

# ¿Cómo sería una economía sostenible 100% renovable?

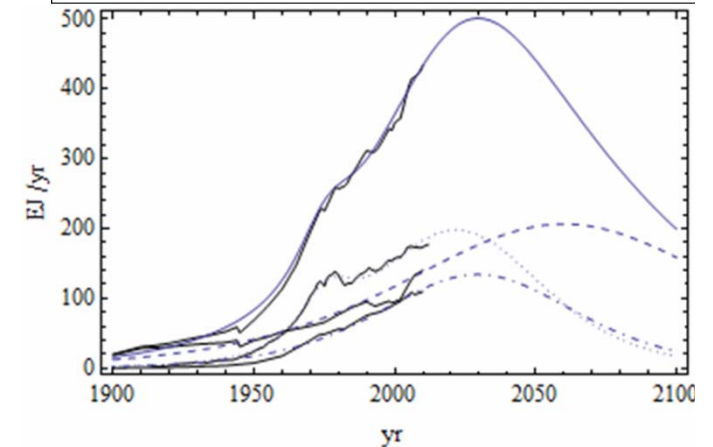
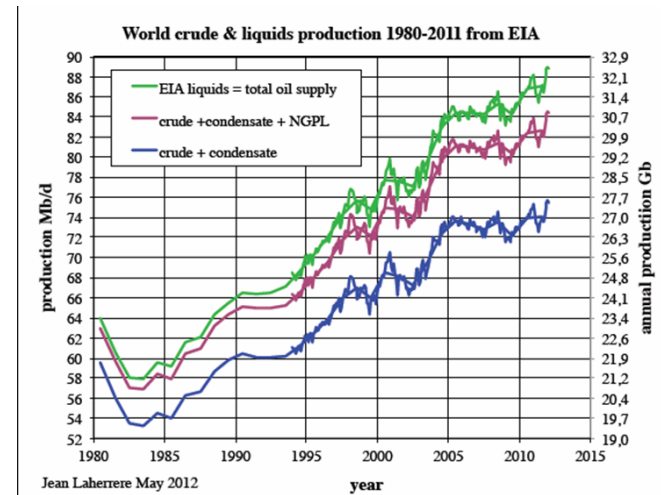
Antonio García-Olivares

ICM-CSIC

[agolivares@icm.csic.es](mailto:agolivares@icm.csic.es)

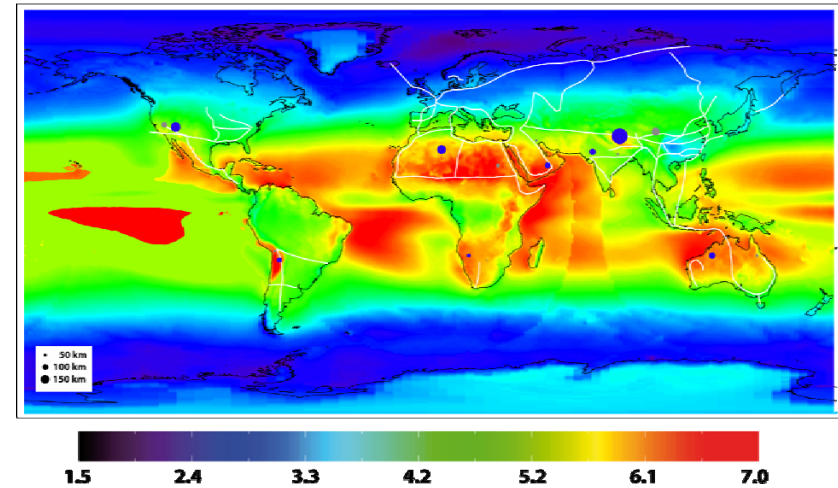
# Insostenibilidad del BAU económico

- ❑ El crecimiento exp ha presionado a importantes recursos naturales que no pueden seguir expandiendo su oferta
- ❑ Cénit del crudo: inminente
- ❑ Cénit de los c. fósiles: 2030
- ❑ Productividad de los granos → 7-8 t/ha
- ❑ Cénit del fósforo esperado para 2040-2050 (Cordell et al. 2009)
- ❑ Degradación suelos: Cada año 10 Mha de tierra es abandonada
- ❑ Agua: 1.700 millones personas viven de acuíferos que declinan (Gleeson et al. 2012)
- ❑ Puntos de no-retorno de ecosistemas para 2025-2045 (Barnosky et al. 2012)
- ❑ Cambio climático: reducirá productividad de los granos en 20-40% por 2100 (IPCC)

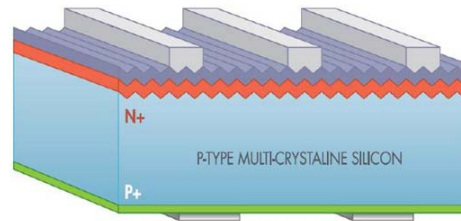


# Economía 100% Renovable (García-Olivares et al. 2012, Energy Policy)

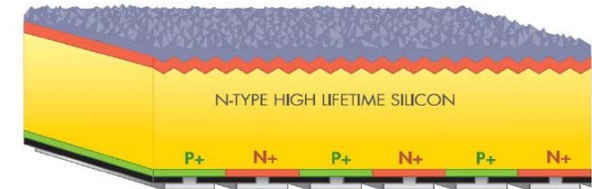
- Resolvería los problemas energético y climático
- Técnicamente factible:
- CSP + wind + hidro + geotérmica, olas
- Super-grids inteligentes escala continental
- Areas de círculos dibujados: 9.2TWe
- Podría bastar 5 TWe CPS, 4 TWe wind, 2 TWe PV, 1 TWe hidro + geot + olas
- Input energético como el de economía del 2006



# FV residencial y democracia energética

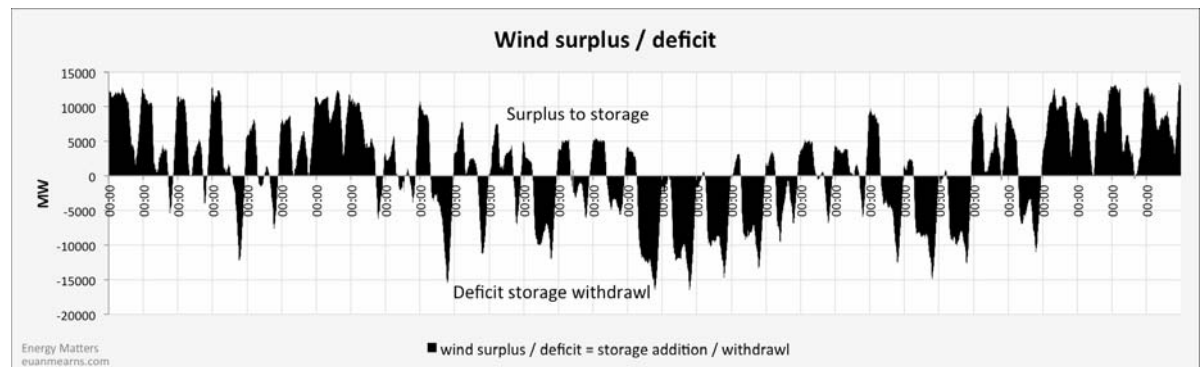
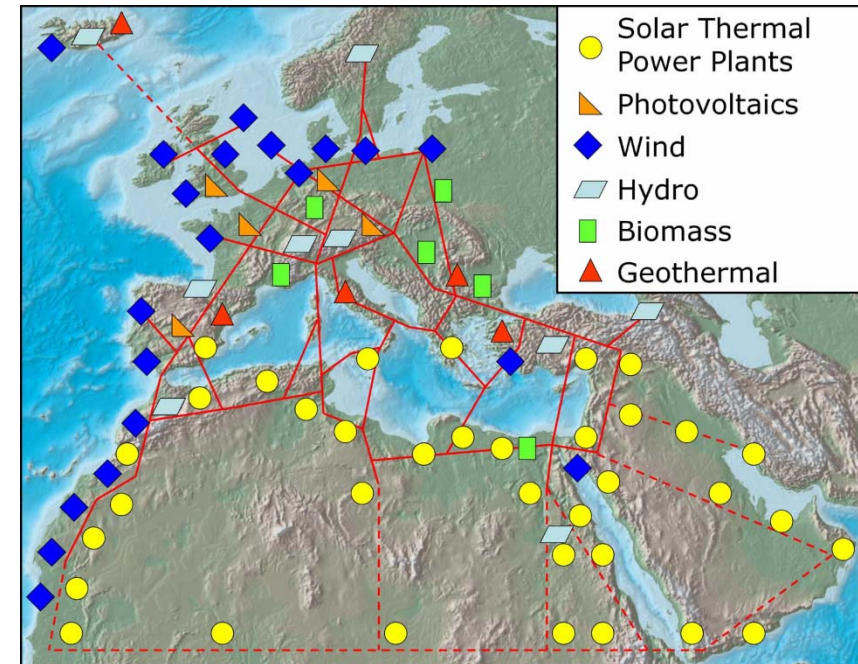


Suntech Pluto (Cu-Ni)



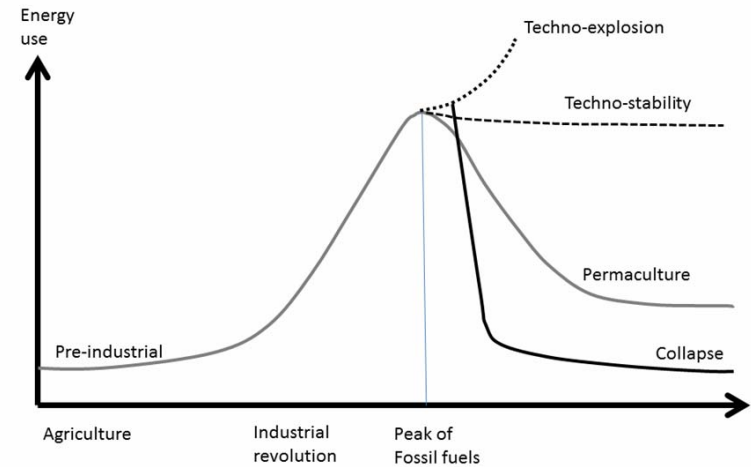
SunPower N-type all-back-contact (Al)

- FV de Si-c con Ag  
→ Cu, Ni, Al
- 12.5% municipios → 1 TW residencial
- 8.5% del total
- Redes inteligentes tamaño continental:
- Autonomía municipal y residencial
- Solucionar la intermitencia (Czisch):
  - CSP con acumulación en Sahara, no intermitente: carga base
  - Hidro+eólica+PV: demanda intermitente con oferta intermitente
  - Hidro: 4.5 d de consumo: último recurso



# Transición a 100% renovable

- Tamaño de una economía 100% RE → 12 TWe máx
  - La energía anual que alimentaba la economía en 2006
- Por encima, la infraestructura eléctrica y transporte necesitaría reservas:
  - Cu: 50%
  - Ni: 70%
  - Li: 50%
- Las inversiones necesarias son enormes: “new deal” global
- G-7 habló el 8 junio del 100% RE a final de siglo
- Necesario electrificar toda la economía, basada en c. fósiles en el 80%
- Si no se hace, nos espera declive incontrolado, tipo colapso
- Holmgren (Permacultura): RE no serán suficientes para la industria
  - Sociedad ruralizada
  - Baja tecnología
- Daly: Economía Estacionaria
  - Industrializada
  - Prosperidad similar a la actual
- El que la economía acabe estando cerca de H o de D dependerá de:
  - La cantidad de procesos que se puedan sustituir por electricidad
  - El grado en el que los procesos no-reemplazables sean cruciales para el resto de la economía



# Sustituibilidad

- El oil es dominante en el transporte
- Oil dominante en petroquímica
- Es secundario en resto de industria, salvo cuando hay transporte materiales
- Casi todos los procesos de una fábrica son electrificables
- No la reducción química con C o CH<sub>4</sub> → reducción H<sub>2</sub> o C y CH<sub>4</sub> renovables

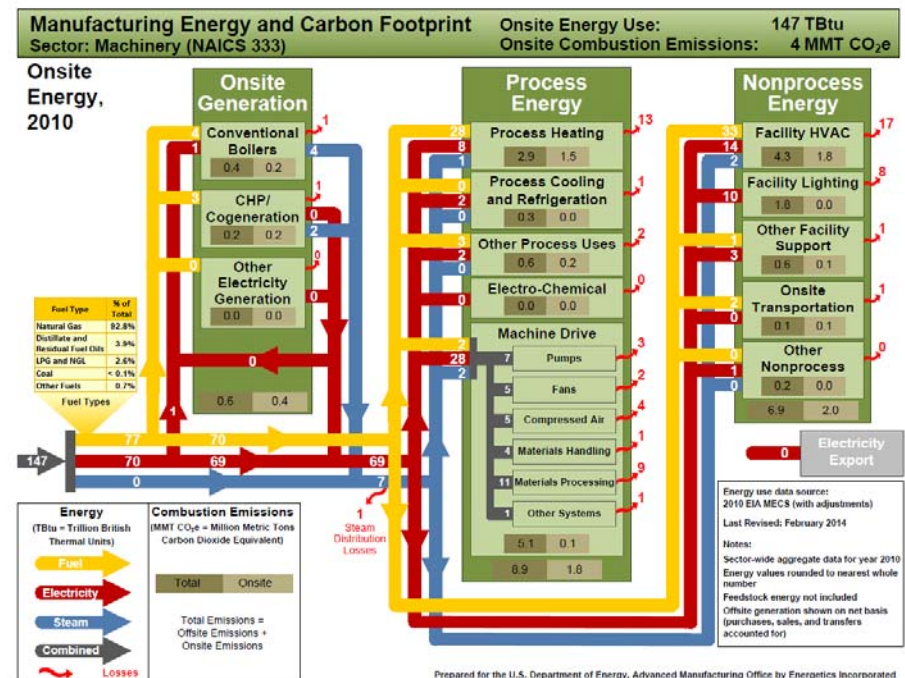
Table 8.22 | Energy input for the global industrial sector by industry and energy type, 2005 (in PJ).

Industry <sup>1</sup>	Coal and coal products	Crude, NGL and feedstocks	Petroleum products	Natural gas	Geothermal	Solar, wind, other	Combustible renewables and waste	Electricity	Heat	Total
Iron and steel	7910.3	0.2	635.0	2452.8	0.0	0.0	268.6	3259.0	494.3	15020.2
Chemical and petrochemical	1832.1	2.0	2550.3	4742.8	0.0	0.0	95.3	3570.5	1447.1	14240.1
Non-ferrous metals	486.1	0.0	326.2	605.4	0.0	0.0	4.9	2127.3	86.5	3636.3
Non-metallic minerals	5716.9	1.3	1520.9	2103.9	0.0	0.0	210.4	1346.8	105.7	11005.8
Transport equipment	150.6	0.0	126.3	422.8	0.0	0.0	0.6	589.7	136.8	1426.8
Machinery	416.2	0.4	472.9	879.0	0.0	0.0	2.5	2091.2	191.7	4054.0
Mining and quarrying	303.5	0.0	570.7	402.8	1.3	0.0	0.4	824.9	104.4	2208.0
Food and tobacco	794.2	1.5	1085.4	1367.7	0.2	0.0	1107.7	1284.1	356.7	5997.6
Paper, pulp and printing	794.9	0.0	601.1	1068.3	5.7	0.0	2069.0	1701.0	210.2	6450.3
Wood and wood products	87.1	0.3	140.4	121.0	0.0	0.0	414.6	348.6	213.3	1325.3
Construction	215.1	1.1	837.4	155.9	0.0	0.0	6.1	215.1	49.1	1479.9
Textile and leather	450.6	0.5	366.7	364.7	0.0	0.0	10.0	793.1	239.2	2224.8
Non-specified industry	2364.4	155.7	4214.8	3406.7	5.0	5.1	3322.6	4112.5	965.4	18,552.2
<b>Total</b>	<b>21,522.1</b>	<b>162.9</b>	<b>13,448.2</b>	<b>18,093.8</b>	<b>12.3</b>	<b>5.2</b>	<b>7512.7</b>	<b>22,263.9</b>	<b>4600.4</b>	<b>87,621.3</b>

Note: For the overall global industrial sector and all industry categories within it, there are no inputs of nuclear energy, or hydro, or heat production from non-specified combustion fuels. Units are petajoules (PJ), which is equal to 10<sup>15</sup> Joule (see Chapter 1, Figure 1.3).

<sup>1</sup> excludes feedstocks (non-energy use), see Chapter 1, Section 1.2.2.

Source: IEA, 2007a and 2007b.



## SUSTITUIBILIDAD (2)

### ➤ Transporte:

- Mercancías larga distancia: trenes
- Vehículos eléctricos + 5% fuel cells:

Reservas Li, Ni, Pt: límite de lo sostenible  
Bajada del parque móvil

- Barcos: fuel cells + velas-cometas  
Consumo > terrestre. Bajada comercio intercontinental y relocalización

- Aviones: H<sub>2</sub>, consumo desproporcionado

### ➤ Industria:

- Minería abierta: excavadoras eléctricas
- Obras campo: subestaciones 20-40 km
- Transporte materiales a estación: muchos vehículos pequeños de batería recargable
- Acero: reducción H<sub>2</sub> + carburización
- Sin oil, la petroquímica deberá reducirse al 40% del tamaño actual

➤ Con electricidad, se consumirían 9.2 TW en lugar de 10.3 TW

USO FINAL	Potencia 2005 (GW)	Potencia futura (GW)
Residencial y Comercial	3 800	2 930
Agricult, bosques, pesca	240	160
<b>Transporte</b>		
Terrestre	2 100	710
Ferrovionario	70	50
Marino	290	830
Aéreo	330	1 300
Pipelines	90	0
<b>Total Transporte</b>	2 900	2890
<b>Industria</b>		
Madera y sus productos	36	28
Equipos de transporte y maquinaria	180	147
Construcción	42	27
Minas y canteras	72	14
Textil y cuero	72	59
Charcoal, biogas	Included in wood products and others	>541 a >596
Metales no-ferrosos	108 + 1.4	108 + 1.4 + 1.6 + 0.2
Comida y tabaco	180	145
Papel, pulpa, impresión	216	139
Minerales no-metálicos	350	236
Hierro y acero	476 + 4.8	720 + 4.8
Química y petroquímica	1057	616 a 776
Otros	588	430
<b>Total Industria</b>	3377	3216 a 3431
<b>TOTAL</b>	10 315	9 100 a 9200

# Carbón vegetal y biogas renovables

- La reducción de algunos metales se puede hacer con H<sub>2</sub>
- Otros requerirían carbón vegetal renovable
- Nitratos y amonio: biogas renovable
- Productos petroquímicos:
- Oil → nafta → olefinas (etileno y propileno) y aromáticos (benceno, tolueno y xileno) → polímeros → plásticos, gomas...
- Carbón vegetal renov → olefinas
- Biogas → olefinas y aromáticos
- Potencial renovable de biogas y carbón vegetal da para el 40%
- Almidón y biomasa no-leñosa → xileno y glucosa → PLA → poliestireno

End-use sector	Charcoal (10 <sup>3</sup> t/yr) / (GW)	Hydrogen (10 <sup>3</sup> t/yr) / (GW)	Biogas (10 <sup>3</sup> t/yr) / (GW)
Marine fuel cells		54 589 / 374	
Aviation		85 902 / 588	
Iron and steel		64 000 / 440	
Copper reduction		600 / 4	
Tin reduction	40	or 5 / 0.03	
Nickel reduction		81.8 / 0.6	
Lead reduction	710		
Zinc reduction	1600		
Ferro-alloys	48 000		
Graphite	2000*		
Ammonia		24 706 / 169	or 65 634
High Value Chemicals	1 063 230		149 366
TOTAL	1 115 580		215 000
Global Potential	<b>240 000</b> / 221 to <b>300 000</b> / 276	> 229884 / > 1576	<b>215 000</b> / 320
Percent of Global Potential	372 to 465%	Not applicable	100%



# Futuros productos escasos

- Disminución del poliestireno, beneficiosa
- Poliuretano, poliéster, selladores, algunos tintes y drogas farmacéuticas
- Analgésicos, antidepresivos, anti-hiperlipidémicos, antidiabéticos, antieméticos, y antihistaminas
- 3% de petroquímicos
- Esperanza de vida es afectada por las enfermedades infecciosas, relacionadas con pobreza y falta de higiene

# Conclusión

- Futura economía 100% renovable tendrá que ser estacionaria
- Generar prosperidad sin crecimiento
- Requerirá la electrificación del transporte y la industria
- Un sector petroquímico como el de 1985
- Si se hacen las inversiones necesarias, no tiene porque suponer un retroceso a una situación pre-industrial
- Reciclado de metales, crucial
- Agricultura actual: dependiente de P y K fósiles
- Agricultura sostenible → cultivo orgánico + biogas
- La población está por encima de la sostenible orgánicamente