

EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA HIDRAULICA EN CATALUÑA, 1840-1920 UN ENSAYO DE INTERPRETACION ¹

ALBERT CARRERAS DE ODRIOZOLA
Universidad de Barcelona

1. La energía hidráulica en el proceso de industrialización

La energía hidráulica suele ser la cenicienta en los estudios sobre la revolución industrial. Ésta se asocia indisolublemente a la energía del vapor, es decir, a un combustible —el carbón mineral— y a un convertidor —la máquina de vapor—. La asociación fue evidente para los contemporáneos, y cualquier emulación de la industrialización inglesa exigía disponer de carbón barato para accionar los nuevos agentes mecánicos, principalmente las máquinas de hilar y tejer algodón.

El impacto de la energía del vapor llegó a su cenit cuando se pudo aplicar como fuerza de tracción. Los ferrocarriles, primero, y la navegación a vapor, después, se convirtieron en la imagen viva de una nueva época. Como que a menudo lo único que se aprecia es el cambio, y como que éste caracteriza lo nuevo y específico de cada época, se ha ido olvidando que la revolución industrial dispuso de más de una fuente de energía. Landes ha matizado el papel del carbón y del vapor señalando que «no hicieron la Revolución Industrial, pero permitieron su extraordinario desarrollo y difusión» ².

Recientemente, diversos autores han subrayado el papel de la energía hidráulica en los orígenes y desarrollo de la industrialización británica ³ y en

¹ Este trabajo forma parte de un estudio más amplio, *Producció i consum d'energia en el creixement econòmic modern: el cas català*, que dirige el Dr. Jordi Nadal y en el que también colaboran Jordi Maluquer de Motes y Carles Sudrià. Sin su ayuda y su estímulo, estas páginas no existirían. Las que siguen son una versión abreviada y corregida de la comunicación presentada al II Congreso de Historia Económica. He eliminado la descripción pormenorizada del aprovechamiento de la energía hidráulica en Cataluña. Remito al lector interesado al capítulo "L'energia hidràulica" del estudio antes citado (en curso de publicación).

² LANDES, David S., *Progreso tecnológico y Revolución Industrial*, Tecnos, Madrid, 1979 (1969), p. 116.

³ HILLS, Richard L., *Power in the Industrial Revolution*, Manchester University Press, Manchester, 1970, especialmente el cap. VI, "Natural Sources of Power". VON TUNZELMANN, G. N., *Steam Power and British Industrialization*, Oxford U. Press, Oxford, 1978, especialmente el cap. 6, "The Social Savings", y sus tres apéndices. MUSSON, A. E., "Industrial Motive Power in the United Kingdom, 1800-1870", en *Economic History Review*, XXIX, 1976, pp. 415-439.

la de Nueva Inglaterra⁴, tratando así de reequilibrar un tanto la balanza de la dedicación historiográfica. En estos casos se ha centrado la atención en la fuerza motriz estática, es decir, la que corresponde a usos industriales y no a usos de tracción. En la tracción mecánica, evidentemente, la máquina de vapor reinó absolutamente a lo largo de todo el período considerado.

Algunas cifras permiten situar a cada fuente de energía, hidráulica o de vapor, en el lugar que les corresponde. En la tabla 1 presento estimaciones de la fuerza motriz industrial existente en Gran Bretaña en diversos momentos:

TABLA 1
Fuerza motriz industrial de Gran Bretaña, 1838-1907

A ñ o	INDUSTRIA TEXTIL		TODA LA INDUSTRIA (SIN MINERIA)	
	HP de vapor	HP hidráulicos	HP de vapor	HP hidráulicos
1838	74.084	27.989		
1850	108.113	26.104		
1856	137.711	23.724		
.....				
1870	513.335	35.062	976.940	55.620
.....				
1907	1.886.834	51.612	7.230.309	169.612

NOTAS: — Las líneas punteadas indican que las cifras anteriores y posteriores no son estrictamente comparables por proceder de fuentes de diferente carácter. Incluso las de los tres primeros renglones deben ser consideradas con precaución, sobre todo en relación a la evolución de las cifras absolutas.

— En 1907 ya consta el motor de combustión interna, con 39.972 HP en la industria textil y 656.985 HP en toda la industria (sin la minería).

FUENTES: A. E. MUSSON, *The Growth of British Industry, 1981*², Batsford Academic and Educational Ltd., London, pp. 112, 167 y 168. Para más información véase A. E. MUSSON (1976), *op. cit.*

⁴ HUNTER, Louis, C., *A History of Industrial Power in the United States, 1780-1930*. Vol. One: *Waterpower (in the Century of the Steam Engine)*, The University Press of Virginia, Charlottesville, 1979, 606 pp. Un libro espléndido. Un brillante resumen de sus posiciones se puede encontrar en HUNTER, Louis C., "Waterpower in the Century of the Steam Engine", en Brooke HINDLE (ed.), *America's Wooden Age: Aspects of its Early Technology*, pp. 160-190; Sleepy Hollow Restorations, New York, 1975.

La energía hidráulica tuvo un papel central en las primeras fases de la revolución industrial en Inglaterra⁵. La fuerza motriz exigida por las primeras máquinas de hilar algodón la proporcionaba, principalmente, el agua. Esta arrinconó a la fuerza humana y a la de las caballerías y, sólo después de que los mejores emplazamientos al lado de los ríos fueron agotándose, la nueva energía —el vapor— triunfó por completo. La tabla 1 muestra el importante papel que aún desempeñaba la energía hidráulica en la industria textil británica de 1838, que es como decir en el sector más profundamente penetrado y conquistado por la nueva energía del vapor y en el país con mayores disponibilidades de carbón. Sin embargo, es evidente que en Gran Bretaña el empuje del vapor fue arrollador y, antes de mediados de siglo, la energía hidráulica había dejado de aumentar en términos absolutos.

En otros países, con menos recursos carboníferos y un relieve más adecuado, la energía hidráulica fue preponderante en la industria hasta muy entrado el siglo. Para la Francia de 1845, la potencia hidráulica ha sido estimada en 150.000 HP (distribuidos en 22.500 instalaciones)⁶, mientras que todas las máquinas de vapor (5.200) sólo proporcionaban 50.000 HP⁷. Según el censo industrial de 1861-65, la potencia hidráulica aún doblaba a la del vapor⁸.

El caso más conocido de industria basada en la fuerza motriz del agua es el de los Estados de Nueva Inglaterra. Allí, la energía hidráulica mantuvo su posición hegemónica hasta el último tercio del siglo XIX. Tal como demuestra la tabla 2, la afirmación es cierta incluso para todos los EE. UU., si la analizamos por sectores:

⁵ HILLS, *op. cit.*, y sobre todo la descripción clásica en Paul MANTOUX, *La revolución industrial en el siglo XVIII*, Aguilar, Madrid, 1962 (1906). Particularmente la parte II, capítulo II ("Las fábricas", apartados II y VI) y IV ("La máquina de vapor").

⁶ CLAPHAM, John H., *Economic Development of France and Germany, 1815-1914*, Cambridge U. Press, 1968 (1921), pp. 63-65.

⁷ FOHLEN, Claude, "France 1700-1914", p. 48, en CIPOLLA (ed.), *The Fontana Economic History of Europe*, vol. 4.1, Londres, 1973.

⁸ HUNTER, L. C., p. 188, en B. HINDLE (ed.), *op. cit.*

TABLA 2

Fuerza motriz utilizada en algunas industrias. EE. UU., 1870 y 1900
(En miles de HP)

Industria	1870		1900	
	Hidráulica	Vapor	Hidráulica	Vapor
Algodonera	99	47	252	532
Harinera	408	169	451	534
Siderúrgica	17	154	9	1.582
Maderera	327	315	201	1.402
Papelera	42	12	505	256
Otras	237	519	309	4.436
TOTAL	1.130	1.216	1.727	8.742

NOTA: En 1900 las demás energías proporcionaban más de 830.000 HP.
FUENTE: L. C. HUNTER, *op. cit.*, p. 492.

Ciñéndonos sólo a la industria textil algodonera de Nueva Inglaterra, la distribución de la fuerza motriz primaria empleada evolucionó así:

TABLA 3

Fuerza motriz de la industria algodonera de Nueva Inglaterra

	ENERGIA HIDRAULICA		ENERGIA DEL VAPOR	
	HP	%	HP	%
1870	80.271	75	26.763	25
1880	116.854	56	90.521	44
1890	145.563	49	154.286	51
1900	162.619	33	324.162	67

FUENTE: HUNTER, *op. cit.*, p. 494.

Las cifras impresionan por la importancia de la energía hidráulica (comparar las tablas 1 y 2) y por lo prolongado de su preponderancia en numerosos sectores. Los EE. UU., y en especial la región noratlántica, constituyeron un caso extremo por la abundancia de la energía hidráulica.

En Europa existieron otras regiones similares, como las alpinas, que disfrutaban de numerosas corrientes de agua, con caudales abundantes y regulares y pendientes fuertes o medias. Ello facilitó la opción por el agua como fuerza motriz en la industria textil suiza⁹, en la italiana septentrional¹⁰ o en la del sur de Alemania¹¹. Pero estas zonas, así como los Alpes franceses¹², no forjaron una base industrial sólida hasta la época de la electricidad. Desgraciadamente, aún está por hacer una historia del aprovechamiento de la energía hidráulica en la región alpina durante la primera fase de la revolución industrial (antes de la hidroelectricidad).

Es en este contexto internacional donde cabe situar el caso catalán: un país desprovisto de carbón, con algunos ríos aptos para generar potencias instantáneas de unos pocos centenares de HP y con una tradición industrial textil. Las páginas que siguen pretenden contribuir a describir en qué medida y con qué ritmo se aprovechó la energía hidráulica en Cataluña y a plantear algunas hipótesis explicativas de las formas de la opción energética catalana en el siglo XIX. Veamos antes la situación de Cataluña en el contexto español.

2. El aprovechamiento de la energía hidráulica en España

Existen unas pocas fuentes para el estudio del aprovechamiento de la energía hidráulica en España. Ninguna de ellas puede sustituir a un censo, aunque varias pretenden aproximarse a este tipo ideal. Cronológicamente, debe considerarse en primer lugar el *Diccionario...* de Madoz, que no es exhaustivo, pero sí muy útil. Lamentablemente, la extrema lentitud de su vaciado dificulta grandemente su utilización. Para mis fines he debido prescindir de él.

En segundo lugar tenemos la estadística de la industria fabril de España planteada y realizada por la Junta de Estadística en 1862, pero nunca editada oficialmente. Javier de Bona publicó algunos de los resultados obtenidos, eliminando, por desgracia, buena parte de los detalles de que debía dispo-

⁹ BERGIER, J. F., *Naissance et croissance de la Suisse industrielle*, Francke Editions, Berna, 1974, 170 pp.; especialmente las pp. 100 y 148-149.

¹⁰ CASTRONOVO, Valerio, *L'industria cotoniera in Piemonte nel secolo XIX*, Archivio Economico dell'Unificazione Italiana, Serie II, Volume XI; ILTE, Turin, 1965, especialmente las pp. 26 ss. y 175 ss.

¹¹ BORCHARDT, Knut, "Germany 1700-1914", pp. 104 y 108, en CIPOLLA (ed.), *op. cit.*, vol. 4.1, y LANDES, *op. cit.*, pp. 233-234.

¹² MORSEL, Henri, "Les industries électrotechniques dans les Alpes Françaises du Nord de 1869 à 1921", en *L'industrialisation en Europe au XXème siècle. Typologies et structures*, Pierre LÉON (ed.), 1972, pp. 557-587.

ner¹³. La tabla 4 y el mapa 1 expresan el número de motores hidráulicos existentes en 1-1-1862. No he considerado las cifras de potencia, que J. de Bona también ofrece, por contener algunas incongruencias, advertidas por el mismo autor, que se manifiestan rápidamente si calculamos la potencia media provincial de los motores hidráulicos. La información que aquí presento refleja el predominio absoluto de la molinería, que abunda, sobre todo, en el noroeste de España y, en menor medida, en el norte y oeste. El centro de la Península es pobre en motores hidráulicos, mientras que el litoral mediterráneo ofrece una mayor abundancia, relacionada con la coexistencia de otros usos: fábricas de algodón, molinos arroceros, etc. En la medida en que el mapa refleja la distribución de la molinería, sorprende su continuidad temporal. Los veinte mil molinos maquileros existentes en 1953 se concentraban en las mismas provincias que noventa años antes¹⁴.

A partir de 1905, la *Estadística de la Contribución industrial* ofrece información regular de los «concesionarios de saltos de agua y aprovechamiento hidráulico de fuerza motriz». No se trata más que de un recargo de las cuotas pagadas por los contribuyentes afectos a la tarifa 3.^a («Fabricación»), recargo que tiene la virtud, a nuestros efectos, de reflejar la importancia de la energía hidráulica aprovechada con finalidad motriz en las diversas provincias (excepto País Vasco y Navarra). En la tabla 4 y en el mapa 2 se reproduce la información correspondiente a la *Estadística...* de 1916¹⁵. La excepcionalidad de Barcelona y Gerona queda fuera de toda duda. A las cuatro provincias catalanas les corresponde pagar el 44 por 100 del total español. Lamentablemente, la carencia de datos relativos al País Vasco y Navarra impide cualquier comparación con el otro gran foco de utilización industrial de la energía hidráulica.

No sucede lo mismo si utilizamos la cuarta fuente localizada apta para el propósito de descripción de la distribución provincial del aprovechamiento hidráulico. Se trata, en realidad, de una doble fuente: el «Índice de los aprovechamientos de aguas públicas para obtención de fuerza (sin mecanismos flotantes ni consumo de agua) en explotación en 1 de enero de 1917» y de un índice similar referente a los aprovechamientos «concedidos y sin terminar»¹⁶. En 1911, la Administración publicó un primer «censo» («Situación

¹³ Javier de BONA, "Industria fabril de España. Agentes dinámicos", en *Las Antillas*, año I, núms. 14, 15, 16, 17, 18 y 19, junio-septiembre de 1867.

¹⁴ Julián RICO SANZ, "Fábricas harineras frente a molinos maquileros", en *Revista Sindical de Estadística*, año VIII, II trimestre de 1953, núm. 30, pp. 2 y ss.

¹⁵ Dirección General de Contribuciones, *Estadística Administrativa de la Contribución Industrial y de Comercio. Año de 1916* (ed. oficial), Madrid, 1919, página 335, núm. 423 (a) de la tarifa 3.^a

¹⁶ Ministerio de Fomento. Dirección General de Obras Públicas, *Estadística de las Obras Públicas de España. Obras hidráulicas. Situación en 1 de enero de 1917. Datos correspondientes a los años 1909, 1910, 1911, 1912, 1913, 1914, 1915 y 1916*, Madrid, 1921, pp. 692-931 y 932-972.

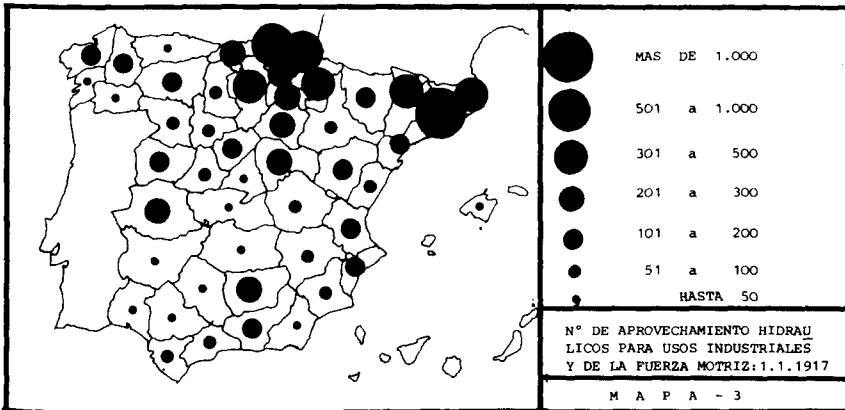
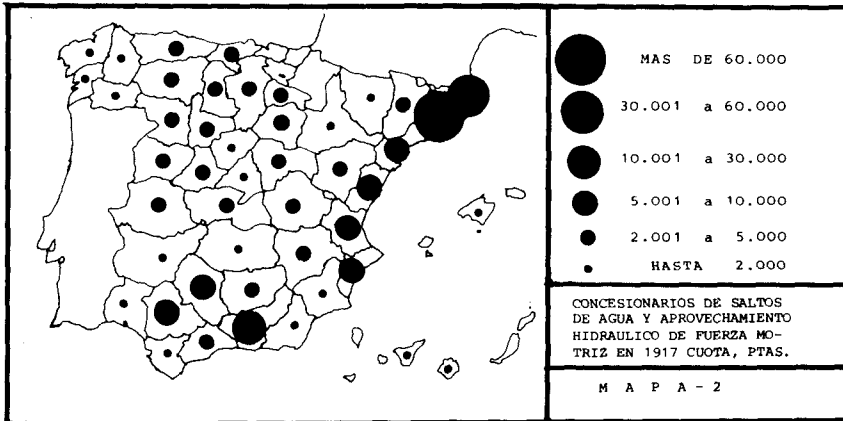
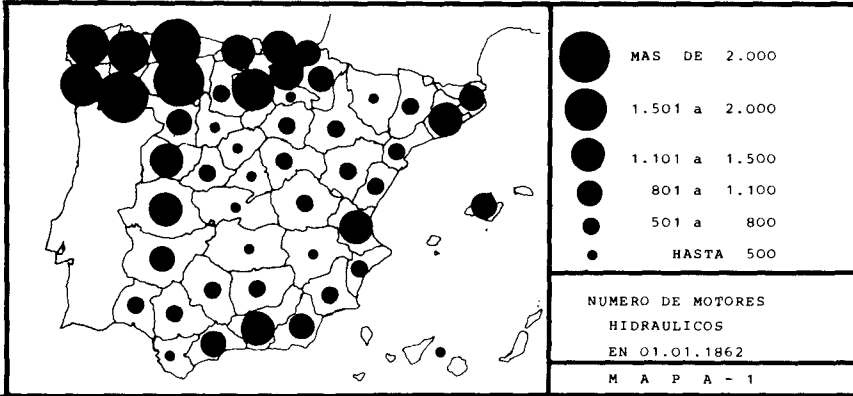


TABLA 4
Aprovechamiento de la energía hidráulica en España, 1862-1917

Provincia	(1) 1-1-1862	(2) Matrícula de 1916	(3) 1-1-1917
	Motores	Pesetas	Aprovecha- mientos
Alava	1.108	...	288
Albacete	231	4.845	86
Alicante	566	5.465	180
Almería	994	1.205	13*
Avila	680	3.906	58
Badajoz	917	1.966	29
Baleares	847	93	7*
Barcelona	1.378	61.557	1.202
Burgos	1.646	3.123	342
Cáceres	1.192	3.230	218
Cádiz	428	447	78*
Canarias (Las Palmas)	210	—	—
Canarias (S. C. Tenerife)	210	1.032	—
Castellón	730	7.352	66*
Ciudad Real	446	—	27
Córdoba	722	7.005	34
Coruña (La)	1.764	1.307	113
Cuenca	776	3.528	74
Gerona	1.003	34.334	384
Granada	1.460	10.050	101
Guadalajara	641	2.670	259
Guipúzcoa	932	...	554*
Huelva	513	—	11*
Huesca	496	1.537	141*
Jaén	578	4.808	250
León	2.935	3.814	107
Lérida	677	3.902	394
Logroño	451	3.192	300
Lugo	1.980	1.613	102*
Madrid	233	1.200	45
Málaga	1.086	3.818	89*
Murcia	703	1.635	94
Navarra	841	...	323
Orense	2.416	1.170	40*
Oviedo	2.493	4.049	31*
Palencia	656	3.217	90*
Pontevedra	1.577	1.291	47
Salamanca	1.216	4.769	129
Santander	1.134	4.319	255*
Segovia	437	1.770	118*
Sevilla	575	6.121†	40*
Soria	593	3.336	241
Tarragona	706	5.774†	171

EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA HIDRAULICA EN CATALUÑA, 1840-1920

Provincia	(1)	(2)	(3)
	1-1-1862	Matrícula de 1916	1-1-1917
Teruel	703	4.376	103
Toledo	372	3.899	47
Valencia	1.292	5.654	178
Valladolid	390	4.553	98
Vizcaya	1.287	...	516*
Zamora	1.006	3.068	73
Zaragoza	680	1.747	83
TOTAL	46.793	237.747	8.229

NOTAS: † No hay datos correspondientes a 1916. Por coherencia con la nota siguiente he tomado los valores que aparecen en la *Estadística...*, de 1909, p. 333, núm. 422 de la tarifa 3.^a.

* Según el "Índice de los aprovechamientos (...) en 1 de enero de 1917" existían 6.067 aprovechamientos en explotación y 455 concedidos y sin terminar. La "Situación (...) en 1 de enero de 1909" enumera un total de 5.754 concesiones. En dieciséis provincias, las señaladas con el asterisco (*), el censo de 1909 es más completo que el de 1917 debido, probablemente, a cambios en la organización encargada de recoger y centralizar las inscripciones.

FUENTES: Véase el texto.

ción de los aprovechamientos de aguas públicas para usos industriales en 1.º de enero de 1909»¹⁷. Esta publicación no es más que la reproducción del «Registro de aprovechamientos de aguas públicas», creado por R. D. de 12-4-1901¹⁸. El plazo de inscripción expiró, tras varias prórrogas, el 31-12-1901, admitiéndose excepciones en casos especiales¹⁹. Poco satisfactorio debió ser el Registro cuando, por R. O. de 24-11-1913²⁰, se concedió un

¹⁷ Idem, *Obras hidráulicas y marítimas. Situación en 1 de enero de 1909 y datos correspondientes a 1906, 1907 y 1908*, Madrid, 1911, pp. 132-647. Existe un precedente muy incompleto del citado "censo" en la *Reseña Geográfica y Estadística de España*, t. I, Madrid, 1912, publicada por la Dirección General del Instituto Geográfico y Estadístico. Véanse las pp. 297-350.

¹⁸ *Gaceta* del catorce de abril. La apertura del Registro se había venido reclamando en los años anteriores desde las páginas de la *Revista de Obras Públicas*: véanse A. MORALES AMORES, "Necesidad de una revisión de los aprovechamientos de aguas públicas", 1899, tomo I, pp. 269-270, y Eusebio PELEGRÍ, "Aprovechamientos de aguas", 1901, tomo I, pp. 79-80.

¹⁹ "Por Real Orden de 10 de agosto de 1901 (*Gaceta* del 25) se prorrogó este plazo hasta 31 de octubre, y por otra de 7 de noviembre del mismo año (*Gaceta* del 16), se concedió como prórroga última y definitiva hasta 31 de diciembre. Posteriormente han venido concediéndose prórrogas especiales a los que lo han solicitado con algún fundamento". Ministerio de Fomento, *Leyes, Reglamentos e Instrucciones aplicables al servicio de Obras Públicas* coleccionadas y publicadas por el Negociado de Estadística, Planos e Instrumentos, en cumplimiento de la Real Orden de 14 de octubre de 1912, tomo II, *Aguas* (terminación), Madrid, 1913, p. 7.

²⁰ *Gaceta* del cuatro de diciembre.

plazo de tres meses (que luego se prorrogó hasta 30 de junio de 1914²¹) «para solicitar la inscripción de aprovechamientos de aguas públicas cuantos no lo hayan hecho hasta ahora (...) procediéndose después a hacer la estadística general». Los no inscritos debían acreditar mediante «información posesoria» su titularidad. Comparando el «Índice» de 1917 con la «Situación» de 1909 se aprecia que los aprovechamientos no inscritos eran numerosísimos. Para Cataluña, por ejemplo, el número de concesiones para usos industriales pasó, aproximadamente, de mil a dos mil.

El inventario de 1 de enero de 1917, completado con el de idéntica fecha de 1909, enumera 8.229 aprovechamientos de aguas públicas para usos industriales y obtención de fuerza en toda España. La cifra puede parecer decepcionante. Una simple ojeada a la *Estadística de la Contribución industrial* nos informa de que en 1916 se habían matriculado en España (¡exceptuando las provincias vascas y Navarra!) 13.304 aceñas de río, molinos en presa y molinos de represa dedicados a la molienda de cereales²². De la lectura de los «censos» de 1909 y 1917 cabe deducir, no obstante, que los aprovechamientos de carácter más industrial o moderno están mejor controlados que los preindustriales (la molinería, principalmente). El mapa 3 y la tabla 4 ofrecen el detalle provincial de los aprovechamientos conocidos y una primera imagen de su distribución espacial.

En líneas generales, la clasificación corresponde a lo esperado. Tienen más aprovechamientos las provincias que disponen de mayor número de ríos caudalosos y con fuerte pendiente: las provincias del litoral cantábrico, las pirenaicas y las situadas en las cabeceras de los principales cursos fluviales del país. Existen, sin embargo, dos grandes excepciones, Galicia y Asturias. En ambos casos, el número de aprovechamientos es increíblemente bajo. Tal inconsistencia tiene su explicación en la confusión reinante a primeros de siglo en torno al organismo encargado del control de los aprovechamientos hidráulicos de las cuencas del Miño y del norte de España²³, sin olvidar las causas más generales (mala cobertura de la molinería) anteriormente indicadas.

Las dos áreas que presentan una mayor concentración de concesiones son el País Vasco y Cataluña. El primero ofrece la mayor densidad (aprovechamientos/km²) de toda España²⁴, mientras que Cataluña es la región con más aprovechamientos: 2.151, el 26 por 100 del total español. No entro en la

²¹ Real Orden de 20 de febrero de 1914. *Gaceta del seis de marzo*.

²² Dirección General de Contribuciones, *op. cit.*, Tarifa 3.ª, núms. 398, 398 a, 398 b y 398 c, 399 (y a, b, c) y 400 (y a, b, c).

²³ Algo parecido sucede en las cuencas del sur de España. Véase Ministerio de Fomento, *Leyes, Reglamentos...*, *op. cit.*, t. II, pp. 37 y ss., y especialmente las Reales Ordenes de 24-X-1900, 2-I-1906 y 12-II-1909.

²⁴ Es particularmente buena la información correspondiente a Guipúzcoa y Vizcaya en el «censo» de 1909.

consideración del primer caso, merecedor de un estudio específico. Discutiré a continuación los factores que han provocado la peculiar vinculación catalana a la energía hidráulica y los cambios acontecidos en los cincuenta y cinco años que van de 1862 a 1917.

3. El aprovechamiento de la energía hidráulica en Cataluña

3.1. ENERGÍA HIDRÁULICA Y ENERGÍA DEL VAPOR EN CATALUÑA A MEDIADOS DEL SIGLO XIX

¿Cuál es la importancia cuantitativa de la energía hidráulica en el sistema energético catalán? Resulta difícil responder a esta pregunta obligada; sin embargo, trataré de ofrecer algunas cifras ilustrativas del punto de partida. La tabla 5 reúne algunas estimaciones relativas al período 1841-1871.

A pesar de la parquedad de las cifras, creo que se puede aventurar la siguiente «lectura». Al principio del período que nos ocupa, en 1841, cuando apenas empezaba el desarrollo normal de la historia de la industria algodonera catalana (la guerra civil había concluido dos años antes, aún no se había completado la mecanización de toda la hilatura, etc.)²⁵, se podía detectar un claro predominio de la fuerza motriz hidráulica sobre la del vapor en la hilatura del algodón, que es el sector más importante de la industria algodonera y aquel para el que se dispone de más información. En un contexto de escasa mecanización²⁶, el agua casi doblaba en potencia al carbón.

Todas las informaciones que se suceden a partir de este momento señalan la inversión del punto de partida. La potencia de origen hidráulico a disposición de la hilatura del algodón asciende de 565 a 2.000 HP en el lapso de treinta años. Las estimaciones disponibles en años intermedios para toda la industria algodonera, o para la industria textil, confirman esta evolución. En cambio, en los mismos años 1841-1871, la energía del vapor aplicada al mismo ramo pasa de 300 a 9.500 HP. La última cifra quizá es algo exagerada, pero no creo que pueda serlo mucho cuando en 1861 la industria algodonera ya contaba con más de 6.000 HP. La difusión de la máquina de vapor en esta industria, que es casi como decir en la industria manufacture-

²⁵ Jaume VICENS VIVES, *Industrials i Politics*, Vicens Vives, Barcelona, 1972¹, páginas 50-53. Jordi NADAL, *El fracaso de la Revolución Industrial en España, 1814-1913*, Barcelona, 1975, cap. 7.

²⁶ NADAL, *op. cit.*, pp. 195-197. Pascual MADOZ, en su *Diccionario geográfico...*, tomo III, p. 464, nos informa de que la potencia de las caballerías aplicadas a la hilatura del algodón era muy superior a la de los motores hidráulicos y de vapor juntos; aún mayor era la cifra de operarios que accionaban manualmente las máquinas de hilar (véase la tabla 5).

ra catalana, se puede fechar, por lo tanto, dentro del veintenio 1841-1861. Precisamente se trata del período en el transcurso del cual se mecaniza totalmente la hilatura²⁷.

TABLA 5
Fuerza motriz industrial. Cataluña, 1841-1871

Año	HILATURA DEL ALGODON				IND. ALGODONERA		TODA LA INDUSTRIA	
	HP hidráulicos	HP vapor	Caballeros	Operarios	HP hidráulicos	HP vapor	HP hidráulicos	HP vapor
1841	565	300	1.229	8.663				
1846	1.192	2.149	427	—				
1848					1.500*	2.110*		2.414
1850	1.660	1.852	241	—				
1860					1.800	6.017		
1861								9.960
1870	2.000	9.500						
1871								10.000*

NOTAS: * Cifras correspondientes a la industria textil. Los HP hidráulicos corresponden a las industrias algodonera y lanera. En el vapor constan cifras de las industrias algodonera, estambrera, linera, sedera y la de paños e hilos.

² Excluidas las ferrerías del Remedio, M.T.M. y Vulcano.

FUENTES:

- 1841: Pascual MADUZ, *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar*, vol. III, Madrid, 1846, p. 464. Estadística realizada por Esteban SAYRÓ y Pascual MADUZ.
- 1846: Pascual MADUZ, *op. cit.*, vol. III, p. 476. Estadística de la Comisión de Fabricantes de Cataluña, de marzo de 1846.
- 1848: Laureano FIGUEROLA, *Estadística de Barcelona en 1849*, Barcelona, 1849. Reedición del Instituto de Estudios Fiscales, Madrid, 1968, pp 287-294.
- 1850: Guillermo GRAELL, *Historia del Fomento del Trabajo Nacional*, Barcelona, s.a. (1911), pp. 439 y ss. Censó de la Junta de Fábricas.
- 1860: Francisco José ORELLANA, *Reseña completa descriptiva y crítica de la exposición industrial y artística de productos del Principado de Cataluña*, Barcelona, 1860, p. 95.
Francisco GIMÉNEZ GUITED, *Guía fabril e industrial de España*, Madrid y Barcelona, 1862.
Orellana, para 1860, y Giménez Guitied, para 1861, coinciden en la cifra de HP de vapor a disposición de la industria algodonera.
- 1861: Fernando GARRIDO, *La España Contemporánea. Sus progresos morales y materiales en el siglo XIX*, 2 vols., Barcelona, 1867, vol. II, p. 908.
- 1870: Miguel IZARD, *Industrialización y obrerismo*, Ariel, Barcelona, 1973, p. 52. El dato procede del archivo del Ministerio de Asuntos Exteriores francés, "Informe consular sobre la industria algodonera de 1 de mayo de 1871", Correspondance commerciale, fols. 630 y ss.
- 1871: Román ORIOU Y VIDAL, *Carbones minerales de España*, Madrid, 1873, pp. 196-197.

²⁷ NADAL, *op. cit.*, pp. 195-200.

3.2. LA OPCIÓN POR EL CARBÓN Y SUS LIMITACIONES

¿Cuáles pueden ser los motivos de esta opción? Hay pocas dudas al respecto. El mismo Figuerola los sintetiza de forma clásica en 1849: «aunque sean muchas las ventajas que proporciona el motor por agua, nunca puede obtenerse con él la regularidad de movimiento que con la máquina de vapor, regularidad que influye, en consecuencia, en el aumento de la producción»²⁸. No cabía dudar en aquellos años acerca de la superioridad de la máquina de vapor, pues estaba claro que el futuro le pertenecía. De hecho, el primer gran impulso de la industria algodonera catalana se realizó mecanizando la hilatura (y luego el tisaje), principalmente mediante la importación de máquinas accionadas por la fuerza del vapor. La industrialización catalana no hacía más que seguir las pautas universales, que equivalía a decir las pautas inglesas.

A falta de carbón, había que buscarlo. Efectivamente, los catalanes lucharon con enorme afán por encontrar carbón en su subsuelo o en el de las tierras más próximas. Según Nadal, «de 1849 a 1861, Barcelona sometió a la Junta Facultativa de Minas (...) 117 peticiones de concesión sobre combustible mineral, una cifra que la situaba en el segundo puesto en la escala provincial, inmediatamente detrás de Oviedo»²⁹. Sabido es que el resultado fue una acumulación de fracasos. Los escasos carbones de Surroca-Ogassa y los lignitos de Berga se empezaron a explotar a gran escala a finales de siglo, pero no solucionaron ningún problema más allá del ámbito local o comarcal. La baja calidad y las dificultades de extracción de los primeros y el escaso poder energético de los segundos frustraron las grandes esperanzas que en ellos se había depositado. Hacia 1860-70, y en los años siguientes, ya estaba claro que no se podía esperar encontrar ningún gran yacimiento carbonífero en el subsuelo catalán. Había que seguir dependiendo del carbón importado, y éste era caro.

Ya en 1849, Figuerola señalaba que en Barcelona el carbón costaba más del quíntuplo que en Inglaterra³⁰. Ferrer y Vidal, usando datos de 1870, parece reducir la diferencia al triplo³¹. Andrés de Sard, con cifras de 1883, llega a la misma conclusión, precisándola numéricamente³². Recientemente,

²⁸ Laureano FIGUEROLA, *Estadística de Barcelona en 1849*, edición facsímil del Instituto de Estudios Fiscales, Madrid, 1968, p. 294.

²⁹ NADAL, *op. cit.*, p. 1953. Para la historia de esta búsqueda véase J. NADAL, "El carbón", en *Producció i consum d'energia...*, *op. cit.*

³⁰ FIGUEROLA, *op. cit.*, p. 291.

³¹ José FERRER y VIDAL, *Conferencias sobre el arte de hilar y tejer en general...*, Barcelona, 1875, pp. 67 y 74.

³² Andrés DE SARD, *Comparación entre el actual estado de desarrollo de la industria algodonera en Inglaterra y el de la propia industria en España*, Barcelona, 1884, pp. 32 y 40-41.

Nadal ha demostrado que Barcelona era el puerto español que tenía que pagar más caro el carbón que importaba, tanto en 1865 como en 1882³³.

El factor que más influía en el precio final eran los fletes³⁴. Barcelona estaba lejos de los puertos ingleses exportadores de carbón, pero, por encima de todo, su problema estribaba en no ofrecer mercancías para los retornos (la balanza del comercio marítimo barcelonés era espectacularmente deficitaria). En consecuencia, el precio de los fletes se disparaba. Esta situación no varió sustancialmente en ningún momento a lo largo de todo el período considerado (1840-1920).

3.3. ¿CARBÓN O AGUA? EL EJEMPLO DE LA INDUSTRIA ALGODONERA

3.3.1. *Los factores de localización*

Recientemente se ha despreciado o malinterpretado la importancia de la fuerza motriz en la localización de la industria algodonera, y en especial en la de la hilatura, que es la rama más intensiva en energía³⁵. La información que se puede aducir en favor de este punto de vista es que el carbón representa una fracción despreciable del coste del algodón hilado. Usando cifras de 1870, tenemos que el combustible (carbón) representa entre el 11 y el 12 por 100 del gasto total de fabricación por huso y año, exceptuando la materia prima³⁶. Considerada desde el punto de vista del producto obtenido —el algodón hilado—, la parte del combustible varía según la numeración. Para un número bajo (calidades inferiores), como el 16, el carbón representa el 3,1 por 100; para el número 32, típico de la industria catalana, la proporción asciende al 4,1 por 100, y para un número alto, el 117, alcanza el 7,8 por 100. Para 1883, Andrés de Sard sitúa la parte del carbón en un 9,7 por 100 de los gastos de entretenimiento anual de un huso y en un 3,5 por 100 del coste de un hilado del número 32. En 1899, Enrique Fort, ingeniero industrial al servicio de la Hacienda, estima que el combustible representa el 4,9 por 100 del coste de un hilado de algodón del número 30 al 35³⁷.

³³ NADAL, *op. cit.*, pp. 137-143.

³⁴ *Ibid.*, pp. 137-143.

³⁵ Ignasi TERRADES, *Les colònies industrials*, Laia, Barcelona, 1979. Véanse las páginas 35-40 y 53.

³⁶ FERRER Y VIDAL, *op. cit.*, pp. 67-68.

³⁷ Ministerio de Hacienda, *Memorias sobre la industria fabril redactadas por los ingenieros al servicio de la Hacienda Pública*, Madrid, 1900, p. 193. Del mismo informe se deduce que la parte del combustible en el coste del tejido era del 2 por 100 (p. 200).

Las diferentes estimaciones reafirman la pequeñez de la parte del combustible en el coste del hilado. Muchísimo más importante era la materia prima —el algodón en rama—, y en la hilatura incluso pesaban más los gastos de personal, el coste del capital, la amortización de la maquinaria y los gastos generales. En las siguientes fases de la manufactura del algodón, el combustible va perdiendo progresivamente importancia. En los párrafos que siguen voy a tratar de subrayar justamente lo contrario: que, a pesar de esta evidencia, y sin negarla, muy al contrario, el problema de la fuerza motriz era crucial para la industria algodonera y para toda la manufacturera en general.

Las cifras que acabo de reunir nos ilustran sobre la estructura de costos de los hilados y tejidos de algodón, pero no tienen ninguna relevancia para explicar la localización de la industria. El emplazamiento de una empresa no es función del precio de los factores, sino del precio de su transporte. Si suponemos que no hay problemas para la disponibilidad de capitales y de mano de obra, la decisión de localización se reduce a escoger el punto más próximo a la materia prima más voluminosa, que es la más costosa de transportar. En el caso de la industria algodonera, se debe optar entre el algodón y el carbón. Según estimaciones de Andrés de Sard correspondientes a 1880, aproximadamente, para producir 1 kilogramo de algodón hilado de los números 30 al 32 hacían falta 1,1 kilogramos de algodón en rama y 2,6 kilogramos de carbón³⁸. Pienso que se trata de un consumo de carbón mínimo. Siendo más voluminoso el carbón que el algodón en rama, la hilatura se instala en el país del carbón. Este pesa más como factor de localización. Así se explica en buena medida la irresistible superioridad británica. Si la industria algodonera catalana tenía que importar ambos elementos, su localización era muy inadecuada, pero si podía disponer de energía gratuita tenía posibilidades de progresar.

3.3.2. *La difusión del aprovechamiento de la energía hidráulica*

Para la Cataluña del siglo XIX y buena parte del XX, no existen —o no conozco— estadísticas ni censos industriales que permitan estudiar directa y periódicamente la utilización industrial de la energía hidráulica. Sólo disponemos de algunas notas fragmentarias que iluminan pequeños fragmentos del cuadro general, al estilo de las recogidas en la tabla 5. Para después de 1875 he recogido los siguientes datos. En 1879, Llauradó habla de 4.365 HP hidráulicos aprovechados a lo largo del Ter³⁹. Un año después, en 1880 la

³⁸ DE SARD, *op. cit.*, p. 32.

³⁹ Andrés LLAURADÓ, *Tratado de aguas y riegos*, Madrid, 1884, p. 723: "En concepto del citado ingeniero Mr. Ducloux, desde la parte extrema de la cuen-

casa «Planas y Cía.», de Gerona, pionera de la fabricación de turbinas en España⁴⁰, ya llevaba instaladas «300 turbinas que juntas suman unos 10.000 caballos de fuerza en todas las provincias de España»⁴¹, y es de suponer que las catalanas serían las principales clientes. En 1883, Puig y Valls afirma que a lo largo del Llobregat, entre Manresa y Berga, se aprovechan 8.000 HP y se proyectan instalar en breve plazo 6.000 más⁴². A finales de siglo —1898—, Escudé escribe que en la provincia de Barcelona existen 700 turbinas que proporcionan 30.000 HP⁴³. El mismo año, Pascual y Deop evalúa la potencia utilizada industrialmente en los ríos Llobregat (del origen hasta Esparraguera) y Cardoner en 16.461,20 HP⁴⁴. En todos los casos se trata de magnitudes muy superiores a las de mediados de siglo, pero no permiten construir un indicador regular.

El material que fundamenta esta reflexión permite cuantificar, indirectamente, la cronología y la intensidad del recurso a la fuerza motriz del agua en Cataluña⁴⁵. Trataré de evaluar seguidamente la difusión del aprovechamiento de la energía hidráulica en la industria algodonera y el consumo de carbón equivalente. Compararé el resultado con todo el carbón importado a través de los puertos y aduanas de Cataluña (importación en sentido estricto —comercio exterior— y en sentido amplio —incluido el comercio de cabotaje—). No considero, por irrelevantes, las entradas de carbón por tierra procedentes del resto de España. Este ejercicio contrafactual se puede seguir en la tabla 6.

En la primera columna aparecen los caballos hidráulicos conocidos en cada momento, según mis fuentes⁴⁶. Las cifras son siempre por defecto, por una doble razón: en algunos casos conozco la potencia pero no la fecha de la concesión⁴⁷ y, en otros, simplemente ignoro la potencia instalada. Por consiguiente, presento las cifras *conocidas* y me abstengo de plantear cualquier

ca hasta Roda, en las cercanías de Vich, la industria explota una fuerza hidráulica de 4.365 caballos, dejando todavía sin utilizar multitud de saltos, capaces de producir un trabajo dinámico de otros 5.000 caballos.”

⁴⁰ ORELLANA, *op. cit.*, pp. 138-140.

⁴¹ *Crónica de la Industria*, tomo VI, 1880, núm. 137, pp. 258-259.

⁴² PUIG Y VALLS, F., *Ferrocarril económico o tranvía movido a vapor entre las ciudades de Manresa y Berga, siguiendo el valle del río Llobregat por Sallent, Balsareny, Puigreig y Gironella*, Barcelona, 1881, 30 pp. Véase la hoja desplegable entre las pp. 18 y 19 y la p. 19.

⁴³ Manuel ESCUDÉ BARTOLÍ, “Aprovechamiento de la fuerza hidráulica en la provincia de Barcelona”, en *Revista Contemporánea*, año XXIV, tomo CX, 25 de abril de 1898, Madrid.

⁴⁴ José PASCUAL Y DEOP, “El Llobregat manufacturero”, en *Revista Tecnológico-Industrial*, Barcelona, octubre de 1898, pp. 269-271.

⁴⁵ Véase Albert CARRERAS, “L’energía hidráulica”, en *Producció i consum...*, *op. cit.*

⁴⁶ *Ibid.*

⁴⁷ Véanse, más adelante, los comentarios sobre los renglones 1911 a y 1911 b.

supuesto adicional. Recuerdo que otro sesgo inevitable al usar estas cifras es inherente al material de base: trabajar con concesiones adelanta toda la serie. ¿Cuánto? No lo sé. Las fechas de instalación deben ser siempre posteriores. La serie acaba en 1911, cuando ya no hay constancia de que se otorgue ninguna nueva concesión a favor de la industria algodonera. No empieza antes de 1861, pues las cifras disponibles son muy escasas en relación a las concesiones conocidas.

TABLA 6
Carbón ahorrado por la energía hidráulica empleada en la industria algodonera catalana

A ñ o	HP hidráulicos conocidos de la industria algodonera (1)	Tns. de carbón ahorradas (2)=(1).7 tns.	Tns. de carbón importadas (3)	Proporción del carbón ahorrado sobre el importado (4)=(2)/(3)
1861	1.764	12.348	123.181	10,0 %
1866	3.197	22.379	128.974	17,4 %
1871	5.138	35.966	212.539	16,9 %
1876	9.233	64.631	267.661	24,1 %
1881	11.755	82.285	339.566	24,2 %
1886	12.582	88.074	434.980	20,2 %
1891	16.726	117.082	560.798	20,9 %
1896	22.182	155.274	665.177	23,3 %
1901	28.820	201.740	816.667	24,7 %
1906	32.560	227.920	985.367	23,1 %
1911 a	33.849	236.943	995.933	23,8 %
1911 b	40.401	282.807	995.933	28,4 %

FUENTES: Véase el texto.

La segunda columna es una estimación del carbón ahorrado por la energía hidráulica utilizada por la industria algodonera. Para la determinación del coeficiente de multiplicación (7 tns.) he considerado dos factores. En primer lugar, cuánto carbón consume una máquina de vapor por HP y año. He supuesto siempre que la máquina de vapor trabajaba doce horas diarias durante trescientos días, que es lo que todos los autores consideran normal a lo largo de todo el período. Las instalaciones hidráulicas trabajaban más horas por día para compensar las jornadas que, inevitablemente, se perdían por estiajes, inundaciones y otros accidentes naturales. He localizado diversas estimaciones de consumo de carbón. Figuerola, en 1849, da la cifra de 2,54 arrobos por HP en doce horas de trabajo, y añade: «cantidad mínima asignada a las mejores máquinas»⁴⁸. A 11,5 kgs. la arroba, obtenemos

⁴⁸ FIGUEROLA, *op. cit.*, p. 291.

8,763 tns/año. Javier de Bona, fundamentándose en datos inéditos de la Junta de Estadística correspondientes a 1 de enero de 1862, afirma que las máquinas de vapor de la provincia de Barcelona consumían un promedio de 2,83 kgs. por HP-hora, que equivalen a 10,2 tns. por HP-año⁴⁹. Román Oriol ofrece unas cifras relativas a 1871 de las que se deduce un consumo de 12 tns. por HP-año⁵⁰. Tratándose de una deducción y no de una estimación directa, no creo que la cifra sea muy de fiar. En 1888, las máquinas de vapor de «La España Industrial» gastaban en promedio 1,94 kgs. por HP-hora (7 tns/HP-año)⁵¹. Era maquinaria vieja, que la dirección de la sociedad quería reponer; pero también hay que considerar que se trataba de una empresa atípica, por ser la principal de Cataluña. El ingeniero Enrique Fort, en 1899, utiliza el coeficiente «2 kgs. de carbón por HP y hora»⁵², que equivale a 7,2 tns. al año⁵³. Esquemáticamente, se puede considerar que el consumo se reduce de las 10 tns. por HP-año, hacia 1850-60, a las 7 tns. de finales de siglo. La eficiencia del convertidor ha mejorado en un 40 por 100 en cincuenta años.

En segundo lugar debemos contemplar los intensos progresos habidos en la tecnología de la turbina hidráulica en el mismo período⁵⁴, perfectamente comparables a los de la máquina de vapor. Ambos perfeccionamientos actúan, a nuestros efectos, en un sentido inverso y, probablemente, se anulan. Podemos suponer razonablemente que, desde mediados del siglo XIX hasta principios del siglo XX, el consumo equivalente en carbón de los HP hidráulicos efectivamente obtenidos se mantiene constante en torno a las 7 tns. por HP y año.

En la tercera columna aparecen las toneladas de carbón importadas (en sentido amplio) a través de los puertos y aduanas de Cataluña. Finalmente, la cuarta columna expresa el porcentaje de carbón ahorrado por la energía

⁴⁹ Javier de BONA, *op. cit.*, núm. 18, pp. 540-543.

⁵⁰ Román ORIOL Y VIDAL, *Carbones minerales de España*, Madrid, 1873, páginas 196-197.

⁵¹ La España Industrial, Junta General Extraordinaria del seis de mayo de 1888; informe del director. La información me ha sido facilitada por el doctor Jordi Nadal.

⁵² Enrique FORT en *Memorias sobre la industria fabril...*, pp. 192-193.

⁵³ Las estimaciones disponibles para otros países sugieren consumos inferiores. Peter TEMIN, en "Steam and Waterpower in the Early Nineteenth Century", *Journal of Economic History*, junio 1966, pp. 187-205, evalúa el consumo medio de carbón por HP-hora hacia 1840 en 3 ó 4 libras (1,4-1,8 kgs.), es decir, en 4,9-6,5 toneladas/año (p. 198, nota 28). HUNTER, *op. cit.*, p. 566, reproduce un cálculo de Francis fechado en 1894 según el cual el gasto era de 3 libras por HP-hora, lo que implica 4,9 toneladas/año. Jacques BUCHETTI, en *Les moteurs hydrauliques actuels*, 1ère partie, París, 1902, recoge en la página 47 cifras de 1880 publicadas por *The Textile Manufacturer* y da por bueno el coeficiente 1,5 kilogramos/hora (5,4 tns/año).

⁵⁴ HUNTER, *op. cit.*, cap. 8, "Declining Use and Advancing Technology".

hidráulica empleada en la industria algodonera o, más exactamente, la proporción en que deberían haber aumentando las importaciones catalanas de carbón para atender las necesidades de fuerza motriz de la industria algodonera si los ríos catalanes se hubieran secado durante un año. Salta inmediatamente a la vista la importancia creciente de la energía hidráulica empleada por la industria algodonera (convertida en toneladas de carbón equivalente) a lo largo del período 1861-1881. Son los años de la opción por el agua. Después de 1881, la serie presenta una ligera reducción, para volver a los valores anteriores a partir de 1896. Para 1911 he ofrecido dos cómputos alternativos. El primero —1911 *a*— resulta de considerar la suma de toda la potencia concedida hasta 1911 y con fecha conocida. La cifra alternativa —1911 *b*— procede de considerar toda la potencia utilizada por esta industria. Debo admitir que también en este caso es una estimación por defecto. Lo que sugiere este contraste es que hay implícita en toda la tabla una subestimación de las columnas 1, 2 y 4 de, al menos, un 19,4 por 100 (40.401 HP/33.849 HP).

3.3.3. *El ahorro de la opción hidráulica*

La tabla 6 ofrece dos líneas de interpretación. Por un lado, como acabo de apuntar, la cronología de la difusión de la utilización de la energía hidráulica en relación a la energía del vapor. Por el otro, una estimación del ahorro que supuso la opción hidráulica. Ahorro individual y ahorro colectivo: en los dos casos, la contribución al crecimiento económico de Cataluña es innegable. Se puede discutir la magnitud o la relevancia de esta aportación, pero no su signo positivo.

En primer lugar, ahorro individual, pues cada empresario dejaba de pagar el carbón que habría necesitado si se hubiera instalado en la costa, y también porque podía disfrutar de unos costes salariales más bajos. A cambio, pagaba el transporte del algodón en rama desde Barcelona a la fábrica y de los hilados y tejidos para el recorrido inverso. La disponibilidad de energía hidráulica elevó la capacidad productiva de la industria catalana, al posibilitarle aumentar la producción sin afectar a los precios. Flexibilizó la oferta de factores.

También ahorro colectivo, por la reducción del déficit de la balanza comercial y por el menor gasto en capital social fijo. Debemos tener en cuenta que un fuerte incremento de las importaciones de carbón inducido por la mayor producción de la industria algodonera habría exigido, probablemente, fuertes inversiones para ampliar la infraestructura portuaria. No olvidemos que el carbón era, con gran diferencia sobre las otras mercancías, el primer

elemento del comercio marítimo catalán, medido en unidades de peso. Me explicaré.

Acostumbramos a utilizar las series de comercio exterior como reflejo de la actividad económica interior y, principalmente, nos interesan para determinar el saldo de la balanza comercial, punto del máximo interés para el análisis económico del pasado. Hasta tal punto esto es así que la crítica de las valoraciones de nuestras estadísticas exteriores⁵⁵ ha tenido un efecto devastador sobre los estudiosos: casi nadie las utiliza. Recientemente se ha vuelto sobre el tema para advertirnos de que, quizá, al echar el agua sucia se nos había escapado el niño⁵⁶: fallaban las valoraciones, pero no las cantidades, y el saldo de la balanza comercial se puede reconstruir con paciencia. Olvidamos, sin embargo, que la información que ofrecen las estadísticas de comercio exterior tienen otro gran campo de aplicación: la apreciación del *volumen* de comercio, es decir, de la cuantía de los servicios de transporte, marítimo en este caso, producidos y demandados por la economía⁵⁷. Aquí los datos de volumen son más importantes que los de valor. Para establecer series de volumen habría que trabajar con los datos de peso (disponibles casi siempre⁵⁸) y ponderarlos según su peso específico. Es evidente que no ocupan el mismo volumen *x* toneladas de acero que las mismas de trigo. Sin embargo, esta acepción estricta del término volumen no es la que más nos interesa. A efectos de la navegación marítima, el *peso* tiene interés por sí mismo. Los barcos aceptan mercancías hasta cubrir su límite de *carga*, y ésta se mide en unidades de peso⁵⁹. Así, pues, y para ciertos fines, tiene pleno sentido trabajar con series de volumen (en sentido amplio, es decir, medido en toneladas).

Enfocado desde este punto de vista, el comercio marítimo de Barcelona (por su puerto entra la casi totalidad —el 90 por 100— de las importaciones

⁵⁵ Valentín ANDRÉS ALVAREZ, "Historia y crítica de los valores de nuestra balanza de comercio" y "Las balanzas estadísticas de nuestro comercio exterior", en Juan VELARDE, *Lecturas de Economía Española*, Gredos, Madrid, 1969 (los artículos son originales de 1943 y 1945, respectivamente).

⁵⁶ Gabriel TORTELLA, Pablo MARTÍN ACEÑA, Jesús SANZ y Santiago ZAPATA, "Las balanzas del comercio exterior español: un experimento histórico-estadístico, 1875-1913", en *Ciencia social y análisis económico. Estudios en homenaje al profesor Valentín Andrés Álvarez*, editado por J. L. García Delgado y Julio Segura, Madrid, 1978. Leandro PRADOS DE LA ESCOSURA, "Las estadísticas españolas de comercio exterior 1850-1913: El problema de las valoraciones", en *Moneda y Crédito*, marzo 1981, pp. 43 y ss.

⁵⁷ Por cierto, las estadísticas de comercio exterior y de cabotaje ofrecen abundante información al respecto.

⁵⁸ A veces se puede disponer directamente de datos de volumen; en otras ocasiones sólo existe información sobre unidades.

⁵⁹ Lo cual no invalida el interés del volumen en sentido estricto. El otro elemento que deben considerar los oferentes de servicios de transporte marítimo son las toneladas de arqueado disponibles, es decir, la capacidad.

catalanas de carbón)⁶⁰ presenta una estructura característica: se trata de un puerto *carbonero*. Veamos las cifras para el quinquenio 1909-1913, que corresponde al momento final de nuestro análisis y para cuando dispongo de cifras más completas sobre la potencia hidráulica instalada en Cataluña:

TABLA 7
Importaciones del puerto de Barcelona. Promedio 1909-1913
(En toneladas)

	Carbón (1)	Total (2)	(1)/(2), en % (3)
a. Comercio exterior	643.611	1.084.627	59,34 %
b. Comercio de cabotaje	257.175	513.517	50,08 %
c. Total de entradas	900.786	1.598.144	56,36 %

FUENTES: a) Elaboración propia a partir del *Anuario Estadístico de Barcelona*, de 1913, p. 588. b) Esperanza FRAX, *Puertos y comercio de cabotaje en España, 1857-1934*, Banco de España, Estudios de Historia Económica, núm. 2, 1981, p. 108.

El carbón es la principal mercancía importada por el puerto de Barcelona atendiendo al peso⁶¹ y, en realidad, la principal mercancía traficada. El movimiento de salidas del puerto de Barcelona es muy inferior al de entradas. Usando las mismas fuentes y refiriéndome al mismo período, las salidas por comercio exterior ascienden a 112.725 tns/año⁶², y las salidas por cabotaje, a 189.857. En total, 302.582 tns. anuales, el 19 por 100 de las entradas. Sumando entradas y salidas, el carbón sigue representando el 47,4 por 100 del tráfico. Los cereales en grano y en harina, el algodón en rama y las maderas, en cuanto a las entradas, y los vinos, en las salidas, tienen un peso muy inferior.

El consumo de carbón es el principal componente de las necesidades de infraestructura portuaria de Barcelona (y de Cataluña). Sustituir el carbón por otras fuentes energéticas tiene que haber ahorrado, o al menos aplazado, la inversión de capitales en obras públicas.

⁶⁰ Véase "El carbón. Apéndice estadístico", en *Producció i consum d'energia...*, *op. cit.*

⁶¹ En valor la primera es, indiscutiblemente, el algodón en rama.

⁶² Excluidos unos pocos productos no reducibles a toneladas métricas como los pianos, las alpargatas y los automóviles.

3.4. LAS MOTIVACIONES DE LA OPCIÓN POR EL AGUA

En realidad, lo que aparece ante nosotros es un hecho de sobras conocido. La falta de carbón es un gran obstáculo para la industrialización de cualquier país. Sólo aquellos que han dispuesto de una fuerza motriz alternativa excepcionalmente abundante y barata (caso de Nueva Inglaterra) han podido soportar durante *algún* tiempo (no excesivo, pues la tecnología de la industria pesada ya no acepta esta limitación) la carencia de carbón y progresar en la senda de la revolución industrial.

En el caso catalán, la falta de carbón estimuló poderosamente la opción por la energía hidráulica, aun cuando ésta fuera mediocre e irregular. Importar carbón implicaba un coste muy elevado, representado básicamente por unos fletes onerosísimos, explicables por la carencia de carga para los retornos. Se comprende que, en tales condiciones, aquellos industriales que podían optar, por razones tecnológicas, por la energía hidráulica que los ríos catalanes les ofrecían, lo hicieran sin pestañear. Por razones tecnológicas obvias, *no* podían recurrir al agua todas las actividades que necesitaban fuerza para tracción (ferrocarriles, barcos), ni los demandantes de carbón para calefacción y usos domésticos, ni las industrias que necesitaban el carbón como materia prima inexcusable, como la del gas o las fundiciones. Ciñéndonos estrictamente a la demanda de fuerza motriz para la industria, sólo podían optar por el agua aquellos sectores que no tuvieran otros condicionantes técnicos que los vincularan al carbón, es decir, a la costa. La demanda de carbón de Cataluña debía ser extraordinariamente rígida para que tantos usuarios estuvieran dispuestos a pagar precios tan altos por esta mercancía.

Pero el carbón —la falta de carbón— no explica completamente la opción por el agua. Debo recordar que inicialmente se prefirió la energía del vapor⁶³. La percepción de la inevitabilidad de la escasez de carbón en Cataluña a medida que avanzaba la segunda mitad del siglo coincidió con otros factores.

3.4.1. *La difusión de la nueva tecnología hidráulica*

La tecnología del aprovechamiento de la energía hidráulica progresó rápidamente en estos años. Figuerola, al referirse a los ríos catalanes en 1849, se lamenta de que los dos más caudalosos (el Ebro y el Segre) no se utilicen industrialmente. Según él, «sólo el Ter, el Llobregat y el Fluviá y algunos de sus tributarios ven a cada paso perturbada su corriente y obligada a impulsar *ruedas hidráulicas*, desde la más sencilla a la más acabada construcción, desde

⁶³ Véanse apartados 3.1 y 3.2.

la simple armazón de madera a la que en todas sus partes ha salido de una fundición de hierro»⁶⁴. Que la rueda hidráulica dominaba nos lo confirma indirectamente otra información: la primera noticia de instalación de una turbina corresponde a 1847 (fábrica Quer, de Sallent)⁶⁵.

En 1860, Orellana⁶⁶ se extiende ampliamente en la descripción de las actividades de la casa «Planas, Junoy, Barné y Cía.», de Gerona, los principales constructores de turbinas de España. Según él, «esta casa lleva construidas diecinueve turbinas para diferentes fábricas y molinos en el corto espacio de dos años»⁶⁷. En 1847 se instala la primera turbina y, en 1858, la primera turbina nacional⁶⁸. Entre estas dos fechas cabe situar la introducción de la nueva tecnología en Cataluña. Su difusión es mucho más difícil de fechar, pero pienso que se debe relacionar el desarrollo de las concesiones de aguas para aprovechamiento de la energía hidráulica, a partir de 1855-1856, con la disponibilidad de la turbina, que es un convertidor de la energía hidráulica mucho más eficiente y flexible que la antigua rueda. En otros países, principalmente en Francia y en los EE. UU., la turbina se difundió con alguna anterioridad, durante la década de 1840-50. Estos años presenciaron las principales modificaciones de la idea fundamental de Fourneyron por parte de ingenieros franceses y estadounidenses, los más sensibles a las posibilidades de la energía hidráulica⁶⁹. La turbina llegó a Cataluña después de superada esta fase de tanteos y mejoras y, a partir de entonces, su difusión debió ser bastante rápida.

Ya tenemos dos factores cruciales que explican tanto la ventaja inicial del vapor como el fuerte empuje de la energía hidráulica a partir de los últimos años de la década de los cincuenta y primeros de la siguiente.

3.4.2. *La extensión de la red ferroviaria*

Un tercer factor, de gran importancia, fue la extensión de la red ferroviaria. Los hitos fundamentales fueron tres. En 1859 se inaugura el trayecto Barcelona-Manresa, que abría las puertas del curso medio del Llobregat y

⁶⁴ FIGUEROLA, *op. cit.*, pp. 293-294. El subrayado es mío.

⁶⁵ Angel RUIZ y PABLO, *Historia de la Real Junta particular de Comercio de Barcelona*, Barcelona, 1919, p. 433. Citado por Miguel IZARD en *La revolución industrial en España. Expansión de la industria aldonera catalana, 1832-1861*, Universidad de los Andes, 1969, p. 112.

⁶⁶ ORELLANA, *op. cit.*, pp. 138-140.

⁶⁷ *Ibid.*, p. 139.

⁶⁸ En Cataluña. Hay constancia de que Ramón Bonaplata ya fabricaba turbinas hidráulicas en su taller de Madrid en 1848. Véase el *Semanario de la Industria y Revista de intereses materiales y de Ultramar*, año 3, núm. 105 (4-III-1848), p. 843, y núm. 108 (25-III-1848), pp. 869-870.

⁶⁹ LANDES, *op. cit.*, p. 201. HUNTER, *op. cit.*, cap. 7, "The Hydraulic Turbine".

del bajo Cardener. En 1876, el ferrocarril llega a Vic y, en los cuatro años siguientes, la línea avanza hasta Ripoll y Sant Joan de les Abadesses, cubriendo así el Ter medio y superior. Finalmente, el ferrocarril económico Manresa-Olván (Berga) entra en funcionamiento entre 1884 (Manresa-Sallent) y 1887 (Olván)⁷⁰.

En todos estos casos existía una pujante actividad industrial anterior a la llegada del ferrocarril. Puig y Valls nos ha dejado una relación impresionante de todas las fábricas existentes y de las proyectadas a lo largo del trayecto Manresa-Berga cuando aún se discutía la conveniencia de la construcción del ferrocarril económico que uniría ambas poblaciones⁷¹.

Los principales problemas que solucionó el ferrocarril fueron el transporte de la materia prima —el algodón en rama— y del carbón. Este ofrecía la posibilidad, como fuerza motriz complementaria, de ampliar las instalaciones y/o de mantenerlas en constante actividad, incluso en los estiajes, que eran el tendón de Aquiles de los ríos catalanes más aprovechados industrialmente.

3.4.3. *Los salarios*

Hay que matizar, en cambio, la influencia de la baratura de la mano de obra en la decisión de los empresarios de instalarse a lo largo del Ter y del Llobregat. Es innegable que los salarios en la «montaña» eran inferiores que en el «llano» (Barcelona), pero ello estimulaba a desplazarse *fuera* de Barcelona (el precio del suelo debía actuar, sobre todo una vez iniciado el Ensanche, en el mismo sentido), pero no específicamente a las cuencas del Ter y del Llobregat. Los industriales podían haberse desplazado sobre el eje de la costa, aprovechando el trazado de las líneas férreas y la existencia de comarcas con agricultura de escaso rendimiento y sobrepobladas. La baratura de la mano de obra y su mayor flexibilidad (que implica mayor docilidad) no son razones que expliquen la localización finalmente adoptada. Hay que introducir el componente «energía gratuita» para entender la lógica de esta opción.

3.4.4. *Las desgravaciones fiscales*

En la década de 1860-70 se aprobaron varias leyes que contemplaban exenciones fiscales susceptibles de ser aprovechadas por los empresarios algo-

⁷⁰ Jordi MALUQUER DE MOTES, «El comerç i les finances al segle XIX», en *Història de Catalunya*, vol. 5, Salvat, Barcelona, 1979. Véase el mapa de la página 78 («Els ferrocarrils a Catalunya»).

⁷¹ PUIG Y VALLS, *op. cit.*; véase la hoja desplegable entre las pp. 18 y 19.

doneros que instalaran sus fábricas en las riberas de los ríos catalanes. La Ley de Aguas de 1866 (y también la de 1879) concedía la exención en el pago de la contribución industrial durante algunos años a los fabricantes que empleasen saltos de agua como fuerza motriz⁷². Por otra parte, las fábricas constituidas en colonias (tan abundantes a lo largo del Llobregat) estaban completamente exentas del pago de contribuciones directas si podían acogerse a los beneficios de la Ley de Colonias Agrícolas de 1855, a la de Fomento de la Población Rural de 1866 y, finalmente, a la de 3 de junio de 1868, que refundía las anteriores⁷³.

En la polémica que en 1890-1891 enfrentó a Moret con los industriales catalanes, en ocasión de la discusión de la reforma arancelaria⁷⁴, ya se puso de manifiesto que el efecto combinado de ambas desgravaciones era de la máxima importancia (ver la tabla 8).

TABLA 8
Número de husos de la industria algodonera

A ñ o	Husos (C. Ind.) (1)	Importación de algodón (tons.) (2)	Husos (Moret) (3)	Husos (F.N.T.) (4)
1856	783.285	20.556 (54-56)	893.739	846.402
1863	795.495	18.613 (61-63)	809.261	803.361
1879	691.346	35.553 (77-79)	1.545.783	1.179.595
1883	847.581	48.589 (81-83)	2.112.565	1.570.429
1890	644.020	51.977 (88-90)	2.259.870	1.567.363

(1) Número de husos de la industria algodonera matriculados para el pago de la Contribución Industrial. Datos tomados de *La Reforma Arancelaria*, v. VI, página 586. ("Voto particular del Excmo. Sr. Segismundo Moret".)

(2) Importación media de algodón en rama para los años señalados entre paréntesis (el año de referencia y los dos anteriores). Tomado de NADAL *op. cit.*, apéndice VII.

(3) Número de husos de la industria algodonera según la hipótesis de Moret (*La Reforma Arancelaria*, v. VI, pp. 586-587): un huso consume anualmente 23 kgs. de algodón en rama. Por lo tanto, (3) = (2, en kgs.) / 23.

(4) Número de husos de la industria algodonera según la hipótesis del F.T.N. (*Contestación al voto particular...*, p. 67): un huso del llano consume 23 kgs. de algodón en rama, pero uno de la montaña consume 40,25 kgs. He realizado el cálculo suponiendo que los husos del llano son los matriculados. Por lo tanto:

$$(4) = (1) + [(2, \text{ en kgs.}) - ((1) \cdot 23 \text{ kgs.})] / 40,25 \text{ kgs.}$$

⁷² Cinco años en la ley de 1866 y diez en la de 1879.

⁷³ TERRADES, *op. cit.*, pp. 77-81.

⁷⁴ *La reforma arancelaria y los tratados de comercio. Información escrita de la comisión nombrada por Real Decreto de 10-X-1889*, tomo VI, *Actas y Dictámenes*, Madrid, 1890, "Voto particular del Excmo. Sr. Segismundo Moret", pp. 586-587. *Contestación al voto particular del Excmo. Sr. Segismundo Moret*, Barcelona, 1891 (varios firmantes), pp. 65-67.

Hacia 1863, la diferencia entre el número de husos matriculados y el deducido del consumo de materia prima aplicando diferentes hipótesis era insignificante. Unos años después, en 1879, 1883 ó 1890, las divergencias entre las cifras oficiales y las calculadas son sustanciales y crecientes. Cabe preguntarse, a la vista de tales resultados, si las exenciones fiscales fueron la causa de la peculiar localización de la industria algodonera catalana. Una desgravación transitoria difícilmente puede originar un cambio de localización. A lo sumo, ayuda a que éste se produzca. La exención permanente es más eficaz, pero los industriales que se acogieron a la Ley de Colonias Agrícolas forzaron, en realidad, la letra y el espíritu de una ley que no estaba pensada para ellos. De hecho, no todos consiguieron el tratamiento de «colonia agrícola» al que aspiraban⁷⁵. En ambos casos cuesta pensar en una decisión de localización motivada por incentivos fiscales. Estos simplemente completaron un cuadro de circunstancias favorables y acentuaron una tendencia preexistente.

* * *

La incipiente industrialización catalana, que comienza hacia el año 1840, se desarrolla en Barcelona y su comarca y en las ciudades más próximas, como Vilanova, Mataró, Sabadell o Tarrasa. La creciente concentración fabril facilita el éxito de algunas reivindicaciones obreras. Ante el incremento de los costes salariales, los empresarios prefieren instalar sus fábricas —al menos las de nueva creación— en zonas donde puedan pagar salarios más bajos y disponer de mayor flexibilidad en la contratación laboral. Puesto que en Cataluña el carbón era caro, no se podía pensar en localizaciones en el interior aprovechando la disponibilidad de buenas comunicaciones ferroviarias, como, por ejemplo, en las comarcas de Lérida (y quizá el ferrocarril no era suficientemente barato). Fuera de la costa, la única localización racional era sobre el curso de algún río con caudal suficiente para generar potencias instantáneas de unos pocos centenares de caballos de fuerza y situado a poca distancia de Barcelona.

El proceso comienza muy pronto, pero no se intensifica hasta los años sesenta y setenta, gracias a los decisivos progresos de la tecnología hidráulica y a la sustancial reducción de los costes de transporte inducida por la extensión de la red ferroviaria. Razones coyunturales dificultaron la ejecución sistemática de esta decisión hasta después del sexenio revolucionario. Entre 1874 y 1881 se produce la «huida» hacia el interior en busca de fuerza motriz gratuita. Cuando llega la crisis de sobreproducción de 1882-83 son las em-

⁷⁵ TERRADES, *op. cit.*, pp. 82-87, describe las dificultades de Mateu Serra, el propietario de la colonia de la Ametlla de Merola, para conseguir las desgravaciones y exenciones en el pago de la contribución industrial.

presas de la costa, las consumidoras de carbón, las que más sufren⁷⁶. Algunas deben cerrar sus puertas y otras, como «La España Industrial» en 1883 y en 1888, se plantean muy seriamente trasladar la fábrica, o al menos la hilatura y su preparación, al lado de un río para disfrutar de las envidiadas ventajas de los industriales instalados en la «montaña»⁷⁷.

Los años que van de la Restauración al desastre del 98 —el último cuarto del siglo XIX— son la edad de oro del aprovechamiento de la energía hidráulica en Cataluña. Es bien significativa al respecto la coincidencia en el tiempo, 1897-98, y en el contenido, que oscila de la sorpresa por el descubrimiento de una realidad poco conocida al orgullo y al entusiasmo por la perfección (¡exhaustividad!) del trabajo realizado, de los textos del marqués de Camps, de Manuel Escudé Bartolí y de José Pascual Deop⁷⁸. Hacia 1898, ya casi no quedaban saltos de agua libres, y el «modelo hidráulico», doblado a menudo de un original modelo de organización fabril —las colonias industriales—, cristalizó hasta el punto de parecer (o convertirse en) un rasgo estructural típico de la industria manufacturera catalana.

3.5. LOS LÍMITES DE LA OPCIÓN HIDRÁULICA. EL SIGLO XX

¿Cuáles son los límites del «modelo hidráulico» catalán? En primer lugar se trata de límites físicos: la disponibilidad de saltos de agua aprovechables. Los expedientes de solicitud son progresivamente más gruesos, pues ante el anuncio preceptivo de una nueva petición de aprovechamiento cada vez hay más usuarios que se quejan porque sienten destruidas sus posibilidades de expansión. Por otra parte, el testimonio de los contemporáneos es inequívoco. Ya no caben más fábricas a lo largo del Llobregat, del Ter o del Fresser. La construcción del canal de Berga es una de las últimas esperanzas de ampliar la potencia hidráulica aprovechable sin alejarse demasiado de Barcelona. El desenlace industrial de esta iniciativa es aleccionador. De las dieciocho fábricas que en 1885 se esperaba que se instalarían sobre su curso sólo se establecerá, en 1899, una (la «Sociedad Española de Carburos Metálicos»), que utilizará toda la fuerza motriz disponible. Las iniciativas industriales más pro-

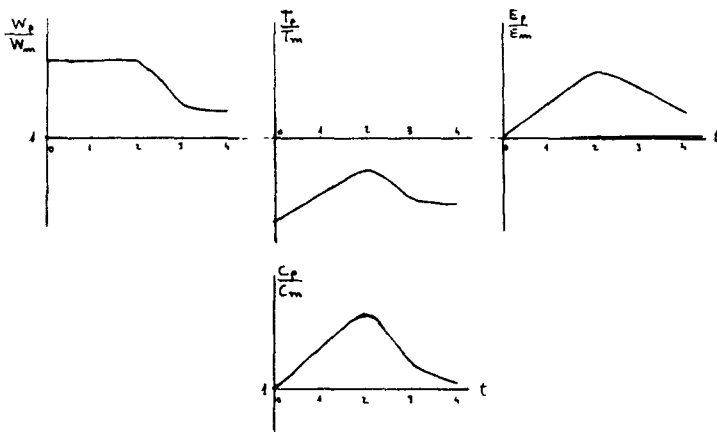
⁷⁶ *Contestación al voto particular...*, pp. 65-66.

⁷⁷ Debo esta información a la amabilidad del Dr. Jordi Nadal. La España Industrial preparó un informe al respecto en 1883, y en 1888 el tema resucita al discutir el proyecto de "reforma de la maquinaria" (es decir, de las máquinas de vapor), propuesto por el director de la factoría

⁷⁸ Carlos de CAMPS y DE OLZINELLAS (marqués de CAMPS), "Influencia de la cuenca del Llobregat en el desarrollo de la agricultura e industria catalanas", memoria leída por el académico numerario _____ en la sesión pública inaugural del año académico de 1897 a 1898, en *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Letras de Barcelona*, 1898, pp. 336-350; ESCUDÉ, *op. cit.*, y PASCUAL, *op. cit.*

gresivas exigían potencias que difícilmente podían ofrecer el Llobregat o el Ter. La fábrica de cemento de la «Asland», en Castellar de N'Huc, y las de carburos de Berga, Esparraguera y San Andrés de la Barca, en los dos extremos del Llobregat, acaban simbólica y prácticamente con las posibilidades físicas de aprovechamiento del río más industrial de Cataluña. Para proyectos más ambiciosos, el Llobregat y el Ter se han quedado chicos; hay que ir a los Pirineos o bien llevar la energía de los ríos pirenaicos hasta Barcelona.

En segundo lugar hay límites económicos. Las fábricas que se instalan en la montaña disfrutaban inicialmente de unos salarios mucho más bajos que las del llano, pero a medida que el interior se industrializa y que se absorben los excedentes de mano de obra, la diferencia salarial va diluyéndose. En 1898, el fenómeno ya es manifiesto⁷⁹. Los costes del transporte, que tanto se reducen gracias al ferrocarril, vuelven a aumentar a medida que los nuevos emplazamientos se alejan de Barcelona. Los costes de la energía hidráulica, consistentes en el interés del capital invertido en la construcción de la presa y del canal de conducción y en la compra e instalación de las turbinas, también crecen cuando desaparecen los mejores saltos. Ya entrados en el siglo xx, la difusión de las grandes redes de distribución de la electricidad tienden a igualar los costes energéticos a lo largo y a lo ancho de Cataluña. Esquemáticamente, la evolución temporal de los principales costes que diferencian la localización en la montaña y en el llano se puede plantear así:



W=salarios; E=costes energéticos; T=costes de transporte; C=costes totales; p=empresas del "llano"; m=empresas de la "montaña"; t=tiempo; 0=c. 1840; 1=c. 1865; 2=c. 1890; 3=c. 1914; 4=c. 1935.

⁷⁹ PASCUAL Y DEOP, *op. cit.*, p. 279.

No se trata más que de una hipótesis razonable. Habrá que esperar a disponer de estudios sobre la evolución de los costes en los dos tipos de empresa para comprobar, rechazar o matizar este planteamiento.

3.5.1. *La localización de la industria en el siglo XX*

La irrupción de la electricidad cambió por completo los factores de localización. En el caso de la industria algodonera, para la que tenemos más información, inmediatamente antes de la Primera Guerra Mundial, en 1914, Calvet afirmaba que un 80 por 100 de los husos existentes en Cataluña estaban situados en las cuencas de los ríos Llobregat y Ter y en sus afluentes, accionados por la fuerza hidráulica y trabajando día y noche⁸⁰. Algo después, en 1919, la Cámara Oficial de Industria de Barcelona publica una estadística de la industria catalana⁸¹. En ella se especifica el número de fábricas, de obreros y el valor de la producción clasificados por municipios. Distinguiendo los municipios cuyas fábricas debían usar la energía hidráulica (directa o indirectamente) y aquellos que debían recurrir a la máquina de vapor o al motor eléctrico, se deduce que el 68,6 por 100 del valor de la producción de la hilatura y el 44,5 por 100 de la del tisaje (considerando ambos subsectores, el 55,2 por 100) correspondían a fábricas accionadas por la fuerza del agua. Según otra estimación contemporánea, el número de husos instalados en las cuencas de los ríos representaban el 76,6 por 100 de la hilatura del algodón en Cataluña⁸². Las proporciones son impresionantes.

La Primera Guerra Mundial, con la escasez de carbón que la acompañó, supuso el último episodio feliz de la energía hidráulica aplicada a la industria. La vuelta a la normalidad ya se realizaría en condiciones muy distintas. El proceso que había comenzado a principios de siglo ahora se aceleraría. La generación y distribución de electricidad cambiaba por completo los factores de localización a favor del mercado consumidor. Los nuevos proyectos de inversión podían decidir con mucha mayor libertad su emplazamiento. La energía hidráulica ya no era una opción. Si el mapa de la industria algodonera catalana no se ha transformado más rápidamente, si no se han abandonado antes las antiguas localizaciones, ha sido en buena medida por el escaso nivel de la inversión en esta industria desde 1920 hasta 1960, como consecuencia del estancamiento del mercado interior, y también porque la

⁸⁰ Eduardo CALVET, "L'industrie cotonnière en Espagne", en *Estudios sobre España. Lecciones del VIII Curso de Expansión Comercial*, Barcelona, 1914, pp. 302-316. Véase la p. 308.

⁸¹ Cámara Oficial de Industria de Barcelona, *Memoria Reglamentaria* de 1919, Barcelona, 1920. Véase la "Estadística Industrial", pp. 135-262.

⁸² José NART, "La crisis industrial y el paro forzoso", en *Revista Nacional de Economía*, año V, tomo IX, núm. 28, p. 452, Madrid, 1921.

electricidad ha sido cara hasta pasada la primera mitad del siglo xx, y los saltos de agua pequeños y medios, ya totalmente amortizados, no eran económicamente despreciables. Como se puede apreciar en la tabla 9, el uso directo de la energía hidráulica aún representaba en 1952 una proporción significativa de la energía primaria consumida por la industria algodonera catalana.

TABLA 9

Fuerza motriz de la industria algodonera catalana en 1952

ENERGIA PRIMARIA			FORMA DE LA ENERGIA FINAL UTILIZADA		
Motor	HP	%	Motor	HP	%
Turbina hidráulica .	51.597	38	Transmisión mecánica a partir de turbinas hid. y térm. y de motores no eléctricos	29.819	22
Turbina térmica y motores de aceite pesado, gasolina y gas pobre	6.898	5	Motores eléctricos ...	105.964	78
Motores eléctricos (conexión a la red general)	77.288	57			
TOTAL	135.783	100	TOTAL	135.783	100

FUENTE: Instituto Nacional de Estadística, *Estadística de la Industria Textil*, Madrid, 1954, pp. 14, 163 y 7, nota 1. Los datos se refieren a 1 de noviembre de 1952.

El sector algodonero todavía generaba el 38 por 100 de su energía primaria mediante turbinas hidráulicas instaladas en las mismas fábricas⁸³, pero aproximadamente la mitad se transformaba en energía eléctrica y bajo tal forma se utilizaba. La otra mitad (un 19 por 100 del total) seguía usándose directamente. En 1952, las formas del aprovechamiento de la energía hidráulica, surgidas y difundidas cien años antes, aún eran una realidad viva.

Quando, hacia 1960, entraron en juego nuevas oportunidades, las empresas tendieron a considerar localizaciones más ventajosas, cerca del mercado barcelonés y de sus economías externas (transporte, servicios, etc.). En la

⁸³ Los 51.597 HP no son muy diferentes de los 40.401 HP que he estimado para 1916 (véase la tabla 6). La diferencia puede ser debida a la sustitución y mejora de las turbinas, a ampliaciones de la capacidad productiva de las fábricas, a nuevas instalaciones o a insuficiencias de mi estimación. Creo que la última es la mejor explicación de la diferencia observada, aunque las dos primeras tampoco son despreciables.

actualidad, la crisis del sector textil está acabando, una tras otra, con casi todas las empresas ribereñas del Llobregat y del Cardoner, del Ter y del Fresser (a pesar de que la subida del precio de los combustibles líquidos ha devuelto atractivo económico a los saltos de agua⁸⁴). Se cierra así un ciclo que había comenzado a mediados del siglo XIX. El característico paisaje industrial de las cuencas fluviales que se extienden «detrás» de Barcelona se está convirtiendo, a pasos agigantados, en objeto de estudio de la arqueología industrial.

4. Conclusión

Después de esbozar los rasgos característicos del aprovechamiento de la energía hidráulica en Cataluña, estamos en condiciones de volver al punto de partida y situar el caso catalán en un contexto más amplio.

La Cataluña del siglo XIX presenta varias particularidades en su sistema energético, y especialmente en el aprovechamiento del agua. En primer lugar hay que señalar que la industria ligera —que en Cataluña equivale a decir casi toda la industria— recurre intensivamente a la energía hidráulica y huye del vapor. Casos similares se pueden hallar en la Europa alpina y prealpina y en Nueva Inglaterra. En segundo lugar, la opción por el agua resulta desfasada en relación a la de los demás países. En éstos, el progreso de la tecnología hidráulica retrasa la adopción del vapor en algunas áreas. Así, Landes se puede maravillar de la preponderancia de la energía hidráulica en algunas regiones europeas en la década de 1860-70. La explicación, que él mismo ofrece, es siempre la misma: se trata de los últimos ramalazos de una tecnología que progresa, pero que no puede competir frente a las enormes ventajas de la máquina de vapor⁸⁵. El caso de Nueva Inglaterra es excepcional, por sus dimensiones y cronología. Pero la coincidencia con Cataluña en este último aspecto no puede llamarnos a engaño. Las magnitudes son demasiado distintas.

La originalidad catalana reside en que la opción hidráulica *sucede* al fracaso del modelo normal, el inglés. Entre 1835 y 1865, aproximadamente, los empresarios catalanes tratan de desarrollar una industria moderna típica, basada en la energía del vapor. Del fracaso de este intento, que debemos cargar en la cuenta de la deficiente dotación de recursos naturales de Cataluña, surge una nueva opción: la marcha hacia el interior en busca de costes

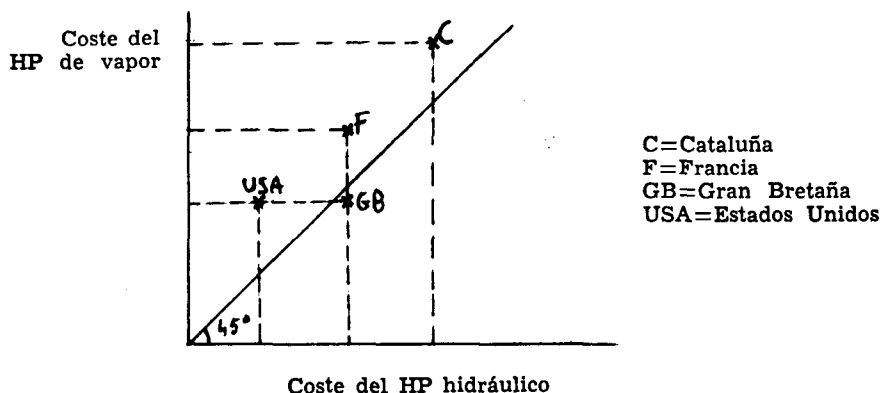
⁸⁴ En junio de 1982 las compañías eléctricas que operan en Cataluña y la Consejería de Industria de la *Generalitat de Catalunya* han firmado un proyecto de investigación para localizar unos dos centenares de “pequeños saltos” (de algunos centenares de KW. de potencia) y plantear su explotación.

⁸⁵ LANDES, *op. cit.*

inferiores y de una oferta de factores más elástica. En este momento, la industria catalana ya ha aceptado como inevitable que sus costos sean elevados y renuncia a competir frente a la producción foránea. La huida hacia el agua es contemporánea de la saturación del mercado interior y de la mayor rigidez del proteccionismo de los industriales catalanes. El peculiar modelo energético catalán de la segunda mitad del siglo XIX sólo es comprensible, por lo tanto, si recordamos la fuerte protección arancelaria, que ampara unos costos no competitivos, y si tenemos bien presente que lo que hicieron los industriales fue adaptarse racionalmente a una situación dada —carestía del carbón— y a unas expectativas realistas sobre las disponibilidades catalanas de este combustible.

El caso catalán, comparado con el de otras economías, se puede contemplar esquemáticamente de este modo:

*Costes energéticos de diferentes industrias a mediados del siglo XIX
(hipótesis no cuantificada)⁸⁶*



La preferencia por la energía hidráulica en Cataluña era perfectamente racional y comprensible, pero se producía en unas condiciones muy distintas de las que regían en Francia o en los Estados Unidos, dos países «hidráulico-intensivos». En Cataluña, el factor crucial era la carestía del carbón, que elevaba extraordinariamente el umbral de rentabilidad de la energía hidráulica. Saltos mediocres podían ser rentables cuando, en otras circunstancias

⁸⁶ Hipótesis no cuantificada, pero sí inspirada en las cifras que ofrecen Von TUNZELMANN, *op. cit.*, p. 161, y Paul P. CHRISTENSEN, "Land Abundance and Cheap Horsepower in the Mechanization of the Antebellum United States Economy", en *Explorations in Economic History*, 18, 1981, p. 322.

—Francia, Suiza, USA—, hubieran sido despreciados por antieconómicos. En estos últimos países, el factor decisivo fue la baratura del agua corriente. El vapor conquistó estas áreas a medida que rebajaba su coste. Las industrias progresaron sobre una tendencia descendente del precio de la energía. En Cataluña sucede lo contrario. La industria se ve obligada a adaptarse al cambio de los precios relativos (reales o esperados), y la resultante es un coste energético creciente en relación a otros países. La opción por el agua en Cataluña está indisolublemente ligada a la frustración de un proyecto de industrialización mucho más ambicioso, basado en el carbón, como en Inglaterra.

¿Qué hubiera sido Cataluña con carbón? Nuestros antepasados se formularon infinidad de veces esta pregunta, y siempre con una mezcla de amargura, por lo que la falta de carbón había impedido hacer, y de orgullo por lo realizado pese a ello. ¿Y qué hubiera supuesto disponer de carbón y hierro? La reflexión cae en el terreno de la pura ficción, pero si aceptamos el juego es innegable que se trataría de una región con una población muy superior a la actual —¿el doble?— y con mayor capacidad de arrastre sobre el resto del país. No cuesta mucho imaginar lo que ello significa en términos de corrientes migratorias y de transformación de la agricultura española por el mismo camino que, finalmente, ha seguido en los años cincuenta y sesenta. De la influencia que Cataluña habría ejercido en la política española poco puede inferirse, pues el impacto del éxito económico y de la fuerte migración interior habría introducido variables difíciles de extrapolar. En cualquier caso, la lucubración vale para subrayar el peso de los recursos naturales en la fijación de un techo al ritmo de crecimiento económico de una colectividad.

Cataluña disponía de numerosos elementos para la modernización propia y la de toda España. La carencia del recurso fundamental de la industrialización —el carbón— redujo a cenizas tales virtualidades. Más exactamente, las redujo a un forzado proteccionismo. Al estudiar la industria catalana cabe distinguir una primera etapa, de 1840 a 1860-70, aproximadamente, cuando el argumento de las industrias nacientes es subjetivamente válido, y una segunda etapa, a partir de 1870, en la que ya se han abandonado todas las esperanzas de salir del estadio de la no competitividad internacional.

Cataluña es un buen ejemplo del papel condicionante de la disponibilidad de recursos naturales en el crecimiento económico de un país. La tradición industrial catalana ha debido perpetuarse en condiciones desfavorables y forzando una política económica que protegiera su debilidad insuperable. Pero ¿habría supuesto algún estímulo para el crecimiento económico español el sacrificio de la industria catalana? El tema ya no levanta los ánimos como hace un siglo, pero sigue irresuelto.