viabilidad económica**” (Ref.[2]) . En este documento se presentan diferentes escenarios de producción eléctrica para cubrir la demanda eléctrica del año 2050 presentada en la (Ref.[1]):

Mix Diversidad de Tecnologías, 390 TW·h/a

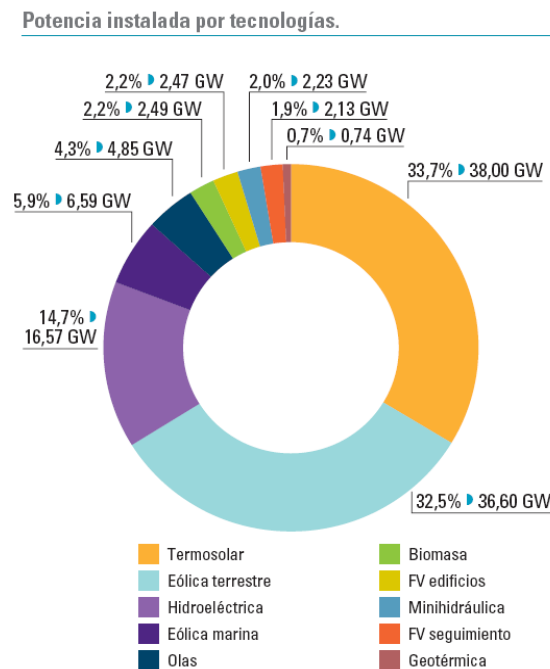


Figura 1: Mix diversidad de tecnologías. (Pag. 11 Ref. [2])

Mix: Optimización Económica 292 TW·h/a

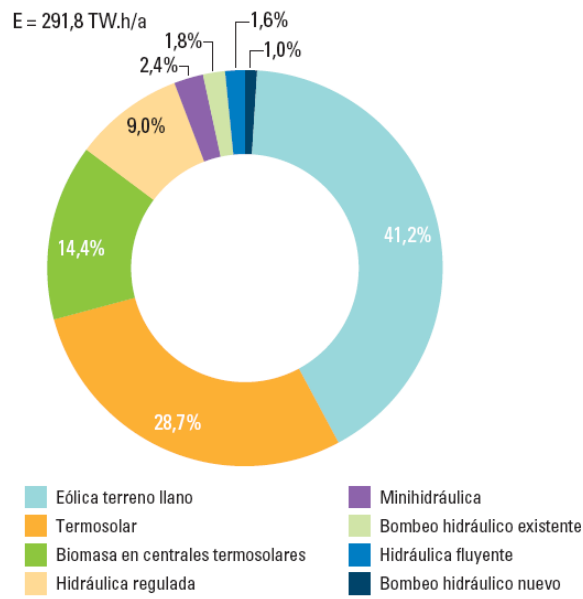


Figura 2: Mix optimización económica. (Pag. 14 Ref. [2])

Mix: Aprovechamiento de la gestión de la demanda 304 TW·h/a

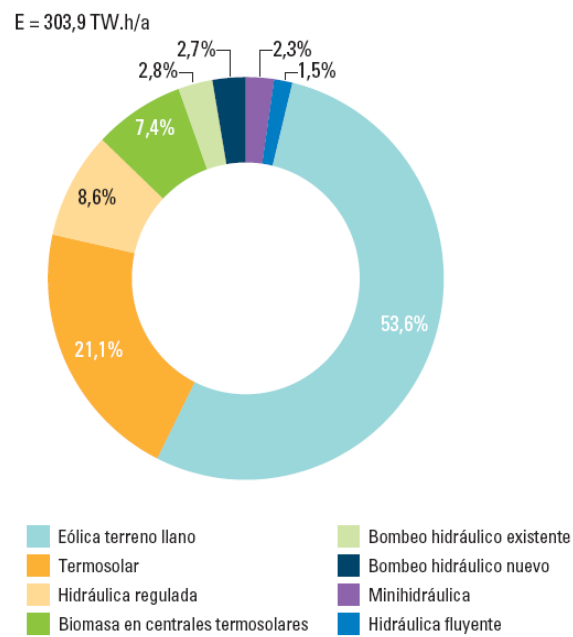


Figura 3: Mix optimización económica. (Pag. 17 Ref. [2])

### 3 Ocupación del territorio

El primer resultado sorprendente respecto a la ocupación del territorio planteada en el documento (Ref.[1]) se deriva de la observación de la columna de la derecha de la tabla 1. Si se realiza la suma total de la ocupación del territorio, el valor resultante es el 156% (Tabla 2) del territorio peninsular. Si bien es cierto que en algún valor pudiera existir un error tipográfico, tal sería el caso del valor mostrado para la generación de energía mediante el uso de cultivos de rotación rápida con pendiente < 3%.

En la tabla 2 se muestra el porcentaje de ocupación por las distintas tecnologías, así como la suma total de la ocupación de las distintas tecnologías. Se muestran dos casos, **Caso 1**: en este caso se muestra la reproducción de los valores de la tabla 1, en el segundo caso se omite lo que se ha presupuesto como error tipográfico **Caso 2**:

Tecnología	Caso 1 ocupación %	Caso 2 ocupación %
eólica	56,64	56,64
fotovlt azimutal	8,82	8,82
cult energeticos	6,34	6,34
cult forest rot rap p<3	<b>33</b>	
cult forest rot rap p<10	5,73	5,73
monte bajo p<4%	5,42	5,42
monte bajo p<10%	9,43	9,43
solar termoeléctrica	13,26	13,26
chimenea solar	14,6	14,6
TOTAL	153,24	120,24

Greenpeace, en el documento referenciado (Ref[1]), admite el hecho de que la suma del territorio ocupado por las distintas tecnologías ocupen una superficie mayor que la superficie peninsular.

*“La ocupación del terreno mostrada se corresponde con la de los parques eólicos. Sin embargo debe tenerse en cuenta que un parque eólico con las densidades de potencia y el tamaño de máquina considerados, permite simultaneidad de usos de el terreno del parque con otras aplicaciones.”* (Pag. 13 Ref. [1])

Además hace la siguiente consideración:

*“Debemos recalcar que en la determinación de los techos de potencia y generación se han excluido ya todas las zonas con algún carácter de protección de espacio natural (28% del territorio peninsular), y los usos del terreno incompatibles con la implementación de las tecnologías en cuestión”* .(Pag. 14 Ref. [1])

**Tabla 2:** Ocupación del territorio por las distintas tecnologías

La primera objeción que se puede exponer a la Tabla 1 se deriva de la columna central de la Tabla 2. Si se realiza la suma del porcentaje de ocupación del territorio el resultado es 156% del territorio peninsular, **caso 1**. Si no se consideran los cultivos forestales de rotación rápida  $p < 3\%$ , **caso 2**, la ocupación sería del 120% del territorio peninsular. Por lo tanto, Greenpeace afirma que haciendo uso de los techos de potencia instalada se ocuparía más superficie de la actual península, 120-156%.

#### 3.1 Ocupación territorial de la tecnología eólica.

Continuando con la ocupación del terreno, se toman las hipótesis consideradas en el caso de la energía eólica, densidad de potencia que se instalará:  $3,84 \text{ MW/km}^2$  para llano y  $3,04 \text{ MW/km}^2$  para terreno no llano (Pag. 14 Ref. [1]). Usando el techo de potencia instalada y ambas densidades se obtienen la ocupación del territorio considerando ambos terrenos, y tres escenarios para el territorio total: 1º España peninsular ( $493.500 \text{ km}^2$  [3]), 2º suprimiendo terrenos protegidos ( $493.500 \text{ Km}^2 - 46000 \text{ km}^2$  [3]), 3º restando el 28% considerado por Greenpeace,  $355300 \text{ km}^2$ .

TERRENO	DENSIDAD DE POTENCIA (MW/km <sup>2</sup> )	OCUPACIÓN (km <sup>2</sup> )	ESCENARIO 1 (493500 km <sup>2</sup> ) %	ESCENARIO 2 (447500 km <sup>2</sup> ) %	ESCENARIO 3 (355300 km <sup>2</sup> ) %
Llano	3,84	238281	48	52	67
No llano	3,04	300987	61	66	85

**Tabla 3:** Resultados de ocupación del territorio por la tecnología eólica

Utilizando los datos presentados por Greenpeace, densidad de potencia y potencia instalada (Apartado 2), y aplicando las sencillas y elementales reglas de la multiplicación nos ha sido totalmente imposible llegar a los mismos resultados. Además, utilizando las mismas hipótesis presentadas en su documento (Ref.[1]) se llega a la conclusión que la ocupación del territorio sería mucho mayor de lo propuesto por Greenpeace, 67-85%, lejos del 56% mostrado en la (Ref.[1]).

### 3.2 Ocupación territorial de la tecnología solar termoelectrica

Respecto a esta tecnología en el presente artículo se han comparado los datos presentados por Greenpeace con los datos de las nueve plantas termosolares de Colectores Cilindros Parabólicos (CCP) que se encuentra en el estado de California (USA). Estas plantas son referidas en la ponencia “ENERGÍA SOLAR TERMOELÉCTRICA” del Dr. Manuel Romero Álvarez [4]. En esta ponencia se presentan la potencia y la superficie ocupada en California por las nueve plantas termosolares

*“Las nueve plantas SEGS (Solar Electricity Generating Systems) actualmente en operación en California, con sus más de 2,5 millones de metros cuadrados de CCP, son el mejor ejemplo del estado del arte de esta tecnología. Con una capacidad de producción en régimen comercial de 354 MWe...”* [4]

Considerando estos datos y el techo de generación de esta tecnología expuesto en la tabla 1, se puede obtener la superficie de colectores necesaria para alcanzar la potencia establecida.

	UNIDAD	CALIFORNIA [4]	ESPAÑA
Superficie CCP	km <sup>2</sup>	2,5	1,93E+04
Potencia	MW	354	2,74E+06

**Tabla 4:** Superficie de CCPs necesaria para alcanzar el techo de potencia

El resultado obtenido muestra que con los datos que se disponen a día de hoy, habría que cubrir la superficie ocupada por la provincia de Cáceres, 19.000 km<sup>2</sup> mediante colectores cilíndricos parabólicos para conseguir la potencia instalada propuesta por Greenpeace en su documento (Ref.[1])

#### 4 Datos de población peninsular

Uno de los pilares sobre los que se sustentan los resultados y conclusiones del documento (Ref.[1]) es la población española en el año 2050. Greenpeace, como se ha mostrado en el apartado 2.2, considera que en dicho año la población peninsular será 38.3 millones de habitantes.

A continuación se recogen datos de población peninsular extraídos del Instituto Nacional de Estadística [3].

POBLACIÓN SEGÚN INE [3]				
Año	Española	Canarias	Baleares	peninsular
2003	42.717.064	1.894.868	947.361	39.874.835
2007	45.200.737	2.019.299	1.028.361	42.153.077
2050	53159991			

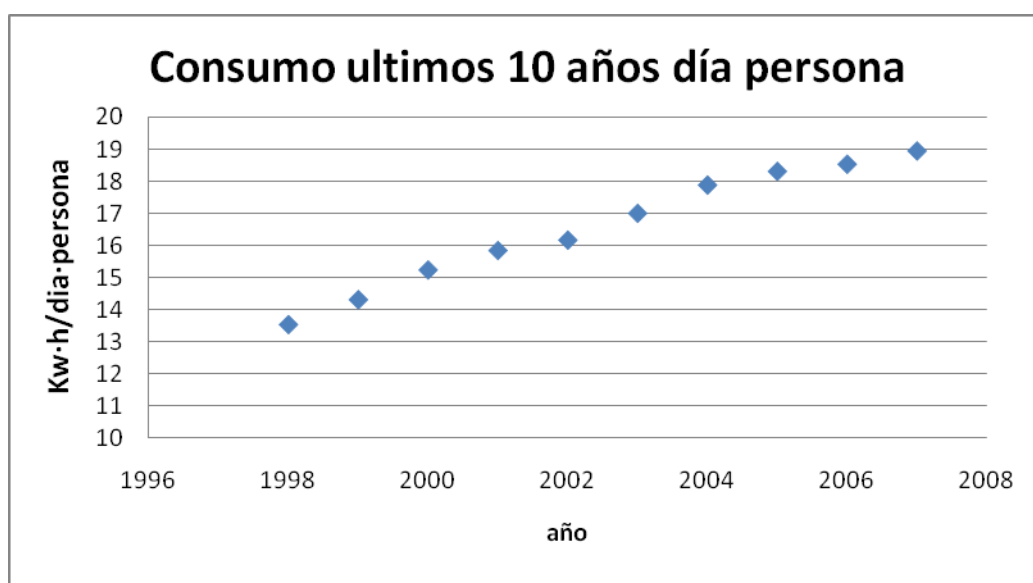
**Tabla 4:** Datos históricos de población española y predicción para el año 2050

No ha sido posible encontrar en el Instituto Nacional de Estadística datos de población de las comunidades autónomas de Canarias y Baleares para el año 2050, sólo se ha encontrado las estimaciones para la población española para el año 2050. Por consiguiente, se ha obtenido el dato haciendo uso de una relación lineal entre los valores de la población española en los años 2007 y 2050, y la población peninsular del año 2007. Hallándose el resultado de 49,6 millones de habitantes.

Como se puede observar en la tabla 4, tanto las predicciones de población para España como la interpolación realizada para la población peninsular para el año 2050, están muy distanciadas de la hipótesis propuesta de 38.3 millones de habitantes propuesta por Greenpeace para el año 2050.

#### 5 Datos de consumo de electricidad en el año 2050

Para realizar un estudio alternativo a los datos propuestos por Greenpeace se han usado los datos disponibles de los últimos diez años de producción eléctrica y población. Así pues, se distribuye la producción de la electricidad producida en España (Ref.[5]) entre la población española (Ref.[3]).



#### **Figura 4:** Tendencia del consumo (1998-2007)

Usando la tendencia mostrada en la figura 4, se obtiene el siguiente consumo para el año 2050.

Consumo año 2050 = 44 KW·h/d·persona

Al igual que ocurría con la población los resultados obtenidos están muy alejados de las hipótesis propuestas por Greenpeace, 20 KW h/ día · persona (Ref.[1]). De hecho, la hipótesis mostrada por Greenpeace es prácticamente alcanzada en el año 2007.

#### *6 Necesidad de producción eléctrica en el año 2050*

Siguiendo la metodología propuesta en el documento (Ref.[1]), la necesidad de producción eléctrica se deriva del consumo diario por persona y la población peninsular.

En este cálculo se han mostrado datos y cálculos alternativos a los mostrados por Greenpeace. Para obtener la necesidad de producción eléctrica, en nuestro caso se usará el dato de población previsto para el año 2050, 49.6 millones (Apartado 4), y el cálculo de consumo eléctrico diario obtenido en el Apartado 5, 44 KW·h/d·persona.

Necesidad de electricidad en el año 2050= 797 TWh/a

Este dato, al igual que ocurría con la población y el consumo diario, está lejos de los expuesto por Greenpeace como sus hipótesis, que recordemos eran 280 TW·h/a.

Si el resultado obtenido se compara con los presentados en el documento [2], ocurre exactamente lo mismo, los Mixes energéticos propuesto por Greenpeace no conseguirían, de ninguna manera, cubrir la demanda de electricidad.

- Mix Diversidad de Tecnologías, **390** TW·h/a
- Mix: Optimización Económica **292** TW·h/a
- Mix: Aprovechamiento de la gestión de la demanda **304** TW·h/a

## 7 Conclusiones

Derivado de las comparaciones y resultados alternativos presentados en este artículo se pueden enumerar las siguientes conclusiones.

- 1) Considerando los techos de generación presentados por Greenpeace se alcanzaría una ocupación entre el 120-156% del territorio peninsular, sumando las contribuciones de cada una de las diferentes tecnologías.

Además se pueden hacer las siguientes observaciones particulares respecto a energía eólica terrestre y termo-solar:

- a) Reproduciendo el cálculo de ocupación del territorio con las hipótesis presentadas por Greenpeace en cuanto a energía eólica se ocuparía entre 67-85% del territorio peninsular, lejos del 56% propuesto por Greenpeace.
  - b) Respecto a energía termo-solar, intentando reproducir los cálculos de Greenpeace y utilizando los datos a día de hoy disponibles de centrales termo-solares de colectores cilíndricos parabólicos, se necesitaría una superficie de colectores de 19.000 km<sup>2</sup> (equivalente a la provincia de Cáceres).
- 2) Las hipótesis de partida del estudio presentado por Greenpeace (Ref.[1]) son la población y el consumo de electricidad diario por persona en el año 2050: 38,3 millones de personas, y 20 KW·h/d·persona, respectivamente. Estos datos están lejos de los presentados en este artículo 49.6 millones de habitantes (INE Ref.[3]) y 44 KW·h/d·persona resultado de cálculos realizados en el presente artículo.
  - 3) El dato de demanda de electricidad propuesto por Greenpeace -280 TW·h/año- (considerado un valor conservador) es la base para el estudio de viabilidad económica de España renovable en 2050 (Ref.[2]). Este documento presenta varios escenarios de Mixes energéticos para cubrir esta demanda, utilizando usando los mejores emplazamientos para cada una de las tecnologías:
    - Mix Diversidad de Tecnologías, **390 TW·h/año**
    - Mix: Optimización Económica **292 TW·h/año**
    - Mix: Aprovechamiento de la gestión de la demanda **304 Tw·h/año**

En el presente artículo y derivado de las hipótesis de población 49.6 millones de habitantes y 44 kW·h/d·persona, se estima una demanda de electricidad de **797 TW·h/año**.

- 4) A la vista de esta discusión, como argumentación final, se puede afirmar que los postulados y posteriores conclusiones obtenidas en el documento de Greenpeace parecen distar mucho de lo que los datos reales indican. Por lo tanto, cualquier extrapolación al futuro del caso español carece de ninguna base con significación estadística.

## 8 Referencias

- [1] “Renovables 2050. Un informe sobre el potencial de las energías renovables en la España peninsular”. Greenpeace Julio 2005.
- [2] “100% Renovables. Un sistema eléctrico renovable para la España peninsular y su viabilidad económica”. Resumen de conclusiones. Greenpeace Abril 2007
- [3] Instituto Nacional de Estadística. [www.ine.es](http://www.ine.es)
- [4] Ponencia:“ENERGÍA SOLAR TERMOELÉCTRICA” Sistemes Energètics Avançats i les seves Aplicacions. Universitat de les Illes Balears. Noviembre de 2003 Dr. Manuel Romero Álvarez. Director Adjunto de IMDEA Energía
- [5] “Energía, 2005, 2006, 2007”. Foro Nuclear.