

M-10163

F 66

ARL
66

CAPÍTULO 17

DESEQUILIBRIOS HÍDRICOS
Y TRANSFORMACIONES DEL REGADÍO
EN LA NAVARRA SECA, 1841-1936*José Miguel Lana Berasain
Universidad Pública de Navarra

Introducción

El punto de partida inevitable es la constatación de la enorme diversidad del medio físico de Navarra: una comunidad globalmente bien dotada de recursos hídricos y con una masa forestal importante, distribuidos, eso sí, de modo irregular a lo largo del territorio siguiendo una doble gradación nortesur y oeste-este. Entre el bosque atlántico, la pradera alpina y la estepa mediterránea tenía cabida en la segunda mitad del siglo XIX un conjunto de sistemas agrarios que podemos resumir en cuatro tipos: el «*mixed farming*» del noroeste, la agricultura pirenaica de subsistencia, el monocultivo cerealista con barbecho blanco y semillado de los valles centrales, y, finalmente, un policultivo mediterráneo que combinaba en distintas proporciones el cultivo de cereales en régimen de año y vez o al tercio, con plantaciones de viñedo y de olivar y con cultivos hortícolas en pagos localizados. Las prácticas de riego ocupaban en todos ellos un papel más o menos destacado, pero sólo en el tercio meridional se convertían en eje del sistema agrario¹.

La evolución del sector agrario en este territorio entre los siglos XIX y XX, tal y como ha sido reconstruido por Domingo Gallego (1986), presenta como particularidades: una intensa especialización vitivinícola durante la segunda mitad del ochocientos, recompuesta parcialmente tras la filoxera;

* Una versión previa de este capítulo tuvo ocasión de ser expuesta en Segovia (IV Encuentro entre Técnicos e Historiadores) y en Pamplona (sesiones de discusión IHES «Gerónimo de Uztariz»). Estoy especialmente en deuda con los profesores Domingo Gallego, Vicente Pinilla y Joseba de la Torre, quienes, además de hacerme atinadas observaciones y sugerencias, han llevado su generosidad a la cesión de materiales que espero haber sabido aprovechar.

¹ Además de los «huertos de secano» (según la paradójica etiqueta del Catastro Provincial) de la zona central y nororiental, merecen destacarse las prácticas de riego de apoyo de la Navarra holohúmeda, promovidas ya por los clérigos ilustrados (LARUMBE, 1800) y ligadas a la expansión de la pradería.

una formidable colonización de los espacios meridionales de secano protagonizada por los cereales y, en especial, por el trigo, que supuso un incremento más o menos paralelo de la superficie en barbecho; y una expansión de la superficie regada que fue acompañada por una sustitución de cultivos en el sentido de una notable intensificación durante el primer tercio del siglo XX. A ello hay que añadir la ausencia de grandes inversiones en obras de regadío entre la finalización de las obras de los canales Imperial de Aragón y de Tauste en la última década del siglo XVIII y la apertura del canal de Lodosa y del embalse de Yesa, ya tras la guerra civil.

Habida cuenta de estas transformaciones, cabe plantear algunos interrogantes. ¿Cómo se adaptaban al medio las sucesivas líneas de especialización? Y en particular, ¿qué significado tenían en términos hídricos? De otro modo, ¿cómo fue posible la ampliación de la superficie de regadío sin una aparente modificación de sus soportes técnicos? ¿Cómo se regularizaron los caudales mínimos necesarios para intensificar los cultivos? Por no entrar en cómo se resolvieron los impedimentos hídricos y de fertilización que habían obstaculizado hasta entonces la conquista masiva de los secanos. En definitiva, ¿que tipo de retos —y de respuestas— planteó desde mediados del siglo XIX la creciente integración de la agricultura regional en un marco sistémico de corte capitalista?

Cuadro 17.1

ESPACIO CULTIVADO EN NAVARRA EN SECANO Y REGADÍO.
1857-1935. DATOS EN HECTÁREAS

Años	A	B	C	A+B+C	D	E	Total
Secano:							
1857	—	—	—	101.200	50.158	26.140	177.498
1886/90	79.106	8.399	9.190	96.695	52.009	43.571	192.275
1901/10	98.822	11.485	9.248	119.555	75.053	14.563	209.171
1911/20	116.690	12.406	9.839	138.935	84.388	18.953	242.276
1921/30	131.550	11.638	8.544	151.732	87.038	28.081	266.851
1931/35	153.705	14.253	9.931	177.889	97.499	30.392	305.780
Regadío:							
1857	—	—	—	16.933	4.108	6.848	27.889
1886/90	11.204	1.368	4.093	16.665	3.290	13.697	33.652
1901/10	13.299	2.490	6.697	22.486	4.727	6.294	33.507
1911/20	12.845	2.643	8.733	24.221	4.463	5.937	34.621
1921/30	12.935	1.960	11.382	26.277	4.002	7.569	37.848
1931/35	12.810	1.716	15.284	29.810	3.686	8.549	42.045

Nota: A, cereales; B, leguminosas; C, plantas intensivas (raíces, tubérculos y hortalizas); D, barbechos; E, cultivos leñosos.

Fuente: Gallego Martínez (1986: 846-847).

En este trabajo he pretendido reunir y ordenar algunos materiales e ideas que pueden contribuir a aclarar esos aspectos. En un primer bloque sintetizaré las características del medio natural, las implicaciones en términos hídricos de las sucesivas líneas de especialización y los medios técnicos disponibles para satisfacerlos. En el segundo intentaré reconstruir las líneas de respuesta articuladas por el sistema social en el contexto de su integración en un marco de capitalismo agrario antes y después de la crisis-bisagra de fin de siglo.

1. El ecosistema, la especialización productiva y los balances hídricos en la Navarra seca

1.1. *El medio físico y los soportes técnicos del regadío*

A diferencia de la Navarra septentrional, la Navarra seca se caracteriza por un relieve suave y de escasas pendientes (menos del 5%), formado por un escalonamiento de terrazas aluviales y glacis que culminan en mesas y anticlinales roídos por la erosión. Es la Navarra arcillosa, constituida durante el Oligoceno y Mioceno y compuesta básicamente de calizas lacustres, margas continentales y yesos, alternadas con rocas detríticas como conglomerados y areniscas o con depósitos cuaternarios. La acción conjunta de la litología, la vegetación natural (xerófila, esclerófila y perennifolia), el clima y la acción antrópica ha dado lugar al mosaico de suelos existentes en la región, en los que predominan, como corresponde a un régimen de humedad ústico —que llega a ser arídico en una amplia zona— los suelos de tipo intrazonal. Son suelos pardos calizos, asociados en algunos puntos a suelos pardo yesosos y salinos, suelos menos evolucionados como las rendzinas y materiales no consolidados como los regosuelos. Son suelos básicos, con pH en torno a 8 o a 9, sometidos a procesos agradativos que en áreas margosas de escaso drenaje originan suelos salinos.

En el cuadro 17.2 se resumen los datos climáticos que caracterizan a la comarca de Tudela, la de rasgos más extremados dentro de la Navarra seca. El régimen pluviométrico viene delimitado por un bajo nivel de precipitaciones (alrededor de los 400 mm) con intensas fluctuaciones interanuales y mensuales, situándose los máximos del año en la primavera y, en menor medida, en el otoño. La intensa evapotranspiración causada por un régimen térmico con altas temperaturas veraniegas y una fuerte acción desecante provocada por el viento del noroeste, el cierzo, víctima del efecto *föhn*, dan lugar a una larga y acusada aridez estival que puede durar cuatro o cinco meses². En compensación, es reducido el riesgo de heladas, lle-

² El método de cálculo de la evapotranspiración potencial propuesto por Thornthwaite ha sido objeto de severas críticas ya que se considera que subestima en torno a una tercera parte la evapotrans-

Cuadro 17.2

COMARCA DE TUDELA: CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

Mes	Características térmicas					Características hídricas			
	Tm	TF	TMMA	tmma	DH	P	D	ETP	P-ETP
I	5,4	7,5	16,3	-5,0	13,5	26,6	5,8	11,7	14,9
II	6,9	9,3	18,0	-3,7	9,2	26,1	5,3	16,5	9,6
III	9,5	12,2	22,1	-1,8	4,7	31,0	6,5	32,5	-1,5
IV	12,2	15,0	25,7	1,2	0,8	41,9	6,8	50,6	-8,7
V	15,6	18,8	30,4	3,3	0	51,9	7,8	80,9	-29,0
VI	19,9	23,3	34,8	7,9	0	41,5	5,8	114,4	-72,8
VII	22,8	26,6	37,7	10,4	0	21,4	3,3	139,8	-118,4
VIII	22,5	26,2	37,1	10,3	0	25,2	3,5	127,5	-102,3
IX	19,2	22,5	32,2	7,0	0	39,2	5,2	89,2	-49,9
X	14,0	16,9	26,4	2,1	0,4	37,2	5,5	52,2	-15,0
XI	8,7	11,1	20,4	-2,4	5,3	40,1*	6,0	23,0	17,1
XII	5,6	7,6	15,7	-4,6	10,5	34,4	7,0	11,9	22,6
Año	13,5	16,4	38,5	-6,6	44,1	416,6	68,7	750,0	64,2

Leyenda: Tm, temperatura media (°C); TF, temperatura media diaria (°C); TMMA, temperatura media de máximas absolutas (°C); tmma, temperatura media de mínimas absolutas; DH, número medio de días de heladas; P, precipitación media (mm); D, número medio de días con precipitaciones; ETP, evapotranspiración potencial media (método Thornthwaite) (mm).

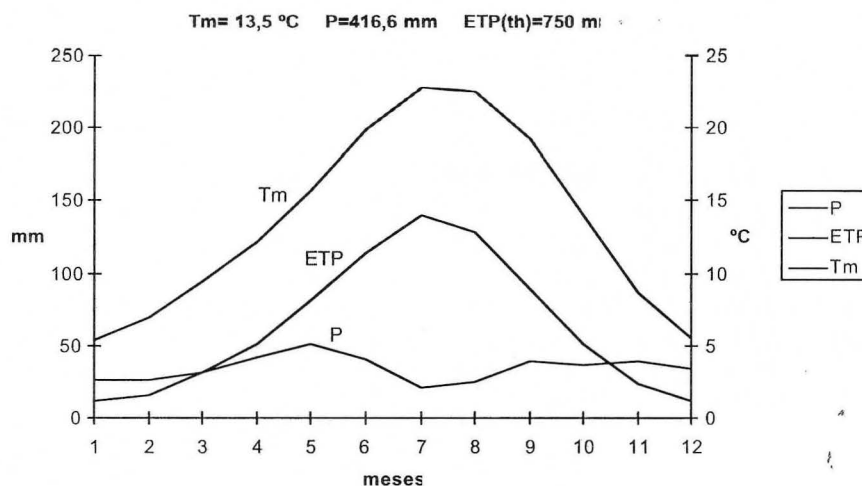
*Fuente: F. Elías Castillo y L. Ruiz Beltrán (1986). Para confeccionar el cuadro he calculado los promedios que arrojan los registros (promediados a su vez) de las localidades de Buñuel (período 1932-1980), Cadreita (período 1941-1972), Carcastillo (1932-1980), Fitero (1941-1980), Montegudo (1931-1980) y Tudela (1933-1975).

gando a 200 días la duración del período libre de ellas. Estamos, en consecuencia, ante un régimen climático que encajaría, dentro de la clasificación de Papadakis, en un régimen de humedad mediterráneo seco con invierno tipo avena y verano tipo arroz. Los índices de potencialidad agrícola de Turc para el secano se sitúan por debajo de 15 a partir de una línea que delimitaría el tercio meridional, englobando por debajo de 10 a todo el partido de Tudela y con valores por debajo de 5 en algunos corros. Dadas esas condiciones naturales, el milagro del agua eleva esos índices para los perímetros de la huerta hasta 40 y 50.

piración anual respecto a otros métodos más elaborados como el de Blaney y Criddle o el de Penman, agravándose esa tendencia en los meses críticos del estío. Sin embargo, en condiciones en las que la batería de datos disponible es limitada resulta insustituible.

Gráfico 17.1

COMARCA DE TUDELA: CLIMOGRAMA



El balance hídrico global —representado su perfil mensual para la comarca tudelana en el gráfico 17.1—, con su fuerte déficit estival, condiciona las opciones de cultivo, forzando la búsqueda de líneas concretas de especialización, de variedades de semillas o de prácticas de cultivo que se adapten a esos condicionamientos naturales³. Pero el recurso más destacable históricamente ha sido, allá donde era posible, proporcionar por medios artificiales el agua requerida por las plantas para su crecimiento. Acuíferos subterráneos y cursos fluviales, más éstos que aquéllos, han sido por ello objeto de una explotación relativamente intensa.

La magnífica, aunque incompleta⁴, memoria que publicó en 1918 la Junta Consultiva Agronómica refleja, sin lugar a dudas, el predominio de

³ El ingeniero Daniel Nagore, al frente de la dirección de Agricultura y Ganadería de la Diputación, recomendaba entre los «procedimientos de cultivo que permitan aprovechar al límite las aguas de lluvia» una labor principal profunda, que facilitase el almacenamiento del agua de lluvia por el suelo, una labor posterior de grada, con el fin de romper su capilaridad, unas atentas escardas —más sencillas de efectuar si se adoptaba la siembra en líneas—, y un abonado abundante, puesto que con él «según las experiencias realizadas la cantidad de agua suficiente a la cosecha puede bajar en un tercio de la totalidad necesaria en otras condiciones». Para terminar, confiaba en la selección de las variedades de cereal más resistentes a la sequía en una deseable «Estación de ensayo de semillas bien montada» (NAGORE, D., 1923: 26-27). En relación precisamente a la selección de variedades, no puede ser casual que, como señalaba el catálogo de los productos navarros presentados en la exposición de Bayona de 1864, se empleasen preferentemente variedades distintas de trigo en las zonas central («el pelado o mocho») y meridional («el blando o hembrilla») de Navarra, cuyos condicionamientos físicos eran tan diferentes.

⁴ La memoria no recoge algunas pequeñas acequias que sí cita el diccionario de MADDOZ, omite dos depósitos o lagunas utilizadas para riego (Lor y Pulguer) y prescinde por completo de los aprovechamientos de regatas para riego de prados de la vertiente cantábrica.

Cuadro 17.3

NAVARRA, 1916. SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS PARA RIEGO,
ORDENADOS SEGÚN LA DIMENSIÓN DEL ÁREA REGADA

Área regada (en ha)	Acequias		Depósitos		Norias/cigoñales		Bombas		Manantiales	
	n.º	ha	n.º	ha	n.º	ha	n.º	ha	n.º	ha
< 50	4	89	—	—	2*	38*	1	20	48	374
50-99	5	386	2	130	1	60	2	125	3	155
100-499	25	6.575	4	1.311	1	200	2	450	1	100
500-999	10	5.900	—	—	—	—	2	1.124	—	—
1.000-5.000	9	17.365	—	—	—	—	—	—	—	—
TOTAL	53	30.315	6	1.441	4	298	7	1.719	52	629

* Corresponde a cigoñales.

Fuente: Junta Consultiva Agronómica (1918).

los aprovechamientos de aguas superficiales, con un 98,2% —del que la mayor parte (88,1%) correspondía a acequias, canales y ríos—, frente a un 1,8% de las aguas subterráneas⁵. Las acequias eran, por regla general, de pequeña dimensión: regaban la mayoría de ellas menos de quinientas hectáreas, tenían menos de diez kilómetros de recorrido principal y afectaban en su mayor parte a un solo municipio⁶. El resto de los mecanismos utilizados para captar aguas se movían en dimensiones igualmente modestas, siendo las más ambiciosas algunas bombas de riego existentes en esa fecha.

La manipulación del sistema fluvial ha permitido transformar profundamente las condiciones del medio, pero ha tropezado también con límites derivados de las características de esos cursos naturales. Con caudales de muy diversa magnitud, los ríos de la Navarra seca presentan una notable irregularidad interanual y fuertes fluctuaciones estacionales, con un estiaje muy marcado. Salvo los afluentes de la margen derecha del Ebro (Alhama y Queiles), cuyos máximos, propios de un régimen pluvial puro, se sitúan en primavera, los mayores caudales del resto se localizan en

⁵ En esa fecha, el regadío navarro representaba el 11,5% de la superficie cultivada (según los datos aportados para 1922 por GEHR, 1991) y un 3,3% de la superficie provincial. Las cifras españolas estaban entonces por debajo, con un 6,75 y un 2,71%, respectivamente. Los datos para España, en los que predominan aunque de modo menos abrumador los aprovechamientos superficiales, y dentro de ellos los acequeros, están resumidos en SIMPSON, J. (1997: 179).

⁶ De las 53 acequias, 32 no superaban los cinco km de cauce, 10 no pasaban de diez, 7 no llegaban a veinte y sólo 4 tenían un canal principal de más de 20 km. La mayor parte de ellas (43) tan sólo regaba un término municipal, 6 implicaban de dos a cuatro pueblos y tan sólo cuatro regaban cinco o más jurisdicciones.

invierno, especialmente en el mes de febrero, descendiendo paulatinamente hasta alcanzar su mínimo en agosto. Al rigor recurrente de los estiajes se sumaba además la violencia destructiva de las avenidas, que anegaba campos y arruinaba instalaciones.

1.2. Especialización productiva y consumos hídricos del regadío

El perfil mensual del balance hídrico, sólo parcialmente cubierto por la posibilidad de explotar cursos de agua sometidos a idéntica estacionalidad, marcaba por tanto las opciones de especialización agrícola. Opciones que durante el siglo XIX tomaron la forma de la producción de trigo, cebada, vino, aceite y, en menor cuantía, productos de huerta, y que durante el primer tercio del siglo XX se decantaron decididamente hacia producciones intensivas como la remolacha azucarera, la alfalfa y otros forrajes o las frutas y hortalizas. En la comarca tudelana, la de caracteres más extremados (cuadro 17.4), los datos disponibles remarcaban la magnitud de estas transformaciones: dentro de las denominadas genéricamente «tierras de labor de regadío», el trigo fue cediendo su protagonismo, tanto durante la segunda mitad del XIX como en el primer tercio del XX, en favor de otras semillas destinadas a la industria, el engorde de ganado o el consumo en fresco; el viñedo, después de haber alcanzado las 4.627 ha en 1889, fue duramente golpeado por la filoxera y pudo recomponerse parcialmente, mientras el olivar, después de haber servido como alternativa a la ruina de la vid, inició una lenta decadencia⁷.

Las necesidades globales de agua de riego que implicaban cada una de estas estructuras de cultivo podemos razonablemente estimarlas a partir de coeficientes técnicos de consumo, que varían en función tanto de las características de evapotranspiración propias de cada zona como del tipo de planta. El ingeniero Sainz Castillo incluye en su informe para la memoria de 1918 algunos valores indicativos que he sintetizado en el cuadro 17.5. Salvo excepciones, las cifras parecen estar notablemente subevaluadas, como lo prueba la comparación con los valores que pocos años más tarde manejaban los ingenieros Lapazarán y Gadea o los que proporcionan

⁷ Los datos de 1857 proceden básicamente de SANZ BAEZA, F. (1858), pero para asignar la superficie efectiva a cada planta más allá de los grandes capítulos que maneja ese autor he realizado una estimación a partir de los datos originales de cuatro pueblos (Ablitas, Corella, Murchante y Villafranca) que obran en sus respectivos archivos municipales. Los datos de 1903-1906 están reconstruidos a partir de las cartillas evaluatorias que guarda el Archivo Administrativo de Navarra (AAN) en su sección Catastro (legs. 16133 a 16151). Las cifras medias de 1931-1932 las he elaborado a partir de los materiales originales presentados por la delegación del Ministerio de Agricultura en Navarra, depositados hoy en la Biblioteca de la UPNA.

Cuadro 17.4

MERINDAD DE TUDELA, 1857-1932. EVOLUCIÓN DE LOS USOS DEL SUELO AGRÍCOLA (DATOS EN HECTÁREAS)

	1857		1903-1906		1931-1932	
	<i>Regadío</i>	%	<i>Regadío</i>	%	<i>Regadío</i>	%
Trigo	(6.486)	43,6	4.577	30,3	3.803	18,6
Otros cereales	(1.020)	6,9	1.672	11,1	1.470	7,2
Maíz	(532)	3,6	1.041	6,9	722	3,5
Habas	(221)	1,5	217	1,4	126	0,6
Judías	(19)	0,1	47	0,3	129	0,6
Patatas	(304)	2,0	448	3,0	491	2,4
Remolacha azucarera	(0)	0	1.313	8,7	4.386	21,5
Forrajes	(187)	1,3	97	0,6	1.852	9,1
Hortaliza y frutal	(228)	1,5	427	2,8	1.023	4,3
Superficie sembrada (I)	9.218	61,9	9.856	65,2	14.210	69,7
Barbecho	2.881	—	5.163	—	3.594	—
SUMA (II)	12.099	—	15.019	—	17.804	—
Olivar	3.282	22,1	3.377	22,3	2.457	12,0
Viñedo	2.378	16,0	12	0,1	3.222	15,8
Viña olivar	—	—	546	3,6	497	2,4
Filoxerado	—	—	1.328	8,8	—	—
SUMA (III)	5.660	38,1	5.263	34,8	6.177	30,3
TOTAL (I + III)	14.878	100	15.119	100	20.387	100
TOTAL (II+III)	17.759	—	20.282	—	23.981	—

Nota: El deficiente cómputo de las superficies de barbecho en 1857 me ha llevado a calcular los porcentajes sobre la suma de superficies sembradas y plantadas.

Fuentes: Sanz Baeza (1858); AAN, Catastro, cajas 16133 a 16151; Biblioteca UPNA, estadísticas agrícolas de 1931 y 1932.

trabajos más recientes⁸. Los dos autores referidos, vinculados a la Confederación Hidrográfica del Ebro, proponían dos conjuntos de valores sobre consumos de agua de riego que pueden sernos de utilidad: el primero de

⁸ En 1923, Daniel Nagore atribuía al trigo, para una producción media de 24 qm de grano y 48 qm de paja, un consumo de 3.200 m³ de agua por ha y año, distribuidos en tres o cuatro riegos. Más recientemente, Tabuena asigna para el valle medio del Ebro 2.400 m³ por ha y año para los cereales

ellos, con consumos más bajos en número y volumen, correspondía a lo que llamaban zona riojano-navarra, mientras que el segundo, con cifras visiblemente superiores, sería aplicable a la navarro-aragonesa. Una y otra zona, que los autores hacían coincidir en Tudela, querían sintetizar sendos medios físicos caracterizados por grados diversos de aridez.

Cuadro 17.5

VALORES INDICATIVOS DEL CONSUMO DE AGUA DE RIEGO
POR CULTIVOS (m³ por ha y año)

Cultivo	Sainz Castillo			Lapazarán y Gadea (1)			Lapazarán y Gadea (2)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Cereal de otoño	3-4	600	1.800	3	750	2.250	4	900	3.600
Maíz	6	600	3.600	—	—	—	—	—	—
Habas	5	600	3.000	—	—	—	—	—	—
Judías	11	400	4.400	—	—	—	—	—	—
Patatas	6	400	2.400	—	—	—	—	—	—
Forrajes, legumbres	—	—	—	8	600	4.800	9	650	5.850
Remolacha azuc.	10	400	4.000	—	—	—	—	—	—
Cáñamo	8	400	3.200	—	—	—	—	—	—
Plantas industriales	—	—	—	10	700	7.000	12	900	10.800
Pradera artificial	10	700	7.000	11	850	9.350	13	1.000	13.000
Huerta	—	—	1.200	12	550	6.600	16	600	9.600
Frutales	4	600	2.400	—	—	—	—	—	—
Víña y olivar	2-3	500	1.000	5	600	3.000	6	650	3.900

A, número de riegos a lo largo del año; B, volumen medio de agua por riego (m³); C, volumen de agua por año y hectárea (m³). (1): zona riojano-navarra; (2): zona navarro-aragonesa (mayor aridez).

Fuentes: Sainz Castillo (JCA, 1918); Lapazarán y Gadea (1929).

Si damos por buenos estos datos, la sustitución del cultivo de trigo por otras semillas podía multiplicar los consumos de agua de riego por dos (forrajes y legumbres), por tres (plantas industriales, huerta) o por cuatro (praderas artificiales), pero es que además se modificaba en una proporción importante la cadencia mensual de esos consumos. Aplicando los valores indicativos de Lapazarán y Gadea sobre las superficies ocupadas por las distintas plantas en los tres cortes temporales propues-

de invierno, 5.600 para los cereales de primavera, 5.900 para la alfalfa y 5.400 para los cultivos hortícolas (TABUENCA, J. M., 1995). Fuera de esta región, López Sanz utiliza en La Mancha unas dotaciones de agua de 2.000/2.300 m³/(ha año) para los cereales, 4.000/5.000 para el maíz, 5.000 para las leguminosas, 6.000 para la patata, 7.500/8.000 para la remolacha, 8.000/9.000 para la alfalfa o 1.500/2.000 para el viñedo (LÓPEZ SANZ, G., 1997: 79).

tos (cuadro 17.6) no es sólo que la dotación necesaria de agua de riego se multiplicase entre 1857 y 1932 por un factor superior a dos, sino que los consumos tendieron a desplazarse hacia los meses críticos de la aridez estival y del estiaje de los ríos. A mediados del siglo XIX y todavía en la primera década del XX (con un viñedo excepcionalmente subrepresentado) dos de las tres puntas del consumo de riegos coincidían con meses en que el desequilibrio entre precipitaciones y evapotranspiración se mantenía en límites aceptables. El cambio de especialización productiva adoptado tras la crisis finisecular supuso diluir esas puntas estacionales en una única curva que concentraba las demandas hídricas en un momento que coincidía con los mínimos de las disponibilidades pluviales y fluviales.

Claro que sobre estas estimaciones, y agravando por tanto la presión sobre el recurso, habría que añadir las mermas por evaporación y filtración

Cuadro 17.6

DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE LOS CONSUMOS DE AGUA DE RIEGO
POR CULTIVOS Y DOTACIÓN GLOBAL ESTIMADA
PARA LA COMARCA DE TUDELA EN 1857, 1905 Y 1932

Mes	Consumo mensual por cultivo (valores indicativos en m ³ /ha.)						Volumen consumido (miles de m ³ estimados)		
	A	B	C	D	E	F	1857	1905	1932
I	—	—	—	—	—	—	0	0	0
II	—	—	—	—	600	—	137	259	614
III	—	—	—	1.000	600	650	4.003	2.916	6.482
IV	900	650	900	1.000	600	650	11.659	11.108	16.122
V	900	650	1.800	2.000	1.200	650	12.185	12.661	22.535
VI	—	1.300	1.800	2.000	1.200	650	5.787	7.503	18.350
VII	900	1.300	1.800	2.000	1.800	650	13.021	14.056	24.103
VIII	—	1.300	2.700	3.000	1.800	650	6.654	9.486	25.164
IX	—	650	900	2.000	1.200	—	1.207	2.615	9.432
X	900	—	—	—	600	—	6.892	6.122	5.352
XI	—	—	900	—	—	—	202	1.194	3.947
XII	—	—	—	—	—	—	0	0	0
Suma	3.600	5.850	10.800	13.000	9.600	3.900	61.747	67.920	132.101

A, Cereal de otoño; B, Forrajes, legumbres de invierno y segundas cosechas; C, Plantas industriales; D, Praderas artificiales; E, Huerta; F, Cultivos arbustivos y arbóreos.

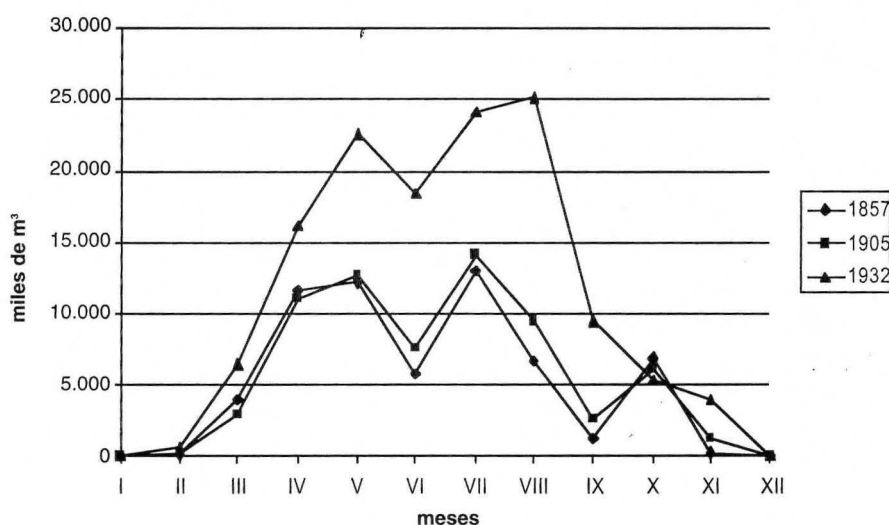
Fuentes: J. C. Lapazarán y M. Gadea (1929) y cuadro 17.5.

en las acequias y brazales⁹ y los derroches ocasionados por una deficiente manipulación del agua por los regantes. Por lo que se refiere a este último aspecto, junto a los problemas derivados de una falta de formación e información (desconocimiento de las necesidades reales de plantas y suelos), los técnicos señalaban los defectos inherentes a los sistemas de asignación del agua por turnos cortos sin limitación de caudal, agravado en algunos casos por la prohibición de regar de noche (Canal Imperial de Aragón), los hábitos de riego, con tablares excesivamente amplios y sistemas de inundación, y los procedimientos de facturación —por hectárea («albidales» o alfardas) y no por consumo—, como factores de un uso desorbitado e ineficiente del recurso.

No conviene perder de vista, sin embargo, que cuando se plantean estas críticas el nuevo patrón de consumos descrito había descontextualizado el sistema tradicional de manejo del agua. Por otro lado, ni siquiera en una comarca de dimensiones reducidas como la tudelana los métodos tradicionales de manejo del agua eran los mismos y, así, en regadíos antiguos y con equilibrios frágiles como los del Queiles y Alhama algunos de los problemas señalados eran severamente atajados en las ordenanzas deci-

Gráfico 17.2

COMARCA DE TUDELA. ESTIMACIÓN DEL CONSUMO MENSUAL DE AGUA A PARTIR DE LAS SUPERFICIES DE CULTIVO



⁹ LAPAZARÁN, J. C. y M. GADEA (1929) estimaban unas pérdidas por esas causas del 15% en el Canal Imperial de Aragón, del 12% en el de Lodosa y del 9% en el resto de las acequias del Ebro. En los riegos por elevación las reducían hasta el 4%.

monónicas¹⁰. Y es que el manejo del agua, más allá de los condicionamientos técnicos, cobra sentido en sistemas sociales concretos, que sufrieron profundas transformaciones durante este largo período. En el bloque siguiente intentaré reconstruir las líneas fundamentales de este proceso.

2. Alternativas para la extensión e intensificación del riego antes y después de la crisis finisecular

2.1. *¿Una burguesía emprendedora? La búsqueda de alternativas técnicas en el siglo XIX*

Es difícil calibrar la magnitud de la transformación física, en términos de extensión y mejora, de los regadíos navarros antes del siglo XX. La dificultad para establecer balances procede de lo endeble de los datos generales aportados por catastros y obras de época¹¹. A falta de investigaciones en profundidad que permitan datar las inversiones en el regadío, se puede intentar trazar un balance provisional *a posteriori* tomando como punto de partida el régimen de propiedad de las infraestructuras de riego, perfectamente detallado por la memoria de la Junta Consultiva Agronómica del año 1918.

El marco en el que cobran sentido estos datos viene definido por la preminencia del sistema acequiero dentro del regadío navarro tradicional, por la debilidad financiera a lo largo del XIX del Estado y de los ayuntamientos, y por la atribución doctrinal de la función inversora a la iniciativa privada. De ese modo, el abrumador dominio de las comunidades de regantes y la no despreciable presencia de las sociedades anónimas (7,3% del total regado) contrasta con la débil participación del Estado y los municipios.

¹⁰ La ampliación del tiempo disponible para el riego con división de días y noches de aguas reducía el estrés de los regantes; la obligación de utilizar «tiraderas» de una vara de ancho (78,5 cm) y círculos u hoyas de 1,57 m de radio para dirigir el agua a los olivares, los frutales y —a veces— las viñas, así como la prohibición de volver a llevar el agua por el mismo puerto, y sobre regado, en el caso de que se hubiese interrumpido un turno de riego, buscaban reducir los consumos inútiles; el hecho de que muchas veces las labores de riego las asumiesen, con cargo al propietario o colono, oficiales de aguas especializados (bailes o regadores) tendía, por último, a conjurar los despilfarros.

¹¹ Hasta la década de 1880 sólo contamos con un catastro general, aunque incompleto, para 1817/1818. A falta de datos complementarios que permitieran confirmarlo, resultaría posible estimar la superficie de regadío para esas fechas en un mínimo de diecinueve mil hectáreas, sin incluir lo ocupado por viñedos y olivares regables. Las informaciones contenidas en el diccionario de Madoz son escasamente aprovechables en un balance de conjunto, puesto que falta información sobre las acequias que tomaban las aguas, no de presas, sino de partideros (Queiles), y las superficies regadas vienen expresadas en robadas y en fanegas, sin que podamos saber si éstas eran de marco real. Los datos de Llauradó respecto a la extensión beneficiada por las acequias navarras en 1878 son muchas veces increíbles, ofreciendo en conjunto una desorbitada cifra, superior en un 72,5% a la que resulta del meticuloso informe de la Junta Consultiva Agronómica de 1918 (LANA BERASAIN, J. M., 1997).

Cuadro 17.7

NAVARRA, 1916. RÉGIMEN DE PROPIEDAD DE LAS INSTALACIONES DE RIEGO (SUPERFICIES REGADAS)

	<i>Acequias</i>		<i>Depósitos</i>		<i>Cigñales/norias</i>		<i>Bombas</i>		<i>Manantiales</i>	
	<i>ha</i>	%	<i>ha</i>	%	<i>ha</i>	%	<i>ha</i>	%	<i>ha</i>	%
Comunidades	27.036	89,2	300	20,8	260	87,2	200	11,6	0	0
Ayuntamientos	720	2,4	0	0	0	0	0	0	521	82,9
Estado	1.229	4,0	0	0	0	0	0	0	0	0
Particulares	490	1,6	80	5,6	38	12,8	895	52,1	108	17,1
Sociedades	840	2,8	1.061	73,6	0	0	624	36,3	0	0
Total	30.315	100	1.441	100	298	100	1.719	100	629	100

Nota: Bajo la etiqueta de Comunidades incluyo comunidades, juntas y sindicatos de regantes. En ayuntamientos, también el comunal.

Fuente: Junta Consultiva Agronómica (1918).

En las décadas centrales del siglo XIX, los estímulos propiamente económicos, derivados de la integración de la agricultura navarra en el mercado español y del aumento de la demanda interior y exterior, y los de tipo institucional —a consecuencia de las transferencias de propiedad provocadas por la reforma agraria liberal y de la necesidad de buscar nuevos caudales para hacer compatibles la igualdad en el riego con la salvaguarda de derechos preferentes— hubieron de impulsar por fuerza un empeño inversor difícilmente identificable y medible. Los esfuerzos se movieron, de cualquier modo, en el espacio acotado por los datos de 1916: la apertura o prolongación de acequias, la construcción de depósitos, la instalación de máquinas elevadoras de aguas superficiales o el alumbramiento de las subterráneas.

Sin datos precisos sobre la construcción de nuevas presas y azudes de las que derivar acequias de nueva planta, la prolongación de los viejos cauces fue probablemente el expediente más utilizado para extender la superficie regable¹². Claro que ello podía entrar en colisión con los derechos de

¹² Resulta por ahora imposible saber cuántos de los 338 kilómetros de acequias principales contabilizados en 1916 existían ya durante el Antiguo Régimen. Las escasas y aisladas referencias sobre nuevas acequias se concentran en la segunda mitad del siglo XVIII: Milagro (1765), Larraga (1768-1771), Noveleta de Estella (1770-1780), Puente la Reina (1787-1790). Entre las prolongaciones de cauces existentes destaca la incorporación de Arguedas y Valtierra a la acequia Principal de Marcilla en 1816, tras la rotura de la presa medieval de Milagro y la disolución de la comunidad de riegos. El intento de proporcionar riego seguro a los campos de la margen derecha del Ebro llevó al Ayuntamiento de Tudela a promover, sin mayores consecuencias, la prolongación aguas arriba del nacimiento del Canal Imperial de Aragón. En 1852 y, definitivamente, en 1868 se acometieron obras en esa ciudad para prolongar la acequia molinar de la Mejana y regar así los campos de Mosquera: de ese modo, la superficie regada en ese término pasó de 122,4 a 259,8 ha (YANGUAS, F., 1828; SAINZ, J., 1969).

riego de los regantes antiguos, por lo que los nuevos términos regables eran reputados habitualmente como adheridos o añadidos y el derecho que adquirirían se limitaba a las aguas sobrantes. Los conflictos y concordias sobre «aguas sobradas» que se ventilaron ante el Consejo Provincial en las décadas centrales del siglo es buena muestra de las pobres soluciones que ofrecía este tipo de procedimientos, por otra parte con una larga historia a sus espaldas, en cuencas o acequias de caudal limitado¹³.

En esos casos, el recrecimiento de lagunas endorreicas o la construcción de estanques aprovechando suelos impermeables para represar aguas perdidas de sistemas acequeros, ramblas o manantiales se convertía en una solución que permitía aprovechar mejor unos caudales escasos al tiempo que aseguraba unas mínimas reservas en verano. El hecho de que cuatro de los seis depósitos consignados en 1918 perteneciesen a sociedades particulares alerta sobre su relativa novedad, si no en términos tecnológicos sí al menos en cuanto a su cronología y gestión. La apuesta por esta alternativa técnica cobraba sentido en un contexto de especialización productiva poco exigente en términos hídricos durante el período estival —con una extensión moderada del cultivo de maíz, patatas, forrajes e hilarzas—, de técnicas constructivas poco complejas (en tierra o mampostería) y de necesidades de inversión relativamente modestas, aunque tan sólo estuviese al alcance de grandes propietarios¹⁴ o de sociedades de capital¹⁵.

La ampliación del perímetro regable utilizando artefactos elevadores fue otra de las alternativas utilizadas. Entre las técnicas tradicionales, más

¹³ Los conflictos en la cuenca del Alhama por las «aguas sobradas» (en principio, aquellas que por efecto de avenidas se introducían sin intervención humana por los cajeros y heredades; propiamente se aplicaba cuando el caudal que traía el río excedía las necesidades del pueblo dueño del turno), presentes en fases expansivas anteriores como reflejan las concordias de 1570-1578, 1619-1623 y 1772, volvieron a situarse en primer plano tras la Guerra de los Siete Años y culminaron con la firma de un nuevo convenio y reglamento en 1850 entre Cintruénigo, Tudela y Corella (AAN, Consejo Provincial, leg. 2062). Al Consejo Provincial llegaron también otros conflictos de naturaleza similar, como los que enfrentaron a Caparroso y Traibuenas (más bien, el duque de Granada de Ega, antiguo señor y ahora propietario) por las aguas sobrantes de la acequia Bayunga (AAN, Consejo Provincial, leg. 2053).

¹⁴ La estancia de Monteagudo —que en 1916 ocupaba 0,36 ha y tenía una capacidad de 10.800 m³ para regar 80 ha— fue mandada construir por el marqués de San Adrián en 1828, dentro de un programa de inversiones más ambicioso. Fue ampliada entre 1838 y 1841, invirtiéndose en conjunto algo más de 35.000 reales vellón hasta 1880 (LANA BERASAIN, J. M., 1997: 316).

¹⁵ Las iniciativas más ambiciosas en este terreno se dieron en la cuenca del Alhama. En 1842 una sociedad por acciones hacía construir en Corella la Hoya de Mostar —«el mayor estanque de [tierra] de que tenemos noticia en España», a decir de LLAURADÓ, A. (1878: 158)—, que en 1916 ocupaba 27 ha y almacenaba 540.000 m³. En 1855 se constituía en Cintruénigo, impulsada por los cuatro mayores hacendados de la localidad, una Sociedad Investigadora de Aguas con el objetivo de «descubrir nuevos manantiales, aprovechar los que no tengan uso conocido o vayan a perderse, recoger y dirigir las aguas pluviales y las que por compra se puedan adquirir, depositándolas todas en un pantano o gran laguna convenientemente situada para regar los campos». La empresa, con un capital social de 160.000 rs.vn. repartido en 400 acciones, culminó en 1864 —tras algunos pleitos con Fitero y Tudela— la construcción del pantano de la Nava, a la que el proyecto original concedía una capacidad de 246.265 m³ sobre 6 ha (AAN, Consejo Provincial, expedientes de 1865, leg. 2062, c. 2), cifras que la memoria de 1918 reducía a 3 ha y 150.000 m³.

que los pequeños y poco sofisticados mecanismos de tipo manual o de tracción animal, opacos en términos documentales, merecen atención los complejos de ruedas hidráulicas utilizados para aprovechar las aguas del Ebro en las huertas de Lodosa¹⁶ y Tudela¹⁷. A partir de las décadas centrales del siglo XIX se produce, de modo sin duda modesto, un giro tecnológico que incluye la entrada de sistemas mecánicos de bombeo y el uso de nuevas fuentes de energía. La aplicación del vapor a la elevación de aguas que tuvo lugar en Cortes en 1844/1845, efectuada también por medio de la asociación de capitales privados, supuso la construcción de un complejo mecánico que incluía tres máquinas de vapor de 30 cv y tres bombas aspirantes-impelentes y exigió además un completo reordenamiento de la huerta de la localidad, con el fin de impulsar la producción agraria en una medida capaz de garantizar los beneficios de la Sociedad¹⁸. Otras iniciativas

¹⁶ El complejo hidráulico de Lodosa es descrito con detalle en el *Diccionario* de la Real Academia, de la Historia de 1802: comprendía dos presas sobre el Ebro, la primera de las cuales derivaba una acequia que regaba por gravedad unas 610 ha y beneficiaba mediante dos norias de madera que elevaban el agua a diez metros otras 325 ha, mientras la segunda presa, más pequeña, permitía el riego, mediante una tercera noria, de 19 ha de frutales y hortalizas. En 1878 merecía la atención del *Tratado de aguas y riegos* de R. LAGUNA, quien atribuía a las dos primeras ruedas una superficie regable de 500 ha dedicadas en su mayor parte a viñedo y olivar. En 1895 seguían funcionando dos de las ruedas (calificadas ya como «imperfectas» por C. JAÉN), pero la tercera había sido sustituida por una turbina que movía dos bombas centrífugas.

¹⁷ Las ruedas de canjilones de Tudela fueron instaladas en 1816 aprovechando la destrucción por una avenida del Aragón de la presa de Milagro, que regaba desde la segunda mitad del siglo XIV los términos de Cadreita, Valtierra, Arguedas, Murillo de las Limas y Traslapiente. La financiación de los 800.000 rs. vn. de coste que tuvo el proyecto corrió a cargo del Ayuntamiento y de la Diputación de Campos. En el último tercio de siglo, una vez establecida la conexión ferroviaria, el aumento de las necesidades hídricas ligado —como relata M. SAINZ— a la creciente demanda y aumento de precios de las hortalizas, y al inevitable cambio de cultivos, llevó a instalar una rueda poncelet, capaz de elevar 400 l/s, y a abrir un canal de 2,5 km para el riego de pie. Inutilizada la poncelet para 1898, el establecimiento de una compañía eléctrica (Alhemeyer y Cía. de Bilbao y Electra Industrial Navarra) facilitó la instalación de dos potentes turbinas que, ayudadas por motores eléctricos más pequeños, compatibilizaban el servicio a la población con la elevación de aguas para riego (YANGUAS y MIRANDA, J., 1828; SAINZ PÉREZ DE LABORDA, M., 1969).

¹⁸ La Compañía de Monlet, promotora inicial del proyecto, se transformó, con la participación de los banqueros zaragozanos Villarroja y Castellano, en la sociedad La Unión y Constancia, con un capital social de dos millones de reales repartidos en 50 títulos (MADOZ, P., 1986: 89-90). En 1844 había concertado por treinta años unas bases con el ayuntamiento y mayores propietarios de Cortes, por las que se comprometía a proporcionar el riego a unas 1.669 ha de tierras privadas y comunales utilizando la licencia comprada a la administración del Canal Imperial. Al margen de los aterramientos, parcelaciones, construcciones de acequias (18 km de canalizaciones), caminos y puentes y plantaciones de arbolado, la reordenación de la huerta que supuso este proyecto concedió a la Sociedad un dominio sólo comparable al que había ejercido hasta hacía poco el duque de Granada de Ega, señor de la villa: obligaba al pago —en el propio campo y en rama, no en grano— de un quinto de cualquier clase de frutos que se cogiesen, por lo que prohibía, so pena de fuertes multas, iniciar la cosecha sin permiso y vigilancia de los encargados de la Compañía; obligaba a tener las heredades «perfectamente arrojadas y niveladas»; sometía los acotamientos al control de la Sociedad; y establecía que «si [...] por desidia u otras causas se dejasen algunas heredades sin sembrar ni cultivar por dos años seguidos, el Ayuntamiento dispondrá de ellas, cuidará de hacerlas productibles y responderá a la Sociedad del canon que le corresponda» (APN, Cortes, Joaquín Ruiz, 1844, n.º 15).

igualmente ambiciosas planteadas en esos años no llegaron a concretarse¹⁹, habida cuenta de la cuantía de las inversiones implicadas y la incertidumbre sobre su retorno, del impacto sobre los derechos adquiridos por determinados usuarios y de los problemas presentados para el mantenimiento en una zona donde el combustible (tanto hulla como leña) faltaba y las reparaciones y reposición de piezas no dejaban de presentar dificultades.

La difusión de la bomba centrífuga —alabada por Llauredó como el «procedimiento de más ventajosos resultados para la elevación de grandes masas de agua a pequeñas alturas»— en el último tercio del siglo, unida a la de la turbina, resolvió algunos de los problemas técnicos presentados por las de pistones: exposición a averías, dificultades de instalación y reparación, consumo de combustible, relación entre peso/tamaño fuerza desa-

Cuadro 17.8

NAVARRA, 1895. MÁQUINAS PARA ELEVAR AGUAS SUPERFICIALES

Municipio	Río	Aparato	Energía	n.º	l/s	ha	Coste
Lodosa	Ebro	Rueda hidráulica (madera)	Agua	2	—	—	—
Tudela	Ebro	Rueda hidráulica (madera)	Agua	2	—	—	—
Cortes	CIA*	Bomba aspirante impelente	Vapor	1	—	393**	(20% cosecha)
Falces	Arga	Bomba centrífuga	Vapor	1	80	27	33,33
Miranda	Arga	Bomba centrífuga	Vapor	1	55	18	14
Berbinzana	Arga	Bomba centrífuga	Turbina	1	30	50	44
El Bocal	Ebro	Bomba centrífuga	Turbina	1	—	1 huerto	
Lodosa	Ebro	Bombas centrífugas	Turbina	2	70	118	30

* Canal Imperial de Aragón.

** El dato de extensión regada por la máquina de Cortes procede de AAN (Catastro).

Nota: el coste del agua se expresa en pesetas por hectárea, salvo en el caso de la máquina de vapor de Cortes que cobraba de forma invariable el 20% de la cosecha.

Fuente: C. Jaén (1904: 208-210).

¹⁹ Ayuntamiento y propietarios de Tudela buscaron en 1842 y 1851 soluciones al problema de los campos de la margen derecha, recabando proyectos que permitiesen elevar las aguas del Ebro a un punto suficientemente alto (entre 25 y 40 metros de altura) como para garantizar el riego seguro a una parte significativa de Huertas Mayores. Al reclamo acudieron siete mecánicos, ingenieros y fabricantes franceses, ingleses y españoles, con propuestas diversas basadas en su mayor parte en ingenios de vapor, oscilando los presupuestos entre un cuarto de millón y un millón y medio de reales vellón. La cuantía del gasto, la desconfianza hacia los resultados y su rentabilidad, pero sobre todo la resistencia a los cambios que introducían los proyectos en lo que hasta entonces era el normal funcionamiento de una parte del regadío y del molino municipal, dejaron la cuestión en «agua de borrajas». En 1895 se retomó de nuevo el asunto, manejándose la idea de turbinas (alternativa adelantada por uno de los proyectos de 1851), con resultados muy parecidos (SAINZ PÉREZ DE LABORDA, M., 1969)

rollada...²⁰. En la década de 1890 encontramos seis de esas bombas movidas a vapor o mediante turbinas, de muy diversa potencia, y propiedad de particulares, sociedades (Falces, Berbinzana) o comunidades (Lodosa), beneficiando 213 ha, además de las 393 ha que regaba la vieja máquina fija de Cortes.

A fuer de considerar poco significativo el avance y seguridad en el riego logrado por el alumbramiento de aguas subterráneas²¹, el balance que puede hacerse de los esfuerzos por ampliar y asegurar el regadío durante el ochocientos no es en modo alguno deslumbrante en términos ortodoxos de «progreso», pero tampoco cabe despreciarlo. No ha de perderse de vista que el tipo de especialización adoptada durante este medio siglo largo en función de las oportunidades ofrecidas por la paulatina integración en las redes de mercado suprarregional, no generaba distorsiones excesivamente graves en los equilibrios hídricos del sistema agrario. Los problemas se irían percibiendo desde la década de 1880 en la medida en que la producción de aceite y la de trigo fuesen desalojadas o al menos amenazadas en sus mercados habituales por mercancías extrañas y en que la especialización vitivinícola comenzase a palpar los límites de la demanda francesa. En ese contexto, el aumento de costes para el productor y la detención del ritmo de crecimiento de la renta de la tierra generaban un nuevo marco para el desarrollo agrario.

2.2. Esperando al Estado: ruptura inducida de los balances hídricos y respuestas articuladas

El cambio estructural que tuvo lugar tras la crisis finisecular puede definirse en Navarra en términos de inversión de la tendencia a concentrar la propiedad sin que podamos hablar de una «derrota del rentista» hasta fechas muy tardías, con un avance de la pequeña y mediana propiedad, la tendencia a consolidar los arrendamientos de regadío mediante prorroga cuasi-automática de los contratos y una lenta despatrimonialización de los propietarios de abolengo. Una buena parte del cambio de rumbo en las líneas productivas y del cambio técnico que tuvo lugar en las primeras décadas del siglo XX encaja plenamente en el concepto de «innovación institucional

²⁰ Téngase en cuenta que las máquinas de vapor y bombas de Cortes, importadas de Inglaterra, alcanzaban en conjunto un peso de 51,75 tm y consumían por hora de funcionamiento unos 138 kg de leña (MADOZ, P., 1986: 89-90).

²¹ No deja de ser curioso que el único resultado tangible de los esfuerzos por proporcionar riegos seguros a las Huertas Mayores de Tudela a mediados de siglo fuese el descubrimiento por un zahorí de la fuente del Viejón, que con un coste de 14.268 rs. vn. proporcionó desde 1851 el único caudal continuo de esos términos (20-90 l/s). El alumbramiento de aguas artesianas mediante perforación mecánica, intentado en Ablitas en 1880, con presencia del gobernador civil y numeroso público, no parece que ofreciera mayores resultados.

inducida», en la medida en que el apoyo estatal a la instalación de las empresas azucareras en el valle del Ebro (Tudela y Marcilla desde la primera década del siglo; Cortes, Pamplona, Alfaro y Calahorra en los años veinte) permitió a éstas —constituidas en demanda estable de su producción, proporcionándole semillas, fertilizantes y crédito, y exigiéndole determinadas prácticas de cultivo— cumplir un papel acelerador en la integración del pequeño productor de regadío en los circuitos del cambio técnico y en un nuevo modelo de uso de los recursos, y particularmente del agua, mucho más exigente y desequilibrador. Obviamente, era en las cuencas con balances hídricos extremos y caudales escasos e irregulares donde opciones como la descrita, en la medida en que podían implantarse, generaban situaciones más difíciles²².

En ese contexto se gestan proyectos ambiciosos de encauzamiento y defensa de márgenes fluviales, de construcción de nuevos canales de largo recorrido a partir de grandes ríos como el Ebro (canal de Lodosa) o el Aragón (canal de Bardenas)²³ y de regulación de cabeceras de cuenca mediante grandes embalses. Esta última solución se convirtió a ojos de técnicos y particulares en la llave que habría de permitir resolver el nudo gordiano de los altos consumos durante el estiaje. El pantano del Ebro, regulando la cabecera de este río, y el de Yesa, en el Aragón, concitaron las esperanzas de los regantes durante el primer tercio del siglo. Se trataba de inversiones que escapaban a las posibilidades de las haciendas locales y cuyos largos plazos de amortización ofrecían, salvo excepciones, escasas perspectivas de rentabilidad a los capitales privados²⁴. La apelación al Estado como agente

²² La difusión del cultivo remolachero en la comarca tudelana tuvo lugar principalmente en los regadíos permanentes del Ebro y del Aragón frente a los de carácter eventual del Queiles, Alhama y Aragón, pero fue en estos últimos donde, tras la primera difusión del cultivo, tuvo lugar un crecimiento proporcional más importante: así, en torno a 1905 esa planta ocupaba 1.162,3 ha en los regadíos «fijos» alcanzando 3.089,6 ha en 1931-1932; en los regadíos «eventuales» las cifras eran, respectivamente, 150,8 y 1.357,4 ha. El concepto de «innovación —técnica e institucional— inducida» en HAYAMI, Y. y V. RUTTAN (1989). Las transformaciones sociales provocadas por la instalación de la empresa azucarera, referidas aquí a la de Marcilla, han sido analizadas por GASTÓN AGUAS, J. M. (1997).

²³ Entre los primeros destaca el proyecto de encauzamiento del Ebro a su paso por Tudela (SICHA y SALAS, M., 1895). Con el canal de Lodosa o Victoria-Alfonso, se estimaba en 1915 que podría asegurarse en Navarra el riego de 4.140 ha de regadío eventual en los términos de Tudela, Fontellas, Ablitas y Cortes, y de 8.123 ha de secano en éstos y otros términos, beneficiándose con ello la Hacienda provincial con un aumento del valor catastral cifrado en 984.242 ptas. (AAN, Catastro, Estadística y Estudios, 1880-1915). El canal de Bardenas, derivado del embalse de Yesa, regaría en Navarra, según el proyecto de 1926, 1.774 ha (*BOPN*, 1926, n.º 38). Daniel Nagore elevaba en 1932 esa extensión, contando con la construcción del canal de Navarra como una derivación de aquél, a 12.424 ha en los términos de Sangüesa, Carcastillo, Mélida y Caparroso (NAGORE, 1932: 93).

²⁴ Por su efecto indirecto en la regulación de los caudales del Aragón y del Arga merecen destacarse las obras del embalse de Irabia, iniciativa de la empresa El Irati sobre el río de igual nombre, y del de Alloz, construido en una foz del río Salado por la Sociedad Hidroeléctrica de Alloz. En ambos casos, el objetivo principal lo constituía la producción de energía, las dimensiones eran menos ambiciosas (84,3 hm³ de capacidad para el embalse de Alloz según el proyecto de 1930 frente a los 427,3 hm³ del de Yesa), la inversión más modesta y las expectativas de rentabilidad más elevadas (*BOPN*, 1920, n.º 33; 1924, n.º 127; 1930, n.º 25).

resolutor de esas constricciones culminaría, como es sabido, en 1926 con la creación de la Confederación Hidrográfica del Ebro. La integración de Navarra en esa nueva estructura tropezaba, al menos teóricamente, con dos obstáculos que fueron rápidamente orillados: por un lado, las tensiones que el procedimiento seguido y la definición de competencias introducían en el régimen foral y, por otro, el porvenir de la propia política definida por la Diputación en ese terreno²⁵.

Cuadro 17.9

NAVARRA, 1916. MÁQUINAS PARA ELEVAR AGUAS SUPERFICIALES

Municipio	Río	Aparato	Energía	n.º	l/s	ha	Coste
Lumbier	Irati	Cigüeñal	Humana	20	4	18	45
Huarte	Arga	Cigüeñal	Humana	—	4	20	45
Lodosa	Ebro	Rueda hidráulica	Agua	2	300	400	47
Tudela (Mejana)	Ebro	Rueda hidráulica	Agua	2	80	60	55
Berbinzana	Arga	Bomba centríf.	Turbina	1	30	20	50
Lodosa	Ebro	Bomba centríf.	Turbina	2	300	400	47
Tudela (Traslapuente)	Ebro	Bomba centríf.	Turbina	2	470	624	33
Tudela (Murillo Limas)	Ebro	Bomba centríf.	Eléctrico	1	80	75	36
Ribaforada	CIA	Bomba centríf.	Eléctrico	1	400	500	(16% cosecha)
Buñuel	CIA	Bomba centríf.	Eléctrico	1	100	50	7,7 (litro y día)
Cortes	CIA	Bomba centríf.	Eléctrico	1	130	250	(17% cosecha)

Nota: el coste del agua se mide en pesetas por hectárea salvo en el Canal Imperial (CIA).

Fuente: Junta Consultiva Agronómica (1918).

Hasta la década de 1920 el balance de las actuaciones no parece que fuera demasiado brillante, si lo comparamos, por ejemplo, con el vecino Aragón: las 18.972 ha consideradas como regadío permanente en 1904

²⁵ Una circular del 12 de mayo de 1926 lamentaba que «no se hayan tenido en cuenta las condiciones especiales del régimen privativo de la provincia para la constitución del organismo dirigente de la Confederación», pero animaba a los afectados navarros a cooperar en el proyecto. Otra circular del 13 de febrero de 1928 anulaba —en vista de que «las orientaciones dadas al problema de los riegos por la constitución de la Confederación [...] resuelve en general las necesidades» de la provincia— el «Reglamento de concesión de auxilios a obras hidráulicas con destino a riegos» de 5 de julio de 1923. Con él la Diputación había asumido la promoción de obras hidráulicas mediante la exención temporal de contribuciones, la concesión de subvenciones de hasta el 25% del presupuesto y la entrega de anticipos sobre el mismo reintegrables en dos años a partir de la finalización de la obra.

habían crecido hasta 19.821 ha en 1916 y eran 20.654 ha en 1921²⁶. Sin embargo, tras una aparente inmovilidad cabe percibir algunos signos de cambio. Así, el parque de máquinas elevadoras, aunque había crecido muy poco en número hasta 1916, mostraba una notable mejora técnica: el vapor había sido abandonado como fuente de energía en beneficio de las turbinas y, sobre todo, de los motores eléctricos, la superficie regada mediante bombas se había multiplicado por tres (de 606 a 1.919 ha entre 1895 y 1916), la potencia media de los artefactos lo había hecho por un factor aún más alto (de unos 59 l/s a 216 l/s en esas mismas fechas), mientras que el precio medio del agua apenas si había crecido en un 40% (de 30 a 42 ptas/ha).

Cuadro 17.10

NAVARRA, 1932. MÁQUINAS PARA ELEVAR AGUAS DE RIEGO

<i>Zona</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>Suma</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>Total</i>
Sur	91	1	19	55	166	8	65	239
Centro sin Pamplona	16	0	0	30	46	1	84	131
Pamplona	3	1	0	47	51	1	10	62
Norte	1	0	2	0	3	0	4	7
Navarra	111	2	21	132	266	10	163	439

Leyenda: A, bombas con motor a gasolina; B, bombas con motor de gas pobre; C, bombas con motor de aceite pesado; D, bombas con motor eléctrico; E, molinos de viento para elevar aguas; F, norias.

Fuente: Censo de maquinaria de 1932, Archivo de la Delegación del Ministerio de Agricultura (UPNA: Biblioteca).

Precisamente, la mecanización del riego, aprovechando tanto aguas superficiales como subterráneas, cobraría un nuevo impulso durante los años veinte: el censo de maquinaria efectuado en 1932 recoge un aumento extraordinario del número de motores, tanto eléctricos (132) como de combustión interna (134), probablemente de pequeña potencia la mayor parte de ellos y adaptados a las necesidades de propietarios y cultivadores individuales, al igual que las pequeñas norias de metal comercializadas esos

²⁶ Las cifras aparecen en las memorias de la Junta Consultiva Agronómica de 1904 y 1918 y en NAGORE, D. (1923). El dinamismo de las obras hidráulicas aragonesas puede comprobarse en PINILLA, V. (1995). Planteamientos más precisos y amplios sobre la expansión del regadío pueden encontrarse en los volúmenes colectivos de GIL ONCINA, A. y A. MORALES GIL (1992) y PÉREZ PICAZO, M. T. y G. LEMEUNIER (1990).

años por los talleres pamploneses²⁷. Más que los otros procedimientos de ampliación del regadío también ensayados durante el siglo XIX²⁸, esta intensificación energética del riego, que favorecía probablemente un mejor y más eficiente uso del agua²⁹, suponía profundizar la integración exterior de la agricultura regional al acentuar la dependencia respecto a *inputs* externos al sector y a la comarca. Hay que resaltar, no obstante, las limitaciones impuestas por las autoridades superiores tanto a estos disfrutes como a aquellos otros que recurrían a la prolongación de acequias existentes: la concesión del aprovechamiento muchas veces excluía los meses del estiaje, debido a la oposición planteada por la Real Compañía de Canalización y Riegos del Ebro³⁰, reduciendo por tanto la efectividad del riego y las posibilidades de intensificación del cultivo.

De cualquier modo, existían nuevos factores que posibilitaban contextos más favorables que los del período anterior. En ese sentido, cabe destacar el nuevo marco de relaciones entre los aprovechamientos agrícolas e industriales del agua que generó la difusión de la industria hidroeléctrica. La tradicional competencia por el recurso pudo convertirse ahora en una cooperación ventajosa para los regantes. Así, además de la contribución de las centrales a la regulación de los caudales mediante nuevos embalses y presas en cabecera y del suministro de energía a las máquinas bombeadoras, la instalación de centrales eléctricas en los viejos molinos o sobre presas de nueva construcción llevaba aparejada a menudo la reforma y mejora

²⁷ Los anuncios insertados durante la década de 1920 en el *Boletín Oficial* permiten reconstruir parcialmente estas concesiones. Así, junto a pequeños aprovechamientos individuales con bombeos de 3, 4 ó 5 l/s encontramos proyectos más ambiciosos de iniciativa particular (los hermanos Sanz de Ayala instalaron en 1925 en Ribaforada una bomba centrífuga movida por un motor diesel de 35 cv capaz de elevar 183 l/s), colectiva (en 1928 la Junta de propietarios de Argadiel en Azagra instaló un grupo con tres bombas y motores de 30 cv capaces de elevar 380 l/s para el riego de 265,30 ha de terreno) o municipal. En este último caso la elevación de aguas, con una capacidad que se movía habitualmente entre 50 y 120 l/s, solía servir a repartos comunales como he comprobado que ocurría en Viana (1923), Cáseda (1923), Sangüesa (1926), Lumbier (1928) o Larraga (1930).

²⁸ El Ayuntamiento de Viana, propietario de la balsa del Salobre —un humedal que había sido recrecido en 1890 mediante un dique de tierra de seis metros de altura y de cuya gestión se hacía cargo una empresa particular (JCA, 1918: 185)—, obtenía en 1923, aunque no la utilizaría hasta 1927, autorización para invertir 83.110 ptas. en el pantano del Salobre con vistas a la conversión en regadío de una amplia extensión de terreno. También en 1923 el Ayuntamiento de Pitillas aprobaba un presupuesto extraordinario para construir una presa y acequia que condujera las aguas a la laguna (BOPN, 1923, n.º 109). Dos años más tarde era el ayuntamiento de Fitero el que solicitaba un crédito de 15.000 ptas. para construir un depósito que recogiese las aguas de varios manantiales, viéndose obligado a aprobar un presupuesto extraordinario de 6.000 ptas. para concluirlo (BOPN, 1926, n.º 34, n.º 102).

²⁹ LAPAZARÁN, J. C. y M. GADEA (1929: 94) atribuían a los riegos por elevación una administración más rigurosa del agua debido a «su pequeña extensión, cuidado en el riego, revestimiento de acequias, mayor coste del riego, etc.».

³⁰ NAGORE, D. (1932: 103) llega a señalar que «el Canal Imperial de Aragón, desde su apertura, monopoliza para lo sucesivo toda el agua que nuestras cuencas fluviales secundarias pueden producir, imposibilitando de hecho la consecución de concesiones de agua con destino a riegos».

de las tomas —colocando módulos— y de los primeros tramos de las viejas acequias de riego.

Mientras llegaban los beneficios de la actuación pública quedaba también el recurso de definir mejor el uso de los caudales y conjurar el desorden mediante una más efectiva reglamentación de los mecanismos de control político y administrativo de los regadíos. En un contexto social de crisis y amenaza desde abajo a sus intereses, las clases propietarias se fueron atrincherando en la definición oligárquica de las instituciones del regadío que venía permitiendo la Ley de Aguas de 1879³¹. Ante el creciente desequilibrio generado en los usos del agua, la respuesta de los dueños de la tierra —los viejos y los nuevos— consistía en un control político del recurso, que enmarcaba el proceso de mecanización que estaba teniendo lugar y reforzaba el dominio —y estrechaba los vínculos— de los grandes propietarios sobre sus arrendatarios, usuarios en definitiva del agua.

3. Terminando

La tradicional competencia por el uso del agua —entre usuarios agrarios e industriales, entre comunidades, entre regantes...— se vio renovada y acrecentada durante el siglo XIX en un contexto de transformación político-institucional y de integración en los mercados exteriores. Dado el tipo de especialización productiva adoptada, la búsqueda de soluciones a la escasez pudo limitarse a garantizar los riegos de apoyo de primavera y otoño, con un consumo relativamente moderado durante el estío, y a ampliar el perímetro regable. Durante el primer tercio del siglo XX, el cambio de escenario propiciado por la instalación de las industrias azucarera y conservera y la posibilidad de la comercialización en fresco en mercados alejados

³¹ En Valtierra —donde la constitución de la comunidad de regantes se había demorado hasta 1908 «por violencias de algunos inconscientes lanzados al desorden por consejos de gente que en la desorganización actual veían satisfechos sus deseos de abuso perpetuo»—, la transformación institucional venía justificada porque «en los ochenta y tres años que lleva Valtierra unida a los otros cuatro pueblos usando el agua que del río Aragón desvían con su presa de Marcilla, las necesidades de los regantes han aumentado en proporción enorme, debido a los modernos elementos con que cuenta la agricultura para su desarrollo, a la implantación de nuevos cultivos y a la producción intensiva que se anhela obtener para conseguir mayor rendimiento en la explotación. Y a medida que las necesidades de agua han crecido, sin que ésta haya aumentado en la proporción precisa, se han ido desarrollando los abusos y corruptelas, el desorden ha tomado cuerpo, los encargados de dirigir han desmayado tanto en sus funciones y los regantes se han descarado de tal manera en sus desmanes, que aquellas viejas ordenanzas [...] tienen que ser sustituidas». El cambio más notorio consistió en la constitución de la comunidad de regantes, cuyo sindicato de riegos (asemejado al consejo de administración de una sociedad de capital) surgía de un proceso electoral en el que los votos eran proporcionales a la superficie poseída, requiriéndose un mínimo de 1,80 ha para cada voto, aunque se permitía la asociación de aquellos propietarios que no llegasen a esa cifra (*Ordenanzas...*, 1909). He podido constatar la creación de veintitrés comunidades de regantes (la mayor parte sobre juntas o diputaciones preexistentes) entre 1923 y 1931 y de otras trece antes de 1917.

introdujo un grado de tensión ausente en los modelos de uso anteriores, pese a que la difusión de la industria hidroeléctrica permitió unos usos más eficientes, puesto que los requerimientos hídricos se multiplicaban y concentraban en el crítico período del estiaje. Si la memoria de la Junta Consultiva Agronómica de 1904 afirmaba que en Navarra «los riegos suelen prodigarse en demasía»³², al acabar ese primer tercio de siglo los técnicos podían hablar de un manejo del agua ineficiente cuya causa estaba en el mantenimiento del modelo de uso del agua propio del sistema anterior.

Cuadro 17.11

NAVARRA, 1916: SUPERFICIES REGADAS A PARTIR DE ACEQUIAS, ORDENADAS SEGÚN EL RÍO DEL QUE TOMAN LAS AGUAS Y EL CANON EXIGIDO POR HECTÁREA REGADA

	5	6	Canon cobrado en pesetas por hectárea							Superficie total (ha)
			7	8	9,35	11	12	13	20	
Ebro*	—	—	—	590	1.266	—	980	570	260	4.895
Aragón	—	—	5.102	3.822	—	—	—	—	—	8.924
Arga	—	—	2.175	547	—	149	—	—	—	2.871
Ega	—	—	—	—	—	—	1.680	—	—	1.680
Alhama	2.455	1.850	—	—	—	—	—	—	—	4.305
Queiles	4.992	—	—	—	—	—	—	—	—	4.992
Zidacos	—	2.251	250	—	—	—	—	—	—	2.501
Irati	—	—	120	20	—	—	—	—	—	140
Salazar	—	—	7	—	—	—	—	—	—	7
Total*	7.447	4.101	7.654	4.979	1.266	149	2.660	570	260	30.315

* El total incluye hectáreas regadas en las que no se cobra canon por hectárea (sino por agua utilizada) por lo que no figuran en las columnas del cuadro.

Fuente: Junta Consultiva Agronómica (1918).

Un factor esencial de esa ineficiencia lo constituía el procedimiento de facturación, mantenido sin modificaciones apreciables por unas comunidades de regantes crecientemente controladas por los dueños de la tierra. El precio del agua, en ese nuevo contexto, no reflejaba las tensiones que amenazaban al sistema agrario. Seguía sin tener un precio y las únicas obligaciones monetarias impuestas a los regantes —las viejas hechas de

³² JCA (1904: 74).

campos o albidales— tenían como objeto la remuneración de los oficiales de aguas o de los guardas de campos y la amortización de las infraestructuras de captación y distribución. Así, los cánones de agua más bajos se situaban en los viejos regadíos del Queiles y Alhama —donde el agua era más escasa, pero el mantenimiento de las infraestructuras requería menores desembolsos—, y estaban también por debajo de la media provincial (7,03 ptas/ha) en la cuenca del Zidacos. Los regadíos del Aragón y del Arga —muy antiguos por regla general— ocupaban posiciones intermedias, mientras que los del Ega y los del Ebro —estos últimos con una notable dispersión— resultaban los más caros. Tan sólo el Canal Imperial de Aragón tenía establecida una tarifa de consumo de agua propiamente dicha. Otra cuestión es que el precio efectivo del agua (si pudiéramos expresarlo en pesetas por cada litro y fracción de tiempo disponible) resultase más caro en aquellas cuencas con cánones bajos y aguas escasas, pero en una cuenta tipo de explotación el coste del agua gravaba más a quienes efectuaban un consumo menos lacerante desde el punto de vista de la presión sobre el medio.

Si las líneas maestras del manejo del agua no se modificaban, la única solución a las tensiones introducidas en el sistema se localizaba en las grandes obras hidráulicas, en especial aquellas que podían resolver el estrangulamiento de los consumos veraniegos mediante el almacenamiento de las aguas invernales, cuya realización a gran escala, favorecida por las nuevas tecnologías constructivas, iba a asumir el Estado. De ese modo, los desequilibrios generados durante el primer tercio del siglo XX alumbraron la aparición de lo que me atrevo a denominar «utopías hidráulicas» e instalaron en la conciencia de los regantes la confianza en que sería, o debiera ser, la inversión estatal la que resolviese las contradicciones generadas por la creciente y cambiante mercantilización del sector.

Bibliografía

- CALATAYUD GINER, S. (1993), «El regadío ante la expansión agraria valenciana: cambios en el uso y control del agua (1800-1916)», *Agricultura y Sociedad*, 67, pp. 47-92.
- ELÍAS CASTILLO, F. y R. GIMÉNEZ ORTIZ (1965), *Evapotranspiraciones potenciales y balances de agua en España*, Madrid: Ministerio de Agricultura.
- ELÍAS CASTILLO, F. y L. RUIZ BELTRÁN (1986), *Caracterización agroclimática de Navarra*, Madrid: Dirección General de la Producción Agraria/ Instituto Navarro del Suelo.
- FLORISTÁN SAMANES, A. (1951), *La Ribera tudelana de Navarra*, Zaragoza: Institución Juan Sebastián Elcano/CSIC.

- GALLEGO MARTÍNEZ, D. (1986), *La producción agraria de Álava, Navarra y La Rioja desde mediados del siglo XIX a 1935*, Madrid: Universidad Complutense, 2 vols.
- GARCÍA DE LOS SALMONES, N. (coord.) (1915), *Monografía agrícola de Navarra, impresa por acuerdo de S.E. la Diputación para repartirla a todos los Ayuntamientos de la provincia*, Pamplona: Imp. Provincial a cargo de J. Ezquerro.
- GASTÓN AGUAS, J. M. (1997), «Coyuntura económica y conflictividad social: la azucarera de Marcilla (1900-1936)», *Gerónimo de Uztáriz*, 13, pp. 57-82.
- GIL ONCINA, A. y A. MORALES GIL (coord.) (1992), *Hitos históricos de los regadíos españoles*, Madrid: MAPA.
- Grupo de Estudios de Historia Rural (GEHR) (1991), *Estadísticas históricas de la producción agraria española, 1859-1935*, Madrid: MAPA.
- HAYAMI, Y. y V. RUTTAN (1989), *Desarrollo agrícola. Una perspectiva internacional*, México: FCE.
- JAÉN, C. (1904), *Memoria sobre la tierra labrantía y el trabajo agrícola en la provincia de Navarra*, Madrid: Ministerio de Agricultura.
- Junta Consultiva Agronómica (1904), *El regadío en España. Resumen hecho por la J.C.A. de las Memorias sobre riegos remitidas por los Ingenieros del Servicio Agronómico Provincial*, Madrid: Imp. de los hijos de M. G. Hernández.
- Junta Consultiva Agronómica (JCA) (1918), *Medios que se utilizan para suministrar el riego a las tierras. Distribución de los cultivos en la zona regable*. Madrid: Imprenta de los hijos de M. G. Hernández.
- LANA BERASAIN, J. M. (1997), «Cambio agrario y relaciones de propiedad en el sur de Navarra, 1800-1936», Zaragoza: Departamento de Historia Moderna y Contemporánea (tesis doctoral inédita).
- LAPAZARÁN, J. C. y M. GADEA (1929), «Régimen de variación de las necesidades de la Vega del Ebro en el orden agrícola como base para el estudio de la variación más conveniente en el de circulación de las aguas superficiales», en *Contribución a la Power World Conference*, Zaragoza: Publicaciones de la Confederación Sindical Hidrográfica del Ebro, pp. 65-111.
- LARUMBE, J. M. (1800), *Eptome Christiano de agricultura según las instrucciones del Semanario y de las puras fuentes de donde se derivan*, Pamplona, Joaquín Domingo.
- LÓPEZ SANZ, G. (1997), «El regadío en La Mancha occidental y el Campo de Montiel», en J. LÓPEZ GÁLVEZ y J. M. NAREDO (eds.), *La gestión del agua de riego*, Madrid: Fundación Argentaria/Visor.
- LLAURADÓ, A. (1878), *Tratado de aguas y riegos*. Madrid: Imprenta de M. Tello.
- MADOZ, P. (1986; 1.^a ed. 1845-1850), *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar: Navarra*, Valladolid: Ámbito/Gobierno de Navarra. Edición de D. Sánchez Zurro.

- MALUQUER DE MOTES, J. (1985), «La despatrimonialización del agua: movilización de un recurso natural fundamental», en A. GARCÍA SANZ y R. GARRABOU (eds.), *Historia agraria de la España contemporánea. 1. Cambio social y nuevas formas de propiedad (1800-1850)*, Barcelona: Crítica, pp. 275-296.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1986), *Mapa de cultivos y aprovechamientos de la provincia de Navarra*. Memoria, Madrid: MAPA/Depto. Agricultura, Ganadería y Montes Gobierno de Navarra.
- NAGORE NAGORE, D. (1923), *La agricultura y ganadería en Navarra. Rápidas consideraciones respecto a cuestiones de interés primordial para la provincia, completadas con las disposiciones de carácter administrativo de su Diputación que tienden a fomentar la riqueza agro-pecuaria*, Pamplona: Imp. Provincial a cargo de M. Falces.
- NAGORE NAGORE, D. (1932), *Las posibilidades agrícolas de Navarra*, Pamplona: Ed. E. García Enciso.
- Ordenanzas de la Comunidad de Regantes de Valtierra y reglamentos del Sindicato y Jurado de Riegos. Aprobados por Real Orden de 28 de diciembre de 1908* (1909), Pamplona: Lib. Casildo Irirarte.
- PÉREZ PICAZO, M. T. y G. LEMEUNIER (eds.) (1990), *Agua y modo de producción*, Barcelona: Crítica.
- PINILLA NAVARRO, V. (1995), *Entre la inercia y el cambio. El sector agrario aragonés, 1850-1935*, Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Real Academia de la Historia (1802), *Diccionario geográfico-histórico de España por la Real Academia de la Historia*, Madrid: Impr. de la Viuda de J. Ibarra, 3 vols.
- SAINZ PÉREZ DE LABORDA, M. (1969; 1.^a ed. 1913/1914), *Apuntes tudelanos*, Tudela: Gráficas Mar, 3 vols.
- SÁNCHEZ PICÓN, A. (1997), «Los regadíos de la Andalucía árida (s. XIX y XX). Expansión, bloqueo y transformación», *Áreas. Revista de Ciencias Sociales*, 17, pp. 109-128.
- SANZ BAEZA, F. (1858), *Estadística de la provincia de Navarra*, Pamplona: Imprenta de F. Erasun y Rada.
- SICHAR y SALAS, M. (1895), *El Ebro en Tudela. Canales Imperial y Tauste, Lodosa y Marcilla*, Zaragoza: Tip. de N. Francés.
- SIMPSON, J. (1997), *La agricultura española (1765-1965): la larga siesta*, Madrid: Alianza.
- TABUENCA, J. M. (1995), «Usos agrícolas», en *Curso sobre uso, ahorro y calidad del agua*, Zaragoza: Diputación General de Aragón/Universidad de Zaragoza.
- YANGUAS y MIRANDA, J. (1828), *Diccionario histórico-político de Tudela*. Zaragoza: Imprenta de Andrés Sebastián.