

Evolución de la producción eléctrica mundial

José Costa

12-10-2020

1 Introducción

A finales del siglo XIX, durante la segunda revolución industrial, comienza la producción masiva de electricidad (Priestley 1775). Desde entonces esta forma de energía ha sido el impulsor de avances tecnológicos sin precedentes. Hoy en día nuestra sociedad esta estrechamente ligada con la electricidad, siendo la principal forma de energía utilizada a nivel mundial (Safarzynska and Bergh 2011).

Existen múltiples formas de generar electricidad, y en la actualidad coexisten muchas de ellas. Hay varias maneras de clasificarlas, la mas común es según la fuente o sustrato que se utiliza para generarla (energía eólica, solar, nuclear, etc.). Estas suelen agruparse en una subcategoría según si el recurso que utilizan es renovable, es decir virtualmente inagotable ya sea por su abundancia o porque se renueva naturalmente en los ciclos biogeoquímicos, o no renovables, que implica un sustrato limitado que se consume en el proceso de generación de electricidad y que eventualmente terminará agotándose. (González 2009)

La propia electricidad no ha sido exenta de avances tecnológicos, viendo como en los últimos años nuevas y mas eficientes formas de producción se empiezan a utilizar. Entonces la pregunta que surgen y se pretenden responder en este trabajo son: ¿De donde proviene la electricidad que utilizamos? y ¿Cómo su fuente ha variado a lo largo de los años?

2 Metodología

2.1 Bases de datos

Se descargó la base de datos “**International Energy Statistics: Global energy trade & production 1990-2014**” desde kaggle. Esta contiene información sobre la producción, conversión, comercialización y consumo de diferentes formas de energía. Entre los años 1990 a 2014, para diferentes países en todo el mundo. En la tabla 1, se muestra un resumen por columnas de la base de datos.

Table 1: Resumen de la base de datos utilizada					
country or area	commodity transaction	year	unit	quantity	category
243	Exports, Imports, Production, Receipts from other sources, Stock changes, Total energy supply ... 2446 more	1990 - 2014	Metric tons, Terajoules, Kilowatts, Kilowatt-hours, Cubic metres, Metric Tons	-864348 - 6680329000	additives and oxygenates, animal waste, anthracite, aviation gasoline, bagasse, biodiesel ... 65 more

2.2 Filtro

La base de datos se filtró manteniendo solo las filas que tuvieran las palabras “*electricity*” y “*production*” en su columna “*commodity_transaction*”. De aquí se generó una nueva tabla resumen agrupando por las variables “*category*” y “*year*”, y sumando la variable “*quantity*”, tras corroborar que todas las entradas compartían la misma unidad de medida “*Kilowatt-hours, million*”. La tabla cuenta con 175 entradas y las siguientes categorías: “*geothermal, hydro, nuclear_electricity, solar_electricity, thermal_electricity, tide_wave_and_ocean_electricity, wind_electricity*”. (tabla 2)

2.3 Contribución de cada categoría al total por año

Para calcular el aporte de cada categoría al total de producción de electricidad para cada año, primero se identificó el total de producción anual, alojado en la categoría “*gross production*” de la variable “*commodity_transaction*”. Se agregó este valor a la tabla y se utilizó para calcular la diferencia entre el total reportado y la suma de la producción anual de las categorías, el excedente se guardó en la categoría “*otros*”. (1).

$$P_{bruta} - \sum P_{categoría} = P_{otros} \quad (1)$$

Se calculó la contribución de cada categoría para cada año, mediante una simple proporción entre la producción para cada categoría y el total por año. (2).

$$\frac{P_{categoría}}{P_{bruta}} = Contribución \quad (2)$$

Finalmente se calculó la diferencia de producción entre años utilizando la función “*lag()*” y generando la columna delta que indica la diferencia de producción entre ese año y el periodo anterior para cada categoría.

Un resumen de la tabla final con los datos procesados, utilizados para realizar los análisis y construir las figuras se muestra en la tabla 2

Table 2: Tabla resumen. Contiene los datos con los que se generaron las figuras

category	year	quantity	total	proporcion	delta
geothermal	1990	36456	11947770	0.0030513	NA
geothermal	1991	37464	12193411	0.0030725	1008
geothermal	1992	38749	12273575	0.0031571	1285
geothermal	1993	39849	12574868	0.0031689	1100
geothermal	1994	40655	12886108	0.0031549	806
geothermal	1995	39946	13324751	0.0029979	-709

2.4 Modelo

Para capturar la evolución en el tiempo de la producción energética e intentar anticipar su comportamiento en el futuro, se generaron 4 modelos lineales, de los cuales se seleccionó el con mejor ajuste (AIC). Este fue un ajuste cuadrático (parábola) que obtuvo un r de **0.999** y un AIC de **5208** (tabla 3).

Table 3: Modelos probados y sus estadísticas

Modelo	Formula	r.squared	AIC	Delta_AIC
Fit1	quantity ~ year + category	0.9393159	6088.823	880.4594
Fit2	quantity ~ year * category	0.9976237	5454.792	246.4280
Fit3	quantity ~ year * category + I(year ²)	0.9978940	5432.646	224.2819
Fit4	quantity ~ (year + I(year ²)) * category	0.9993602	5208.364	0.0000

3 Resultados

3.1 Producción de energía por año según categoría

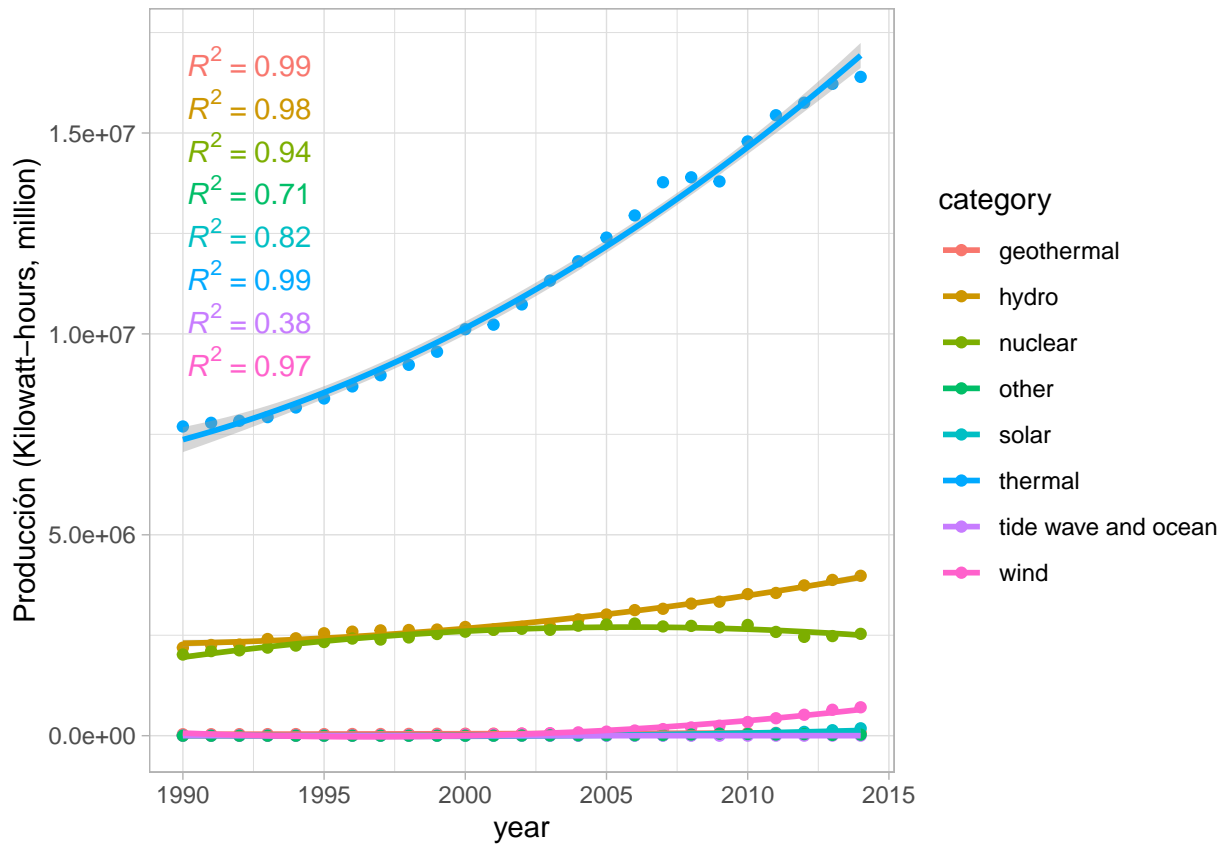


Figure 1: Producción de electricidad por año según categoría. Ajuste cuadrático, los coeficientes se muestran en la tabla debajo

Los resultados muestran una predominancia de la energía termal sobre las demás. Donde en promedio esta categoría aporta 66.2% a la producción anual. Por detrás le siguen las energías hidroeléctrica y nuclear. Todas las demás se encuentran por debajo 1.21% de aporte. Sin embargo en la figura 2 se aprecia como todas las categorías están en aumento. En cuanto a producción neta de electricidad esta se ha duplicado entre los años estudiados. El aumento de la producción eléctrica sigue una parábola. Los coeficientes para cada ajuste se encuentran en la tabla 4.

Table 4: Coeficientes del ajuste cuadrático de la forma $f(x) = ax^2 + bx + c$ para cada categoría

category	a	b	c
thermal_electricity	8606.1	-34062344.6	33710193673
hydro	2245.7	-8924856.5	8869634328
wind_electricity	2202.0	-8794109.6	8780212744
solar_electricity	566.5	-2265421.8	2264913299
other	40.0	-160146.2	160256764
geothermal	23.2	-91199.3	89650671
tide_wave_and_ocean_electricity	-21.8	85746.5	-84197460
nuclear_electricity	-3013.8	12088560.1	-12119247301

3.2 Aumento en la producción de energía entre 2014 y 1990

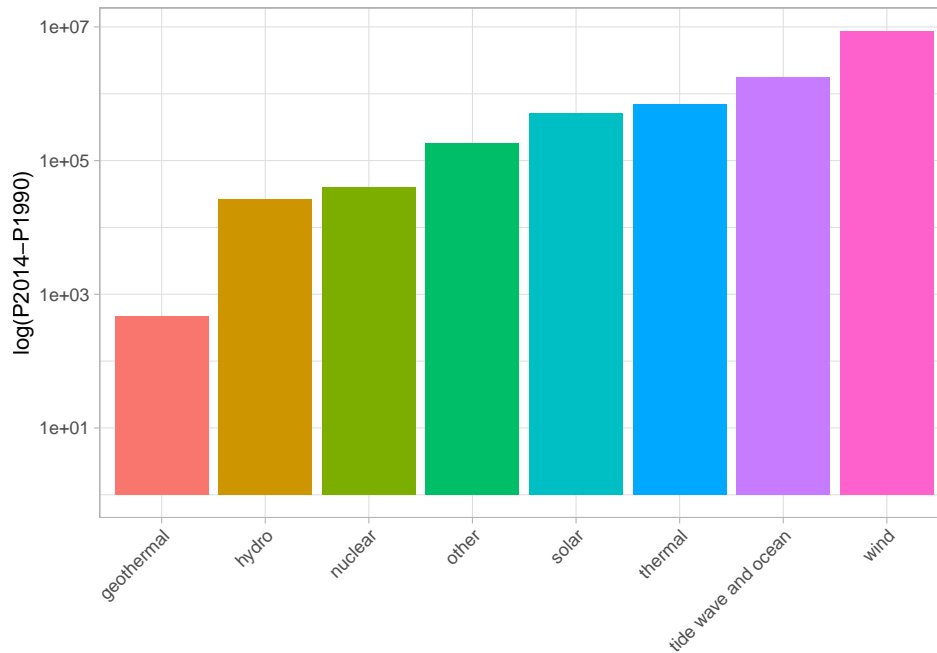


Figure 2: Diferencia en la producción de electricidad para cada categoría entre los años 2014 y 1990. Escala logarítmica.

3.3 Contribución de cada categoría al total de energía producido por año

Finalmente se graficó la contribución al total de producción para cada categoría. (figura 3). Se aprecia como a pesar del aumento total de producción eléctrica, los porcentajes de contribución no presentan mucha variación, puesto que la mayor contribución a la producción total esta dada por la energía termal, panorama que se mantiene a lo largo de todos los años. Sin embargo al centrarnos en las energías minoritarias (figura 4), podemos ver como si que existe un aumento, capturado por el modelo, en las energías alternativas, solar y eólica.

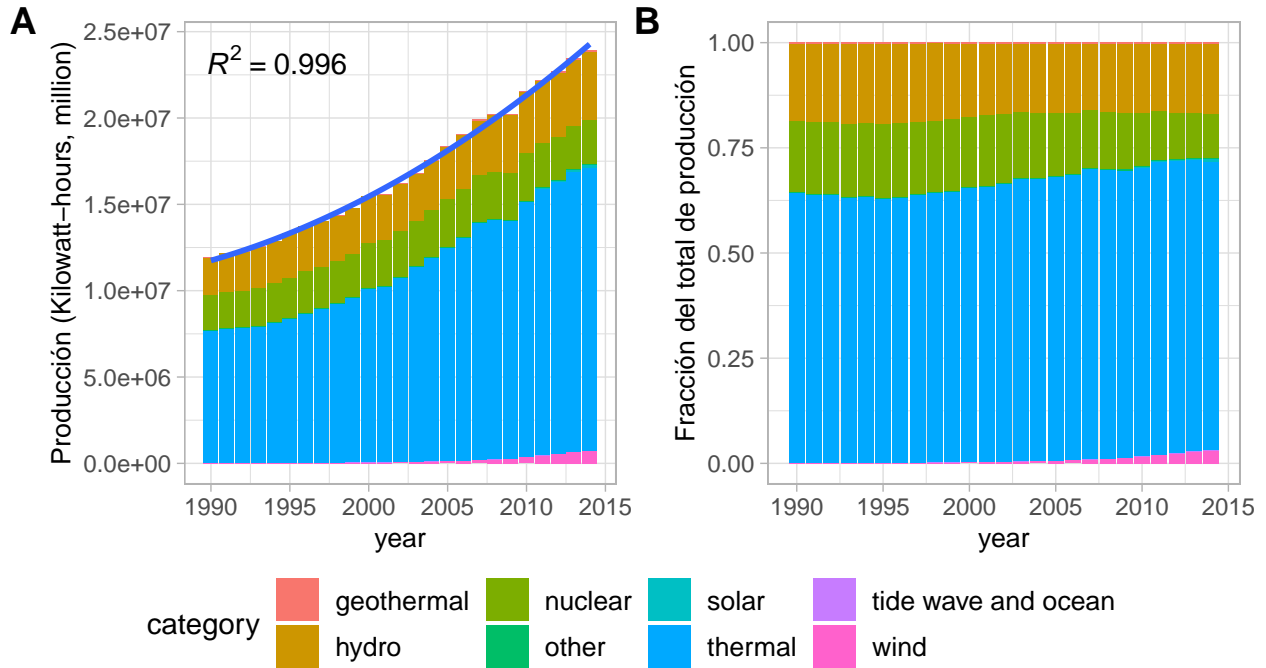


Figure 3: A. Contribución de cada categoría a la producción eléctrica anual. La línea azul representa el modelo cuadrático que ajusta con la producción bruta anual. B. Proporción de contribución de cada categoría al total de producción eléctrica por año

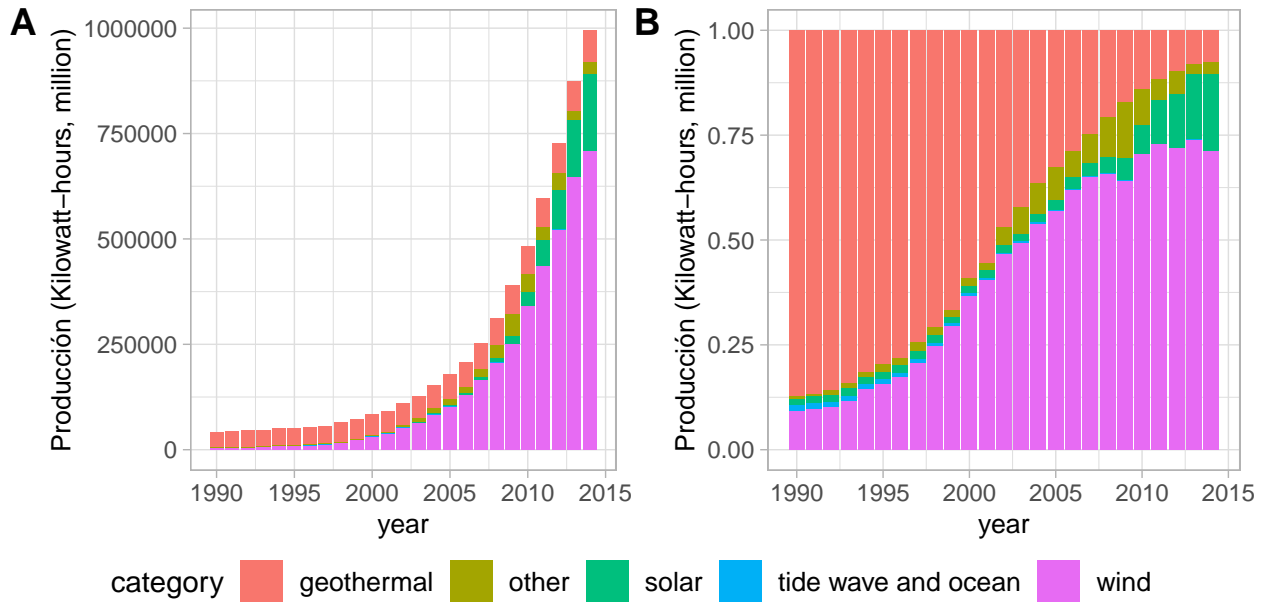


Figure 4: A. Contribución de cada categoría minoritaria a la producción eléctrica anual. B. Proporción de contribución de las categorías minoritarias al total de producción eléctrica por año.

4 Conclusiones

- La producción de energía aumenta tras año siguiendo una función cuadrática
- La mayor parte de la producción de energía proviene de termoeléctricas, seguido de hidroeléctricas y energía nuclear.
- Solo las termoeléctricas aportan en promedio 66.2% a la producción total anual.
- Las termoeléctricas son las que han experimentado el mayor aumento, el modelo prevé que la seguirán la energía hídrica y eólica.

Referencias

González, Jesús Anelo. 2009. *Energías Renovables*. Sindicato Independiente de Trabajadores de Cádiz.

Priestley, Joseph. 1775. “*The History and Present State of Electricity: With Original Experiments*.” C. Bathurst; T. Lowndes, in Fleet-Street, J. Rivington; J. Johnson, in

Safarzynska, Karolina, and Jeroen CJM van den Bergh. 2011. “Industry Evolution, Rational Agents and the Transition to Sustainable Electricity Production.” *Energy Policy* 39 (10): 6440–52.