

## **VIII CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN DE HISTORIA ECONÓMICA**

Galicia, 13-16 de Septiembre de 2005

Sesión 5: “Relaciones económicas y perspectivas comparadas en la historia económica de España y Portugal a lo largo de los siglos XIX y XX”

Responsables: Carmen Espido y Pedro Lains

### **La lenta electrificación del taller: algunas notas sobre los recursos hidráulicos y la electrificación de la península ibérica hasta 1944**

Isabel Bartolomé  
Instituto Universitario Europeo

#### **RESUMEN**

En esta comunicación se describe la pauta de electrificación ibérica hasta la II Guerra Mundial. El uso de la energía hidroeléctrica se difundió antes y a mayor ritmo en España, y hasta mediados los cincuenta en Portugal se prefirió el carbón al agua como fuente primaria para la obtención de electricidad. Pese a estas diferencias, la electrificación fue en ambos países poco intensiva y poco coordinada, iniciándose el aprovechamiento masivo de sus recursos hídricos una vez mediado el siglo. Aquí se sostiene que las características de los saltos de agua de la Península dan razón en buena medida del atraso relativo en la introducción del agua, de la preferencia por los empleos discontinuos –iluminación y manufactura— y de la demora en las inversiones que implicaba la regulación de los ríos del interior peninsular.

## **LA LENTA ELECTRIFICACIÓN DEL TALLER: algunas notas sobre los recursos hidráulicos y la electrificación de la península ibérica hasta 1944<sup>1</sup>**

Isabel Bartolomé  
Instituto Universitario Europeo

La historia económica del sector eléctrico se convirtió durante los últimos ochenta en uno de los asuntos preferidos de la literatura internacional, al coincidir la efervescencia de las investigaciones de orden tecnológico con la publicación de extensísimas monografías acerca de la historia de la electricidad de Francia e Italia. De ese mismo período datan también las primeras investigaciones que pusieron de manifiesto la estrecha vinculación entre tecnologías de suministro y aplicación eléctrica, y aquellas que indagaron en las mejoras en la productividad que la electricidad proporcionó a la manufactura<sup>2</sup>. En España, fue durante los últimos noventa cuando la recepción de estas obras suscitó la publicación de los trabajos pioneros sobre su sector eléctrico. Centrados en buena medida en el período anterior a la guerra civil, destacan algunas monografías regionales y escasas síntesis generales<sup>3</sup>. La historiografía económica portuguesa empieza ahora a dar fruto. Comenzaron con la publicación de algunos trabajos sobre los méritos de los precursores de la electricidad en Portugal, para llegar recientemente a la edición de monografías sobre algunas compañías y el funcionamiento de ciertos mercados de distribución<sup>4</sup>. Lamentablemente, se carece aún de cualquier trabajo de comparación siquiera embrionario acerca de la evolución de las electrificaciones ibéricas.

La historia reciente de la periferia europea, en la que se puede incluir la península ibérica, ha suscitado entre los historiadores económicos un renovado interés en los últimos 15 años, que Gabriel Tortella hizo suyo hace ya 10 años cuando llamó la atención sobre la pobreza relativa de los recursos naturales de la península ibérica como clave explicativa de su retraso en la Edad Contemporánea. Pese a su llamada de atención, ésta ha encontrado hasta ahora un escaso eco entre los historiadores de la industria<sup>5</sup>.

En la presente comunicación comparo sucintamente las industrias suministradoras de electricidad de España y Portugal durante la primera mitad del siglo

---

<sup>1</sup> Versión preliminar, no citar sin permiso.

<sup>2</sup> Literatura básica a lo largo de estas páginas.

<sup>3</sup> Entre otros : Maluquer (1994), Sudrià(1997),Garrús (1997), Aubanell (2003).

<sup>4</sup> Simoes (1997), Cardoso de Matos[et alii] (2004).

<sup>5</sup> Tortella (1994). Desde un punto de vista más sofisticado, Rosés (2004).

XX a fin de describir un patrón de electrificación ibérico. Este modelo se caracteriza, entre otros rasgos, por una decidida pero lenta orientación hacia una explotación hidrodependiente, cuyos resultados, paradójicamente, guardan grandes semejanzas con las electrificaciones observadas en entornos termo-eléctricos. En efecto, pese a que como en las electrificaciones de los países escandinavos, de Suiza o de Italia y el sudeste francés, el agua desempeñase un importante papel en la península ibérica, los arranques de la electrificación en la Península coincidieron con la explotación del agua para su utilización en forma de alumbrado, al inicio, y luego para fuerza motriz. En consecuencia, la electrificación de los países ibéricos no fue sólo menos precoz, sino básicamente menos intensiva y los efectos sobre sus economías respectivas más limitados que en los casos citados.

Además, examino los factores que contribuyeron a esa explotación tardía de los recursos hidráulicos en la península ibérica. Visto desde cada país, la tentación institucional es muy fuerte. Mientras que en España se ha insistido a menudo en la aversión al riesgo de las compañías eléctricas y en la omisión pública; en Portugal, todo parece indicar que la explotación hidráulica se convirtió en una obsesión política del salazarismo<sup>6</sup>. Sin desdeñar en absoluto los efectos de la acción institucional, en las siguientes páginas me centro más bien en factores del entorno natural en tanto la manía constructiva de los Estados autoritarios y la aversión al riesgo de las empresas eléctricas no constituyeron rasgos específicos de la península ibérica. Su medio físico, sí. Las limitaciones que imponía la dotación de recursos hidráulicos en la Península, pese a la diversidad interna de su territorio, pueden contribuir a elucidar la cadencia de la electrificación en estos países, su sesgo manufacturero, y hasta el porqué del momento de la intervención pública en la construcción de diques.

Evidentemente, este proyecto resulta de una ampliación de otro mayor que constituyó mi Tesis Doctoral. Hasta ahora, me he limitado a la consulta de literatura secundaria sobre Portugal, puesto que mi propósito no es rescribir la historia de la electrificación portuguesa, que ya se está haciendo muy cabalmente, sino ayudarme del espejo portugués para comprender mejor, gracias al cotejo de la evolución de ambos países, la complejidad de las electrificaciones hidráulicas de la Europa del Sur<sup>7</sup>.

---

<sup>6</sup> Para España, Antolín (1999), para Portugal, véanse algunas opiniones no publicadas en [www.historia-energia.com](http://www.historia-energia.com)

<sup>7</sup> Bartolomé (2003) y Cardoso (2004).

## La Europa hidráulica

Una perspectiva comparativa, de geografía internacional, es por lo general ajena a una industria, la eléctrica, que a duras penas rebasa las fronteras nacionales, ya que suministra un fluido apenas transferible a larga distancia y aún hoy imposible de almacenar excepto en cantidades ínfimas<sup>8</sup>. Su geografía se ha contemplado siempre a escala interna: determinada por la ubicación de los recursos naturales en los entornos hidráulicos y por los núcleos urbanos en los territorios que consumen electricidad de origen térmico<sup>9</sup>. Incluso las aportaciones de la nueva geografía, que reclama los efectos acumulativos de los rendimientos a escala, se han circunscrito a la explicación de fenómenos domésticos<sup>10</sup>.

La literatura internacional tampoco abunda en interpretaciones de orden técnico para desentrañar las diferencias geográficas y cronológicas de las electrificaciones del siglo XX en Europa. Los problemas inherentes a la difusión técnica no contribuyen a esclarecer el problema: la mayoría de los países fueron seguidores e importadores de maquinaria —al menos de aquella más pesada—. El precio del equipamiento representaba un porcentaje que, aunque variable, alcanzaba raramente a aquellos correspondientes a concesiones, obras y redes de primera instalación. El argumento tecnológico se ha centrado más bien en las sendas de dependencia que la utilización de una u otra fuente primaria —agua o carbón— han deparado para las diversas electrificaciones. En el caso del agua, los sistemas hidrodependientes fueron bien descritos por Giannetti como tempranos, intensivos y poco coordinados<sup>11</sup>.

Los países que emplearon masivamente el agua para la obtención de electricidad con anterioridad a la II Guerra Mundial se dividían en tres grupos. Según se desprende del **cuadro 1**, Noruega, Suecia y Suiza conformarían el grupo de cabeza. Habían comenzado precozmente y alcanzaban consumos de más de 1000 kWh por habitante y año en 1937. A este grupo, se incorporaba a marchas forzadas su vecino nórdico, Finlandia. Un segundo grupo estaría formado por algunos países del Sur, como Italia y Francia, aunque esta última con más de la mitad del país empleando carbón para la producción de electricidad. Por último, España quedaría a medio camino de estos países y de Portugal, que apenas habría iniciado entonces su andadura hidroeléctrica.

---

<sup>8</sup> A este hecho hay que añadir el carácter estratégico de sus redes. Los intercambios de electricidad se han limitado siempre que se desea la independencia energética del exterior.

<sup>9</sup> George (1952).

<sup>10</sup> Krugman (1995).

<sup>11</sup> Giannetti (1985).

**Cuadro 1. Producción de electricidad por habitante en distintas fechas: kWh por habitante**

	Finlandia	Francia	Italia	Noruega	España	Suecia	Suiza	Portugal	Grecia
1890	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	3,07	s.d.	s.d.
1900	s.d.	8,45	s.d.	25,45	10,22	38,93	77,75	s.d.	s.d.
1910	s.d.	26,36	s.d.	428,93	18,62	s.d.	294,96	s.d.	s.d.
1922	83,55	151,99	151,11	1883,77	49,99	444,37	760,05	19,71	19,93
1928	234,48	348,96	261,69	2496,09	98,80	758,01	1235,65	31,50	27,56
1937	741,07	479,01	343,30	3154,23	103,33	1256,76	1557,67	51,93	25,19

FUENTE: Etemad & Luciani (1991) y Mitchell (1984).

Esta agrupación se corrobora al constatar en el **cuadro 2** la evolución de la intensidad energética durante este período. Noruega se destaca, a una cierta distancia les siguen el resto de los países nórdicos y Suiza, y acercándose a estos últimos encontramos a Francia e Italia. España no alcanza en 1935-7 ni un tercio de la intensidad del consumo eléctrico italiano, pero se equipara a la portuguesa. Portugal, con un consumo por habitante mucho menor, mantiene no obstante una relación entre ambas series muy semejante a la española.

**Cuadro 2. Producción de electricidad en relación al producto**

Años	Finlandia	Francia	Italia	Noruega	España	Suecia	Suiza	Portugal	Grecia
1890							0,0010		
1900		0,003		0,015	0,005	0,016	0,0224		
1910		0,009		0,222	0,009		0,0738		
1922	0,047	0,049	0,057	0,790	0,020	0,165	0,1818	0,019	0,017
1928	0,090	0,076	0,083	0,838	0,031	0,204	0,2014	0,026	0,016
1937	0,215	0,111	0,111	0,847	0,035	0,277	0,2516	0,037	0,013

FUENTE: Etemad & Luciani (1991), Mitchell (1984), Prados (1993) y (2003).

La escasa intensidad de las electrificaciones ibéricas es fiel reflejo del reparto entre grupos de consumidores. Como se aprecia en el **cuadro 3**, la industria era el principal usuario eléctrico en vísperas de la guerra civil, tanto en España como en Portugal, pero la porción de este empleo era mucho menor que en otros países de predominio hidroeléctrico. Además, sólo un 8 por 100 del total de la energía eléctrica distribuida en España se empleaba en industrias electro-intensivas, consumiéndose el resto por manufacturas, siendo este porcentaje aún menor en Portugal. Llama asimismo la atención el elevado porcentaje de consumos destinados todavía en 1929 a iluminación –servicios públicos— y tracción, considerados ambos como usos urbanos iniciales de la electricidad.

**Cuadro 3. Reparto de los consumos finales de electricidad comercial en 1929**

	Finlandia*	Francia	Italia	Noruega #	España	Suecia	Suiza	Portugal
Tracción	1,12	7,06	8,89	0,65	} 9,90	5,09	8,40	26,32
Electroindustria	19,03	22,18	15,43	73,91		25,60	18,00	5,26
Otras industrias	71,08	53,38	64,20	6,96	} 72,71	57,17	53,60	39,47
Servicios públicos	8,77	17,39	11,48	18,48		17,38	12,14	20,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

FUENTE: *Annuaire Statistique de la Société des Nations*, (1932-33)\*1930. #Con autoprodutores.

Al cabo, antes de la II Guerra Mundial las electrificaciones ibéricas poco se ajustaban al modelo propuesto por Giannetti para identificar las electrificaciones hidráulicas. Habían despertado lentamente y eran escasamente intensivas, descollando los usos ligeros del fluido. Solamente se correspondía con el patrón hidráulico su escasa coordinación. Tanto en España como en el Portugal de 1940 apenas habían comenzado a coordinarse espontáneamente algunos sistemas regionales del Norte de ambos países<sup>12</sup>.

### Portugal y España

La comparación entre las electrificaciones portuguesa y española resulta extraña, en tanto su apariencia antes de la guerra civil era muy diferente. Como se observa en el **cuadro 4**, la contribución del agua a la demanda energética agregada de España en 1933 era la mitad de la italiana, pero, aún así, triplicaba a la portuguesa, que mantenía aún una sostenida dependencia de los combustibles fósiles.

**Cuadro 4. Consumo bruto de energía en algunos países en 1933**

	Distribución por fuentes primarias (%)			
	Carbón	Petróleo	Hidroelectricidad	
Italia	41	11		48
España	68	8		24
Francia	82	9		9
Portugal	79	14		7

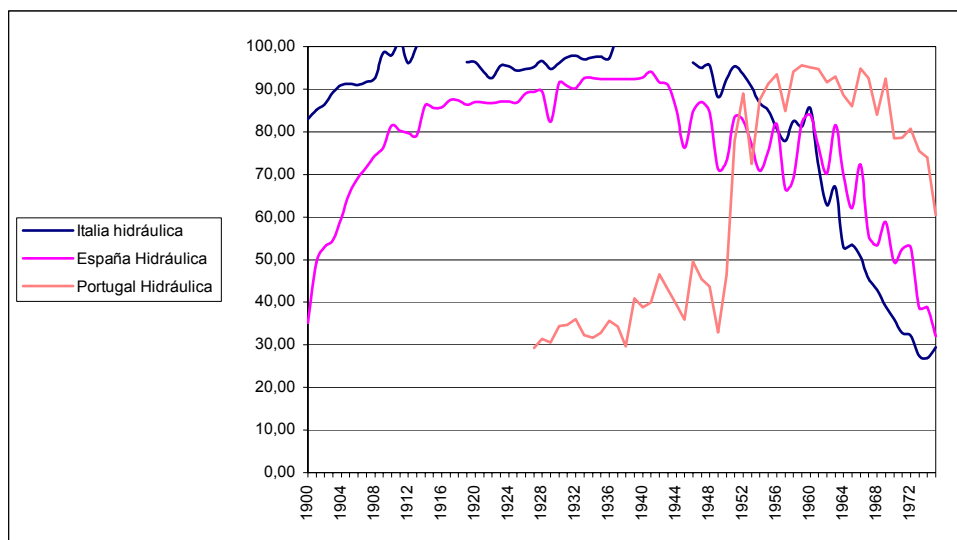
FUENTE: Sudrià (1997). Italia y Portugal tan sólo consumo de carbón en 1900. Utilizó el cálculo de Sudrià aunque exista un portugués más reciente al no haberse publicado.\*El kec representa el kilogramo equivalente de carbón.

A más largo plazo, sin embargo, las semejanzas fueron notables. En primer lugar, ambas acabaron siendo hidrodependientes por un período de más de treinta años, sin que, curiosamente, los tiempos coincidieran. Si se observa el gráfico 1, que refleja la composición de la producción eléctrica a lo largo del siglo XX en Italia, Portugal y España, se comprobará que Italia fue hidrodependiente antes de comenzar el siglo,

<sup>12</sup> Vidal Burdils (1946) y Bartolomé (2003), c. 4.

España lo llegó a ser en vísperas de la I Guerra Mundial y Portugal lo sería a partir de 1950. Además, y como se observa en el Cuadro del Anexo, la utilización masiva del agua, en España desde 1915 y en Portugal desde 1959, apuntaló un crecimiento firme de la producción eléctrica que multiplicó la anterior producción térmica.

**Gráfico 1. Evolución del porcentaje de producción hidráulica en Italia, España y Portugal respecto al total de la producción eléctrica en cada país**



FUENTE: Para Italia, Bardini (1992), Giannetti (1987), Etedman & Luciani (1991). Para Portugal, Teives (2004). Y para España, Bartolomé (1999).

En segundo lugar, es notorio el retraso en el impulso electrificador peninsular respecto a los principales países hidroeléctricos: de casi 25 años en España y de más de 60 en Portugal. Esta demora no fue sólo lentitud electrificadora, pues, en tercer lugar, no se reproducen todas las fases conocidas en las electrificaciones hidráulicas. Así, la primera electrificación que prende tanto en el Norte de Europa como en Italia, centrada en la electro-metalurgia y la química y protagonizada por fábricas en ubicaciones insólitas y con predominio de la autogeneración, pasa prácticamente en blanco para los países ibéricos. Pese a una cierta abundancia de auto-productores en 1940 en Portugal, éstos se corresponden más bien con equipos térmicos autógenos de talleres, que se garantizaban así la regularidad del suministro<sup>13</sup>.

En cuarto lugar, es una electrificación poco intensiva, centrada en los empleos discontinuos, primero iluminación y luego, como se ha visto en el cuadro 3, en la manufactura.

En quinto lugar, tanto en Portugal como en España, la creación de mercados regionales fue tardía por las dificultades que entrañaba el tendido de las redes de

<sup>13</sup> Faria (2003).

coordinación, que implicaban un importante esfuerzo inversor, pero también por la persistente atomización de fábricas de electricidad dispersas, capilares, que siguieron siendo relativamente rentables hasta bien avanzado el siglo XX<sup>14</sup>. Esto se relaciona, en sexto lugar, con la importancia relativa de los consumidores domésticos de alumbrado en estos mercados eléctricos poco desarrollados. La relevancia de los ingresos por iluminación era tal para las empresas portuguesas y españolas que ejercieron hasta muy avanzado el siglo XX una discriminación tarifaria a favor de los consumidores del uso más elástico al precio, y en detrimento de los fabriles, rompiendo, en apariencia, la lógica del negocio eléctrico.

Sin embargo, en séptimo lugar, pese a la debilidad aparente del negocio hidroeléctrico en la Península Ibérica, grandes compañías internacionales invirtieron en torno a la Primera Guerra Mundial y hasta 1925 en el Norte de Portugal y en los entornos naturales de los mercados catalán, andaluz y madrileño<sup>15</sup>. Tras una larga pausa, sólo rota por la inauguración de Saltos del Duero, las subvenciones públicas durante los últimos cincuenta y primeros sesenta hicieron posible la regularización de los grandes ríos peninsulares y, por fin, el incremento acelerado de la oferta hidroeléctrica. Estas construcciones dieron inicio en Portugal al período hidrodépendiente, mientras su magnitud no impidió en España el inmediato fin de la hegemonía del agua, con una diversificación mayor de las fuentes primarias de energía eléctrica<sup>16</sup>.

En suma, la pauta de electrificación ibérica se caracterizó por un comportamiento más bien lánguido mientras dependió del carbón, pero cuyo ímpetu se aceleró cuando dio comienzo la utilización hidráulica a gran escala. Pese a que sus tiempos fueran diferentes, tienen en común el ser tardías, poco intensivas y con sistemas apenas coordinados. Y no por la abundancia de la autogeneración, sino por la pobreza de sus medios productivos.

### **Tradición manufacturera y recursos primarios**

¿Qué tenían en común España y Portugal en la primera mitad del siglo XX? Una respuesta inicial la otorgan los bajos niveles de renta y la especialización fabril de ambos países en los albores del siglo XX. Hace algunos años que los historiadores españoles cayeron en la cuenta de que, en realidad, la electrificación española se parecía

---

<sup>14</sup> Estas era tanto hidráulicas como térmicas. Vidal Burdils (1946) y Bartolomé (2003), c. 5.

<sup>15</sup> Estas eran la Sofina y, más adelante, el propio Grupo Eléctrico del Vizcaya en Portugal. Véase también Segreto (1993).

<sup>16</sup> Véase Cuadro Anexo 1. El cambio lo define la Ley 2002 en 1944 y en España a partir del Plan de Electricidad de 1954-63.



más a aquellas de países de predominio térmico, como Alemania o EE.UU.<sup>17</sup> Allí la electrificación fue más bien tardía, escasamente intensiva y asociada a la manufactura. En consecuencia, al estudiar el caso español se ha orillado a menudo su naturaleza hidrodependiente y se ha examinado en sintonía con las electrificaciones que siguieron haciendo uso del vapor durante toda la primera mitad del siglo XX: el auge electrificador del período inmediato a la I Guerra Mundial se explicaría por la preferencia por la manufactura ligera, de modo que la electrificación habría marchado en paralelo con la difusión del motor eléctrico y la iluminación. El ritmo habría venido definido por la evolución de los precios de factores sustitutivos, ya fuera de aquella del carbón en las investigaciones pioneras, ya de la trayectoria del precio del trabajo no cualificado, más recientemente<sup>18</sup>.

El caso portugués bien podría incluirse dentro de este paradigma: se explicaría por su preferencia aún en fecha tan tardía como 1933 por el carbón importado y por la orientación ligera de la manufactura, ubicada en el Norte del país. Se podría aventurar que el país se habría electrificado al ritmo que lo hacía su manufactura, lentamente, y la preferencia por el vapor resultaría de un distanciamiento menor que en España entre precios hidráulicos y precios del combustible fósil. El arancel, menos proteccionista, explicaría el persistente sesgo térmico, tan sólo alterado por el empecinamiento de los gobiernos salazaristas en lograr el abastecimiento energético en fecha tan tardía como 1950.

Pese a su atractivo y solidez, esta lectura es incompleta y ofrece algunos aspectos discutibles. En primer lugar, la escasa intensidad energética y las rentas bajas no constituían un rasgo peculiar de España y Portugal en la Europa de 1880. Noruega e Italia, que partieron desde rentas ínfimas en esos años, se valieron del agua para aprovechar su oportunidad con plenitud. Italia, por ejemplo, había presentado un acusado sesgo hacia la industria ligera que el concurso de la hidroelectricidad alteró sustancialmente en los primeros decenios del nuevo siglo, pese a partir de niveles de intensidad energética y de renta por habitante similares a los ibéricos<sup>19</sup>.

Además y, en segundo lugar, alrededor de 1960, y sin mediar un cambio técnico reseñable ni del lado de la generación ni del de las aplicaciones, España acabaría

---

<sup>17</sup> El escaso ajuste del caso español al modelo hidráulico llevó incluso a Segreto a preguntarse por la pertinencia de la preferencia española por el agua en la mejor síntesis comparativa disponible sobre las primeras electrificaciones europeas. Segreto (1992).

<sup>18</sup> Maluquer (1994) y Aubanell (2001), respectivamente.

<sup>19</sup> Glete (1987) y Giannetti (1985).

igualando las magnitudes de potencia hidroeléctrica instalada y de producción de la Italia de entreguerras. De la misma manera, Portugal también dio alcance en torno a 1960 a la España hidroeléctrica de 1935, con un aprovechamiento por km<sup>2</sup> y por habitante mayor que aquel de la España anterior a la II Guerra Mundial. Esto significa que, a la postre, los tres países disponían de un potencial de crecimiento agregado para la utilización del agua relativamente similar que, sin embargo, no utilizaron a la vez, redundando en beneficios desiguales en cada territorio. Si bien en Italia animó un pronto y satisfactorio uso, en España y Portugal tardó en emplearse y sus efectos inducidos fueron menos provechosos para estas dos últimas economías.

La razón de esta tardanza no se originó en un retraso tecnológico: al menos en España, las tecnologías más novedosas estaban tan presentes como en la Italia de entreguerras, incluso la explotación de centrales con embalse interanual arrojaba en términos relativos un uso mayor en España que en Italia. Así, las reservas acumuladas en embalses españoles en 1935 suponían aproximadamente 565 millones de kWh, un 18,8 por 100 de la producción total anual; mientras que en Italia con una producción global de 10.793 millones de kWh y una reserva de 1.569 millones de kWh representan éstos sólo un 13,5 por 100 del total<sup>20</sup>.

La escasa coincidencia en los brotes electrificadores de Italia y la Península Ibérica tuvo su origen en una especialización en aplicaciones eléctricas diferentes: intensivas, la primera, y manufacturera, la segunda. Y éstos usos hidroeléctricos tuvieron tiempos de difusión diferentes y sucesivos, dando lugar a brotes electrificadores diferenciados. Esta preferencia se hizo palpable en las diferentes combinaciones de las tecnologías de generación y de transmisión eléctrica así como en la escala con que aparecieron. El origen de esa diversa especialización no fue, como se verá, la secuela de una rutina industrial, sino la consecuencia de una dotación de recursos naturales cuantitativa y cualitativamente diferenciados. Y el resultado no fue neutral porque no lo eran los efectos de arrastre de productos dirigidos bien al mercado interno bien al internacional<sup>21</sup>.

---

<sup>20</sup> Errandonea (1935): pp. 298. Las cifras correspondientes a Portugal eran mucho más modestas, aunque crecieron sin descanso: de una reserva de 10 millones de kWh en 1927 a los 30 millones de kWh de 1937, a los 60 millones de kWh de 1943. Vidal Burdils (marzo 1946), p. 126.

<sup>21</sup> No olvido que la literatura tecnológica internacional sobre el sector eléctrico se ha trufado de argumentos institucionales acordes con la práctica universalidad de la regulación pública de los mercados eléctricos tras la II Guerra Mundial, desde el propio Hughes (1983) y que han prendido, con razón, en sendas historiografías.

## **Poli-producto eléctrico y medio geográfico**

Que la electricidad es un poli-producto se presenta evidente. Los economistas de los mercados eléctricos llevan vindicando este carácter desde hace años. El suministro de electricidad consumido en forma de iluminación o calefacción doméstica poco tiene que ver con aquel empleado, sin transformaciones y en alta tensión, por la electroquímica y la electro-siderurgia, o por aquel para fuerza motriz en las manufacturas<sup>22</sup>. Para un ciudadano de principios del siglo XX, la luz eléctrica y la fabricación del aluminio constituían fenómenos tan diversos como la iluminación por carburo, muy extendida en el cambio de siglo, y la obtención de gas acetileno, pese a que la primera fuera posible gracias a la segunda. No obstante, por electrificación se suele comprender un solo proceso que incluye la difusión de éstas y otras aplicaciones durante el primer tercio del siglo XX. Esta identidad que hoy se aprecia en torno al fenómeno electrificador estriba en la integración del conjunto de suministro en alta y baja tensión en torno a redes, dependientes de compañías que cubren grandes áreas y que incluyen entre sus usuarios tanto los modestos consumidores domésticos como las grandes compañías de transporte ferroviario. Aún hoy, cada tipo de cliente origina costes muy diferentes para las compañías suministradoras según su perfil de consumo diario y estacional: la potencia contratada, la duración y la rutina en el uso de esa potencia<sup>23</sup>.

En los primeros tiempos de la electricidad cada tipo de empleo eléctrico fue conocido sucesivamente y vino a ser suministrado por un modelo de generación, de transporte y de distribución exento. Al inicio, cada aplicación organizó sistemas de generación y redes de suministro diferenciadas y éstas tardaron casi medio siglo en quedar integradas en torno a las redes regionales y nacionales<sup>24</sup>. Así se siguieron los usos inaugurales —iluminación y procesamientos industriales eléctricos, en particular la electro-metalurgia— que se suministraban a sí mismos o en redes que cubrían el entorno inmediato, para luego avanzar con los procesamientos electroquímicos y el motor eléctrico hacia sistemas de transmisión distantes que fueron el escalón inicial de las redes regionales.

Desde esta perspectiva de poli-producto, bien puede pensarse que, en lugar de una electrificación con sucesivos brotes más o menos logrados, lo que en realidad se sucedieron en Europa fueron electrificaciones diferenciadas. Los resultados de cada una

---

<sup>22</sup> Joskow & Schmalensee (1983).

<sup>23</sup> Y esto se reconoce en la actualidad con la aplicación de tarifas diversas según la aplicación.

<sup>24</sup> Segreto (1992) y (1993).

de ellas acabaron entrelazándose a través de las redes de suministro, pero los factores que las impulsaron y sus logros fueron en gran medida independientes unos de otros. De hecho, algunos argumentos controvertidos en torno al fenómeno de la electrificación resultarían compatibles al referirse a momentos electrificadores diversos<sup>25</sup>.

La literatura eléctrica ha atendido con minuciosidad al examen de la evolución electrotécnica de esta industria y, por tanto, a las fases técnicas encadenadas que partieron de las redes locales, hasta la construcción de las grandes redes nacionales. En su vertiente hidráulica, la historiografía ha prestado atención, asimismo, a los logros de la ingeniería hidráulica y a describir cuáles fueron las condiciones naturales favorables para la difusión de cada paradigma hidroeléctrico. Pese a ello, hasta hoy no se ha procedido a cuantificar desagregadamente la dotación hidráulica adecuada para cada momento eléctrico y, menos aún, sus consecuencias electrificadoras<sup>26</sup>.

La importancia de dotaciones adecuadas de carbón sí ha sido puesta de manifiesto por Bardini, quien no hace mucho ha logrado convertir en operativa la vieja hipótesis de Cipolla y Wrigley sobre la importancia de los depósitos de carbón mineral y su transporte en la I Revolución Industrial en Inglaterra. Bardini ha planteado la relación entre disponibilidad de recursos naturales y difusión de determinadas técnicas clave, las cuestiones básicas para su tratamiento cuantitativo, y ha examinado a fondo los efectos de su carestía en Italia<sup>27</sup>.

En los territorios hidrodependientes la dotación global de recursos primarios viene determinada por la cantidad de saltos hidráulicos disponibles para su explotación eléctrica, consistiendo cada salto en una localización donde el flujo variable de la corriente presenta características singulares de regularidad y potencia para el aprovechamiento de su energía cinética. Su valor se mide en función de la regularidad de su caudal, del tamaño del aprovechamiento que pueden albergar, de su accesibilidad y de la distancia hasta los centros de consumo y, por tanto, estos emplazamientos constituyen un patrimonio heterogéneo y finito en cada territorio. En mayor medida que

---

<sup>25</sup> *Grosso modo*, cuando se considera que la electricidad constituyó una nueva forma de energía, se suelen referir a las electrificaciones tempranas que proporcionaron nuevos productos o mejoraron los existentes. Rosenberg (1982). Mientras, cuando se insiste en que la electricidad proporcionó una fuente de energía alternativa, en realidad se está refiriendo el proceso correspondiente a la difusión de la electricidad en la manufactura. Woolf (1984). A caballo entre estas dos interpretaciones, aquellas que insisten en las ventajas en productividad que el motor eléctrico proporcionó a la manufactura. Schurr (1991).

<sup>26</sup> Un ejemplo de todo esto lo otorga el propio Hughes, que tras seccionar con bisturí el funcionamiento de algunos laboratorios y mercados concretos, liquida la electrificación hidráulica de California con su cercanía a las Montañas Rocosas. Hughes (1983).

<sup>27</sup> Bardini (1997).

el carbón, la maquinaria de generación eléctrica presentó especificidades respecto a la dotación de recursos primarios aprovechables no sólo agregadamente, sino también para cada episodio electrificador. Cada complejo de aplicación-generación ofrecía indivisibilidades técnicas respecto al tamaño, características físicas del salto –altura, caudal y regularidad—y su ubicación. Por tanto, la abundancia de recursos primarios para la explotación hidráulica no fue una mera cuestión cuantitativa, sino también cualitativa<sup>28</sup>.

Alejada de los paradigmas prevalentes en la historiografía económica, esto lo viene reconociendo largamente la economía de los recursos naturales, que ha demostrado que, sea cual fuere el conocimiento que sobre la disponibilidad que de los recursos se tiene, la naturaleza impone umbrales a su explotación. Entre aquellos limitados y no homogéneos, que constituyen la mayoría –pues aunque el producto no sea heterogéneo sus depósitos sí lo son—se distinguen al menos tres tipos de umbrales. En primer lugar, existe la disponibilidad bruta de ese recurso, difícil de estimar, y que constituye el límite absoluto impuesto por la naturaleza para su explotación en determinado territorio. Como se deriva de su naturaleza limitada, éste resulta una frontera fija, pero de escasa utilidad a efectos de comparación. En segundo lugar, se habla de potencial técnico neto que resulta de la naturaleza heterogénea de los depósitos en que las primeras materias se acumulan. Con ella se hace referencia a la cantidad de recurso utilizable según la tecnología de extracción disponible. Esta última, al renovarse, establece una frontera móvil de posibilidades de utilización del recurso. En el caso de aquellos recursos, la agregación del potencial explotable en determinadas condiciones tecnológicas constituye la dotación de potencial hidroeléctrico neto, que suele ser el utilizado en las comparaciones internacionales de estos recursos<sup>29</sup>. La tercera es la disponibilidad económicamente útil. Este último umbral define la utilidad marginal del empleo de los diversos depósitos técnicamente disponibles, atendiendo al coste de oportunidad de su explotación. Esta dotación económicamente útil constituye también una disponibilidad móvil, determinada en parte por las posibilidades técnicas de un período considerado, y en parte por la relación entre los costes de empleo de cada

---

<sup>28</sup>El análisis histórico de las indivisibilidades entre maquinaria y dotaciones de recursos primarios es antiguo. En una línea que parte de Habakkuk, pero en la que participan el primer Chandler, el primer David, y Rosenberg a lo largo de buena parte de su trayectoria, la dotación adecuada de un determinado recurso primario se considera básica para determinar la desigual distribución territorial de la difusión de una tecnología. Véase por ejemplo, Rosenberg (1982).

<sup>29</sup> A menudo en unidades de energía producible anualmente. De esta manera se considera el eventual rendimiento de las máquinas.

acumulación y los precios actuales de ese recurso natural. De la agregación de esos depósitos útiles en un momento tecnológico dado, se obtendría la dotación económica aprovechable, que es la que define tanto la geografía como el ritmo de la explotación de ese recurso<sup>30</sup>.

Hotelling propuso los umbrales de entrada y de salida del negocio de la extracción de primeras materias y resolvió el problema del ritmo de la explotación de cada depósito. Sus modelos consideran que los recursos naturales constituyen recursos homogéneos, pero acumulados en depósitos heterogéneos, cada uno de los cuales presenta costes diversos de extracción<sup>31</sup>. Conocido el total de la primera materia acumulado en cada depósito, y en ausencia de cambio técnico y de rendimientos de escala en la explotación, se considera que la curva de oferta de las industrias extractivas tendrá una pendiente positiva y una forma escalonada, correspondiendo cada escalón a un depósito de este material. Éstos se explotarán en razón creciente al coste medio de extracción del material en cada depósito, pues el empleo de cada uno se vincula con un porcentaje muy elevado de costes fijos –acondicionamiento del depósito—y una porción menor de costes variables<sup>32</sup>.

Pese a la existencia de notorias diferencias entre la explotación minera y la hidroeléctrica, el modelo de Hotelling resulta útil para comprender, en primer término, que la explotación hidroeléctrica mostró desde sus inicios una curva de oferta con pendiente positiva y escalonada, como la sugerida por Hotelling en la explotación de otros recursos naturales. Estos depósitos de recursos eran para la utilización hidroeléctrica los conjuntos de saltos con características similares, que se fueron aprovechando en orden de costes unitarios crecientes a lo largo del siglo XX. Por el contrario, la curva de oferta de los sistemas térmicos, la más conocida, presentó muy pronto rendimientos crecientes de escala: los sistemas termoeléctricos ganaron a lo largo del siglo XX en eficiencia con la utilización de combustibles, y mantuvieron siempre unos costes iniciales relativamente modestos junto a una mayor flexibilidad en la incorporación de nuevas unidades<sup>33</sup>.

---

<sup>30</sup> Véase, Randall & Castle (1985).

<sup>31</sup> Kneese & Sweeney (varios años) y Young & Haveman (1985).

<sup>32</sup> Young & Haveman (1985).

<sup>33</sup> Landes (1979). Otra circunstancia particular era la imperfección de los sistemas de interconexión, que eran gravosos para las compañías y no constituían evidentemente un sustituto perfecto respecto a las nuevas construcciones. A cambio, el aumento de la potencia de punta se evitaba a veces con el empleo de centrales obsoletas, las centrales de reserva, que, pese a mantenerse inactivas la mayor parte del tiempo y a aparejar costes operativos muy elevados, solventaban la regularidad del servicio de las compañías durante puntas ocasionales de la demanda.

Que la explotación hidroeléctrica presentaba una curva de oferta con pendiente positiva y escalonada es bien conocido por la literatura especializada<sup>34</sup>. No lo es tanto, sin embargo, que la demanda de esta energía se desplazaba abruptamente, por brotes, con la difusión de cada complejo de generación-aplicación. Éstos hacían traspasar el umbral entre el potencial técnico útil y el potencial económicamente útil. Así, y durante el primer tercio del siglo XX, se distinguen dos grandes escalones: aquel en que la hidroelectricidad se obtiene de corrientes de flujo continuo y predominan los usos estacionales, entre los que destaca el alumbrado, y los primeros empleos intensivos; y aquel cuando se difunden los usos manufactureros y el motor eléctrico, primero con el aprovechamiento de los saltos en altura y con la introducción de la corriente alterna, que permite su transporte a larga distancia y, luego, con el almacenamiento de aguas mediante embalse que da pie a la construcción de centrales de gran potencia y a la regulación del caudal de los grandes ríos.

La explotación hidroeléctrica de un cúmulo de saltos con características similares se desencadenaría cuando la energía obtenida en ellos fuera rentable para determinada aplicación con destino al mercado internacional o doméstico. El ritmo concreto de disfrute de estos conjuntos de saltos, esto es, la ampliación y uso de la potencia eléctrica sin la introducción de innovaciones en el terreno de la generación-aplicación, derivaría luego del aprovechamiento de las economías de escala, del lado de la oferta; y del lado de la demanda, del tamaño del mercado y de las variaciones en los precios de otras energías o el trabajo no cualificado.

A menudo olvidadas, las economías de escala vinculadas a la fabricación de los productos finales actuaron eficientemente durante el primer tercio del siglo XX en aquellos productos de gran intensidad en el consumo de energía y que se dirigían al mercado internacional. Pese al tamaño a menudo minúsculo de las explotaciones hidráulicas, los países pioneros pudieron adquirir tempranamente poder de mercado. Por añadidura, en la fabricación de algunos productos, como los electroquímicos, la gran fábrica fue además el modelo más eficiente de producción.

Ahora bien, aun cuando los economistas de la energía insisten en los rendimientos a escala de los sistemas eléctricos, se refieren por lo común a sistemas térmicos de postguerra mundial<sup>35</sup>. Históricamente, las centrales de explotación hidroeléctrica no contrarrestaban automáticamente la incidencia de mayores costes unitarios de potencia

---

<sup>34</sup>Turvey & Anderson (1979).

<sup>35</sup> Eden (1981).

instalada en centrales mayores. Antes al contrario, las pequeñas centrales hidráulicas que empleaban caudales de flujo continuo eran mucho más económicas. Toda inversión incorporaba un alto grado de incertidumbre al planificarse, necesariamente, con un marcado exceso de capacidad. Respecto a las economías de redes, conviene señalar que los sistemas de interconexión eran muy imperfectos y, por tanto, muy gravosos para las compañías y las economías de coordinación no actuaron eficientemente hasta bien entrado el siglo XX. A cambio, el aumento de la potencia de punta se evitaba con el empleo de centrales obsoletas, las centrales de reserva. Éstas, pese a mantenerse inactivas la mayor parte del año y aparejar costes operativos muy elevados, solventaban la regularidad del servicio de las compañías durante las puntas ocasionales de la demanda<sup>36</sup>. Pese a ello, la conexión fue avanzando y las nuevas incorporaciones de equipo productivo de un sistema eléctrico descansan siempre sobre los equipos anteriores de producción, transporte y distribución. Los sistemas de transmisión anclan la generación eléctrica al rendimiento de sus antecedentes. Como Hughes señaló en 1987, cualquier análisis del sector eléctrico en este período, incluida una estimación de la dotación hábil de recursos hidráulicos, precisa de una perspectiva de análisis dinámica, por gradual, al tiempo que acumulativa, por prisionera de su pasado<sup>37</sup>.

Por lo demás, conviene insistir en que cada nueva aplicación se dirigía hacia mercados diversos. Mientras la iluminación constituía un producto de venta contigua a las fábricas, y ésta era la demanda que debía analizarse al establecer una central eléctrica con este fin, el aluminio era una aplicación con demanda internacional y la localización de las fábricas para su obtención podía obviar en buena medida la demanda adyacente, o la propia demanda doméstica del país en que se ubicase. Veamos cómo se conjugaron estos factores en la difusión de las sucesivas aplicaciones eléctricas durante la primera mitad del siglo XX en la península ibérica.

### **El potencial hidroeléctrico de Portugal y España**

El potencial bruto de las cuencas españolas se sitúa en torno a los  $150.000 \cdot 10^6$  kWh según coinciden la mayoría de las evaluaciones que sobre el mismo se realizaron a partir de 1950. Mientras, el portugués apenas sobrepasa los modestos  $32.000 \cdot 10^6$  kWh. Con algunas excepciones, las tres primeras columnas del cuadro 5 establecen una correlación muy estrecha entre la cuantía del potencial hidroeléctrico y su

---

<sup>36</sup> Giannetti (1997).

<sup>37</sup> Hughes, (1983).



aprovechamiento en vísperas de la II Guerra Mundial. Existirían unos países mejor dotados, los escandinavos, a los que seguiría el grupo formado por Suiza, Francia, Italia y España, en este orden, y a la cola se encontrarían Portugal y Grecia. Solamente los casos de Finlandia y España se escaparían a este argumento, el primero por exceso de explotación y el segundo por defecto. Ahora bien, si consideramos las dos últimas columnas del **cuadro 5**, el argumento se desmorona: Portugal cuenta en términos agregados con un potencial económico muy semejante al italiano y, sin duda, mucho mayor que el español. Sabido es que casi tres cuartas partes del territorio español pertenece a zonas áridas o semiáridas<sup>38</sup>, cuando sólo una región portuguesa participa del clima mediterráneo en su variante continental. En España llueve poco e irregularmente y escurre aún en menor medida por efecto de la evaporación y de las escorrentías subterráneas. En Europa, en promedio, el agua que circula superficialmente es algo menos de la mitad del total de sus precipitaciones –en torno a 300 mm-- , mientras que en España ésta constituye aproximadamente un tercio, alrededor de 232 mm.<sup>39</sup>

**Cuadro 5. Potencial hidroeléctrico en Europa**

	Potencial bruto fluvial en GWh/año	Potencial técnico en GWh/año	Potencial Económico en GWh/año	Potencial Económico por km <sup>2</sup> en kWh/año	Potencial económico por km <sup>2</sup> en MW
España	155019	76639	48220	95526	21,23
Finlandia	28000	18100	13000	38447	8,54
Francia	270000	100000	65000	119493	26,55
Grecia	35875	20667	15594	118145	26,25
Italia	222000	58000	50000	165946	36,88
Noruega	n.d.	n.d.	158000	487805	108,40
Portugal	32000	17000	13500	146120	32,47
Suecia	n.d.	130000	95000	211128	46,92
Suiza	n.d.	n.d.	32080	776944	172,65

FUENTE: Las magnitudes de los potenciales proceden de Sección de Energía Eléctrica de la División de Industria del Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas (1953). El potencial económico por km<sup>2</sup> está calculado en kWh, que es una unidad un millón de veces menor que el GWh. El potencial en MW, mil kW, se ha estimado considerando una utilización anual de la potencia en torno a las 4.500 horas.

Durante la primera mitad del siglo XX, y pese a su potencial, el empleo de la hidroelectricidad en España fue abrumador en comparación con el portugués. La causa no estribaba en un puro atraso técnico, por cuanto estas previsiones de potencial incorporaban toda la tecnología electrotécnica e hidráulica anterior a la contienda

<sup>38</sup> Masach Alavedra (1948).

<sup>39</sup> Este coeficiente varía enormemente entre las diversas cuencas, desde un 66 por 100 en la Galicia costera a un 14 por 100 en la cuenca del Segura, y estas oscilaciones son más acusadas en años de sequía. López Camacho (1993).

mundial, sólo corregidas en el decenio de 1980 tras la incorporación de las centrales reversibles o de bombeo. A mi manera de ver, la razón de este atraso de España respecto de Italia, y de Portugal respecto de España, es achacable a que las necesidades de regulación del caudal fueron mayores en Portugal que en España y en el conjunto de la península Ibérica que en Italia. En efecto, Redonet publicó en 1957, para UNESA, unas previsiones, tan sólo corregidas más tarde tras la incorporación de la tecnología de las centrales de bombeo o reversibles. Allí se advertía que la explotación del caudal disponible en España exigiría, cuanto menos, la regulación en un 40 por 100 de los caudales. Posiblemente, este porcentaje se elevaba casi al 90 por 100 en territorio portugués. En fecha tan temprana como 1943, la capacidad total de los embalses de regularización portugueses era del orden de 100 millones de m<sup>3</sup>, correspondientes a una producción de 60 millones de kWh anuales, lo que ya suponía una cuarta parte de la producción hidráulica portuguesa de aquel mismo año<sup>40</sup>. Pero el almacenamiento de agua mediante embalse interanual comportaba un elevado coste por unidad instalada, además de incorporar costes hundidos debido a la escala de las explotaciones dotadas de presa. La regulación de los ríos peninsulares, y en particular la de aquellos en sus cursos medios y en la cercanía de su desembocadura, mereció en toda Europa desde el período de entreguerras la consideración de infraestructura pública y, por tanto, se aseguró la participación del Estado en su financiación. En definitiva, el patrimonio de recursos hidráulicos de la península consentía la explotación de aprovechamientos estacionales, de mayor o menor envergadura u obligaba a la construcción de embalses para asegurar la regularidad del flujo hídrico y su explotación a gran escala<sup>41</sup>. Y esto último era caro y arriesgado.

En esta perspectiva, la explotación de la dotación hídrica de la Península fue razonable: comenzó con los saltos de menor dimensión, en torno a 1900, para continuar con el aprovechamiento de las cabeceras de los ríos en centrales cuya magnitud media se aproximaba a los 10.000 kW instalados hacia 1915. Culminó con la construcción en ambos países de la mayoría de los hiperembalses a partir de 1950. Este modelo concuerda muy ajustadamente con la aproximación de Hotelling al ritmo de explotación de depósitos de primeras materias, saltos, que presentan costes fijos unitarios

---

<sup>40</sup> Vidal Burdils (1943 c), p. 126.

<sup>41</sup> Un trabajo general sobre la disponibilidad de agua en territorio peninsular en United Nations (1991).

heterogéneos: la tendencia de explotación de menor a mayor tamaño como resultado de una pendiente positiva y escalonada en la oferta de recursos hidráulicos<sup>42</sup>.

### **El potencial económicamente explotable y las sucesivas electrificaciones en la Península Ibérica**

#### **a) El alumbrado y los usos estacionales**

La puesta en uso de la dínamo Gramme, a partir de 1873, de la lámpara de incandescencia, dotada de filamento de carbón, desde 1878, y la inauguración de la primera estación central, en Pearl Street, en 1882, constituyeron los hitos técnicos que dieron pie a las aplicaciones pioneras de la electricidad, el alumbrado urbano, los motores simples para la tracción de tranvías, la molienda de granos y los aserraderos. Con estos usos se tendieron redes primitivas en corriente continua y dio comienzo su empleo comercial<sup>43</sup>. Pequeñas plantas de generación aisladas compondrían el equipamiento básico de los tempranos balbuceos de la electricidad comercial. Dependían en su mayoría del carbón como fuente primaria de energía, en el medio urbano; y la conversión plantas hidromecánicas en hidroeléctricas fue la predominante en el rural, asociándose al empleo *in-situ*<sup>44</sup>. Molinos harineros, aserraderos y manufacturas de todo tipo situadas en las cabeceras de los ríos se constituyeron prontamente en usuarios de esta forma de energía. Estas fábricas extraían ventajas adicionales a estas reformas, mediante la venta de la energía excedente para alumbrado durante las horas nocturnas en que no trabajaban. Su ventaja radicaba en unos costes de acondicionamiento escasos, la explotación de energías de vertedero y un radio limitado de suministro. Pese a lo azaroso del servicio, la iluminación y la molienda eléctrica de estos establecimientos era competitiva en coste y calidad con cualquier otra forma de suministro de energía para estos usos. La geografía hidroeléctrica se superpuso en muchos países a la explotación hidráulica tradicional.

---

<sup>42</sup> Bartolomé (2003), c. 2

<sup>43</sup> Para el enfoque general de estas páginas, véase Hughes (1983). La historiografía francesa ha sido la que mayor empeño ha puesto en la historia de la técnica tanto electrotécnica como hidráulica en su propio territorio. Véase, por ejemplo, Caron & Cardot (1991).

<sup>44</sup> El papel del transporte urbano en general y la iluminación en los capítulos respectivos de Schurr (1990).

**Cuadro 6. Centrales de servicio público en Portugal en 1943. Potencia instalada en kW**

	Hidráulicas		Térmicas		Total	
	Centrales	Potencia	Centrales	Potencia	Centrales	Potencia
hasta 20	6	58	21	319	27	377
21 - 100	16	836	61	3138	80	3974
101-500	14	3736	25	6000	39	9736
501-1000	6	4464	7	5201	13	9665
1001-5000	8	23171	1	3250	9	26421
5001-...	4	56824	6	121046	10	177870
<b>Total</b>	<b>54</b>	<b>89089</b>	<b>121</b>	<b>138954</b>	<b>178</b>	<b>228043</b>

FUENTE: Vidal Burdils (marzo 1943).

En España, se disponía de una buena dotación de saltos aptos para estos usos discontinuos y con escaso coste de acondicionamiento. Al menos su abundancia era semejante a la italiana, y su explotación resultó relativamente veloz. Los aprovechamientos eran de tamaño mínimo, en su mayoría menores de 1.000 kW, y su difusión predominó en el rural<sup>45</sup>.

**Cuadro 7. Potencia Hidroeléctrica instalada según el recuento de 1910 en España**

Región	Potencia Hidráulica Instalada	Establecimientos	Potencia media en kW	Porcentaje regional
Andalucía	10670	92	116	12,29
Aragón	3867	80	48	4,45
Astur-Santander	7795	57	137	8,98
Baleares	100	2	50	0,12
Canarias	158	2	79	0,18
Castilla/León-Rioja	6564	149	44	7,56
Cataluña	11882	245	48	13,68
Extremadura	694	10	69	0,80
Galicia	12441	36	346	14,33
La Mancha	7341	66	111	8,45
Madrid	2808	13	216	3,23
Murcia	858	10	86	0,99
P. Vasco-Navarra	15858	174	91	18,26
Valencia	5807	109	53	6,69
<b>Total</b>	<b>86844</b>	<b>936</b>	<b>93</b>	<b>100,00</b>

FUENTE: Ministerio de Fomento (1910).

Como se desprende, al examinar los **cuadros 6 y 7**, con potencias instaladas semejantes en ambos países –85/90.000 kW—la composición era bien distinta. Pese a la persistente atomización portuguesa, en España esos establecimientos mínimos proliferaron más que en Portugal. Entre otras razones, porque en Portugal centrales térmicas diminutas ejercieron esa función, como se puede comprobar en el cuadro 6. En

<sup>45</sup> El País Vasco, Asturias, Aragón, Santander y Galicia constituían las principales zonas productoras. Bartolomé (2003), Cuadros 12 y 13 del Anexo 1.

todo caso, la iluminación constituía casi un tercio de los consumos portugueses en 1927 —32,79 por 100—y seguía siendo casi un 20 por 100 en 1943. Sin embargo, en España, la sustitución por otros consumos fue más resuelta, con un 48 por 100 en 1910 a un 16 por 100 en 1927<sup>46</sup>. En ambos países el empleo de iluminación eléctrica fue amplio ya durante el período de entreguerras: en el decenio de 1930, el porcentaje de habitantes con acceso a luz eléctrica en España alcanzaba un 88 por 100, mientras que en Portugal llegaba al 90 por 100, porcentaje semejante al alemán<sup>47</sup>. El consumo por iluminación devengaba además buena parte de sus ingresos a las empresas eléctricas en ambos países, aunque los otros usos complementarios, la calefacción y los electrodomésticos, no estuvieran extendidos. Los consumos medios por habitante y año eran, en consecuencia, poco elevados, particularmente en Portugal: según datos correspondientes a 1932-34, el consumo medio de luz por habitante y año en Portugal era 7,8 kWh y en España de 19,42 kWh, cuando en Italia era de 21,4 y en Francia de 39,4<sup>48</sup>.

El relativo éxito de la iluminación en la Península se sustentó en dos circunstancias. La primera fue la pervivencia de las centrales primitivas de suministro, que apenas si comenzaron a integrarse en redes regionales antes de 1950. La persistente atomización de ambos sectores eléctricos se explica por la ventaja del uso de equipos amortizados se sumaba a la escasa exigencia de los usuarios respecto a la regularidad y frecuencia del servicio<sup>49</sup>. La segunda circunstancia eran los precios favorables a este uso: las compañías de suministro discriminaban positivamente a los usuarios de iluminación, al descubrirse uno de los usos más elásticos al precio. En 1932, al alumbrado correspondía en España y Portugal una porción muy importante del total de los consumos—España un 19,5 por 100, frente a Portugal un 26,5—y, lo que es más importante, una partida fundamental en los ingresos de las compañías suministradoras<sup>50</sup>. Los ingresos por iluminación en España rondaban el 50 por 100 del total —el porcentaje variaba según quién realizase la estimación: para la COPDE era en torno al 45,2 por 100 en 1932 y Errandonea estimaba un 57,3 por 100 para 1935--<sup>51</sup>. Pese a que para Portugal carezcamos de datos concretos, no cabe duda de que constituía un porcentaje de

---

<sup>46</sup> Para España, Bartolomé (2003), cap. 5. Portugal, Vidal Burdils (marzo 1943).

<sup>47</sup> Seeger (1936): tablas 1, p. 18.

<sup>48</sup> Seeger (1936): tabla V, p. 38.

<sup>49</sup> Barrio (1925) y Garrués (1997).

<sup>50</sup> En Italia, el este porcentaje no alcanza el 16 por 100. Errandonea (1935), p. 195.

<sup>51</sup> Arrúe (1935).

ingresos elevado<sup>52</sup>. Además, algunos indicios sugerirían que las tarifas ibéricas presentaban menores diferencias con las aplicadas a los consumos de fuerza que en otros países. El diferencial de precios entre la iluminación y la fuerza industrial en 1929 en Italia era 6,5 veces, mientras que en España lo era de 5,4 por 1. Además, en los años 30, Spottorno comparó datos de los países con mejores condiciones de partida para la producción eléctrica -Noruega, Suiza, EE.UU., Alemania e Inglaterra- con España. Concluyó que las tarifas medias de alumbrado en España eran claramente favorables, si se exceptuaba el caso noruego<sup>53</sup>. En Portugal, donde, pese a que la variación tarifaria en el país fuera enorme, en 1932 era aún posible encontrar el kWh para iluminación más barato en Oporto que aquel industrial en otras importantes poblaciones portuguesas. Incluso en 1944, en la Ley 2002, la discriminación tarifaria aplicada a la iluminación preveía cuatro escalones, a fin de abaratar el precio cuando se incrementase el consumo, y éstos eran uno más de los que se otorgaban para su empleo como fuerza motriz<sup>54</sup>.

Al cabo, en la Península la luz eléctrica había llegado a todos los rincones antes de mediar el siglo XX. En Portugal el suministro de iluminación se garantizó por centrales térmicas en mayor medida y por más tiempo que en España. Con seguridad, la relación entre los precios del carbón y la disponibilidad de saltos de agua de escaso coste de acondicionamiento explican este comportamiento. Ahora bien, el proceder de la industria suministradora de esta aplicación, dado su escaso desarrollo, fue muy semejante.

## **b) Los usos intensivos**

Frente a la extensión de la iluminación eléctrica, los usos industriales intensivos apenas se difundieron en la Península Ibérica en la primera mitad del siglo XX. Hubo fábricas de procesamiento eléctrico, pero de menguada dimensión por establecimiento, y vinculadas al ciclo más tardío de la electroquímica y la electrosiderurgia. Su cuota de utilización apenas superaba de media en el decenio de 1930 el 8 por 100 del consumo total de esta energía España y en Portugal se mantuvo entre 1933 y 1943 en torno al 5 por 100<sup>55</sup>. A partir de entonces, y reclamadas como actividades prioritarias por ambas dictaduras, se convirtieron en ramas industriales de creciente importancia, pero en otros

---

<sup>52</sup> Según los datos recogidos por Seeger para 1933, en Marsella este porcentaje alcanzaba el 59,5 por 100 y en Nantes y Estrasburgo el 45 por 100. Seeger (1936), tabla XV, p. 83.

<sup>53</sup> Spottorno(1943): p.43-61.

<sup>54</sup> Figueira (nov. 2003): p. 8,

<sup>55</sup> Portugal Vidal Burdils (marzo 1946), p. 132.

países hidrodependientes, como Italia y sobre todo en Noruega y Suecia, estos sectores habían arrancado mucho antes, convirtiéndose en palancas decisivas del cambio estructural de sus economías<sup>56</sup>.

Se llaman procesos de utilización intensiva aquellos en que la energía representa una porción muy relevante del valor añadido de sus productos finales. Mediante estas aplicaciones eléctricas se obtenían o bien nuevos materiales sintéticos, que sustituían a materias primas naturales, o bien constituían procedimientos novedosos que abarataron drásticamente antiguos métodos industriales. Se distinguen dos momentos bien distintos. Aquel inicial dominado por la metalurgia, en particular la obtención del aluminio desde los últimos decenios del XIX; y aquel más tardío en que fue la química industrial la que singularizó el período, con la fabricación de abonos nitrogenados<sup>57</sup>.

La historiografía ha insistido en que fue la demanda de estos nuevos productos, tras la caída de su precio, la que espoleó con mayor firmeza la difusión de la electricidad en países que disponían de recursos hídricos privilegiados<sup>58</sup>. Al principio, con un modelo de explotación aislada, y en corriente continua, como las noruegas; y, a partir de 1890, emulando el modelo de Niágara, con explotación simultánea a pie de salto y transporte en corriente alterna hacia las industriales y cercanas ciudades<sup>59</sup>. Mientras que todo indica que los recursos primarios fueron quienes determinaron ubicaciones insólitas en la etapa electrosiderúrgica, las economías de escala de los pioneros contribuyeron más que otros factores al éxito de la electrificación electroquímica<sup>60</sup>.

Antes de 1900, Noruega, y más tarde Suecia, Suiza e Italia empezaron una electrificación basada en estas utilizaciones. La ventaja absoluta de Noruega consistía en conjugar en su territorio alturas elevadas con caudales regulares de régimen nival. Ambas características procuraban costes de explotación despreciables y costes de acondicionamiento también muy limitados. Ni siquiera sus vecinas, Suecia y Finlandia podían disfrutar de una dotación natural semejante, pues la abundancia de agua no se combinaba allí con el peculiar perfil altimétrico noruego<sup>61</sup>.

---

<sup>56</sup> Véase Schön (2000) para Suecia y Hult & Nyström [Ed.] (1992) para el conjunto de Escandinavia.

<sup>57</sup> Aunque en ambos momentos los productos eran muy variados (el nitrato de calcio constituye muy tempranamente por ejemplo un producto de gran valor obtenido por este medio), conviene distinguir entre un tipo y otro. Véase Bustelo (1943) y Devine (1990).

<sup>58</sup> Véase al respecto Rosenberg (1982), Glete (1987) y Segreto (1992).

<sup>59</sup> Para el complejo de Niágara y sus repercusiones, véase Hughes (1983).

<sup>60</sup> Krugman (1995).

<sup>61</sup> George (1952).

La siderurgia hidroeléctrica, el uso más primitivo, precisa localizaciones específicas en que el caudal sea siempre regular, pues se emplea para su obtención a pie de salto la corriente continua. Esta última es costosa de transportar a corta distancia e imposible en los largos recorridos<sup>62</sup>. La utilización ininterrumpida constituía la principal característica de estos empleo siderúrgicos, por cuanto las suspensiones de la producción suponían el quebranto del equipo productivo que quedaba inutilizable. Sólo bajo estas condiciones específicas, a pie de saltos muy elevados de régimen nival, la siderurgia eléctrica podía triunfar<sup>63</sup>.

La disponibilidad de recursos apropiados para estos empleos en la península Ibérica era ínfima. Donde predomina el régimen pluvial de las corrientes de agua y se observa irregularidad en los ríos en sus cursos altos, junto a la competencia con otros usos en los cursos medios y las desembocaduras, se puede afirmar la escasa aptitud del suelo para estos usos. En España, algunas industrias del aluminio se localizaron en la vertiente del Miño, pero manteniendo una vida azarosa y producciones muy exiguas en relación al mercado internacional del producto<sup>64</sup>.

A su vez, las aplicaciones químico-eléctricas se caracterizaban por un peso relativamente menor de los costes energéticos en su valor final, admitían paradas en la utilización de la maquinaria debidas a interrupciones del vertido de agua y eran más flexibles en su localización, al poder transportarse la energía en corriente alterna. Desarrollaron el “modelo Niágara”, donde las ventajas de la energía abundante se sumaron a las tradicionales de la escala en la producción y las economías de aglomeración. La geografía de los mejores saltos de agua—aquellos de caudal irregular, buen perfil altimétrico y caudal continuo—condicionó la geografía del aprovechamiento electroquímico, pero menos que a sus antecedentes siderúrgicos. No obstante, la producción mundial electroquímica se concentró pronto en torno a unos pocos países que extrajeron antes las ventajas de su mayor escala y, por tanto, lograron hacerse con poder de mercado<sup>65</sup>.

---

<sup>62</sup> Era precisa la utilización de corriente continua para la obtención de aluminio, cloratos, alcalis, sodio metálico y el refinado del cobre. No lo era en los procesos de producción de carburo de calcio, las ferroaleaciones, el carburo de silicio, el acero y los nitratos. Segreto (1992), p. 734. En todo caso para la obtención de una Tm de aluminio se necesitaba en torno a 30.000 kWh y para la obtención de una Tm de carburo de calcio entre 3.000 y 4.000 kWh. Esto suponía que entre un 15 por 100, en los procesos electrolíticos y hasta un 40 por 100 en las ferroaleaciones, del coste total del producto eran costes energéticos. Bustelo (1943).

<sup>63</sup> Turvey & Anderson (1979) y Giannetti (1993).

<sup>64</sup> Carmona (1999).

<sup>65</sup> Haber (1971).



Esta segunda generación de productos que requerían corriente alterna deberían haberse adaptado mejor a las condiciones de producción de la hidroelectricidad en territorio ibérico antes de la II Guerra Mundial. Pese a algunos esfuerzos, los resultados alcanzados en el terreno de la electro-química no se aproximaron ni a escandinavos ni a italianos. En los años inmediatos a la guerra civil española, la literatura del país atribuía la dificultad en la promoción de este sector bien a la escala limitada de sus fábricas, reclamando medidas proteccionistas<sup>66</sup>; o bien a la repercusión del coste de la energía sobre el precio final del producto, imposibilitando la competitividad internacional de esta industria<sup>67</sup>. Algunas investigaciones recientes acerca de estos abonos también han achacado el precio final de la energía en los saltos españoles, demasiado elevado en términos internacionales, a la exigua dimensión alcanzada por estas empresas de procesamiento eléctrico<sup>68</sup>. Según mi investigación, el uso de la hidroelectricidad en territorio español no resultaba muy rentable ni siquiera para la fabricación de carburo de calcio, flexible en comparación con aquellas de corriente continua<sup>69</sup>. Buena parte de las empresas existentes eran incapaces de competir en los mercados internacionales de los productos finales, la mayoría, por lo demás, acusados de prácticas oligopolísticas por parte de Noruega y Alemania. Las expectativas de exportación de estos materiales eran, pues, muy reducidas. En el caso portugués, la Companhia Porguesa de Fornos Eléctricos, aunque creada en 1917 a fin de fabricar Carbonato de Calcio en la Serra da Estrela con las energías excedentes de las centrales hidroeléctricas allí ubicadas, sufrió un continuo desabastecimiento de energía hasta 1946 y grandes dificultades para su venta en el país durante el período de entreguerras a causa de que el precio final del producto allí obtenido competía con dificultad con aquel importado<sup>70</sup>.

En suma, la irregularidad del caudal de las corrientes que recorrían la península condenaron la difusión de la electrosiderurgia y obstaculizaron seriamente la de la electroquímica. Su frustración revela la razón inmediata de la lentitud del proceso electrificador y de lo insólito de la autogeneración en ambos países. Por añadidura, su malogro ancló a sendos sistemas eléctricos en los bajos rendimientos.

---

<sup>66</sup> Entre las apelaciones más tempranas, se encuentran aquellas que se vertieron en el I Congreso Nacional de Ingeniería en 1920 y, entre las más tardías, Bustelo (1943).

<sup>67</sup> Según la tabla que proporciona Gelpí (1923).

<sup>68</sup> Nadal (1993).

<sup>69</sup> Bartolomé (2003), c. 2, con datos de la Sociedad Española de Carburos Metálicos.

<sup>70</sup> Loio (1996).

### c) la manufactura

El arranque del uso masivo del agua en España coincidió con su aplicación manufacturera, que fue posible gracias a la combinación de innovaciones en el terreno de la aplicación, motor eléctrico, y en el de la generación, tanto en sustentación de presas como en la transmisión de fluido a larga distancia. Esta oferta renovada coincidió con las ventajas en la organización y flexibilización de la manufactura asociadas al motor eléctrico. La multiplicación de estos usos agilizó la sustitución masiva del vapor por la electricidad en las urbes manufactureras<sup>71</sup>.

La condición básica de esta electrificación en España en torno a la I Guerra Mundial consistió en la disponibilidad de un cúmulo de saltos técnicamente hábiles: varios estudios del primer decenio del siglo XX reflejan fielmente las líneas de fondo de la configuración de los mercados eléctricos españoles, dotados precariamente de saltos de uso continuo –como eran el catalán, valenciano y el madrileño--, pero que contaban con saltos de uso discontinuo y de cierta potencia, explotables en un entorno de 100-300 km de los centros manufactureros<sup>72</sup>. Este no es un caso aislado. En Francia, la diferente cronología del aprovechamiento alpino y del pirenaico denota cómo se prefirieron para estos empleos siempre recursos cercanos a las concentraciones manufactureras sobre ubicaciones insólitas. Así, a un ciclo alpino –con abundancia de saltos en una zona de tradición manufacturera, sigue un ciclo pirenaico, donde los recursos son los que imponen la localización. A ésta le sucede un ciclo Rhone-Jura, donde la tecnología que aprovecha saltos de escasa altura permite, al fin, el aprovechamiento del gran caudal de estos ríos en zonas previamente industrializadas<sup>73</sup>.

En 1929, y como se ha visto en el **cuadro 3**, la energía consumida por la manufactura en España superaba el 60 por 100. Estos consumos se concentraban en las regiones tradicionalmente industriales, Cataluña y el País-Vasco, aunque poco a poco la hidroelectricidad comenzaba a dar su oportunidad a dos puntos del interior, como son Madrid y Aragón<sup>74</sup>. Mientras, en Portugal el ritmo era más lento y los consumos se mantenían escasos. Quince años después, y en plena Guerra Mundial, los usos españoles se diversificaban cuando en Portugal el empleo de la fuerza motriz se había

---

<sup>71</sup> Bartolomé (2002), c. 1 y 2.

<sup>72</sup> Se excluye aquí el mercado vasco, que se fundamentó en el aprovechamiento precoz de corrientes inmediatas a sus manufacturas.

<sup>73</sup> Para el particular caso pirenaico, véase Georges (1933).

<sup>74</sup> Vidal Burdils (1941).

incrementado desde un 33 por 100 en el año 1927 a un 58,2 por 100 en 1943<sup>75</sup>. De hecho, en 1943 y en algunas ciudades, en particular Lisboa y Oporto, la primera mediante carbón y la segunda gracias al agua, se mantenían consumos manufactureros por habitante y año nada desdeñables: entre 60 y 90 kWh año respectivamente<sup>76</sup>. Como en España, las industrias más electrificadas eran las textiles, la cerámica y los materiales de construcción y, en tercer lugar, las alimentarias<sup>77</sup>.

En efecto, durante la primera mitad del siglo XX, una parte de Portugal, el Norte, se habría electrificado gracias al agua al ritmo que lo solicitaba la manufactura, como en España, lo que explicaría que la evolución de la intensidad energética en ambos países fuera muy semejante en vísperas de la II Guerra Mundial; mientras que en el Sur de Portugal, y en particular en las zonas costeras, la electrificación habría sido menor, como el desarrollo de su propio sector manufacturero, y más dependiente del carbón.

A mi manera de ver, tanto en España como en Portugal, la electricidad proporcionó una ventaja, cuando la hubo, tan sólo relativa para los costes energéticos de las empresas manufactureras. Recuérdese que la fuerza motriz no suponía a menudo más del 3 por 100 del valor añadido en sus productos. Esta ventaja se sumó a las que proporcionaba el motor eléctrico, pero la hidroelectricidad sustituyó al vapor en la industria ligera, sin generar una demanda específica reseñable. La menor disponibilidad en Portugal de saltos discontinuos de tipo medio, sumada al consabido subdesarrollo previo de la industria ligera, darían razón de la menor difusión en aquel territorio de la hidroelectricidad a mediados de los cuarenta. En definitiva, la hidroelectricidad liberó del carbón a la manufactura, donde aquél era un lastre, pero no dinamizó autónomamente un proceso de industrialización en la Península<sup>78</sup>.

**Cuadro 8. Centrales hidroeléctricas con potencia mayor que 2.000 kW en 1943**

Central	Distrito	Empresa	Potencia
Ponte da Esperança	Braga	C. H. del N. de Portugal	2720
Ermal	Vieira do Minho	C. H. del N. de Portugal	5784
Santa Luzia	Coimbra	Cía. E. de las Beiras	12800
Ponte de Jugais	Guarda	E. H. S. da Estrela	4656
Señora do Desterro	Guarda	E. H. S. da Estrela	2320
Vila Cova	Guarda	E. H. S. da Estrela	4211
Velada	Portalegre	H. Alto Alentejo	4480
Lindoso	Viana do Castelo	S.A. Electra del Lima	28000
Chocalino	Viseu	C. H. del N. de Portugal	10240

Fuente: Vidal Burdils (marzo 1946), p. 125.

<sup>75</sup> Vidal Burdils (marzo 1946), p. 132.

<sup>76</sup> En Barcelona en la misma fecha superaban los 340 kWh. Vidal Burdils ( marzo 1946), p. 135.

<sup>77</sup> Vidal Burdils ( marzo 1946), p. 136.

<sup>78</sup> Véase Schurr (1990) y Sudrià (1997).

Según se observa en el **cuadro 8**, cuando Lisboa nutría de carbón su central del Tajo, que contaba con casi 60.000 kW instalados en 1943, el Norte y Centro de Portugal participaron de la electrificación de la manufactura en torno a Oporto. La presencia de la inversión internacional lo confirmaría: la Electra del Lima participaría del llamado Grupo Eléctrico español, capitaneado por el Banco de Vizcaya y la C. H. del Norte de Portugal estaría también participada ampliamente por la Sofina. Allí donde los recursos lo permitieron y la demanda resultaba insatisfecha mediante otras fuentes de energía, tanto en España como en Portugal, la inversión internacional acudió<sup>79</sup>. Ahora bien, estos saltos de tipo medio constituían un excepción en Portugal. Como Ezequiel Campos bien supo ver y como Vilar insistió para el caso español: el grueso del potencial hidroeléctrico peninsular se ubicaba en los cursos medios de los ríos, precisados éstos de regulación. Y el embalse de agua era tan costoso que la utilización de la electricidad obtenida por este medio no era inmediatamente rentable: ni en Portugal ni en España, pero tampoco en Francia o Italia, donde también se acudió al auxilio público, aunque en fecha más temprana, para lograr la erección de las presas necesarias para la regulación de sus principales caudales<sup>80</sup>.

**Cuadro 9. Algunos proyectos de aprovechamientos hidráulicos en Portugal post-1945**

Río y Central	Potencia instalable en CV	Embalses: m <sup>3</sup> de agua en 10 <sup>6</sup>	Presa en m	Coste del kWh Contos de 1945
Zézere-Cabril	105000	607	125	} 14,50
Zézere Bouça	75000	49	65	
Zézere-Castelo do Bode	240000	1070	110	
Zézere-Constância	12000	s.d.	5	
Cávado-Rábago (3 centrales)	193000	196	4 presas: 96;74; 63;38 m	12,00
Paiva	96000	s.d.	s.d.	13,50
Total	721000			

Fuente: Vidal Burdils (mayo 1946), p. 217.

Portugal se enfrentaba en 1945 ante una disyuntiva semejante a la de la industria española con la puesta en uso de Saltos del Duero un decenio antes: con recursos infrutilizados, pero que exigían una fuerte inversión inicial, y sin demandantes asegurados para la avalancha de energía que implicaría su puesta en uso<sup>81</sup>. Como se observa en el cuadro 9, los saltos disponibles en Portugal en 1945 incrementarían sustancialmente la oferta energética del país, a cambio de una fuerte inversión que se

<sup>79</sup> Saltos del Duero en Bartolomé (2003), c. 5.

<sup>80</sup> Cardoso & Faria (2004), Vilar (1934).

<sup>81</sup> Bartolomé (2003), c. 5.

estimaba en más de 2.130 \$ por caballo instalado o, lo que es lo mismo, 1.535.000 contos. Estas infraestructuras suponían además un importante desafío constructivo que, en apariencia, no se rentabilizaría de inmediato. Según los cálculos, seguramente optimistas, de Calvalho Xerez sobre el volumen y coste del conjunto de estas obras, se podría disponer de energía a un coste que variaba entre los \$12 y los \$14,50 el kWh. Estos costes –no sabemos si totales o en barra de central—comparaban favorablemente con las tarifas vigentes en las ciudades del Norte de Portugal para el uso más barato, la iluminación, que se facturaba a \$22 el kWh. Pero a ellos habría que añadir, sin duda, los derivados del transporte y las transformaciones hasta su punto de consumo<sup>82</sup>.

El problema añadido era que, como diez años antes sucedió con la inauguración de Saltos del Duero, con el perfil de consumo portugués, una rebaja de los costes no alteraría por sí misma la estructura y de la demanda en la medida en que la inversión exigiría: la preeminencia de los usos discontinuos –en particular alumbrado y uso manufacturero—hacía arrojar a las empresas unos saldos de horas de utilización que se mantenían en el decenio de 1940 aún en torno a las 1500 horas –1607–, lo que suponía aproximadamente la mitad de las españolas –2890—que, de por sí, mostraban una infrautilización de la potencia instalada muy reseñable<sup>83</sup>. Con semejante punto de partida, sólo un esfuerzo que aunara un espoleo simbiótico de la oferta –construcción de embalses—y de la demanda –mediante el compromiso de consumidores institucionales como industrias intensivas o electrificación ferroviaria—convertirían en viable la electrificación portuguesa por la vía del agua en 1950. Como en España, ni el agua redimiría por sí sola la menguada industrialización portuguesa, aunque los precios se rebajasen abruptamente, ni la demanda de fuerza motriz bastaría para absorber la ingente cantidad de energía vertida en las redes por las nuevas construcciones.

A mi manera de ver, el patrimonio hidroeléctrico ibérico se concentraba aún más que el italiano en torno a las grandes centrales hidroeléctricas; y en Portugal más que en España, que disponía de un mayor porcentaje de saltos de tipo medio. Al igual que España se enfrentó a la gran escala de aprovechamientos hidráulicos con la construcción de Saltos del Duero, y su erección conllevó una demora de casi quince años; en Portugal, la inversión en grandes centrales se planteó como única alternativa posible para el aprovechamiento del patrimonio hidráulico en el transcurso de la II Guerra Mundial, cuando las estrecheces del abastecimiento de combustibles fósiles asolaron sus

---

<sup>82</sup> Vidal Burdils (1946).

<sup>83</sup> Bartolomé (2003) y Vidal Burdils (1946).

mercados. Las dificultades constructivas, la indivisibilidad de la inversión y el riesgo que conllevaba en un entorno en que la hidroelectricidad estaba tan poco extendida incrementaban la incertidumbre sobre su rentabilidad. Como en Italia, y más tarde en España, acometer estas obras sin el auxilio público se revelaba asunto arduo.

## Conclusiones

En las páginas anteriores se ha esbozado lo que he dado en llamar pauta ibérica de electrificación, caracterizada hasta la II Guerra Mundial por la utilización masiva, pero muy tardía, del agua; por la escasa intensidad en el uso de la energía y por la pervivencia de establecimientos de suministro aislados y diminutos. No obstante estas coincidencias, en España hubo un crecimiento mayor del parque hidroeléctrico, cimentado en la explotación de centrales de tipo medio que sólo se concentran en el Norte y Centro de Portugal hasta 1950. Mediado el siglo, la potencia hidroeléctrica creció exponencialmente en ambos países con la construcción de grandes centrales a pie de presa que regularizaron el curso medio de los ríos peninsulares.

Estoy convencida de que en España la dotación desagregada de saltos hidroeléctricos explica en buena medida esta evolución: la práctica ausencia de la autogeneración en los procesamientos industriales y la preferencia por los usos ligeros, tanto domésticos como industriales. En estas páginas apporto evidencia inicial que apunta en la misma dirección para el caso portugués, pero que aún falta contrastar.

Esta pista de los recursos naturales contraviene lo que hasta ahora se sabía sobre electrificaciones hidráulicas, pero da la razón a quienes apuntan la existencia de tecnologías energéticas clave. En el ámbito ibérico, reabre el debate sobre la necesidad y oportunidad de la explotación masiva de la hidroelectricidad mediado el siglo XX.

## Bibliografía y referencias:

- AMADO MENDES (1993): *patrimonio industrial na regio centro: produção e distribuição de electricidade, 1900-1950*, (Coimbra).
- Annuaire Statistique de la Société des Nations*, 1932-33, Société des Nations, Geneva (1933).
- ANTOLIN, F. (1999 ): “Iniciativa privada y política pública en el desarrollo de la industria eléctrica en España. La hegemonía de la gestión privada, 1875-1950”, *Revista de Historia Económica*, n.2, pp. 411-445.
- ARRÚE ASTIAZARAN, M. (1935): *Desarrollo y perspectivas del consumo de energía eléctrica para luz*, (COPDE, Madrid).
- AUBANELL, A.M. (2001): *La industria eléctrica y la electrificación de la industria en Madrid entre 1890 y 1935*, Tesis Doctoral sin Publicar, 2 v. (Instituto Universitario Europeo, Firenze).
- BARDINI, C. & HERTNER, P. (1992): “Decollo elettrico e decollo industriale”, in MORI[ed.]: *Storia dell'industria elettrica in Italia. I. Le origini. 1882-1914*, pp. 201-148.

- BARDINI, C. (1997): "Without Coal in the Age of Steam: a Factor-Endowment Explanation of the Italian Industrial Lag Before World War I", *The Journal of Economic History*, vol. 57, n.3.
- BARRIO, T. (1925): *Centrales eléctricas instaladas en España*, (Madrid).
- BARTOLOMÉ, I., (1999): "La industria eléctrica española antes de la guerra civil: reconstrucción cuantitativa", *Revista de Historia Industrial*, n. 15.
- BARTOLOMÉ, I., (2003): *La industria eléctrica en España. Recursos, tecnología e instituciones*, Tesis doctoral sin publicar (Instituto Universitario Europeo, Firenze).
- BUSTELO, F. (1943): "La producción de energía eléctrica y la electroquímica" en *Electricidad*, pp.109-121.
- CARDOSO DE MATOS, A. [et alii](2004): *A electricidade em Portugal dos primórdios a 2ª G M.*
- CARDOSO DE MATOS, A. (2004): "Aspectos técnicos, empresariais e sociais do abastecimento de gás e electricidade à cidade de Évora (1890-1950)". URL : <http://www.historia-energia.com>.
- CARDOSO, A. y FARIA, F. (2004): "Ezequiel de Campos e o aproveitamento dos recursos hidroeléctricos na península ibérica" URL : <http://www.historia-energia.com>
- CARMONA, J. (1999): "Galicia en el desarrollo del sector eléctrico español (1900-1982), en Carreras [et alii]: *Dtor.Jordi Nadal. La industrialització y el desenvolupament economic d'Espanya*, (Universitat de Barcelona, Barcelona), vol. 2, pp. 1378-97.
- DEVINE, W. D. (1983): "From shafts to wires: historical perspective on electrification" en *The Journal of Economic History*, (XLIII), n.2, pp.347-372.
- DEVINE, W. D. (1990): "Early developments in Electroprocessing: New products, new industries", in Schurr (1990), pp. 77-98.
- ERRANDONEA, E. (1935): "Los aprovechamientos hidroeléctricos de pie de presa construidos estos últimos años en España", *Ibérica*, n. 1071, (11 mayo), pp. 295 y ss.
- ETEDMAN, B. & LUCIANI, J. (1991): *World Energy Production, 1860-1985*.
- FARIA F.(2003) : "O Processo de Electrificação em Portugal entre 1926 e 1944. Uma leitura dos "Relatórios" das Estatísticas das Instalações Eléctricas em Portugal" URL : <http://www.historia-energia.com>.
- FIGUEIRA, J. (2003): "A evolução do sistema tarifário do sector eléctrico nacional: dos primórdios da electrificação até à «Lei de Electrificação Nacional»". URL : <http://www.historia-energia.com>.
- GARRUES-IRURZUN, J. (1997): *Empresas y empresarios en Navarra. La industria eléctrica, 1888-1986*, (Pamplona).
- GELPI BLANCO, E. (1925): *Aprovechamiento de las energías naturales* (Barcelona, U.L. de Editores).
- GEORGE, P. (1952): *Geografía de la Energía*, (Barcelona).
- GEORGES, M. (1933): "L'électrification des Pyrénées", *Revue Générale de l'Electricité*, 2º Semestre, p. 729 y ss.
- GIANNETTI, R. (1985): *La conquista della forza: risorse, tecnologia ed economia nella industria elettrica italiana (1883-1940)*, (Milán).
- GIANNETTI, R. (1993): "Vecchi e nuovi sistemi territoriali" en DE LA ROSA, L (1993): *Storia dell'industria elettrica in Italia*, t. 2, *Il potenziamento tecnico e finanziario, 1914-1925*, pp. 23 y ss.
- GLETE, J.(1987): "Demand pull or technology push? pre-conditions for the development of the swedish heavy electrical industry" en F. CARDOT(1987): *Un siecle de Electricité dans le Monde*, (París).
- HABER, L.F. (1971): *The Chemical Industry 1900-1939. International Growth and Technological Change*, (Clarendon, Oxford).
- HUGHES, T. P. (1983): *Networks of Power: Electrification in Western society, 1880-1930*, (Baltimore, Md., Johns Hopkins University Press).
- HULT, J. & NYSTRÖM, B. [Ed.] (1992): *Technology and Industry. A Nordic Heritage*, (Massachussets).
- JOSKOW, P. & SCHMALENSEE, R. (1983): *Markets for Power. An Analysis of Electrical Utility Deregulation*, (MIT, Cambridge, Massachussets).
- KNEESE, A.V. & SWEENEY, J.L. (varios años): *Handbook of Natural Resource and Energy Economics*, v. III, (Essener).
- KRUGMAN, P. (1995): *Development, Geography and Economic Theory*.
- LANDES, D.S. (1979): *Progreso tecnológico y revolución industrial*, (Madrid).
- LOIO, D.S. (1996): "Companhia Portuguesa de Fornos Eéctricos: subsidios para a sua história -1917-1967", *Análise Social*, n. 136-7, pp.545-577.
- LÓPEZ-CAMACHO, B. (1993): "La gestión del agua", en NAREDO, J.M. & PARRA, F.[comp.]: *Hacia una ciencia de los recursos naturales*, Madrid, pp.176-207.
- MADUREIRA, N. L. & TEIVES, S. : "Dependência energética e consumo de energia em Portugal (1890-1982)", Outubro 2003; URL : <http://www.historia-energia.com>
- MALUQUER DE MOTES, J. (1994): "Creixement economic y diversificació productiva (1891-1913" en NADAL, J. (Coord.): *Història Econòmica de la Catalunya Contemporània*, t. 4, (Barcelona).
- MASACHS ALAVEDRA, V. (1948): *El régimen de los ríos peninsulares*, (Madrid, CSIC).

- MINISTERIO DE FOMENTO. DIRECCION GENERAL DE AGRICULTURA, INDUSTRIA Y COMERCIO (1910): *Estadística de la Industria Eléctrica a fines de 1910*, (Madrid).
- MITCHELL, B.R.(1978): *European Historical statistics. 1750-1970*, (Londres)
- NADAL, J. (1993): "La consolidació pel biaix dels adobs. 1914-1939" en Nadal, Maluquer, Sudrià y Cabanal (1993): *Historia economica de la Catalunya Contemporània*, (Barcelona), pp. 149 y ss.
- PRADOS DE LA ESCOSURA, L. (2003): *El progreso económico de España, (1850-2000)*, (Madrid).
- PRADOS de la ESCOSURA, L. (1993): "De te Fabula Narratur. Growth, Structural Change and Convergence in Europe, 19th-20th Centuries", WP, Ministerio de Economía y Hacienda, (Madrid).
- RANDALL, L. A. & CASTLE, N. (1985): "Land Resources and Land Markets" en YOUNG, R. A. & HAVEMAN, R. H.
- ROSENBERG, N. (1982): " The effects of energy supply characteristics on technology and economic growth" in Rosenberg: *Inside the black box*, (New York).
- ROSÉS, J. R. (2004): " Why is not the whole Spain industrialized ? New Economic Geography and Early Industrialization, 1797-1910", *The Journal of Economic History*, vol. 63, n. 4 (December, 2003), pp.995-1022
- SCHÖN, L. (2000): "Electricity, Technological Change and Productivity in Swedish Industry", *European Review of Economic History*, n. 4, pp. 175-194.
- SCHURR, S. (1990): *Electricity in the American Economy: agent of techonological progress*, (Greenwood, New York).
- SECCIÓN de Energía Eléctrica de la División de Industria del Consejo Económico y Social de la ONU(1953) *Le potentiel hydro-électrique de l'Europe.—Ses Limites materielles, techniques et économiques*.
- SEEGER, B. (1936): *El consumo de energía eléctrica para alumbrado en Europa*, (Madrid).
- SEGRETO, L. (1992): "Elettricità ed economia in Europa" en MORI G.: *Storia dell'industria elettrica in Italia. I. Le origini. 1882-1914*.Vol. II, pp. 696-750.
- SEGRETO, L. (1993): "Aspetti e problemi dell'industria elettrica in Europa tra le due guerre" en GALASSO, G.(1993): *Storia dell'industria elettrica in Italia. Espansione e Oligopolio. 1926-1945*.(Roma), pp. 325-398.
- SIMOES, I. M. (1997): *Pioneiros da electricidade em Portugal e outros estudos*, Cuadernos do Museu da Electricidade, Lisboa.
- SPOTTORNO, R. (1943): "Tarificación de la energía eléctrica" en *Electricidad*, (Madrid), pp. 43-61.
- SUDRIA, C. (1997): "La restricción energética al desarrollo económico de España", *Papeles de Economía Española*, n. 73, pp. 165-188.
- TEIVES, S. (comp.)(2004) : « Séries de Produção de Energia Eléctrica. Portugal (1927-1984)». URL : <http://www.historia-energia.com>.
- TORTELLA, G. (1994): "Patterns of Economic Retardation and Recovery in South Western Europe in the 19<sup>th</sup> and 20<sup>th</sup> Centuries", *Economic History Review*, pp. 1-21.
- TURVEY & ANDERSON (1979): *Electricidad y Economía. Ensayos y estudios de caso*. (Madrid, Banco Mundial).
- UNITED NATIONS. DEPARTAMENT OF TECHNICAL CO-OPERATION FOR DEVELOPMENT (1991): *Ground Water in Western and Central Europe. Natural Resorces. Water Series. N. 27*, (New York).
- VIDAL BURDILS, F.F. (1941): *Economía eléctrica de España*, (Barcelona).
- VIDAL BURDILS, F.F. (1946): "Las industrias portuguesa y española de producción y distribución de energía eléctrica", *Acero y Energía*, n. 13, pp. 14 y ss; n. 29, pp. 125 y ss; n. 15, pp.
- VILAR, P. (1934): "L'utilisation hydroélectrique des fleuves espagnoles" en *Congrès International de Géographie*, Actas, t. III, (París), pp. 591-607.
- WOOLF, A.G.(1984): "Electricity, Productivity and Labour saving: American manufacturing, 1910-1929", *Explorations in Economic History*, 21, pp. 176-191.
- YOUNG, R. A. & HAVEMAN, R. H. (1985): *Handbook of Natural Resources Economics*, vol. II, (Essener).



**Cuadro Anexo 1. Producción Eléctrica en España y Portugal en GWh**

	Hidroeléctrica España	Total España	Portugal hidroeléctrica	Portugal total
1900	38	107		
1905	117	179		
1910	237	291		
1915	538	629		
1920	1019	1171		
1925	1694	1950		
1930	2884	3154	89	260
1935	3365	3645	116	356
1940	3.353	3.617	179	460
1945	3.180	4.173	196	546
1950	5.017	6.853	437	942
1955	8.936	11.836	1726	1890
1960	15.625	18.614	3105	3263
1965	19.687	31.724	3983	4635
1970	27.959	56.490	5794	7379
1975	26.448	82.481	6375	10554

Fuentes: Bartolomé (1999) y Teives (2004).