

presente volumen recoge los textos de dos encuentros entre técnicos e historiadores agrarios, organizados por la Fundación Argenteria y la Universidad Autónoma de Barcelona, sobre «El agua en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica». Estos encuentros se celebraron los días 3 y 4 de octubre de 1996, en el Centro de Educación Ambiental en Valsain (Segovia), y los días 8 y 9 de junio de 1998, en Segovia, en el marco de los seminarios promovidos por la Fundación Argenteria y la Universidad de Verano de Castilla y León.

Este libro, que viene a complementar uno anterior también editado en esta colección, con el título *La fertilización en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica*, pretende establecer el funcionamiento físico de los temas agrarios en el contexto del territorio en el que se insertan, en tanto que diferentes datos acerca del rendimiento de los suelos, exigencias hídricas, dosis de abonado, etc., no pueden ser interpretados correctamente si no se tienen presentes las diferencias edafoclimáticas de los territorios en los que se insertan los sistemas agrarios.

Este libro está estructurado en tres partes. En una primera, donde se plantea la problemática general, se analiza el instrumental analítico que permite precisar las exigencias hídricas de los distintos cultivos y aprovechamientos en relación con las disponibilidades que brindan las diferentes zonas climáticas, así como la incidencia de las prácticas agrarias sobre el régimen de humedad de los suelos. La segunda parte, centrada en los aspectos institucionales, analiza la política de riego y drenajes desarrollada en distintas zonas climáticas, así como las instituciones de gestión del agua y las formas de facturación y distribución de costes de abastecimiento y drenaje en relación con los precios y mercados. Finalmente, en un tercer apartado, se estudian todos los aspectos técnicos y económicos de la gestión del agua en los sistemas agrarios, aplicándolos a casos concretos que cubren un amplio horizonte espacio-temporal.

ISBN 84-7774-982-5



9 788477 749820

12

Ramón Garrabou y José Manuel Naredo (eds.)

El agua en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica



FUNDACION  
ARGENTARIA

VISOR  
(dis., s.a.)

ECONOMÍA Y NATURALEZA

# El agua en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica

Ramón Garrabou y José Manuel Naredo (eds.)

RAMÓN GARRABOU SEGURA  
JOSÉ MANUEL NAREDO PÉREZ (EDS.)

EL AGUA EN LOS SISTEMAS AGRARIOS.  
UNA PERSPECTIVA HISTÓRICA

COLECCIÓN  
ECONOMÍA Y NATURALEZA  
SERIE «TEXTOS APLICADOS»

# EL AGUA EN LOS SISTEMAS AGRARIOS. UNA PERSPECTIVA HISTÓRICA

GARRABOU SEGURA, RAMÓN  
NAREDO PÉREZ, JOSÉ MANUEL (EDS.)

ÁVILA CANO, JOSÉ CARLOS  
BATISTA MEDINA, JOSÉ ANTONIO  
BOIXADERA LLOBET, JAUME  
CALATAYUD GINER, SALVADOR  
CAZZOLA, FRANCO  
FERNÁNDEZ PRIETO, LOURENZO  
GASCÓ GUERRERO, ANTONIO MARÍA  
GASCÓ MONTES, JOSÉ MARÍA  
GONZÁLEZ DE MOLINA NAVARRO, MANUEL  
IBARRA BENLLOCH, PALOMA  
KHELLADI, MAYA  
LABRADOR MORENO, JUANA  
LANA BERASAIN, JOSÉ MIGUEL  
LÓPEZ-GÁLVEZ, JOSÉ  
LOSADA VILLASANTE, ALBERTO  
MARTÍNEZ CARRIÓN, JOSÉ MIGUEL  
MATEU TORTOSA, ENRIC  
MORAL IRIARTE, LEANDRO DEL  
OLARIETA ALBERDI, JOSÉ RAMÓN  
ORTEGA CANTERO, NICOLÁS  
PARRA SUPERVIA, FERNANDO  
PINILLA NAVARRO, VICENTE  
SAGUER I HOM, ENRIC  
SÁNCHEZ REGUEIRO, ALFONSO  
SANTOS REDONDO, MANUEL  
TELLO ARAGAY, ENRIC  
VICEDO RIUS, ENRIC



FUNDACION  
ARGENTARIA

VISOR  
(dis., s.a.)

Las ideas contenidas en esta publicación son responsabilidad exclusiva de los autores.  
La Fundación Argentaria no se identifica necesariamente con las mismas.

Diseño portada: Aitor Méndez y Raquel de la Fuente

© Fundación Argentaria - Visor Dis., 1999  
Tomás Bretón, 55 - 28045 Madrid  
www.visordis.es

ISBN: 84-7774-982-5  
Depósito Legal: M-43.884-1999

Visor Fotocomposición  
Impreso en España - Printed in Spain  
Gráficas Rógar. Navacarnero (Madrid)

## ÍNDICE

PRESENTACIÓN. <i>Ramón Garrabou Segura y José Manuel Naredo Pérez</i> .....	11
---	----

### Primera parte

#### PROBLEMÁTICA GENERAL

CAPÍTULO 1. EL CAMBIO TÉCNICO EN LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN E IMPULSIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA RIEGO EN LA ESPAÑA MEDITERRÁNEA. <i>Salvador Calatayud Giner y José Miguel Martínez Carrión</i> .....	15
CAPÍTULO 2. <i>BONIFICA</i> Y TÉCNICAS DE CONTROL DE LAS AGUAS EN LA HISTORIA AGRARIA ITALIANA (SIGLOS XV-XX). UNA CRONOLOGÍA ESENCIAL. <i>Franco Cazzola</i> .....	41
CAPÍTULO 3. CONSIDERACIONES ECONÓMICAS SOBRE EL PAPEL DEL AGUA EN LOS SISTEMAS AGRARIOS. <i>José Manuel Naredo Pérez</i> .....	63
CAPÍTULO 4. ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE LA COMPOSICIÓN DEL AGUA DESDE QUE CAE AL SUELO COMO LLUVIA. <i>Fernando Parra Supervía</i> .....	77
CAPÍTULO 5. ADAPTACIÓN DE LOS CULTIVOS Y LAS LABORES AL RÉGIMEN DE HUMEDAD DE LOS SUELOS EN LA AGRICULTURA TRADICIONAL. <i>José María Gascó Montes y Antonio María Gascó Guerrero</i> .....	85
CAPÍTULO 6. ASPECTOS AGROECOLÓGICOS DE LA RELACIÓN ENTRE LA MATERIA ORGÁNICA Y EL AGUA EN EL SUELO. <i>Juana Labrador Moreno</i> .....	95

Segunda parte  
MARCO INSTITUCIONAL

CAPÍTULO 7. LAS INSTITUCIONES DE GESTIÓN DEL AGUA EN LAS ZONAS SEMIÁRIDAS. <i>Maya Kbelladi</i> .....	121
CAPÍTULO 8. PRECIOS, MERCADOS Y DERECHOS DE PROPIEDAD DEL AGUA EN LA AGRICULTURA ESPAÑOLA. <i>Manuel Santos Redondo</i> .....	147
CAPÍTULO 9. LA POLÍTICA HIDRÁULICA ESPAÑOLA HASTA 1936. <i>Nicolás Ortega Cantero</i> .....	159
CAPÍTULO 10. LA POLÍTICA HIDRÁULICA EN ESPAÑA DE 1936 A 1996. <i>Leandro del Moral Iriarte</i> .....	181

Tercera parte  
ESTUDIOS DE CASOS

CAPÍTULO 11. EL AGUA COMO RECURSO LIMITANTE EN LOS SISTEMAS AGRARIOS DE CATALUÑA (SIGLOS XIX Y XX). <i>Ramón Garrabou Segura, Enric Tello Aragay, Enric Saguer i Hom y Jaume Boixadera Llobet</i> .....	199
CAPÍTULO 12. SISTEMA HIDRÁULICO, ORGANIZACIÓN DE LOS RIEGOS Y USOS DEL AGUA EN LA HUERTA DE LLEIDA (1830-1950). <i>Enric Vicedo Rius, Jaume Boixadera Llobet y José Ramón Olarieta Alberdi</i> .....	225
CAPÍTULO 13. EL USO DEL AGUA EN EL CULTIVO DEL ARROZ EN EL PAÍS VALENCIANO (SIGLO XIX). <i>Salvador Calatayud Giner y Enric Mateu Tortosa</i> .....	255
CAPÍTULO 14. EL AGUA COMO FACTOR LIMITANTE DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN ANDALUCÍA ORIENTAL. LA VEGA DE GRANADA, SIGLOS XIX Y XX. <i>José Carlos Ávila Cano y Manuel González de Molina Navarro</i> .....	275
CAPÍTULO 15. LA AGRICULTURA DE REGADÍO EN UNA COMUNIDAD DEL NE DE LA PALMA (ISLAS CANARIAS): LOS SAUCES. <i>José Antonio Batista Medina</i> .....	317

CAPÍTULO 16. EL USO DE LAS AGUAS EN EL SISTEMA AGRARIO GALLEGO (SIGLOS XIX Y XX). <i>Alfonso Sánchez Regueiro y Lourenzo Fernández Prieto</i> .....	339
CAPÍTULO 17. DESEQUILIBRIOS HÍDRICOS Y TRANSFORMACIONES DEL REGADÍO EN LA NAVARRA SECA, 1841-1936. <i>José Miguel Lana Berasain</i> .....	365
CAPÍTULO 18. REGADÍO Y TRANSFORMACIONES AGRARIAS EN ARAGÓN (1880-1990). <i>Paloma Ibarra Benlloch y Vicente Pinilla Navarro</i> .....	391
CAPÍTULO 19. EVOLUCIÓN DE TÉCNICAS DE RIEGO EN EL SUDESTE DE ESPAÑA. <i>José López-Gálvez y Alberto Losada Villasante</i> .....	427

## PRESENTACIÓN

Ramón Garrabou Segura  
Universidad Autónoma de Barcelona

José Manuel Naredo Pérez  
Director del Programa «Economía y Naturaleza»  
de la Fundación Argentaria

Al apreciar que la distinta naturaleza de los territorios y de los sistemas agrarios puede hacer engañosa la interpretación de las diferencias espacio-temporales de datos de rendimientos, dosis de abonado..., etc., convocamos, con el respaldo de la Fundación Argentaria, varios encuentros entre historiadores y técnicos agrarios con ánimo de arrojar alguna luz sobre el funcionamiento físico de los sistemas agrarios y de su relación con el complejo territorial en el que se insertan. Tuvieron lugar así, en 1994 y 1995, dos seminarios, organizados por la Fundación Argentaria en colaboración con la Universidad Autónoma de Barcelona y el Centro Nacional de Educación Ambiental (CENEAM), sobre «La fertilización en los sistemas agrarios». El primero de estos seminarios se centró en la problemática general y los instrumentos de análisis que permiten detectar la reposición y las carencias de nutrientes en distintas zonas edafoclimáticas y sistemas agrarios, corriendo a cargo de los técnicos el mayor peso de las exposiciones. El segundo seminario versó sobre los estudios de casos preparados por los historiadores participantes. Ambos dieron lugar al libro *La fertilización en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica*, publicado en la colección «Economía y Naturaleza» que la Fundación Argentaria coedita con Visor.

Los días 3 y 4 de octubre de 1996 tuvo lugar, respondiendo a las mismas preocupaciones de fondo, un seminario sobre «El agua en los sistemas agrarios». Este seminario, organizado también por la Fundación Argentaria en colaboración con la Universidad Autónoma de Barcelona y el Centro Nacional de Educación Ambiental (CENEAM), se centró en los aspectos técnicos e institucionales. Entre los primeros, se pasó revista al instrumental analítico que permite precisar las exigencias hídricas de los distintos cultivos y aprovechamientos en relación con las disponibilidades que brindan las diferentes zonas climáticas, así como a la incidencia de las prácticas agrarias

sobre el régimen de humedad de los suelos. Se hizo hincapié no sólo en las zonas áridas, en las que el agua es un factor limitante para el desarrollo de la agricultura, sino también en las de clima húmedo, en las que el drenaje es condición necesaria para que la agricultura pueda prosperar; y, dentro de aquéllas, no sólo en el manejo del agua en los regadíos, sino también en la captación del agua de los secanos, mediante los trabajos y labores de adaptación del terreno, la selección de cultivos, los marcos de plantación, etc. En los aspectos institucionales, se centró en la política hidráulica desarrollada en España tendente a facilitar las obras públicas necesarias para regar allí donde hiciera falta y la «bonifica», en Italia, para drenar las zonas húmedas del norte, así como los mecanismos y formas de organización que permitieron la instalación y el mantenimiento de los sistemas colectivos de riego y de drenaje. Se pasó revista también a las instituciones de gestión del agua en zonas áridas y a las formas de facturación y distribución de costes de abastecimiento y drenaje en relación con los precios y mercados en este campo. En el citado encuentro se acordó celebrar otro seminario con un margen de tiempo suficiente para que los historiadores pudieran preparar estudios de casos y para rematar los textos referentes a los aspectos técnicos e institucionales con vistas a su publicación.

El segundo seminario previsto sobre «El agua en los sistemas agrarios» se celebró en Segovia durante los días 8 y 9 de junio de 1998, en el marco de los encuentros promovidos por la Fundación Universidad de Verano de Castilla y León y organizado por la Fundación Argentaria en colaboración con la Universidad Autónoma de Barcelona. El mismo se centró en la presentación y discusión de estudios de casos, en cubrir las lagunas apreciadas en los aspectos técnicos e institucionales tratados en el seminario anterior y en ultimar los textos correspondientes a tales aspectos. La presente publicación es fruto de los dos seminarios mencionados.

## Primera parte

### PROBLEMÁTICA GENERAL

CAPÍTULO 1  
EL CAMBIO TÉCNICO EN LOS SISTEMAS  
DE CAPTACIÓN E IMPULSIÓN  
DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA RIEGO  
EN LA ESPAÑA MEDITERRÁNEA\*

Salvador Calatayud Giner  
Universidad de Valencia

José Miguel Martínez Carrión  
Universidad de Murcia

**Introducción**

La escasez de recursos hídricos ha sido durante mucho tiempo uno de los factores esgrimidos por los historiadores en el atraso relativo de la agricultura española. A finales del siglo XIX la cuestión del agua es planteada por los regeneracionistas como un problema agrario «nacional», y, aunque desde entonces el intervencionismo del Estado es el eje de la «política hidráulica» que se diseña en el primer tercio del siglo XX, la realización de grandes obras de riego no llegó a ser efectiva hasta mediados del siglo XX. Mientras tanto, los agricultores, de manera individual u organizados en sociedades, desempeñaron un papel destacado en la expansión del regadío y emplearon en ello todos los medios técnicos a su alcance. La captación y el aprovechamiento de las aguas subterráneas (incluyendo las aguas subterráneas de «capa colgada») constituyó, en mayor medida que la elevación de las aguas superficiales, una de las principales vías para incrementar la capacidad de riego en las primeras décadas del siglo XX<sup>1</sup>. La fórmula se revelaría como un ensayo de lo que aconteció posteriormente. Entre 1955 y 1985 el regadío de aguas subterráneas se multiplicó y superó incluso a la superficie de riego de las aguas superficiales que provenían de los proyectos estatales sobre expansión del regadío.

En este trabajo se muestra que desde finales del siglo pasado se asiste a un proceso de innovaciones técnicas que tiene como objetivo mejorar los sistemas de riego y aumentar las dotaciones de agua de acuerdo con las necesi-

\* Este trabajo forma parte del proyecto DGICYT PS94-0182. Los autores desean expresar su agradecimiento a J. M. Naredo y R. Garrabou por los comentarios vertidos a las primeras versiones de este texto.

<sup>1</sup> Cfr. en GARRABOU, R., C. BARCIELA y J. I. JIMÉNEZ BLANCO (eds.) (1986); SIMPSON, J. (1997).



dades hídricas de los nuevos cultivos. La intensificación de las producciones de cítricos, frutas y hortalizas que se inicia a mediados del siglo XIX no hubiera sido posible sin el incremento de los recursos hídricos. La tecnología de riego utilizada por los agricultores para este fin fue tan variada como lo fue su impacto territorial. Junto a los sistemas tradicionales de regadío, que se incrementan y se perfeccionan, destaca la mecanización y motorización de la captación de aguas subterráneas. El uso de motores de bombeo para riego, aplicado también a las aguas superficiales, constituye el sistema tecnológico más avanzado. En ambos casos se trata de tecnologías asociadas a los pequeños regadíos y al alcance de las iniciativas particulares.

El estudio presenta datos globales y se centra principalmente sobre las regiones mediterráneas donde los nuevos sistemas de captación e irrigación tuvieron mayor difusión y aplicación, ya que dichas regiones experimentaron los procesos de intensificación más notorios de la agricultura española. Los regadíos de Levante presentaban complejos sistemas de rotación de cultivos altamente comerciales desde mediados del siglo XIX y, en consecuencia, disponían de las condiciones idóneas para que las nuevas tecnologías encontraran una mayor receptividad entre los agricultores. Desde 1950-60, las nuevas bases tecnológicas y socioinstitucionales propician un fuerte desarrollo del regadío que beneficia sobre todo a grandes áreas de la España árida. Los secanos de Almería y Murcia protagonizan desde entonces una auténtica transformación, originan procesos de sobreexplotación de acuíferos y soportan una fuerte presión sobre las escasas disponibilidades de agua. El espectacular incremento de las extracciones de recursos hídricos subterráneos que se produce entre 1950 y 1980, se acompañó de un intenso proceso de modernización tecnológica en los sistemas de regadío. Junto a la mejora y el perfeccionamiento de los sistemas de bombeo y transporte de agua, destacan la ampliación de la superficie agrícola protegida mediante acolchados, enarenados, invernaderos y túneles, y la amplia difusión de las modernas técnicas de riego localizado o por aspersión. El riego a manta o por gravedad que venía siendo practicado desde tiempo inmemorial comenzó a quedar obsoleto. En conjunto, las nuevas técnicas supusieron una mejora de la eficiencia de los regadíos y permitieron el crecimiento de la horticultura intensiva.

La información que se suministra en este estudio muestra el desigual impacto que los nuevos sistemas de captación e irrigación tuvieron en las distintas regiones españolas. Al respecto se señalan algunos de los factores que intervinieron en la adopción y su difusión. Las fuentes al uso son desiguales y muy limitadas desde el punto de vista estadístico, pero permiten señalar aspectos de la cronología de las técnicas de impulsión. El punto de partida arranca de la información vertida en la literatura especializada desde mediados del siglo XIX. De este modo, podemos atisbar los cambios tecnológicos producidos antes de la guerra civil. Las estadísticas de 1916 y 1932, publicadas por los ministerios de Fomento (1918) y Agricultura (1933) respectiva-

mente, y de la década de 1950, publicadas por el INE en sus Reseñas provinciales, sirven de base para algunas comparaciones. La primera de ellas es la más completa de todas pues diferencia las técnicas empleadas entre los sistemas de aguas superficiales y subterráneas y proporciona información sobre la superficie regable. Los datos de 1932 y de los años cincuenta son generales y los últimos ni siquiera presentan información desagregada para todas las provincias sobre los motores y bombas instaladas para riego. Para el período de 1950 a 1980, además de la información general sobre el proceso de motorización de la agricultura de riego, se suministran datos sobre las nuevas técnicas aplicadas a los nuevos regadíos en las provincias de la España árida.

### 1. Las técnicas tradicionales de captación de aguas y la mejora de sus aplicaciones para el regadío

Entre los artefactos tradicionales más difundidos para la captación de aguas se encontraban las norias y toda una gama de instrumentos o bombas manuales que se aplicaban a pozos de poca profundidad. La noria en muchos casos elevaba el agua somera a menos de un metro de profundidad, disponible por la vegetación aunque difícilmente utilizable por los cultivos: la elevación y el riego sólo pretendían en este caso mejorar la disponibilidad del agua para el cultivo. Las norias árabes o romanas, *sènia*, aceña, cenia o ceña según la terminología local, tenían una larga tradición en España<sup>2</sup>. La importancia de su difusión en la geografía española ha quedado recogida en numerosos estudios etnográficos y su aplicación a la captación de aguas subterráneas está bien documentada en 1916. Según el censo de ese año las norias suponían la mitad aproximadamente de la maquinaria de extracción de recursos hídricos subterráneos (cuadro 1.1) y estaban muy arraigadas en las zonas del interior y en las regiones mediterráneas (cuadro 1.3)<sup>3</sup>. Durante siglos habían posibilitado la expansión del regadío en pequeña escala y cooperado en los procesos de intensificación agrícola, siendo unos artefactos al alcance, en la mayoría de los casos, de propietarios con escasos recursos. Desde el punto de vista tecnológico presentaban una cierta diversidad más allá de su característica común —la construcción en madera: mayor o menor solidez y tosquedad de los elementos constitutivos, sobre todo en lo que respecta a las piezas de rozamiento, cuyo desgaste era uno de los problemas centrales que condicionaba la eficiencia de las norias. Las diferencias existentes en las características de los engranajes, ejes, puentes y cojinetes, en la regularidad de las ruedas, etc., debían repercutir en los resultados. La heterogeneidad venía dada por el hecho de que eran los carpinteros y los herre-

<sup>2</sup> CARO BAROJA, J. (1954).

<sup>3</sup> Las cifras recogidas en el cuadro 1.2 son superiores a las obtenidas en los cuadros 1.1 y 1.3 debido a que en el primero se incluye superficie que en la fuente no se atribuye a ningún sistema de captación de aguas para riego.

Cuadro 1.1

## ARTEFACTOS PARA RIEGO EN ESPAÑA, 1916

	Aguas superficiales		Aguas subterráneas	
	N.º	Ha	N.º	Ha
Norias	2.538	5.145	45.287	60.148
Ruedas hidráulicas	241	4.140	—	—
Manual	2.359	224	10.838	1.769
Bombas	229	15.630	5.969 <sup>a</sup>	21.844
– Animal	1	8	1	1
– Turbina	19	2.165	—	—
– Molino viento	5	5	3.132	3.428
– Gas pobre	9	1.248	226	4.856
– Vapor	46	3.131	168	2.626
– Gasolina	6	78	223	1.153
– Eléctricas	143	8.995	219	2.780
Pozo artesiano	—	—	165	26.929
Total	5.367	25.139	62.259	110.690

Fuente: Ministerio de Fomento (1918). Elaboración propia.

<sup>a</sup> La fuente no especifica la modalidad de bombeo para la provincia de Valencia a la que atribuye globalmente 2.000 bombas y 7.000 ha. El total de bombas incluye estas cifras de Valencia, que no hemos podido desagregar por tipos de motores.

Cuadro 1.2

## SUPERFICIE REGADA (HA) CON USO DE MAQUINARIAS Y POZOS ARTESIANOS POR ÁREAS EN ESPAÑA, 1916

	Aguas		Total superficie regada		
	Subterráneas (1)	Superficiales (2)	(1) + (2) (3)	(4)	3/4x100 (5)
Norte	14	30	44	135.517	0,03
Interior	70.596	16.275	86.871	692.558	12,54
Mediterráneo	42.212	6.704	48.916	313.845	15,58
Sur	9.728	4.250	13.978	218.077	6,40
Canarias	175	—	175	6.444	2,71
ESPAÑA	122.725	27.259	149.984	1.366.441	10,97

Fuente: Ministerio de Fomento (1918), 2 vols., elaboración propia.

Nota: La división por áreas comprende las siguientes regiones: Norte: Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco (excepto Álava). Interior: Castilla y León, Castilla-La Mancha, Madrid, Navarra, Álava, La Rioja, Extremadura, Aragón y la provincia de Lleida. Mediterráneo: Cataluña (excepto Lleida), País Valenciano, Baleares, Murcia. Sur: Andalucía.

Cuadro 1.3

## MÁQUINAS Y SUPERFICIE REGADA EN AGUAS SUBTERRÁNEAS, 1916

	Manual		Norias		Bombas		Pozos artesianos	
	N.º	Ha	N.º	Ha	N.º	Ha	N.º	Ha
Norte	73	5	2	2	30	7	—	—
Interior	10.285	1.514	30.239	40.185	109	376	40	25.200
Mediterráneo	200	240	11.547	16.529	5.586	18.864	116	1.528
Sur	280	10	3.499	3.432	170	2.422	9	201
Canarias	—	—	—	—	74	175	—	—
Total	10.838	1.769	45.287	60.148	5.969	21.844	165	26.929

Fuente: Ministerio de Fomento (1918). Elaboración propia.

ros de los pueblos quienes las construían y las adaptaban a las condiciones sociales, económicas y ambientales de la zona.

La noria es el arquetipo del aprovechamiento hidráulico tradicional y, lejos de ser arrinconada o sustituida por los nuevos artefactos, fue adaptándose de acuerdo con los patrones de la modernización tecnológica. El hecho se pone de manifiesto desde mediados del siglo XIX y cobra su mayor empuje con el cambio de siglo. Las limitaciones técnicas que imponían sus mecanismos, contruidos con madera y barro cocido—caso de los arcaduces— en su mayoría y que restringían la capacidad de extracción, fueron superadas modificando aquellos elementos susceptibles de mejora técnica. Básicamente, las limitaciones eran de orden técnico y energético. A medida que se aceleraron los procesos de intensificación agrícola y aumentaron las necesidades hídricas, debió de aumentar la frecuencia de las averías por roturas y desgaste de las piezas. Este problema, junto a la exigencia de una excesiva fuerza de tracción en relación con la carga elevada, hacían que mermara la eficiencia en el uso de la energía utilizada—los animales de tiro— y se redujera la capacidad de extracción.

Las mejoras introducidas en la noria tradicional consistieron en: i) la adopción del hierro en la fabricación de las piezas sometidas a mayor rozamiento y de engranajes cónicos en lugar de linterna con clavijas de madera; ii) la separación, mediante un eje común, del engranaje y el carro transportador de la carga y construcción de éste en hierro; iii) y la sustitución de la maroma de esparto y de los arcaduces de barro, denominados cangilones, por una cadena y unos recipientes de hierro. Los resultados aventajaban el sistema primitivo, por reducirse el excesivo rozamiento y por aumentar la eficiencia en la transmisión de la fuerza rotatoria, exigiendo menos fuerza y presentando una mayor capacidad, seguridad y longevidad<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> ABELA, E. J. (1898), p. 222; CALATAYUD, S. (1990).

Durante el primer tercio del siglo XX, las norias presentan por el coste de su instalación y reparación una enorme utilidad para los agricultores modestos y cierta eficiencia para la economía campesina del regadío; de hecho los especialistas siguieron recomendando la noria para los riegos de reducida extensión, aquellos cuya exigencia energética para la elevación no superara los 2 caballos de vapor (en adelante, cv)<sup>5</sup>. Los inconvenientes tales como la pérdida de energía por los rozamientos, la imperfección y el desgaste de los engranajes, así como el hecho de elevar el agua a una altura mayor que la del suelo receptor, se veían compensados por las ventajas: «[...] es un mecanismo tan sencillo, tan fácil de ser reparado y de ser llevado de una a otra parte, que lo hace recomendable en términos generales»<sup>6</sup>. Se trataba de las norias de hierro. Los nuevos modelos fabricados por la industria ofrecían un conjunto amplio de posibilidades que permitían adaptarse a circunstancias y necesidades diversas.

Los datos de las estadísticas de 1916 y 1932 revelan la importancia de estos artefactos. Los primeros muestran la amplia extensión de superficie que regaban en proporción a las nuevas máquinas de bombeo. La noria era la máquina más utilizada en 1916: un mínimo de 48.000 aparatos en el conjunto del Estado, la mayoría de ellos aplicados a pozos y extracción de aguas subterráneas (cuadro 1.1). En 1932, la cifra aumenta hasta alcanzar la cantidad de 72.725 norias. La evolución seguida por estos artefactos tras la primera guerra mundial no fue unidireccional. En algunas provincias donde se hallaban muy difundidas, su presencia disminuyó a favor de los motores; es el caso de Ciudad Real, Mallorca o Castellón. En la mayor parte de la Península, la tendencia fue de crecimiento, hecho que se prolongó hasta la década de 1950 en bastantes áreas del Interior y en el Mediterráneo. Los datos de 1950-60, obtenidos de las respectivas Reseñas provinciales que edita el INE, no son completos y probablemente sean poco fiables, pero la evolución seguida en las provincias de Castilla y León, Extremadura, País Valenciano y en otras es inequívocamente alcista. La eficiencia alcanzada en los riegos y el coste de instalación la convierten en el artefacto preferido del pequeño agricultor. La noria pudo adaptarse cómodamente a las condiciones ambientales del terreno y a las características y necesidades hídricas de las pequeñas explotaciones campesinas. Tras las dificultades energéticas y de obtención de maquinaria durante la posguerra, la situación antes descrita debió acentuarse y pudo ser uno de los factores que retardó la sustitución de norias por motores de bombeo con mayor capacidad de extracción.

La información disponible revela que el proceso inicial de modernización tecnológica no fue exclusivo del País Valenciano. El fenómeno se

<sup>5</sup> GUILLEN, G. J. DE (1905), p. 396.

<sup>6</sup> De SOROA, J. M. (1921), pp. 97-98.

había extendido a otras regiones mediterráneas y también había arraigado en zonas del interior en las dos primeras décadas del siglo XX. Aunque las fuentes estadísticas no ofrecen datos al respecto, diversas indicaciones permiten deducir que las nuevas norias estaban muy difundidas en 1916, particularmente donde el uso de este procedimiento de elevación era importante. En referencia a Ciudad Real, provincia donde se concentraba nada menos que el 44% de los artefactos instalados en España: «las norias que se emplean son de las más perfeccionadas, generalmente de fundición, con cangilones de barro o de chapa de palastro galvanizado»<sup>7</sup>. En cambio, en aquellos lugares donde el empleo de norias era escaso o marginal, la modernización se había difundido poco. Así ocurría en Cuenca, donde «son de tipo primitivo, de madera todo su armazón y arcaduces de barro, siendo contadísimas las que tienen ruedas y cangilones de hierro»<sup>8</sup>.

La ventaja de las modernas norias de hierro sobre las antiguas de madera parece evidente si se generaliza el cálculo realizado en Sevilla sobre la mejora en el aprovechamiento energético: las norias de hierro aprovechaban el 70-80% de la fuerza generada por los animales de tiro, frente a un 50% como máximo en los viejos aparatos de madera. Sin embargo, la permanencia de norias antiguas parecía justificada a los agrónomos cuando se trataba de regar extensiones reducidas; en Baleares, por ejemplo, se decía que «a pesar de los múltiples inconvenientes del sistema y de lo imperfecto de su construcción, estas máquinas se encuentran muy extendidas debido a la economía de su instalación y a la facilidad con que puede ser reparado cualquier desperfecto»<sup>9</sup>. La facilidad de reparación sería un factor a tener en cuenta allí donde la escasa presencia de talleres mecánicos y operarios cualificados creaba barreras para la adopción de norias de hierro.

Además de las norias existían otras máquinas accionadas por la fuerza animal para captar aguas subterráneas. Es el caso del rosario hidráulico: una cadena de hierro con tapones de caucho sujetos a una distancia regular que se hacía pasar por el interior de un tubo cuyo extremo se encontraba sumergido en el pozo. Aunque en la documentación no aparece reflejada su aplicación en ninguna provincia —probablemente por estar englobados con las norias—, existían algunos. La fuerza animal podía aplicarse también a una bomba mediante un sistema de malacate semejante al de las norias. Esta solución permitía maximizar el aprovechamiento energético de los animales al poderse situar la bomba dentro del pozo y, por lo tanto, próxima al agua. Estas bombas de pequeño tamaño presentaron muchos inconvenientes antes del siglo XX por «exigir mayor cuidado de conservación, descomponerse con mayor facilidad, exigir obreros especia-

<sup>7</sup> Ministerio de Fomento (1918), vol. I, p. 60.

<sup>8</sup> *Ibidem*, p. 130.

<sup>9</sup> *Ibidem*, p. 349.

les para las reparaciones, y deteriorarse rápidamente por las arenas que llevan en suspensión las aguas»<sup>10</sup>.

El escaso peso de los métodos manuales, según reflejan los cuadros para 1916, no debe ocultar el hecho de que eran muy numerosos en algunas regiones septentrionales y del interior como Aragón, Castilla y León y el País Vasco<sup>11</sup>. Aunque el instrumento más utilizado era el cigoñal o cigüeñal<sup>12</sup> aplicado sobre todo a pozos de poca profundidad, también se utilizaban bombas manuales en Galicia o Álava o simplemente se extraía agua a brazo con polea y pozal. El achicador de algunas zonas del Mediterráneo como Alicante, donde se denominaba *tahona* o *carabasi*, era un sencillo artefacto de madera normalmente destinado a elevar o trasladar aguas superficiales.

Los regadíos de poca extensión podían abastecerse también mediante molinos de viento. La amplia presencia de este sistema en las granjas norteamericanas era un argumento esgrimido frecuentemente por los especialistas. Su ventaja residía en el tipo de energía utilizada, que reducía los costes al mantenimiento (engrasado y pequeñas reparaciones). Los inconvenientes eran importantes: la irregularidad en su funcionamiento y en la intensidad del mismo, de acuerdo con el régimen de vientos. Esta irregularidad no era tan grave cuando los molinos se aplicaban a la desecación de terrenos, como en Holanda, pero sí tratándose del riego. Éste requiere una cantidad determinada de agua en un tiempo fijo. La solución era disponer de un depósito para almacenar el agua pero esto encarecía el coste de instalación.

## 2. La difusión de los nuevos sistemas de captación de aguas antes de la guerra civil: los motores de bombeo

En la segunda mitad del siglo XIX tuvieron lugar importantes cambios tecnológicos que modificaron y cambiaron las formas tradicionales de captación e impulsión de aguas. La oferta de maquinaria al alcance de los agricultores vino determinada por los nuevos sistemas de perforación, ya que los pozos alcanzaron una dimensión hasta entonces desconocida, y la aplicación de motores y bombas, que supuso incrementar la potencia energética necesaria para elevar y conducir el agua hasta límites inusuales. Las nuevas condiciones de la oferta de maquinaria de riego se habían debido en buena parte a la presión de la demanda, en particular a la situación de bloqueo de los recursos hídricos. No hay que olvidar que gran parte de la difusión de estos

<sup>10</sup> LLAURADÓ, A. (1878), p. 268.

<sup>11</sup> De todos modos se trata del sistema más susceptible de haber escapado al recuento, dada su escasa visibilidad y lo limitado de las superficies regadas.

<sup>12</sup> Balancín en Álava; palanca en Girona.

nuevos artefactos estuvo determinada por el agotamiento de las posibilidades técnicas de aprovechamiento de las aguas superficiales. La capacidad de riego con acequias y canales había tocado fondo y, aunque eran todavía útiles en las zonas tradicionales de huerta, la expansión de los nuevos cultivos, sobre todo agríos y frutales, requería la intervención de los nuevos procedimientos ya que la superficie de cultivo se había desplazado a zonas con el manto freático más profundo y crecientes desniveles topográficos.

Frente a la baja intensidad energética y el bajo coste de instalación de los sistemas de riego tradicionales, los motores y las bombas implicaban a menudo fuertes desembolsos de capital y un consumo elevado de energía. Ésta era tan diversa como las tecnologías al uso. La difusión de los nuevos sistemas de riego siguió las pautas de la motorización asociadas al proceso de industrialización<sup>13</sup>. La secuencia seguida se ajustaba a un patrón general pero no fue en la misma dirección en todas partes. Primeramente comenzaron a difundirse los motores de vapor y las turbinas, para dar paso, con el cambio de siglo, a los motores de gas pobre, aceites pesados, eléctricos y gasolina. Además de los motores se desarrollaron materiales que permitieron construir tuberías capaces de resistir varias atmósferas de presión, cuya ausencia constituyó el principal factor que limitaba la posibilidad de elevar agua a grandes alturas. La difusión de muchos de estos motores dependió de las condiciones geofísicas y ambientales de los terrenos y de las implicaciones socioeconómicas e institucionales de las explotaciones agrícolas. La disponibilidad de fuentes de energía, caso de la electricidad, condicionó su adopción y retrasó en algunos casos su generalización entre las comunidades campesinas hasta 1950-60.

La aplicación de bombas a las aguas subterráneas pudo verse favorecida en algunos casos por las tempranas perforaciones de pozos artesianos. Los primeros ensayos datan de la década de 1830<sup>14</sup> y en las siguientes se llevan a cabo numerosos sondeos por todo el territorio; a tal fin se crean sociedades con el ánimo de explotar fincas con acceso al riego. A la altura de 1916 la construcción de pozos artesianos había tenido una difusión limitada. La profundidad de los mismos y las condiciones de las aguas exigían la instalación de motores de bombeo. Los informes de ese año reiteran el fracaso con que se saldó la mayor parte de las tentativas y el efecto disuasorio que tuvo sobre posteriores iniciativas. En las provincias del sureste español, las exploraciones se vieron favorecidas por la experiencia minera en sondeos y perforaciones. Su éxito dependía de las condiciones estratigráficas del terreno. En la huerta de Murcia proliferaron ensayos afortunados desde la década de 1870, contabilizándose más de 100 antes de 1900<sup>15</sup>. La profun-

<sup>13</sup> GARRABOU, R. (1985), p. 53.

<sup>14</sup> LÓPEZ GÓMEZ, A. (1974), p. 196.

<sup>15</sup> Ver BENTABOL y URETA, H. (1900), pp. 235-237.

didad media de los pozos era de 35 metros, con un surtido medio de 8 a 9 litros por segundo y con una elevación máxima de un metro sobre el terreno. Las perforaciones exigieron potentes máquinas de sondeos de percusión accionadas por vapor de 15-20 cv, habida cuenta que en ocasiones alcanzaban los 200 metros de profundidad.

Las bombas eran conocidas desde antiguo pero con la aplicación de la máquina de vapor recibieron un impulso decisivo. Desde mediados del siglo XIX los técnicos habían venido considerando que para elevaciones superiores a 6 metros había que emplear bombas en lugar de norias<sup>16</sup>. Las opciones variaban en función del tipo de bomba y del motor destinado a accionarla. La bomba de pistón parece ser la más difundida en un primer momento. Hacia la década de 1870 abundaban las llamadas bombas aspirantes-impelentes (o angloamericanas), tanto de uso manual como movidas por tracción mecánica. Las bombas de pistones permitían elevar agua a grandes alturas pero presentaban algunos inconvenientes: dificultad y carestía de la instalación, complejidad del mantenimiento y vulnerabilidad cuando el agua llevaba arena o barro en suspensión. Por ello, a principios de siglo su uso parece restringirse a explotaciones que precisaran elevar un pequeño caudal a grandes alturas<sup>17</sup>.

Los avances técnicos acabaron por imponer la bomba centrífuga en las primeras décadas del siglo XX. Hacia 1913 se afirmaba: «Hace veinte años, la bomba centrífuga era considerada en el arte del ingeniero como cantidad casi despreciable, pero desde entonces ha sido tan cuidadosamente estudiada, que hoy es la más empleada y hay instalaciones que sin ellas no hubieran podido ejecutarse»<sup>18</sup>. Sus ventajas residían en la sencillez del mecanismo sin válvulas y con menores rozamientos, lo que abarataba su coste de adquisición y mantenimiento<sup>19</sup>. Además, poseían una gran capacidad de adaptación a alturas variables de elevación mediante la regulación de la velocidad, podían elevar un gran volumen de agua y la arena en suspensión no afectaba al mecanismo.

El motor aplicado en los primeros momentos a las bombas fue la máquina de vapor. Hacia 1880 se recomendaban para el riego las máquinas verticales y de alta presión<sup>20</sup>, con mayor consumo de carbón que las máquinas horizontales pero de más fácil manejo por no requerir operarios muy cualificados. La adopción del vapor aparecía como el signo del progreso agrícola. La abundante oferta industrial de máquinas de vapor móviles (locomóviles) hacía concebir esperanzas de un aprovechamiento diversificado de las mismas: en verano para las operaciones de riego y en el resto del año para diversas labores agrícolas y de transformación.

<sup>16</sup> Ello era especialmente recomendado para las explotaciones naranjeras del valle del Júcar, que se ubicaban en piedemontes donde la capa freática se encontraba más profunda, GINER ALIÑO, B. (1893), p. 98.

<sup>17</sup> MILANO, M. (1914), p. 8M.

<sup>18</sup> *Ibidem*, p. 9M.

<sup>19</sup> Cfr. en LLAURADÓ, A. (1878).

<sup>20</sup> Cfr. en ECHARRY, A. (1879), p. 205.

La aparición de los motores de gasolina, gas pobre y eléctricos hizo que los vapores fueran progresivamente desplazados. Las máquinas a vapor fueron desaconsejadas por los técnicos, excepto para explotaciones de gran tamaño<sup>21</sup>. Los inconvenientes eran, básicamente, la carestía del combustible, la exposición a averías al estar en manos de personal poco o nada cualificado y sobre todo la dificultad de reparación en zonas rurales<sup>22</sup>. Era frecuente la rotura de la biela y su manejo inadecuado reducía de modo considerable la vida activa de la caldera. La solución era disponer de un maquinista cualificado pero su mantenimiento sólo estaba al alcance de los regadíos de cierta importancia con un número elevado de horas de trabajo al año. En algunos casos, la resistencia del vapor a ser desplazado vino por su mejora y perfeccionamiento técnico, y se adaptó así a las necesidades de determinadas explotaciones agrarias como señalan los especialistas: «las máquinas de vapor de movimiento alternativo han llegado a tan alto grado de perfeccionamiento que todavía sostienen brillantemente la competencia con todos los motores térmicos modernos»<sup>23</sup>. La mejora de estas máquinas con la generalización del vapor recalentado las hacían todavía rentables en determinadas explotaciones agrícolas. El hecho es visible en el Levante español. En 1932 el 80% de las máquinas de vapor instaladas en España se encontraban funcionando en el País Valenciano y la mayoría de ellas en la provincia de Valencia. Sin embargo, las instalaciones eléctricas constituían la opción mayoritaria y eran cada vez menos las de vapor que se instalaban. En 1936, se reconocía que eran pocas las instalaciones existentes de este tipo y se aconsejaba su uso «para abastecimientos de gran importancia»<sup>24</sup>.

Los motores de explosión a gasolina se enfrentaban al problema de la carestía del combustible en España, superior a la del carbón. De todos modos, los motores Diesel, de gran difusión desde la Exposición de Milán de 1906, ofrecían grandes esperanzas a los técnicos si se incrementaba, como de hecho estaba sucediendo, la producción española de combustible<sup>25</sup>. Por su parte, los motores de gas pobre presentaban problemas de funcionamiento y exigían personal cualificado, pero podían utilizar combustibles muy diversos: desde carbón hasta subproductos de la actividad agrícola, como el orujo de la aceituna o la cáscara de almendra. Por este motivo, los motores de gas eran la opción recomendada en determinados medios técnicos, habida cuenta del menor consumo de combustible y siempre que el agua no llevara materia en suspensión que pudiera acarrear algunos problemas de funcionamiento<sup>26</sup>.

<sup>21</sup> GUILLÉN, G. J. DE (1905), p. 492.

<sup>22</sup> *Ibidem*, p. 397.

<sup>23</sup> MILANO, M. (1914), p. 10M.

<sup>24</sup> FERRER, R. (1936), p. 184.

<sup>25</sup> MILANO, M. (1914), p. 12M.

<sup>26</sup> GARCÍA ROS, L. (1922), p. 123; GUILLÉN, G. J. DE (1905), pp. 488-489.

Los motores eléctricos contaron desde su aparición con el juicio favorable de los especialistas, que resaltaban la facilidad de manejo, el bajo coste de mantenimiento e incluso de adquisición, y el hecho de constituir una sola máquina juntamente con la bomba. El motor trifásico acoplado a una bomba centrífuga era considerado «el grupo elevatorio más sencillo, económico, fácil de instalar y de manejar que pueda emplearse»<sup>27</sup>. Sin embargo, su limitación era evidente: la disponibilidad de energía eléctrica era muy baja en la mayor parte del territorio, especialmente en las zonas rurales, y la marcada estacionalidad de la demanda de electricidad que generaba el riego —concentrada en unos meses al año— encarecía el abastecimiento. Por otra parte, las interrupciones en el fluido y las oscilaciones del voltaje hacían pensar a muchos técnicos que los motores térmicos ofrecían mayor seguridad y autonomía a la explotación<sup>28</sup>.

Como se ha dicho, las bombas constituían el sistema técnicamente más avanzado, sobre todo porque implicaban casi siempre el uso de nuevas formas de energía. La distribución regional muestra, en 1916, una concentración mayor que en el caso de las norias: sólo tres regiones, Baleares, País Valenciano y Murcia, reunían el 91,9% de las bombas para extracción de aguas subterráneas que se encontraban instaladas en España. Sin duda cuanto mayor era el nivel de complejidad técnica, más decisivo era el papel que desempeñaban los efectos acumulativos derivados de la existencia de canales de comercialización, asesoramiento técnico y facilidades de reparación. Existían grandes diferencias por su complejidad técnica y a menudo su difusión estaba asociada a la disponibilidad de las distintas fuentes energéticas del país. Las bombas de pistón accionadas con molinos de viento eran abundantes en Baleares y, aunque hacían uso de una modalidad energética tradicional, se adaptaban muy bien a las condiciones atmosféricas de las islas. En general, regaban superficies reducidas (1 ha como media) y sustituían a las norias cuando el propietario tenía recursos para hacerlo, puesto que el ahorro energético parecía ser importante<sup>29</sup>. Su presencia era también considerable en el Campo de Cartagena.

Las bombas accionadas con gas pobre, vapor y gasolina tenían una presencia muy semejante en 1916. En cambio, las accionadas con motores eléctricos eran más numerosas a pesar de que la disponibilidad de energía constituía una restricción importante. Sin embargo, su difusión estaba claramente asociada a las zonas de producción de electricidad y no dependía por tanto de la elección del usuario. Como es lógico, existían más facilidades en aquellos lugares donde la concentración urbana o industrial favore-

<sup>27</sup> MILANO, M. (1914), p. 10M.

<sup>28</sup> GARCÍA ROS, L. (1922), p. 123.

<sup>29</sup> Ministerio de Fomento (1918), vol. I, p. 353.

cía la producción de electricidad. Es el caso del litoral barcelonés, donde la disponibilidad de energía de la Sociedad de Riegos y Fuerza del Ebro propició la adopción generalizada de bombas eléctricas<sup>30</sup>. También en Valencia el elevado número de estas bombas se relaciona con la disponibilidad energética<sup>31</sup>. Por el contrario, su expansión estaba limitada allí donde no concurrían estas circunstancias: en Castellón se encontraban «en escaso número... por falta de energía»<sup>32</sup>. El predominio de los motores eléctricos en muchas provincias era patente en 1932. Le seguían en importancia los de gasolina y aceites pesados. Los motores de gas pobre fueron sustituidos a lo largo de la década de 1920 cuando la oferta de energía eléctrica se fue generalizando. Aunque las estadísticas de 1932 no especifican su aplicación al tipo de aguas, parece razonable sostener que la gran mayoría de las bombas para riego estaba dirigida a la extracción de aguas subterráneas (cuadro 1.4). Entre 1916 y 1932 se había producido un gran salto en la difusión de los nuevos sistemas.

Cuadro 1.4

MOTORES DE RIEGO EN ESPAÑA, 1932

	<i>Aeromotor</i>	<i>Vapor</i>	<i>Gas pobre</i>	<i>Gasolina</i>	<i>Aceites pesados</i>	<i>Eléctricos</i>	<i>TOTAL</i>
Norte	166	3	2	14	—	95	280
Interior	998	49	128	2.309	406	2.504	6.394
Mediterráneo	4.955	540	399	3.922	3.242	5.904	18.962
Sur	332	27	42	264	551	1.537	2.753
Canarias	625	15	78	227	81	28	1.054
Total	7.076	634	649	6.736	4.280	10.068	29.443

Fuente: Ministerio de Agricultura (1933), pp. 323-324. Elaboración propia.

### 3. La expansión de los pozos de aguas subterráneas hasta la Ley de 1985

La guerra civil y la política agraria del primer franquismo truncaron el proceso de expansión del regadío que se venía desarrollando en el primer tercio del siglo XX. La etapa de 1936 a 1955 supone la ruptura de un

<sup>30</sup> Ministerio de Fomento (1918), pp. 266-267.

<sup>31</sup> La provincia era la primera del Estado en número de centrales eléctricas y la tercera en kw producidos en 1933; *vid.* HERNÁNDEZ ANDREU, J. (1981).

<sup>32</sup> Ministerio de Fomento (1918), p. 389.

modelo de crecimiento agrario que venía liderado por la agricultura intensiva de riego desde finales del siglo XIX en las regiones mediterráneas<sup>33</sup>. En la década de 1940, las rigideces en el suministro de energía eléctrica, la escasez de combustibles y repuestos para máquinas y motores de explosión y, sobre todo, la caída del comercio exterior de los productos alimenticios provocaron dificultades para la agricultura de exportación que había arraigado en las regiones de Valencia y Murcia. La autarquía trajo consigo el aislamiento y el estancamiento del sector agrario. Las consecuencias para la agricultura especializada de regadío, que tenía su mirada puesta en los mercados exteriores, fueron desastrosas y se prolongaron hasta comienzos de la década de 1950, en que la política económica del régimen de Franco comenzó a dar tímidas señales de liberalización.

Una de las consecuencias más visibles fue la paralización del proceso de modernización tecnológica en los sistemas de riego y el reforzamiento del equipo técnico más tradicional y de menor consumo energético. El proceso de sustitución de viejas norias por motores de bombeo que se había intensificado desde la década de 1920 debió moderarse por falta de equipamiento y escasez de combustible. En estas condiciones, no es extraño observar un aumento de las norias en gran parte de las regiones españolas. Entre 1932 y 1962 el número de norias pasa de 72.725 a 85.306 y su mayor incidencia se registra en las regiones del Interior, La Mancha y Castilla y León. Aunque el proceso de cambio tecnológico no está suficientemente estudiado para la etapa del primer franquismo, la información recogida sobre motores elevadores de aguas subterráneas en la provincia de Valencia desde 1941 a 1955 sugiere que las consecuencias de la posguerra no fueron tan negativas como cabría esperar. Los datos revelan que el número de motores eléctricos instalados entre 1941 y 1951 fue espectacular si se compara con los de la década siguiente. El caso de Valencia pudo ser excepcional.

La liberalización progresiva del régimen franquista en la década de 1950 condujo a un mayor abastecimiento de insumos en el sector agrario, que se vio impulsado por el crecimiento de los mercados de consumo interno y las exportaciones. A los factores de demanda se sumaban los de oferta. La disponibilidad de fuentes energéticas y de maquinaria para riego posibilitó la expansión de las superficies de regadío. Una gran parte de los secanos comenzó a transformarse en regadío mediante la captación de aguas subterráneas. El crecimiento de la superficie regada por pozos fue notable desde 1960: 359.316 ha en 1972, 749.074 ha en 1982 y 919.461 ha en 1993. Una estimación realizada por el ingeniero agrónomo Andrés Murcia para 1971 corregía al alza la primera cifra y la elevaba a

<sup>33</sup> GARRABOU, R. (1997); BARCIELA, C. (1997).

517.700 ha<sup>34</sup>. En cualquier caso, el avance ha sido significativo si se contrasta con las 122.725 ha estimadas en 1916. La vertiente mediterránea, sobre todo el sureste, y la España insular han venido a ser las zonas de mayor aprovechamiento, dada la escasez de recursos hídricos y la expansión de la demanda agrícola de agua.

La explotación de los acuíferos se intensificó desde 1955. El número de pozos creció a un ritmo vertiginoso en las regiones mediterráneas y, en particular, en las zonas de la España árida o semiárida. Hasta 1970, la iniciativa privada había conducido a la explotación de 210.000 captaciones de aguas subterráneas<sup>35</sup>. En Murcia y Valencia, los datos que hemos recogido sobre las instalaciones elevadoras de aguas subterráneas procedentes de los antiguos Registros de Minas, muestran un fuerte incremento entre 1955 y 1985, y, sobre todo, en la primera de las provincias. Entre los campos del litoral levantino, destacaron Dalias (Almería), Águilas-Mazarrón-Lorca y el Campo de Cartagena (Murcia), que conocieron un espectacular crecimiento del área regable por este mecanismo<sup>36</sup>. Los períodos más intensos de alumbramientos de aguas documentados en la región de Murcia tienen lugar en los años 1956-1965 y 1978-1985, con un ritmo anual de 170/200 pozos en el primer período, y una media de 400 en el segundo (gráfico 1.1). A partir de este período, las concesiones se detuvieron al entrar en vigor la Ley de Aguas de 1985 que declaró el recurso agua de propiedad pública, incluidas las aguas subterráneas. La Ley no derogó los derechos adquiridos por las anteriores Leyes de 1866 y 1879, y los respeta por un plazo de 50 años. A comienzos de los años noventa, las concesiones de instalaciones elevadoras prosiguieron, pero en esta ocasión lo hicieron por los efectos que ocasionó la sequía de esos años<sup>37</sup>.

La expansión del regadío debida a la explotación de los acuíferos entre las décadas de 1950 a 1980 debe contemplarse como un síntoma de capitalización de la agricultura, dado el coste de inversión inicial que suponía la exploración de pozos a gran profundidad. La iniciativa de los sondeos partía, como en las primeras décadas del siglo XX, de los grandes propietarios y las comunidades de regantes y cobran ahora mayor protagonismo las sociedades mercantiles y las cooperativas. También fue decisiva la intervención del Estado a través del Instituto Nacional de Colonización (INC), cuyas competencias pasarían al IRYDA en 1973. El *salto adelante* que protagonizan los regadíos de aguas subterráneas desde mediados de los años cincuenta debe ponerse en relación con el apoyo institucional que pro-

<sup>34</sup> Cfr. de 1972 y 1982, *Censos agrarios*; 1993, en MARTÍNEZ BELTRÁN, J. (1993), p. 32; datos de MURCIA VIUDA, A. en ANIM (1978).

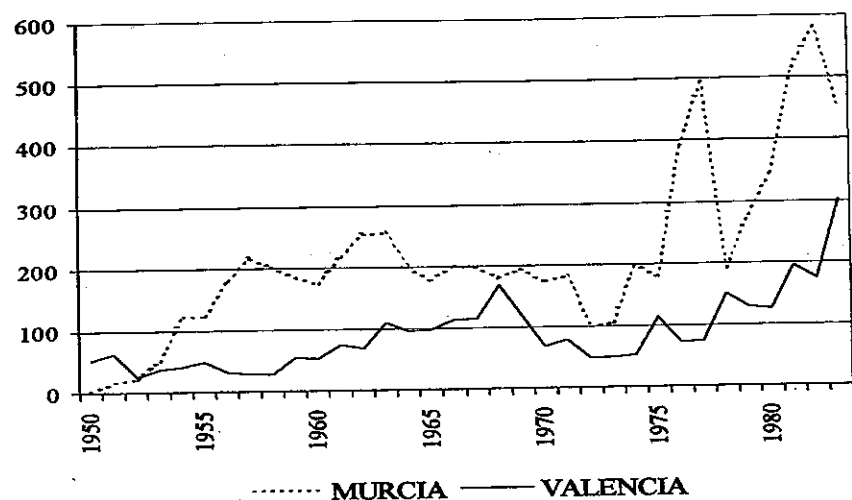
<sup>35</sup> Asociación Nacional de Ingenieros de Minas (ANIM) (1978), p. 31.

<sup>36</sup> Para Almería, ver SÁNCHEZ PICÓN, A. (1997); para Murcia, SENENT ALONSO, M. y R. ARAGÓN RUEDA (1995).

<sup>37</sup> SENENT ALONSO, M. y F. CABEZAS CALVO-RUBIO (1995), CES (1995).

Gráfico 1.1

EVOLUCIÓN ANUAL DE POZOS-SONDEO PARA CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN MURCIA Y VALENCIA, 1952-1985



mueve el INC. Este organismo declara en 1954 de «alto interés nacional y de reconocida urgencia» los trabajos de investigación y alumbramiento de aguas para regadíos. En 1955, se crea una Comisión Especial de los ministerios de Obras Públicas, Industria y Agricultura para el «aprovechamiento total de las cuencas de los ríos o unidades geográficas determinadas», y se crean normas sobre utilización de aguas subterráneas destinadas a riego<sup>38</sup>. Murcia y Canarias son las primeras regiones en donde se regula el aprovechamiento y alumbramiento de aguas.

Las investigaciones geológicas de los terrenos y las mejoras técnicas de perforación y bombeo tuvieron bastante que ver con el éxito de los sondeos y pozos perforados a gran escala durante la década de 1960. En el campo de las investigaciones destacó la labor de estudio desempeñada conjuntamente por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y el INC entre 1960 y 1962. El proyecto regional de mayor envergadura fue el estudio hidrogeológico de la cuenca del Guadalquivir (1966-1969). Le siguió el de la comarca Cazorla-Hellín-Yecla (1969-1972). Hasta entonces sólo se habían realizado estudios concretos y con carácter localista. La provincia de Murcia se convirtió en un laboratorio nacional al aplicarse allí las primeras metodologías hidrogeológicas de uso común en la actualidad, que supusie-

<sup>38</sup> PÉREZ PÉREZ, E. (1982).

ron el abandono progresivo de las prácticas tradicionales de los zahoríes (varas, péndulos, venas subterráneas, etc.). El primer bombeo de ensayo con las nuevas técnicas metodológicas se llevó a cabo en Mazarrón en 1961<sup>39</sup>. Desde entonces, los estudios hidrogeológicos de zonas y cuencas se inscribieron en el Programa Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS, 1972), en los que colaboraban el IGME (actualmente Instituto Tecnológico Geominero de España, ITGE) y el IRYDA, en el Programa Nacional de Estudios para Gestión y Conservación de Acuíferos (PGCA, 1976) y, finalmente, en los Planes Hidrológicos de las respectivas cuencas. El objetivo común a todos ellos era dotarse de una infraestructura en la que pudieran apoyarse los estudios de las redes piezométricas y de balances hídricos, así como de planificación, ordenación territorial y medio ambiente<sup>40</sup>.

Desde el punto de vista técnico, las perforaciones alcanzaron mayor profundidad debido a la mejora de la maquinaria y, sobre todo, a la instalación de grupos motobombas sumergibles en pozos de pequeño diámetro, denominados comúnmente *bombas-buzo*, bombas de impulsión y tuberías de presión. Las nuevas máquinas taladradoras a rotación y percusión, con diámetros que pasaban de los 140 mm a los 300 y posteriormente a los 400 y 600 mm, permitieron extender las captaciones de aguas a zonas del interior incluso en áreas montañosas. La principal dificultad existente, relativa a la falta de espacio para el montaje de la maquinaria elevadora, quedó salvada gracias a la difusión de bombas centrífugas de eje vertical con diámetros comprendidos entre 300 y 500 mm<sup>41</sup>. La fabricación de grupos elevadores sumergibles de diámetro reducido, cuyo motor eléctrico podía incluso colocarse debajo del nivel acuífero, supuso un fuerte impulso en la perforación de pozos. La explotación de los acuíferos llegó a alcanzar con mayor frecuencia profundidades de más de 200 metros. La información recogida para la provincia de Valencia muestra un avance notable de la profundidad media de los pozos entre las décadas de 1940 y 1970 que se multiplica por tres gracias a las nuevas máquinas de perforación y bombeo: de 23,56 m pasa a 86,66 metros. Cabe destacar también en este sentido el aumento de la potencia media de los motores medida en caballos de vapor: de 28,46 cv en la década de 1940 pasa a 77,93 cv en la de 1970<sup>42</sup>. Esta evolución está asociada a los avances producidos en las industrias eléctricas y de construcciones mecánicas.

La maquinaria empleada en pozos de gran diámetro variaba según se construyeran de sección circular, rectangular o elíptica. Dependiendo de la naturaleza de los terrenos que debían atravesar, se establecía la sección útil

<sup>39</sup> MURCIA VIUDAS, A. (1966).

<sup>40</sup> ANIM (1978), pp. 11 y ss.

<sup>41</sup> MURCIA VIUDAS, A. (1976), pp. 104-105.

<sup>42</sup> Datos procedentes de los Libros-Registro de pozos de la División de Minas de Valencia, antigua Delegación Provincial del Ministerio de Industria.



más conveniente. En el País Valenciano predominaban los de sección elíptica y oval, valiéndose al principio de máquinas de vapor y motores de explosión, accionados mediante complicadas transmisiones a bombas de distintos sistemas. En Canarias se excavaban pozos del mismo tipo accionados con bombas de émbolo. La mayoría de ellas eran de manejo sencillo, movidas a mano o por aeromotores, pero con el tiempo fueron imponiéndose los motores de explosión. Dado que en Canarias el precio de los carburantes era inferior al de la energía eléctrica, unido al alto rendimiento que producían en pozos de pequeña altura, las bombas de émbolo por motores de explosión se mantuvieron hasta bien tarde<sup>43</sup>.

La electrificación del campo español hizo que las bombas centrífugas o helicoidales se fueran imponiendo en la mayor parte del territorio. Las primeras o radiales para pequeños caudales y grandes alturas manométricas, mientras que las de tipo axial o helicoidal se adoptaban para los caudales importantes y pequeñas alturas manométricas. Fueran del tipo que fueran, dependiendo de la profundidad de las captaciones, lo cierto es que los motores eléctricos presentaban notables ventajas. Entre ellas destaca la continuidad de su funcionamiento, la sencillez de su manejo, la fácil conservación y revisión de todos sus elementos en caso de que la estación de bombeo se montara sobre la superficie del suelo, y el bajo coste de su montaje. El inconveniente de su bajo rendimiento de aspiración pronto fue salvado con la difusión de bombas de eje vertical y sumergibles por debajo del nivel freático. Pero en determinados sectores sociales y geográficos, los grupos eléctricos sumergibles, con motor y bomba acoplados, tardaron en difundirse, no tanto por el coste de su implantación sino por la escasez de suministro eléctrico. Aunque en los años cincuenta los técnicos se pronunciaban favorablemente por los grupos electro-bombas, la disponibilidad de energía eléctrica seguía condicionando su difusión en zonas alejadas de los centros urbanos, quedando a merced de la red de electrificación del país.

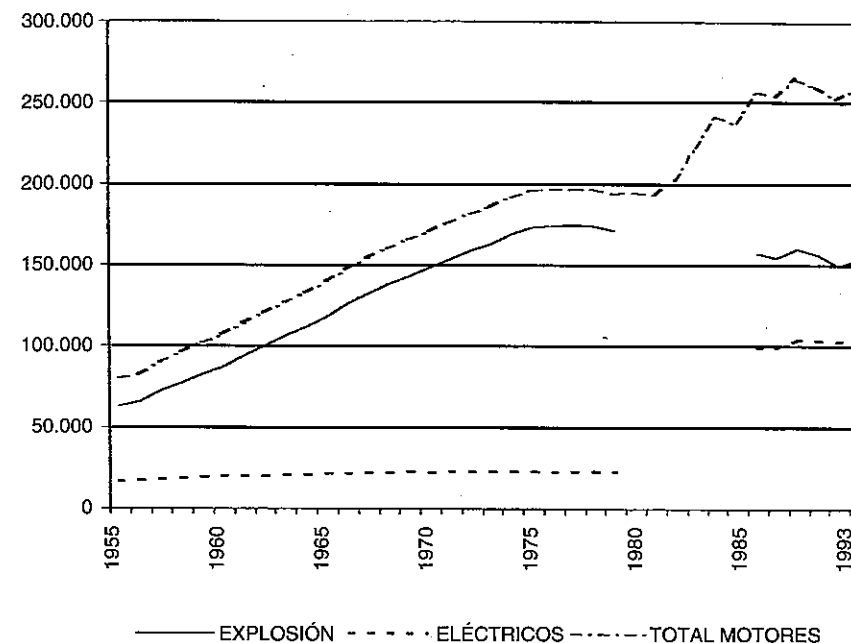
El hecho se manifiesta en la evolución de los motores de riego entre 1932 y 1994. En conjunto, la motorización de las aguas protagoniza un fuerte crecimiento: de 29.443 motores instalados en 1932, se pasa a 79.962 en 1955 y a 259.578 en 1994. Los motores eléctricos habían conseguido imponerse en muchas provincias antes de la guerra civil y en 1932 suponían el 34% de los motores de riego instalados, incluidos los aeromotores. Sin embargo, las series estadísticas de 1955 a 1994 revelan un descenso relativo de éstos a favor de los motores de explosión hasta 1980, hecho que contradecía la opinión de los expertos<sup>44</sup>. A pesar de que las

<sup>43</sup> MURCIA VIUDAS, A. (1976), pp. 107-108, 202.

<sup>44</sup> Un reconocido experto extranjero en los sistemas de captación de aguas señalaba en 1973 «que con la electrificación del campo, las bombas de motor de combustión apenas se usan», PIMIENTA, J. (1973), p. 158. Los datos de España revelan, pues, el atraso técnico relativo en comparación con otros países. Situación que se corrige a finales de los años ochenta y comienzo de los noventa.

Gráfico 1.2

EVOLUCIÓN DE LOS MOTORES DE RIEGO EN ESPAÑA



bombas de motor de combustión alcanzaban en ocasiones un mayor coste de adquisición, la restricción de suministro eléctrico en zonas rurales explica el avance tan espectacular que registran hasta finales de la década de 1970 en detrimento de los motores eléctricos (gráfico 1.2). Durante los años ochenta se produjo la electrificación de buena parte de las zonas rurales más alejadas y, asimismo, una implantación fuerte de los motores eléctricos. Éstos suponen el 40% del parque de maquinaria de riego existente en España en 1990 cuando en 1970 representaban el 11,7%.

La mejora de los sistemas de captación e impulsión llevó consigo mejoras en los sistemas de embalse, canalización y transporte de aguas. En general, desde comienzos de los años sesenta se advierte una mayor eficiencia en el aprovechamiento y canalización de las aguas, con mayor rotundidad en las zonas de la España árida. La captación de aguas subterráneas era conducida por tuberías a pequeños embalses de mampostería que con el tiempo pasaron a ser de mayor dimensión, de obra y plastificados para evitar filtraciones y pérdidas de aguas. Los embalses de plástico son de materiales diversos: butilo si queda a la intemperie o polietileno cuando se protege de la radiación solar mediante un manto de grava. También las acequias, con sus partidores, compuertas de hierro y tabla-

chos de madera, más tarde de cemento y obra —típica arquitectura del regadío tradicional—, han ido cediendo paso a los sistemas de conducción cerrados mediante tuberías de hormigón o cemento armado que permiten elevar el agua decenas de metros y transportarla a presión a distancias considerables (en ocasiones hasta veinte kilómetros)<sup>45</sup>. En general, las infraestructuras hidráulicas de las aguas subterráneas se componen de tuberías de fibrocemento, contadores de agua, válvulas de retención, ventosas y llaves de paso, y cuentan a veces con pequeñas presas de retención. Todo ello ha configurado un modelo tecnológico bien diferenciado respecto del señalado para principios de siglo. Sin embargo, la mejora técnica no siempre ha estado acompañada de la eficiencia organizativa. El hecho de que las extracciones constituyeran iniciativas individuales llevadas a cabo sin coordinación alguna, ha generado la multiplicación innecesaria de perforaciones y la duplicidad en la canalización<sup>46</sup>. El resultado ha sido, en casos como el de Canarias, un aprovechamiento caótico, la sobreexplotación de los acuíferos y la caída de la productividad (medida en m<sup>3</sup>/s por metro de excavación) de las extracciones<sup>47</sup>.

La expansión del regadío por aguas subterráneas y superficiales en la España de las últimas décadas ha ido pareja a la diversificación y mejora de los sistemas de riego. Éstos han sufrido profundas transformaciones desde 1960, incorporando tecnologías que aprovechan más eficientemente los escasos recursos hídricos. Frente a los tradicionales sistemas de riego por inundación o a manta, por gravedad, surcos, tablas, destacan los riegos por aspersión y a goteo. El primero que se difundió en España fue el riego por aspersión, que registró un avance espectacular desde 1960: de 22.435 ha en 1962 pasó a 1.032.220 ha en 1994 (ver gráfico 1.3). Su importancia relativa frente a los otros métodos de irrigación es manifiesta sobre todo en las regiones del Interior (cuadro 1.5). El riego localizado constituye un sistema más avanzado y ha encontrado mayor difusión en las regiones del Mediterráneo que son las más afectadas por la escasez de recursos hídricos<sup>48</sup>. Sin duda, supone una mejora importante en el aprovechamiento y control de las aguas y el ahorro que permite lo convierte en el sistema de riego más eficiente, siempre que vaya acompañado de una planificación adecuada que evite la salinización de los suelos y una evaluación de los recursos disponibles, es decir, de una concepción integrada del ciclo hídrico. Canarias, Murcia y Almería son las zonas donde el riego por goteo ha tenido un mayor impacto desde

<sup>45</sup> Cfr. en SÁNCHEZ PALLARÉS, A. (1995), pp. 88-90.

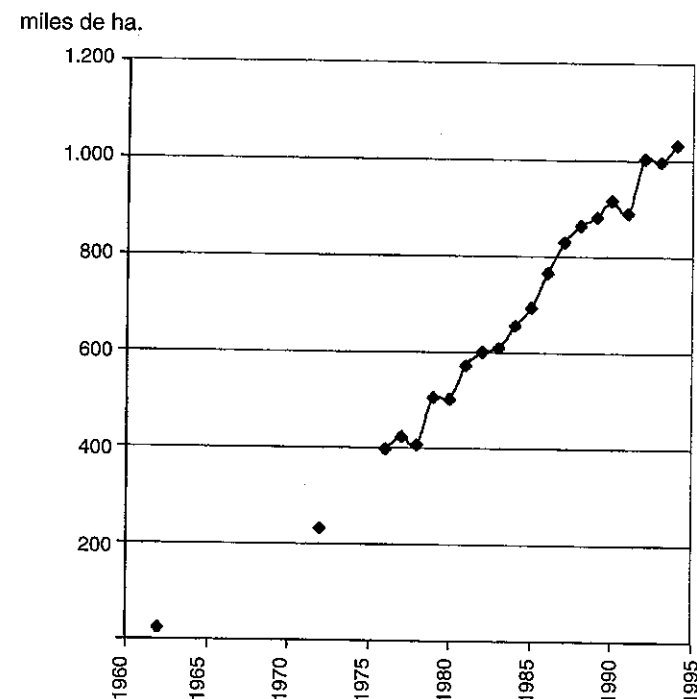
<sup>46</sup> VERA MUÑOZ, J. (1990), p. 78.

<sup>47</sup> AGUILERA, F. y S. C. NUNN (1989).

<sup>48</sup> Un ejemplo de la difusión de esta técnica puede encontrarse para el País Valenciano en RAMÓN MORTE, A. (1995).

Gráfico 1.3

SUPERFICIE REGADA POR ASPERSIÓN EN ESPAÑA, 1962-1994



Cuadro 1.5

DISTRIBUCIÓN (%) DE LA SUPERFICIE REGADA SEGÚN EL MÉTODO, 1989 (totales en miles de ha)

	Aspersión	Localizado	Gravedad	Otros	TOTALES
Norte	5,12	1,83	84,89	8,14	96,6
Interior	33,36	2,33	62,89	1,40	1.362,1
Mediterráneo	6,31	18,53	74,25	0,89	516,1
Sur	24,33	18,28	56,16	1,41	508,7
Canarias	14,81	30,59	53,44	1,14	33,9
España	24,65	9,20	64,58	1,55	2.517,8

Fuente: *Censo Agrario de España, 1989*. Elaboración propia.

Cuadro 1.6

SUPERFICIES DEDICADAS A CULTIVOS FORZADOS  
EN ESPAÑA. 1974/75-1993/94 (ha)

	Acolchados	Invernaderos	Enarenado	Túneles
1974/75	14.043	9.069	—	5.229
1982/83	24.340	14.240	—	2.180
1986/87	55.873	20.529	8.795	5.468
1989/90	68.373	24.913	3.575	12.774
1990/91	62.895	25.785	5.303	10.378
1991/92	65.576	36.427	21.924	9.363
1992/93	42.693	37.084	19.093	9.707
1993/94	54.172	39.608	20.065	9.634

Fuente: *Anuario de Estadística Agraria* (1981 a 1994).

que comenzó a difundirse a mediados de los años setenta. En Murcia, de 30 ha en 1975 se ha pasado a 53.591 ha en 1992. En 1989 la superficie regada en España por dicho sistema era de 231.677 ha.

El avance tecnológico en los regadíos incorporó técnicas de cultivo que aprovecharon más eficientemente el agua. La agricultura forzada o superficie protegida en cultivos herbáceos se impulsó desde comienzos de la década de 1970. Las técnicas de acolchado, las instalaciones fijas o invernaderos, los túneles o los enarenados se introdujeron como fórmulas para mejorar y paliar los déficit hídricos. Al igual que la técnica de riego localizado, las instalaciones fijas tuvieron mayor acogida en Almería, Murcia y en las islas Canarias. Esta técnica, y la más reciente del enarenado que también tiene su mayor difusión en Almería y Canarias, absorben la mayor parte del crecimiento de los cultivos forzados mientras que el acolchado muestra una notable regresión tras el auge observado hace unos años.

En definitiva, la introducción y difusión de nuevas tecnologías en los sistemas de captación e impulsión de aguas subterráneas, como de riego y drenaje que aprovechan buena parte de las mismas, ha supuesto un salto adelante notable en la extensión del regadío y en el aprovechamiento del recurso más escaso del litoral mediterráneo español. En las últimas décadas, estas nuevas técnicas han configurado un proceso de cambio más global en el que han estado implicados los sistemas de riego y cultivo, lo que constituye un nuevo modelo de desarrollo agrario. Asimismo, los cambios técnicos han requerido importantes inversiones de capital incluso de origen no agrario, lo cual nos alerta sobre el grado de capitalización del sector que ha sabido hacer frente a las limitaciones del medio físico. El papel desempeñado por los agricultores en las últimas décadas demuestra una

vez más la capacidad de adaptación y versatilidad a los cambios ocurridos en la estructura de la demanda y naturaleza de los mercados ahora más competitivos. El reverso de esta situación, como ya hemos apuntado, es la aparición de fenómenos de sobreexplotación de acuíferos y la consiguiente baja de los niveles freáticos, así como el desacoplamiento de los cultivos de la disponibilidad natural del agua de que disponen los suelos<sup>49</sup>. También se acusa un mayor deterioro de los suelos al acentuarse la aridez en los secanos y la salinización en los regadíos.

## Bibliografía

- ABELA y SAINZ DE ANDINO, E. J. (1898), *Máquinas agrícolas. Manual práctico dedicado al conocimiento de los instrumentos y máquinas agrícolas que ofrecen mayor interés en España*, Madrid: Imprenta de los Hijos de M. G. Hernández.
- AGUILERA KLINK, F. y S. C. NUNN (1989), *Problemas de la gestión del agua subterránea*, Arizona, Nuevo México y Canarias, La Laguna: Universidad de La Laguna.
- Asociación Nacional de Ingenieros de Minas (ANIM) (1978), *Las aguas subterráneas en España. Presente y futuro*, Madrid: ANIM.
- BARCIELA, C. (1997), «La modernización de la agricultura y la política agraria», *Papeles de Economía Española*, 73, pp. 112-133.
- BENTABOL y URETA, H. (1900), *Las aguas de España y Portugal. Evaluación y aprovechamiento urbano, agrícola e industrial de las mismas y atenuación de los daños causados por los arrastres. Inundaciones e insalubridad, debido al defectuoso régimen hidrológico actual*, Madrid: Imp. M. Tello.
- CALATAYUD, S. (1990), «Los inicios de la mecanización del regadío valenciano, 1850-1953», *Áreas. Revista de Ciencias Sociales*, 12, pp. 201-211.
- CARO BAROJA, J. (1954), *Norias, Azudas, Aceñas*, Madrid: CSIC-Centro de Etnología Peninsular.
- Consejo Económico y Social (CES) (1995), *Recursos hídricos y su importancia en el desarrollo de la Región de Murcia*, Murcia: CES.
- DE SOROA, J. M.<sup>a</sup> (1921), *Riegos. Manual de aplicación del agua al cultivo*, Madrid: Ruiz Hermanos Editores.
- ECHARRY, A. (1879), «Aparatos hidráulicos más usuales», *Gaceta Agrícola del Ministerio de Fomento*, vol. XII, pp. 196-206.
- FERRER, R. (1936), *Abastecimiento de aguas. Bombas e instalaciones hidráulicas*, Barcelona: Susanna.

<sup>49</sup> NAREDO, J. M. y J. M. GASCÓ (1990).

GARCÍA ROS, L. (1922), «Los pequeños riegos en la región de Valencia. Manera de estimularlos y propagarlos en el resto de la nación», *III Congreso Nacional de Riegos*, tomo III, Valencia, pp. 99-152.

GARRABOU, R. (1985), *Un fals dilema. Modernitat o endarreriment de l'agricultura valenciana, 1850-1900*, Valencia: Institució Alfons el Magnànim.

GARRABOU, R. (1990), «Sobre el atraso de la mecanización agraria en España (1850-1933)», *Agricultura y Sociedad*, 57, pp. 41-78.

GARRABOU, R. (1997), «Políticas agrarias y desarrollo de la agricultura española contemporánea: unos apuntes», *Papeles de Economía Española*, n.º 73, pp. 141-148.

GARRABOU, R., C. BARCIELA y J. I. JIMÉNEZ BLANCO (eds.) (1986), *Historia agraria de la España contemporánea*. Vol. III: *La crisis de la agricultura tradicional*, Barcelona: Crítica.

GINER ALIÑO, B. (1893), *Tratado completo del naranjo*, Valencia.

GUILLÉN GARCÍA, G. J. DE (1905), *El agua. Sus aplicaciones a la agricultura*, Barcelona: F. Puig.

HERNÁNDEZ ANDREU, J. (1981), «Orígenes, expansión y limitaciones del sector eléctrico en España, 1900-1936», *Información Comercial Española*, 577, pp. 137-150.

JANINI, R. (1911), *Datos de riegos con aguas subterráneas elevadas por maquinarias en la provincia de Valencia*, Valencia: Imp. de F. Vives.

LLAURADÓ, A. (1878), *Tratado de aguas y riegos*, Madrid: Moreno Rojas, 2 vols.

LÓPEZ GÓMEZ, A. (1974), «Nuevos riegos de Valencia en el siglo XIX y comienzos del XX», en J. Nadal y G. Tortella (eds.), *Agricultura, comercio colonial y crecimiento económico en la España contemporánea*, Barcelona: Ariel, pp. 188-205.

MARTÍNEZ BELTRÁN, J. (1993), «El regadío y las aguas subterráneas», en *Las aguas subterráneas. Importancia y perspectivas*, ITGE & Real Academia de Ciencias Exactas, pp. 29-47.

MILANO, M. (1914), «Máquinas elevadoras de agua para riego», *Primer Congreso Nacional de Riegos*. Zaragoza, vol. II, pp. 1-13.

Ministerio de Agricultura. Dirección General de Agricultura, sección 5.<sup>a</sup> Estadística y Economía Agrícola (1933): *Anuario estadístico de las producciones agrícolas. Año 1932 y 1933 para los agrios y el olivo*, Madrid.

Ministerio de Fomento. Dirección General de Agricultura, Minas y Montes (1918), *Medios que se utilizan para suministrar el riego a las tierras. Distribución de los cultivos en la zona regable. Resumen hecho por la Junta Consultiva Agronómica de las Memorias de 1916, remitidas por los ingenieros del Servicio agronómico provincial*. 2 vols., Madrid: Imp. de Hijos de M. G. Hernández.

MURCIA VIUDAS, A. (1966), *Investigación de aguas subterráneas en el sudeste español*, Madrid, Ministerio de Agricultura.

MURCIA VIUDAS (1976), *Aguas subterráneas. Prospección y alumbramientos para riegos*, Madrid: Ministerio de Agricultura (1.<sup>a</sup> ed. 1953).

NAREDO, J. M. y J. M. GASCÓ (1990): «Enjuiciamiento económico de la gestión de los humedales. El caso de las Tablas de Daimiel», *Revista de Estudios Regionales*, 26, pp. 71-110.

PÉREZ PÉREZ, E. (1982), *Aguas subterráneas. Competencia propia del Instituto Geológico y Minero de España sobre las aguas subterráneas*, Madrid: Ministerio de Industria y Energía.

PIMIENTA, J. (1973), *La captación de aguas subterráneas*, Barcelona: Técnicos Asociados.

RAMÓN MORTE, A. (1995), *Tecnificación del regadío valenciano. Análisis territorial de la difusión del sistema del regadío localizado*, Madrid: MAPA.

SÁNCHEZ PALLARÉS, A. (1995), *100 años de estudios hidrogeológicos en la huerta de Murcia y valle del Guadalentín (1870-1970)*, Murcia: Sindicato Central de Regantes del Acueducto Tajo-Segura.

SÁNCHEZ PICÓN, A. (1997): «Los regadíos de la Andalucía árida (siglos XIX y XX). Expansión, bloqueo y transformación», *Áreas. Revista de Ciencias Sociales*, 17, pp. 109-128.

SENENT ALONSO, M. y R. ARAGÓN RUEDA (1995), «Recursos hídricos subterráneos: situación actual y gestión futura», en M. Senent y F. Cabezas Calvo-Rubio (eds.), *Agua y futuro en la Región de Murcia*, Murcia: Asamblea Regional, pp. 105-127.

SENENT ALONSO, M. y F. CABEZAS CALVO-RUBIO (eds.) (1995): *Agua y futuro en la Región de Murcia*, Murcia: Asamblea Regional.

SIMPSON, J. (1997), *La agricultura española (1765-1965): la larga siesta*, Madrid: Alianza.

VERA MUÑOZ, J. (1990), *Notas sobre el regadío de la región de Murcia*, Murcia: CSIC.

## CAPÍTULO 2

### *BONIFICA*<sup>1</sup> Y TÉCNICAS DE CONTROL DE LAS AGUAS EN LA HISTORIA AGRARIA ITALIANA (SIGLOS XV-XX). UNA CRONOLOGÍA ESENCIAL\*

Franco Cazzola  
Universidad de Bolonia

#### 1. Agua y agricultura en Italia

En la historia agraria europea, las tierras deprimidas, periódicamente inundadas por aguas provenientes de las lluvias o de los desbordamientos de los ríos, han sido objeto a menudo de tentativas de desecación y saneamiento por parte de los agricultores. Antes de la llegada de los abonos artificiales, las tierras bajas y el fondo de las tierras pantanosas presentaban niveles de fertilidad y de productividad claramente superiores a los de las tierras de las colinas y los altiplanos dedicados al cultivo desde mucho tiempo atrás. Si se conseguía, por un lado, evitar el exceso de agua del estrato superficial del suelo mediante obras de drenaje y canalización, y, por otro, defender con diques las tierras más bajas de las aguas del mar o de aguas provenientes de terrenos más elevados, las tierras pantanosas podían ofrecer cosechas abundantes de trigo, legumbres, lino y cáñamo, además de abundante forraje para la ganadería bovina. En el valle del Po, las tierras pantanosas o ricas en turba fueron utilizadas, desde finales del siglo XVI, también para la producción de maíz, que conoció después en toda la Italia septentrional una extraordinaria difusión como sustituto del trigo en la alimentación humana (Levi, 1991: 155-162; Cazzola, 1991).

El desarrollo de los sistemas de drenaje y canalización para recuperar nueva tierra cultivable de las zonas húmedas costeras y de los grandes depósitos de turba, situados en las proximidades de las desembocaduras de los

---

<sup>1</sup> Sistema de saneamiento agrario e hidráulico ligado a la colonización de los terrenos inundados.

\* Traducción realizada por María Naredo Molero

grandes ríos, ha sido un presupuesto fundamental de la actividad agrícola, sobre todo en las tierras de la costa del Mar del Norte (Países Bajos, Frisia y, en general, toda la franja de *Marschen* que se extiende desde la península de Jutlandia hasta las desembocaduras del Reno y del Mosa). También en las tierras pantanosas inglesas se realizaron, durante la Edad Moderna, obras de drenaje para obtener tierras de cereal (Merchant, 1983; Darby, 1983).

Entre los factores que llevaron a estos territorios poco hospitalarios a los distintos flujos de colonización agrícola en los siglos XI-XII y XVI-XVII y a las consistentes inversiones de capital destinadas a la construcción de diques y obras de canalización, se pueden recordar, además de la fertilidad de los suelos, la cercanía de los centros urbanos y la facilidad de acceso a las más importantes vías de comercio internacional marítimo y fluvial (Ciriaco, 1994: 246-252).

El objeto específico de este capítulo es facilitar, incluso con fines comparativos, un cuadro esquemático de la evolución de aquella particular forma de relación que los hombres han venido estableciendo con el agua en la península italiana, considerando que Italia, aunque está colocada geográficamente en la franja climática mediterránea, debido a su irregular orografía goza de abundantes precipitaciones y por lo tanto su disponibilidad de recursos hídricos (actuales o potenciales) es relativamente elevada.

En particular, el valle atravesado por el río Po es sede de una doble y opuesta relación con los recursos hídricos. La parte occidental, cuyos suelos están constituidos por gravas y depósitos de aluviones ordinarios, y que por tanto es la más necesitada de riego, en los meses estivales puede, sin embargo, contar con abundantes afloramientos de agua y aguas superficiales, además de con importantes reservas hídricas acumuladas en los grandes lagos glaciales, donde afluyen las aguas de la cadena alpina. Los agricultores de la parte occidental del valle del Po han sabido crear desde el Medioevo una admirable y compleja red de distribución del agua para usos agrícolas y de navegación.

La parte centro-oriental del valle del Po —la llanura del Véneto y la llanura *romañola*— se ha encontrado, sin embargo, en la situación opuesta. Se ha visto constreñida a combatir el exceso de agua en el suelo con sistemas de desagüe y drenaje y a defender los campos de los desbordamientos destructivos de los ríos con diques y muros de contención de ríos, torrentes y otros cursos de agua.

La Toscana es otra parte de la Península, densamente urbanizada y cultivada, pero necesitada de continuas intervenciones para contener el corrimiento hidrogeológico y para obtener nuevos terrenos de cultivo en las pocas llanuras colmatadas con los sedimentos aportados por las aguas y saneados artificialmente.

Las pocas llanuras del Sur y de las Islas, afectadas por un secular desorden hidráulico o por efectivas carencias hídricas, han entrado en último

lugar en la larga historia de la *bonifica* italiana. En estas tierras, que han permanecido durante siglos vinculadas a regímenes agrarios dominados por el latifundismo y el binomio cereales-pastos, se han realizado las más recientes intervenciones directas del Estado para el desarrollo del regadío y la colonización agrícola. En el centro, en el sur y en las islas, más allá del desorden hidráulico y los desastres hidrogeológicos, se encuentran los déficits hídricos estivales más relevantes, con aportaciones de los cursos de agua inferiores a los 5 litros/segundo por kilómetro cuadrado (Grinovero, 1954: 6).

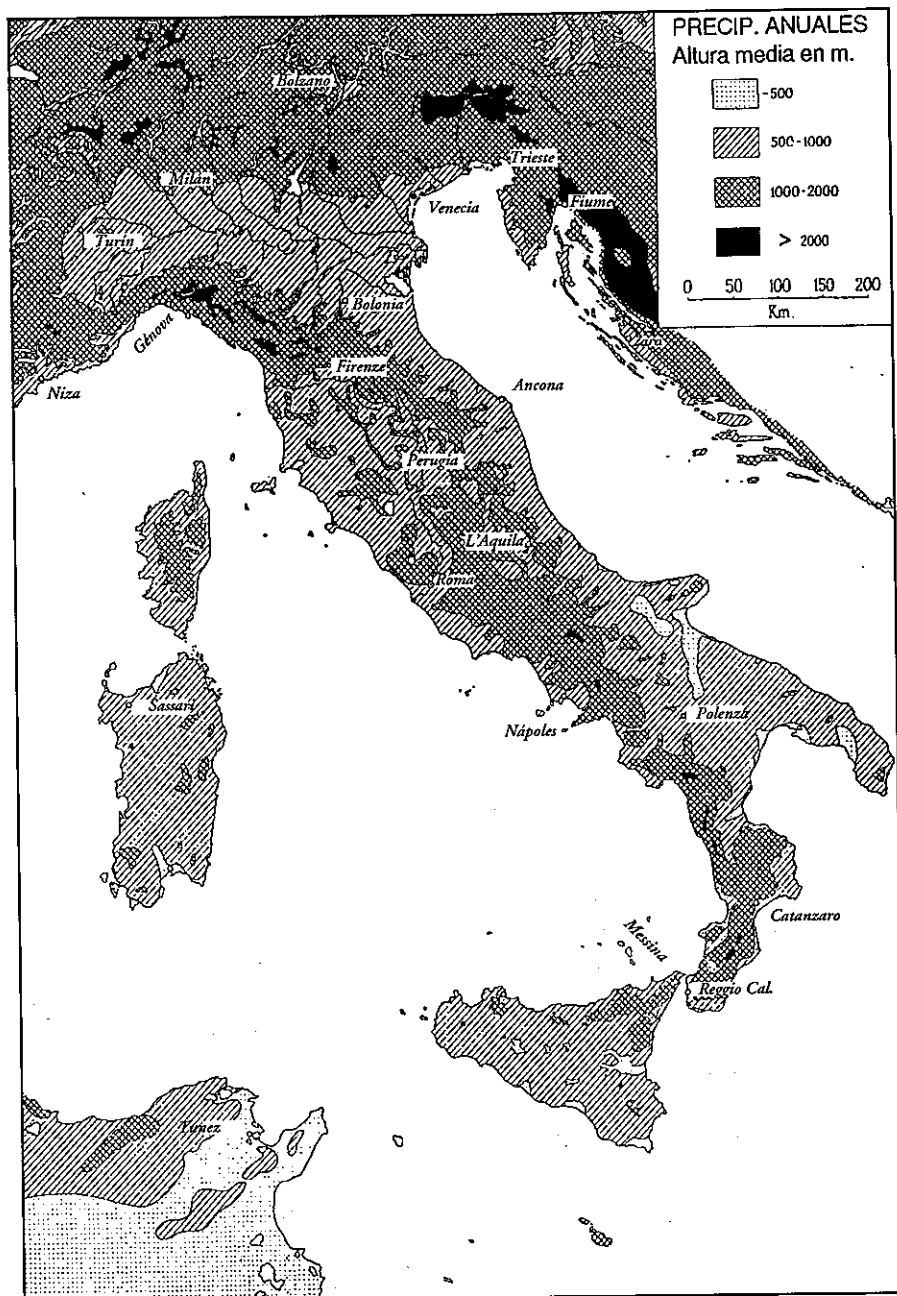
En el epígrafe siguiente se indican algunas características ambientales que dan idea de la complejidad del problema del agua en Italia. Otro epígrafe tratará, de forma sistemática, de las técnicas tradicionales de drenaje, elaboradas en algunas regiones de la Península a escala macro y microhidráulica. En la última parte de este trabajo se aportará una cronología sumaria del desarrollo de la *bonifica* y del regadío en la península italiana del Medioevo en adelante, reseñando las obras y los momentos más significativos de la difícil relación con el agua, que ha marcado profundamente la historia agraria, social y económica de algunas de las más importantes regiones italianas. Por razones de espacio, la amplísima bibliografía italiana en materia de agua y de *bonifica* se limitará a las obras más recientes y generales, aparte de citar las obras dedicadas a los temas que se abordan en el texto.

## 2. El agua: un recurso abundante y hostil

Como se ha indicado más arriba, en la península italiana, donde las llanuras representan sólo una quinta parte de la superficie del territorio, los problemas de gestión, control y utilización de las aguas son diferentes con respecto al resto de los países mediterráneos. Desde el punto de vista de las lluvias, Italia se sitúa entre el clima *subárido superior* (pluviosidad comprendida entre 450-600 mm) y *subhúmedo* (500-900 mm). Pero las zonas de la falda de las montañas de los Alpes y la cordillera de los Apeninos se mantienen, en general, en la franja climática húmeda (800-1.200 mm) e incluso por encima de estos límites (1.200-1.500 mm), lo que favorece enormemente los procesos erosivos (Dainielli, 1954: 24; Haussmann, 1972: 64-65). Sólo una pequeña parte de la Península y de las islas sufre, por tanto, de lluvias insuficientes o mal distribuidas (mapa 2.1). El problema del agua en la zona de colinas y montañas del país, convertida a la agricultura desde la Antigüedad, consiste sobre todo en controlar la fuerza erosiva y la violencia con que el agua desciende hacia los valles y el mar, que frecuentemente son fuente de desastrosos aluviones.

Mapa 2.1

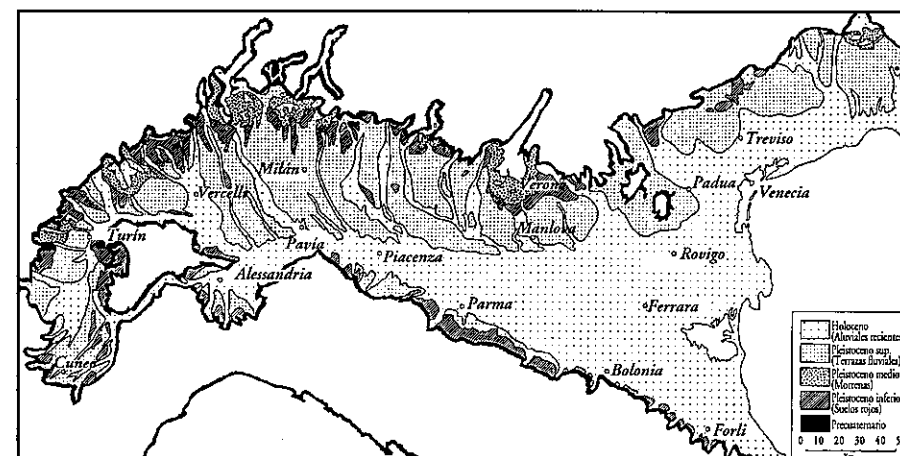
DISTRIBUCIÓN ANUAL DE LAS LLUVIAS EN ITALIA



La gran llanura atravesada por el río Po, precisamente por su peculiar formación orográfica, concentra más de un tercio del valor añadido de la agricultura nacional y se caracteriza por una excepcional disponibilidad de aguas de superficie y subterráneas, parte de las cuales se acumulan en los grandes lagos que coronan el arco de los Alpes, y en los glaciares que los alimentan. Estas aguas clarificadas en los grandes lagos bajan hacia el Po a través de ríos de caudal regular y abundante en los meses de verano, tras el deshielo de las nieves alpinas (Ticino, Adda, Oglio, Moncio) (mapa 2.2). Gracias a estas aguas, la agricultura de la parte occidental del valle del Po ha podido orientarse precozmente hacia el desarrollo de la ganadería y de la producción láctea, superando la escasez de precipitaciones del período estival y, sobre todo, la crisis hídrica de los cultivos provocada por la naturaleza gravosa, arenosa y poco compacta de muchas tierras del altiplano lombardo y piemontés (Hausmann, 1972: 70-71).

Mapa 2.2

TERRENOS CUATERNARIOS EN LA LLANURA DEL PO



De la cadena de los Apeninos, que cierra al sur el valle del Po, descienden numerosos afluentes, caracterizados por tener un caudal irregular y unas aguas muy ricas en transportes aluviales. Los materiales de erosión más finos (arcillas y limos) se acumulan en la baja llanura sobre la margen derecha del mayor río italiano y crean graves problemas de deflujo de las aguas en los estratos impermeables de las depresiones, donde se estanca el agua de manera creciente hasta la desembocadura. Los cauces del río Po y los de sus afluentes, en el tramo que va desde Piacenza hasta el mar Adriático, se caracterizan por tener pendientes mínimas, del orden de 10-15 cm

por kilómetro. Esto tiene su origen en el carácter colgante de los lechos fluviales y crea la necesidad de contener el agua de las crecidas de los ríos con obras de defensa, como muros de contención, que deben elevarse a 8-10 metros, o más, sobre el nivel de los campos.

Numerosos y complejos problemas de estancamiento hídrico y de control de las crecidas otoñales y primaverales han estado presentes también en las pocas llanuras de la costa y del interior que recogen las aguas de los ríos de la parte central y meridional de los Apeninos. (Val di Chiara, pianura Pisana, Maremma Senese, Argo Romano, Paludi Pontine, Tavoliere di Puglia, etc.). (Barsanti, 1982; Barsanti y Rombai, 1986; Ciasca, 1928). Es preciso recordar que, tanto el poblamiento humano como la agricultura de la Italia centro-meridional y de las islas, se dirigieron forzosamente hacia las zonas de colinas y montañas, pues las escasas llanuras sufrieron importantes epidemias de paludismo en la forma más grave: la malaria provocada por el *plasmodium falciparum*. Ésta provocaba fiebres estacionales en verano y otoño, a menudo seguidas de la muerte de quienes las sufrían. Sólo la derrota de la malaria, tras la segunda guerra mundial, hizo posible una verdadera acción de *bonifica* y de colonización agraria de las marismas y de las llanuras costeras centro-meridionales (Bevilacqua y Rossi-Doria, 1984: 73-75).

Desde la época medieval hasta la moderna, el agua ha planteado en Italia la problemática del control de su agresividad y de su transformación en un recurso útil para la agricultura de regadío. Primero, la aparición de la máquina de vapor, llamada «hidróvora»<sup>2</sup>, supuso un avance importante en el drenaje y, más recientemente, gracias a la gran difusión de los motores, el saneamiento y el riego se realizan a menudo conjuntamente. Muchas de las obras de canalización creadas para el desagüe de los terrenos, gracias a la extracción mecánica del agua, aseguran hoy tanto la desecación del suelo en momentos de exceso de disponibilidad hídrica, como la distribución del agua de riego en los meses de relativa carencia. Sólo algunas regiones del sur (Sicilia, Basilicata, Puglia) conocen problemas de escasez de precipitaciones y de búsqueda y distribución del agua para regadío análogos a los de otros países del Mediterráneo.

Para dar una idea aproximada de las dimensiones del problema de la *bonifica* en la Italia contemporánea, considérese que, en el momento de la unificación política del Reino de Italia (1861), más de un millón de hectáreas las constituían tierras pantanosas, charcas, valles y arrozales estables y, por tanto, necesitados de una acción de saneamiento hidráulico (Serpieri, 1947: 68-69; Dainelli, 1954; Bevilacqua y Rossi-Doria, 1984: 48).

<sup>2</sup> Máquina «devoradora» de agua.

### 3. La *bonifica* en Italia: evolución de las técnicas

#### 3.1. *Macrohidráulica*

Hasta la aparición de las bombas de vapor, la relativa abundancia del agua que caracteriza a gran parte de la península italiana se controlaba, con fines agrícolas, utilizando para ello el principal agente de movimiento de las masas hídricas: la fuerza de la gravedad. Las dos formas principales de saneamiento hidráulico y agrario de las tierras pantanosas fueron, como ya se ha dicho, por un lado, la recogida de las aguas en canales de drenaje y, por otro, la elevación y protección de los terrenos mediante muros de contención y diques. Dejando a un lado los saneamientos realizados mediante extracción mecánica, podemos agrupar los métodos de *bonifica* en tres grandes categorías. Se excluye de esta clasificación el saneamiento de aguas de montaña, cuyos problemas sobrepasan los límites de este trabajo.

##### 3.1.1. *Bonifica* por desagüe natural mediante canalización

El principio base de toda *bonifica*, del cual los técnicos eran plenamente conscientes desde el siglo XV, es la separación de las «aguas altas» de las «aguas bajas». El agua que vierte desde los terrenos superiores ha de ser recogida por medio de muros de contención o diques para alejarla de las tierras bajas que se pretenden sanear. Las cuencas deprimidas son a menudo protegidas con diques, a través de los cuales se pasan las aguas drenadas. Algunos instrumentos de regulación (esclusas, alcantarillas) se abren o se cierran en relación con el nivel del curso de las aguas o del mar en el que las aguas de saneamiento se vierten, con el fin de impedir que en los canales de drenaje afluyan aguas altas de los ríos o del mar. En el valle del Po, el escaso viento impide la utilización de molinos y técnicas de extracción del agua como los elaborados en los Países Bajos desde el siglo XVI.

##### 3.1.2. *Bonifica* por desagüe artificial con extracción mecánica del agua

Disponer de grandes bombas o ruedas movidas por energía mecánica permite descargar las «aguas bajas» directamente en los ríos o en los colectores de aguas altas superando los desniveles existentes entre las dos masas hídricas. Teniendo en cuenta el principio de la separación de los dos tipos de aguas, las bombas permiten un flujo de las aguas de precipitación atmosférica mucho más rápido que por medio del desagüe natural. La rápida desecación de las tierras, especialmente las turbosas, genera a menudo un fenómeno de rápido y sensible descenso de los suelos (sub-



sidencia), que obliga a una continua adaptación de las bombas instaladas. La sustitución de las norias por bombas centrífugas de tipo *gwyne* y el uso de motores diesel y eléctricos, en sustitución de las máquinas de vapor, aumentó mucho la capacidad de desecación desde el siglo pasado a éste.

### 3.1.3. *Bonifica* por colmatación

Éste es el método de desecación y de creación de suelo agrario más lento, pero más seguro. Desarrollado en los países nórdicos, con efecto mareal acusado, y aplicado en Italia, se empleó desde la Baja Edad Media en Romaña (Gambi, 1994) y, sobre todo, en Toscana. Con este método, se aprovechaba la gran masa de materiales de erosión transportados por las aguas de crecida de los ríos de los Apeninos, que venían artificialmente encauzados hasta depósitos protegidos con muros de contención (depósitos de colmatación). Estas aguas se dejaban reposar hasta que se desprendieran de las sustancias transportadas. Entonces, las aguas decantadas se descargaban en el exterior del recipiente de colmatación. Así, el nivel del suelo se podía elevar alrededor de diez centímetros en pocos decenios, hasta garantizar al suelo su desagüe natural. En el depósito de colmatación del río Lemone, creado en la provincia de Ravena tras la inundación de 1839, y en otros depósitos de colmatación de la provincia de Bolonia, se practicaba también el cultivo de arroz, aprovechando la gran masa de agua acumulada en estos recintos amurallados (Nardi, 1962).

### 3.2. *Microhidráulica*

Agricultores y granjeros de la llanura lombarda han sabido elaborar y perfeccionar con el tiempo el saber y las técnicas de control y distribución de las aguas de riego, hasta crear una compleja red de canales, acequias y pequeños canales de riego que distribuyen a los campos, a los prados y a los arrozales millones de metros cúbicos de agua de riego cada año (Chittolini, 1979; Roveda, 1984). Los agricultores y los colonos aparceros de la llanura emilio-romañola y véneta, en cambio, han desarrollado al máximo todos los sistemas para asegurar una rápida eliminación de las aguas de precipitación atmosférica en sus campos, que la naturaleza arcillosa e impermeable de los suelos llevaría a estancar durante tiempo, dañando con ello las plantas y los cultivos. El sistema agrario dominante, elaborado a partir del siglo XV, prevé de hecho la presencia constante del agricultor en la finca, la obligación de este último de llevar a cabo inversiones para crear o perfeccionar el sistema de desagüe excavando todos los años decenas de

metros de foso; la plantación de filas de árboles a distancia regular a lo largo de las márgenes de los fosos de desagüe, de modo que el arbolado aumente la evaporación del agua del subsuelo; el subsolado capaz de avenar el terreno; la nivelación, capaz de crear la «baultura»<sup>3</sup> de los terrenos, elevando la parte central de los campos para facilitar que las aguas escurran a ambos lados hacia los fosos; el mantenimiento de los espacios verdes en los extremos de cada campo cultivado, para facilitar la rotación del arado y con funciones de drenaje de las aguas, etc. (Poni, 1964; 1982).

## 4. Riego y *bonifica* en Italia: una cronología esencial

### 4.1. *El agua y las comunidades ciudadanas: 1000-1450*

La consolidación de las comunidades ciudadanas en la Italia del norte y la reivindicación de autonomía política contra el Imperio, se acompañó de la afirmación del carácter público de las aguas y de las primeras obras que sirvieron para el drenaje y el riego colectivo de las tierras. Eran usos naturalmente prioritarios, los usos para la navegación y los usos industriales de las aguas, para lo cual se derivaban éstas a los canales navegables lombardos y emilianos. La actividad de *bonifica* de las tierras pantanosas y de colonización agrícola, a lo largo del curso del Po, tuvo como protagonistas principales a los grandes monasterios benedictinos y cistercienses asentados en el valle del Po (Chiaravalle, Morimondo, S. Colombano, Sta. Giulia di Brescia, S. Zeno di Verona, S. Benedetto in Polirone, Nonantola, Pomposa, etc.) (Fumagalli, 1980; Castagnetti, 1977).

*Siglos XI-XII.* La estructura fundamental de distribución del agua de riego en la provincia de Milán y en Lombardía se realizó en el siglo XII por obra de los monjes cistercienses de la Abadía de Chiaravalle y del Ayuntamiento de Milán y extraía agua del río Ticino con el Canal Grande (1177-1179), obra que conseguía asegurar la navegación hacia la capital lombarda y a la vez extraer agua para usos agrícolas (Fantoni, 1990: 27-39).

*Siglo XIII.* Otra obra de riego de primera magnitud, realizada en la época de las comunidades, es el Canal Muzza (iniciado en 1230). Éste liberaba agua del río Adda y desde siempre representó el eje principal de riego del territorio de Lodi. La ciudad de Cremona tomaba agua del río Oglio a través de los canales de navegación Cívico y Vecchio Pallavicino. Parma creó el canal ducal de Enza. Otros canales, navegables y de riego, se excavaron desde las ciudades de Bérgamo, Brescia, Módena y otras. Tam-

<sup>3</sup> Esta expresión hace referencia a la forma redondeada de la parte alta de los terrenos, que se asemeja a la tapa de un baúl.

bién se construyeron en los campos de Padua y Vicenza canales para uso agrícola, derivando agua del río Brenta (Bigatti, 1995: 34-45; *Atlantico de la bonifica, s. f.*).

*Siglos XIV-XV.* A pesar de la crisis demográfica se realizaron diversas obras de regadío en las regiones del Piamonte y la Lombardía, en las provincias de Bérgamo, Novara, Vercelli y Cuneo.

#### 4.2. *La «carrera por la tierra»: saneamiento y «rescate» de tierras en la Italia centro-septentrional: 1450-1600*

El Renacimiento fue el período de máxima expansión de la conquista de nuevas tierras mediante obras de drenaje y desecación de tierras pantanosas. Se completó también la estructura principal de distribución del agua de riego en la parte occidental del valle del Po. En concomitancia con el declive de las actividades comerciales y mercantiles, se destinan a la tierra y a la agricultura conspicuas inversiones. Las dificultades financieras de muchas órdenes religiosas y hospitalarias favorecieron el avance, sobre todo en la zona occidental del valle del Po, de inversores agrícolas que, alquilándoles las tierras, prepararon la conversión en prados o en tierras de cultivo de forraje de muchos terrenos áridos y gravosos de la parte alta de la llanura, mediante obras de regadío. Del mismo modo, difundieron el cultivo del arroz en las tierras más bajas. En el Véneto y en las tierras de la región Emilia-Romaña de la margen derecha del Po, se realizó la desecación a escala cada vez más amplia de los bajos fondos (Cazzola, 1991b).

La expansión de la República de Venecia hacia la «tierra firme» dio lugar a una política hidráulica organizada y sistemática, cuyo momento central fue la institución de magistraturas como los Savi ed Essecutori alle Acque (1510) y los Poveditori sopra i Beni Inculti (1556). Estos últimos asumieron en primera persona la tarea de aprobar y coordinar todos los proyectos de saneamiento (*rescate*) promovidos por inversores privados, consorcios de propietarios y comunidades (Ciriaco, 1994; Ventura, 1968). En las tierras bajas de la llanura del Po, fueron los príncipes y los especuladores privados los protagonistas de proyectos de desecación, que permitieron la recuperación de decenas de miles de hectáreas de tierras destinadas al cultivo de trigo.

Desde la mitad del Cuatrocientos, los Estensi, señores de Ferrara, promovieron obras de contención de las crecidas y de defensa frente a los aluviones del territorio ferrarés e invirtieron cantidades ingentes de capital en desecar cientos de hectáreas de sus tierras. Lo mismo hicieron muchos exponentes de la nobleza local, de la Corte y de la burguesía ciudadana, individualmente o reunidos en los primeros *consorcios de bonifica*. También se realizaron programas de desagüe entre el Cuatrocientos y el Quinientos,

por parte de grandes familias boloñesas, como los Bentivoglio, los Bevilacqua, los Pepoli, los Malvezzi (Cazzola, 1977; 1987a; 1987b). Del mismo modo, en Toscana, los Médicis llevaron a cabo obras de revalorización del territorio y de desecación, con construcción de diques en los ríos y, sobre todo, con el perfeccionamiento de las técnicas de *bonifica* por colmatación. Estas últimas aprovechaban la fuerza erosiva del agua en las zonas de colinas con el fin de utilizar los materiales de erosión para llenar las zonas deprimidas (Barsanti y Rombai, 1986).

No faltó algún intento de afrontar los más complejos problemas del saneamiento en la Italia meridional: la *bonifica* de las *Paludi Pontine* que intentó el papa Sixto V y la *bonifica* de los Regi Lani en el reino de Nápoles (Ciasca, 1928; Fiengo, 1985).

#### 4.3. *Regulación de los ríos y controversias hidráulicas: 1600-1750*

El sensible empeoramiento climático que tuvo lugar en la segunda mitad del siglo XVI («pequeña época glaciaria») contribuyó a un agravamiento de los ya complejos problemas hidráulicos en toda la cuenca del Po (Sereni, 1981; Pfister, 1988). Los efectos más evidentes y documentados del incremento de las lluvias y de un enfriamiento climático son el avance de los glaciares alpinos, el crecimiento importante de los cauces de los ríos y el aumento de los aluviones en el Po y en sus afluentes, desde el Piamonte hasta el Delta. La atención de los gobiernos y de las administraciones públicas se concentró en los problemas creados por los ríos y por las siempre frecuentes inundaciones. Las inversiones para la defensa de los campos y de las ciudades frente a los aluviones eran cada vez más costosas. A esto hay que añadir la creciente carga de impuestos que los campesinos debían pagar, en corveas o prestaciones de trabajo. El fuerte fraccionamiento político de la Península agravó los contrastes entre los estados, que se alzaron precisamente a causa del desorden hidráulico.

Las controversias más relevantes se encontraron en la República de Venecia, el ducado de Mantua y el Estado de la Iglesia. Este último, desde el año 1598 había recuperado la posesión del ducado de Ferrara y limitaba ahora con el territorio veneciano. Los episodios más relevantes que caracterizaron el primer Seiscientos son el gran *Corte* y la desviación del curso principal del Po, por obra de los venecianos (1599-1604) (Cessi, 1915), y la separación del Reno del cauce del Po (1604), instado por los ferrareses para poner fin al peligro de inundaciones producidas por las crecidas del río Reno. Esta intervención liberó las aguas del Reno, que se expandieron a las zonas deprimidas de la llanura existente entre Ferrara y Bolonia, creando nuevos y más extensos fenómenos de empantanamiento de tierras, incluso entre las ya cultivadas. A principios del siglo XVII se tuvo que tomar en

consideración que las ramas meridionales del río Po (Po de Ferrara, de Primaro, de Volano) se habían perdido y que sobre ellas la navegación era imposible (Giacomelli, 1983).

Tras el gran *Corte* de 1604, la República veneciana persiguió con tenacidad el fin de alejar, con potentes muros de contención, todos los ríos que desembocaban en la gran Laguna. Esto tuvo lugar con la excavación de la Brenta Novissima (1610), con la desviación del río Piave, que antes confluía en el Levenza en Santa Margarita (1664) y después en Cortellazzo, fuera del área lagunar (1683), y con la desviación de los otros ríos menores. La política veneciana de aguas concentró, por otra parte, ingentes recursos financieros en la clausura sistemática de todas las nuevas desembocaduras que el río Po abría en dirección a Venecia y al área de la Laguna. Así, en el siglo XVII, cambió profundamente la macroestructura hidráulica de la zona oriental del valle del Po. Una espantosa inundación del Po en 1705, que sumergió todas las tierras de su curso inferior, desde Mantua al mar, cerró un período de grandes dificultades, marcado por carencias y pérdidas demográficas.

#### 4.4. Los ríos bajo control y las nuevas condiciones de la bonifica: 1750-1850

La nueva expansión económica y demográfica de la segunda mitad del siglo XVIII estuvo marcada, en el área oriental del valle del Po, por el reemprendimiento de importantes obras de *bonifica* y regulación de los cauces de los ríos. En la República de Venecia, en la que ya en 1677 se había creado una magistratura «expresa» para gestionar las aguas del río Adigio, fue en 1797 cuando se finalizó el proyecto de delimitación del área de la Laguna, consistente en definir con obras de contención, con la construcción de diques en el mar (*murazzi*) y con la fijación de mojones, el perímetro ocupado por el área lagunar (Bevilacqua, 1995: 95-108).

También en la región de Bolonia y en la parte meridional del ex ducado de Ferrara, sujetos al poder del Papa, donde los problemas de desorden hídrico eran particularmente complejos, se consiguió delinear en 1765 (y realizar en el decenio siguiente) el proyecto de un nuevo y definitivo encauzamiento del río Reno en el ramo meridional del Po, tras haber excavado y adaptado el cauce. La decisión política de realizar la obra puso fin a una controversia hidráulica entre las dos provincias que duró desde 1604 y sentó las bases para la recuperación agraria de los territorios boloñeses y ferrareses afectados por las periódicas y violentas inundaciones del Reno (Giacomelli, 1983). A lo largo del siglo XVIII, también el territorio de Ravena fue defendido de las inundaciones de los ríos Ronco y Montone, que cercaban la ciudad y amenazaban las construcciones, con una obra de encauzamiento de dos ríos en un solo cauce artificial que permitió

que llegara al mar alejado de la ciudad: los Ríos Unidos (1733-1739) (Gambi, 1994).

En el curso del siglo XVIII, en la llanura lombarda se continuó también aquella «carrera contra el agua» que había sido un rasgo recurrente en la historia de esas tierras. Las inversiones de extensión del regadío se destinaron sobre todo a la producción de forraje para el ganado de leche y para el cultivo de arroz, este último en fuerte expansión especialmente en el Pavese y en la Lomellina (Canetta, 1976; Zappa, 1980: 203-210; Faccini, 1976 y 1988: 242; Bigatti, 1995: 78-79).

En el Gran Ducado de Toscana, bajo Pedro Leopoldo de Lorena, se afrontó de forma definitiva el problema de la sistematización hidráulica del valle de Chiana, un territorio pantanoso situado en el límite entre Toscana y el Estado Pontificio. Según un plano del hidráulico Vittorio Fossombroni, una colmatación general debería haber alzado el nivel de la parte centro-meridional del valle de Chiana, de modo que se invirtiera en dirección al río Arno el plano de caída de todas las aguas de la provincia. En 1780, fue creado para ello un largo muro de separación entre la zona toscana del valle de Chiana y la zona pontificia, con el objetivo fundamental de servir de vertiente en la lenta tarea de colmatación, destinada a durar algunos decenios (Barsanti y Rombai, 1986: 104-105). El joven soberano lorenés, apenas asentado, había promovido también intervenciones de reducción de las áreas pantanosas y maláricas del interior de la Toscana (Barsanti, 1990: 333-340). Éste concedió particular atención al saneamiento de las tierras pantanosas formadas por el Ombrone y otros ríos de la provincia de Grosseto, financiando el proyecto del matemático padre Leonardo Ximenes, de regulación del lago Castiglione, fuente principal de infección malárica (Barsanti y Rombai, 1986: 124-125).

También los pontífices romanos intentaron «embarcarse» de algún modo en el reto general de la *bonifica* que caracterizó la segunda mitad del Setecientos, apuntando al saneamiento higiénico y a la sistematización hidráulica de las Paludi Pontine, una vasta cuenca aluvial, de más de 20.000 hectáreas al sur de Roma, afectada por una grave desregulación hidráulica y cuyo saneamiento se había intentado ya en el siglo XVI por obra de Sixto V. El papa reformista Pío VI, en 1775, recién elegido pontífice, trajo de Bolonia al hidráulico más acreditado, Gaetano Rappini, y le confió la dirección técnica de una obra de regulación hidráulica de dimensión y de coste importantes (Giacomelli, 1995), que permitió desecar permanentemente al menos 10.000 hectáreas de tierras y distribuir las entre los colonos, pagando un canon anual de 3 escudos por *rubbio* de tierra (1,85 ha) (Bevilacqua y Rossi-Doria, 1984: 33-35). Menor dimensión y menor empeño recibieron tierras necesitadas de saneamiento hidráulico del *Mezzogiorno* borbónico. Aparte de la tentativa esporádica de *bonifica* del valle de Diano y de la llanura de Fondi, en el límite con el Estado de la Iglesia, el esfuerzo del

gobierno napolitano en el Setecientos no fue más allá de la manutención de obras realizadas en épocas precedentes, como los Regi Lagni, en la margen izquierda del río Volturno. Los límites más graves de la intervención estatal borbónica en la regulación hidráulica fueron sobre todo la dispersión de las intervenciones y la falta de un plan coordinado de obras (Ciasca, 1928; Bevilacqua y Rossi-Doria, 1984: 45-48; Bruno y Lembo, 1982).

#### 4.5. La bonifica con las máquinas de vapor: 1850-1915

Un momento decisivo en las técnicas de desagüe y drenaje de los terrenos pantanosos tuvo lugar en Italia en torno a la mitad del siglo XIX. La introducción de las máquinas de vapor en el accionamiento de las bombas para la extracción mecánica del agua modifica radicalmente las condiciones técnicas del saneamiento, haciendo posible superar los límites que la fuerza de la gravedad impone a las masas líquidas y permitiendo el desagüe rápido de vastas superficies de tierra permanentemente sumergida, en cuanto situada a cotas de altitud nulas o negativas respecto al nivel medio del mar. Se abrió, de este modo, el gran período de los desagües rápidos y del saneamiento especulativo, que trajo consigo, por otra parte, nuevos problemas hidráulicos y agrarios.

Durante el dominio austríaco del Véneto (1854), se llevó a cabo el saneamiento de los Grandes Valles veroneses y ostiglieses, que descargó una gran masa de agua en los territorios orientales de Rovigo e impuso nuevos métodos de reordenación del sistema hidráulico (Malesani, 1952). Entre los primeros en emplear la máquina de vapor para desecar las tierras sumergidas figuran algunos propietarios vénetos de tierras pantanosas situadas entre el delta del Po y la desembocadura del Adigio, en los municipios de Adria y Cavazzerre. Siguen el ejemplo los propietarios de Ferrara. Las primeras máquinas de vapor movían simples norias o ruedas-bomba que elevaban el agua de los canales de drenaje excavados en el fondo de las tierras húmedas y la descargaban en los cursos de agua cercanos. El sistema, muy similar al de la *noria*, por cuanto poco eficiente, generaba buenos resultados en terrenos sumergidos de escasa entidad permitiendo un rápido desagüe de cientos de hectáreas de valles y de tierras sumergidas periódicamente. Siempre en el delta del Po, muchos propietarios usaban, sin embargo, máquinas de vapor móviles también para traer agua a los arrozales plantados en el fondo.

Las primeras desecaciones mecánicas de los años cincuenta conocieron también fracasos, debido al consumo excesivo de energía de las primeras máquinas, al todavía imperfecto cálculo de los coeficientes de desecación y al rápido hundimiento de los terrenos desaguados (Isenburg, 1971: 12-19; Porisini, 1978: 14-35).

Pocos años más tarde, a principios de la década de 1870, la difusión de las nuevas bombas centrífugas movidas a vapor permitió la desecación de los terrenos más deprimidos, ya que estas nuevas bombas podían elevar grandes masas de agua a gran velocidad, superando desniveles de hasta tres metros y más. En los años 1873-1875, entraron en funcionamiento, en la provincia de Ferrara, las primeras instalaciones grandes y modernas de extracción mecánica del agua que se servían de bombas centrífugas tipo *gwyne*. Para desecar otras zonas húmedas de la provincia se emplearon máquinas de menores dimensiones.

Entre 1873 y 1893 se sometieron a saneamiento mecánico, sólo en esta provincia, más de 75.000 hectáreas de tierras pantanosas. Los primeros resultados suscitaron gran entusiasmo entre los propietarios de las regiones del Véneto y de Emilia-Romaña. Gracias también a una ley expresa de 1882 que tomó el nombre del ministro de Obras Públicas Alfredo Baccarini, la *bonifica* de las tierras húmedas se convirtió en obra de utilidad pública, tras lo cual sería financiada por el Estado y las administraciones locales una gran parte de las instalaciones necesarias. Entre finales del XIX e inicios del XX se construyeron, así, nuevos consorcios de propietarios para sanear otras tierras pantanosas y se presentaron modernos proyectos de canalización y control del suelo mediante bombas: el *Consorzio dell'agro reggiano-mantovano* (1889), el *Consorzio de la bonifica renana* en la provincia de Bolonia (1909) para más de 100.000 hectáreas. Y además: el *Consorzio interprovinciale della bonifica di Burana* (Módena, Mantua, Ferrara), que ocupó una superficie de 85.000 hectáreas, inauguró en el año 1899 la obra principal: un «túnel» que permitió a las aguas de desagüe de la circunscripción pasar bajo el cauce del río Panaro. Esta obra ya fue construida en la época napoleónica (1811) pero no pudo nunca entrar en funcionamiento por las divisiones políticas surgidas en la Restauración.

Entre 1885 y 1901 se realizaron las obras fundamentales para asegurar la extracción de las aguas de la provincia de Rovigo, situada entre los cauces de los ríos Po y Adigio y sobre la cual afluyen las aguas de desagüe de las provincias de Verona y Mantua, que corren a través del Canalbianco. En 1907 se construyó aquí el *Consorzio per la bonifica padana*.

En cuanto al riego, tras la unificación política del nuevo Reino de Italia recibieron un nuevo impulso dos obras de modernización y expansión considerable de la disponibilidad de aguas para riego en la zona occidental del valle del Po: el canal Cavour y el canal Villorosi (Segre, 1983).

#### 4.6. La «bonifica integrale»: 1920-1945

A principios de los años veinte se elabora en Italia el concepto de «*bonifica integrale*», adoptado enseguida como línea de la política agraria

oficial del régimen fascista (Stampacchia, 1983). Según las definiciones del máximo teórico del saneamiento (Serpieri 1947: 139), por *bonifica* se entiende una acción programada de saneamiento hidráulico combinada con una multiplicidad de otras obras (de riego, hidrogeológicas, civiles, etc.) y con unas actividades coordinadas de transformación urbanística, que conforman la base de una acción más general de modificación de los regímenes agrarios, de la orientación productiva de los asentamientos y de las relaciones sociales agrarias de la circunscripción sujeta a *bonifica* integral. En la parte baja del valle del Po, y en la región de Emilia-Romaña en particular, gran parte de la superficie agraria fue incluida en circunscripciones de *bonifica* integral y, por tanto, en régimen de consorcio para la ejecución y la manutención de las obras de desagüe. En 1948, la superficie gestionada mediante consorcio era de 247,6 mil hectáreas en Lombardía, de 682,9 en el Véneto y de 1.069,2 en Emilia-Romaña.

Tuvieron gran resonancia a nivel propagandístico, aunque la consistencia territorial fue limitada, algunas obras de saneamiento y de colonización realizadas por el régimen fascista en el Agro Pontino, en Cerdeña y en la Puglia en los años treinta (Barone, 1979; 1986; Cerri, 1979; Checco, 1983). Efectos menos asombrosos, pero quizá más significativos desde el punto de vista de la producción, tuvo en cambio la extraordinaria difusión de las instalaciones pequeñas de riego a escala empresarial mediante pozos artesanos. En los años veinte y treinta el sostenimiento estatal con contribuciones a los agricultores llevó a expandir la superficie de regadío de modo significativo, especialmente en el centro-sur y en las islas. La situación del regadío en Italia en el año 1931 era la siguiente:

Cuadro 2.1

SUPERFICIE DE REGADÍO EN ITALIA EN 1931  
(MILES DE HECTÁREAS)

Norte	1.194
Centro	55
Sur	113
Islas	80

Fuente: Bevilacqua y Rossi-Doria, 1984, p. 68.

#### 4.7. Bonifica, regadío y reforma agraria: 1950-1970

La sucesiva evolución de la actividad de saneamiento hídrico en Italia ha estado condicionada profundamente por este enfoque que asigna un carácter de utilidad pública a la *bonifica*. La Ley que en 1950 pone en

marcha una reforma parcial agraria dio más espacio a la *bonifica* y a nuevos procesos de desecación de tierras pantanosas sumergidas en el delta del río Po y en la Maremma toscana. Saneamiento y colonización de las nuevas tierras secas caracterizan la política agraria de los gobiernos de los años cincuenta y sesenta, según un modelo que apuntaba a la pequeña empresa familiar autosuficiente, con una minoría de asignatarios de los terrenos, y a la continuación de las obras de saneamiento y de transformación inmobiliaria para afrontar la fuerte presión de los jornaleros desocupados.

A principios de los años ochenta estaban comprendidas en las circunscripciones de *bonifica* al menos 11,1 millones de hectáreas. Los terrenos sujetos a obras de desagüe, o sea, de *bonifica* en sentido estricto, alcanzan hoy 4,15 millones de hectáreas repartidos del siguiente modo:

Cuadro 2.2

SUPERFICIE SUJETA A OBRAS DE DESAGÜE  
(MILES DE HECTÁREAS)

Reparto geográfico	Desagüe		Con extracción	TOTAL
	Natural	Mecánico		
Norte	1.306	1.004	2.310	
Centro	760	75	835	
Sur, Islas	943	62	1.005	
ITALIA	3.009	1.141	4.150	

Fuente: Bevilacqua y Rossi-Doria, 1984, p. 67.

La nueva sensibilidad ecológica, madurada a partir de los años setenta, ha llevado a detener las obras de desecación de los pocos humedales que quedan y a modificar el planteamiento del problema de la *bonifica*. Se apunta, de hecho, al desarrollo de sistemas mixtos de gestión del agua (drenaje en los meses invernales y regadío en los meses de verano), con los cuales mantener en el terreno la cantidad de agua y de humedad necesaria para asegurar la vida de las plantas cultivadas en las distintas estaciones del año. La difusión del regadío en las tierras del Mezzogiorno ha sido el hecho nuevo que ha marcado la historia de la agricultura italiana a partir de los años cincuenta, pues históricamente el regadío había sido una prerrogativa casi exclusiva de la Italia del norte. Desde 1948 a 1975 la superficie de regadío en el sur y en las islas ha aumentado en 500.000 hectáreas, cuadruplicándose respecto al año 1905, mientras en el norte ya existían dos tercios del regadío a principios de siglo (cuadro 2.3).

Cuadro 2.3

## SUPERFICIE DE REGADÍO EN ITALIA (MILES DE HECTÁREAS)

Años	Norte	Centro	Sur	TOTAL
1905	1.110	20	180	1.300
1948	1.200	50	200	1.450
1968	1.500	200	600	2.300
1975	1.650	230	670	2.550

Fuente: Bevilacqua y Rossi-Doria, 1984, p. 69.

*Bonifica* y regadío, gracias a la difusión de la mecanización agraria y del riego por aspersión, y demás sistemas de riego localizado, se pueden considerar hoy dos aspectos de una gestión de los recursos hídricos que debe ser cada vez más unitaria e integrada, teniendo en cuenta también la competencia que los usos civiles e industriales hacen a los usos agrícolas del agua y que ciudad e industria empeoran con agentes gravemente contaminantes la calidad del agua destinada a los campos.

## Bibliografía

- Atlantino della Bonifica* (s. f.), coordinado por la Direzione Generale della Bonifica e della Colonizzazione del Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, Roma: MAF.
- BARONE, G. (1979), «Capitale finanziario e bonifica integrale nel Mezzogiorno tra le due guerre», *Italia Contemporanea*, 137, pp. 63-81.
- BARONE, G. (1986), *Mezzogiorno e modernizzazione. Elettività, irrigazione e bonifica nell'Italia contemporanea*, Turín: Einaudi.
- BARSANTI, D. (1982), «Il problema storico della bonifica maremmana», *Bollettino della Società Storica Maremmana*, 43-44, pp. 119-125.
- BARSANTI, D. (1990), «Técnicas e vicende delle bonifiche toscane tra '700 e '800», en I. TOGNARINI (coord.) (1990), pp. 329-349.
- BARSANTI, D. y L. ROMBAI (1986), La «guerra delle acque», en *Toscana. Storia delle bonifiche dai Medici alla Riforma agraria*, Florencia: Edizioni Medicea.
- BEVILACQUA, P. (1995), *Venezia e le acque. Una metafora planetaria*, Roma: Donzelli.
- BEVILACQUA, P. y M. ROSSI-DORIA (1984), «Lineamenti per una storia delle bonifiche in Italia dal XVIII al XX secolo», en P. BEVILACQUA y

M. ROSSI-DORIA (coords.), *Le bonifiche in Italia dal '700 a oggi*, Bari: Laterza.

- BIGATTI, G. (1995), *La provincia delle acque. Ambiente, istituzioni e tecnici in Lombardia tra Sette e Ottocento*, Milán: Franco Angeli.
- BRUNO, G. y R. LEMBO (1982), *Acque e terra nella piana del Sele. Irrigazione e bonifica nel comprensorio in Destra del Sele fra XIX e XX secolo*, Salerno: Consorzio di bonifica in Destra del fiume Sele.
- CANETTA, R. (1976), «L'irrigazione nella bassa pianura lombarda tra il Sette e Ottocento», en M. ROMANI (ed.), *Le campagne lombarde tra Sette e Ottocento Alcuni temi di ricerca*, Milán: Vita e Pensiero, pp. 67-140.
- CASTAGNETTI, A. (1977), «La pianura veronese nel medioevo. La conquista del suolo e la regolamentazione delle acque», en *Una città e il suo fiume: Verona e l'Adige*, Verona: Banca Popolare di Verona.
- CAZZOLA, F. (1977), «Bonifiche e investimenti fondiari», en A. BERSELLI (ed.), *Storia dell'Emilia Romagna*, vol. II, Bologna: University Press, pp. 209-228.
- CAZZOLA, F. (1987), «Le bonifiche nella Valle Padana: un profilo», *Rivista di Storia dell'Agricoltura*, XXVII, 2, pp. 37-66.
- CAZZOLA, F. (1987a), «La Bonifica del Polesine di Ferrara dall'età estense al 1885», en *La Grande Bonificazione Ferrarese. vol. I, Vicende del comprensorio dall'età romana all'istituzione del Consorzio* (1883), Ferrara: SATE, pp. 103-251.
- CAZZOLA, F. (1987b), «Il 'ritorno alla terra'», en *Il tramonto del Rinascimento*, vol. 10 de la *Storia della società italiana*, Milán: Teti, pp. 103-168.
- CAZZOLA, F. (1991a), «L'introduzione del mais in Italia e la sua utilizzazione alimentare (sec. XVI-XVIII)», en *La préparation alimentaire des céréales*. Informes presentados a la mesa redonda, Ravello, Centre Universitaire pour les Bien Culturels, abril de 1988, ed. D. Fournier, PACT, 26, pp. 109-127.
- CAZZOLA, F. (1991b), «L'espansione dell'area coltivata nell'Italia centro-settentrionale tra XV e XVII secolo. Qualche linea interpretativa», *Proposte e Ricerche*, 27, pp. 13-25.
- CERRI, R. (1979), «Note sulla bonifica integrale del fascismo», *Italia Contemporanea*, 137, pp. 35-61.
- CESSI, B. (1915), «Il taglio del Po a Porto Viro», *Nuovo Archivio Veneto*, n.s., XV, parte II, pp. 319-368.
- CHECCO, A. (1983), *Stato, finanza e bonifica integrale nel Mezzogiorno*, Milán: Giuffrè.
- CHITTOLINI, G. (1979), «Alle origini delle "grandi aziende" della bassa lombarda. L'agricoltura dell'irriguo fra XV e XVI secolo», en *L'azienda agraria nell'Italia centro-settentrionale dall'antichità ad oggi*,

- Atti del Convegno di Verona, 28, 29 y 30 de noviembre de 1977, Nápoles: Giannini, pp. 185-199.
- CIASCA, R. (1928), *Storia delle bonifiche nel Regno di Napoli*, Bari: Laterza.
- CIRIACONO, S. (1994), *Acque e agricoltura. Venezia, l'Olanda e la bonifica europea in età moderna*, Milán: Franco Angeli.
- DAINELLI G. (1954), *Introduzione agli studi per la bonifica: L'ambiente naturale e i precedenti storici della valorizzazione agraria e della bonifica in Italia*, Suplemento al *Boletín*, 12/1954 dell'Associazione Nazionale delle Bonifiche, delle Irrigazioni e dei Miglioramenti Fondiari, Roma: REDA.
- DARBY, H. C. (1983), *The Changing Fenland*, Nueva York: Cambridge University Press.
- FACCINI, L. (1976), *L'economia risicola lombarda dagli inizi del XVIII secolo all'unità*, Milán: Sugarco.
- FACCINI, L. (1988), *La Lombardia fra Sei e Settecento. Riconversione economica e mutamenti sociali*, Milán: Franco Angeli.
- FANTONI, G. (1990), *L'acqua a Milano. Uso e gestione nel basso medioevo (1385-1535)*, Bologna: Cappelli.
- FIENGO, G. (1985), «Regi Lagni e l'avvio della bonifica della Campania felix nell'ultimo decennio del Cinquecento», *Archivio Storico Italiano*, 143, 3, pp. 399-428.
- FUMAGALLI, V. (1980), «Colonizzazione e bonifica nell'Emilia durante il Medioevo». *I Settant'anni del Consorzio della Bonifica Renana*, Bologna: Arnaldo Forni.
- GAMBI, L. (1994), «Le bonificazioni», en L. GAMBI (ed.), *Storia di Ravenna*, IV, *Dalla dominazione veneziana alla conquista francese*, Ravenna: Comune di Ravenna, Marsilio, pp. 583-616.
- GIACOMELLI, A. (1983), «Appunti per una rilettura storico-politica delle vicende idrauliche del Primaro e del Reno», en centro studi G. Baruffald-Cento, *La pianura e le acque tra Bologna e Ferrara. Un problema secolare*, Mostra documentaria e iconografica, Cento, pp. 101-154.
- GIACOMELLI, A. (1995), «Per un'analisi comparata delle bonifiche dello Stato Pontificio nel secondo Settecento: la bonifica delle tre legazioni e la bonifica pontina», en G. R. ROCCI (ed.), pp. 83-272.
- GRINOVERO, C. (1954), «Lineamenti e sviluppi fino al 1945», en *L'irrigazione in Italia*. Memoria presentata al II Congresso Internazionale delle Irrigazioni e delle Bonifiche (Argel, 12-17 de abril de 1954), edición al cuidado de Cassa per il Mezzogiorno; Associazione Nazionale delle Bonifiche, delle Irrigazioni e dei Miglioramenti Fondiari, Roma: Istituto Poligrafico dello Stato.
- HAUSSMANN, G. (1972), «Il suolo d'Italia nella storia», en *Storia d'Italia Einaudi*, vol. I, Turín: Einaudi, pp. 63-131.
- ISENBURG, T. (1971), *Investimenti di capitale e organizzazione di classe nelle bonifiche ferraresi (1872-1901)*, Florencia: La Nuova Italia Editrice.
- LEVI, G. (1991), «L'energia disponibile», en R. ROMANO (ed.), *Storia dell'economia italiana, II, L'età moderna: verso la crisi*, Turín: Einaudi, pp. 141-168.
- MALESANI, E. (1952), «La bonifica delle Valli Grandi veronesi ed ostigliesi», en Istituto di Geografia dell'Università di Bologna, *Studi geografici in onore di Antonio Renato Toniolo*, Milán-Messina: Principato, pp. 57-105.
- MERCHANT, C. (1983), «Hydraulic technologies and the Agricultural Transformation of the English Fens», *Environmental Review*, 7 (2), pp. 165-177.
- NARDI, S. (1962), «Bonifiche e risaie nel Ravennate (1800-1860)», en *Problemi dell'Unità d'Italia*. Actas del II Convegno di Studi Gramsciani, Roma: Editori Riuniti, pp. 719-793.
- PFISTER, C. (1988), *Klimageschichte der Schweiz, 1525-1860. Das Klima der Schweiz von 1525-1860 und seine Bedeutung in der Geschichte von Bevölkerung und Landwirtschaft*, 3. durchgesehene Auflage, Berna-Stuttgart: Verlag Paul Haupt.
- PONI, C. (1964), «Aratri e sistemazioni idrauliche nella storia dell'agricoltura bolognese», *Studi Storici*, V, 4.
- PONI, C. (1982), *Fossi e cavedagne benedicon le campagne*. Studi di storia rurale, Bologna: Il Mulino.
- PORISINI, G. (1978), *Bonifiche e agricoltura nella bassa Valle Padana (1860-1915)*, Milán: Banca Commerciale Italiana.
- ROCCI, G. R. (ed.) (1995), *Pio VI, le paludi pontine*, Terracina. Catálogo de la muestra, Terracina, 25 de julio-30 de septiembre de 1995, Terracina: Giovanni Rosario Rocci.
- ROVEDA, E. (1984): «Il beneficio delle acque. Problemi di storia dell'irrigazione in Lombardia tra XV e XVII secolo», *Società e Storia*, VII, 24, pp. 269-287.
- SEGRE, L. (1983), *Agricoltura e costruzione di un sistema idraulico nella pianura piemontese (1800-1880)*, Milán: Banca Commerciale Italiana.
- SERENO, P. (1981), «"Annus fructificat, non tellus". Considerazioni preliminari sulla "piccola età glaciale" nelle campagne del basso Piemonte», *Bollettino della Società per Gli Studi Storici, Archeologici ed Artistici della Provincia di Cuneo*, 85, pp. 155-187.
- SERPIERI, A. (1947), *La bonifica nella storia e nella dottrina*, Bologna: Edizioni Agricole.
- STAMPACCHIA, M. (1983), *Tecnocrazia e ruralismo. Alle origini della bonifica fascista (1918-1928)*, Pisa: ETS.
- TOGNARINI, I. (coord.) (1990), *Il territorio pistoiese e i Lorena tra '700 e '800: viabilità e bonifiche*, Nápoles: Edizioni Scientifiche Italiane.

VENTURA, A. (1968), «Considerazioni sull'agricoltura veneta e sull'accumulazione originaria del capitale nei secoli XVI e XVII», *Studi Storici*, IX, 1, pp. 674-722.

ZAPPA, A. (1980), «Il paesaggio agrario nella campagna pavese settecentesca: le colture irrigue», *Annali di Storia Pavese*, 4-5, pp. 203-210.

### CAPÍTULO 3

## CONSIDERACIONES ECONÓMICAS SOBRE EL PAPEL DEL AGUA EN LOS SISTEMAS AGRARIOS

José Manuel Naredo Pérez  
 Director del Programa «Economía y Naturaleza»  
 de la Fundación Argentaria

#### 1. El agua en el proceso agrario

El agua es, con mucho, la principal «materia prima» en tonelaje que interviene en el proceso de fotosíntesis, sobre el que se apoya la actividad agraria. El gráfico 3.1 ilustra cómo aproximadamente el 90% del peso fresco de los órganos aéreos de las plantas herbáceas está compuesto por agua, siendo el 10% restante materia seca. Pero 9 partes de estas 10 de materia seca están, a su vez, compuestas por carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O), captados conjuntamente con la ayuda del sol, del CO<sub>2</sub> del aire y del H<sub>2</sub>O del agua. De esta manera quedaría sólo un 1% compuesto por los «nutrientes», que se descomponen en «macroelementos» (N, P, K, Ca, Mg, S), que contribuyen en cerca de un 0,8% del peso fresco y «microelementos», en el 0,2% restante.

Gráfico 3.1

#### COMPOSICIÓN DE LOS ÓRGANOS AÉREOS DE LAS PLANTAS HERBÁCEAS (%)

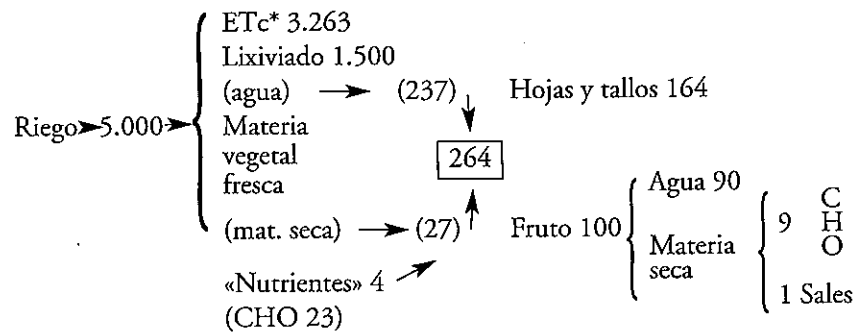
Peso fresco 100	$\left\{ \begin{array}{l} 90 \text{ Agua} \\ 10 \text{ Materia seca} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 9 \\ 1 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{C} \\ \text{H} \\ \text{O} \end{array} \right\} \text{ CO}_2 \leftarrow \text{Aire}$
			$\left\{ \begin{array}{l} 0,8 \text{ Macroelementos (N, P, K, Ca, Mg, S)} \\ 0,2 \text{ Microelementos} \end{array} \right.$



Pero, para conseguir que llegue a término el proceso de fotosíntesis, hace falta movilizar cantidades de agua muy superiores a las que se acaban fijando en las plantas en general, y, muy particularmente, en los frutos. Cosa que ocurre tanto en la fotosíntesis que tiene lugar espontáneamente en la naturaleza, como en aquella otra intervenida por los sistemas agrarios. Ejemplifiquemos esto con las mediciones directas realizadas sobre un cultivo irrigado de tomate<sup>1</sup>, que se presentan simplificada en el gráfico 3.2.

Gráfico 3.2

FLUJOS DE AGUA EN UN CULTIVO IRRIGADO DE TOMATE



\* Evapotranspiración del cultivo.

Las mediciones de la composición del fruto del tomate indican que se tiene *grosso modo* a lo antes indicado para las plantas herbáceas: el 90% viene a ser agua y el 10% materia seca, de la cual 1 son sales y 9 C, H y O. En el gráfico indicado vemos que para obtener 100 unidades (kilogramos) de fruto, hay que proporcionar, mediante el sistema de riego, 5.000 kg de agua. El gráfico permite seguir la pista del agua aplicada: de los 5.000 kg aplicados, 3.263 se pierden por cambio de estado, constituyendo lo que se llama la evapotranspiración del cultivo (ETc), 1.500 se «lixivian», perdiéndose en el subsuelo, y sólo los 237 restantes pasan a formar parte de la materia vegetal obtenida mediante la fotosíntesis. A los 237 de agua se añaden 27 de «materia seca» (de la cual 23 son C, H y O y 4 «nutrientes»), constituyendo 264 kilos de materia vegetal fresca. De ésta, 164 son hojas y tallos y sólo 100 fruto. De esta manera, por cada kilogramo de tomate obtenido hay que aplicar 50 kg (o litros) de agua. La cantidad de agua requerida por unidad de producto varía notablemente con los aprovechamientos, y, dentro de éstos, con los procedimientos de cultivo y de manejo.

<sup>1</sup> LÓPEZ-GÁLVEZ, J. y J. M. NAREDO (1996), *Sistemas de producción e incidencia ambiental del cultivo en suelo enarenado y en sustratos*, Madrid: Fundación Argentaria y Visor Dis.

Por ejemplo, en el mismo cultivo de tomate podría reducirse la exigencia de agua a 20 y a 15 litros por kilo de producto empleando sistemas de cultivo en invernadero más eficientes, o aumentarse a 70 u 80 en cultivos al aire libre menos eficientes en el uso del agua. Subrayemos que existen cultivos que utilizan el agua con mucha menor eficiencia que el de tomate antes mencionado. Por ejemplo, al cultivo de maíz se le vienen aplicando, en riego por aspersión en zonas áridas, unos 10.000 m<sup>3</sup> (o toneladas, ya que 1 m<sup>3</sup>= 1 tm) para obtener unos 10.000 kilogramos por hectárea, lo que muestra un requerimiento de unos 1.000 litros (o kg) de agua por kg de maíz (sin contar el agua de lluvia que recibe el suelo, ya que se trata de un cultivo al aire libre).

## 2. El agua en la «agricultura tradicional»

Una vez visto que el agua constituye el principal factor en tonelaje que interviene en la producción agraria, vamos a apuntar la forma en la que los sistemas agrarios han venido gestionándola tradicionalmente, para subrayar después la ruptura en la forma de gestión que introdujo la llamada «revolución verde», que se extendió durante la segunda mitad del presente siglo. Porque esta ruptura modifica la propia consideración económica que se ha venido dando al agua como recurso, tanto por los agricultores, como por los administradores y técnicos.

La agricultura tradicional ha gestionado el agua, en primer lugar, adaptando los cultivos y aprovechamientos a las disponibilidades de agua de los territorios. Las marcadas diferencias en la dotación de agua de los suelos que se observan en las diferentes zonas edafoclimáticas, dieron lugar a calendarios y mapas de cultivos marcadamente diferentes. Al igual que ocurría con la vegetación natural, se trataba de optar por aquellos cultivos y aprovechamientos que podían utilizar mejor esa dotación. Así, en la zona de clima *sérico* o mediterráneo, que se caracteriza porque la reserva de agua del suelo se agota o reduce drásticamente durante el verano, surge la civilización del trigo. El trigo, al igual que otros «cereales de invierno», se planta cuando vienen las lluvias otoñales, para que prosperen las semillas y enraícen con los fríos del invierno, se desarrollen con las lluvias de primavera y se recojan las cosechas cuando los calores estivales agotan la humedad de los suelos imposibilitando ya su desarrollo. En esta zona climática se encuentran también, junto con el «bosque mediterráneo» más o menos adhesionado, cultivos leñosos cuyo marco de plantación y gran desarrollo radical les permite soportar el *estrés* hídrico estival que acusan los suelos: a la vez que los «cereales de invierno», los olivares, viñedos, almendros, encinares, alcornocales... y algarrobos ocupan en esta zona los suelos típicos «de secano». En zonas de clima *ústico* o monzónico, en las que la estación

estival se aproxima junto con la venida de las lluvias, el arroz se extendió como cultivo idóneo para aprovechar el encharcamiento natural de los suelos que se produce en el momento en el que aumentan la insolación y temperatura favoreciendo la fotosíntesis. En zonas de clima *údic* o húmedo, en las que la reserva del suelo se mantiene cargada de agua durante todo el año, se extendieron «cereales de primavera», como el maíz, que alcanzaban durante el verano su máximo período de crecimiento vegetativo, para aprovechar mejor las condiciones térmicas y luminosas de esta estación en zonas en las que el agua no es un factor limitante (o lo es en escasa medida). Es más, los cultivos y los aprovechamientos forestales muy exigentes en agua pueden resultar especialmente beneficiosos para reducir el encharcamiento al que se ven sometidos buena parte de los terrenos situados en zonas de clima húmedo, donde el exceso de agua ha dificultado tradicionalmente el desarrollo de los aprovechamientos agrarios.

En segundo lugar, las prácticas de cultivo, y muy particularmente las labores de preparación del terreno, han complementado desde épocas inmemoriales la tradicional adaptación de los aprovechamientos a las zonas edafoclimáticas. Por ejemplo, en zonas áridas, en las que el agua constituía el principal factor limitante para el desarrollo agrario, los trabajos de nivelación y aterrazamiento de los suelos se revelaron fundamentales para retener en ellos más agua, frenando la escorrentía natural, junto con labores de preparación del terreno que apuntaban a paliar la compactación de los suelos, haciéndolos más esponjosos y receptivos del agua de lluvia. Por el contrario, en zonas de clima húmedo, los trabajos de nivelación y aterrazamiento van encaminados a drenar el agua de los suelos, para evitar su natural encharcamiento. Así, los trabajos de nivelación y aterrazamiento se revelaron también esenciales para facilitar el cultivo del arroz en zonas de clima monzónico, permitiendo regular el nivel de las aguas durante el encharcamiento estacional de los suelos. La necesidad de gestionar tanto el exceso como la carencia de agua en los suelos constituye, pues, una constante a la hora de seleccionar los aprovechamientos agrarios y de orientar las labores de preparación del terreno<sup>2</sup>.

En tercer lugar, los sistemas agrarios tradicionales han tratado de gestionar también el agua mediante su manejo directo, regando cultivos en

<sup>2</sup> En las zonas de clima húmedo, la vegetación es incapaz de gastar el agua de lluvia que reciben por lo que se impone la necesidad del drenaje. Por el contrario, en zonas de clima mediterráneo y, con más razón, de clima árido, la vegetación podría gastar mucha más agua de la que reciben en forma de precipitaciones (P). Por ejemplo, si definimos la evapotranspiración potencial (ETP) como el agua que gastaría un territorio si lo llenáramos de vegetación, tenemos que en la España seca del sureste, la ETP viene a doblar en media anual la P (situándose aquella por término medio en unos 800 mm (o l/m<sup>2</sup>) y ésta en unos 400). Sin embargo, en la España húmeda del norte y el oeste ocurre lo contrario, doblando la precipitación anual (P, con unos 1.400 mm de media) al posible gasto en evapotranspiración (ETP, con unos 700 mm de media).

las zonas de clima árido o mediterráneo, y forzando el drenaje en las zonas de clima húmedo. Pero la dificultad de elevar y transportar a voluntad cantidades tan masivas de agua como las requeridas a estos efectos, hizo que los regadíos y drenajes de la agricultura tradicional tuvieran lugar en gran escala sólo por gravedad, mediante trabajos de canalización y nivelación y embalse muy intensivos en mano de obra cuya envergadura planteaba la necesidad de abordarlos colectivamente<sup>3</sup>. Lo cual suponía también el establecimiento de instituciones que distribuyeran la incidencia benéfica de las obras entre los agricultores.

La agricultura tradicional se orientó, sobre todo, a gestionar con eficiencia el agua naturalmente disponible en los suelos (de «secano» más o menos húmedo), mediante la aplicación de cultivos y labores adaptadas a este fin. Y también, en ocasiones, a intervenir más localmente sobre el régimen de humedad de los suelos con trabajos de regulación, canalización y nivelación orientados a facilitar el riego y el drenaje de los suelos por gravedad. Como los medios de elevación o impulsión del agua eran bastante limitados, la agricultura tradicional colaboraba con la naturaleza para aprovechar mejor el agua y los nutrientes que la «máquina» solar se encargaba de movilizar y regenerar en los territorios. La consecuencia de esta forma de plantear las cosas es que en la agricultura tradicional el agua no suele presentarse como un recurso económico, sino como un «bien libre» con el que se cuenta *in situ*, que fluye, se degrada y se renueva aunque no se use, lo mismo que ocurre con la radiación solar o la temperatura ambiente. Sólo una pequeña fracción del agua era directamente apropiada, transportada y distribuida entre los regantes y, además, solía estar sujeta a la irregularidad climática. Pero, incluso en las zonas áridas, en las que la escasez física del agua era evidente, rara vez era vendida, sino más bien «racionada» por instituciones y normas establecidas para ello. Ni siquiera en estos casos de extrema escasez física, el agua llegaba a ser, por lo común, un «bien económico»<sup>4</sup>, al no predominar en su asignación criterios mercantiles, sino *redistributivos*, en el sentido que los antropólogos atribuyen a este término<sup>5</sup>.

<sup>3</sup> La realización a gran escala de este tipo de obras de riego y drenaje llegó a plasmarse en las llamadas «civilizaciones hidráulicas», por apoyarse en el control del agua en los suelos, mediante la organización de esa gran «máquina de trabajo» que surgió con la aparición del Estado en la historia de la humanidad (vid. MUMFORD, L. (1969), *El mito de la máquina*, Buenos Aires: EMECÉ).

<sup>4</sup> Podemos entender por «bien económico» aquel que es apropiable, intercambiable y, por tanto, valorable. Un análisis más profundo de la noción al uso de *sistema económico* y del objeto de estudio que define, es decir, de los bienes considerados «económicos», puede encontrarse en NAREDO, J. M. (1987, Reed. 1996), *La economía en evolución. Historia y perspectivas de las categorías básicas del pensamiento económico*, Madrid: Siglo XXI.

<sup>5</sup> En antropología se acostumbra a clasificar las relaciones sociales en relaciones de reciprocidad y de redistribución, además de las propias del intercambio utilitario. Vid. MARTÍNEZ-VEIGA, U. (1990), *Antropología económica*, Barcelona: Icaria.

Lo anterior explica la paradoja que resulta del hecho de que, aun siendo el agua la principal materia prima utilizada en el proceso agrario, no suele figurar en las «funciones de producción» ni en las interpretaciones manejadas por los historiadores económicos. Y ello no sólo en los «secanos», en los que la agricultura tradicional ha venido gestionando el grueso del agua utilizada, sino tampoco en los «regadíos», donde el uso del agua se hacía más explícito. En otra ocasión ya hemos indicado que las «funciones de producción» que figuran en los manuales de teoría económica resultan un instrumento analítico bastante pobre para describir el funcionamiento de los procesos agrarios e interpretar los sistemas en los que se insertan<sup>6</sup>. No se trata ahora de redundar en las limitaciones que comporta este instrumento analítico, como de advertir que resulta inadecuado para desvelar la ruptura que se produjo en la forma de gestionar el agua con el paso de la agricultura tradicional a la actual o, más concretamente, la que enfrenta la gestión que han venido haciendo secularmente de ella los sistemas agrarios a la que han venido propiciando en el último medio siglo las nuevas técnicas de impulsión y transporte de agua apoyadas en el uso de los combustibles fósiles y la electricidad (junto con las otras «piezas» que componen la llamada «revolución verde» de la posguerra). Resumamos el cambio cualitativo que se produjo en la forma de gestionar el agua que modificó radicalmente su tratamiento económico.

### 3. El agua en la «agricultura moderna»

Recordemos, en primer lugar, que la «agricultura moderna», a diferencia de la «tradicional», no trataba ya de colaborar con la naturaleza para acrecentar sus frutos, sino más bien de ampliar éstos contando lo menos posible con aquélla: a la postre, la naturaleza, en vez de ser el modelo a imitar por la agricultura, pasó a considerarse como algo que era necesario rectificar e incluso sustituir para forzar determinados rendimientos parcelarios. En suma, el antiguo «orden natural» cuyos frutos se trataban de propiciar, mediante el rito y la emulación, acabó siendo considerado como un simple potencial de fuerzas y materiales a explotar.

La incidencia que este cambio de planteamientos tuvo sobre la gestión del agua en los sistemas agrarios se produjo a dos niveles diferentes. Por una parte, la ampliación a una escala sin precedentes de la potencia aplicada a las labores de preparación del terreno, permitió aprovechar mucho mejor en favor de la fotosíntesis las posibilidades del suelo, ampliando su capacidad de retención de agua en las zonas de clima seco y reduciendo el

<sup>6</sup> NAREDO, J. M. (1996), «Sobre la reposición natural y artificial de agua y de nutrientes en los sistemas agrarios y las dificultades que comporta su medición y seguimiento», en GARRABOU, R. y J. M. NAREDO, eds., *La fertilización en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica*, Madrid: Fundación Argentaria y Visor Dis., pp. 17-33.

exceso de agua en los suelos en las zonas de clima húmedo. Lo cual, unido a la utilización de nuevas variedades y a la aplicación de medios químicos para fertilización y escarda, permitió aumentar notablemente la extracción de agua por las plantas y, con ello, las cosechas en los secanos más o menos húmedos. Por ejemplo, los trigos blandos (más productivos, aunque de peor calidad que los duros) propios de climas húmedos se extendieron por las zonas de clima mediterráneo a base de ampliar la reserva de agua del suelo, con un mayor y más profundo laboreo. Como también la introducción, con aterrazamientos y laboreo del suelo, de plantaciones arbóreas tan exigentes en agua como el eucalipto, forzaron la extracción del agua por las plantas en los antiguos secanos (más o menos húmedos)<sup>7</sup>.

Por otra parte, los nuevos medios mecánicos incidieron sobre la gestión directa del agua en un doble sentido:

Primero, facilitaron y abarataron el movimiento de tierras a gran escala, extendiendo la superficie que podía ser regada, y drenada, por gravedad, mediante la realización de obras de embalses, canales, diques, azudes, etc., a niveles que antes parecían inviables. A lo largo del presente siglo se formularon, así, grandes planes estatales de fomento de regadíos y drenajes, que se fueron realizando en los países en la medida en la que contaban con la voluntad política y los medios técnicos y económicos necesarios para acometerlos. Este tipo de planes fueron formulados en España desde principios de siglo<sup>8</sup>, pero las realizaciones tuvieron lugar sobre todo en la posguerra, durante el régimen de Franco. Entre 1950 y 1980, merced a una política hidráulica de fomento del regadío (y del drenaje de las escasas zonas húmedas existentes en nuestro país)<sup>9</sup>, se pusieron en riego cerca de un millón de hectáreas, a partir de aguas superficiales reguladas por el Estado. Se multiplicó así por más de 10 la capacidad de embalse, situando a España a la cabeza del mundo en porcentaje de superficie geográfica ocupada por embalses (con un 5%, seguido de Portugal, con un 4). Partiendo del presupuesto de que el regadío era universalmente beneficioso, el planteamiento económico se limitaba a reducir en la medida de lo posible los costes de la hectárea transformada, pero no discutía los beneficios de la transformación misma, al suponerlos socialmente

<sup>7</sup> Hay que advertir que las modernas prácticas de cultivo acarrear, a plazos más o menos largos, la pérdida de materia orgánica en los suelos y el deterioro de su estructura, propiciando procesos de erosión que reducen la capacidad de retención del agua en los suelos. Por lo que la espectacular ganancia de rendimientos observada inicialmente está llamada a irse recortando en la medida en la que avancen tales procesos de deterioro de los suelos.

<sup>8</sup> Véanse, en este mismo volumen, las monografías desarrolladas sobre el tema de Nicolás ORTEGA y Leandro DEL MORAL, caps. 9 y 10.

<sup>9</sup> En la Italia de Mussolini ocurría lo contrario: la *bonifica* apuntó en mayor medida al fomento del drenaje de las tierras húmedas del norte, extendiéndose las realizaciones después de la guerra mundial (*vid.* en este mismo volumen la monografía de Franco CAZZOLA, cap. 2).

deseables con independencia del coste. Es decir, que la política de obras se regía por criterios técnicos y la reflexión económica sólo recaía sobre las obras, buscando las transformaciones menos costosas. El agua, movilizada por gravedad, seguía siendo concebida como un don de la naturaleza cuyo manejo brindaba el Estado benefactor, a través de las obras públicas, a los agricultores que la continuaban utilizando como un bien libre o no económico: aunque les repercutiera en alguna medida el coste de las obras, ello no se hacía en razón del agua utilizada o drenada, sino de la superficie «beneficiada» por la transformación. Sin embargo, es sabido que las transformaciones más favorables son siempre limitadas en un territorio, por lo que a medida que avanza esta política se topa con obras cada vez más costosas y de mayor impacto social y ambiental<sup>10</sup>, lo que fuerza a reflexionar sobre si los beneficios ocasionados justifican el coste de las obras, revisando el axioma originario que las suponía beneficiosas en todo tiempo y lugar. En consecuencia, esta política de fomento está llamada a desembocar en planteamientos económicos más amplios que desplazan la reflexión desde la economía de las obras hidráulicas a la economía del agua como recurso. El ejemplo de Estados Unidos resulta modélico a este respecto, al ser un país pionero en la construcción de grandes infraestructuras hidráulicas, en el que se desplazó tempranamente la reflexión desde la economía de la obra hacia la economía del agua como recurso<sup>11</sup>. Así, nos encontramos con la sorprendente afirmación para algunos del presidente de la principal agencia de Estados Unidos<sup>12</sup> encargada de la construcción de grandes infraestructuras hidráulicas, cuando, en el XVIII Congreso Internacional de Grandes Presas, celebrado en Durban en 1994, opinó que, en su país, «la era de la construcción de grandes presas había tocado a su fin»<sup>13</sup>. Se postula así con más generalidad que los países que acusaron el «sarampión» de la promoción indiscriminada de obras hidráulicas tarde o temprano han de pasar hacia una política de gestión y conservación del agua en sí, o también de potenciar la oferta a gestionar la demanda y a razonar sobre el ciclo hidrológico en su conjunto. Algunos autores califican la evolución

<sup>10</sup> Por ejemplo, el número de buenas «cerradas» que facilitan la construcción de embalses muy capaces y poco costosos es claramente limitado en cada territorio, por lo que en caso de prolongarse el afán constructivo habrá de recurrir cada vez a «cerradas» de peor calidad, encareciéndose el coste del m<sup>3</sup> embalsado y aumentando el suelo inundado para una misma capacidad.

<sup>11</sup> Los textos incluidos por Federico AGUILERA en su libro *Economía del agua* (1992, reed. 1996, Madrid: MAPA) resultan altamente ilustrativos de esta evolución, que se acusa en Estados Unidos desde los años cincuenta.

<sup>12</sup> Se trata del United States Bureau of Reclamation (USBR) que gestiona las grandes infraestructuras hidráulicas en los 17 Estados del Oeste de EE UU, organismo mundialmente prestigioso en este ramo de la ingeniería civil.

<sup>13</sup> «[...] *The dam building era in United States is now over*». Vid. Bernardo LÓPEZ-CAMACHO, «La escasez del agua y el modo de abordarla: nuevos abastecimientos versus "water conservation"», en J. M. NAREDO (ed.) (1997), *La economía del agua en España*, Madrid: Fundación Argentaria y Visor Dis., p. 28.

desde la preocupación originaria por la *economía de obras hidráulicas*, orientada a aumentar indiscriminadamente las regulaciones y abastecimientos, a la *economía del agua*, como el paso a una «economía madura del agua»<sup>14</sup>. Proceso que contribuye a hacer del agua un «bien económico» (escaso, apropiado e intercambiado), frente a su condición originaria de «bien libre» o «no económico».

El segundo de los aspectos en los que la gestión del agua se vio modificada por el cambio técnico resulta del perfeccionamiento de los motores de bombeo que, apoyado especialmente en la aplicación generalizada de energía eléctrica para estos fines, otorgó enormes posibilidades de impulsar el agua, que fueron profusamente utilizadas durante la segunda mitad del siglo actual para ampliar los riegos y drenajes. En lo relativo al regadío, los agricultores pasaron a ejercer su iniciativa como mineros en la extracción y sobreexplotación de las reservas de agua subterránea<sup>15</sup>. Cabe destacar que la extensión de las nuevas técnicas de bombeo se complementó con otras relativas a la conducción del agua y con la aparición de nuevos sistemas de riego a presión (por aspersión, goteo u otros) que permitían ampliar el área regada con menos complicación e inversión en la preparación del terreno de las que exigían los riegos tradicionales «de pie», «a manta» o «por surcos». La versatilidad y baratura de estas técnicas facilitó que los agricultores las aplicaran, individualmente o agrupados, sin necesidad de esperar a verse «beneficiados» por las grandes operaciones emprendidas desde la Administración. Los agricultores sufragaron así, usualmente en este caso, bien directamente o agrupados en comunidades de regantes, los costes de los equipos de riego y de bombeo, así como de la energía que requerían para mover el agua. En este caso los equipos de riego y el abastecimiento del agua bom-

<sup>14</sup> Vid. AGUILERA, F. (1997), «Economía del agua: reflexiones ante un nuevo contexto», en J. LÓPEZ-GÁLVEZ y J. M. NAREDO, eds. (1997), *La gestión del agua de riego*, Madrid, Fundación Argentaria y Visor Dis., pp. 235-260.

<sup>15</sup> El empleo de los actuales motores de bombeo (tuberías capaces de resistir altas presiones) supuso una ruptura con relación a las antiguas norias que conviene subrayar. En primer lugar, la profundidad a la que podían elevar el agua las norias era bastante limitada, lo que las hacía inoperantes cuando el nivel freático descendía por debajo de su radio de acción, impidiendo que, como ocurre hoy con los motores, la sobreexplotación de las aguas subterráneas prosiguiera hasta el agotamiento: como rezaba un dicho popular en la zona de norias de Daimiel, «agua mientras haiga y cuando no borricos a la sombra». En segundo lugar, la potencia aplicable a las norias era mucho más limitada de la que es posible aplicar a los motores, que funcionan además a partir de fuentes ajenas al territorio en el que actúan. Como consecuencia de lo anterior, la incidencia de las norias apenas trascendía de la parcela del pozo en el que actuaban, por lo que no necesitaban de regulaciones que trascendieran el marco de la explotación agraria. Sin embargo, los motores de gran potencia originan importantes conos de bombeo que afectan a las parcelas y explotaciones colindantes, necesitando de regulaciones que trasciendan del ámbito de la finca para razonar a nivel de acuífero. De ahí que de la sustitución de las norias por motores en zonas de agricultores individuales, se tiendan a generar procesos de sobreexplotación de acuíferos y guerras de pozos, con el consiguiente deterioro del conjunto. Deterioro que viene originado por un cambio técnico con incidencias colectivas, que se extiende sin adecuar el marco institucional para controlar dichas incidencias.

beada, acometidos por agricultores individuales o agrupados, tenían un coste monetario cierto. Y al ser atribuibles estos costes monetarios a los m<sup>3</sup> de agua utilizados, hacían del agua ya, por definición, un «bien económico» como los otros medios de producción que se incluían en las rúbricas de coste de las explotaciones agrarias (fertilizantes, carburantes, etc.). En el caso de España, los agricultores pusieron en riego a partir de aguas subterráneas cerca de 1,3 millones de hectáreas. Esta superficie se extendió sobre todo a partir de la década de los sesenta, superando en extensión y sobre todo en intensidad a la superficie puesta en riego, generalmente a partir de aguas superficiales, por la política estatal de fomento del regadío (1,1 millones de hectáreas). De esta manera, los cerca de 3,6 millones de hectáreas de regadío existentes en 1996 en España se distribuyen en tres grupos que difieren por su origen y forma de gestión: 1,2 millones corresponden a regadíos tradicionales o «históricos» realizados con aguas superficiales antes de este siglo, 1,1 millones corresponden a los realizados, también con aguas superficiales, al amparo de los planes de fomento del Estado durante el presente siglo y, finalmente, 1,3 millones que corresponden a nuevos regadíos privados realizados a partir de aguas subterráneas durante los últimos cuarenta años.

La mayor eficiencia en el manejo del agua que se atribuía a los nuevos sistemas de riego hizo que se pretendieran implantar también en los regadíos tradicionales y en los más recientes, fruto de la política de fomento de obras del Estado, reclamando su reconversión para hacer que los agricultores dispusieran de agua a presión y a la demanda, dejando así obsoletos los viejos sistemas de distribución por acequias, partidores y «tandas» de riego atendiendo a un calendario. Y en la medida en la que se generalizan los nuevos sistemas de riego, se demandan nuevos sistemas de abastecimiento que, al igual que los urbanos, lleven el agua a los agricultores, permitiéndoles disponer de ella a voluntad en condiciones prefijadas, para que puedan llevar también a voluntad el agua a las plantas. Es evidente que el agua así utilizada en la agricultura pasa a ser un «bien económico» de pleno derecho y a facturarse como tal, a diferencia de lo que ocurría en la agricultura tradicional. Lo que induce a ver con ojos diferentes el uso del agua en los regadíos anteriores, pareciendo de pronto un despropósito que los agricultores de los regadíos históricos utilicen el agua libremente sin apenas pagar por ello (cuando las instalaciones son de su propiedad y están superamortizadas) a la vez que el Estado empieza a exigir tardíamente con ahínco a los beneficiarios de los planes estatales que paguen por las obras realizadas. Aflorando conflictos que enfrentan marcos institucionales concebidos en épocas muy diferentes, cuando el agua no se consideraba todavía un «bien económico».

#### 4. Los cambios en la gestión del agua y sus consecuencias

Hemos visto que la agricultura tradicional y la moderna tienen formas diferentes de gestionar el agua. Cosa que debe tenerse muy en cuenta para no caer en el espejismo de pensar que la agricultura tradicional apenas recurría al agua ni a la fertilización, mientras que la moderna es la que aplica por vez primera cantidades ingentes de agua y de fertilizantes. El problema estriba en que la primera utilizaba el agua sobre todo indirectamente<sup>16</sup>, mediante el manejo de los aprovechamientos y las labores en los «secanos», mientras que la segunda lo hacía más directamente, mediante captaciones y riegos. Pero ello no permite afirmar que en todos los casos la modernización de la agricultura suponga más uso de agua con relación a la agricultura tradicional. Por ejemplo, en el conjunto de la agricultura española, está claro que ha aumentado el agua manejada directamente por el regadío, pero también está claro que ha disminuido la utilizada indirectamente, al disminuir entre la superficie de cultivos de «secano» en casi 6 millones de hectáreas entre 1960 y 1996<sup>17</sup>. Lo cual quiere decir que habría que hacer los balances sin dejar ningún cabo suelto para que se pudieran extraer conclusiones solventes.

En resumen, que la agricultura tradicional operaba tratando de adaptar los aprovechamientos a la reserva de agua de los suelos, de corregir ésta mediante labores de preparación del terreno y, sólo excepcionalmente, canalizando, o drenando, el agua por gravedad hacia, o desde, los campos de cultivo. La agricultura tradicional acostumbra así más a gestionar el agua indirectamente, aplicando aprovechamientos y labores adaptadas a las disponibilidades naturales de ésta, que a potenciar las dotaciones en favor de los cultivos mediante derivaciones, retenciones o drenajes del curso natural de las aguas. La dependencia de las cosechas de la humedad de los suelos hacía que los rendimientos oscilaran junto con ésta: por ejemplo, en zonas áridas la escasez e irregularidad de las lluvias se traducían en rendimientos bajos e irregulares. Con todo, los agricultores estaban habituados a convivir con las dificultades que planteaba el régimen de humedad de los suelos, adaptándose a él con aprovechamientos y labores que buscaban sacarle el mayor partido, configurando sistemas agrarios que mantenían una relación estable con su entorno físico. En estos sistemas, el agua mantenía, por lo general, su condición de «bien libre» o «no económico», incluso en los territorios que contaban con dotaciones físicas muy escasas.

<sup>16</sup> También utilizaba la fertilización indirectamente, relacionando las parcelas de cultivo con la generación de nutrientes en el conjunto del territorio, y sirviéndose de mecanismos muy diversos de trasvase de fertilidad en favor de dichas parcelas. En el libro sobre *La fertilización en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica* (1996) al que hicimos referencia, se presentan diversos modelos de fertilización indirecta adaptados a situaciones edafoclimáticas diferentes.

<sup>17</sup> También ha de tenerse en cuenta la intensificación de los cultivos de «secano» que permanecen.

La agricultura «moderna» amplió los trabajos de preparación del terreno orientados a fijar (o drenar) más agua en los suelos, pero, sobre todo, pasó a gestionar directamente el agua bombeándola y transportándola para ponerla a disposición de las plantas en las condiciones que éstas lo requerían, favoreciendo un divorcio sin precedentes entre los cultivos, seleccionados por razones comerciales, y el edafoclima local. Se extendieron así en zonas áridas cultivos tan exigentes en agua como el maíz o la alfalfa, que absorbieron caudales desmesurados de agua, causando graves daños ecológicos y sobre terceros, incentivados por una política de fomento de regadíos que hoy se revela desfasada y por los costes moderados de las instalaciones de riego, de bombeo, de la electricidad y de los combustibles que las hacía funcionar. Con lo cual, la agricultura moderna amplió notablemente la presión directa de los sistemas agrarios sobre las disponibilidades de agua de los territorios, transmutando la mentalidad del agricultor tradicional en la del minero, originando a la vez problemas de escasez de agua como recurso y exceso de agua contaminada o eutrofizada. Presión que se vio acentuada a su vez por la artificialización de la agricultura y el desacoplamiento de los cultivos con respecto al régimen de humedad natural de los suelos utilizados como soporte. Lo que tuvo graves consecuencias ambientales, originando procesos de sobreexplotación de acuíferos y de contaminación y eutrofización de las aguas, observables en todos los continentes<sup>18</sup>, a la vez que se acentuaba la escasez del agua como recurso haciendo de ella un «bien económico».

Como consecuencia de los cambios técnicos y socioinstitucionales descritos, que alteraron las formas de gestionar el agua propias de la agricultura tradicional y distanciaron los cultivos de las «vocaciones» de los territorios, la expansión del uso agrario directo del agua contribuyó en gran medida a multiplicar, entre 1950 y 1995, por más de cuatro el volumen de agua directamente utilizada en el mundo, aproximándose ya a los 5 billones de tm: en 1995 alcanzó los 4,8 billones ( $10^{12}$ ) de  $m^3$  (o de tm ya que  $1 m^3$  de agua = 1tm). De los cuales, del orden de 4,1 serían para uso agrario y sólo el 0,7 restante para los otros usos urbano-industriales<sup>19</sup>. Evidentemente este ritmo de expansión se revela insostenible, ya que el agua utilizada por la especie humana supera el 30% de los suministros accesibles, y si a la utilización directa se añade el uso del agua para diluir contaminantes, refrigerar centrales termoeléctricas o nucleares, las aguas eutrofizadas por lixiviación de fertilizantes, etc., ten-

<sup>18</sup> Cfr. POSTEL, S. (1996), *Reparto del agua. Seguridad alimentaria, salud de los ecosistemas y nueva política de la escasez*, Bilbao: Bakeaz; tabla 4 (p. 21) sobre el «Agotamiento del agua subterránea en las principales regiones del mundo».

<sup>19</sup> Estimación propia extrapolando los datos recabados en CLARKE, R. (1993), *Water: The International Crisis*, Londres, Earthscan Publications Ltd.

dríamos que una sola especie estaría utilizando (y consumiendo o invalidando) ya más de la mitad del flujo renovable y accesible que nos brinda el llamado ciclo hidrológico (cifrado en  $12.500 km^3$  o, lo que es lo mismo, 12,5 billones de  $m^3$ )<sup>20</sup>.

La agricultura moderna consiguió así elevar y estabilizar los rendimientos de los cultivos, pero a base de desestabilizar la relación de los sistemas agrarios con el entorno ecológico en el que se insertan, induciendo al progresivo deterioro de éste. Siendo la movilización masiva del agua para fines agrarios un vehículo importante de este deterioro. Lo cual subraya la distinta ambivalencia observada en la agricultura tradicional y en la moderna: en la primera, la inestabilidad de las cosechas correspondía con la estabilidad de su inserción en el medio, mientras que, en la segunda, los mayores y más estables rendimientos de las cosechas contrastan con la insostenibilidad de sus relaciones con el medio.

Advirtamos, por último, que uno de los propósitos de este texto es de índole metodológica y apunta a subrayar que para comprender la forma en la que ha evolucionado la gestión del agua en los sistemas agrarios hace falta profundizar en el conocimiento conjunto del funcionamiento físico de los procesos agrarios y del marco socioinstitucional en el que se desenvuelven (que a su vez condiciona la influencia que tienen las ideas e instrumentos económicos en su gestión a lo largo de la historia). Sólo así cabe someter a reflexión contextualizadora tanto el papel del cambio técnico en la evolución indicada, como el de esas dos instituciones que acostumbran hoy a situarse a escala sobrehumana: el Estado y el Mercado.

<sup>20</sup> Vid. POSTEL, S. (1996), *op. cit.*

CAPÍTULO 4  
ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE  
LA COMPOSICIÓN DEL AGUA  
DESDE QUE CAE AL SUELO COMO LLUVIA

Fernando Parra Supervía  
Consultor ambiental

*«El pensamiento complejo está animado por una tensión permanente entre la aspiración a un saber no parcelado, no dividido, no reduccionista, y el reconocimiento de lo inacabado e incompleto de todo conocimiento».*

Edgar MORIN

*«¿Qué es un camello?:  
—Un caballo diseñado por un comité de expertos.»*

### 1. Introducción

La ecología, como ciencia sistémica de la naturaleza, no suele poder proporcionar recetas técnicas, sino, como señala Margalef, una suerte de cañamazo teórico donde situar los datos y relacionar las conclusiones.

Desde el punto de vista que aporta la ecología, los sistemas agrícolas de cultivos anuales se diferencian de los sistemas ecológicos naturales: los ecosistemas, en varios aspectos; el más conocido es el que se refiere al ciclo de materia: al retirarse las cosechas y, por tanto, la biomasa anual en su mayor parte, para cerrar el ciclo por los descomponedores, principalmente bacterias, se precisa restituir al medio los elementos que aquéllas no han podido mineralizar, restitución que es el abonado. Por otra parte, la eliminación de los productores —cosecha— requiere su instalación en el inicio de cada nuevo ciclo —siembra. En los sistemas naturales es adecuada la muy visual metáfora de un flujo abierto de energía que impulsa un ciclo cerrado de materia de igual forma que la corriente de un río impulsa las palas de un molino<sup>1</sup>. Por el

<sup>1</sup> Vid. MARGALEF, R. (1977).

contrario, en los agrobiosistemas de cultivos anuales ese flujo abierto impulsa un ciclo que sólo se cierra con el concurso del labrador.

Hay, sin embargo, otra diferencia que no se suele destacar. Los ecosistemas no sólo «procesan» materia y energía, sino también información. Esa acumulación de información es la que explica la tendencia espontánea conocida como *sucesión ecológica* hacia una mayor autoorganización y una creciente independencia del sistema considerado de las condiciones «externas». Pues bien, los sistemas agrícolas mencionados no acumulan información —en el sentido, si se quiere, de estructura o complejidad— puesto que son interrumpidos abruptamente por la recolección; salvo una excepción: el suelo; el suelo, esa interfase entre el mundo orgánico e inorgánico situado entre las dos energías relevantes en la vida: la radiación solar y la gravitación, es el único sistema concernido en lo agrícola que acumula información, estructura y complejidad, sobre todo en el sentido de su dimensión vertical.

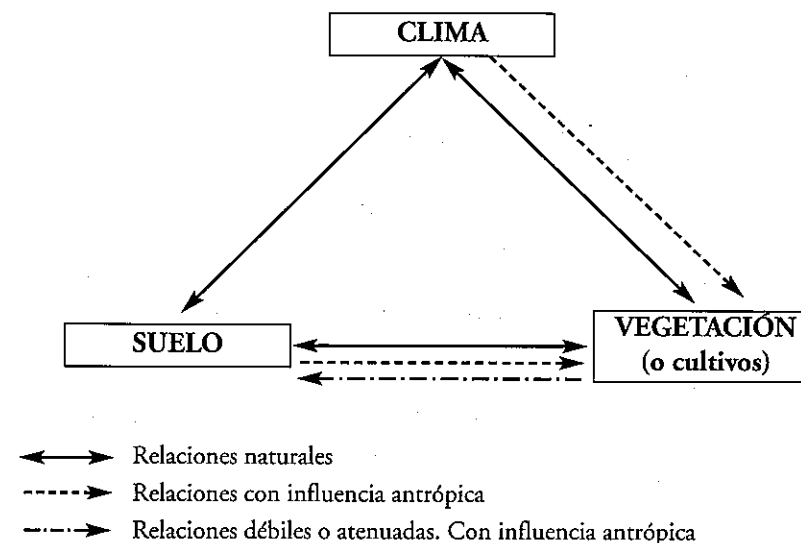
La explotación agrícola es un proceso no antinatural, pero sí orientado en sentido opuesto a la sucesión, precisamente porque está encaminado a obtener un excedente energético no autoinvertido en el sistema sino apropiable por el hombre: la cosecha. Puesto que en la sucesión ecológica la producción aumenta menos que la biomasa, la explotación es, desde este punto de vista ecológico, el conjunto de actividades humanas orientadas a mantener el agrosistema en un estado «convenientemente» inmaduro o juvenil que permita esa apropiación<sup>2</sup>. Sólo el suelo escapa a ese rejuvenecimiento en los casos en que las labores no tienden a destruir su estructura (información). En cierto modo, la agricultura actual vive de dos subsidios, el de las biosferas del pasado en forma de combustibles fósiles de energía exosomática y el de los ecosistemas preexistentes que permitieron la formación de suelos maduros con estructuras —información— complejas.

## 2. Los suelos y el ámbito mediterráneo

Si analizamos la sencilla figura 4.1 vemos que suelo, vegetación y clima forman un triángulo interactivo en el que los tres elementos se influyen dos a dos; así, el suelo es el resultado del clima y la vegetación instalada sobre él, del mismo modo que la vegetación es el resultado del clima y el suelo, y el clima «local» o «microclima» es el resultado de la vegetación y el suelo. Pero, en la agricultura, el clima sólo afecta a la vegetación cultivada en un sentido, el mencionado, y no el inverso; al igual que el suelo afecta al cultivo, y mucho más débilmente, aunque también —por eso, por ejemplo, se rota con leguminosas para incrementar el nitrógeno edáfico— a la inversa.

<sup>2</sup> PARRA, F. (1993).

Figura 4.1



Fuente: F. Parra, 1993.

Lo que confiere unidad al Mediterráneo es el clima, en especial la coincidencia en el estío de las máximas temperaturas —y, por ende, evapotranspiración o pérdidas— con las mínimas precipitaciones o aportes, lo que origina un auténtico estrés hídrico al que debe adaptarse la vegetación natural, pero también, en gran medida, los cultivos.

Por ello, como señala Braudel, el Mediterráneo sólo es un paraíso amable aparentemente. En realidad, en el Mediterráneo, desde el punto de vista agrario y antrópico en general, «ha habido que construir todo, a menudo con más esfuerzo que en otras partes. El suelo friable y sin espesor sólo puede arañarse con el arado de madera. Si llueve demasiado, la tierra blanca se desliza como agua a la parte inferior de las pendientes. La montaña corta la circulación, come abusivamente el espacio, limita las llanuras, y los campos quedan reducidos a menudo a unas pocas bandas, a unos puñados de tierra[...]».

Estos dos factores: clima esencialmente unitario, aunque con diversidades locales, y topografías y suelos difíciles podrían ser objeto de pormenorizadas descripciones fisiográficas y macroecológicas, pero no es éste el objeto de esta aportación necesariamente sintética. Baste decir que cualquier comparación con el entorno europeo debe tener en cuenta las limitaciones del entorno mediterráneo, donde no imperan ni los suaves climas



atlánticos, con buenos excedentes hídricos, ni los excelentes suelos de las llanuras interfluviales de la «Mitteleuropa».

### 3. Los contenidos iónicos de las aguas

Ya la lluvia, mientras cae, incorpora sales al suelo; por ejemplo, cloruro sódico, del que hay diminutos cristales suspendidos en el aire, especialmente en las proximidades de las costas. En realidad, toda lluvia es ácida. En el agua llovida se miden frecuentemente concentraciones de 0,5 mg/l de ClNa y hasta 2 mg/l de sulfatos. Por esta misma acción de lavado de la atmósfera, el agua puede recoger compuestos de nitrógeno y fósforo, con valores de 0,7 mg de N/l y de 1 mg de P/m<sup>3</sup>.

Estas cifras, dadas como ejemplo, se sitúan cerca del límite superior y son iguales o mayores al contenido del agua superficial del mar Mediterráneo. Los compuestos de nitrógeno, amoniacales o nitratos parece que proceden principalmente de la oxidación del amonio; pero durante mucho tiempo se ha creído que eran directamente transformados del nitrógeno gaseoso, por efecto de las descargas eléctricas.

El agua llovida lava el suelo. Dicho lavado puede ser superficial o irregular, como ocurre en las zonas erosionadas o con poca cubierta vegetal. En ese caso, las aguas tendrían composiciones, por así decir, «locales», dependientes del sustrato geológico en su composición de sales. El CO<sub>2</sub> del agua, que procede de la atmósfera y de la respiración de organismos del suelo, da un ácido débil pero suficiente para atacar las calizas. Por el contrario, en zonas de suelos maduros, desarrollados en armonía con la vegetación climática, la circulación del agua de lluvia a través del suelo es lenta —domina la infiltración sobre la escorrentía— y va acompañada de intercambio de iones entre esa agua lenta circulante y la parte sólida del suelo, con lo que la composición del agua depende menos directamente de la composición de la roca madre y más del clima y de la vegetación instalada. Por decirlo de otra forma: suelos maduros implican mayor independencia de la composición hídrica que circula por ese mismo suelo, lo que está de acuerdo con la tendencia a la autoorganización de los sistemas complejos y maduros. En estos últimos casos, resulta una disolución muy diluida y de características no tan dispares de un lugar a otro como en las zonas primeras erosionadas o sin demasiada vegetación. En correspondencia con lo dicho, los limnólogos comprueban que los lagos de las zonas forestadas y de suelos maduros tienden a una composición o unas relaciones iónicas menos variables que las que corresponden a la amplia gama del conjunto de las llamadas aguas dulces. Veamos la composición relativa del agua del mar y del conjunto de aguas dulces en % equivalentes de los principales iones:

	Mares	Aguas «dulces»
Ca <sup>++</sup>	3,42	63,5-68,2
Mg <sup>++</sup>	17,6	17,4-25,4
Na <sup>+</sup>	77,2	4,5-15,7
K <sup>+</sup>	1,65	1,9-3,4
Sr <sup>++</sup>	0,05	—
Cl <sup>-</sup>	90,2	3,9-10,1
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	9,3	10,0-16,0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,39	73,9-85,4
Br <sup>-</sup>	0,17	—
F <sup>-</sup>	0,01	—

Desde luego, así como es lícito hablar de «agua marina» no lo es hacerlo de agua dulce, pues las aguas continentales no permiten semejante generalización, con una diversidad de composiciones y situaciones enormes y, por tanto, con distintas propiedades para la vida y el ambiente resultante. Las actividades humanas han operado en el sentido de aumentar aún más esas diferencias y la importancia relativa de las aguas que se apartan de una composición «normal».

El cuadro anterior compara las composiciones de los iones más importantes del agua marina con las composiciones más normales o equilibradas de las aguas dulces. Se ve que el agua de mar se caracteriza por la abundancia de cloruro sódico y el agua dulce por el bicarbonato cálcico. Además, las aguas continentales en su mayoría tienen concentraciones salinas muy bajas, pero todos los iones se encuentran disueltos en unos y otros tipos de agua aunque con concentraciones a veces mínimas.

Aproximadamente podemos establecer una distinción entre dos grupos de elementos. En el primer grupo, la proporción que guardan unos con otros varía muy poco. Son elementos de proporcionalidad constante o *conservativos*, que explican adaptaciones muy generalizadas entre los organismos; en tal caso se encuentran precisamente el cloro y el sodio. Un segundo grupo está formado por elementos de *proporcionalidad variable*, cuyas concentraciones varían mucho entre diversos lugares; a este grupo pertenecen dos de los elementos más importantes para la actividad de los organismos y los suelos: el nitrógeno y el fósforo; el conocimiento de su concentración explica a menudo la distribución de los organismos, la productividad de los suelos o los ciclos anuales; es imposible estudiar esos elementos sin estudiar simultáneamente su porción biótica, la actividad de los seres vivos.

Una vez que llueve, el agua permanece en el suelo o en el interior de los organismos. Ambas fracciones están relacionadas. La planta se marchita si pierde por evapotranspiración más agua de la que recibe por las raíces. La

marchitez se puede relacionar para cada especie con un contenido mínimo de agua en el suelo que no es constante. Para muchas plantas ese límite está entre un 2,5 y un 5,5% de agua en el suelo. La presión osmótica de la savia de la planta es un buen indicador de la adaptación de la especie con relación a la economía del agua. Es decir, la planta tiende a absorber agua y reduce su presión de vapor si aumenta la concentración de la savia. La presión osmótica en las hojas y la madera de los árboles es de entre 15 y 25 atmósferas. Plantas de lugares secos, como la encina o el olivo, tienen presiones de hasta 30 y 50 atmósferas, aún más en las desertícolas.

El suelo es una estructura sólida y porosa, formada por granos de diversos tamaños; por tanto, dejan entre sí un sistema de cavidades que representa entre el 40 y el 60% del volumen total. Ese % está ocupado por agua, aire y organismos (*psammolinneon*). En algunos casos: sedimentos o suelos subacuáticos, en suelos terrestres anegados, el agua ocupa el 100% (*gley*). Puesto que el agua que embebe el suelo no tiene la movilidad que tendría de no existir la matriz sólida, la difusión es lenta y la oxigenación deficiente. Éste es el entorno de los organismos más importantes de la biosfera: las bacterias; uno de los agujeros negros de la biodiversidad<sup>3</sup>.

Si el suelo contiene poca materia orgánica y su parte mineral es grosera (arena de playas, p. ej.), las corrientes freáticas o de infiltración favorecen el flujo, y la concentración de oxígeno es suficiente hasta varios decímetros por debajo de la superficie. Por el contrario, si los materiales son finos o existen materiales finos relleno los huecos —suelos poco aireados— la circulación se ralentiza. Dichos materiales finos contienen además una parte importante de materia orgánica oxidable, por lo que se consume mucho oxígeno y se establecen condiciones reductoras. Esta situación es la que permite la conservación de la materia orgánica que sería si no degradada: por ejemplo, permite la conservación de moléculas de clorofila.

Los suelos *gley* se ven abigarrados por la presencia de núcleos de hierro reducido (negruzco) u oxidado (rojizo) y sulfuros diversos; son suelos que se cuartejan fácilmente en polígonos cuando se desecan, atestiguando su falta de estructura. Si son pobres en bases, cuando recuperan el agua o se inundan después de permanecer secos, se forman iones sulfato: se vuelven ácidos.

Un suelo es un sistema, una estructura, no un depósito neutro; así que puede retener efectivamente cierta cantidad de agua sin permitir que descienda de un límite. Su capacidad de retención de agua se expresa en volúmenes; un suelo de hayedo, por ej., tiene una capacidad del 59%.

Además, el agua del suelo no es toda igual: hay un agua *de gravedad*, circulante, que puede no entrar en esa capacidad de retención; hay un agua retenida por *capilaridad*, en los huecos de la estructura edáfica;

<sup>3</sup> Vid. DELAMARE-DEBOUTTEVILLE, C. (1948), e *idem* (1951).

un agua *higroscópica*<sup>4</sup>, y agua realmente *combinada*. El agua higroscópica depende de la naturaleza de los materiales; es, p. ej., del 0,4% en arena y del 7,33% en un chernozien. Clements definió la cantidad de agua total contenida por el suelo como *holardía* y como *cresardía* la realmente a disposición de las plantas, que siempre es menor. Una medida interesante es la del efecto de succión de un suelo, cuando el contenido de agua es bajo, por medio de un tensiómetro. Las plantas, para obtener agua del suelo, requieren la intervención de fuerzas superiores a esa depresión. Otra medida interesante es la cantidad de agua que las plantas pueden extraer del suelo ejerciendo determinada presión osmótica, por ejemplo, 15 atmósferas, que corresponde al límite de marchitez de muchas plantas.

El agua que atraviesa el suelo se llevaría teóricamente las sales disueltas y solubles si no fuera porque las cargas residuales del complejo de arcilla y humus retienen en su superficie iones de Mg, Ca, K, Na, NH<sub>4</sub>, H<sup>+</sup>.

En realidad, por su naturaleza el suelo se comporta como un cambiador de iones, tendiendo a un equilibrio propio con el agua, la cual, como ya hemos visto al comienzo de este capítulo, tiene igualmente una composición determinada. Este complejo afecta al pH: si el complejo arcilla-humus está saturado con hidrógeno, el pH del agua en equilibrio es incluso más ácido que 4 (equilibrio); si está neutralizado con bases, el pH varía entre 7 y 10, según sean aquéllas. El pH de los distintos suelos no queda entre esos límites; si hay ácido sulfúrico puede bajar hasta 2,2, en tanto que elevadas concentraciones de carbonato sódico llevan el pH a 10.

El agua del suelo suele estar en equilibrio con una atmósfera que contiene una proporción de CO<sub>2</sub> mayor que el aire libre. Hay además una considerable variación horizontal de los iones en relación con las plantas. Por ejemplo, debajo de los árboles, el lavado de hojas por la lluvia puede determinar un enriquecimiento de Ca, Mg y K.

El agua del suelo lleva sales en disolución en cantidad variable, como las propias aguas dulces o continentales. Los suelos en función de esa cantidad se clasifican en *perpeloides* (menos del 0,2% de sales), *peloides* (del 0,2 al 0,5%), *haloides* (del 0,5 al 2%) y *perhaloides* (más del 2%). La fase sólida de un suelo está en equilibrio con la fase líquida, así que alteraciones profundas o repentinas pueden modificar drásticamente la situación; por ejemplo, un riego abundante de terrenos salinos-sódicos puede transformarlos en alcalinos.

<sup>4</sup> Para muchos esta terminología puede resultar anticuada. No se le escapará al lector atento que la bibliografía esencial mencionada —salvo la del propio autor de estas líneas— es de hace más de veinte años, la más reciente. Pero es que lo esencial de los procesos estaba ya establecido entonces. El hablar de fuerzas o vectores higroscópicos en lugar de agua higroscópica puede ser más preciso y correcto, aunque quizá no más «expresivo», y no deja de haber un componente de «moda» en muchos de esos cambios semánticos.

<sup>5</sup> ALBAREDA, J. M. y A. HOYOS DE CASTRO (1948).

El agua del suelo se pierde por migración, evaporación y evapotranspiración. Antes de que esa pérdida alcance el punto de marchitez, los organismos edáficos escapan, profundizando y existiendo diferencias en el comportamiento de unos grupos y otros: los colémbolos, de tegumentos finos, escapan, por ejemplo, mucho antes que los ácaros oribátidos acorazados. La fauna migra verticalmente en función de esas variaciones periódicas o esporádicas, como lo hacen los animales que viven enterrados en las playas<sup>6</sup>.

### Bibliografía

- ALBAREDA, J. M. y A. HOYOS DE CASTRO (1948), *Edafología*, Madrid: CSIC.
- DELAMARE-DEBOUTTEVILLE, C. (1948), *Compte Rendu Acad. Sci.*, 226, pp. 1544-1546.
- DELAMARE-DEBOUTTEVILLE, C. (1951), *Microfaune du sol*, París: Hermann.
- GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F. (1961), *Rev. Univ. de Madrid*, núm. 10.
- MARGALEF, R. (1977), *Ecología*, Barcelona: Omega.
- PARRA, F. (1993), «La ecología como antecedente de una ciencia aplicada de los recursos y del territorio», en J. M. NAREDO y F. PARRA, *Hacia una ciencia de los recursos naturales*, Madrid: Siglo XXI.

<sup>6</sup> Vid. MARGALEF, R. (1977).

## CAPÍTULO 5

### ADAPTACIÓN DE LOS CULTIVOS Y LAS LABORES AL RÉGIMEN DE HUMEDAD DE LOS SUELOS EN LA AGRICULTURA TRADICIONAL

José María Gascó Montes  
Universidad Politécnica de Madrid

Antonio María Gascó Guerrero  
Centro de Ciencias Ambientales, CSIC, Madrid

#### 1. El suelo zonal

Un suelo se va formando en el transcurso del tiempo hasta conseguir finalmente el grado de desarrollo *zonal*, que es el que corresponde al estado climático o clímax, caracterizado por los equilibrios biogeoquímicos de la relación suelo-clima-vegetación, con cierta independencia de las rocas originarias.

El *régimen de humedad* del suelo zonal define su contenido diario en agua utilizable por los seres vivos, principalmente por la vegetación. Este *agua utilizable* es la que se encuentra adsorbida a la superficie de los granos de suelo con menos potencial, es decir, menor energía por unidad de materia que la célula viva es capaz de emplear para realizar la succión, cuyo valor es de unos 150 kPa, aproximadamente las 15 atmósferas que determinan el equilibrio estático en el punto de marchitamiento.

El contenido diario de agua utilizable en las distintas profundidades del suelo zonal se puede medir en el campo. En la práctica habitual se estima el contenido total de agua utilizable a partir de un *balance mensual* entre las entradas de agua de *precipitación* atmosférica (R) y la salida por *evapotranspiración* (ET) o suma del agua evaporada directamente desde el suelo con la transpirada por la vegetación.

El balance de humedad del suelo zonal medio de España se puede hacer considerando los valores medios de precipitación y evapotranspiración y su distribución mensual (cuadro 5.1). Cuando la precipitación mensual R sea mayor que la *evapotranspiración potencial* (ETP), la *evapotranspiración real* (ETR) será igual a la potencial ( $R > ETP \rightarrow ETR = ETP$ ) y, cuando sea menor, será igual a la precipitación ( $R < ETP \rightarrow ETR = R$ ).

Cuadro 5.1

SUELO ZONAL MEDIO DE ESPAÑA  
PARÁMETROS DEL EDAFOCLIMA ZONAL MEDIO DE ESPAÑA

	S	O	N	D	E	F	M	A	My	J	Jl	Ag	Año
R, mm	28	81	74	72	67	66	80	85	69	42	4	4	672
ETP, mm	94	51	23	11	11	16	36	52	81	121	155	140	791
(R-ETP)		30	51	61	56	50	44	33					325
(ETP-R)	66								12	79	151	136	444
ETR	28	51	23	11	11	16	36	52	81	121	155	87	672
S		30	81	142	198	248	292	325	313	234	83		

R = precipitación. ETP = evapotranspiración potencial.  
ETR = evapotranspiración real. S = reserva de agua utilizable en el suelo.  
El régimen de humedad define la reserva S en función del tiempo.

El exceso de agua se va acumulando en la reserva del suelo (S) hasta sumar la capacidad de retención o reserva máxima de agua utilizable (Smáx). El déficit de agua es la suma de demandas potenciales sin satisfacer. En el caso de España, el suelo zonal medio cuenta con una reserva máxima de unos 325 milímetros de altura de agua, mientras que el déficit es de 119 milímetros, los cuales resultan de restarle al déficit bruto de 444 milímetros la reserva del suelo de 325 milímetros.

El exceso y el déficit son estacionales, con una época de suelo cálido y seco en verano y otra de suelo frío y húmedo en invierno, lo que caracteriza el edafoclima xérico, que es el propio del clima estacional de influencia mediterránea.

## 2. Espesor hidrofísico del suelo zonal medio de España

El agua utilizable en el interior del suelo es necesario que sea mayor o igual a cero, porque la vegetación, cuando se marchita, es incapaz de extraer más agua. La humedad puede caer por debajo del punto de marchitamiento en la parte superficial y en la más profunda del suelo; en la parte superficial cuando está en contacto con un aire atmosférico seco, y en la profunda cuando está en contacto con una roca seca. De esta manera quedan definidos los límites del suelo zonal, el superficial y el profundo, según el contenido en agua utilizable.

El espesor hidrofísico del suelo zonal depende de su capacidad de retención de agua utilizable, la cual es definida por el agua retenida entre el punto

de equilibrio con la gravedad (*capacidad de campo FC*) y el de equilibrio con la succión vegetativa (*punto de marchitamiento WP*). Atribuyendo valores medios ( $FC = 0,22$ ;  $WP = 0,12$ ) y considerando la densidad en masa de suelo ( $db$ ) y la densidad del agua ( $dw$ ) con valores ( $db = 1.300 \text{ kg.m}^{-3}$ ;  $dw = 1.000 \text{ kg.m}^{-3}$ ), se obtiene un espesor ( $e$ ) del suelo zonal medio de unos 250 cm, que equivalen a la reserva máxima de agua utilizable ( $Smáx = 325 \text{ mm}$ ).

$$e = \frac{Smáx}{10 \cdot (FC - WP)} \cdot \frac{dw}{db} = \frac{325}{10(0,22 - 0,12)} \cdot \frac{1.000}{1.300} = 250 \text{ cm}$$

El espesor hidrofísico del suelo zonal en los distintos climas de España se obtiene igualando la precipitación con la evapotranspiración real ( $ETR = R$ ) y es más potente en las zonas más lluviosas y menos templadas.

## 3. Espesor hidrofísico del suelo real medio de España

A diferencia del suelo zonal, el suelo real tiene su régimen de humedad modificado por las pérdidas de agua a causa de la *escorrentía* que nutre las aguas superficiales y la *filtración* que nutre los acuíferos. La roca originaria del suelo y el relieve inciden en el perfil hidrofísico a causa de las peculiaridades orográficas de la Península Ibérica y el acusado encajamiento de su red fluvial, encontrándose en su ámbito unas excelentes series de desarrollo edáfico, acopladas a los diferentes niveles de terraza y otras antiguas superficies detríticas continentales más o menos llanas y heterométricas.

El espesor hidrofísico del suelo real medio de España es de unos 115 cm, según el régimen de humedad (cuadro 5.2) calculado con los parámetros medidos del ciclo hidrológico, principalmente las precipitaciones atmosféricas y los caudales aforados.

$$e = \frac{149}{10(0,22 - 0,12)} \cdot \frac{1.000}{1.300} = 114,6 \text{ cm}$$

El déficit del suelo real medio de España se obtiene restándole la evapotranspiración real ( $ETR = 447 \text{ mm}$ ) a la potencial ( $ETP = 791 \text{ mm}$ ) resultando  $344 \text{ mm}$ , que es mucho mayor que el valor 119 mm del déficit zonal. El mayor déficit acentúa la estacionalidad y la escasez de agua en verano y compromete el cultivo del cereal panificable, principalmente en los suelos erosionados donde la reserva máxima de agua utilizable es aún menor. El mayor valor de la *escorrentía* superficial agranda el de la *erosión* del suelo, cuya problemática predomina en España sobre la de la *lixiviación* causada por la filtración, la cual sólo es relevante en el caso de climas más húmedos y de suelos más permeables.

Cuadro 5.2

SUELO ZONAL MEDIO DE ESPAÑA  
PARÁMETROS DEL EDAFOCLIMA REAL MEDIO DE ESPAÑA

	S	O	N	D	E	F	M	A	My	J	Jl	Ag	Año
R, mm	28	81	74	72	67	66	80	85	69	42	4	4	672
E, mm	8	22	20	20	19	18	22	24	19	12	1	1	186
F, mm	2	5	4	4	4	4	5	5	4	2			39
ETP, mm	94	51	23	11	11	16	36	52	81	121	155	140	791
ETR, mm	18	51	23	11	11	16	36	52	81	121	24	3	447
S, mm		3	30	67	100	128	145	149	114	21			

R = precipitaciones atmosféricas. E = escorrentía.  
F = filtración. ETP = evapotranspiración potencial.  
ETR = evapotranspiración real. S = reserva de agua en el suelo.  
El régimen de humedad define la reserva en función del tiempo.

#### 4. Las prácticas agrarias tradicionales y su adaptación a la condición edafoclimática

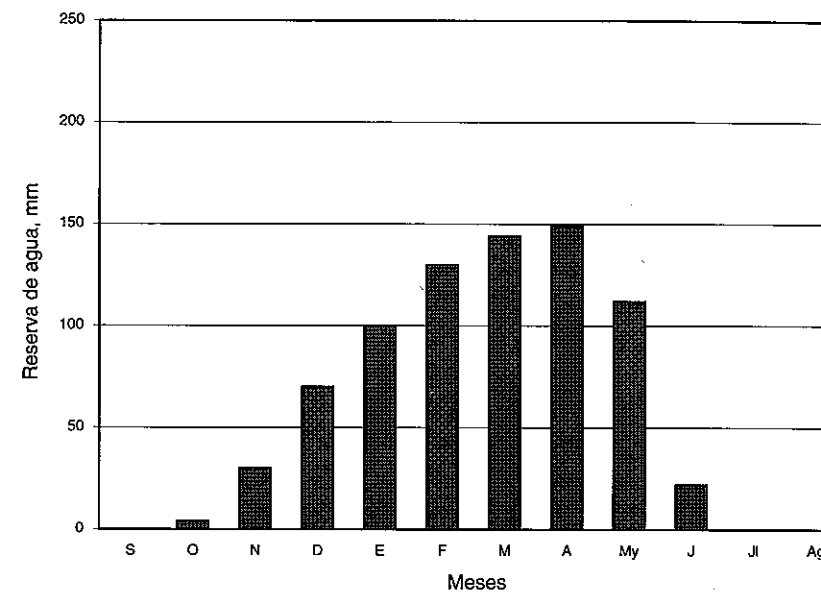
El cultivo tradicional que se ha adaptado en el transcurso del tiempo a la condición edafoclimática del secano en España es el cereal panificable. Se siembra al comenzar el año agrícola con las primeras lluvias otoñales; germina y nace al tiempo que los días se acortan y la temperatura del aire disminuye; desarrolla sus raíces en la oscuridad y con el calor que el suelo conserva desde el verano; ahija cuando los días se alargan durante el invierno; encaña cuando aumenta la temperatura ambiente en la transición del invierno a la primavera; espiga con las aguas de abril, y madura al final de la primavera, cuando la humedad del suelo disminuye en sincronía con el drástico aumento de la evapotranspiración potencial.

La alternativa de *cereal-leguminosa* tradicionalmente viene impuesta por las necesidades de nutrición y trabajo en la granja agraria. También se le atribuyen beneficios edafoclimáticos, como al *barbecho*, a veces justificado por el control interanual de la humedad del suelo y las necesidades nutritivas del trigo en la cabeza de la rotación.

El calendario de las prácticas de cultivo y el régimen de humedad del suelo se resumen en el gráfico 5.1. La *productividad* en kg de grano por hectárea depende de la condición interna del vegetal y de los condicionamientos externos o del medio en cada una de las fases de desarrollo: germinación, nacencia, enraizado, ahijado, encañado, espigado y maduración.

Gráfico 5.1

CALENDARIO DE PRÁCTICAS DE CULTIVO  
Y RÉGIMEN DE HUMEDAD DEL SUELO.  
RÉGIMEN DE HUMEDAD DEL SUELO REAL MEDIO DE ESPAÑA



Fases de cultivo:

Germinación  
Nacencia  
Desarrollo radical  
Ahijado  
Encañado  
Espigado  
Maduración

MESES	S	O	N	D	E	F	M	A	My	J	Jl	A
Reserva utilizable, mm	0	3	30	67	100	128	145	149	114	21	0	0
Labores de cultivo:												
Alzar		*										
Fertilizar de fondo		**										
Sembrar		**										
Escardar						***						
Fertilizar de cobertera							***					
Cosechar										***		
Aprovechamiento de la rastrojera											***	

En general, la productividad depende del grado de satisfacción de las necesidades de transpiración, con especial sensibilidad durante la fase de maduración, que es cuando la reserva de agua utilizable disminuye paulatinamente al tiempo que aumenta la energía de retención en el suelo y disminuye la disponibilidad del agua, llegando muchas veces a ser insuficiente para un desenlace feliz.

Muchas prácticas agrarias repercuten en la gestión del régimen de humedad del suelo, pretendiendo que el agua se infiltre y se reserve en el suelo para atender a las necesidades de transpiración, y procurando evitar las pérdidas por escorrentía superficial, efiltración\* desde el interior del suelo y evaporación directa.

La labor de *alzar* favorece la imbibición del agua. Los terrones se desmoronan al tiempo que el agua se infiltra en el interior del suelo. Esta labranza está tan establecida que agricultor y labrador se consideran sinónimos. El laboreo favorece la aireación del suelo y la oxidación de sus materias orgánicas, cuyo nivel se repone con el estiércol del ganado de labor y pastoreo. La mecanización acentúa el consumo de materia orgánica y deteriora la estructura de la capa arable, perdiendo retentividad de agua y nutrientes, lo que se contrarresta con labores más profundas y fertilización artificial.

La remoción del suelo y su humedecimiento provocan la germinación de semillas de «malas hierbas» presentes en el suelo, las cuales compiten con el cultivo en la demanda de agua y nutrientes. Por ello, después de su nacimiento, durante el invierno, se *escarda* el terreno, arrancando mecánicamente las «malas hierbas» y aporcando tierra seca hacia la base del cultivo para favorecer su ahijamiento. La remoción de la tierra superficial favorece la aireación y la infiltrabilidad del agua primaveral. Actualmente, la escarda mecánica ha sido sustituida en gran medida por la aplicación de agroquímicos artificiales, que actúan como herbicidas más o menos selectivos y persistentes.

En función del tiempo meteorológico y la reserva de humedad del suelo se aplica la fertilización de cobertera con nitrógeno y, en el caso de que el año sea seco, se pueden practicar aclareos para asegurar la maduración.

El aprovechamiento de la rastrojera se complementa con la «otoñada» o hierba que nace después de la primera lluvia, antes de la labor de alzar. De esta manera se completa la cosecha del cultivo, para lo que es imprescindible el ganado.

\* La «efiltración» define el agua que emigra desde el suelo hacia la roca subyacente. El concepto se define por similitud con el de «infiltración», que es el agua que entra en la superficie del suelo.

## 5. Resumen de la casuística del régimen de humedad del suelo en España

Teniendo en cuenta el edafoclima, cabe separar tres grandes zonas con diferente régimen de humedad. La *údica*, situada principalmente en el norte y noroeste de España y en algunas cumbres montañosas; la *xérica*, que ocupa la mayor parte de la Península Ibérica; y la *arídica*, que se sitúa en el sureste y en localizaciones de las submesetas y del valle medio del Ebro.

Un ejemplo de régimen *údic* es Santiago de Compostela, donde hay un exceso de agua en invierno y primavera, lo que exige el acondicionamiento del terreno para desaguar y airear la parte del suelo donde se sitúan las raíces.

El régimen *xéric* de Ciudad Real evidencia la escasez de agua al final de la primavera, de manera que el cultivo del trigo en secano carece de viabilidad a menos que se sitúe en vaguadas con aporte adicional del agua edáfica o de escorrentía. La técnica de reservar agua de un año para otro exige el *barbecho*, que suma agua en el suelo a base de evitar su evapotranspiración, de manera que, dejando un año en blanco, se puede alcanzar un cultivo viable, por ejemplo de cebada, en alternativa con una leguminosa, por ejemplo veza para siega en verde y barbecho blanco en otra hoja. Cultivos leñosos como la viña y el olivar pueden ser viables ajustando el marco de plantación a la disponibilidad hídrica.

En el régimen *aridic*, por ejemplo en Almería, el cereal de secano es inviable a causa de la carencia de humedad. Los pastos de montaña y algunos forrajes de ramblas permiten la ganadería más adaptada a la sequedad, por ejemplo, la cabra murciana.

## 6. Resumen y otras consideraciones

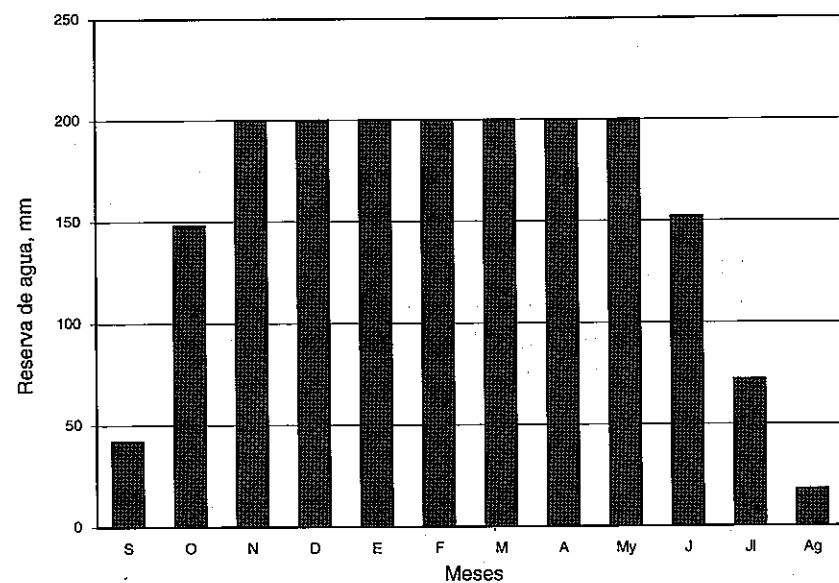
El cereal panificable se ha adaptado a la condición de mediana intensidad climática de la zona mediterránea, cuyo suelo se caracteriza por tener un edafoclima de invierno frío y húmedo y verano cálido y seco. La fertilidad del suelo se ha mantenido durante milenios porque el limitado excedente de agua que se efiltra desde el suelo es insuficiente para lixiviar gran parte de los nutrientes. Sin embargo, la erosión acelerada por la intervención antrópica, mecanizada en exceso, está truncando la capacidad del suelo para reservar agua, y este daño, muchas veces enmascarado por la profundidad de la labor y la fertilización artificial, suma pérdidas a largo plazo en un recurso que requiere milenios para su renovación.

La alternativa cereal-leguminosa-barbecho y los cultivos leñosos de viña y olivar se adaptan a las disponibilidades hídricas; en el primer caso con una rotación de cultivos y labores que gestionan la humedad interanual, y en el segundo caso adoptando el marco adecuado de plantación. En todo caso, las labores se encaminan a favorecer la transpiración productiva del agua disponible y evitar las pérdidas por escorrentía superficial, efiltración profunda y evaporación directa. No es de extrañar que en estas condiciones sean sinónimos los conceptos de agricultor y labrador.

Las investigaciones de los historiadores de la agricultura arroja mucha luz sobre el comportamiento humano en estas condiciones, y razona sobre la pérdida neta de recursos, como el suelo, su constituyente orgánico-mineral y su edafoclima, cuyo enmascaramiento tecnológico no evita un pronóstico de deterioro ambiental progresivo, que avanza sincrónico con la insensibilidad y la soberbia de los responsables administrativos.

Gráfico 5.2

RÉGIMEN DE HUMEDAD ÚDIC (SANTIAGO DE COMPOSTELA)

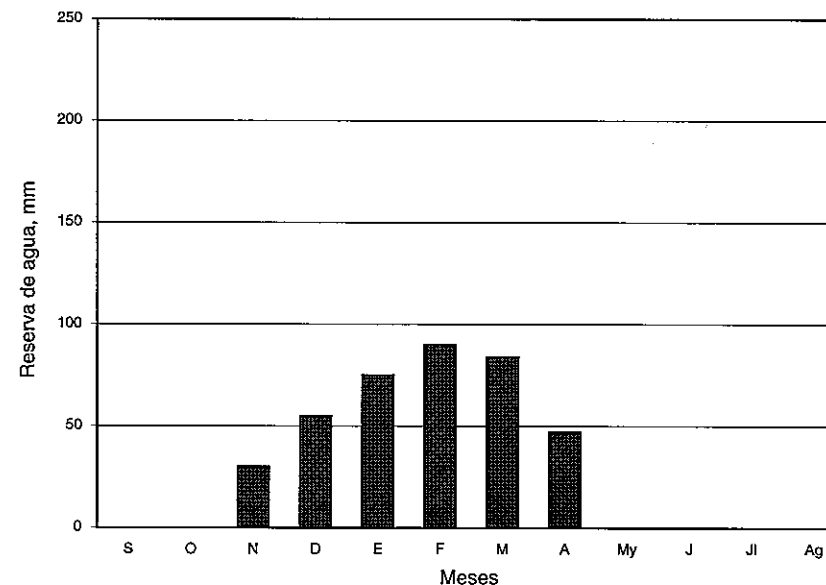


	S	O	N	D	E	F	M	A	My	J	Jl	Ag	Año
R, mm	87	144	186	207	164	151	172	110	101	63	45	52	1482
tm	17	14	11	8	8	8	10	11	14	17	18	21	13
ETP, mm	63	38	10	10	12	21	44	70	96	111	124	107	710
(R-ETP)	24	106	172	197	152	130	128	40	5				954
(ETP-R)										48	79	55	182
S	42	148	200	200	200	200	200	200	200	152	73	18	802
A			120	197	152	130	128	70	5				

R = precipitaciones atmosféricas. tm = temperatura media.  
 ETP = evapotranspiración potencial.  
 S = reserva de agua utilizable en el suelo.  
 A = Aportación = Percolación (P) + Escorrentía (E).

Gráfico 5.2 (continuación)

RÉGIMEN DE HUMEDAD XÉRICA (CIUDAD REAL)

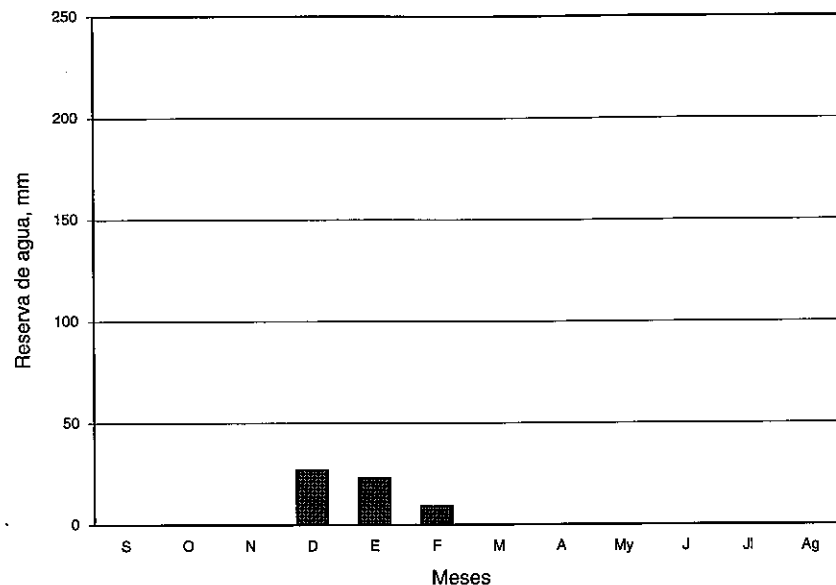


	S	O	N	D	E	F	M	A	My	J	Jl	Ag	Año
R, mm	28	43	45	40	29	39	47	43	41	28	3	5	391
tm	21	15	9	6	5	7	10	12	16	21	25	25	14
ETP, mm	82	43	18	12	13	25	51	77	120	156	172	150	919
(R-ETP)			27	28	16	14							
(ETP-R)	54						4	34	79	128	169	145	613
S			27	55	71	85	81	47					

R = precipitaciones atmosféricas. tm = temperatura media.  
 ETP = evapotranspiración potencial.  
 S = reserva de agua utilizable en el suelo.

Gráfico 5.2 (continuación)

RÉGIMEN DE HUMEDAD ARIDIC (ALMERÍA)



	S	O	N	D	E	F	M	A	My	J	Jl	Ag	Año
R, mm	13	25	30	51	25	21	21	27	18	4	2	3	240
tm	24	20	16	13	12	12	14	16	19	22	25	26	18
ETP, mm	101	66	31	24	28	37	73	99	141	161	178	183	1.122
(R-ETP)				27									27
(ETP-R)	88	41	1		3	16	52	72	123	157	176	180	809
ETR	13	25	30	24	28	37	29	27	18	4	2	3	240
S				27	24	8							

R = precipitaciones atmosféricas. tm = temperatura media.  
 ETP = evapotranspiración potencial. ETR = evapotranspiración real.  
 S = reserva de agua utilizable en el suelo.

CAPÍTULO 6

ASPECTOS AGROECOLÓGICOS  
 DE LA RELACIÓN ENTRE LA MATERIA  
 ORGÁNICA Y EL AGUA EN EL SUELO

Juana Labrador Moreno  
 Universidad de Extremadura

*«[...] Y ésto aviso, para que vean el provecho del estiércol en la labor de la tierra, de más de dar sustancia, que si una tierra sin estiércol se usa regar, el agua la aprieta más que un pisón, y la daña y echa a perder a la planta [...] Porque el regar destruye y disipa mucho la tierra, que se lleva la flor de ella y dexa sólo la arena, y parese la tierra tiesa y dura y empedernida, por eso la tierra que se riega ha menester mucho estiércol.»*

Alonso DE HERRERA (1513)

Introducción

El uso de materiales orgánicos como fertilizantes ha estado unido, desde una perspectiva histórica, con el mantenimiento de la productividad de los suelos de cultivo.

Esta función de la fertilización orgánica era, y es aún, evidente en los sistemas agrícolas tradicionales; en ellos, los pequeños agricultores mantenían la fertilidad de sus tierras cerrando ciclos de energía y nutrientes mediante técnicas agronómicas básicas como la rotación de cultivos y la incorporación de los rastrojos; reciclando restos orgánicos mediante el compostaje; integrando la ganadería y la agricultura, con el aprovechamiento del estiércol y de la vegetación natural mediante su manejo en sistemas agro-silvo-pastorales; creando así modelos de gestión que permitían el funcionamiento óptimo del agrosistema y la perdurabilidad de su potencialidad productiva.

El progreso agrario y los avances tecnológicos dieron paso a mejoras importantes en la producción, sin embargo, han sido en buena medida causa de la pérdida de la capacidad de autorregulación mantenida durante milenios entre el ser humano y su medio agrícola.



La magnitud de las consecuencias de esta forma de actuar se han puesto de manifiesto sobre todos los componentes del agrosistema, incidiendo de manera alarmante sobre el medio edáfico y sobre uno de sus componentes más importantes, la materia orgánica.

Esta alteración de la fracción orgánica está íntimamente relacionada con una disminución de la fertilidad global del suelo de cultivo y con la pérdida de su capacidad para optimizar la infiltración y la retención del agua y oponer resistencia a los fenómenos erosivos.

En este contexto, el diseño de estrategias para la conservación de la calidad y la potencialidad de los suelos de cultivo de manera perdurable, y por consiguiente para la conservación de la materia orgánica y el agua en los mismos, debe partir desde un criterio que contemple el suelo como un medio vivo y complejo, desde la perspectiva global del agrosistema y desde un enfoque de actuación local agroecológico<sup>1</sup>.

## 1. El estado de la materia orgánica y del agua en el suelo

El contenido de materia orgánica de los suelos está estrechamente relacionado con su potencial productivo. Sin embargo, su influencia sobre la mayor parte de los parámetros edáficos depende del estado en el que la misma se encuentra y de su origen, más que de la cantidad total de materia orgánica.

Respecto al agua, es esencial para la supervivencia y el crecimiento de las plantas, y para el desarrollo óptimo de la vida edáfica y además actúa como disolvente, reactivo hidrolizante, amortiguador de temperatura y agente dilatador y debilitador de la estructura. Al contrario que la mayoría de los nutrientes, que son retenidos en la planta, la característica del agua es su movimiento.

Si nos centramos en el comportamiento del agua en el suelo, éste va a depender de sus propiedades, de su interacción con los demás componentes y organismos del suelo y de las fuerzas que actúan sobre ella.

### 1.1. El estado de la materia orgánica en el suelo

La materia orgánica en el suelo engloba los restos de plantas y animales, en diferente grado de transformación, así como la *biomasa edáfica* —microorganismos, microfauna y enzimas extracelulares que representa del 1 al 2% de la materia orgánica total.

<sup>1</sup> La agroecología es una ciencia que estudia los sistemas agrícolas desde una perspectiva agronómica, ecológica y socioeconómica. Su objetivo es proporcionar la base ecológica para el manejo de los recursos promoviendo tecnologías de producción estables y de alta adaptabilidad ambiental y social (ALTIERI, M. A., 1995).

En los suelos agrícolas, la materia orgánica proviene de los restos de los cultivos, de las excreciones metabólicas y de los aportes orgánicos.

Dentro de una hipotética secuencialidad, estos restos orgánicos denominados como «*materia orgánica fresca*», que representan la principal fuente de energía de los procesos bioquímicos edáficos, serían transformados, en una primera etapa, por vía biológica hasta los componentes elementales de sus constituyentes básicos: proteínas, hidratos de carbono, ácidos orgánicos complejos, etc., es decir, se produce una «simplificación» de su estructura a compuestos más «sencillos» y en general solubles. Parte de estos compuestos sufren, por acción microbiana, un proceso de *mineralización* —proceso eminentemente biológico y preferentemente aerobio— pasando a formas inorgánicas, bien solubles ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ , etc.) o bien gaseosas ( $\text{CO}_2$  y  $\text{NH}_4^+$ ). Algunos de estos nutrientes pueden sufrir una inmovilización temporal en la biomasa microbiana —fundamentalmente el nitrógeno.

La fracción de la materia orgánica que no se mineraliza en esta primera etapa, a través del proceso que denominaremos *humificación*, es sometida a reacciones bioquímicas y químicas, de resíntesis y polimerización, que incrementan su complejidad, y que darán lugar a nuevos productos —macromoléculas más o menos policondensadas—, que reciben el nombre de *sustancias húmicas*. La mineralización de las sustancias húmicas es más lenta, debido a su complejidad estructural y a su estabilidad, gracias a su unión con cationes di y trivalentes, a la formación de complejos organo-minerales —con arcillas y óxidos fundamentalmente—, y a la localización en agregados, o entre las láminas de arcillas.

En este breve retrato de la dinámica de la materia orgánica en el suelo, hemos distinguido, en primer lugar, dos tipos de procesos evolutivos, uno que conlleva la simplificación de la materia orgánica denominado *mineralización* y otro que incrementa su complejidad denominado *humificación*. En segundo lugar, que en el suelo existen diferentes tipos de materias orgánicas: la correspondiente a la biomasa, a la materia orgánica «fresca», a los productos orgánicos intermedios y a la materia orgánica humificada.

A no ser que recientemente se hayan realizado estercoladuras, o se hayan enterrado restos de cultivos, el humus de un suelo agrícola predomina sobre la materia orgánica fresca —aproximadamente el 90% de la materia orgánica total (Saña, 1996).

En este sentido, al hablar del estado de la materia orgánica en el suelo, nos interesa conocer tanto el contenido de materia orgánica, como la *dinámica* de la misma, es decir, *la velocidad con la que ésta evoluciona y el equilibrio al que tienden los procesos de humificación y mineralización*, específicos de la heterogeneidad de los diferentes agrosistemas<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Las ideas anteriores impulsan a MONNIER, G. (1989) a afirmar que «los niveles de materia orgánica del suelo y sus eventuales variaciones pueden ser considerados como indicadores de la interacción entre el sistema de cultivo empleado y el medio físico en el que se practica».

En esta dinámica, el contenido de humus o *grado de humificación* es el balance que resulta de la capacidad mineralizadora de la biomasa edáfica y de las incorporaciones de material orgánico. La capacidad mineralizadora depende básicamente de los factores que afectan a la biomasa: clima, pH, estructura, textura, carbonatos, humedad, nutrientes y grado de intervención; las entradas de material orgánico están ligadas a la actuación del agricultor: elección de cultivos, rotaciones, aportes orgánicos (Saña, 1996).

Existen otros indicadores del estado de la dinámica de la materia orgánica, en relación al balance húmico en los suelos agrícolas.

En el modelo de Henin y Dupuis (1945) y en relación al *balance húmico* y a las pérdidas por mineralización de la materia orgánica, se le oponen las ganancias que supone el humus generado a partir de los residuos vegetales de los cultivos precedentes y el que proviene de las incorporaciones de abonos orgánicos. Según estos autores:

$$MO_{\text{humificada}} = K_1 \times MO_{\text{aportada}}$$

$$MO_{\text{mineralizada}} = K_2 \times MO_{\text{inicial}}$$

El «coeficiente isohúmico»  $K_1$ , expresa el rendimiento potencial en humus de la materia seca del material orgánico aportado.

Según Monnier (1989),  $K_1$  depende de la naturaleza de la materia orgánica aportada –cuanto más rica en lignina es, más humus produce (es el caso de los estiércoles pajosos y rastros) y cuantos más azúcares, celulosas y compuestos nitrogenados posee, más rápidamente se mineraliza y menos humus genera (es el caso de los abonos verdes o de restos de cosecha de forrajes)–, también va a depender de las características del suelo y del clima (cuadro 6.1).

« $K_1$ » fue definido como la *constante de transformación de la materia seca aportada*, por eso es corriente ver efectuado su cálculo sobre el contenido en materia seca del material orgánico aportado, permitiendo obtener de forma aproximada su equivalente en humus. Esto queda reflejado en la siguiente expresión:

$$H = ro \times ms / 100 \times K_1$$

Siendo:

H = cantidad de humus generado por los residuos.

ro = Residuos orgánicos en kg/ha.

ms = Materia seca de los residuos.

$K_1$  = Coeficiente isohúmico específico.

Cuadro 6.1

COEFICIENTES ISOHÚMICOS  $K_1$  DE RESIDUOS VEGETALES Y ABONOS ORGÁNICOS

ESPECIE	AUTOR			
	Soltner (1990)	Muller (1982)	Boiffin et al. (1986)	Delas y Molot (1983)
Trigo/cebada/avena				
Raíces	0,15	0,08	0,15	–
Partes aéreas	0,15	0,08	0,08	0,14
Maíz				
Raíces	0,15	0,06	0,15	–
Partes aéreas	0,12	0,06	0,12 <sup>b</sup>	0,20
Patata				
Raíces	0,15	–	0,15	–
Partes aéreas	0,00	–	–	–
Restos de prados	–	0,15	–	–
Guisante/judía/haba				
Raíces	0,15	–	0,15	–
Partes aéreas	0,08	–	0,08	–
Abono en verde				
Raíces	0,15	–	0,15	–
Partes aéreas	0,05-0,08 <sup>c</sup>	0,01	0,00	–
Abono orgánico				
Estiércol bien maduro	0,50	0,3-0,5	0,30	0,32
Estiércol semimaduro	0,40	–	0,30	0,32
Compost de basuras	0,25	–	–	–
Turba	1,00	–	–	–
Restos forestales	–	–	–	0,31

<sup>a</sup> La  $K_1$  de este cuadro tiene el significado clásico, se refiere a la fracción de materia seca que se humidifica.

<sup>b</sup> 0,10 para la base de los tallos no recolectados en el maíz para ensilar.

<sup>c</sup> Según que el abono verde sea respectivamente poco o muy lignificado.

Fuente: Adaptado de J. Saña (1996).

«K<sub>2</sub>» es el «coeficiente de mineralización». Este coeficiente depende más estrechamente de las condiciones climáticas y de las características del suelo y, en general, de todos aquellos factores que afecten desfavorablemente a la actividad microbiana. La expresión que cuantifica estas pérdidas viene reflejada según Urbano (1988):

$$P = mo \times vm = 10p \times da \times mo \times vm$$

- P = Pérdida de materia orgánica.
- p = Profundidad de la muestra en cm.
- da = Densidad aparente del suelo (kg/dm).
- mo = Porcentaje de materia orgánica en el suelo.
- vm = Velocidad de mineralización de la materia orgánica (% anual).

Si bien podemos conocer cuantitativamente la cantidad de materia orgánica total presente en el suelo mediante una analítica simple, en cambio, la velocidad de mineralización de los suelos de cultivo, es un valor estimado generalmente teniendo en cuenta las condiciones ambientales, edáficas y agronómicas de la zona. Cuadro 6.2

**Cuadro 6.2**

VALORES DE K<sub>2</sub> PARA DIFERENTES REGIONES ESPAÑOLAS

ZONA		K <sub>2</sub>
Andalucía Occidental y Sur de Extremadura	Secano	0,020-0,022
	Regadío	0,030
Andalucía Oriental	Secano	0,010-0,011
	Regadío	0,030
Castilla-La Mancha, Levante, Valle del Ebro y Centro de Extremadura	Secano	0,008
	Regadío	0,020
Meseta Norte, Norte de Extremadura, Cornisa Cantábrica y Galicia	Secano	0,005-0,015
	Regadío	0,020

Fuente: Tamés (1975).

En los agrosistemas se realizan habitualmente rotaciones de cultivos, por lo que debe cuantificarse, en términos de cantidad de humus, lo aportado por todos los cultivos que intervienen en la rotación. Según esto, el balance húmico de un suelo en el período de un año sería:

$$\Delta MO_{\text{del suelo}} \text{ o } \Delta \text{Humus} = K_2 \times MO - (K_1 \times O + K'_1 \times F + K''_1 \times A)$$

La materia orgánica de los residuos de las cosechas que van a parar al suelo —por ejemplo, las raíces de un cereal— se representa por O, la de los residuos vegetales que pueden incorporarse —por ejemplo, el rastrojo de cereales— por F; por A, la materia orgánica proporcionada por los abonos orgánicos aportados y K<sub>1</sub>, K'<sub>1</sub> y K''<sub>1</sub> son sus correspondientes coeficientes isohúmicos (Saña, 1996).

Se pueden evaluar los residuos vegetales aportados, a partir de la cosecha obtenida admitiendo una proporcionalidad. Cuadro 6.3

**Cuadro 6.3**

CÁLCULO DE APORTES ORGÁNICOS DE LOS RESIDUOS DE ALGUNOS CULTIVOS

CULTIVO	DATO DE REFERENCIA	GENERAL	COEFICIENTES	
			Biomasa orgánica aérea	Biomasa orgánica radicular
Cereal grano	rendimiento	H=0,16	b=0,94	b=0,84
			a=0,0 paja quemada	a=0,36
			a=1,0 paja enterrada	
			a=0,3 rastrojo enterr.	
Maíz grano	rendimiento grano	H=0,16	b=0,92	b=0,84
			a=0,0 caña quemada	a=0,30
			a=0,9 caña enterrada	
Maíz ensilado	producción masa verde	H=0,65	b=0,92	b=0,84
			a=0,06	a=0,17

Fórmula general: MOR = a · R · (1-H) · b.  
MOR = Masa de materia orgánica del residuo vegetal.  
a = Factor de relación entre la masa de cosecha y la masa de residuo vegetal.  
R = Rendimiento de la cosecha.  
H = Humedad de la cosecha (en tanto por uno).  
b = Materia orgánica del residuo (en tanto por uno).

Fuente: J. Boiffin *et al.* (1986).

Sin embargo, en términos de fertilidad, la simplicidad de los números no debe hacernos simplistas en cuanto a los procesos, y, como hemos visto, sólo con saber el contenido de materia orgánica, no podemos globalizar sobre la dinámica de esa materia orgánica y sobre la evolución de la misma en el agrosistema.

## 1.2. El estado del agua en el suelo

El suelo puede ser considerado como un recipiente que almacena agua y que al mismo tiempo la pierde hacia capas más profundas y/o hacia la atmósfera. Cuando el suelo posee una cubierta vegetal, el agua almacenada en él sirve para satisfacer la demanda hídrica de las plantas (Moreno, 1998) y siempre en un estado adecuado, para optimizar la actividad de la biomasa edáfica.

Sin embargo, el contenido de agua en el suelo no constituye un índice fiable de la disponibilidad de esa agua, constituyendo el potencial del agua en el suelo un concepto de mayor utilidad.

El potencial de agua en el suelo o *potencial hídrico* expresa la *energía potencial específica del agua en el suelo, con relación a aquella que tiene el agua en un estado de referencia*. El potencial hídrico puede ser considerado como la suma de diferentes componentes, que actúan independientemente: el potencial de presión, el potencial osmótico y el potencial matricial<sup>3</sup>.

En ocasiones se utiliza el concepto de *tensión*, que es la «succión necesaria para liberar el agua del suelo» (Fuentes Yagüe, 1996).

Como pasaba anteriormente con la cantidad de agua, el conocer la cantidad absoluta de energía potencial no es lo más importante, sino la cantidad relativa de esta energía en diferentes zonas del suelo —lo que nos indica el movimiento y la situación de la misma.

La relación entre el contenido de agua en el suelo —*humedad*— y el potencial del agua del suelo —o *tensión*— se expresa gráficamente mediante la *curva característica de humedad o de retención del agua en el suelo*. Ésta define cuantitativamente el estado del agua en el suelo y es característica de cada suelo ya que depende de la textura y de la estructura. La curva característica de humedad no sólo revela la cantidad de agua retenida por el suelo a diferentes tensiones, muestra también la disponibilidad de esa agua y la capacidad del suelo para retener agua disponible para las plantas.

### 1.2.1. Movimiento del agua en el suelo

El movimiento del agua en el suelo se caracteriza por una serie de procesos cíclicos. Dicho ciclo comienza con la entrada del agua en el suelo mediante el proceso de *infiltración* —también por entradas laterales o por ascenso de una capa freática—, seguido por la *redistribución* y el *almacena-*

<sup>3</sup> El potencial hídrico se expresa como  $\Psi = \Psi_p + \Psi_o + \Psi_m$ . El potencial osmótico representa la disminución de la movilidad del agua debido a la presencia de sustancias disueltas y el matricial debido a interacciones con la matriz sólida del suelo. El potencial hídrico es normalmente negativo y puede expresarse como energía o trabajo por unidad de volumen o por unidades de masa o peso.

*miento*, y posterior o simultáneamente puede perderse bien por *drenaje*, pasando el agua a capas más profundas, bien por *evaporación* en la superficie del suelo o bien mediante la absorción por las plantas y su posterior *transpiración*; como es evidente, estos procesos son interdependientes y algunas veces simultáneos, y van a depender de múltiples factores.

Los parámetros que afectan al movimiento y la retención del agua en el suelo son de carácter físico —textura, estructura y porosidad— y están relacionados con el contenido de materia orgánica.

#### a) La infiltración del agua en el suelo

La *infiltración* designa el *proceso —generalmente vertical— por el cual el agua penetra en el suelo a través de su superficie*, mientras que la capacidad de un suelo para permitir el paso de agua a su través se denomina *permeabilidad*. La infiltración, en un suelo desnudo, depende de las propiedades del suelo —características texturales y estructurales, porosidad, materia orgánica— y del modo en que el agua se aplique, y la permeabilidad depende del número de poros, de su tamaño y de su continuidad. Cuadro 6.4.

Cuadro 6.4

#### CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE LOS POROS DEL SUELO

<i>Diámetro cilíndrico equivalente (μm)</i>	<i>Nombre</i>	<i>Función</i>
>500	Fisuras	Circulación rápida de agua
50-500	Poros de transporte	Movimiento de agua y gases
0,5-50	Poros de reserva	Almacenaje de agua
0,005-0,5	Poros residuales	Reservorio de nutrientes
<0,005	Espacio de enlace	Interacción entre partículas del suelo

Fuente: Greenland y Hayes (1978).

El término *velocidad de infiltración* expresa *el volumen de agua que entra en el perfil del suelo por unidad de superficie de éste en una unidad de tiempo*, tiene dimensiones de una velocidad y será diferente para cada tipo de suelos e incluso diferente para áreas reducidas en un mismo tipo de suelo.

La velocidad de infiltración de un suelo sólo puede mantenerse si el sistema de poros más gruesos se mantiene, en este sentido también los microporos y las grietas de mayor tamaño ejercen una influencia importante en la infiltración (Morgan, 1996). Además de la textura, estructura y porosidad, la infiltración depende de otros factores. Cuadro 6.5.

Cuadro 6.5

## FACTORES QUE AFECTAN AL PROCESO DE INFILTRACIÓN

CARACTERÍSTICAS	FACTORES
Del suelo	Estado de la superficie Estado del perfil Estabilidad estructural y granulometría Existencia de grietas y galerías Conductividad hidráulica Contenido inicial de humedad Contenido de materia orgánica Salinidad-sodicidad Actividad biológica
Del agua	Sales y partículas en suspensión Tiempo y modo de aplicación del agua
Del medio	Clima, pendiente, vegetación Diversidad del paisaje (microhábitat)
Otras	Modelo de agricultura. Clase de laboreo Restos vegetales ( <i>mulching</i> ) y rastrojos. Praderas

## b) Redistribución del agua en el suelo

Una vez que cesa el aporte de agua al suelo, cesa la infiltración. A partir de ese momento, el movimiento del agua dentro del perfil continúa—este movimiento viene en función de las diferencias de potencial hídrico y cesa cuando estas diferencias se anulan. Su duración y recorrido variará con la textura y la estructura del suelo, con el perfil, con la evaporación y la extracción por las plantas y en suelos agrícolas con los factores que afectan a la infiltración.

## c) Evaporación del agua desde el suelo

La evaporación puede tener lugar desde la superficie del suelo o bien desde la cubierta vegetal—mediante la extracción del agua del suelo y la transpiración por la planta de esta agua. La evaporación es un proceso que depende del estado del suelo, de las condiciones de manejo de la superficie y de la magnitud del gradiente de temperatura en el perfil y su variación diaria.

## d) Drenaje

Cuando el suelo es incapaz de almacenar más agua, el exceso se desplaza hacia horizontes más profundos y/o lateralmente por el interior del suelo, también como flujo subsuperficial.

## 1.2.2. Estados del agua en el suelo desde el punto de vista de la utilización por las plantas

La planta regula la circulación del agua a su través mediante la *transpiración—paso del agua en estado de vapor desde la planta hacia la atmósfera a través de los estomas—* y la *absorción—paso del agua desde el suelo hacia la planta<sup>4</sup>*.

El estado del agua en el suelo, en relación a la planta, viene definido por distintos conceptos: la *saturación*, que expresa *el estado en que todos los poros del suelo están ocupados por agua*, y la *gravidad*, que se encarga de drenar el agua. Cuando el suelo ya no pierde más agua por gravedad se dice que está a *capacidad de campo*. En esta situación el agua ocupa los poros pequeños y el aire ocupa una gran parte del espacio de los poros grandes.

La cantidad de agua que puede retener un suelo a la capacidad de campo depende, sobre todo, del tamaño de los macroporos y en los horizontes superficiales del contenido en materia orgánica.

El estado de capacidad de campo es la situación más favorable para el desarrollo de los cultivos, ya que tienen a su disposición una gran cantidad de agua retenida por el suelo, con una energía que es superada con facilidad por la succión de las raíces, a la vez que disponen de aire abundante para la respiración de las raíces (Fuentes Yagüe, 1996).

A partir de la capacidad de campo, el agua en el suelo se va perdiendo progresivamente por evaporación y absorción por las plantas, hasta un punto en que la planta es incapaz de vencer la tenacidad con que es retenida el agua por el suelo y se marchita de forma irreversible, es el denominado *punto de marchitamiento*. El punto de marchitamiento depende más de la textura que de la estructura, y está en relación directa con el contenido en arcilla. Como resumen, la utilización que pueden dar las plantas al agua del suelo queda reflejada en el cuadro 6.6.

<sup>4</sup> Los estomas son orificios situados en la epidermis de las hojas, aunque la transpiración también ocurre en pequeña cantidad, a través de la cutícula de otras células epidérmicas. La transpiración es también la causante de la diferencia de potencial, entre la raíz y la hoja, lo que permite distribuir por la planta el agua y las sales minerales. De igual forma, la absorción se produce como consecuencia de la diferencia de potencial existente entre el agua del suelo y el agua de la planta y tiene lugar a través de los pelos absorbentes de las raíces, aunque también a través de los estomas se pueden absorber pequeñas cantidades (FUENTES YAGÜE, J. L., 1996).

Cuadro 6.6

## UTILIZACIÓN DEL AGUA POR LAS PLANTAS

ESTADO	
Agua sobrante	Agua que sale libremente del suelo por acción de la gravedad –agua gravitacional. Esta agua no puede ser utilizada por las plantas, porque pasa a una región del suelo no accesible a las raíces.
Agua disponible o agua útil	Agua que puede ser absorbida por las raíces con suficiente rapidez para compensar las pérdidas por transpiración. Es igual a la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitamiento. Puede incrementarse ligeramente aumentando su contenido en materia orgánica –o incrementado la proporción de partículas finas.
Agua fácilmente disponible	Fracción del agua disponible que los cultivos pueden utilizar sin que disminuya su rendimiento óptimo. Va a depender del cultivo, del tipo de suelo y de la magnitud de la transpiración.
Agua no disponible	Es la porción de agua retenida por el suelo con tanta fuerza que las plantas no pueden absorberla con suficiente rapidez para compensar las pérdidas por transpiración. Esta agua es la que permanece en el suelo a partir del punto de marchitamiento.

La capacidad de retención del agua disponible está cuantificada por la *reserva de agua disponible* –que es el agua disponible contenida en la profundidad del suelo que alcanzan las raíces–, es una de las características más importantes del suelo de cultivo y depende de numerosos factores. Cuadro 6.7

### 1.2.3. Estados del agua en el suelo desde el punto de vista de la utilización por la biomasa microbiana edáfica

Los microorganismos edáficos habitan y se desarrollan en los poros del suelo; en la mayor parte de los casos en su superficie, correspondiendo la mayor ocupación a los poros de mayor tamaño.

El contenido de humedad del suelo influye sobre la actividad biológica en aspectos como: la velocidad de desplazamiento de los organismos móviles, que depende del contenido de humedad y del estado de la estructura del suelo; el predominio de determinadas poblaciones edáficas, por ejemplo, los hongos soportan mejor que las bacterias potenciales hídricos muy bajos, puede haber un predominio de poblaciones anaerobias; aspectos ligados a la actividad metabólica y a la velocidad de degradación de materiales sólidos insolubles o compuestos solubles que está relacionada con el

Cuadro 6.7

## FACTORES QUE CONDICIONAN LA CAPACIDAD DE AGUA DISPONIBLE

Textura	Suelos de textura fina –mayor proporción de poros pequeños que almacenan más agua que aire– retienen más cantidad de agua que los de textura gruesa
Estructura	Suelos con buena estructura tienen mayor capacidad de retención de agua disponible, disminución del riesgo de formación de costra favoreciendo la infiltración.
Materia orgánica	Su acción positiva sobre la porosidad, la gran hidrofilia de los coloides húmicos, y su acción estructurante, permite retener una mayor cantidad de agua en el suelo.
Espesor del suelo explorado por las raíces	Un suelo profundo puede retener gran parte de las necesidades de agua de una cosecha.
Secuencia de capas en el perfil	Que pueden provocar fenómenos de mayor o menor permeabilidad –capa arcillosa, suela de labor.

espesor de la película de agua y la fuente de alimento; fenómenos de antagonismo relacionados con las excreciones microbianas tóxicas, ya que éstas se difunden con mayor dificultad a medida que el suelo está más seco pudiendo afectar a los propios microorganismos emisores, etc.

Son importantes los efectos que se producen cuando la humedad del suelo varía desde las condiciones de sequía a las del contenido de humedad adecuado (Harris, 1989), por ejemplo, los fenómenos de secado y humedecimiento de un suelo –tan importantes en nuestra agricultura mediterránea– producen una reactivación de las poblaciones microbianas, con producciones elevadas de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_2^-$ , –cuanto mayor sea el contenido de materia orgánica mayor es este flujo (Badía, 1991).

## 2. La fertilidad del suelo y su relación con el estado del agua

La *fertilidad* es un concepto clave en la conservación del suelo y del agua en el suelo, ya que los suelos con elevada fertilidad presentan, normalmente, una estructura granular estable que no se deteriora por el cultivo, una óptima actividad microbiana y unas condiciones adecuadas que permiten minimizar los efectos de los fenómenos erosivos y de igual forma, en la conservación del agua, ya que los suelos fértiles presentan una elevada capacidad de infiltración, un mayor esponjamiento, una equilibrada aireación y una mayor retención de humedad.

Sin embargo, el concepto empleado para definir la fertilidad del suelo puede llevar consigo los mecanismos que generen su degradación o, por el contrario, nos conduzcan hacia la optimización de su potencialidad. Definiciones clásicas como «un suelo es fértil si obtenemos de él buenas cosechas» (Demolón, 1965), «la fertilidad de un suelo es la capacidad de éste para proporcionar a través de un sistema de cultivo determinado, un margen bruto elevado» (Rémy, 1985), «la aptitud de un suelo para suministrar nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas» (SSSA, 1987) o «es la aptitud de la tierra para asegurar de manera regular y repetida, el crecimiento de los cultivos y la obtención de cosechas» (Larousse Agrícola), todas ellas nos ubican en una concepción química y cortoplacista de la fertilidad.

Debemos, pues, aproximarnos desde la agroecología a un concepto más global de la fertilidad, considerando la misma como «la capacidad de los suelos agrícolas para mantener un nivel de producción estable y de calidad, dentro de una amplia gama de condiciones –agroambientales, socioeconómicas y culturales–, y conservando un estado de alta estabilidad frente a los procesos que implican su degradación».

Y todo ello mediante el suministro equilibrado de nutrientes esenciales –lo que implica su dinámica, su disponibilidad y su reserva–, la potenciación de la biodiversidad edáfica y la optimización de los parámetros edáficos ligados a su conservación.

Esta consideración global de la fertilidad del suelo, en relación con los macrocomponentes principales que la determinan –ya establecida por la ciencia clásica–, va a dirigir nuestras actuaciones agronómicas desde diferentes ámbitos (Rémy, 1985):

– desde la *fertilidad física*, que valora al suelo como un soporte material adecuado de la raíz y que también hace referencia a la dinámica de los fluidos –agua y gases– a través del suelo. Aspectos descritos por parámetros como textura, estructura, porosidad, permeabilidad, etc.

– desde la *fertilidad química*, que define a la vez el estado fisicoquímico del medio y la importancia de la reserva y la disponibilidad de elementos asimilables. Aspectos descritos por el pH, el potencial redox, la capacidad de intercambio, el contenido en macro y micronutrientes, etc.

– desde la *fertilidad biológica*, que caracteriza la magnitud y el estado de la reserva orgánica, así como la abundancia y actividad de la biomasa edáfica. Aspectos descritos por el contenido de materia orgánica, la actividad enzimática, la biodiversidad edáfica, etc.

Por tanto, la expresión de la fertilidad global de un suelo es la expresión de la actividad de un medio complejo, y no se puede concebir su dinámica sino en función de las características del agrosistema, y de su evolución en un medio social y ambiental.

En este contexto, la materia orgánica, bien en forma de residuos orgánicos o bien en forma humificada, representa, en condiciones adecuadas, un seguro de conservación y mejora de la fertilidad global en los suelos agrícolas (cuadro 6.1).

Cuadro 6.8

EFFECTOS DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LOS SUELOS DE CULTIVO

Parámetros edáficos	Efectos de la materia orgánica humificada
Físicos	Régimen térmico más estable Agregación y cohesión de partículas elementales Aumenta la estabilidad estructural Aumenta la permeabilidad hídrica y gaseosa Reduce la erosión y el encostramiento Aumenta la capacidad de retención hídrica Reduce la evaporación Mejora el balance hídrico en general
Químicos	Regula el pH Aumenta la capacidad de cambio catiónico Mantiene los cationes en forma cambiabile Forma fosfohumatos, quelatos y complejos Provee y mantiene las reservas de nitrógeno
Biológicos	Favorece la respiración radicular Favorece la germinación de las semillas Favorece la aparición de micorrizas Regula la actividad macro y microbiana El CO <sub>2</sub> desprendido favorece la solubilización mineral Contrarresta el efecto de toxinas y biocidas Aumenta la actividad enzimática y la biotransformación Activa la rizogénesis y la actividad de la rizosfera Mejora la nutrición mineral de los cultivos

Fuente: Adaptado de P. Urbano Terrón (1988).

En las siguientes líneas veremos algunos aspectos que relacionan a la materia orgánica con el estado del agua en el suelo.

2.1. Actuación de la materia orgánica sobre las propiedades físicas de los suelos agrícolas y su relación con el estado de agua

Desde el punto de vista físico, el suelo ha de proporcionar un medio adecuado a la germinación de las semillas y al desarrollo óptimo del aparato radicular; debe poseer una buena aireación, y una termicidad estable,

una capacidad de retención hídrica apropiada, junto con un régimen de circulación de agua que, posibilitando un buen drenaje, no llegue a provocar un lavado excesivo. Otros aspectos físicos a considerar son la resistencia del suelo frente a fenómenos erosivos y las repercusiones que pueden tener las prácticas culturales sobre su estado.

Prácticamente todos los requisitos descritos son función de la textura del suelo, del grado de desarrollo de su estructura y de la estabilidad de ésta, siendo imprescindible, para la adecuada dinámica de los mismos, la participación de la materia orgánica.

La *textura*. La fracción mineral del suelo está formada por partículas que, según su tamaño, se clasifican en arena (de 2 a 0,05 mm), limo (de 0,05 a 0,002 mm) y arcilla (menor de 0,002 mm). La textura hace referencia a la abundancia de estas fracciones. Si su proporción es importante, el comportamiento y las propiedades de las partículas minerales vienen fijadas por sus dimensiones.

– La actividad de la fracción granulométrica *arcilla* es primordialmente de tipo químico y surge de su carácter coloidal y de su elevada superficie específica. Esta actividad se muestra en: la capacidad de sus minúsculas partículas para sujetar en su periferia nutrientes esenciales para las plantas, en el hecho de retener enérgicamente el agua en su superficie formando una fina capa, y en la aptitud para agregarse con la ayuda de ciertos iones, de la materia orgánica y de los carbonatos formando grumos que oscilan entre algunas décimas y varios mm (Saña, 1996).

– El *limo*, al igual que la arena, tiene un papel esencialmente físico relacionado con los espacios libres –poros– que dejan entre sí y por los que circula el agua y el aire. Los limos tienen una capacidad de retención de agua superior a las fracciones arenosas, sin embargo, son fracciones excesivamente finas que pueden ser arrastradas por el agua taponando los poros de mayor tamaño. El limo tiene una ligerísima capacidad para retener los elementos nutritivos.

– Las *arenas*, especialmente las gruesas, son un factor de porosidad y facilitan muy a menudo exageradamente el drenaje, la aireación y el calentamiento del suelo. Pero, en cambio, su capacidad de almacenamiento de agua y nutrientes es prácticamente nula.

Es evidente la necesidad de un equilibrio entre las distintas fracciones para alcanzar un compromiso en las respuestas agronómicas que se derivan de ello. Sin embargo, la interpretación del contenido de las distintas fracciones debe realizarse desde su relación con los parámetros edáficos que interaccionan con ellas, teniendo en cuenta que estas partículas se hallan agrupadas en el suelo formando unidades mayores –*los agregados*– que son los que realmente condicionan el comportamiento textural del suelo y del agua en el suelo. Cuadro 6.9.

TEXTURA Y COMPORTAMIENTO PROBABLE DEL SUELO

PROPIEDADES	TEXTURA		
	Arenosa	Franco-arenosa	Arcillosa
Permeabilidad	Alta	Media-baja	Baja
Superficie específica	Baja	Media	Alta
Compacidad	Baja	Media	Alta
Temperatura en primavera	Cálida	Media	Fría
Capacidad para almacenar nutrientes	Baja	Media	Alta
Dificultad de laboreo	Media	Más fácil	Más difícil
Capacidad para almacenar agua	Baja	Media alta	Alta
Energía de retención de agua	Baja	Media	Alta

Fuente: Porta *et al.* (1986).

La *estructura*. La ordenación de los componentes minerales del suelo –arenas, limos y arcillas– en unidades de mayor tamaño –los agregados– recibe el nombre de *estructura* del suelo. La estructura describe un estado del suelo variable con el tiempo, mientras que la *estabilidad estructural* es una noción dinámica que define *la resistencia de ese suelo a conservar sus agregados frente a la acción agresiva de diversos agentes externos* (Saña, 1996).

Los agregados presentan distintas formas, tamaños y grados de desarrollo. Estas diferentes arquitecturas implican estructuras que se distinguen por la cantidad, tamaño y comunicación de los poros, y es la compleja geometría de interconexiones la que controla, en gran medida, la penetrabilidad de las raíces, la circulación de gases y del agua, y la capacidad del suelo para retener esta última. La estabilidad estructural depende del contenido y la calidad de la materia orgánica, pero también de otros factores. Cuadro 6.10.

La estabilidad estructural afecta al estado del agua en el suelo mejorando la infiltración y la circulación del agua, la nutrición hídrica de la planta, la disminución de la evaporación y de la compactación.

La acción de la materia orgánica sobre el aumento de la permeabilidad del suelo al agua y al aire, es debida a la influencia sobre la porosidad –sobre todo en los poros de mayor tamaño, ya que reviste parcialmente las paredes de las cavidades– y a su influencia sobre la actividad de la macrofauna edáfica<sup>5</sup> y sobre la rizogénesis, lo que permite una mejor infiltración

<sup>5</sup> En el caso de las lombrices, el material de sus desechos –vermicompost– contiene una mayor cantidad de materia orgánica, de mayor calidad y más rica en calcio; mejoran la estabilidad de los agregados, con la mejora de la retención hídrica, finalmente también remueven el suelo y originan pequeñas galerías, por lo que, además, tienen un efecto positivo sobre la conductividad hidráulica.



Cuadro 6.10

## FACTORES QUE ACTÚAN SOBRE LA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL

FACTORES	ACTUACIÓN
Textura	La floculación de las arcillas y la unión a partículas de limo y arena da lugar a microagregados –hasta 0,5 mm de tamaño– y a poros texturales. Depende del tipo de arcilla.
Cationes presentes	Ayudan a la floculación de la arcilla, si son cationes divalentes –Ca <sup>2+</sup> /Mg <sup>2+</sup> y Al <sup>3+</sup> /Fe <sup>3+</sup> (en suelos ácidos)– y como cemento de unión entre microagregados, junto con la materia orgánica. Altos contenidos de Na <sup>+</sup> y/o de sales favorecen la dispersión de los agregados.
Materia orgánica	El humus y otros componentes de la materia orgánica –polisacáridos– estabilizan los agregados y los poros estructurales; disminuyen la mojabilidad de los agregados, reducen el encostramiento y la compactación.
Actividad edáfica	La actividad estacional de los animales minadores altera el suelo –galerías y agregación. Exudados procedentes del metabolismo microbiano tienen poder agregante y las hifas de hongos.
Vegetación	La formación de agregados por las raíces se produce por acción mecánica, directamente por las raíces más finas y mediante la liberación de compuestos cementantes.
Manejo	Mediante la acción del laboreo o pisoteo del ganado, los agregados pueden romperse o dispersarse y los poros comprimirse o destruirse –especialmente en suelos muy húmedos o muy secos. Dispersión por riego por aspersión, más riesgo de formación de costra. Las praderas aumentan la agregación y el suelo cubierto también.
Clima	Dispersión y riesgo de formación de costra debidos a la intensidad de la lluvia, disgregación por humedecimiento/desecación rápidos –especialmente en suelos arcillosos– y por el movimiento y expansión del agua al congelarse –especialmente en suelos arenosos.

del agua y una mayor retención de la misma en los agregados estables. Por otra parte, la gran hidrofiliía de los coloides húmicos hace aumentar la capacidad del suelo para retener agua.

Y aquí debemos incidir en un aspecto importante: el papel jugado por la materia orgánica en la estabilidad de la estructura depende en gran medida de su estado de transformación; por ejemplo, la materia orgánica procedente de restos vegetales y estiércoles contribuye durante más tiempo a la estabilidad de los agregados. Los abonos verdes tienen una acción agregante rápida, intensa y de corta duración, mientras que la turba y los rastrojos no descompuestos protegen al suelo, actuando como un *mulch* y contribuyendo menos a la estabilidad de los agregados y más a disminuir la evaporación y a aumentar la permeabilidad.

### 3. Gestión agroecológica para la conservación del agua y de la materia orgánica en el suelo

Conservar el suelo no implica solamente evitar su pérdida, implica igualmente optimizar y conservar su potencialidad y su calidad; y el concepto de *calidad* abarca un conjunto integrado de aspectos, relacionados con características inherentes a su dinámica, y con su expresión lúdica y de servicio –paisaje, alimentos de calidad, etc.

Dentro de los parámetros que contribuyen a la consecución de la calidad de los suelos de cultivo, el contenido de materia orgánica<sup>6</sup> juega un papel fundamental, de hecho, su disminución está relacionada directamente como causa, o indirectamente como consecuencia, con procesos de *degradación* del suelo<sup>7</sup>. Cuadro 6.11.

Es necesario diseñar actuaciones agroecológicas que frenen aquellos procesos que generan la pérdida de la materia orgánica, y es evidente que la forma más inmediata de conservar la materia orgánica –y el agua en el suelo– es evitando la pérdida de la misma por *erosión*.

Si las consecuencias de la erosión del suelo se manifiestan tanto en el lugar en donde se produce como fuera de él –erosión difusa–, los efectos *in situ* son particularmente importantes en las tierras de uso agrícola, donde la redistribución y pérdida de suelo, la degradación de su estructura y el arrastre de materia orgánica y nutrientes llevan consigo la pérdida de espesor del perfil y el descenso de su fertilidad. La erosión reduce también la humedad disponible acentuando las condiciones de aridez (Morgan, 1997).

<sup>6</sup> El concepto de fertilidad del suelo presenta similitud con el de *calidad del suelo* definido por la Soil Science Society of America como: «la capacidad de una específica clase de suelos para sostener, dentro de un ecosistema natural o modificado, la productividad vegetal y animal, manteniendo o mejorando la calidad del agua, del aire, de la salud y del hábitat» (KARLEN, D. L. y D. E. STTOT, 1994)

<sup>7</sup> El término *degradación del suelo* puede tener más de una acepción; desde el punto de vista naturalista hace alusión a los «cambios producidos por determinados procesos de deterioro en un suelo en relación con un estado anterior o incluso con un estado ideal, es decir, con el del suelo clímax» (DUCHAUFOR, 1984); desde un punto de vista más economista alude a los «procesos que rebajan la capacidad actual y potencial del suelo para producir bienes o servicios» (FAO y PNUMA, 1984).

## MECANISMOS DE DEGRADACIÓN DE SUELOS EN AMBIENTES MEDITERRÁNEOS

	Eliminación de la cubierta vegetal	Procesos naturales y procesos antrópicos: aclareo, cultivo, quema de matorral, pastoreo excesivos.
Degradación biológica	Disminución del contenido en materia orgánica Disminución de la biodiversidad edáfica	Prácticas culturales intensivas, roturación, nulo aporte orgánico, quema de rastrojos, laboreo excesivo. Prácticas intensivas de manejo de suelo, disminución de la materia orgánica, aumento de biocidas y de fertilizantes minerales.
Degradación física	Disminución de la permeabilidad y de la resistencia mecánica del suelo Exceso de sales	Laboreo intensivo, nulo aporte orgánico, suelos desnudos, pisoteo: compactación, encostramiento, inestabilidad estructural, erosión. Prácticas culturales intensivas: abonado mineral en exceso y desequilibrio, agua de riego de mala calidad, disminución de la materia orgánica, otros factores naturales —como agua salada en profundidad, alteración de rocas, lavado lateral.
Degradación química	Lixiviación de bases Contaminación	Factores naturales —precipitación, material original—, disminución de la materia orgánica, riego excesivo, suelos no protegidos, fertilización mineral desequilibrada. Exceso de abonado mineral, fertilización orgánica de escasa calidad, aumento de biocidas, contaminación atmosférica.

Cuadro 6.11

Así pues, las prácticas que hacen referencia a la conservación del suelo van a estar relacionadas con la conservación del agua y también a la inversa. Estas prácticas requieren de actuaciones complejas, que no sólo abarcan el manejo de las limitaciones del suelo y la adecuación de los cultivos, sino el manejo de todo el agrosistema, además deben ser prácticas adaptadas localmente, que incluyan factores sociales para definir las necesidades de conservación y la aceptación de las técnicas de conservación.

La prevención de la erosión del suelo —*erosionabilidad*<sup>8</sup>—, se apoya en medidas agronómicas, en un buen manejo del suelo y en actuaciones mecánicas.

Las medidas agronómicas para la prevención y el control de la erosión van a estar enfocadas preferentemente al mantenimiento de la cubierta del suelo —lo que implica una mejora de la infiltración; al manejo óptimo del mismo, lo que se relaciona con la mejora de la estructura y del desarrollo vegetal —esto implica una mejora en la retención; y los métodos mecánicos que conllevan la modificación de la topografía, el encauzamiento y el drenaje —lo que implica una mejora de la circulación y «recolección» del agua.

Finalmente, el Programa de Acción Internacional sobre el Agua y el Desarrollo Agrícola Sostenible (PAI-ADAS) de la FAO (1993), propugna como acciones prioritarias para la conservación del agua su utilización eficiente y la ordenación de su calidad. En cuanto a la *eficiencia* en el uso del agua, todas las definiciones hacen referencia a la respuesta del cultivo a su aplicación, procedente de lluvia o de riego (Stewart y Steiner, 1990) y al control del suministro de esa agua<sup>9</sup>.

En relación con la *calidad* del agua, dos aspectos son importantes: la calidad del agua utilizada en agricultura —en relación a la salinización y a la contaminación con biocidas y fertilizantes— y que las actividades agrícolas no deben deteriorar la calidad de las aguas de superficie y subterráneas por contaminación.

La materia orgánica actúa tanto para optimizar la eficiencia —mejorando la infiltración, disminuyendo la evaporación del suelo, aumentando la capacidad de retención de agua, aumentando la rizogénesis, etc.— como manteniendo la calidad del agua —aumentando la biodiversidad del medio edáfico, mejorando las condiciones físicas y químicas, controlando la erosión difusa y mediante la retención directa de los biocidas. Cuadro 6.12.

<sup>8</sup> La erosionabilidad varía con la textura, la estabilidad de los agregados, la resistencia al esfuerzo cortante, la capacidad de infiltración y los contenidos minerales y orgánicos (MORGAN, R. P. C., 1996).

<sup>9</sup> Desde un punto de vista más agronómico la eficiencia en el uso del agua usada por un cultivo (*WUE*) se establece como *la relación entre su rendimiento (R) y la evapotranspiración (ET)*. Expresando el rendimiento por unidad de área cultivada y de agua utilizada (kg/Ha/mm).  $WUE = R/ET$  (LÓPEZ BELLIDO, 1998).

Calendario de cultivos	Mejora del calendario de cultivos, ligada a la probabilidad de precipitación estacional. Rotación con cultivos adaptados y de mayor rusticidad.
Siembra	Elección del ciclo y la fecha de siembra idónea. Variación en la densidad de siembra y en la distribución geométrica. Siembra directa.
Control de «malas hierbas»	Falsa siembra. Uso de aperos adecuados –grada de púas plexibles, cultivadores. Elección de una rotación de cultivos con alternativas más desherbantes. Barbecho. Utilización de <i>mulching</i> –malhojo. Solarización.
Sistemas de laboreo	No laboreo, laboreo en fajas, bajo cubierta de rastrojos, laboreo reducido, laboreo mínimo.
Fertilización	Aumento del aporte de materia orgánica: estiércol, compost, abonos verdes y restos de cultivo. Rotaciones con leguminosas y asociaciones de cultivos –mezcla de cereales, cereal/leguminosa.
Cubierta del suelo	<i>Mulching</i> –malhojo. Barbecho semillado. Mantener los rastrojos en épocas de riesgo e incorporación al suelo. Cortavientos –bien como cultivo asociado o como setos.
Sistemas mixtos	Mejora de las rotaciones con forrajeras. Mantenimiento de prados naturales mejorados. Aporte orgánico directo por el ganado. Control de la carga ganadera
Otras prácticas de conservación de suelos	Cultivos a nivel, cordones a nivel, canales, estructuras de estabilización, cortavientos, terrazas. Respetar la vocación del suelo de cultivo.
Otras prácticas de conservación y «recolección de agua»	Control del suministro del agua: sistemas de riego adaptados. Cultivos en bandas, trazado de caballones a nivel, surcos interrumpidos o «pocetas», terrazas. <i>Mulching</i> –malhojo. Manejo óptimo del barbecho –blanco o semillado.

Cuadro 6.12

## Bibliografía

- ALTIERI, M. A. (1995), *Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable*, Santiago de Chile: CLADES.
- BADÍA, D. (1991), «La materia orgánica en suelos de zonas semiáridas: Caracterización, descomposición e influencia sobre las propiedades biológicas», tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona.
- BOIFFIN, J.; J. KÉLI y M. SEBILLOTTE (1986), «Systemes de culture et statut organique des sols dans le Noyonnais: application du modèle de Hénin-Dupuis». *Agronomie*, 6 (5), pp. 437-446.
- DEMOLÓN, A. (1965), *Principios de agronomía*, tomo I, *Dinámica del suelo*, Barcelona: Omega.
- FAO (1993), «Las políticas de recursos hídricos», en FAO, *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*, Roma.
- FUENTES YAGÜE, J. L. (1996), *Técnicas de riego*, Madrid: MAPA/Mundi-Prensa.
- HARRIS, P. J. (1989), «Ecología de la población del suelo», en *Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russel*, Madrid: Mundi-Prensa.
- HENIN, S. y M. DUPUIS (1945), «Essai de bilan de la matière organique des sols», *Ann. Agron.* 15 (1), pp. 161-172.
- KARLEN, D. L. y D. E. STTOT (1994), «A Framework for Evaluating Physical and Chemicals Indicators of Soil Quality», en *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Soil Sc. Soc. of Am. 35. ASA, Madison.
- LABRADOR MORENO, J. (1996), *La materia orgánica en los agrosistemas*, Madrid: MAPA/Mundi-Prensa.
- MONNIER, G. (1989), «Le statut organique des sols: indicateur et facteur de fertilité», *Cultivar*, 254, pp. 20-21.
- MORENO LUCAS, F. (1998), «Estado, flujo y ciclo del agua en el suelo», en *Agricultura sostenible*, Madrid: Mundi-Prensa.
- MORGAN, R. P. C. (1996), *Erosión y conservación del suelo*, Madrid: Mundi-Prensa.
- RÉMY, J. C. y MARIN-LAFLÉCHE (1974), «L'analyse de terre: réalisation d'un programme d'interprétation automatique», *Ann. Agron.* 25 (4) pp. 607-632.
- SAÑA, J., J. C. MORÉ y A. COHÍ (1996), *La gestión de la fertilidad de los suelos*, Madrid: MAPA.
- SSSA (1987), *Glossary of Soil Science Terms*. Madison: Soil Society of America.
- STEWART, B. A. y J. L. STEINER (1990), «Water Use Efficiency», en R. P. SINGH, J. F. PARR y B. A. STEWART (eds.), *Dryland Agriculture. Strategies for Sustainability*, Nueva York: Springer-Verlag.
- URBANO TERRÓN, P. (1988), *Tratado de fitotecnia general*, Madrid: Mundi-Prensa, pp. 345-388.

Segunda parte

MARCO INSTITUCIONAL

CAPÍTULO 7  
LAS INSTITUCIONES DE GESTIÓN  
DEL AGUA EN LAS ZONAS SEMIÁRIDAS

Maya Khelladi  
Universidad de La Sorbona, París

El agua es un recurso que limita el desarrollo de muchas zonas del planeta. Más de 1.700 millones de personas no tienen acceso a una fuente de agua potable. Esta situación genera unos 25.000 muertos cada día y es la primera causa de mortalidad en el mundo. En 22 países, situados mayoritariamente en Oriente Próximo y África del Norte, la cantidad de agua disponible no llega a 1.000 m<sup>3</sup> por persona y año, nivel considerado como mínimo para abastecer las necesidades básicas según las organizaciones internacionales. Y la desertización afecta a más zonas del planeta cada día.

Cuando el sector agrícola es el más importante en la formación del producto interior bruto de un país, pequeñas variaciones climatológicas pueden, y suelen, tener consecuencias sociales importantes. La irrigación permite mantener o acrecentar las superficies cultivadas así como su productividad cuando la lluvia y los recursos renovables escasean. En muchos países, la intensificación del cultivo agrícola es sinónimo de progreso. Por lo tanto, una media de 80% del consumo de agua en los países en vías de desarrollo se dedica al sector agrícola. Asimismo, el agua es, además del principal factor limitativo del desarrollo de la vegetación, el de todas las actividades humanas en las regiones áridas. Gran parte del desarrollo de numerosos pueblos del Tercer Mundo depende de su gestión del recurso hídrico. Pero en las zonas áridas se trata aún más de supervivencia que de mejora de condiciones de vida.

La escasez creciente de los recursos hídricos, frente al aumento de las necesidades, conllevó cambios socioculturales y económicos importantes. Una gestión inadecuada del agua unida a unas necesidades en alza siempre tiene consecuencias graves sobre el medioambiente y el hidrosistema en particular. La utilización de los recursos hídricos en los países en vías de desarrollo varía en sentido contrario a la cantidad de agua disponible. Así,

cuantos menos recursos convencionales hay, más grande es su tasa de explotación. Asimismo, induce y multiplica las situaciones de despilfarro y contaminación del recurso, así como del entorno y erosión de los suelos fértiles. Las lluvias, escasas pero torrenciales, causan entonces inundaciones, pérdidas económicas y, al quedarse encharcadas, se contaminan. Al perder sus tierras, los campesinos suelen ir a buscar trabajo a las zonas urbanas, ya agobiadas por el paro y la pobreza, perdiendo así la capacidad de autoabastecerse y escapar de la miseria. Estos déficits de agua, a menudo provocados, tienen también repercusiones sobre los otros sectores socioeconómicos.

Nuestro objetivo consistirá en intentar analizar las diferentes instituciones de gestión del agua en zonas áridas, averiguar cuál es su grado de adecuación con la senda de sostenibilidad y cómo acercarse a él.

Los hidrosistemas son ecosistemas caracterizados por la existencia del agua como elemento integrador; los ríos, los lagos, los acuíferos y las zonas costeras son hidrosistemas. La vida que se desarrolla en su entorno depende de la cantidad y calidad del agua. Todos los elementos que los constituyen forman una misma entidad, un mismo sistema ecológico. De modo que la reproducción de estos hidrosistemas es posible cuando todas las relaciones existentes entre sus elementos están integradas en su gestión y, por consiguiente, protegidas. Es decir, existe una gestión integrada cuando todas las características del recurso, así como sus utilidades, se tienen en cuenta en los procesos de decisión.

La noción de política sostenible del agua conlleva la necesidad de una gestión conjunta del agua con los otros recursos naturales, y la idea de continuidad en el tiempo, la importancia de preservar el recurso para las generaciones futuras y de no malgastarlo a costa de aquéllas. La puesta en marcha de una política tal significaría mejorar las condiciones sanitarias, ambientales, económicas y sociales de vida en numerosas partes del mundo. Resolver el problema de las relaciones entre el hombre y el agua constituye un paso más hacia el desarrollo sostenible. Una distribución concertada del recurso hídrico puede evitar los conflictos de uso, así como favorecer el desarrollo social y económico. Y una gestión eficaz, incluyendo el control de la demanda, puede traducirse en importantes economías de agua a largo plazo. La explotación sostenible del agua necesita una gestión global y una planificación dinámica que reconozca la interdependencia y la importancia de los elementos que lo constituyen y que influyen sobre su calidad. El desarrollo sostenible supone que la gestión del agua es inseparable de la de otros recursos naturales y conlleva la noción de continuidad en el tiempo ya que debe tener en cuenta a las generaciones presentes y futuras.

La gestión del agua se hace en el ámbito de las instituciones especializadas o multisectoriales. Una institución es un acuerdo entre dos personas o más que se impone a un grupo mayor de individuos. Es un conjunto de

formas o de estructuras establecido por la ley o la costumbre, dependiendo del derecho público, para la satisfacción del interés colectivo. Las instituciones pueden tener diversas apariencias. Según los países, la gestión del agua, que a menudo se reduce a la gestión de las infraestructuras hidráulicas —lo que significa aumentar la oferta— depende de sociedades públicas o privadas, administraciones nacionales o internacionales, etc.

Todas las teorías económicas incluyen las preocupaciones medioambientales. Pero las posibilidades de análisis que pone a nuestra disposición la economía institucional son aquí más interesantes y amplias al ofrecer un marco metodológico al estudio de estas instituciones, gracias a la importancia que da a los procesos históricos y las formas institucionales que caracterizan a un país. Asimismo, las teorías que propone esta escuela se desprenden de la estática comparativa que caracteriza a los economistas neoclásicos abriendo el campo de investigación a los fenómenos medioambientales y socioculturales. Las actividades económicas también influyen sobre su entorno natural, institucional y social. La adopción por esta escuela del principio del evolucionismo es lo que le permite tener en cuenta las transformaciones irreversibles tanto cuantitativas como cualitativas del entorno, y las evoluciones y el funcionamiento de las instituciones. Además, la importancia que da la colaboración multidisciplinaria facilita la comprensión de la complejidad de los procesos de la naturaleza y de sus relaciones con la esfera socioeconómica. El estudio de la realidad socioeconómica existente alrededor del modo de gestión del agua puede ser integrado entonces en lo que ciertamente forma un mismo sistema. Los conceptos de *homo economicus* y de óptimo tampoco son válidos ya que la información no es gratuita ni accesible. Las preferencias de los individuos dependen de su entorno social y sus decisiones poco tienen que ver con la racionalidad substancial neoclásica. Por lo cual el mercado no es la forma más eficaz de coordinar las decisiones o de gestionar los recursos naturales. El modelo de racionalidad limitada propuesto por Simon resulta entonces más relevante. La escuela institucional también rechaza la evaluación monetaria como método único de valoración y, consiguientemente, los precios como único método de valoración y de regulación de los bienes públicos. Además, el agua tiene un valor para la sociedad que supera los intereses individuales a corto plazo. Y la elasticidad de una parte de la demanda a los precios es mínima. Es imposible considerarla únicamente como un bien económico clásico con un precio que deriva de su escasez y la utilidad que ofrece. El conocimiento del reparto de los derechos de propiedad y de uso del recurso, pero igualmente de los matices sociales y culturales que estructuran y caracterizan cada caso, nos permitirán entender mejor cómo, a su vez, se reparten los costes y beneficios de la explotación y el uso del agua. Los primeros en integrar la dimensión ecológica en el análisis institucional han sido Dietz

y Van der Straten<sup>1</sup>. Aunque el medioambiente no constituye el único eje de la economía institucional, ésta también tiene en cuenta los efectos de retroacción, multidimensionalidad e irreversibilidad que caracterizan a los procesos medioambientales. Y, de la misma forma, las relaciones entre las «tres esferas, económica, ecológica y social»<sup>2</sup> que evolucionan de forma conjunta, son aquí integrados. El análisis de las instituciones de gestión del agua, de su evolución y de sus relaciones con las esferas social y medioambiental, puede, por lo tanto, integrar la metodología institucionalista.

La situación de escasez lleva a nuevos modelos de técnicas agrícolas y a formas de instituciones de gestión del agua particulares, a fin de adecuar las necesidades de las poblaciones y la disponibilidad del recurso. Pero todas las formas de instituciones existen en los países en vías de desarrollo con zonas áridas. Se dividen en dos grandes grupos: las primeras han sido creadas siguiendo sólo consideraciones políticas, socioeconómicas o jurídicas, y las otras dependieron en primer lugar del tipo de hidrosistema y su primer propósito ha sido su integración en este último. Por tanto, la consideración de la escasez del recurso no siempre ha estado en el origen de la elección de la primera categoría de instituciones. Veremos estas instituciones en primer lugar. Éstas reagrupan las tradicionales, que provienen del derecho consuetudinario, las sociedades hidráulicas, las empresas públicas o privadas, así como las administraciones. Las instituciones de gestión del agua son, en los países en vías de desarrollo, en su mayoría sociedades estatales o administraciones públicas. Por lo tanto, el estudio a través de algunos ejemplos de la gestión pública del agua en esta tipografía es más extenso que las partes dedicadas a las otras formas de instituciones. En segundo lugar veremos los organismos de fomento y los de cuenca, que constituyen el primer paso hacia una gestión ecológica, social y económicamente sostenible de los recursos hídricos.

### 1. Instituciones no integradas al hidrosistema: los factores socioculturales, políticos y jurídicos generan la institución de gestión del agua

Este tipo de institución no tiene en cuenta en su funcionamiento el hidrosistema en su totalidad. Existen cuando las comunidades campesinas están organizadas en torno al agua localmente o provienen de las decisiones de los poderes públicos.

<sup>1</sup> Para más precisiones, ver FROGER, G. (1993), «Éléments pour une théorie institutionnaliste de l'environnement», *Cuadernos del C3E*, 17.

<sup>2</sup> PASSET, R. (1979), *L'économie et le vivant*, París: Petite Bibliothèque Payot.

### 1.1. Las instituciones tradicionales

En numerosas regiones la gestión del agua es de primera importancia para la supervivencia de sus poblaciones; asimismo, las sociedades han desarrollado un conjunto de reglas que les permite gestionar los pozos o las acequias y repartir el agua entre sus miembros. Cada uno tiene un papel preciso que cumplir y en cumplimiento de su deber recibe la cantidad de agua que le corresponde. Toda la población asegura por su gestión del agua su propia reproducción social, económica y política. Asimismo, adecuan su utilización del agua a sus usos y costumbres, estableciendo reglas que constituirán la institución de gestión del recurso hídrico. El ejemplo de las sociedades organizadas en torno a los *qanats*<sup>3</sup> en Irán, que siguen funcionando hoy después de más de 2.500 años de existencia, demuestra la importancia de tales reglas. En otros lugares, como sucede en el norte de Tanzania, el mantenimiento de las redes hidráulicas es un deber sagrado a cargo de todos y su cumplimiento es controlado por un consejo religioso compuesto por ancianos. Asimismo, la institución de gestión del agua puede provenir de la costumbre o estar constituida por las sociedades hidráulicas. El derecho consuetudinario cambia según la historia social y cultural de cada pueblo. A veces se solapan unos a otros como, por ejemplo, este derecho con el derecho islámico.

#### 1.1.1. Las instituciones que provienen del derecho consuetudinario

Lo consuetudinario y el tipo de derecho que constituye varían en cada región según el pasado sociocultural, las condiciones climáticas y el tipo de hidrosistema. Mientras la geografía condiciona el acceso al recurso, el clima árido y el crecimiento de la población revelan la intensidad de las necesidades. El derecho originado por la costumbre se encarga de un número importante de aspectos de la vida cotidiana como son el régimen de propiedad, los derechos de cultivo, de pasto y de pesca, y los de los regantes sobre el agua. Al regir las asociaciones de regantes también lo hace con las sucesiones, las redistribuciones y los conflictos siguiendo el interés de la colectividad y adaptándose a las situaciones y a las relaciones sociales. Generalmente, las reglas de funcionamiento se transmiten, como es el caso de muchas cofradías, oralmente. En estas zonas áridas, el Derecho varía según la escasez de agua. También cambian las relaciones entre propiedad del agua y de la tierra. La ausencia de reglamentación es la señal de que hay abundancia de agua.

<sup>3</sup> Los *qanats* son túneles construidos bajo montañas y que traen el agua desde los acuíferos por gravedad hasta los campos de cultivo.

#### a) La gestión del agua en el valle del Draa

Como en todos los países musulmanes y especialmente en el Magreb, el Derecho Islámico se ha sumado al consuetudinario. El primero tiene sus raíces en el Corán, la Sunna<sup>4</sup>, la jurisprudencia y los consensos entre los miembros de una misma comunidad. El principio básico es la libre disposición del agua como bien común. Este principio está codificado en dos derechos fundamentales: el derecho de la sed que otorga a cada uno la posibilidad de beber tanta agua como necesite y dar de beber a sus rebaños. Los lagos y los ríos son *res nullius*; sin embargo, las pequeñas fuentes de agua pueden ser privadas; sólo en el caso de que el que quiera el agua tenga dinero, se le puede pedir una compensación. El segundo principio es el derecho de irrigación que tiene cada uno para regar sin restricciones cuando el agua pertenece a la comunidad, pero sin malgastarla. Este último derecho puede ser privatizado bajo ciertas condiciones. Asimismo, los regantes situados río arriba pueden coger tanta agua como quieran, sean cuales sean las necesidades de los que están situados río abajo. Pero, para que no haya uso indebido, la altura del agua almacenada no debe superar la altura de sus tobillos. Y el que construye un pozo es propietario del agua subyacente, independientemente del propietario de la tierra donde se encuentra. En el Sahara el agua pertenece al que la descubre sin vínculo alguno con la propiedad del suelo. Después, puede ser objeto de transacciones, que serán registradas entonces por las autoridades de la institución.

#### b) Las técnicas hidráulicas

Las condiciones climáticas son difíciles para los cultivos en el sur de Marruecos, así como en todas las regiones del sur del Magreb. Por tanto, ha sido necesario el desarrollo de técnicas agrícolas e hidráulicas especiales y de un conjunto de reglamentos que rigen la propiedad y el uso del agua. Asimismo, se siguen encontrando embalses y redes de abastecimiento subterráneo y norias. Los métodos de abastecimiento utilizados no están demasiado perfeccionados; sin embargo, la institución es muy sutil. El valle del Draa se caracteriza por una importante red hidrográfica. Está constituido por seis oasis y una red de 89 acequias. El regadío, y consiguientemente la vida del oasis, se asientan en la gestión de los acuíferos. Ésta es posible gracias a la construcción de acequias, principal técnica que permite colectar el agua, transportarla y distribuirla a las zonas de cultivo.

<sup>4</sup> La Sunna es el conjunto de hechos y palabras del Profeta que se recogieron tras su muerte.

Los regantes situados en el primer tramo de la acequia tendrán más agua pero menos tierras y serán los únicos que podrán regar durante el verano. Para moderar los conflictos, las tierras situadas a cada lado de las acequias reciben agua alternativamente, y el agua excedente de estas zonas se dirige a las situadas río abajo. Mantener el equilibrio entre regadío y drenaje es aquí muy importante. Por tanto, una segunda red de drenaje existe conjuntamente con la de regadío. El agua es transportada hacia los pastos o los *chotts*<sup>5</sup>. El agua se evapora y la sal es recuperada. Hoy, la multiplicación del uso de motores para bombeo ha acrecentado el del agua, y las redes de drenaje no han sido suficientes para evacuar el agua de riego. Ésta se quedó estancada formando charcos y la sal permaneció en las tierras de cultivo agravando la erosión y esterilizando los suelos.

#### c) Las instituciones locales de gestión

En 56 de las 89 acequias, la propiedad del agua es privada e independiente de la de las parcelas. Estas propiedades se adquirieron porque los propietarios participaron en la construcción de las acequias. Después hubo intercambios, de ahí la situación actual. Cuando es propiedad de la comunidad, el derecho al agua va ligado con la propiedad de la tierra. Los turnos de agua son organizados según la cantidad de agua que puede transportar la acequia y el número de usuarios. El agua es medida en tiempo o caudal de riego de forma muy precisa. Éstos nunca son inferiores a seis horas. Para una mejor igualdad en el reparto y un riego regular, éste es programado alternativamente de día o de noche. Cuando se introdujeron los motores, se siguió con el mismo sistema de reparto. El resto de las acequias son de propiedad común. Toda transacción sobre la tierra conlleva la del agua correspondiente. Cada usuario recibe agua cuando llega su turno. Los que poseen el derecho de su uso pueden cederlo. Todo está consignado en las memorias. Para asegurar el buen funcionamiento de los dos modos de reparto, la comunidad del agua otorga el control y la vigilancia a un acequero. También está encargado de arbitrar entre los conflictos, de los trabajos de mantenimiento y de asegurarse que el reparto no sea desigual.

El derecho al agua y los trabajos de mantenimiento, sobre todo de las redes de desagüe, dependen de la posición social de cada uno en la comunidad. Aquí la sociedad es jerarquizada y el sistema técnico de abastecimiento contribuye a mantener el conjunto de las reglas de gestión. La apropiación de los factores de producción divide en tres categorías a los

<sup>5</sup> Lagos salados.



actores: los religiosos, los árabes y los beréberes, y los antiguos esclavos. Un 15% de las familias no tiene posibilidad de acceso al agua. El 54% de los propietarios de campos de cultivo posee el 28% de los derechos de agua. Y el 11% de los propietarios más ricos tiene el 41% de los derechos de agua. Los propietarios religiosos disponen del 33% de los derechos de propiedad o uso del agua. Los propietarios árabes y beréberes tienen acceso al 47% de los derechos de agua. En cuanto a los antiguos esclavos, de los cuales sólo el 32% son propietarios, les corresponde el 18% del agua. Son los antiguos esclavos los que poseen el menor número de tierras y de derecho al agua distribuida. Por lo tanto, es una minoría la que dispone aquí del principal factor de producción. La desigualdad en el acceso al agua no es comparable con la de los otros dos factores de producción, la tierra y las palmeras<sup>6</sup>, pero también existe a la hora de repartir el trabajo de mantenimiento entre los diferentes miembros de la comunidad. Son los antiguos esclavos los que tienen que participar en los trabajos más difíciles, mientras que los religiosos pueden pagar a otros para que lo hagan en su lugar. Además, el acequero proviene en general de una familia poderosa, que ve así aumentar sus dotaciones en agua porque todos le pagan con derechos de agua. Aquí, el derecho consuetudinario ha generado una gestión eficaz pero desigual del agua de los acuíferos.

La costumbre define los derechos y deberes de cada uno sobre la tierra y el agua, y de ello depende el modo de gestión. El orden social que instituye va a determinar la forma de la institución que gestiona el recurso hídrico. Este tipo de gestión es sostenible económica, ecológica y socialmente, pero sólo a nivel local.

### 1.1.2. Un ejemplo de sociedad hidráulica, la gestión del Nilo en Egipto

Las sociedades hidráulicas, además de existir como una forma de organización en torno al agua, también tuvieron como objetivo la lucha en contra de las inundaciones, como ha sido el caso del Nilo, el establecimiento y el control de la irrigación o la necesidad de enfrentarse a una creciente presión demográfica. Se caracterizan por un doble sistema de poder: en la cúpula, un Estado fuerte que decide, planifica y financia la construcción de las grandes obras y establece los derechos del agua y, en la base, comunidades campesinas que participan con su trabajo y sus impuestos en la construcción y el mantenimiento de las infraestructuras. Aquí es la escasez del recurso la que requiere un modo de gestión centralizado y la participación de todos. La supervivencia del pueblo egipcio, desde los tiempos

<sup>6</sup> Éstas permitían obtener tradicionalmente casi todo lo necesario para la vida: dátiles, madera para la construcción y combustible para el fuego.

más remotos, ha dependido del amaestramiento del Nilo y sus desbordamientos, única fuente de agua en un país donde las precipitaciones son casi inexistentes. El objetivo siempre fue aprovecharlos al máximo, inundando, de forma controlada, la mayor superficie de tierra posible.

#### a) La institución de gestión

La institución encargada de las aguas del Nilo debía de ser capaz de organizar el censo de la población activa, elegir las pautas de contribución de las diferentes clases sociales, así como organizar su movilización, cobijo y desplazamiento. Las más altas autoridades dirigen las obras, construyen las infraestructuras de irrigación y organizan la distribución del agua. Tenían que ser capaces de contabilizar tanto las necesidades de la población como los gastos correspondientes y los medios económicos requeridos. Las decisiones se tomaban en el ámbito más elevado de la escala social. Las fases de expansión y regresión de la sociedad egipcia siempre estuvieron unidas a la capacidad de sus dirigentes para gestionar las inundaciones del río. Éstos delegaban en sus funcionarios la recogida de información sobre la población y la altura del Nilo. Fue así como se creó una nobleza en las provincias que dominó a toda la población. El Estado se identifica con la persona del soberano. Es él quien garantiza el acceso al agua y a la tierra que le pertenecen en su totalidad. Las comunidades campesinas tienen el usufructo de las parcelas mientras pagan los impuestos y contribuyen con su trabajo<sup>7</sup> en la construcción y el mantenimiento de las redes de irrigación y drenaje, en caso contrario, las tierras que cultivan y sus bienes se confiscan. Nunca se les permitió organizarse para autoabastecerse e independizarse. La capacidad de organización y la jerarquía que este tipo de organización requiere, hacía necesaria la existencia de modos de coerción. El cumplimiento por el poder central de sus funciones hidráulicas era entonces el fundamento mismo de su legitimidad.

En la sociedad egipcia del siglo XVIII, siguen presentes igualmente, las tres categorías de protagonistas: el gobierno, sus delegados locales y los campesinos. Firman un contrato: el *iltizam*, en el cual el gobierno cede de forma temporal sus tierras y delega sus poderes en cada aldea a un funcionario, el *multazim*. Éste debe pagar con antelación a las autoridades los impuestos que los campesinos le deben antes de recaudarlos. Los agricultores reciben tierras si han pagado sus impuestos el año anterior y si han participado en el mantenimiento de diques. Los impuestos son generalmente pagados con parte de las cosechas que son guardadas en depósitos. Los tra-

<sup>7</sup> Se exigían un hombre por familia y 45 días de trabajo cada año.

bajos de interés colectivo no compiten con los trabajos agrícolas. Son indispensables porque si un dique se rompe todos los agricultores sufren las consecuencias. En contrapartida, el «maestro de las tierras irrigadas», es decir, el Estado, garantiza que la tierra recibirá agua y será protegida de las inundaciones indeseables. Al principio del siglo XX, los principales protagonistas son los campesinos. Las diferentes instituciones siguen garantizándoles un acceso al agua y a la tierra que, a pesar de ser desigual, les permite evitar toda revuelta social. Los turnos de agua entre los agricultores siguen un orden de parentesco, de vecindad o de afinidad. Los robos son poco frecuentes. Las parcelas están separadas las unas de las otras, lo que reduce la posibilidad para un mismo hombre de tener a su disposición muchas tierras de cultivo. Asimismo, la solidaridad entre los agricultores puede seguir siendo importante. Los campesinos sin derecho al agua dependen de los funcionarios, y aunque el acceso al agua, bien público, no puede serles rehusado, tienen que someterse a las servidumbres colectivas definidas por la ley. El bombeo de agua de los acuíferos completa el del Nilo. Los agricultores también crían ganado para reemplazar la fertilización por los sedimentos que traía de forma natural el río antes de la construcción del embalse de Asuán. La unidad, la continuidad y, sobre todo, el carácter único del río Nilo como fuente de agua han contribuido fuertemente a la relativamente precoz<sup>8</sup> centralización de su gestión. Así, a pesar de los grandes cambios acontecidos en la cúpula del país, esta gestión se ha mantenido en el tiempo mientras las reglas establecidas, los derechos y deberes de cada protagonista, no han cambiado.

Existen en los países en vías de desarrollo una multitud de técnicas de extracción del agua y de regadío. Sin embargo, las únicas que se siguen utilizando hoy son las que han estado acompañadas de reglamentos de organización sociales sólidos. Bromler, citado por Sheridan<sup>9</sup>, afirma que «las obras de ingeniería civil con reglamentos poco precisos sobre la distribución del agua y el mantenimiento del sistema no son suficientes», para que la gestión perdure tiene que existir un reglamento definido y aceptado por todos. La sostenibilidad ecológica no es garantizada porque aquí no hay una gestión integrada en la escala del hidrosistema. La sociedad hidráulica egipcia ha creado una organización social capaz de racionalizar y optimizar el uso del recurso. Pero el esfuerzo era invertido en la gestión del sistema técnico de abastecimiento del agua y no en la gestión del agua como recurso.

<sup>8</sup> Éste no ha sido siempre el caso. Ver DE SAINTE MARIE, C., «États et paysans dans les systèmes hydrauliques de la vallée du Nil», *Études Rurales*, julio-diciembre de 1989, p. 60.

<sup>9</sup> SHERIDAN, D. (1985), *L'irrigation, problèmes et dangers, l'eau contre la faim*, París, L'Harmattan, p. 120.

## 1.2. Las instituciones procedentes del poder público: el ejemplo argelino

El agua es a menudo un recurso estratégico de primer orden en muchos países en vías de desarrollo, por lo que los poderes públicos se han encargado de la gestión de este recurso. Las instituciones tradicionales se han modificado profundamente con el nacimiento de los Estados «modernos». Asimismo, las comunidades tradicionales perdieron sus prerrogativas frente a los nuevos dirigentes. El papel de estos Estados ha sido el de definir planes de desarrollo de la gestión del recurso y de instituirlos. También han creado un marco jurídico, reglamentario y administrativo adecuado. La importancia de la gestión pública en el sector del agua tiene diferentes explicaciones. En primer lugar, el desarrollo del abastecimiento de agua necesita inversiones importantes a largo plazo, condiciones que sólo los poderes públicos pueden afrontar. Además, el agua tiene una importancia particular como bien colectivo que responde a necesidades sociales. La gestión de los recursos hídricos también significa proteger a las poblaciones de las inundaciones o de las enfermedades hídricas. Dejar la distribución y la gestión en manos del sector privado podría impedir su uso a ciertas categorías socioeconómicas o sectores no lo suficientemente rentables. Los múltiples usos generados por el agua, regadío, generación de energía, abastecimiento urbano o usos recreativos «complican la toma de decisiones sobre la tarificación y la asignación del recurso<sup>10</sup>». Tal hecho está en el origen de los diferentes tipos de instituciones públicas, de la más descentralizada a la más autoritaria. Es decir, de las cooperativas de gestión a una gestión ministerial. En algunos casos extremos, el recurso hídrico es directamente controlado por la cúpula del poder.

En Argelia, el clima varía según las regiones: mediterráneo húmedo o seco en el norte y árido en la mayor parte del país. Casi todos los regadíos, el 60% del consumo de agua, se sitúan en los valles fértiles del noroeste, donde se ubica del río más importante del país, el Cheliff. En esta región el clima es semiárido. Las lluvias alcanzan menos de 400 mm y una gestión sostenible de los acuíferos, superficiales en su mayoría, no permitirían ni siquiera satisfacer las necesidades básicas<sup>11</sup> de la población de la región. El ejemplo argelino hasta el final de los años setenta es el de una gestión centralizada sólo dedicada al crecimiento económico. La política argelina era entonces la de la industrialización. Por tanto, era el todopoderoso Ministerio de Industria quien decidía, con el de Planificación, las necesidades del sector agrícola e hidráulico en productos manufacturados. Según

<sup>10</sup> Banco Mundial (1994), *Gestión de los recursos hídricos*, Washington: World Bank, p. 30.

<sup>11</sup> La tasa de renovabilidad de los acuíferos es aquí de 90 hm<sup>3</sup> al año, lo que representa 35m<sup>3</sup> por persona, mientras la satisfacción mínima de las necesidades básicas correspondería a 1.000 m<sup>3</sup> por persona y año.

el propio ministro de Industria de entonces: «el agua y la agricultura vendrán después de [la industria], la [cuestión] hidráulica no es nada, sólo una responsabilidad de gestión»<sup>12</sup>.

### 1.2.1. Las instituciones

Oficialmente, el Ministerio de Industria es responsable de la gestión del conjunto de los recursos naturales, hasta la creación del Ministerio de la Hidráulica. Asimismo, era el encargado del funcionamiento de los embalses y de la distribución del agua a los Sindicatos de Gestión de los Perímetros Irrigados. Los embalses eran construidos y gestionados por una dirección del Ministerio de Obras Públicas y Fomento, al igual que la gestión de las pequeñas y medianas infraestructuras hidráulicas dependían del Ministerio de Agricultura hasta el fin de los años sesenta. La creación en 1970 de una Secretaría de Hidráulica ha sido más una autonomización de la dirección de Hidráulica del Ministerio de Agricultura que una voluntad de reforma de este sector por el Estado. La extracción y explotación del recurso incumbe a una empresa pública. Los objetivos decididos en el plan 1970-1974, sobre todo de construcción de embalses, son demasiado ambiciosos y costosos. Es en 1977, con la creación del Ministerio de Hidráulica y de Fomento, cuando nace la política hidráulica argelina, basada en la gestión de las obras hidráulicas. Este ministerio se ocupa también del fomento y de la protección del medioambiente. Un Comité Nacional de los Recursos Hídricos fue creado en 1980 para acabar con las situaciones conflictivas y de competencia por el agua, pero nunca funcionó. El mismo año, al Ministerio de Hidráulica se le otorgó todo el conjunto de prerrogativas sobre la gestión de los recursos hídricos.

En 1983 se promulgó una ley sobre la protección del recurso hídrico y se adoptó un código del agua. Este último se propone promover un uso racional y planificado para satisfacer mejor las necesidades sociales y económicas. También quiere que el recurso sea protegido de la contaminación, el despilfarro y la sobreexplotación. En tercer lugar, pretende prevenir todos los efectos negativos. La multiplicación de empresas públicas, instituciones y organismos encargados de uno u otro aspecto de la gestión, o de ejercerla a nivel local, regional o nacional, sigue siendo la política del país. Los ayuntamientos son los encargados del abastecimiento de agua potable, pero pueden ceder esta responsabilidad a empresas privadas. Algunas de estas instituciones y organismos dependen del Ministerio del Interior, otros del de Agricultura o del de Fomento. Muchos de ellos no dispo-

<sup>12</sup> Belaid Abdeslam fue ministro de Industria de la Energía y Primer Ministro en un período más reciente.

nen de los medios necesarios para llevar a cabo su misión. En 1990, las autoridades deciden la creación de Planes de Ocupación de los Suelos y Planes de Desarrollo de Fomento y de Urbanización con vistas a limitar las construcciones urbanas sobre las tierras agrícolas. El Ministerio de Hidráulica es transformado en una dirección del Ministerio del Equipamiento y Fomento y la Dirección General del Medioambiente depende del Ministerio del Interior. La política del agua sigue siendo la de la gestión de las obras hidráulicas, sectorial y fragmentada. En enero de 1995, después de meses de trabajo en colaboración con todos los sectores de investigación, se decide la creación de Agencias y Comités del Agua, equivalentes a los organismos de cuenca españoles o a las agencias de cuenca francesas. Sin embargo, en 1998 estas instituciones todavía no existían.

### 1.2.2. La gestión del recurso hídrico

La extensión de las zonas de regadío en Argelia se debe principalmente a las construcciones de pequeñas y medianas obras hidráulicas. Asimismo en Argelia a una evolución de las técnicas hidráulicas utilizadas. Este desarrollo se debe al aumento de los precios de las frutas y hortalizas, a la demanda creciente de estos productos y a unas tecnologías disponibles a precios más asequibles. Por lo tanto, las inversiones necesarias son rápidamente recuperadas con los beneficios generados. Asimismo, el hecho de que el sector de la agricultura privada, abastecido por pequeñas y medianas obras hidráulicas, no se benefició de ninguna ayuda o inversión estatal hasta hace pocos años, no fue un factor decisivo para acabar con ella; aunque sí lo fue para impedir su generalización. La construcción y el mantenimiento de estas infraestructuras siempre han estado a cargo de los agricultores. La otra razón que permite hoy su desarrollo son las reformas emprendidas en materia de devoluciones de las tierras nacionalizadas a sus propietarios. La Ley promulgada en agosto de 1983 prevé que cada persona que cultive tierras no productivas hasta entonces, generalmente pertenecientes al Estado, será su propietaria si produce cultivos en menos de cinco años. Así, los agricultores podrán seguir labrando sus parcelas sin sentirse inseguros frente a leyes cambiantes.

### 1.2.3. La agricultura tradicional

Las explotaciones agrícolas privadas, *melk*, se autoabastecen gracias a pequeñas y medianas infraestructuras hidráulicas que han desarrollado de forma tradicional. Esta explotación privada se suma a una gestión colectiva de los cultivos. Asimismo, para no perjudicarse unos a otros, los cultivos y

los pastos son coordinados entre todos los agricultores. Según la disponibilidad del agua, los cultivos pueden ser intensivos o no. En estas tierras se cultivan árboles frutales al mismo tiempo que cereales u hortalizas. Cuando la tierra no es propiedad privada, *arch*, su uso pertenece a la comunidad pero se transmite de padres a hijos con la obligación de cultivarla. Cada uno tiene que aportar una cierta cantidad de trabajo a la comunidad, en general, manteniendo las infraestructuras y cultivando para los que no tienen tierra. La agricultura tradicional se basa en los cultivos de cereales de invierno, barbecho y la cría de ganado. Alternando con el barbecho, los cultivos de cereales favorecen el reposo de suelos generalmente frágiles y propician pastos para alimentar los rebaños. Pero, sobre todo, son una especie que tiene relativamente pocas necesidades de agua. Los cereales son cultivados en las zonas más fértiles, y en los valles donde se pueden beneficiar de la mayor cantidad de agua y de los sedimentos que se depositan. La variedad de los cereales cultivados permitía cubrir las necesidades básicas. Las rotaciones con los barbechos son generalmente bianuales. También se cultivan en las mismas parcelas ciertas especies de árboles como olivos, almendros, castaños, viñedos o higueras en las regiones semiáridas por las reservas de agua que almacenan en su biomasa y porque tienen largas raíces que les permiten abastecerse en acuíferos situados fuera del alcance de las técnicas tradicionales. Al mismo tiempo, los árboles representan una inversión a largo plazo que permite alimentar al ganado, propicia madera y sombra, protege los cultivos del sol y mantiene los suelos. Para que no redujeran las superficies de cultivo, eran plantados al límite de las parcelas. Asimismo, además de estar más protegidos en caso de sequía, los campesinos aprovechan de la mejor forma posible las zonas de desnivel. Los pastos se sitúan en las zonas periféricas que no pueden ser cultivadas por estar generalmente erosionadas. Por la noche, se lleva a los rebaños sobre los barbechos para transferir la fertilidad a los futuros campos de cultivo mediante el estiércol. Además, estos rebaños representan una fuente de ingresos inmediata en caso de dificultad o para ocasiones especiales. Las hortalizas se cultivan en huertas situadas al lado de las casas alternando con cultivos permanentes. Éstos aportan así más variedad en el día a día y seguridad en cuanto al abastecimiento. La biomasa producida por los desechos de las casas sirve aquí de fertilizante. Estas «huertas-jardines» son altamente productivas.

La corta duración de las rotaciones entre los cultivos y el barbecho impide una producción de biomasa suficiente para la reproducción de la fertilidad y el almacenamiento natural del agua. Por esta razón, además de utilizar al ganado, los campos eran labrados de manera superficial para que pudieran almacenar materias orgánicas y enriquecerse. Asimismo, los suelos se preservaron, permitiendo satisfacer las necesidades de la población durante el tiempo que duró esta organización en los cultivos. Los colonos

pudieron, cuando se apoderaron de las tierras de cultivo, producir cosechas durante varios años sin dejarlas en barbecho y sin que los rendimientos bajasen. La complementariedad en el uso del espacio y el cuidado aportado al uso de los recursos favoreció la supervivencia de estas formas de cultura.

#### 1.2.4. Las nuevas formas de agricultura privada

Estos cultivos se sitúan en regiones de la costa argelina, cerca de grandes núcleos urbanos o turísticos, como Staoueli, Collo o Tipaza o siguen siendo tradicionales o producidos por agricultores que practican el pluriempleo como sucede en los valles de todo el país o en algunas palmerías del desierto. Zonas que nunca fueron cultivadas lo son hoy en día. Ante la proximidad de un río o, situación más frecuente, de un acuífero y a pesar de las lluvias escasas, aunque concentradas en el tiempo y devastadoras, el clima mediterráneo o semiárido es más fresco gracias a las influencias del mar. Tradicionalmente el riego se efectuaba por inundación y el agua era traída por gravedad a través de sistemas de canales a partir de pozos o ríos. El riego por aspersión es más reciente. Las superficies cultivadas son pequeñas, de menos de una hectárea a varias decenas de hectáreas. Las zonas de regadío son menos extensas que lo que la teoría prevé debido a la creciente escasez de agua en las zonas urbanas cuyo abastecimiento es prioritario. Al no tener acceso a las grandes infraestructuras de abastecimiento estatales, estos agricultores se ven obligados, cuando no tienen acceso directo a un hidrosistema, a comprar el agua, lo que implica costes muy por encima de lo que deberían, o riegos con aguas residuales. La mano de obra está constituida por los miembros de la familia en el caso de cultivos tradicionales o de jornaleros cuando son especulativos. Las especies cultivadas siguen siendo muy diversas y las mismas que en los «jardines-huertas» tradicionales: frutas y hortalizas. Los rendimientos son más altos que los que consiguen las cooperativas agrícolas estatales. Los precios que llegan a alcanzar frutos como los plátanos, cuya demanda es muy elevada, las plantas ornamentales y las hortalizas, los convierten en productos altamente especulativos y fuera del alcance de una gran parte de la población. Por tanto, ésta no es la solución para reducir el déficit alimentario. Los propietarios de estos cultivos son tradicionalmente agricultores, que invierten importantes cantidades de trabajo, o ciudadanos que invierten su capital en un sector que produce importantes beneficios. Asimismo, los gastos en motores de bombeo, plástico y camionetas son rápidamente recuperados.

Un ejemplo de agricultura especulativa lo constituyen los productores de plátanos en Tipaza, ciudad turística situada a 70 km de Argel.

J. J. Pérennès en *L'eau et les hommes au Maghreb*<sup>13</sup> describe la experiencia de los que fueron los primeros en cultivarlos: tres funcionarios del Ministerio de Agricultura. Consiguieron ayudas financieras y técnicas, sembrando una primera parcela de 0,7 hectáreas. Sobre una estructura metálica de 6 metros instalaron el invernadero. Gracias a un ventilador y a la calefacción, la temperatura era mantenida entre 18 y 22 grados. En todos los cultivos de este tipo, el sistema de riego utilizado fue el riego por goteo. Las inversiones eran, por tanto, muy importantes y resultaba imposible conseguir los montos equivalentes para los pequeños agricultores. El agua, generalmente barata, representaba un parte muy reducida del total de los gastos. Según Pérennès, los productores cambiaron rápidamente el sistema de riego por acequias más tradicionales y fáciles de manejar. Existen cuatro variedades de plátano, todas tienen un ciclo de unos dieciséis meses. Cada planta produce entre 40 y 60 kg al año y las expectativas son de 300 toneladas/ha. Estos cultivos necesitan menos empleados que los tradicionales. Las cargas fiscales son bajas, no existen ya restricciones a las importaciones y la legislación del trabajo es menos restrictiva desde que el país emprendió el camino de la economía de mercado. Estos tres productores han declarado haber amortizado los equipos en dos años y han ampliado sus cultivos desde entonces. En el mercado, estos plátanos se venden a un precio equivalente al 10% del salario mínimo. Tal hecho es posible en una situación de escasez provocada. Hoy estos cultivos están en plena expansión y siguen siendo de gran rendimiento.

Sin embargo, todos los agricultores no llegan a obtener beneficios, algunos de ellos ni siquiera el salario mínimo. Tal hecho es la consecuencia de pérdidas por las sequías, la falta de ayudas, la imposibilidad de obtener créditos y, consecuentemente, la dificultad en invertir lo suficiente para cultivar las especies de más alto rendimiento económico. Pero también sucede que la parte más importante de los ingresos vaya a los que transportan y comercializan las frutas y hortalizas producidas por los pequeños agricultores. Hoy, conscientes de la importancia de estos cultivos para mantener el empleo en las zonas rurales y atraer parados, alcanzar la autosuficiencia alimentaria del país e impedir el éxodo hacia las ciudades, las autoridades quieren crear estructuras de préstamo para las actividades agrícolas, nuevas ayudas e inversiones. Para aumentar las cosechas han instaurado una tasa para luchar contra las tierras abandonadas. También intentan favorecer la producción de cereales, legumbres secas y leche, que constituyen los dos tercios de la ración calórica y proteínica tradicional. Pero estos cultivos están muy amenazados por el crecimiento de la deman-

<sup>13</sup> Publicado en 1993 por ediciones Karthala, París.

da turística<sup>14</sup> y urbana, tanto en agua como en tierras fértiles perdidas con la multiplicación de las construcciones.

En Argelia hay 100.000 hectáreas cultivadas, bajo regadío, en los oasis del Sahara, donde aproximadamente hay sembradas 6 millones de palmeras, cereales, hortalizas, viñedos y cultivos industriales; 8.000 hectáreas están cultivadas bajo invernaderos. Las palmeras, además de tolerar aguas salinas para su riego, son fuente de energía, ofrecen materiales de construcción y dátiles. Los cultivos tradicionales llegan a tener más de 600 árboles por hectárea. La producción de dátiles varía de 25 a 40 kilos por año según las especies. En estas zonas hay un «efecto oasis» que reduce los efectos del viento y aumenta las precipitaciones. Los acuíferos del sur argelino constituyen una cantidad importante y son la única fuente de recursos hídricos<sup>15</sup> fuera del Atlas sahariano<sup>16</sup>. Por tanto, el abastecimiento se hace mediante pozos. En el oasis de Ouargla, existen fincas experimentales y otras donde se sigue cultivando un millón de árboles de forma tradicional. El clima es árido y, aunque la media de las temperaturas en verano ronda los 34 grados, a menudo éstas superan los 50. Las precipitaciones son inferiores a 40 mm. El agua está disponible gracias a un acuífero superficial, dos acuíferos profundos y el del Continental Intercalaire situado a más de un km de profundidad. El agua que surge con un cauce de más de doscientos litros por segundo está a una temperatura de 55 grados. El problema de este acuífero es que la extracción es muy cara y el agua salina. El agua pura escasea. Por consiguiente, los pozos son cada vez menos utilizados, han pasado de ser más de trescientos hace un siglo a menos de cien en los años ochenta. Algunas de las *foggaras*, en estado fósil, construidas para traer el agua en la antigüedad, han sido descubiertas. Los motores de bombeo, después de aumentar las cantidades de recursos disponibles, han originado los descensos de nivel del agua en los acuíferos además de graves problemas con las redes de drenaje, ya que éstas resultaron insuficientes para llevar cauces de agua muy superiores a los inicialmente previstos.

La Ley de 1983 ha permitido el acceso de numerosos agricultores a la propiedad de las parcelas que cultivaban<sup>17</sup>. La propiedad del agua no está ligada con la de la tierra pero, según los principios islámicos, pertenece a los que construyen los pozos y puede ser objeto de transacciones. El reparto del agua se hace por turnos, los caudales tienen una duración muy

<sup>14</sup> Al contrario de sus vecinos, Argelia nunca basó su economía sobre el turismo de masas, sin embargo, el turismo interno es muy importante.

<sup>15</sup> Los dos grandes acuíferos, el Terminal y el Intermediario tienen una superficie de varios cientos de miles de km<sup>2</sup>. Sus tasas de renovabilidad son, respectivamente, de 580 y 270 millones de m<sup>3</sup> al año.

<sup>16</sup> En esta región hay acuíferos superficiales alimentados por las lluvias. Tres embalses han sido edificados en esta zona.

<sup>17</sup> 280.000 hectáreas fueron, asimismo, atribuidas a 46.000 beneficiarios según el Ministerio del Equipamiento y del Fomento del territorio.

precisa. En Ouargla, el que dispone del agua dispone de 7 días y 7 noches de riego. Cada fracción dura 12 horas. Cada día se divide en 120 unidades, las *kharoubas*, con una duración que varía de 5 a 7 minutos, según la época del año. El turno de agua de cada uno de los regantes depende de sus derechos sobre el recurso. Para un riego continuo, los ciclos son de treinta unidades cada 2, 4, 6 ó 12 semanas. Los etnógrafos y sociólogos han calificado este reparto de «complejo pero igualitario». Además, así se permite un equilibrio entre el agua traída por las acequias y la que sale por las redes de drenaje. Los mismos caudales han sido mantenidos después de la aparición de los motores de bombeo.

Las pequeñas y medianas obras hidráulicas no significan un uso racional y cuidadoso del agua. Muchos antiguos funcionarios, comerciantes o artesanos aprovecharon la Ley de 1983 para emprender cultivos y construyeron centenares de pozos. Gran parte de ellos no tienen conocimiento alguno del entorno ni de las técnicas hidráulicas que emplean; por lo cual utilizan el recurso hídrico sin ser cuidadosos. Cantidades importantes de agua se pierden debido a la potencia de los motores de bombeo, y, al evaporarse, dejan sales que afectan a la calidad de los suelos hasta esterilizarlos. Los tiempos necesarios para la recarga de los acuíferos tampoco son respetados. Pero el Estado sigue prestando ayuda a estos nuevos agricultores.

#### 1.2.5. Las grandes infraestructuras hidráulicas

Los grandes perímetros, de 5.000 a 20.000 hectáreas cada uno, son los que se benefician de las grandes obras hidráulicas, ocupan las tierras más fértiles y disponen de las infraestructuras más avanzadas. Son gestionados por fincas estatales, los Domaines Agricoles Socialistes, que reagrupan entre veinte y ochenta trabajadores cada uno. Disponen de las tierras y de las máquinas en común, y el trabajo se lleva a cabo de forma colectiva. Después se reparten los ingresos según la calificación y la cantidad de trabajo aportada por cada uno. Un ingeniero encargado de la gestión les dirige. Son los trabajadores quienes eligen al presidente de la finca, también se reúnen ocasionalmente en asamblea general. Sin embargo, el funcionamiento de estas fincas dejó mucho que desear. Nunca existió una estructura que permita a los trabajadores participar en las decisiones. Sus asignaciones y la producción de las fincas eran decididas por el Ministerio de Industria. Para los trabajadores, estas fincas constituían la segunda expropiación de sus bienes después de la de los colonos. La reforma decidida en los años ochenta, con aumento de los salarios, no fue suficiente para disminuir la desconfianza entre las diferentes categorías de protagonistas. Varios organismos fueron encargados de gestionarlos a nivel nacional hasta la creación en 1985 de las Oficinas de los Perímetros Irrigados. Cuando el

agua proviene de los embalses, éstas colaboran con al Agencia Nacional de Embalses; si el agua proviene de acuíferos, la colaboración se lleva a cabo con la Agencia Nacional de los Recursos Hídricos. Las Oficinas son las encargadas de asegurar la realización de los planes de cultivo, el uso racional del recurso y las infraestructuras de regadío, su mantenimiento y la promoción de métodos modernos de irrigación.

Después de la independencia ninguno de los planes de desarrollo se cumplió. Por lo tanto, los embalses previstos no fueron construidos. El número de parcelas en regadío disminuyó de 60.000 a 49.000 hectáreas aproximadamente, con el envejecimiento y la falta de mantenimiento de las infraestructuras de regadío existentes. Las dotaciones decididas por el Ministerio de Industria no tienen mucho que ver con las necesidades de los usuarios. Las pequeñas y medianas infraestructuras han sido olvidadas en el reparto de ayudas por el Estado. Los conocimientos tradicionales y locales fueron desdénados por no ser «modernos». Los conflictos, continuamente subestimados, de prerrogativas entre las administraciones mismas y entre usuarios se multiplican. El desarrollo de la agricultura no era entonces prioritario. Además, los precios del agua también eran subestimados, lo que generó parte de los comportamientos de despilfarro y un uso desordenado del recurso. El sector industrial, además de autoabastecerse con agua construyendo sus propios pozos ilegales, contamina los acuíferos y los ríos con toda impunidad. Frente a la degradación de la situación, de la escasez, del crecimiento de la población y de la demanda, el sector hidráulico recibe más créditos a partir de 1977. Se construyen embalses así como otras infraestructuras para fomentar el regadío. Pero el abastecimiento de agua potable sufre ya numerosas restricciones a pesar de recibir más del 50% de las inversiones del sector. Y a partir del inicio de los años ochenta pasa a ser el sector prioritario para la asignación del agua, el sector industrial, no petrolero, queda en última posición tras el agrícola. En 1980, se decide el final de la revolución agraria y se suprimen las redes de cooperativas. Hoy las tierras se devuelven a sus antiguos propietarios, se venden o están a disposición de los agricultores según la Ley de 1983. Hoy en día es muy difícil seguir con la gestión pública de las grandes superficies dado que escasean los medios económicos necesarios, éste es incluso el caso de la rehabilitación de las redes de distribución, por las que se pierden entre el 50 y el 80% del agua. Por esta razón, el Banco Mundial y el Estado argelino están hoy de acuerdo para privatizar todo el sector e incrementar los precios. En la mayoría de los casos, el agua para el riego constituye un gasto inferior al 10% del total cuando se paga, pero casi nunca se paga lo que la ley impone<sup>18</sup>.

<sup>18</sup> El Decreto del 14 de noviembre de 1992 define las tarifas y los coeficientes de multiplicación para el cálculo de los precios del agua según cada sector económico. En cuanto al regadío, los precios dependen de las especies cultivadas y de la superficie en regadío. Pero, en los perímetros abastecidos

Los conflictos entre las diferentes categorías de usuarios siguen ampliándose. Las restricciones han llegado hasta tal punto que en muchas regiones los agricultores han abandonado sus cultivos o los riegan con aguas residuales. Y todas las grandes ciudades las sufren. Esta situación no impide el despilfarro, agudizado por el envejecimiento de las redes de abastecimiento. Sin embargo, a pesar de haber llegado a un acuerdo con el Banco Mundial, el gobierno sigue anunciando la construcción de nuevos embalses o trasvases y la puesta en regadío de cientos de miles de hectáreas, en las zonas de montaña, de la estepa o del desierto. Por lo tanto, el aumento de la oferta es todavía la solución para un número importante de dirigentes. Por consiguiente, la sobreexplotación, la gestión minera<sup>19</sup> y la contaminación del recurso son situaciones habituales. Y el propósito —siempre promulgado en los documentos oficiales— de impulsar el ahorro, el reciclaje y de fomentar la desalinización, recurriendo a recursos no convencionales, no parece ser más que un conjunto de buenas intenciones.

## 2. Instituciones integradas al hidrosistema: la cuenca hidrográfica como origen de la institución de gestión del recurso

La cuenca hidrográfica es la región geográfica que constituye un río y sus afluentes. Más de 200 cuencas en el mundo se sitúan en más de un país a la vez. Representan el 60% de la superficie de las tierras aproximadamente. La planificación administrativa es la más frecuente, pero poco a poco todos los países se percatan de la importancia de la gestión del hidrosistema en su conjunto tanto ecológica como social y económicamente, y las organizaciones internacionales los apoyan técnica y económicamente en la conclusión de acuerdos. Se han firmado más de 200 acuerdos, incluyendo la totalidad de los países ribereños o parte de ellos. Las instituciones constituidas al nivel de las cuencas hidrográficas deben satisfacer varios criterios. En primer lugar, el de poder concebir, planificar y ejecutar estrategias de desarrollo socioeconómicas. Después, el de crear una base de datos para integrar el hidrosistema entero para un mejor conocimiento e incluir todas las consecuencias de su gestión sobre los elementos que lo componen y su funcionamiento. En el caso de hidrosistemas internacionales, también pueden servir de marco para la cooperación entre los diferentes estados implicados. A menudo, estas instituciones no

por el Estado, los agricultores deben adquirir un abono que depende del volumen máximo pedido y del volumen realmente consumido. Al cabo de tres años se añade una tasa mínima correspondiente al coste del riego por hectárea.

<sup>19</sup> La sobreexplotación es la consecuencia de una mala gestión del recurso mientras que la gestión minera corresponde a una política de extracción máxima del recurso.

funcionan al reflejar los conflictos de intereses y las tensiones existentes entre países ribereños. Asimismo, algunas no funcionaron por estar demasiado politizadas, como es el caso de la Volta River Authority, o por olvidar el carácter multidimensional del agua y especializarse en un solo aspecto de su utilización. Éste ha sido el caso de la Sociedad para el Fomento del Bandama que dio una prioridad exclusiva a la producción agroindustrial. Sin embargo, en algunos países áridos en vías de desarrollo, los dirigentes saben que preservar los hidrosistemas es importante y corresponde al interés común. Por lo tanto, existen instituciones que cumplen con estos criterios pero aún deben satisfacer otras condiciones antes de alcanzar la vía del desarrollo sostenible. Estas instituciones dependen, en primer lugar, de las características de los hidrosistemas que administran, pero las particularidades sociales y económicas también las influyen. En el conjunto del Sahel, las condiciones climáticas se traducen por situaciones crónicas de sequía. Los casos de sobreexplotación y contaminación del recurso se han multiplicado. Hoy, sus ríos y sus lagos más importantes son objeto de una gestión coordinada por los diferentes estados ribereños dentro de instituciones especializadas.

### 2.1. El Organismo de Fomento del río Senegal

El río Senegal atraviesa el oeste de Malí y forma la frontera entre Senegal y Mauritania a lo largo de 1.800 km. La población que vive en su cuenca es de dos millones de personas, lo que corresponde a una tercera parte de la población total de los tres países ribereños. El caudal anual del río es de 24.000 m<sup>3</sup> lo que permite el desarrollo de la zona favoreciendo un cierto número de actividades. Asimismo, la construcción de dos embalses ha permitido crear 300.000 ha de regadío y generar electricidad. El nivel del río baja durante el estiaje, entre los meses de marzo y junio, y el agua de mar avanza entonces hasta niveles de la cuenca situados a 200 km de la costa. Lo que impide cualquier uso para riego.

#### 2.1.1. La institución

Los tres países recorridos por el río firmaron la Convención del río Senegal en 1972. Sobre esta base, los jefes de Estado crearon el Organismo de Fomento del río Senegal, con el fin de armonizar las políticas económicas y de fomento para cada sector. Pero, finalmente, el objetivo fue el de desarrollar los recursos del río a través de políticas comunes de irrigación, navegación y abastecimiento de agua y energía. Al mismo tiempo, esta institución fue encargada de regularizar el caudal del río y protegerlo de las

intrusiones del agua del mar. Varios acuerdos constituyen el marco jurídico de esta institución. La Convención de 1972 permite la libre navegación y la igualdad de derechos para los tres países en todos los asuntos referentes al río. Todo proyecto concerniente al río debe recoger la aprobación unánime de los países integrantes. Los derechos y deberes de cada institución están inscritos en esta misma acta fundadora. Otro acuerdo, relativo al estatus jurídico de las obras construidas, es firmado conjuntamente en 1978. Estas obras son la propiedad común e indivisa de los tres estados. Cada uno participa en las inversiones y los costes según el beneficio esperado. La gestión de estas obras es confiada a agencias que trabajan bajo control del Organismo de Fomento del Senegal. Un tercer tratado, firmado en 1982, establece las modalidades de su financiación. Las contribuciones de los tres países, los créditos y diversas subvenciones aseguran así su funcionamiento. Un último acuerdo, firmado en 1991, crea agencias comunes de gestión de las infraestructuras hidráulicas encargadas de la explotación y del mantenimiento de todas las infraestructuras y de los puertos. Cada año, uno de los tres jefes de Estado y de gobierno la preside. Un ministro se encarga de la institución en cada país. Se reúnen dos veces al año para concebir y controlar los proyectos, y definen, por unanimidad, las prioridades de desarrollo y la contribución de cada país miembro. El Alto Comisariado es el órgano ejecutivo de la institución, su presidente es nombrado por los jefes de Estado y de gobierno. Él es quien representa a la institución frente a los ministros. Se encarga de recaudar información, realizar los programas de desarrollo decididos y de construir las obras necesarias. Examina los proyectos presentados por cada Estado y recauda los fondos económicos. Es responsable del funcionamiento de la institución. Personal especializado se encarga del presupuesto y de controlar las finanzas. Una comisión permanente, compuesta por representantes de cada país, se dedica a repartir el agua entre los diferentes países y los sectores económicos. Un Consejo de planificación, coordinación y seguimiento de los actos de desarrollo aconseja a los ministros. Otro organismo ayuda a recaudar los fondos necesarios. Diferentes servicios se encargan de las cuestiones jurídicas, administrativas, contables, de comunicación y de documentación. Tres departamentos operacionales se ocupan de todo el funcionamiento y de las realizaciones de los proyectos. Se relacionan con las empresas agrícolas e industriales y recaudan los pagos de los usuarios.

#### 2.1.2. La gestión del recurso

Cada Estado controla el uso del agua de acuerdo con su propia legislación, establece las autorizaciones e informa acerca de sus necesidades. También interviene en la gestión del agua un Comité de Usuarios que

representa a los diferentes protagonistas. El Organismo de Fomento define las pautas y modalidades de reparto del agua, ayuda a los estados a adaptar sus legislaciones y controla todas las agencias de gestión. Son sociedades de economía mixta que equipan la superficie de regadío, aseguran su funcionamiento y la comercialización de las cosechas. Los agricultores pueden pagar el agua según la superficie de regadío o el número de hectáreas equipado. Pero, a menudo, los pagos efectuados por estos usuarios no son suficientes para asegurar la gestión y el mantenimiento de la institución y los diferentes organismos, por tanto, encontrar otras formas de financiación sigue siendo necesario. El sector industrial tiene una demanda importante concentrada en pocos lugares. Las sociedades de gestión, así como la Agencia de Gestión, no están todavía funcionando a pleno rendimiento. Sin embargo, hoy existe un marco sólido para desarrollar los usos del agua, se establecen poco a poco relaciones claras con los usuarios y una cierta descentralización está en marcha. Aunque todavía existen imperfecciones, la estructura de la institución parece duradera. Ha permitido una estrecha cooperación entre los estados. La primera fase del desarrollo de la cuenca se terminó en 1988 con la construcción de dos embalses. Aún falta reforzar la cooperación y establecer un control estable sobre el recurso. También siguen siendo necesarias ciertas mejoras a nivel institucional, técnico y financiero. Cuando se crea el Organismo de Fomento, uno de los principales objetivos era alcanzar la autosuficiencia alimentaria, ingresos más elevados para la población a través de políticas conjuntas de desarrollo y cooperación y reducir la vulnerabilidad de los tres países frente a la sequía. La institución permite una gestión racional del agua a nivel nacional e internacional. Mauritania ha desarrollado su agricultura. Senegal se abastece en energía y ha intensificado sus cultivos y Malí tiene un acceso garantizado al mar.

#### 2.2. La Comisión de la cuenca del lago Chad

El lago Chad cubre una parte del territorio de Níger, Nigeria, Camerún, Centroáfrica y Chad. Su superficie es de 2.500 km<sup>2</sup> y su profundidad media de 3 metros. Las lluvias, que alcanzan 1.600 mm en el sur, no llegan a 100 mm al norte del lago. Dos ríos, el Chari y su afluente el Logone, abastecen el 90% del lago. Con los constantes períodos de sequía, más frecuentes desde los años sesenta, las aguas del lago resultan más imprescindibles a pesar de su importante evaporación, pero, al disminuir las lluvias, los caudales de los ríos se debilitaron y el lago casi desapareció en 1985. La superficie se redujo en treinta años hasta alcanzar 2.000 km<sup>2</sup>. Los acuíferos más solicitados empezaron a vaciarse. La población, de 8,5 millones de habitantes en 1987, de los cuales la mitad vive en Níger, y todos los sectores económicos



estaban amenazados por la desertificación de su entorno. Las actividades más importantes son la agricultura, la ganadería y la pesca. Los agricultores cultivan principalmente cereales en secano o regadío. Los suelos de la cuenca del lago son de buena calidad y favorecen un cierto crecimiento de la producción a pesar de los escasos rendimientos de los cultivos.

### 2.2.1. La institución

Camerún, Níger, Nigeria y Chad han creado la Comisión de la cuenca del lago Chad en 1964 para promover una gestión racionalizada del agua del lago, la coordinación del desarrollo de la región y solucionar los conflictos entre ellos. La Comisión también se propone establecer un programa de gestión de la cuenca en su totalidad. Esta institución recibe ayuda técnica y financiera del PNUD, del PNUMA, de la FAO y de la Conferencia de Ministros de Medioambiente africanos, además de las contribuciones de los estados miembros e inversiones privadas. Los organismos internacionales imponen reformas sociales y financieras a cambio de su ayuda. Cada Estado miembro debe dar el 1% de su presupuesto nacional. Sin embargo, cada país sufragará sus propios proyectos. Cada uno es representado en la institución por dos comisarios. Éstos se reúnen dos veces al año para aprobar el programa de la Comisión, sus actividades y su presupuesto. El órgano ejecutivo es el Secretariado. Se compone de siete direcciones: administración, agricultura, ganadería, pesca, bosques, obras públicas y recursos hídricos. Los proyectos se realizan a nivel global e intentan integrar las particularidades legislativas y sociales locales. La Comisión reglamenta y controla el uso del agua para que sea racional. Para ello, prepara las reglas de gestión del agua y se asegura de su aplicación. También recoge información y coordina las actividades de investigación. Se encarga de evaluar y autorizar la realización de todo proyecto relacionado con el lago y de encontrar soluciones a los conflictos entre los estados. Por tanto, es un instrumento de planificación, información y consulta acerca del agua; pero, sobre todo, se responsabiliza de todos los proyectos que puedan afectar de cualquier forma al lago.

### 2.2.2. La administración del lago Chad

En el mes de noviembre de 1989, los países miembros confiaron a la Comisión la elaboración de un plan director para fomentar y promover una gestión ecológica de los recursos naturales de la cuenca del lago. Los proyectos tienen desde entonces objetivos económicos, sociales y medioambientales. Los objetivos principales son aumentar la fertilidad de los

suelos y las zonas de regadío, satisfacer las demandas de agua y preservar y mejorar la eficiencia de los pastos con objeto de favorecer un desarrollo de la ganadería suficiente para garantizar la seguridad alimentaria. Otros de sus objetivos, de alcance más inmediato, son la protección de la biodiversidad y la sensibilización de la población a las cuestiones medioambientales. Quiere incrementar la participación de todos los usuarios en los procesos de decisión así como descentralizarlos. En los períodos de sequía, algunos de los objetivos compiten con el de la seguridad alimentaria y del abastecimiento de agua. Por lo tanto, los grandes programas hidroagrícolas siguen siendo prioritarios; pero, poco a poco, intenta simular y elaborar escenarios de disponibilidad del agua en caso de sequía. Éstos se incluyen al elaborar los proyectos de desarrollo y las infraestructuras. Los proyectos son aplicados cuando son aprobados por los estados miembros y la Comisión coordina entonces a los responsables de su ejecución. Una serie de medidas permite limitar las zonas de sobreexplotación, la evaporación y el despilfarro. Asimismo, se dedica cada vez una mayor parte del presupuesto a la protección del entorno y a generalizar un uso respetuoso de la tasa de renovabilidad y de la capacidad de asimilación de contaminantes del lago. El agua de los acuíferos sólo es bombeada a una tasa mayor que la de su renovabilidad cuando hay sequía. Cada vez que un caso de sobreexplotación aparece, se deja de bombear el agua en la zona afectada. También se prevé construir trasvases en caso de que la demanda aumente por encima de las disponibilidades.

### Conclusión

Para una gestión más ecológica y racional del punto de vista económico, la Comisión no debería favorecer tanto la creación de grandes perímetros. Esta situación se repite en otros muchos países donde, como en Argelia, el desarrollo del regadío es considerado como un modo de modernizar el sector agrícola. Además, la construcción de grandes embalses de retención impide la recarga natural de los acuíferos y aumenta las pérdidas por evaporación. Y un cierto nivel de inundación es importante para las especies que viven en la proximidad del lago. Por lo tanto, favorecer el abastecimiento de los regadíos con pequeñas infraestructuras y constituir reservas de agua para los tiempos de sequía serían medidas menos dañinas. Establecer los derechos al uso del agua y de pesca sigue siendo un problema, aunque la Comisión tiene capacidad para hacerlo. Aquí la cooperación interestatal y la política de gestión integrada del agua han sido un éxito. La gestión de toda la cuenca aún no es completa porque gran parte de la cuenca del río Chari, situada en Centroáfrica, está fuera de su responsabilidad. Los límites de la institución son más sociales y legislativos

que técnicos. Y los requisitos ecológicos no son respetados en su totalidad. Pero ya ha logrado una buena cooperación entre los diferentes estados, llevar a cabo políticas de gestión integradas en el medioambiente, favorecer la participación de los usuarios y asegurar la formación de un personal administrativo capaz de enfrentarse a las diferentes situaciones. Por lo tanto, es un primer paso, como en el caso del Organismo de Fomento del Senegal, hacia una gestión económica, social y ecológicamente sostenible. La formación de especialistas, del personal, la participación de los usuarios en el proceso de decisión y la integración de la totalidad del hidrosistema ya van siendo consideradas como prioridades. El principal obstáculo a una gestión integrada de los recursos hídricos es, en los países en vías de desarrollo, financiero. En general, los usuarios no tienen los medios suficientes para pagar lo que la institución necesitaría para invertir en programas de desarrollo o funcionar adecuadamente. Pero, seguramente, si ésta encuentra otras formas de financiarse, el desarrollo de las actividades de los usuarios será facilitado y podrán en el futuro pagar lo necesario.

## CAPÍTULO 8

### PRECIOS, MERCADOS Y DERECHOS DE PROPIEDAD DEL AGUA EN LA AGRICULTURA ESPAÑOLA

Manuel Santos Redondo  
Universidad Complutense de Madrid

El uso del agua en la agricultura española presenta muchos ejemplos de irracionalidad, que aúnan ineficiencia económica y deterioro de los recursos naturales. La solución a ambos problemas puede venir de la aplicación a la gestión del agua de los criterios de la economía de mercado. En este capítulo se utiliza el enfoque teórico de la economía de los derechos de propiedad para explicar las causas de ese mal uso de un recurso natural. Se destaca la existencia de derechos de propiedad dudosos, cuya consolidación se considera ligada al mantenimiento del uso tradicional. Se defiende la aplicación de una gestión más próxima a los mecanismos del mercado, y la consolidación de esos derechos para facilitar los necesarios cambios en la gestión. Se discuten, desde un punto de vista claramente favorable al mercado, los problemas que presenta el enfoque coasiano cuando tenemos en cuenta la posibilidad de cambio tecnológico, pues éste afecta a la definición de los derechos de propiedad. Se concluye defendiendo el enfoque de Coase frente al de la Escuela Austríaca que lidera el llamado ecologismo de mercado (*free market environmentalism*).

#### 1. La gestión actual del regadío supone a la vez ineficiencia económica y costes ambientales

La agricultura de regadío consume hoy cerca del 80% de los recursos de agua disponibles en España. Es la parte fundamental del consumo de agua en España. Los precios pagados por los usuarios, junto con las subvenciones a algunos productos agrícolas de regadío, la convierten, en

muchos casos, en casi gratuita. Esto se traduce en una extensión exagerada del regadío en nuestro país, y sobre todo en que la eficiencia técnica de las formas de riego es claramente mejorable<sup>1</sup>. A la vez, la rigidez del marco institucional en que se gestiona este recurso dificulta que los usuarios del agua para consumo urbano puedan comprar sus derechos a los regantes agrícolas, cuando esta transacción es claramente beneficiosa para ambas partes en muchas situaciones. El marco institucional es el principal responsable de que la política del agua se encamine de forma casi «natural» a las grandes inversiones en infraestructuras, que son costosas en términos económicos y ecológicos<sup>2</sup>.

Esta situación es aún más anacrónica si tenemos en cuenta que la agricultura de regadío es casi insignificante en el conjunto de la economía, en torno al 2,5% del PIB. Sin embargo, la superficie de regadío ha crecido y hay planes para que siga creciendo. ¿Cómo se explica esta paradoja? Varias son las causas de que persista una asignación ineficiente de los recursos:

1. *Inercia cultural*. Para mucha gente la expansión del regadío mediante la realización de grandes obras hidráulicas es un objetivo asumido culturalmente que no se discute. Podríamos pensar que son inercias de la etapa de la autarquía franquista, en la que no se cuestionaba el objetivo de maximizar la producción agrícola sin mirar su coste. Pero esta idea y la política que conlleva vienen de mucho más atrás. Por extraño que pueda parecer hoy, los regeneracionistas utilizan la misma retórica para hablar de la repoblación forestal y de la expansión del regadío. Nicolás Ortega detalla en otro trabajo de este libro cómo la política hidráulica regeneracionista, impulsora de grandes obras hidráulicas para expansión del regadío, que ha estado vigente desde finales del siglo pasado hasta hoy, se apoyó en el cuerpo de ingenieros de caminos. Ni los ingenieros agrónomos ni los geógrafos fueron tenidos en cuenta. Mucho menos, desde luego, los economistas: eran importantes para explicar si había dineros, pero no para comparar costes y beneficios sociales.

Éste es, además, un terreno en el que los economistas se mueven con dificultad. Entre el análisis coste-beneficio neoclásico puro y duro y la economía institucional caben múltiples consideraciones de precios de mercado, redistributivas, de política regional, ambientales y tecnológicas. Esta controversia entre los economistas contribuye a que forme parte de la cultura popular y de la ilustrada la idea de que siempre es bueno más regadío,

<sup>1</sup> De esta generalización, inevitablemente simplificadora, habría que excluir los regadíos del Levante español. También los acuíferos con perforaciones profundas, en los que se paga la extracción. Pero, en términos generales, sigue siendo válida la generalización.

<sup>2</sup> Otra causa de irracionalidad en la gestión del agua, que no analizamos aquí, es que el coste del agua es, en los regadíos rentables, una parte muy pequeña del coste total, por lo que la elasticidad-precio de la demanda de agua es casi nula.

sin el cuidadoso cálculo del coste de oportunidad. Pero las muchas discusiones teóricas que subsisten entre los economistas sobre la forma de abordar estas cuestiones son mucho menores que su consenso, si nos referimos al caso concreto del agua para uso agrícola en España: la mayoría de las obras hidráulicas recientes no resisten ni siquiera un análisis económico convencional de su rentabilidad, y todo queda referido a unos vagos e hipotéticos beneficios sociales, que no se explicitan.

2. *Consideraciones sociales*. Las consideraciones sociales, de equidad o de política regional, están presentes en la defensa del regadío ya desde el *Informe de la Ley Agraria* de Jovellanos y en general en las propuestas de los ilustrados, y desde luego en los regeneracionistas. Costa entendía el regadío como creación de riqueza y como política social para resolver la «cuestión agraria» (Ramos Gorostiza, 1998: 262). Los grupos de la población que se dedican a la agricultura de regadío son considerados de bajo nivel de renta. Son también población rural, y generalmente de regiones pobres. Y son con frecuencia zonas que serían despobladas de no ser por el regadío, que se utiliza como forma de fijar la población al territorio. Todas estas características hacen que el regadío se considere, directa o indirectamente, un objetivo de la política económica por su rentabilidad social.

Pero estas consideraciones no son ni simplemente buenas intenciones ni un objetivo superior que todo lo justifique. Los economistas estamos acostumbrados a manejar costes y beneficios sociales, sea desde la perspectiva del análisis coste-beneficio o sea desde un enfoque más institucional; porque las ventajas sociales no justifican cualquier inversión, sino que deben, en lo posible, cuantificarse, y compararse sus beneficios con sus costes y con los de otras inversiones alternativas. Y si esto puede ser difícil, al menos es imprescindible explicitar los objetivos. No es lo mismo acometer una obra hidráulica por criterios de rentabilidad que hacerlo para transferir recursos a un grupo de población de bajos ingresos. Cuando son justificadas, la regla general es realizar estas transferencias de la manera que menos interfiera con la asignación eficiente de los recursos a través del mercado, y que menos costes ecológicos conlleve. Y de nuevo el uso agrícola del agua es un ejemplo de irracionalidad económica: la cuasigratuidad del agua para riego es un mal sistema de transferencia de rentas.

3. «*Búsqueda de rentas*» por parte de los regantes. Hasta aquí, podemos resumir el razonamiento como «ni los políticos ni la opinión pública escuchan a los economistas»: han escuchado a los ingenieros y a la retórica del progreso sin comparar costes y beneficios. Pero, con ser importante, se hace difícil aceptar que la principal causa de la mala política del agua sea simplemente la irracionalidad. En lo que sigue de este artículo utilizaremos el enfoque de la economía neoinstitucional y de los derechos de propiedad para analizar esa supuesta irracionalidad y para proponer soluciones.

La expansión del regadío, a pesar de sus cuantiosos costes económicos directos y también ambientales, se ha explicado como «búsqueda de rentas» exitosa por parte de los regantes, puesto que los costes de las infraestructuras recaen sobre los Presupuestos del Estado. No sería un caso de irracionalidad por falta de conocimientos o por inercia cultural, sino la búsqueda consciente de intereses particulares. Al discutir el problema desde este punto de vista surge en muchos profesionales, en mayor medida que ante otros casos, una oposición sentimental al enfoque de *public choice* o búsqueda de rentas. Pero el uso de este enfoque resulta imprescindible: como en el caso de las consideraciones sociales, es necesario conocer y explicitar a quién beneficia una inversión y quién la paga, para entender qué grupos sociales están a favor y cuáles en contra. Como regla general, el enfoque de *public choice* lo que nos dice es que tiene las de perder el grupo social más difuso, en este caso el de los contribuyentes, frente a otro más pequeño y homogéneo, como es el de los regantes-votantes de una zona determinada.

4. *Consolidación de derechos de propiedad dudosos.* Desde el enfoque de la economía de los derechos de propiedad se destaca la importancia de que estos derechos estén bien definidos para que funcione la negociación y se lleven a cabo transacciones de mercado que permitan una asignación eficiente de los recursos. Pero la mala definición de los derechos de propiedad no sólo dificulta la negociación, sino que los «dudosos propietarios» de un recurso saben que cuando cambian los usos, la tecnología o las leyes es precisamente cuando más peligro corren esos derechos no del todo consolidados. Esto está ocurriendo en el caso de los derechos de propiedad sobre el agua en España. Una modificación de la situación actual supone poner en cuestión lo que los beneficiarios consideran «derechos adquiridos», pero que no están tan claros como para considerarlos así. Fijar un precio de mercado o autorizar su compraventa supone poner en cuestión el origen de esos derechos; ante esta situación, los regantes agrícolas no están seguros de que transferir el agua a otros usos más valiosos les vaya a reportar un beneficio directo.

Lo podemos ver más claro con un ejemplo más sencillo: los cercados de las fincas<sup>3</sup>. El alambre de espino es uno de los ejemplos que se utili-

<sup>3</sup> El alambre de espino, introducido en el Oeste americano en la década de 1870, se suele citar como ejemplo de cómo un adelanto tecnológico abarata los costes de definición de los derechos de propiedad. ANDERSON, T. L. y D. R. LEAL (1993, pp. 66 y 73) lo utilizan también para ilustrar que «los derechos de propiedad no son estáticos; los convenios sociales, las leyes y costumbres que regulan la propiedad y la asignación de los activos evolucionan constantemente». Pero parece que sólo lo aplican en una dirección: la de la tecnología que facilita la definición de los derechos de propiedad (por ejemplo, que permite conocer de dónde proviene la contaminación atmosférica: p. 254), y por eso son partidarios de la responsabilidad objetiva o estricta por daños. El paso de pozos superficiales a pozos profundos es un caso de avance tecnológico que difumina los derechos de propiedad existentes. Sin embargo, ANDERSON y LEAL consideran que «una vez fijados estos derechos de propiedad privada sobre las aguas, tanto superficiales como subterráneas, pueden abordarse muchos de los problemas de la contaminación recurriendo a las normas del mercado» (p. 235).

zan para mostrar cómo un avance tecnológico puede hacer que la definición de los derechos de propiedad sea posible o sea más barata. Pero sirve también para mostrarnos que la delimitación de una finca tiene varias finalidades: una, servir a usos «productivos» de la tierra; otra, consolidar derechos de propiedad, o de uso, si preferimos el lenguaje jurídico. (Coase señala que un derecho de propiedad es el derecho a usar una cosa de una determinada manera<sup>4</sup>. Para los economistas, la distinción de los juristas entre propiedad, nuda propiedad, uso, usufructo, etc., es similar a la que existe entre tener un solar en el que se puede construir un edificio de veinte plantas o tener el mismo solar pero con una ley o Plan de Ordenación que sólo permite construir dos plantas. Los juristas llamarían «propietario» al dueño del solar en los dos casos.) Cercar una tierra de propiedad discutida (por ejemplo, una tierra que pertenecía al Ayuntamiento y se entregó en usufructo hace cuarenta años) consolida ese derecho, y hoy puede ser un medio más barato de hacerlo que la alternativa que se ha utilizado hasta ahora, mantenerla en explotación (es decir, ararla). Esto puede responder a usos productivos en sentido físico (que se recoja cosecha o se mantenga la tierra limpia o barbechada), o simplemente a justificar (ante la gente o, en su caso, directamente ante los tribunales) que no se ha abandonado el uso. Cualquiera que haya conocido un juicio por las lindes de una finca sabe que esto no es una hipótesis teórica, sino algo que se discute todos los días en los tribunales.

## 2. Los derechos de propiedad y el cambio tecnológico

Esta cuarta explicación de la «irracional» expansión del regadío nos lleva a analizar la importancia de que los derechos de propiedad estén bien definidos. El estudio de los derechos de propiedad está menos formalizado que el tratamiento de los precios y las elasticidades, pero para mejorar la gestión del agua para la agricultura son estos aspectos los que representan el problema principal, como puede verse en la polémica sobre los trasvases. En lo que sigue vamos a discutir algunos aspectos de la economía de los derechos de propiedad.

La delimitación de los derechos de propiedad no es fácil en el caso del agua como factor productivo. Más difícil todavía en el caso del agua como recurso natural. Incluso en los casos más sencillos, como es en los acuíferos

<sup>4</sup> «Un factor de producción no es una entidad física, sino un derecho a llevar a cabo ciertas acciones. El derecho a realizar algo que tiene un efecto perjudicial (como la creación de humo, ruido, olores, etc.) también constituye un factor de producción». COASE, R. H. (1994, p. 163).

profundos, donde la extracción supone un coste importante que se paga realmente, la lupa del enfoque de los derechos de propiedad nos sirve para entender mejor el problema, y puede servir también para mejorar la gestión. La explotación de los acuíferos profundos suele gestionarse de forma privada, con criterios de mercado; aparentemente, pagando los usuarios todos los costes. Pero los usuarios de los pozos no están pagando la «renta de escasez» por tener los acuíferos un flujo limitado. La asignación del número limitado de pozos se resuelve generalmente mediante prohibiciones, que son soluciones de blanco-negro, diferentes de la asignación de recursos vía precio. A veces, por la vía de hecho se llega a un mecanismo de asignación formalmente disuasorio pero realmente parecido a un precio: la multa que se cobra a quien infringe la prohibición puede ser una forma de renta de escasez y no una verdadera prohibición. La diferencia entre las multas y los precios nos recuerda que los aspectos culturales también son importantes: la opinión pública y los regantes aceptan mejor prohibiciones para todos (soluciones de blanco-negro), antes que precios, que unos pueden pagar y otros no. Como economistas pensaríamos que puede pagar ese precio elevado aquel para quien el recurso es más valioso (ése es el fundamento de los mercados de derechos de emisión de contaminantes); la opinión pública tiende a ver el problema como un caso de distribución de la renta, de ricos y pobres. Ya hemos dicho que las políticas redistributivas deben interferir lo menos posible con la asignación de recursos.

En el agua, como en otros terrenos (no sé si decir mercancías) se plantea un debate entre partidarios y antagonistas del mercado, como mecanismo de asignación de recursos y como método de análisis. El artículo de Coase «El problema del coste social» [1960] (1994) es el origen de puntos de vista enfrentados y de polémicas en su interpretación. Stigler formuló en 1966, a partir de este artículo, el famoso «teorema de Coase», que muchos interpretan como el apoyo teórico a la aplicación de derechos de propiedad individuales y precios de mercado a los recursos naturales (Naredo, 1996: 267-272).

Es discutible que Coase y su teorema sean la misma cosa. Aguilera (1994) considera que el teorema tiene poco que ver con el texto del propio Coase. Leyendo el artículo de Coase, en el que destaca precisamente que lo relevante es lo que ocurre cuando sí existen costes de transacción, es fácil estar de acuerdo con Aguilera. Además, el propio Coase (1998) escribe hoy para dejar claro que la economía ortodoxa (*mainstream economics*) no ha hecho caso de su enfoque. Y caben pocas dudas de que tanto Stigler como el teorema, llamémosle de Coase-Stigler, están dentro de la corriente principal en economía. Por otra parte, existe una tradición oral que hay que tener en cuenta. Coase está dentro de la «tradición de Chicago», y el propio Stigler (1988: 75-76) cuenta en sus memorias cómo

discutieron la postura de Coase en una cena y les convenció a todos<sup>5</sup>. Y, en cuanto a las implicaciones políticas del análisis de Coase, por neutras que suenen algunas frases de su artículo «El problema del coste social», basta leer el libro de Cheung (1980) para situar políticamente a los seguidores de Coase en la Escuela de Chicago. Mi opinión es que las diferencias teóricas entre nuevos institucionalistas como Coase y economistas ortodoxos como Stigler son grandes, pero que en la utilización concreta del enfoque institucional, Brownley, por ejemplo, está pensando dentro de una tradición intervencionista y Coase dentro de la tradición liberal.

Pero no es esa polémica la que quiero tratar aquí. Si nos olvidamos del debate general de «mercado frente a planificación», y también de la transformación de los costes de transacción en el juguete teórico que es el teorema de Coase, podemos entrar en lo verdaderamente relevante del seminal artículo de 1960: la *definición* de los derechos de propiedad. Lo que el teorema despacha como un supuesto (que los derechos de propiedad estén bien definidos) es precisamente lo que queremos tratar: cuándo y cómo están bien definidos. Lo que destaca en el texto de Coase, y la formulación del «teorema» oculta, es el carácter *dinámico* del problema (como, por otra parte, en muchos otros casos en que la economía teórica formalizada se atasca). Los derechos de propiedad no pueden definirse de una vez para siempre, porque sólo están bien definidos *para un determinado estado de la tecnología*. Pero es que en un contexto estático sería bastante fácil definir los derechos de propiedad, negociar con o sin derechos bien definidos, o llevar a cabo una política desde el Estado que sustituya a la negociación entre los agentes económicos. No olvidemos que el artículo de Garret Hardin sobre «La tragedia de los comunes» trata sobre el crecimiento de la población. Con la misma indefinición de los derechos de propiedad, o con la misma propiedad comunal, y una población estable, no hay tragedia de los comunes, ni hay la desertización que John Burton (Cheung, 1980: 28-31) atribuye a la inexistencia de propiedad privada.

<sup>5</sup> STIGLER, G. (1988, p. 77) reclama solamente la paternidad de haber «bautizado» como «teorema de Coase» a la proposición de que sin costes de transacción la asignación de derechos de propiedad no afecta a la asignación de recursos; pero considera que su primer descubridor fue COASE y ni siquiera menciona el haberlo formulado explícitamente (STIGLER) en la tercera edición de su *Theory of Price*, en 1966. STIGLER considera que el teorema cambia la forma en que uno estudia muchos problemas económicos (1988, pp. 78-79). Parece claro que lo relevante para STIGLER (la herramienta teórica que predice que, dada la ausencia de costes de transacción, el resultado de la negociación será el mismo sea quien sea el dueño de la mercancía negociada) es bien distinto de lo relevante para COASE (la economía real con costes de transacción). La descripción de COASE, R. H. (1998) de que la corriente principal de la economía está más interesada en la «caja de herramientas» que en el objeto al que hay que aplicarlas, cuadra perfectamente con estas páginas de STIGLER. Lo que no quita para que STIGLER coincida con COASE en que, en el terreno de la economía de los costes de transacción, se ha hecho muy poco: «Claro que hemos empezado a estudiar la naturaleza y la cuantía de los costes de transacción —cosa que no hacíamos antes; pero confieso que en las casi tres décadas que han pasado desde la publicación del Teorema de Coase se ha hecho, sorprendentemente, muy poco de esta tarea» (1988, p. 78).

Los derechos de propiedad no están bien o mal definidos sólo por lo que diga la ley o la costumbre, sino porque exista un marco estable en el que tengan sentido. Los problemas aparecen cuando un cambio tecnológico (por ejemplo, la generalización de bombas de extracción de agua, o los pozos profundos en la actualidad) hace que lo que antes eran derechos de propiedad bien definidos se conviertan en ambiguos o en un libre acceso que conduce a «la tragedia de los comunes». La regulación de los pozos por el simple sistema de la distancia mínima entre ellos es suficiente definición de los derechos de propiedad mientras estos pozos sean poco profundos y capten corrientes de agua casi superficiales. Cuando la tecnología permite la perforación de pozos profundos que llegan a un mismo acuífero aunque estén unos de otros a una distancia muy superior a la que marcaba la ley, resulta que *la misma ley* pasa a ser una indefinición de los derechos de propiedad.

Incluso en un texto abiertamente partidario de las soluciones de mercado basadas en derechos de propiedad bien definidos, como es el de Anderson y Leal, *Ecología de mercado* (1993), se nos avisa de que el agua ofrece problemas añadidos que hacen preferible la utilización conjunta basada en la cooperación de todos los propietarios<sup>6</sup>.

### 3. ¿De quién son los recursos naturales?

Si hablamos de la definición de los derechos de propiedad sobre el agua, no sólo cuentan las cuestiones de cómo pueden definirse esos derechos. También cuentan las cuestiones filosóficas y éticas acerca de quién es el propietario legítimo de los recursos naturales. Muchos economistas han considerado las rentas que recibe el propietario de recursos naturales como «rentas no ganadas», y por tanto han propuesto diferentes formas de gravarlas con impuestos. En esta propuesta confluyen planteamientos éticos<sup>7</sup> y

<sup>6</sup> «Pero la adjudicación de derechos de propiedad sobre las reservas y los caudales no resuelve necesariamente todos los problemas de los acuíferos comunes. El propietario de un título sobre las reservas de agua tendría que afrontar los altos costes de extracción impuestos por las cuotas de utilización de otros extractores. Estos efectos de terceras partes podrían reducirse mediante el sistema de utilización conjunta, un tipo de convenio contractual desarrollado en las operaciones de recuperación del petróleo, para suavizar los problemas de las reservas comunes. [...] Por supuesto, dado que la utilización conjunta requiere la cooperación de cuantos poseen cuotas de aguas subterráneas, la negociación de tales acuerdos puede ocasionar mayores costes de transacción que los convenios bilaterales. De todas formas, los aumentos del valor del agua subterránea y los costes generados por las extracciones excesivas pueden justificar el procedimiento de la utilización conjunta. [...] Pero lo verdaderamente importante en este punto es eliminar o paralizar la creación de obstáculos legales que impidan llevar a cabo estos acuerdos» (ANDERSON, T. L. y D. R. LEAL, 1993, pp. 186-187).

<sup>7</sup> ROUSSEAU afirmaba, en su *Discurso sobre desigualdad entre los hombres* de 1755, que «los frutos de la tierra nos pertenecen a todos y la tierra misma a ninguno». J. S. MILL afirma: «Cuando se habla de "carácter sagrado de la propiedad", debería recordarse siempre que no puede atribuirse ese carácter en

el análisis económico de la renta de la tierra como una «renta de escasez» que no es necesaria para que haya oferta del recurso<sup>8</sup>. Los fisiócratas propusieron un «impuesto único» sobre la renta de la tierra, basados en su idea de que era la única producción neta de la economía, y por tanto la única que puede gravarse sin que se traslade el impuesto. Ricardo consideraba un objetivo reducir la renta, y admite la posibilidad de gravarla, porque piensa que los terratenientes no podrán trasladar el impuesto a los consumidores; pero es reacio a imponer esta carga a los propietarios de riqueza. James Mill sí defendió la confiscación de la renta. Posteriormente, Henry George (1839-1897) propuso un impuesto único sobre el suelo; tuvo mucha influencia en España, a través de los krausistas. El más radical de los economistas fue Walras, que proponía la propiedad estatal de toda la tierra.

(La idea de que la «renta de escasez» significa que no es necesaria para que surja la oferta del producto es discutible cuando consideramos los usos ambientales de la tierra: cuanto más alta sea la retribución obtenida por el poseedor de los recursos naturales, mayor es el incentivo a conservarlos, y por tanto cabe esperar que se conserven mejor.)

La discusión filosófica sobre a quién pertenecen los recursos naturales es pertinente porque influye en la amenaza de «confiscación» ante un cambio tecnológico. En la práctica se traduce en una amenaza de confiscación... sólo si se modifica el *statu quo*. Es decir, contribuye a que los derechos de propiedad sean difusos. Los derechos de propiedad difusos plantean un problema añadido: como están continuamente puestos en cuestión, y mucho más cuando se discute una indemnización, nadie está dispuesto a modificar el uso tradicional, por ineficiente que éste sea. Esto ocurre por miedo a que, a la vez que los usos, se pongan en cuestión los derechos. Veamos un ejemplo cercano. El gobierno decidió indemnizar a los agricultores de La Mancha con 16.000 millones de pesetas por *dejar de extraer agua* del acuífero de las Tablas de Daimiel. Muchos consideraron que los regantes no tenían derecho a esa indemnización, porque el agua no era suya, sino que en los años setenta, al cambiar la tecnología (se generalizaron los pozos profundos), se apropiaron de un recurso que era propiedad pública (el agua subterránea, protegida por una legislación que sólo tenía en cuenta los pozos superficiales). Pero entender así los derechos de propiedad es poco realista: si llevan más de veinte años utilizando ese recurso

el mismo grado a la utilidad de la tierra. Ésta no fue creada por el hombre. Es la herencia original de la especie entera» (*Principios*, II,ii,6). Tanto J. S. MILL como su padre proponían un impuesto sobre la tierra (*Principios*, V,ii,5).

<sup>8</sup> La teoría de la renta de la tierra de Adam SMITH es confusa; pero cuando pasa a consideraciones prácticas, afirma con claridad que los impuestos sobre tierras y sobre solares no perjudican ninguna actividad económica (*La riqueza de las naciones*, V,ii,e,10). David RICARDO es más claro en sus consideraciones analíticas: la renta de la tierra no entra a formar parte del valor.

que «era» de propiedad pública, ya son «bastante» propietarios del recurso. Pero no lo bastante como para que se sientan seguros de poder pedir un precio por él: las críticas se producen cuando se indemniza. La alternativa no es «quitárselo», que no se puede por razones políticas (o, si se quiere entender en términos jurídicos, porque tienen el *uso* del recurso), sino mantener el *statu quo* ineficiente. Como diría Coase, si la negociación es simple (es decir, si está claro que alimentar el acuífero vale los 16.000 millones y quien tiene que pagarlo decide fácilmente) lo mejor es asignar los derechos con claridad, que después la negociación será fácil. Es decir, que se habrá producido, con respecto a la hipotética situación en que el Estado estuviera en condiciones de hacer valer sus derechos de propiedad sobre el recurso, una redistribución a favor de los regantes; pero se ha ganado claramente en términos de eficiencia y en términos ambientales.

No podemos terminar esta breve discusión sobre algunos problemas de la economía de los derechos de propiedad sin hacer referencia a una de las corrientes de pensamiento económico más activas en la llamada «ecología de mercado» (*free market environmentalism*): la Escuela Austríaca. Otro de los inconvenientes del debate ideológico entre planificación y mercado es que nos hace ver como similares enfoques que son diferentes o incluso enfrentados. Esto ocurre precisamente con Coase y sus seguidores, por un lado, y la Escuela Austríaca, por otro. El libro de Anderson y Leal (1993) puede incluirse dentro de la Escuela Austríaca; y resulta especialmente significativo que Coase no aparece citado ni una sola vez. Los economistas de la Escuela Austríaca proponen responsabilidad estricta («objetiva», en el lenguaje jurídico español) por daños y derechos de propiedad inamovibles que no puedan ser interpretados o modificados de acuerdo con su contribución al valor del producto total en cada momento y del estado de la tecnología. Por eso repudian a Coase: en su artículo sobre el coste social lo que está presente es precisamente la valoración económica de establecer los derechos de propiedad de una u otra manera, y por mucho que Coase insista a lo largo del artículo en que sabemos muy poco como para intervenir decididamente en los procesos económicos, es fácil deducir la norma general de que se puede cambiar la definición de un derecho de propiedad cuando su valor lo justifica<sup>9</sup>. Lo que quiero señalar, en este enfrentamiento teórico, es que los austríacos defienden que los derechos de propiedad no se toquen «una vez que están claramente definidos con claridad» (*once*

<sup>9</sup> «Coase concluye que los derechos de propiedad deben considerarse variables, que pueden y deben manipularse de forma exógena para producir un resultado eficiente. El análisis hayekiano también insiste en la importancia de los derechos de la propiedad, pero concluye que esos derechos, una vez que se han definido con claridad, deben hacerse respetar de forma estricta (*strictly enforced*)» (CORDATO, R. E., 1992, p. 222). Véase también RAMOS GOROSTIZA, J. L. (1998, pp. 148-159). ROSE (1990) analiza los cambios históricos en los derechos de propiedad sobre el agua, según lo aceptaban los tribunales en Estados Unidos, ante diversos cambios tecnológicos que modificaban el valor del recurso.

*clearly defined*), y simplemente se hagan cumplir de forma estricta, incluyendo la responsabilidad objetiva por daños. Pero es que precisamente el crecimiento económico y, sobre todo, el cambio tecnológico, son los que hacen que los derechos de propiedad bien definidos dejen de serlo, aunque no haya variado su definición legal.

## Conclusión

Para mejorar la eficiencia en el uso del agua en los sistemas agrícolas es necesario el estudio de los aspectos técnicos, en el sentido de los ingenieros, de la cuestión. Pero no son esas consideraciones técnicas las que sostienen una asignación ineficiente de los recursos en el caso del agua en España, sino consideraciones institucionales, del tipo de las que estudian los economistas de los derechos de propiedad. Las cuestiones sociales y redistributivas deben explicitarse y concretarse, para que sean tenidas en cuenta de la manera que menos interfiera con la asignación eficiente de los recursos en condiciones de mercado.

La utilización de los instrumentos teóricos de la economía de los derechos de propiedad tiene su punto crítico en lo que ocurre con la definición de estos derechos ante un cambio tecnológico. Puesto que este enfoque es claramente útil para entender lo que ocurre con la actual (mala) gestión del agua para uso agrícola en España, es también importante estudiar los elementos de discusión del enfoque de los derechos de propiedad *desde dentro*, y no quedarse en la discusión, muchas veces ideológica, acerca de si es conveniente más mercado o más planificación.

## Bibliografía

- AGUILERA KLINK, F. (1994), «Pigou and Coase Reconsidered», *Land Economics*, agosto, 70(3), pp. 386-390.
- ANDERSON, T. L. y D. R. LEAL (1993), *Ecología de mercado [Free Market Environmentalism, 1991]*, Madrid: Unión Editorial.
- CHEUNG, S. N. S. (1980), *El mito del coste social [1978]*, Madrid: Unión Editorial-Instituto de Economía de Mercado.
- COASE, R. H. (1994), *La empresa, el mercado y la ley*, Madrid: Alianza.
- COASE, R. H. (1998), «The New Institutional Economics», *American Economic Review*, mayo, vol. 88, 2, pp. 72-74.
- CORDATO, R. E. (1992), «Knowledge Problems and the Problem of Social Cost», *Journal of the History of Economic Thought*, vol. 14, 2, otoño, pp. 209-224.

- HARDIN, G. (1989), «La tragedia de los espacios colectivos» [«The Tragedy of the Commons», 1968], en H. E. DALY (comp.), *Economía, ecología, ética. Ensayos hacia una economía en estado estacionario* [1980], México: FCE, pp. 111-124.
- MILL, J. S. (1965), *Principles of Political Economy* [1848], University of Toronto Press. (Traducción española, más antigua: México, FCE, 1951.)
- NAREDO, J. M. (1996), *La economía en evolución* (2.<sup>a</sup> ed.), Madrid: Siglo XXI.
- RAMOS GOROSTIZA, J. L. (1998), «Economía institucional y gestión de recursos naturales. La gestión del agua en España: un análisis institucional comparado», tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid.
- ROSE, C. M. (1990), «Energy and Efficiency in the Realignment of Common-law Water Rights», *Journal of Legal Studies*, vol. XIX (junio).
- ROUSSEAU, J. J. (1755), *Discurso sobre la desigualdad entre los hombres*.
- SMITH, A. (1976), *The Wealth of Nations* [1776], Oxford University Press. (Existe traducción española de esta edición, Barcelona, Oikos-Tau, 1988.)
- STIGLER, G. (1988), *Memoirs of an Unregulated Economist*, Nueva York: Basic Books. (Existe traducción española, 1992, *Memorias de un economista*, con prólogo de Francisco Cabrillo, Madrid: Espasa Calpe.)

## CAPÍTULO 9

# LA POLÍTICA HIDRÁULICA ESPAÑOLA HASTA 1936

Nicolás Ortega Cantero  
Universidad Autónoma de Madrid

En los Congresos de agricultores y ganaderos de 1880 y 1881, Joaquín Costa planteó una serie de ideas respecto de la solución de la crisis agraria finisecular, que entonces comenzaba a dejar sentir sus efectos sobre el campo español. Sostuvo Costa entonces la conveniencia de hacer frente a la crítica situación del cereal mediante una profunda reorganización productiva que, dentro de unas coordenadas librecambistas, permitiese sustituir la tradicional primacía de aquél por la de los cultivos de regadío y la ganadería. Frente a la agricultura dominada por el secano cerealista, asociada al proteccionismo, Costa propone el fomento de otros modos de organización y de funcionamiento agrarios que, por apoyarse de forma decidida en el regadío, requiere la previa realización, con la participación directa del Estado, de las correspondientes obras hidráulicas.

La política hidráulica se convierte así en el primer fundamento de la regeneración productiva de la agricultura y también, en términos más amplios, de la regeneración económica —pero no sólo económica— del país<sup>1</sup>. Como dirá el propio Costa en 1903, en una entrevista publicada en

<sup>1</sup> Las variadas cualidades regeneradoras que COSTA y otros autores de similar intención reformista atribuyen a la política hidráulica, que incluyen, además de las productivas y económicas, otras perspectivas de índole social y moral, apoyándose en razonamientos e interpretaciones deudores en buena medida del pensamiento geográfico moderno, han sido estudiadas por GÓMEZ MENDOZA, J. y N. ORTEGA CANTERO, «Geografía y regeneracionismo en España (1875-1936)», *Sistema*, 77, 1987, pp. 77-89. Por otra parte, el texto que sigue recoge consideraciones y conclusiones expuestas por el autor en algunos trabajos anteriores: «El Plan General de Canales de Riego y Pantanos de 1902», en A. GIL OLCINA y A. MORALES GIL (eds.), *Planificación Hidráulica en España*, Murcia: Fundación Caja del Mediterráneo, 1995, pp. 107-136, «El Plan Nacional de Obras Hidráulicas», en A. GIL OLCINA y A. MORALES GIL (eds.), *Hitos históricos de los regadíos españoles*, Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1992, pp. 335-364, y «Las propuestas hidráulicas del reformismo republicano: del fomento del regadío a la articulación del Plan Nacional de Obras Hidráulicas», *Agricultura y Sociedad*, 32, 1984, pp. 109-152.



el diario *El Globo*, la política hidráulica «expresa en cifras toda la política económica que cumple seguir a la Nación para redimirse»<sup>2</sup>. Tal planteamiento, compartido por otros destacados exponentes del pensamiento regeneracionista, como Lucas Mallada, Rafael Torres Campos, Ricardo Macías Picavea o Damián Isern, tuvo, durante algún tiempo, poca proyección efectiva en los planteamientos oficiales. Hubo que esperar a la crisis colonial de 1898 para que esas sugerencias y propuestas pasasen a desempeñar un papel destacado en diferentes ámbitos de opinión, y para que, con ello, la política hidráulica se situase en el centro mismo de las renovadas intenciones regeneradoras que proliferaron entonces. Resurgió con fuerza y se difundió con rapidez la idea de que era necesario llevar a cabo una profunda labor de regeneración nacional, y que, para lograrlo, había que prestar particular atención a las posibilidades transformadoras de las obras hidráulicas. En los años del cambio de siglo, la política hidráulica adquirió un protagonismo inusitado, y no fueron pocos los que insistieron en que de ella dependía en gran medida el feliz desenlace de la regeneración que se estimaba imprescindible.

\* \* \*

En noviembre de 1898, Costa se lamentaba de que la conciencia nacional no hubiese sido capaz de entender a tiempo que «la guerra interior» —contra la sequía y otros obstáculos geográficos, contra el retraso intelectual, el alejamiento de Europa y la penuria económica— era más importante que «la guerra con el separatismo cubano y filipino», que no hubiese «confiado a los ingenieros y a los maestros» lo que había destinado erróneamente a los mandos militares<sup>3</sup>. Junto a la del Maestro, la figura del Ingeniero, capaz de mejorar el aprovechamiento de los recursos, de aumentar la producción y la riqueza, se ve como uno de los pilares de la regeneración. Y así se vieron a sí mismos los propios Ingenieros, convencidos de que, por la naturaleza de los problemas planteados, eran ellos quienes estaban llamados a desempeñar uno de los principales papeles en la obra regeneradora.

Apoyado en ese convencimiento, el Cuerpo de Ingenieros de Caminos elaboró una primera propuesta de obras hidráulicas para mejorar y ampliar el regadío, el *Avance de un plan general de Pantanos y Canales de riego*, que entregó al ministro de Fomento, el marqués de Pidal, en abril de 1899. El Avance de 1899 ofrece una perspectiva sumamente interesante y constituye

<sup>2</sup> COSTA, J., «Caracteres de la "política hidráulica"», en J. COSTA, *Política hidráulica (Misión social de los riegos en España)*, Madrid: Biblioteca J. Costa, 1911, p. 299.

<sup>3</sup> COSTA, J., «Reconstitución y europeización de España. Mensaje y programa de la Cámara agrícola del Alto-Aragón», en Joaquín COSTA, *Reconstitución y europeización de España y otros escritos*. Edición dirigida por Sebastián Martín-Retortillo y Baquer, Madrid: Instituto de Estudios de Administración Local, 1981, p. 13.

un antecedente influyente respecto de las propuestas ministeriales posteriores. El planteamiento recogido en el Avance por el Cuerpo de Ingenieros de Caminos pretende, en sintonía con los afanes regeneradores del momento, «promover y acrecentar la riqueza pública», y, en particular, «acudir con vigor al fomento de la producción agrícola», cuyo principal problema, que echa por tierra las favorables posibilidades del «espléndido sol» y del «apacible clima», es precisamente la escasez de agua. De ahí que en el Avance se afirme que toda mejora productiva de la agricultura «se ha de derivar del perfeccionamiento de los métodos de cultivo y, sobre todo, de la aplicación del riego a las inmensas extensiones del territorio nacional que de él son susceptibles, y en las que con desconsoladora frecuencia ve el agricultor comprometidas o perdidas las menguadas cosechas que puede rendir país como el nuestro, donde tan irregulares, por desgracia, son las lluvias». Hay, por tanto, que emprender —«en la vasta escala en que aquí se precisan»— las obras hidráulicas necesarias para fomentar el regadío: «en España —se dice en el Avance—, hay que convenirse de que es indispensable establecer el riego artificial si se ha de sacar el debido resultado de las envidiables condiciones que su clima ofrece»<sup>4</sup>.

El Avance de 1899 resume en tres las principales dificultades que habían obstaculizado o impedido hasta ese momento la expansión del regadío: la escasez de aguas en los ríos durante los estiajes, la lentitud en la implantación del riego en los ámbitos dominados por las obras hidráulicas y la escasa efectividad de la iniciativa privada en ese tipo de empresas. La primera de las dificultades indicadas, la falta de aguas fluviales en las épocas de estiaje, cuando son más necesarias por la escasez de lluvia y el exceso de evaporación, está directamente conectada con la irregularidad del régimen de muchos de los ríos españoles, que se traduce tanto en esa reducción, a menudo extrema, de los caudales estivales, como en la contraria abundancia de los invernales, que con frecuencia depende de precipitaciones copiosas y rápidas, capaces de generar peligrosas avenidas. La solución que el Avance propone para resolver ese grave problema es la construcción de pantanos reguladores, que permitirán, de un lado, obviar las insuficiencias fluviales durante los estiajes, y, de otro, atenuar la envergadura de las avenidas y de los riesgos que suelen llevar consigo. Es en el pantano regulador donde se halla, según los redactores del Avance, la clave para aminorar sustancialmente la irregularidad de los ríos españoles, y para asegurar, por tanto, la disponibilidad de agua que requiere la agricultura de regadío. El destacado lugar que ocupa el pantano en el enfoque hidráulico del Avance es, sin duda, una de sus aportaciones más notorias, abriendo así una óptica renovada que se distancia de la anterior primacía atribuida a los canales.

<sup>4</sup> *Avance de un plan general de Pantanos y Canales de riego redactado por el Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Año de 1899*, Madrid: Imprenta y Fundición Tipográfica de los Hijos de J. A. García, 1899, pp. 5-6.

La lentitud con que se lleva a cabo la implantación del regadío en los ámbitos donde se han construido ya las obras hidráulicas necesarias —la segunda de las dificultades advertidas— se debe sobre todo, según el Avance, a la necesidad de llevar a cabo considerables inversiones en la preparación de las tierras, en abonos y en aperos, entre otras, a las que no siempre pueden hacer frente los agricultores, y a la escasez de personas con la preparación requerida para dedicarse al cultivo intensivo. La solución que para ello se propone consiste en escalonar la transformación en regadío, apoyándola siempre en el perfeccionamiento de lo existente. No conviene, en ningún caso, «tratar de llevar los riegos a extensas zonas donde este sistema de cultivo es desconocido», sino comenzar por mejorar las condiciones del regadío que ya se encuentra implantado, proporcionándole el agua precisa durante los estiajes, con lo que, además de consolidar y aumentar la riqueza sin grandes modificaciones ni reformas, «se verá luego ensanchar paulatinamente la zona beneficiada por el riego en puntos donde su importancia es perfectamente conocida y donde la transformación del cultivo se hará seguramente sin dificultades ni entorpecimientos de ningún género». Tras esa mejora y ampliación del regadío que ya existe —que puede afectar a una extensión «muy considerable» de tierra—, o, en algunos casos, de forma simultánea, «podrán establecerse nuevos riegos en aquellas zonas más próximas a las que ya los disfrutaban o que se hallen en condiciones más propicias para recibirlo», sin necesidad de que se trate de amplias extensiones, ya que suele ser preferible, en opinión de los redactores del Avance, «preparar el riego en muchos puntos, pero en proporciones modestas a fin de que reduciendo la magnitud de la empresa en cada caso sea más factible llevarla a término»<sup>5</sup>. La idea de anteponer la mejora del regadío existente y de recomendar, después, la dispersión en pequeñas actuaciones transformadoras, frente a la concentración en grandes operaciones hidráulicas, resulta interesante e indicativa de las perspectivas del Avance. «No sólo deben [...] ser preferidos los pantanos a los canales —en palabras de Amós Salvador—, sino que en toda empresa de riegos debe hallarse la solución en lo pequeño y no en lo grande, en los muchos pocos más bien que en los pocos muchos, y en todo caso la prudencia aconseja dar amplitud y seguridad a los riegos antes que crearlos»<sup>6</sup>.

La tercera y última de las dificultades señaladas por el Avance respecto del fomento del regadío —la ineficacia de la iniciativa privada— es objeto de algunas consideraciones particularmente críticas. A la iniciativa privada se había atribuido legalmente con anterioridad, en el siglo XIX, la responsabilidad de llevar a cabo las obras hidráulicas para riegos, pudiendo contar

<sup>5</sup> *Ibid.*, pp. 7-8.

<sup>6</sup> SALVADOR, A., «Aprovechamiento de aguas», *Revista de Obras Públicas*, XLVI, 1.230, 20 de abril de 1899, p. 150.

con ciertas ayudas estatales, pero tal planteamiento había fracasado. Ese fracaso se debía, según los redactores del Avance, a la lentitud en la obtención de beneficios, a los problemas derivados de la dificultad para pagar el canon por el agua durante los primeros años, y, por último, a la oposición, no siempre vencible, que la empresa particular encuentra en otros intereses del mismo tipo que se sienten lesionados. Y añaden que sólo es posible superar tales obstáculos mediante la intervención estatal directa: «cuando el Estado ejecuta las obras necesarias para el establecimiento de los riegos —afirma el Avance—, los inconvenientes enumerados desaparecen en gran parte, o disminuyen en importancia». De ahí que se concluya afirmando que, a semejanza de lo que ocurre en los casos de las carreteras, los puertos o los ferrocarriles, «es indispensable que, resuelta y enérgicamente, el Estado emprenda el estudio y la construcción de las obras necesarias para el establecimiento de los riegos»<sup>7</sup>.

El Avance contiene una propuesta sobre pantanos y otra sobre canales, distribuidos en ambos casos en cuatro regiones hidrográficas —Occidental (Miño y vertiente cantábrica, Duero y Tajo), Meridional oceánica (Guadiana y Guadalquivir), Meridional mediterránea (Sur) y Oriental (Pirineo oriental, Ebro, Júcar y Segura)— y clasificados, dentro de ellas, por provincias. Aunque no se detalla la extensión de las superficies regables correspondientes a todas las obras señaladas, lo que impide desglosar los resultados por cuencas o por regiones, se afirma que con el conjunto de las propuestas incluidas —172 pantanos y 65 canales— podrían beneficiarse un millón y medio de hectáreas, que se añadirían al otro millón que, según la estimación recogida en el Avance, se encontraba ya en regadío. Tales son las líneas maestras del Avance de 1899, que, por lo demás, el Cuerpo de Ingenieros de Caminos presenta sin ocultar su condición de primer eslabón, limitado pero útil, respecto de la elaboración de una perspectiva hidráulica más detallada y mejor documentada, para la que se necesitará, entre otras cosas, aumentar la importancia del servicio hidrológico y lograr un conocimiento adecuado del régimen de los ríos.

El Avance de 1899 fue una aportación importante que, por una parte, contribuyó a impulsar el movimiento general de opinión favorable a la política hidráulica, y, por otra, ofreció criterios y sugerencias que pasaron a ser el fundamento de las iniciativas oficiales acerca de esa materia que se desarrollaron con posterioridad. Expresaba con nitidez la postura del Cuerpo de Ingenieros de Caminos sobre la necesidad de extender el regadío mediante la realización por parte del Estado de las obras hidráulicas correspondientes, al tiempo que señalaba las directrices que convenía tener en cuenta y los pasos que procedía dar para acceder a un plan definitivo en

<sup>7</sup> *Avance de un plan general de Pantanos y Canales de riego*, op. cit., pp. 9-10.

ese orden de cosas. Los puntos de vista del Avance ofrecían, sin embargo, algunas limitaciones, seguramente conectadas con el enfoque técnico que los presidía, poco abierto a otros entendimientos y a otras dimensiones del complejo tema de la expansión del regadío.

A tales limitaciones se refirió, en su momento, Jean Brunhes, al preguntarse, a la vista del Avance de 1899 y de otras expresiones prohídricas coetáneas, si no se estaba dando una importancia demasiado grande o demasiado exclusiva a las grandes obras técnicas, siempre costosas, de los pantanos y de los canales. Esa sospecha no era, desde luego, infundada: los Ingenieros de Caminos de la época ofrecieron una visión predominantemente técnica del asunto, con soluciones apoyadas en la construcción de obras hídricas de bastante envergadura —acentuada, además, por el énfasis que se pone en los pantanos reguladores—, sin que encontrasen sitio en sus planteamientos otras consideraciones y posibilidades que, pese a tener menor dimensión técnica, podían resultar asimismo beneficiosas para lograr la mejora y la ampliación de la agricultura de regadío. Y, en relación con ello, Brunhes advierte también la acusada falta de atención hacia las condiciones geográficas concretas en las que debe enmarcarse cada una de las obras hídricas. El Avance no se detiene en la consideración de esas condiciones —importantes, sin embargo, para valorar la conveniencia y la utilidad de la transformación en regadío—, y con ello muestra un planteamiento bastante distanciado, por su sesgo técnico, de la correcta ponderación de las caracterizaciones geográficas presentes en cada caso. No tuvieron en cuenta los redactores del Avance —en palabras de Brunhes— «la necesaria adaptación de todas esas obras a las variadas condiciones geográficas de las diversas provincias de la Península»<sup>8</sup>.

\* \* \*

La presentación, en abril de 1899, del Avance de plan de obras hídricas elaborado por el Cuerpo de Ingenieros de Caminos va a señalar el comienzo de campañas regulares y sistemáticas en favor de las ideas y recomendaciones allí contenidas. El periodista Rafael Gasset, director de *El Imparcial*, encabezó la llevada a cabo por ese diario, en la que se sostuvo la pertinencia de las propuestas del Avance y se instó a los poderes públicos a ponerlas en práctica. Por su parte, la *Revista de Obras Públicas* desarrolló asimismo una intensa labor de exposición y comentario de los planteamientos del Avance, al tiempo que se recomendaba vivamente la elaboración del plan definitivo que debía prolongarlos, y mantuvo, tras la presen-

<sup>8</sup> BRUNHES, J., *Étude de Géographie humaine. L'irrigation. Ses conditions géographiques, ses modes et son organisation dans la Péninsule Ibérique et dans l'Afrique du Nord*, París: Masson et Cie., Éditeurs, Librairies de l'Académie de Médecine, 1904, p. 143.

tación de aquél, un sostenido interés por la política hídrica, dando cuenta puntualmente de la legislación, las propuestas, las noticias, las opiniones y las polémicas con ella relacionadas.

En julio de 1899, Rafael Gasset y seis parlamentarios más presentaron en el Congreso de los Diputados una proposición favorable a la realización de las obras hídricas para riego por parte del Estado, que, además de ser aprobada en la Cámara, mereció, como recuerda la *Revista de Obras Públicas*, «unánime aplauso y elogios sin tasa»<sup>9</sup>. No mucho después, el propio Gasset iba a tener la oportunidad de poner en práctica, desde la cúspide ministerial, sus ideas hídricas. La crisis parcial del gobierno de Francisco Silvela supuso, en abril de 1900, el final de la etapa ministerial del marqués de Pidal, el desdoblamiento del Ministerio de Fomento en dos carteras distintas —Instrucción Pública y Bellas Artes, de un lado, y Agricultura, Industria, Comercio y Obras Públicas, de otro—, y el nombramiento de Rafael Gasset para desempeñar la segunda.

Las actuaciones de Gasset en el Ministerio traducen con rapidez su intención de promover el efectivo desarrollo de las obras hídricas. El 11 de mayo se decide reorganizar el servicio hidrológico, mediante un Real Decreto cuya exposición de motivos ofrece, además, un amplio y expresivo compendio de las ideas prohídricas sostenidas por el Cuerpo de Ingenieros de Caminos —entre ellas, la importancia fundamental de los pantanos y la necesidad del protagonismo estatal— y de los medios que consideraba el nuevo ministro adecuados para llevarlas a la práctica. Se crean ahora siete Divisiones de Trabajos Hídricos —Miño y vertiente septentrional cantábrica, Duero, Tajo, Guadiana, Guadalquivir, Júcar y Segura, y, por último, Ebro y vertiente de los Pirineos orientales—, que deberán dedicarse a preparar, tomando como base el Avance de 1899 y constatando y ampliando sus datos, todo lo necesario para la elaboración de un plan general de obras hídricas. Y se constituye también, para coordinar la labor de esas Divisiones, una Inspección General de Trabajos Hídricos, de la que habría de depender, por tanto, la redacción final del plan. Esta disposición legal fue, de hecho, importante, ya que, por una parte, enmarcó definitivamente en las cuencas hidrográficas las iniciativas relacionadas con las obras hídricas —que, tras la azarosa trayectoria seguida, desde 1865, por las antiguas Divisiones Hidrológicas, se encontraban entonces, de acuerdo con el Real Decreto del 14 de agosto de 1899, encomendadas a las Jefaturas provinciales de Obras Públicas—, y, por otra, contribuyó de forma sensible a lograr, en el seno de las Divisiones de Trabajos Hídricos, un conocimiento más completo y sistemático de los

<sup>9</sup> «Pantanos y canales de riego. Proposición del Excmo. Sr. D. Rafael Gasset», *Revista de Obras Públicas*, XLVI, 1.242, 13 de julio de 1899, p. 277.

regímenes de los ríos españoles y de los problemas y posibilidades a ellos asociados.

\* \* \*

Siguiendo las directrices contenidas en el Real Decreto del 11 de mayo de 1900, se llevó a cabo, en los meses posteriores, la redacción del *Plan general de canales de riego y pantanos*, bajo la dirección de Antonio Arévalo, que estaba entonces al frente de la Inspección General de Trabajos Hidráulicos, y con la colaboración de otros Ingenieros, entre los que destacaron José Nicolau y Pablo Fernández, que fue aprobado provisionalmente, siendo ministro José Canalejas, mediante un Real Decreto del día 25 de abril de 1902.

La elaboración del Plan general, apoyada en las más de trescientas memorias preparadas por los Ingenieros de las Divisiones de Trabajos Hidráulicos, se llevó a cabo con cierta rapidez, y a ello se refieren sus autores al advertir algunas de las limitaciones de la labor realizada. «Lo corto del plazo de que se ha dispuesto —se lee en la Memoria del Plan—, no permitió hacer estudios completos, propios más bien de un proyecto definitivo destinado a la ejecución, y hasta impidió alguna vez recoger todos los datos que la Inspección deseaba; pero los reunidos en los documentos redactados por los Ingenieros, bastan para dar idea de las necesidades que se ha querido satisfacer; de la índole de las soluciones técnicas ideadas, y del coste aproximado de las obras; elementos que, en definitiva, son los que más interesan al país y a la Administración pública». Aun teniendo en cuenta que en algunos casos —«muy contados», se advierte— no se había podido determinar con exactitud la posibilidad técnica de realizar las obras propuestas, la Inspección General de Trabajos Hidráulicos estima «que los estudios realizados, si se los considera en conjunto, son suficientes para formar un plan general que comprenda las obras más adecuadas para perfeccionar los regadíos existentes y crear otros nuevos en condiciones tales que pueda razonablemente esperarse produzcan un positivo aumento de la riqueza agrícola», y advierte, además, que «ninguno de los planes de obras públicas, formados hasta ahora, ha sido precedido de tantos estudios técnicos como el que se presenta para canales de riego y pantanos»<sup>10</sup>.

Planteado en esos términos, sin ocultar lo que le falta para llegar a ser un proyecto definitivo —los redactores prefieren llamarlo «proyecto de

<sup>10</sup> «Plan general de canales de riego y pantanos propuesto por la Inspección General de Trabajos Hidráulicos. Memoria. Año 1901», *Revista de Obras Públicas*, L, 1.421, 18 de diciembre de 1902, p. 964. La publicación de la Memoria sigue en números posteriores de la *Revista*: LI, 1.424, 8 de enero de 1903; 1.426, 22 de enero de 1903; 1.427, 29 de enero de 1903, y 1.428, 5 de febrero de 1903.

plan»—, y señalando expresamente el carácter técnico de las soluciones adoptadas, el Plan de 1902 comprende todos los pantanos y canales que habían sido primeramente propuestos por las Divisiones y luego aceptados por la Inspección General de Trabajos Hidráulicos. La inclusión de obras en el Plan responde al «criterio de su utilidad bien demostrada», que principalmente depende de su propio coste y del de la transformación de las tierras para recibir el riego, de los incrementos de la inversión y del rendimiento previstos para el nuevo sistema de cultivo, y de las facilidades que se den en cada caso para desarrollarlo. Sin embargo, como «no es posible conocer con exactitud todos esos elementos, y menos apreciarlos con justa medida, ni aun en los casos en que se posee un proyecto técnico y detallado para cada obra», es preciso acudir con frecuencia a lo que los redactores del Plan denominan «apreciación prudencial», que se apoya «en consideraciones más o menos sólidas, aunque siempre atendibles, y en el conocimiento de la materia al determinar la utilidad de una obra dada»<sup>11</sup>.

Esa apreciación prudencial, que en buena medida no hace sino traducir la experiencia técnica de quien la ejercita, se ve ayudada por «la comparación que puede establecerse entre las principales circunstancias que concurren en cada canal o pantano estudiado», que abarcan, al menos teóricamente, un conjunto bastante variado y completo de condiciones naturales, geográficas, productivas, económicas y sociales<sup>12</sup>. Pero no era fácil tampoco ponderar y comparar con precisión tales condiciones —hay que tener en cuenta, entre otras cosas, que en aquel momento no se tenía un conocimiento suficiente de muchos de los datos necesarios para ello, comenzando por las propias series hidrológicas—, por lo que, de hecho, la Memoria del Plan opta por declarar la «evidente» utilidad de todas las obras hidráulicas ubicadas en ámbitos que se estiman propicios —zonas con regadío eventual, secanos de gran calidad cercanos a los regadíos, y tierras alejadas de éstos en las que concurren muchas circunstancias favorables y el agua existente se destina a otros usos—, siempre y cuando el coste de las mismas no sea excesivo.

De modo que, pese a la enumeración de múltiples criterios para asegurar la conveniencia de las obras posibles, que cabría tener en cuenta en posteriores proyectos más detallados y definitivos, lo cierto es que, en el Plan de 1902, sólo el coste de la obra por hectárea transformada proporcionó el fundamento decisivo de la selección de propuestas incluidas.

<sup>11</sup> *Ibid.*, pp. 964-965.

<sup>12</sup> Las once circunstancias recogidas por la Memoria del Plan (p. 965) son: coste de las obras por hectárea transformada, escasez e irregularidad de las lluvias, naturaleza y calidad de las tierras regables, conocimiento de las prácticas de riego en la zona, existencia o carencia de vías de comunicación y mercados cercanos, densidad de población, posibilidad de construir gradualmente las obras, facilidad para obtener abonos a precios convenientes, extensión de la zona regable, situación económica de los terratenientes y división de la propiedad, y, por último, existencia de instituciones de crédito agrícola.

«Resulta, pues, que el conocimiento del coste de cada obra por hectárea puesta en riego —afirma la Memoria del Plan—, envuelve con frecuencia sumo interés y constituye el principal factor para determinar su utilidad. Dicho coste depende del de los embalses, canales principales y acequias de distribución y evacuación de sobrantes; mas como los dos últimos sumandos varían poco de unos terrenos a otros, excepto cuando se trata de perfeccionar regadíos existentes aprovechando su red de distribución, puede sin gran inconveniente prescindirse de ellos para los efectos de la comparación y limitar ésta al coste de los embalses y canales principales, que es lo que se ha hecho al redactar el plan»<sup>13</sup>.

Esa forma de actuar, fundada en la sola consideración del coste de las obras principales por hectárea transformada, expresaba al tiempo dos hechos: por una parte, la indudable dificultad para manejar, con los datos entonces disponibles, otros criterios de mayor complejidad, y, por otra, la idea del carácter universalmente beneficioso del regadío, asociada, como en el Avance de 1899, a la ignorancia del importante papel que las condiciones geográficas desempeñan en ese orden de cosas. Se consideraba que el regadío era siempre conveniente, en cualquier lugar y en cualquier circunstancia, sin que las condiciones geográficas, por adversas que fuesen, pudiesen llegar a poner en entredicho tal conveniencia, por lo que el problema quedaba reducido al modo de lograr técnicamente la llegada del agua al mayor número posible de lugares.

El Plan de 1902 respondía así a un enfoque técnico en el que no tenían cabida las restantes dimensiones, múltiples y casi nunca sencillas, del panorama de la transformación en regadío. Se seguía el planteamiento que venía siendo habitual en el Cuerpo de Ingenieros de Caminos —y no sólo en él—, plasmado con anterioridad en el Avance de 1899, y ello lleva ahora, a través de la ausencia de consideraciones distintas de la referida al coste por hectárea transformada, a ofrecer un entendimiento de las obras hidráulicas que resulta demasiado homogeneizador e indiscriminado, sin criterios selectivos adecuados al caso, excesivamente laxo, permitiendo la inclusión de todo lo técnicamente posible, bastante fragmentador, al anteponer cada acción concreta a la coordinación del conjunto, y proclive a favorecer a los ámbitos interiores, en general más amplios y con más abundancia de agua, en detrimento de los levantinos, más reducidos y carentes de recursos hídricos, pero mejor dotados, por lo demás, para el cultivo de regadío.

El agua disponible mediante la realización de las obras propuestas debe destinarse, sobre todo, al riego, que constituye la finalidad fundamental del Plan, pero también deben tenerse en cuenta, según sus redactores, los aprovechamientos hidroeléctricos, cuando sean compatibles con lo pri-

<sup>13</sup> *Ibid.*, p. 965.

mero, y las necesidades derivadas de los servicios urbanos. Recomiendan asimismo que se resuelvan con más rigor las concesiones de aguas, ante todo las referidas a saltos, e incorporan plenamente la perspectiva sostenida por el Cuerpo de Ingenieros de Caminos, recogida en el Avance de 1899, respecto de las obras hidráulicas, tanto en lo referente a la importancia y función de los pantanos, como en lo que atañe a la intervención del Estado.

Los redactores del Plan de 1902 afirman que el Estado debe intervenir directamente en el estudio y en la realización de las obras hidráulicas —que es el único modo de resolver las dificultades que entorpecen la actuación de la iniciativa privada en este orden de cosas— y aplicar, además, otros medios complementarios para lograr la efectiva implantación de los nuevos regadíos. El conjunto de tales medios constituye un modo de actuación rural bastante amplio y completo, que manifiesta semejanzas con la caracterización costiana de las diversas acciones que deberían formar parte de la política hidráulica. Para fomentar eficazmente el nuevo regadío, puede el Estado «facilitar el transporte de los productos del cultivo, abriendo vías de comunicación y reformando las tarifas, cuando sean demasiado altas o incongruentes; estimular las instituciones de crédito, principalmente del llamado agrícola; favorecer la asociación de terratenientes para diversos fines, como guardería de campos, administración de fincas comunales y cuidado de regadíos; dirimir las contiendas que se susciten entre los dueños de aprovechamiento de agua rivales entre sí; esparcir las enseñanzas agrícolas, mejorar la producción concediendo semillas, plantas y auxilio de todo género; extirpar las plagas devastadoras; defender las propiedades ribereñas contra las inundaciones por medio de obras de encauzamiento de ríos y torrentes; estimular con franquicias la fabricación de abonos minerales, el empleo de herramientas perfeccionadas e instrumentos de trabajo y otros muchos recursos por el estilo de que puede echar mano para impulsar el cultivo agrario»<sup>14</sup>.

Junto a ese entendimiento hidráulico, el Plan de 1902 contiene un total de 205 propuestas de actuación, que comprenden 110 canales y 222 pantanos, con una superficie regable de poco más de un millón ciento ochenta mil hectáreas. De ellas, algo más de quinientas sesenta mil corresponden a las cuencas del Duero, del Tajo y del Guadiana, representando el 47,67% del total, mientras que las del Júcar y el Segura acumulan poco más de sesenta mil hectáreas, que corresponden al 5,30% del conjunto, si bien en ambos casos se habla de la posibilidad de llevar a cabo operaciones mayores de mejora y ampliación de los riegos existentes, sin indicar la extensión que se verá afectada por ello, cuyos contenidos constructivos

<sup>14</sup> «Plan general de canales de riego y pantanos propuesto por la Inspección General de Trabajos Hidráulicos. Memoria. Año 1901», *Revista de Obras Públicas*, LI, 1.427, 29 de enero de 1903, p. 47.

podrán precisarse cuando se realicen estudios posteriores. En la cuenca del Ebro, con casi trescientas treinta mil hectáreas, se concentra el 27,78% de las propuestas de transformación del Plan de 1902.

Los casi veinticinco años de vigencia del Plan de 1902 —hasta 1926, cuando comenzó la nueva perspectiva hidráulica de las Confederaciones Sindicales Hidrográficas— estuvieron marcados por las secuelas de su orientación homogeneizadora: la ausencia de directrices selectivas y coordinadoras operantes se tradujo en el hecho de que, durante ese tiempo, sólo se exigiese a las obras emprendidas que estuviesen incluidas en las propuestas de aquél. Las consecuencias no se hicieron esperar. El desorden constructivo, la dispersión de esfuerzos y la multiplicación del gasto subrayaron el descontrol y el rumbo azaroso de la práctica constructiva, sin que el Estado se mostrase capaz de inspirar y dirigir con criterio una política hidráulica bien articulada. Los exiguos, lentos y fragmentarios resultados de esa dinámica llevaron en tres ocasiones —1909, 1916 y 1919— a aprobar otros tantos planes parciales de obras hidráulicas más reducidos, inscritos todos ellos en el marco general de 1902 y vinculados a la aplicación de presupuestos extraordinarios, con el fin de mejorar la situación.

Los planes parciales de esos años pretendieron solamente incrementar y concentrar las inversiones presupuestarias para terminar, en los plazos establecidos en cada caso, aquellas obras que, estando recogidas en el Plan general de 1902, se encontrasen ya iniciadas, o con sus proyectos ultimados, o, cuando menos, tras la Ley de 7 de julio de 1911, con ofrecimientos de auxilio para ser llevadas a cabo. Responden, como se dice en el primero de ellos, a «la conveniencia de realizar, dentro del más breve plazo posible, todas aquellas obras del plan de canales y pantanos de que se tienen ya datos suficientemente exactos para apreciar el importe de su coste y el plazo de ejecución que reclaman»<sup>15</sup>.

No se lograron corregir con tales medidas los graves problemas planteados, y la empresa hidráulica siguió manifestando, en conjunto, una premiosidad extrema y una eficacia muy limitada. Hasta mediados de los años veinte, sus beneficios fueron escasos. Las razones del fracaso hay que buscarlas tanto en las deficiencias inherentes al planteamiento seguido, con su ausencia de criterios rigurosos de valoración selectiva, como en las crónicas dificultades de financiación pública —agravadas con frecuencia por la dispersión constructiva derivada de aquella ausencia de criterios—, que los sucesivos presupuestos extraordinarios fueron incapaces de remediar, y, por último, en las permanentes reticencias manifestadas por la iniciativa particular —privada o regional— respecto del protagonismo hidráu-

<sup>15</sup> Ministerio de Fomento. Dirección General de Obras Públicas, *Plan de Obras Hidráulicas realizable en un plazo de ocho años. 1909*, Madrid, 1909, p. 1.

lico estatal que entrañaba el Plan de 1902. Se produjo una clara resistencia a reconocer el carácter nacional de la política hidráulica, y se pensó que la intervención estatal directa podía coartar el desenvolvimiento de las iniciativas particulares. La sostenida tensión entre las dos concepciones puestas en juego, respectivamente empeñadas en la primacía de lo nacional o de lo particular en el dominio de las obras hidráulicas, contribuyó a obstaculizar la buena marcha de las líneas de actuación definidas a principios de siglo. Diversas voces se alzaron contra la política hidráulica, y algunas de ellas, como advierte González Quijano, no buscaban «subsanaer deficiencias» o «corregir errores», sino «rectificar en absoluto» su «orientación general»<sup>16</sup>.

\* \* \*

La trayectoria seguida por la política de obras hidráulicas hasta los años veinte había mostrado sucesivos problemas sin solución satisfactoria. La experiencia del siglo XIX indicaba a las claras que la iniciativa particular no era capaz, por variados motivos, y a pesar de las ayudas legalmente estipuladas, de llevarlas adelante de forma eficiente. Durante el primer cuarto de nuestro siglo, en el período de aplicación del Plan de 1902, había quedado probado que la directa atribución de la responsabilidad de tales obras al Estado podía entrañar, al menos, dos riesgos simultáneos: el del desorden constructivo, con todos sus componentes y efectos territoriales y presupuestarios, y el del enfrentamiento, escasamente beneficioso, con los intereses particulares implicados en el uso, con fines agrarios o de otro tipo, de los recursos hidráulicos. Y es justamente a esos problemas a los que se pretende dar cumplida respuesta mediante la creación, en marzo de 1926, siendo ministro de Fomento Rafael Benjumea, conde de Guadalhorce, de las *Confederaciones Sindicales Hidrográficas*.

La respuesta ofrecida por la óptica de las Confederaciones Hidrográficas se apoya en dos decisiones complementarias. El anterior enfoque general y uniforme auspiciado por el Plan de 1902, que se estima tan desafortunado como ineficaz, es sustituido por un planteamiento abiertamente regional, atento a las diversidades existentes entre unos ámbitos y otros, que entiende la cuenca hidrográfica como unidad fundamental y diferenciada de la actuación hidráulica. De esa manera es posible valorar la variedad de condiciones y de iniciativas que se dan en cada ámbito concreto, en cada cuenca hidrográfica, y ajustar la política hidráulica a las distintas posibilidades —geográficas y productivas, sociales y económicas— comprendidas en el conjunto nacional. Serán, desde ahora, las cuencas hidrográficas, mediante la constitución y el funcionamiento de las respectivas Con-

<sup>16</sup> GONZÁLEZ QUIJANO, P. M., «Apuntes de psicología colectiva. La política hidráulica en España», *Revista de Obras Públicas*, LXI, 1.983, 25 de septiembre de 1913, p. 475.

federaciones, las que organicen sus propios planes de obras hidráulicas. Se abandona el horizonte unitario del Plan de 1902 y, en su lugar, se articula una concepción plural de la política hidráulica en la que caben tantos planes como requiera la dinámica misma de las demandas de las cuencas hidrográficas. Con ello se pretendía salvar los escollos del uniformismo precedente, y favorecer, a través del procedimiento selectivo derivado de la formación y del desenvolvimiento efectivo de las Confederaciones, la transformación de los ámbitos regionales mejor predispuestos y más activos respecto de la política hidráulica.

Esta «nueva política hidráulica» —así la denomina Lorenzo Pardo<sup>17</sup>— procura, además, lograr la conciliación de los diferentes intereses que moviliza. Quiere resolver, por una parte, la oposición entre las iniciativas estatales y particulares, buscando, sin incurrir en los errores precedentes de asignar a unas o a otras la responsabilidad fundamental de la empresa, la verdadera colaboración de ambas. «No deben ser funciones exclusivas del Estado —afirma el Real Decreto de marzo de 1926— la ejecución y desarrollo de las obras que afectan a la economía nacional. Es preciso que su labor vaya acompañada de una cooperación ciudadana, en combinación con los organismos, entidades e individuos interesados, para que pueda dar el rendimiento debido y alcanzar el grado de eficacia necesario, lo mismo en su conjunto que en sus diversas partes». Las iniciativas particulares deben participar directamente, junto al Estado —al que se atribuye una función «impulsora, de orientación, y al mismo tiempo coercitiva, de concentración y armonía»—, en la transformación hidráulica de las cuencas hidrográficas. Y, por otra parte, se persigue también la convivencia equilibrada, evitando roces y conflictos, de los distintos intereses —agrarios y no agrarios— que convergen en el aprovechamiento de las aguas. Los trabajos hidráulicos «afectan a los intereses más variados e importantes», y deben comprender al tiempo «las obras de riego, las hidroeléctricas y las de transporte, constituyendo un conjunto coordinado, armónico y eficaz, de intereses»<sup>18</sup>.

La perspectiva de las Confederaciones supone un notable cambio en la orientación de la política hidráulica, ahora decididamente regional, y un importante intento de corregir los yerros y las dificultades de anteriores experiencias. Pero tal perspectiva no se mostró, a su vez, carente de riesgos: siendo, desde luego, razonable y fundada la opción seguida, basada en la consideración de las diferencias regionales, tendió, al ponerse en práctica, a fomentar desigualdades territoriales crecientes, y a alentar un dinamismo

<sup>17</sup> LORENZO PARDO, M., *Nueva política hidráulica. La Confederación del Ebro*, Madrid-Barcelona-Buenos Aires: Compañía Ibero-Americana de Publicaciones, 1930.

<sup>18</sup> «Real Decreto relativo a la organización de las Confederaciones Sindicales Hidrográficas (5 de marzo de 1926)», en Ministerio de Fomento, *Disposiciones sobre Obras Públicas, Ferrocarriles y Tranvías. Dictadas desde 13 de septiembre de 1923 hasta 31 de diciembre de 1926*, Madrid, 1927, tomo I (*Aguas. Puertos*), pp. 211-212.

autónomo de las Confederaciones que, al depender cada vez más, de hecho, de las iniciativas particulares de la cuenca hidrográfica, distanciándose con ello de la prevista supervisión ordenadora estatal, ponía en peligro la viabilidad de la necesaria coordinación de la política hidráulica.

La acabada organización y los logros cosechados por la Confederación del Ebro —cuya labor en pro del mejor conocimiento geográfico de la realidad española fue expresivamente elogiada por Pierre Vilar<sup>19</sup>— son la mejor muestra de las fecundas posibilidades de este entendimiento de la política hidráulica. Pero el amplio y complejo despliegue de aquélla, apoyado en una gran autonomía decisoria y, al tiempo, en una fuerte concentración de recursos que seguían en buena medida dependiendo del Estado, y el contraste entre tal evolución y el ritmo, mucho más lento y menos vivaz, de las otras Confederaciones, constituyen claros exponentes de los riesgos de desigualdad territorial y de alejamiento del horizonte coordinador de la política hidráulica derivados del planteamiento de 1926. El propio Lorenzo Pardo emitió, tras su privilegiado protagonismo en el asunto, un juicio concluyente sobre el sistema de las Confederaciones: «No era —escribe— la organización completa. Tenía, además, el grave achaque de la desigualdad; obedecía más a estímulos locales y a esfuerzos personales que a razones de alcance nacional»<sup>20</sup>.

\* \* \*

Tales problemas son los que se intentará resolver, finalmente, con el *Plan Nacional de Obras Hidráulicas* de 1933. Se procura en él evitar ese achaque de la desigualdad y ese escaso alcance nacional —conectados con el enfoque regional— de los que habla Lorenzo Pardo, sin recaer por ello en las desorientaciones generales y uniformes de pasadas experiencias. Se trata ahora de renovar, frente al anterior protagonismo de las iniciativas regionales, la afirmación del carácter eminentemente nacional de la política hidráulica. Debe ser, por tanto, el Estado el que se responsabilice directamente de las obras hidráulicas, pero tiene que hacerlo, a diferencia de lo ocurrido durante el primer cuarto de siglo, con un planteamiento conjunto y rigurosamente vertebrado, capaz de tener en cuenta, lejos de cualquier tentación homogeneizadora, las diferencias geográficas y económicas de los ámbitos territoriales considerados, dispuesto a aplicar, en aras del interés público general que lo preside, los criterios selectivos acordes con la debida valoración de las distintas virtualidades existentes. Éste es el marco

<sup>19</sup> VILAR, P., «La Confédération de l'Ebre et la connaissance scientifique de l'Espagne», *Revista de Obras Públicas*, LXXX, 2.590, 1 de febrero de 1932, pp. 74-75.

<sup>20</sup> LORENZO PARDO, M., «El Plan Nacional de Obras Hidráulicas. Comentario a dos artículos», *Revista de Obras Públicas*, LXXXII, 2.650, 1 de agosto de 1934, y 2.651, 15 de agosto de 1934, p. 295.

de intenciones –dar una respuesta actualizada a los problemas planteados a lo largo de la anterior experiencia de la política hidráulica, sin ignorar sus logros y procurando corregir sus desaciertos– en el que se inscriben los argumentos y las propuestas del Plan de 1933.

El cambio de rumbo –de la perspectiva de las Confederaciones a la del Plan Nacional– se anuncia con el comienzo de la Segunda República. El 16 de abril de 1931, con Álvaro de Albornoz en el Ministerio de Fomento, declara el director general de Obras Públicas, José Salmerón, al tomar posesión del cargo, su doble propósito de preparar «un plan normal de Obras públicas, como corresponde a las necesidades y recursos de nuestro país», y de revisar, «en debidos términos de ecuanimidad y justicia, la obra que en el ramo de Obras públicas ha desarrollado la Dictadura»<sup>21</sup>. En junio de 1931, se aprueba un Decreto que suprime el funcionamiento original de las Confederaciones. Luego, en diciembre del mismo año, el Ministerio pasa a denominarse de Obras Públicas y se pone al frente del mismo a Indalecio Prieto, quien pronto manifiesta su voluntad de elaborar cuanto antes un planteamiento conjunto y coordinado, sujeto al punto de vista nacional, para la realización de las obras hidráulicas.

Una Orden Ministerial de febrero de 1932 advierte que, en materia hidráulica, «para apreciar las conveniencias generales del Estado, no hay otro medio que abordar la formalización de planes, no de cuenca ni de zona, sino generales», por lo que encarga a la Dirección General de Obras Hidráulicas –en cuyo Servicio de Planes se encontraba, como ingeniero jefe, Lorenzo Pardo– «la formación de un plan general de obras hidráulicas de aprovechamiento, tanto para el riego como para fuerza, detallando sus características [...] y estableciendo coeficientes relativos para apreciar su realización preferente»<sup>22</sup>. Tras conocerse el plazo fijado en la Ley de Presupuestos, aprobada en diciembre, para acabar el Plan y presentarlo a las Cortes –hasta el 31 de marzo de 1933–, se crea, para cumplirlo, el Centro de Estudios Hidrográficos, adscrito a la Dirección General de Obras Hidráulicas, y se confía su jefatura a Manuel Lorenzo Pardo. Con un ligero retraso, el Plan Nacional de Obras Hidráulicas se termina de redactar en abril de 1933, y Prieto lo envía a las Cortes el 31 de mayo siguiente.

Lo primero que conviene señalar es que el Plan de 1933 puede ya apoyarse en estudios y datos mucho más exactos y completos que los disponibles a principios de siglo. No en balde se había llevado a cabo, durante los treinta años transcurridos, una labor de investigación importante acerca de

<sup>21</sup> «Ministerio de Fomento», *Revista de Obras Públicas*, LXXIX, 2.572, 1 de mayo de 1931, p. 185.

<sup>22</sup> «Orden encomendando a la Dirección general de Obras hidráulicas la formación de un plan general de obras de aprovechamiento, tanto para riego como para fuerza, con las características que se indican (4 de febrero de 1932)», en Ministerio de Obras Públicas, *Disposiciones sobre Obras Públicas, Ferrocarriles y Tranvías. Dictadas durante el año 1932*, Madrid, 1934, p. 11.

la caracterización natural y geográfica del territorio español. También en ese período había avanzado sensiblemente, gracias a la labor desarrollada por los servicios técnicos del propio Ministerio, el conocimiento y la información sobre el comportamiento de los ríos peninsulares. Todo ello se deja sentir en los planteamientos de 1933, que cuentan, además, con el valioso complemento de tres trabajos monográficos de singular interés: «La formación geológica de España, en relación con el aprovechamiento de sus ríos», elaborado por Clemente Sáenz García –quien venía participando desde 1926, al igual que Eduardo Hernández-Pacheco y algunos otros, en el estudio geológico de los sectores con proyectos de obras hidráulicas; «Estudio agronómico», por Ángel Arrúe Astiazarán; y «La repoblación forestal en sus relaciones con el régimen de los ríos», debido a Joaquín Ximénez de Embún<sup>23</sup>.

El Plan de 1933 procura ofrecer una visión de conjunto, un enfoque que, al tiempo que alcanza a todo el ámbito nacional y se relaciona con todos los aspectos de su producción y de su economía, quiere atender a las variadas realidades –geográficas y naturales; sociales, económicas y aun políticas– en las que debe desenvolverse. Con él se pretende lograr una doble finalidad agraria: «La idea fundamental –escribe Lorenzo Pardo– consiste en atribuir a los nuevos regadíos una función impulsora de la producción, con el doble objeto de satisfacer las necesidades del consumo nacional y de proporcionar productos apetecibles por el mercado exterior; en una palabra, resolver conjunta y armónicamente el problema económico en su aspecto agrícola, ofreciendo medios y plazos para los restantes. La influencia sobre la actividad general y sobre esos otros factores de la producción y de la vida nacional, es indudable y será inmediata»<sup>24</sup>. Reducir las importaciones destinadas al consumo interior y fortalecer las exportaciones son, por tanto, las pretensiones agrarias fundamentales del Plan. Y tanto sus propuestas hidráulicas como su valoración selectiva del regadío son inseparables de tales perspectivas.

Para satisfacer con coherencia esas finalidades es preciso, según Lorenzo Pardo, definir un entendimiento integrador y coordinado, con criterios selectivos, de la transformación en regadío y de las obras hidráulicas que la hacen posible. El Plan de 1933 es, en este punto, meridiano. Ninguna región o zona productiva puede separarse del interés conjunto, nacional: sólo plegándose a éste, aceptando la orientación superior de sus necesidades diversas pero complementarias, pueden aquéllas hallar «el

<sup>23</sup> Los tres trabajos citados se encuentran incluidos en el Plan: véase Ministerio de Obras Públicas. Centro de Estudios Hidrográficos, *Plan Nacional de Obras Hidráulicas*, Madrid, 1933, tomo II, pp. 283-325; tomo III, pp. 25-367 y 369-460.

<sup>24</sup> LORENZO PARDO, M., «Exposición general», en Ministerio de Obras Públicas. Centro de Estudios Hidrográficos, *Plan Nacional de Obras Hidráulicas, op. cit.*, tomo I, p. 103.



camino de su mayor conveniencia, que no puede ser máxima ni completa, ni siquiera satisfactoria y suficiente, si no es participación legítima en la conveniencia general»<sup>25</sup>. Lorenzo Pardo estaba convencido, como recuerda dos años después durante una conferencia en Lorca, de «la necesidad de la previa visión de conjunto y del estudio de las realidades geográficas y económicas de la nación, evitando, cuidadosamente, la acumulación de iniciativas aisladas de visión parcial»<sup>26</sup>.

Lo que se sostenía en el Plan de 1933 era, en resumen, una concepción hidráulica unitaria que suponía la supeditación de cualquier posible interés particular —privado o regional— al horizonte establecido en términos generales o nacionales. Deseaba alejarse Lorenzo Pardo de los riesgos del particularismo autonomista y desigual entrañado por las Confederaciones, sin renunciar por ello a sus mejores y más duraderas enseñanzas, pero también quería apartar los peligros de la dispersión constructiva derivados del enfoque indiscriminado y uniformador que había predominado antes de 1926. No estaba dispuesto a caer, huyendo del desigual particularismo, en «esa otra arbitrariedad —así la llama en uno de sus artículos de 1934—, aparentemente niveladora, que hace de cada obra un expediente más, sometido a los vaivenes del favor o a otras circunstancias fortuitas, cuyo predominio antigeográfico y antipolítico, a fuerza de ser político, ha sido causa reconocida por todos de esterilidad»<sup>27</sup>. El regreso al horizonte nacional, conjunto y coordinado, de la política hidráulica es consciente de los pesados lastres que en ocasiones anteriores impidieron su adecuado desarrollo.

La visión de conjunto practicada por Lorenzo Pardo encuentra una realidad geográfica y económica marcada por dos desequilibrios principales de signo contrario. El primero de ellos es hidrológico y se concreta en la gran desigualdad de los volúmenes de agua respectivamente disponibles en la zona mediterránea y en la zona atlántica. El segundo indica, en sentido opuesto, que es precisamente la zona mediterránea —el ámbito hidrológicamente peor dotado— la de mejores condiciones productivas y la que ofrece mayores posibilidades para el desenvolvimiento del regadío —y, sobre todo, de la parte más cualificada y valiosa del mismo, la dirigida a incrementar las exportaciones— que el Plan perseguía. Es, por tanto, en la vertiente mediterránea —en la zona donde se hallan las circunstancias más propicias y el medio más adecuado para el riego— donde deben ubicarse preferentemente los nuevos cultivos destinados a la exportación, mientras que en el ámbito interior o atlántico es más conveniente localizar aquellos

<sup>25</sup> *Ibid.*, p. 170.

<sup>26</sup> RUIZ DE GUEVARA, V., «La conferencia del Sr. Lorenzo Pardo, en Lorca», *Revista de Obras Públicas*, LXXXIII, 2.661, 15 de enero de 1935, p. 29.

<sup>27</sup> LORENZO PARDO, M., «El Plan Nacional de Obras Hidráulicas. Comentario a dos artículos», *op. cit.*, p. 295.

otros encaminados a abastecer el mercado interior, disminuyendo el peso de las importaciones.

Planteadas así las cosas, se trataba de corregir, en beneficio de «la zona verdaderamente apta para el cultivo de regadío» —y más importante, en virtud de su potencialidad productiva, respecto de las intenciones económicas del Plan—, el desequilibrio hidrológico existente, para poder llevar a la práctica las atribuciones territoriales de cultivos previstas. De ahí que sea «la región levantina», desde Castellón hasta Almería —«y en proporción rápidamente creciente de Norte a Sur»—, donde aparece el «país clásico del regadío», la que «hay que beneficiar en una parte, redimir en otra y transformar por completo en la totalidad, incorporándola en conjunto a una función económica trascendental». Y para lograr «este gran objetivo nacional» no basta, aun siendo necesario, con el mejor aprovechamiento de los escasos recursos hidráulicos levantinos; es preciso, además, «derivar hacia la vertiente mediterránea las aguas caídas de los ríos Tajo y Guadiana»<sup>28</sup>. El trasvase era el último y consecuente eslabón de la concepción unitaria y de la línea argumental selectiva afirmadas en el Plan Nacional de Obras Hidráulicas.

Todas sus recomendaciones, incluyendo el trasvase, se relacionan con esa pretensión de solucionar, del modo indicado, el desequilibrio hidrológico entre las vertientes consideradas. Se proponía afectar, en veinticinco años, a un total de 1.478.335 hectáreas reales, equivalentes, ponderando los riegos mejorados, a 1.285.900 hectáreas de nuevo regadío. En el Júcar y en el Segura, con más de 292.000 hectáreas reales, se sitúa cerca del 20% de las previsiones del Plan. Y el ámbito mediterráneo, comprendiendo, junto a las dos cuencas anteriores, el Pirineo Oriental, la del Ebro y los regadíos del Sur, abarca más del 60% de tales previsiones: una extensión de 893.945 hectáreas reales, de las que más de 650.000 corresponden a los nuevos regadíos allí previstos.

No tardó en desatarse, con inusitada virulencia, la polémica sobre los contenidos del Plan de 1933, y en ella participaron de forma destacada el propio Lorenzo Pardo, en defensa de las tesis planteadas, y José Nicolau, de todo punto contrario a ellas. El debate personal que ambos sostuvieron a mediados de los años treinta resulta sumamente interesante: el enfrentamiento entre Nicolau, uno de los máximos inspiradores y responsables de las orientaciones del Plan de 1902, y Lorenzo Pardo, de quien puede decirse lo mismo respecto de las posteriores directrices de las Confederaciones Hidrográficas, primero, y, después, del Plan de 1933, supone, en realidad, una completa revisión de la política hidráulica de nuestro primer tercio de siglo y, por añadidura, una ilustrativa confrontación, de la mano

<sup>28</sup> LORENZO PARDO, M., «Exposición general», *op. cit.*, pp. 158, 164 y 167-169.

de dos consumados conocedores del asunto, de las concepciones y de las experiencias que se sucedieron a lo largo de ese período de tiempo. Basta leer despacio para comprobar la expresión, elocuente aunque no única, que de la controversia entre los dos Ingenieros de Caminos —y agudos polemistas— quedó recogida en las páginas de la *Revista de Obras Públicas*.

A la «envenenada y apasionada oposición —son palabras de Lorenzo Pardo— que encontró el Plan en sus primeros pasos oficiales»<sup>29</sup>, se sumaron voces de variada procedencia que emitieron juicios adversos no menos variados acerca de los planteamientos y las propuestas que contenía. Se dijo del Plan que era improvisado y técnicamente endeble, se discutieron sus cálculos hidrológicos y sus sugerencias finales para organizar administrativamente la realización de lo previsto, se puso en duda el valor de los presupuestos y de las concepciones que fundamentaban sus razonamientos. Pero el grueso de la crítica se centró sobre todo en la preferente atención concedida a los regadíos de la vertiente mediterránea y en la consiguiente formulación de la idea del trasvase. En febrero de 1933, antes de haberse plasmado concretamente esa idea en el Plan, había manifestado ya Luis R. Arango una opinión francamente contraria a los trasvases, que le parecían económicamente desaconsejables —«el trasiego de aguas de una cuenca a otra podría desequilibrar a España»—, poco viables «desde el punto de vista autonómico, regulado por la Constitución», y, por último, enemigos de algo que el autor consideraba fundamental: «conservar un equitativo reparto de las riquezas naturales, para que el tono de vida en todas las provincias españolas sea el mismo y no existan escalones marcados entre la periferia y el centro»<sup>30</sup>.

Nicolau discute, entre otras muchas cosas, la importancia misma que Lorenzo Pardo adjudica al desequilibrio hidrológico entre las vertientes mediterránea y atlántica, para criticar asimismo la propuesta de trasvase, «que es —dice—, en fin de cuentas bien echadas, la única novedad y también la parte más discutible del Plan». No oculta Nicolau la impresión desfavorable que le produce la operación de trasvase formulada, y agrega que «bueno sería estudiar con todo detalle y con sólidas garantías de acierto los aspectos económico, social y político de una tal empresa, olvidados en buena parte al redactar el Plan»<sup>31</sup>. Y, en otra ocasión, el mismo Nicolau resume su parecer de forma tajante: «en vez de entablar descomunal batalla contra un fantasma —un supuesto desequilibrio hidrográfico entre las ver-

<sup>29</sup> LORENZO PARDO, M., «El Plan nacional de obras hidráulicas y la campaña de la Cuenca del Duero. Segundo comentario. Preámbulo e intermedio», *El Norte de Castilla*, LXXXI, 34.094, 13 de junio de 1934, p. 1.

<sup>30</sup> ARANGO, L. R., «La economía española y la hiperemia hidráulica en las obras públicas», *Revista de Obras Públicas*, LXXXI, 2.615, 15 de febrero de 1933, pp. 88-89.

<sup>31</sup> NICOLAU, J., «El nuevo Plan nacional de Obras hidráulicas», *Revista de Obras Públicas*, LXXXII, 2.643, 15 de abril de 1934, pp. 148-149.

tientes mediterránea y atlántica— como se hace en el plan, sería mejor tratar de distribuir las superficies regables entre las distintas regiones con arreglo a normas de justicia y a las demandas de necesidades reconocidas, con la mira puesta en las más altas y justificadas aspiraciones nacionales»<sup>32</sup>.

Desde las páginas de *El Norte de Castilla* se desplegó una intensa campaña contra el Plan de 1933. Se habló de «la preterición de Castilla»<sup>33</sup> y se pidió la retirada de ese Plan y la elaboración de otro que fuese «verdadamente nacional, no sólo mediterráneo»<sup>34</sup>. Porque se entendía que aceptar lo propuesto en aquél era tanto como «condenar a Castilla a que sea siempre país de secano, pudiendo ser país de regadío, cultivando las plantas que su clima le permiten y luchando en legítima y leal competencia, dentro de la economía nacional, sin colocarla para siempre en un plan de inferioridad»<sup>35</sup>. Eran argumentos que coincidían en denunciar el sesgo levantino del Plan, que se estimaba perjudicial para los ámbitos interiores y estimulador de peligrosos desequilibrios de índole territorial. Se pensaba que los frutos del Plan debían distribuirse «equitativamente entre todas las regiones que contribuyen al Estado central», ya que las obras hidráulicas son «igualmente necesarias en todas, si bien en cada una del carácter peculiar que a su clima, situación geográfica, densidad de población, etc., corresponde»<sup>36</sup>. En un artículo cuyo título —«Ni plan ni nacional»— no condensa mal su severo contenido crítico, José Gallarza, Ingeniero de Caminos y representante de la Diputación de Toledo en el V Congreso Nacional de Riegos, se refería al «catastrófico trasvase» y se preguntaba, un tanto hiperbólicamente, «por qué había que favorecer a las zonas ricas, donde el Estado sólo y espléndido ha realizado multitud de obras, a costa de las pobres, donde el Estado no ha realizado nada, pudiéndose emplear en ellas todas las disponibilidades de la cuenca y todo el agua del trasvase»<sup>37</sup>.

El propio Lorenzo Pardo respondió a las acusaciones lanzadas contra el Plan de 1933. Insistió en que sus decisiones no eran caprichosas, en que estaban basadas en el estudio detenido de las variadas realidades geográficas y

<sup>32</sup> «El Plan Nacional de Obras Hidráulicas y la cuenca del Duero. Unas importantes manifestaciones de don José Nicolau, presidente de la Comisión permanente de los Congresos nacionales de riegos», *El Norte de Castilla*, LXXXI, 34.084, 1 de junio de 1934, p. 1.

<sup>33</sup> CASTAÑÓN ALBERTOS, G., «El Plan Nacional de Obras Hidráulicas y la Cuenca del Duero», *El Norte de Castilla*, LXXXI, 34.079, 26 de mayo de 1934, p. 1.

<sup>34</sup> FERNÁNDEZ UZQUIZA, J. J., «El plan nacional de obras hidráulicas. Con muchísimo respeto», *El Norte de Castilla*, LXXXI, 34.088, 6 de junio de 1934, p. 1.

<sup>35</sup> BAÑUELOS, M., «Intereses de Castilla. Los riegos en la Cuenca del Duero», *El Norte de Castilla*, LXXXI, 34.085, 2 de junio de 1934, p. 1.

<sup>36</sup> ARENAL y WINTER, A. G., «La política de Obras públicas», *Revista de Obras Públicas*, LXXXI, 2.624, 1 de julio de 1933, p. 302.

<sup>37</sup> GALLARZA, J., «Ni plan ni nacional», *Revista de Obras Públicas*, LXXXIV, 2.689, 15 de marzo de 1936, p. 111.

económicas existentes. Dijo que era del todo erróneo pretender aplicar en Castilla fórmulas iguales a las que convenían a otras «regiones donde el regadío es trascendental, donde no es una mejora, sino la vida misma»; advirtió que establecer meras comparaciones numéricas entre unas cuencas y otras no era sino «muestra de un criterio lamentable que implica desconocimiento de nuestra mayor potencia, que estriba en la diversidad»<sup>38</sup>. Afirmó que el Plan de 1933 era indispensable para lograr «una política hidráulica nacional, seria y eficaz, con que hasta ahora no contábamos», y negó las imputaciones de parcialidad regional que se le habían hecho. «No hay preferencias en cuanto a la atención —escribe—. Lo que hay es respeto a las realidades del país, único medio de alcanzar eficacia. [...] No hay, pues, preferencia, repito, sino orden, método y preocupación para la mejor inversión de los fondos públicos, lo que equivale a asegurar el éxito de la empresa total»<sup>39</sup>.

Ésos fueron, en síntesis, los rasgos más notorios de la polémica acerca del Plan Nacional de Obras Hidráulicas de 1933. Se discutió el meollo mismo del planteamiento suscrito por Lorenzo Pardo, aquello que pretendía justamente asegurar la articulación de un entendimiento hidráulico rigurosamente nacional, atento a la diversidad y empeñado en aplicar criterios selectivos y coordinados para conseguir el razonable desarrollo de las partes y la vertebración del conjunto. Se criticó el resultado de aplicar lo que tantas veces se había demandado: una política hidráulica respetuosa hacia las diferencias geográficas y económicas regionales y, al tiempo, apoyada en una voluntad integradora. La de Lorenzo Pardo fue una respuesta razonada a los problemas históricamente planteados por la concepción y la práctica de la transformación en regadío. Valoraba las diferencias y obraba en consecuencia: podía haberse hecho de otra manera, pero no parece fácil pensar en una política hidráulica viable sin llevar a cabo tales operaciones selectivas. Era una opción clara, y no carente de justificaciones, pero no llegó a convencer ni a quienes entendían de otro modo la potencialidad de las respectivas regiones, ni a quienes planteaban la actuación hidráulica en términos sustancialmente igualitarios. Al margen de las consideraciones técnicas planteadas en ocasiones, el fondo de la controversia remitía, en suma, al problema medular —y antiguo— de la política hidráulica: el modo de articular equilibradamente en su seno, sin caer en generalismos o en particularismos inconvenientes, lo particular y lo general; la forma de concretar una visión de conjunto capaz de aunar de manera efectiva las dimensiones nacionales y los variados componentes privados y regionales simultáneamente puestos en juego.

<sup>38</sup> LORENZO PARDO, M., «El Plan nacional de obras hidráulicas y la campaña de la Cuenca del Duero. Segundo comentario. Andante y final», *El Norte de Castilla*, LXXXI, 34.096, 15 de junio de 1934, p. 1.

<sup>39</sup> LORENZO PARDO, M., «El Plan Nacional de Obras Hidráulicas. Comentario a dos artículos», *op. cit.*, pp. 294 y 311-312.

## CAPÍTULO 10

# LA POLÍTICA HIDRÁULICA EN ESPAÑA DE 1936 A 1996

Leandro del Moral Iriarte  
Universidad de Sevilla

### Introducción

Uno de los rasgos más frecuentemente destacados de la política hidráulica en España es la notable continuidad y progresiva consolidación a lo largo de más de un siglo de los presupuestos básicos en los que se ha fundado. La peripecia personal de Manuel Lorenzo Pardo (presidente de la emblemática Confederación del Ebro con la Dictadura de Primo de Rivera, responsable de la política de aguas de Indalecio Prieto y de nuevo presidente del Consejo Nacional de Obras Públicas después de la guerra civil) se ha presentado a veces como ejemplo de esa continuidad. En cualquier caso, todo indica que en la actualidad nos encontramos en una etapa en la que la crisis de las justificaciones económicas y sociales de esa política hidráulica centenaria hace ya impostergable el replanteamiento del marco institucional en el que se apoya, entendiéndose por este último no sólo las estructuras organizativas sino el conjunto de reglas formales e informales que condicionan la identificación de los problemas y el diseño y aplicación de las políticas consiguientes.

En este sentido, en el período que aquí se analiza (1936-1996) es imprescindible diferenciar las características de la larga etapa del régimen franquista, con sus indudables subdivisiones internas, de las nuevas condiciones que se van abriendo paso en el campo de la política hidráulica desde finales de la década de los setenta. Ésos son los dos apartados, inevitablemente sintéticos, en los que el presente estudio se ha estructurado.

### 1. La política hidráulica durante el régimen de Franco

La intervención sobre los recursos hidráulicos durante el franquismo todavía no ha sido objeto de un estudio específico y de conjunto. Evidente-

mente, existe una importante bibliografía sobre política de riegos, que constituye una parte esencial de la política de aguas (Ortega Cantero, 1979; AA VV, 1988-1994). Pero falta ese enfoque hidráulico integrado que, en distinta medida, encontramos para otras etapas (Restauración, Dictadura, II República o etapa posterior a la Ley de aguas de 1985).

Es posible que las razones de esta ausencia radiquen en el hecho de que durante el franquismo —al margen del Plan General de Obras Públicas de 1939-1941 que más adelante se comenta— no se produce ninguna gran elaboración unitaria y general sobre aguas (como lo fueron para momentos anteriores y posteriores el Plan de 1902, la creación de las Confederaciones Hidrográficas, el Plan Nacional de Obras Hidráulicas de 1933, la Ley de Aguas de 1985 o la documentación para la planificación hidrológica actual). En este sentido, se aprecia un fuerte contraste entre las etapas precedentes y la que aquí se considera: a la profusión de ideas, planes y debates (muchos de éstos sobre la frecuente inoperatividad de aquéllos), sucede después de la guerra civil una larga serie de realizaciones en un contexto de escasa reflexión y de debate político, como es obvio, muy condicionado.

También puede influir en esa falta de enfoque hidráulico de conjunto el gran protagonismo ideológico e institucional, así como el impacto territorial, de la política de regadíos, que ha atraído la mayor parte del interés y del esfuerzo investigador. En cierta manera, en la investigación se ha proyectado la interpretación de Gómez Ayau sobre la evolución desde la «política hidráulica» a la «política de riegos» y de ésta a la «política de colonización», como síntesis y culminación de la primera (Gómez Ayau, 1961).

### 1.1. Aspectos de un análisis integral de la política hidráulica de esta etapa

Para superar la situación que se acaba de definir, avanzando hacia un tratamiento de conjunto de la política de aguas, en mi opinión habría que cumplir las siguientes condiciones:

a) En primer lugar, habría que desarrollar el análisis específico y detallado del *Plan General de Obras Públicas* de 1940, tarea todavía pendiente. Es cierto que su significación básica ya está planteada: utilización parcial, fragmentada, de las propuestas de 1933, sin recoger el proyecto general de articulación territorial basado en criterios geográficos y económicos explícitos y complementarios que aquéllas contenían (Ortega, 1979, 1993). Sin olvidar que, aun siendo un marco de referencia básico, el Plan de 1940 se ejecuta parcialmente y se incumple reiteradamente, pese a lo cual en los cuarenta años posteriores ni se revisa ni se actualiza formalmente. Con todo, se requieren estudios más específicos y referidos a las diferentes cuencas —en la línea del ya apuntado para la del Tajo (Mata Olmo,

1989)—, en los que se contraste lo propuesto en 1933 y lo planteado en 1940 con lo realmente ejecutado en las décadas posteriores, ofreciéndose las correspondientes propuestas de interpretación.

b) Desde un *punto de vista sectorial*, a la bien conocida política de «zonas regables» (marco jurídico-institucional, significación política, financiación, materialización concreta, balance, etc.) habría que añadir el tema de la evolución y significación del *regadío privado*, vinculado en parte al anterior a través de la obra de «colonización local» y de la actuación indirecta del INC-IRYDA, pero mucho menos conocida y, ciertamente, más difícil de conocer a causa de la menor disponibilidad y la mayor dispersión de las fuentes. No se puede olvidar que en esta etapa se produce el desbloqueo de la puesta en riego de las grandes explotaciones agrarias en algunas regiones (particularmente, Andalucía occidental) y que el problema de las dificultades del arranque del regadío en la España interior constituye uno de los temas centrales del debate político sobre el agua en España<sup>1</sup>. Tampoco conviene ignorar que la iniciativa privada es la protagonista de la transformación en riego al principio y al final del período.

c) Cada vez resulta más frecuente señalar la importancia del *sector energético* para entender la trayectoria de la política de aguas en España (ver por ejemplo Vera Rebollo, 1995). Un análisis de conjunto de la política hidráulica sin la referencia a la significación de la intervención hidroeléctrica quedaría incompleto.

d) El sector de los *abastecimientos urbano-industriales* (los sucesivos replanteamientos de su régimen económico-financiero, la evolución de las demandas, la expansión de los espacios hidráulicos condicionados por estas demandas) es otro de los grandes ausentes, pese a que tales abastecimientos juegan un papel cada vez más importante en la aparición o profundización de conflictos y concurrencias sobre el recurso en esta etapa.

e) Tampoco se puede olvidar la concepción y significación de la obra de *prevención de avenidas y defensa frente a inundaciones*, importante para

<sup>1</sup> Este debate ha estado condicionado por la excesiva generalización —que omite las imprescindibles diferencias territoriales—, en la que todos solemos incurrir, y por su vinculación al debate general sobre la interpretación del sector agrario en la España de la posguerra, que ha sintetizado recientemente Manuel González de Molina (NAREDO, J. M., 1996, nota preliminar). Pese a mi toma de posición contra las interpretaciones de una supuesta actitud refractaria de la gran explotación agraria frente al regadío (MORAL ITUARTE, L. DEL, 1991, 5.ª parte, capítulos 1 y 2), creo que tampoco se pueden ignorar los reiterados testimonios que la avalan: desde la valoración que ya en 1847 hacía el ingeniero José García Otero («Exceptuando algunas huertas y posesiones de corta extensión, las ventajas del riego son desconocidas para los labradores en grande, quienes repugnarían la división de la propiedad territorial que aquél exige para su mejor aprovechamiento», *Reconocimiento del río Guadalquivir entre Córdoba y Sevilla verificado en los años de 1842-1844...*, Madrid, 1987, p. 181), hasta los documentados trabajos de A. López Ontiveros sobre el significado, contenido, temática e ideología de los Congresos Nacionales de Riegos (LÓPEZ ONTIVEROS, A., 1992 y 1995).

entender la intervención hidráulica en determinadas áreas. Y en relación con este tema los *planteamientos hidrológicos forestales*, éstos algo más estudiados dentro del análisis general de la política forestal del franquismo (Gómez Mendoza y Mata Olmo, 1993).

f) Todos estos aspectos sectoriales no se pueden desvincular de la evolución del *conocimiento de la realidad hidrológica* del país: estudios hidrológicos, foronomía, estadística, etc. Vinculado a este tema, pero también a otros, la emergencia de las *aguas subterráneas* como parte fundamental del recurso. Así como la cronología de la aparición del tema de los *límites del recurso* y del debate sobre la *calidad* y el deterioro del agua, con el planteamiento inicial de la dialéctica cantidad/calidad hacia el final del período.

g) Por último, el tema fundamental de la organización de la propia *administración hidráulica*, con referencia al reparto de competencias sobre el agua en los organismos centrales, la función de las Confederaciones Hidrográficas, la creación de las Comisarías de Aguas y sus cambiantes relaciones.

## 1.2. Propuesta de algunas conclusiones generales

### 1.2.1. Ruptura y continuidad con los planteamientos anteriores

Entre 1940 y 1976, tomando como base los planteamientos hidráulicos y las realizaciones iniciales desarrolladas en las décadas anteriores, se construyó la parte esencial de la infraestructura hidráulica española actual. La capacidad de embalse pasa de algo menos de 4.000 hm<sup>3</sup> en 1940 a algo más de 40.000 hm<sup>3</sup> a finales del período, mientras la potencia hidroeléctrica instalada crece de 1.340 Mw a 11.954 Mw. Por su parte, la superficie regada alcanza 2.700.000 ha, con un crecimiento de 1.400.000 ha, aproximadamente. Sin olvidar la obra de defensa frente a inundaciones, que solamente en lo que se refiere a grandes encauzamientos alcanza los 1.260 km. En síntesis, el sistema hidráulico español se transforma profundamente, contribuyendo o acompañando al cambio social y económico del país.

El *Plan General de Obras Públicas* de 1940 (PGOP), que constituye el marco de referencia más general de este proceso, generalmente se viene considerando como la clara expresión de la ruptura con la concepción articulada y de conjunto que caracterizaba a los planteamientos contenidos en el de 1933. Y esto pese a que en el PGOP se declara la voluntad de realizar una selección acertada de obras «de modo que formen un conjunto armónico y articulado en el que puedan aprovecharse no sólo las ventajas que cada una de aquellas reportan, sino más bien la que se deriva de su totalidad» (Ley 11 de abril de 1939).

En su vertiente hidráulica, el PGOP se concreta legalmente en un listado de obras de regulación (pantanos) y de regadío (canales, acequias y desagües), presentado por cuencas hidrográficas y clasificado según un orden de prioridad. En una primera aproximación al análisis del orden propuesto, coincido básicamente con la interpretación de Rafael Mata para el caso de la cuenca del Tajo (Mata Olmo, 1989): continuidad con redimensionamiento a la baja («modestia y realismo» los llama el autor citado). En los dos primeros grupos de máxima prioridad se recoge la mayor parte de las obras efectivamente en curso en el conjunto del país, incluidas las que habían recibido esta misma calificación en la etapa republicana (zonas afectadas por la Ley de Obras de Puesta en Riego de 13 de abril de 1932: Guadalquivir, Valle Inferior del Guadalquivir, Guadalquivir y Chorro). Evidentemente, los planteamientos sobre régimen de financiación y parcelación que esta última contenía quedan aparcados en el nuevo contexto político posbélico.

En el cuarto grupo se incluyen las obras no debidamente estudiadas o las que aún estando empezadas «tienen escaso rendimiento» y requieren estudios más atentos. Este grupo puede ser clave para valorar de manera concreta los niveles de ajuste entre las etapas anterior y posterior a la guerra civil de la programación hidráulica. A expensas de un análisis más detallado, destaca la localización en este grupo de los pantanos de Entrepeñas y Buendía (Tajo) y Alarcón (Júcar), piezas claves del sistema de trasvases propuesto por Lorenzo Pardo, ambas con la apostilla «para pasar al primer grupo cuando se termine el estudio».

En resumen, el Plan de 1940 supone una continuidad del grueso de las operaciones anteriormente planteadas con la salvedad fundamental de la posposición, sin un rechazo frontal, del trasvase a Levante, que, como es sabido, constituía la espina dorsal de los planteamientos vertebradores del de 1933. Eso no impidió que en la década de los sesenta (en el contexto del cambio de modelo de desarrollo y de la crítica del *Informe del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento* de 1962 a las transformaciones indiscriminadas y a la falta de criterios de eficiencia económica en las programaciones anteriores) se retomara la idea que culminó con la llegada de las aguas del Tajo al Segura en 1979, aunque con unos objetivos de regadío redimensionados a la baja respecto a la superficie inicialmente propuesta por Lorenzo Pardo.

### 1.2.2. Una política de flexibilización de la oferta basada en la subvención de costes

Con fórmulas cambiantes en relación con las características económicas y políticas de las diferentes etapas, en este período se alcanza la máxima

expresión de la política de flexibilización de la oferta, fundada en la idea profundamente enraizada en la sociedad española de que el agua constituiría el motor del desarrollo económico y social del país, especialmente del mundo rural. Hay que destacar que esta política responde a la lógica habitual tanto en el período histórico en el que se inscribe como por el nivel de desarrollo del país (Faggi, 1996).

El principal instrumento empleado para el desarrollo de esta política fue la profundización y extensión a otros sectores de los mecanismos financieros (subvenciones y bajos intereses) avanzados en la Ley de grandes regadíos de 1911, que han implicado la transferencia de importantes recursos financieros a los concesionarios de agua para usos productivos.

En el sector agrario, destaca la Ley de 21 de abril de 1949 sobre Colonización y Distribución de la Propiedad en las Zonas Regables (todavía vigente en el texto refundido de la Ley de Reforma y Desarrollo Agrarios de 1973). Esta norma, paralelamente a los nuevos planteamientos sobre «colonización» en sentido estricto que introdujo, significó un aumento muy importante del compromiso financiero del Estado en las transformaciones de iniciativa pública.

Por lo que se refiere a la iniciativa privada, parece claro que desde la posguerra se produce un cambio de tendencia que culmina con el claro protagonismo de ésta hacia el final del período, en regiones en las que hasta el momento su actividad había sido mucho menor. El instrumento legal en el que se enmarca inicialmente este fenómeno fue la «política de reservas» (Orden ministerial de 3 de octubre de 1947), por la que se brindaba a los agricultores que transformaran sus tierras en regadío la posibilidad de vender una parte de su cosecha en los mercados paralelos, a precios más elevados que los tasados: hasta 1952 se transformaron más de 80.000 ha, basadas generalmente en tomas directas o pozos de poca profundidad (Sumpsi, 1994). El regadío privado contó también con las ayudas que proporcionaba la Ley de Colonización de Interés Local de 25 de noviembre de 1940, actualizada por la de 27 de abril de 1946. Esta última preveía subvenciones de hasta el 30% y créditos de hasta el 60% de la inversión sin interés (Ortega Cantero, 1979). Al comienzo de la siguiente década esta normativa se vio completada por el Decreto de 28 de septiembre de 1951 sobre fomento de la iniciativa privada de pequeños y medianos regadíos. A mediados de los años setenta aumenta el nivel de ayudas a la transformación privada (Real Decreto 2499/76 y R.D. 1616/78). Los efectos de esta normativa son muy importantes: las 15.000 ha/año promedio del período 1965-1975 se elevan a 36.500 ha en 1977 y a 50.000 ha en 1978.

Factores políticos (el cambio de marco político que supuso el desenlace de la guerra civil, con la estabilización definitiva de la hegemonía de los propietarios) y económicos (la mecanización de los herbáceos en regadío,

con la disolución de la identificación de regadío y pequeña explotación) deben jugar un importante papel en este fenómeno (Moral Ituarte, 1993).

En el sector de los abastecimientos a poblaciones (que implican suministros a industrias y a actividades terciarias), se produce un proceso de extensión de la subvención desde las poblaciones de menos de 12.000 habitantes (Decreto de 17 de mayo de 1940) a las de menos de 50.000 (Decreto de 27 de julio de 1944), y de éstas a todas sin limitación (Decreto 1 de febrero de 1952). Este último generaliza la subvención del 50% del presupuesto de las obras y un anticipo del 25% reintegrable en 20 anualidades suplementadas con un interés del 5%. Esta subvención se podía superar en casos justificados por razones de interés nacional (Decreto 25 de febrero de 1960). Por otra parte, se van elevando las dotaciones máximas que pueden acogerse a los auxilios, a la par que éstos se extienden de las obras de captación, conducción y de colectores a las de distribución interior (Decreto 31 de octubre de 1963).

### 1.2.3. Protagonismo de los intereses energéticos

Otro elemento importante de la política del agua en esta etapa es el protagonismo de los objetivos energéticos y de los intereses vinculados a este sector en el diseño y explotación de la infraestructura hidráulica, especialmente hasta la década de los setenta. El 50% de las grandes presas de España ha sido construido por el sector eléctrico, con lo que el 40% de la capacidad total de embalse corresponde a obras con fines puramente hidroeléctricos (Vera, 1995). Además de la desmodulación entre hidroelectricidad, con una demanda constante, y el regadío, con demanda estacional, la localización de los embalses de finalidad hidroeléctrica dificulta en ocasiones la aparente complementariedad de los usos. A partir de los años setenta, la hidroelectricidad, que pierde significación a consecuencia de la diversificación de las fuentes energéticas, comparte ese protagonismo con las necesidades de abastecimiento urbano y los intereses industriales, incluidos los de refrigeración de centrales. Esta preeminencia real contrasta con las prioridades políticas explícitas, especialmente presente en la documentación de la Administración agraria, atendiendo a la cual parece como si la política del agua hubiera estado dirigida exclusivamente por la estrategia agraria.

### 1.2.4. Déficit de gestión

Consecuencia inevitable de la mencionada política de oferta de la política hidráulica de este período es la concentración de los esfuerzos en la

generación de recurso y la postergación de las tareas de gestión. El sistema administrativo y social que rodea el agua, desde los cuerpos de técnicos hasta los usuarios, pasando por el sector empresarial del agua, se orientan en esa perspectiva. La gestión del recurso (medición, control de concesiones, modulación de dotaciones, eficacia de la distribución, etc.) tiene una importancia muy secundaria. El conocimiento hidrológico progresa vinculado básicamente a la experiencia de la explotación. La sobreestimación de los recursos es un dato recurrente en las distintas programaciones. Las aguas subterráneas, aunque de creciente importancia en relación con la expansión del regadío de iniciativa privada y con la satisfacción de las demandas urbanas, sufren una clara marginación en el ámbito de la Administración hidráulica. Evidentemente, en la programación y explotación del recurso, se desconoce la función del agua como factor esencial de los sistemas naturales, así como el valor de los usos *in situ*.

Hacia el final del período se presentan las primeras manifestaciones de desequilibrios estructurales (no simplemente las consecuencias de episodios normales de sequía o desequilibrios técnicos transitorios) entre demandas y recursos disponibles en términos económica y socialmente aceptables (en algunas zonas en términos sencillamente físicos). Al mismo tiempo, los problemas de contaminación, además de socialmente conflictivos, empiezan a plantear limitaciones a los aprovechamientos. En las elaboraciones de los organismos de gestión del agua se apunta el comienzo de la preocupación sobre la necesidad de replantear el modelo, desde la expansión a la consolidación de los sistemas, desde la cantidad a la preocupación por la calidad, la racionalización de las dotaciones, el cálculo de los retornos, etc.

En cualquier caso, durante la segunda mitad de los setenta domina la inercia de las dinámicas del pasado. En 1976, en el capítulo final de un documento conmemorativo del cincuentenario de la creación de las Confederaciones Hidrográficas que se difunde ampliamente en todos los ámbitos de la gestión y el uso del agua, se dice: «En estos momentos aún se pueden regar otras 2.000.000 ha, hay que atender una demanda en abastecimientos de poblaciones que ahora es de 3.400 hm<sup>3</sup>/año y que a finales de siglo se estima en 9.300 hm<sup>3</sup>/año [...]» (Confederaciones Hidrográficas, 1976).

## 2. Los cambios institucionales recientes y la situación actual del debate

Entre los numerosos cambios institucionales que se producen a partir de 1975, dos tienen una relevancia especial en el dominio de la política de aguas. En primer lugar, la reestructuración del Estado, desde el tradicional modelo fuertemente centralizado al nuevo *Estado de las Autonomías*. En

este último, las competencias sobre el agua se comparten entre el gobierno central (planificación y gestión de cuencas intercomunitarias, obras hidráulicas de interés general, trasvases entre cuencas, legislación ambiental básica, planificación económica) y los gobiernos autonómicos (cuencas intracomunitarias, abastecimiento y saneamiento municipal, defensa frente a inundaciones en áreas urbanas, ordenación urbanística y territorial).

En segundo lugar, en 1985 se aprueba la nueva Ley de Aguas que introduce el principio de la planificación, de ámbito nacional y por cuencas hidrográficas, como función a la que todas las intervenciones sobre el agua deben ajustarse. Paralelamente, la institución del dominio público hidráulico, ya recogida para las aguas superficiales por las anteriores leyes de 1866 y 1879, se extiende, aunque con muy escasa operatividad, a las aguas subterráneas.

Pero al mismo tiempo que esta reorganización interna, la incorporación de España a la Comunidad Europea ha introducido una dimensión supranacional, de creciente importancia en la definición de los objetivos e instrumentos de la política hidráulica. Destacan, en este sentido, por una parte la aplicación de la Directiva 91/271 CEE relativa a la depuración de aguas residuales urbanas que ha dado lugar a la formulación del Plan Nacional de Depuración (1995) y a diversas normativas y actuaciones en las diferentes comunidades autónomas. Por otra, el actual proceso de elaboración de la Directiva por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (Comisión de las Comunidades Europeas, 1997). De esta última, por lo que se refiere a su repercusión en España, destacan las determinaciones referentes a la integración de la gestión de las aguas continentales y litorales, la obligación de planificación unitaria de cuencas transfronterizas y la aplicación del principio de recuperación íntegra de todos los costes de los servicios correspondientes al uso del agua (este último profundamente revisado durante la tramitación de la propuesta, hasta el punto de que desaparecerá del texto final).

Sobre ese telón de fondo, el fuerte debate social sobre las causas y efectos de la sequía de 1992-1995 y la simultánea e intensa discusión de los documentos del Plan Hidrológico Nacional (PHN) han supuesto una fractura, al menos conceptual, en la trayectoria de la secular política hidráulica española.

### 2.1. El debate sobre los trasvases

La propuesta de trasvases entre cuencas compartidas por diferentes Comunidades Autónomas era el aspecto más espectacular del anteproyecto de PHN presentado en 1993. Como se decía en su propia exposición de

motivos, el PHN contenía «una previsión de transferencias de recursos hidráulicos entre cuencas construida y orientada por un objetivo de gran ambición: se trata de sentar, de una vez por todas, las bases que permitan resolver la manifiestamente desequilibrada distribución de los recursos hidráulicos españoles» (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 1993). Lo que distinguía las propuestas del PHN de 1993 de las del Plan Nacional de Obras Hidráulicas de 1933 y de las transferencias intercuenas ya existentes (especialmente el trasvase Tajo-Segura, en funcionamiento desde 1979), era la generalización de los trasvases a todas las cuencas, a través del llamado Sistema Integrado de Equilibrio Hidráulico Nacional (SIEHNA). Por medio de este Sistema se pretendía aplicar los principios de *solidaridad* («solidaridad de quienes poseen el recurso y lo ceden a aquellos territorios deficitarios... que pueden contribuir a la generación de empleo y de riqueza para todo el país») y *cohesión* («en la dirección contraria, aportando recursos económicos que compensen de alguna forma los impactos territoriales y ambientales que las transferencias puedan causar en los territorios cedentes»).

Los principales temas sobre los que ha girado la polémica han reproducido el debate clásico en este tipo de situaciones:

a) Se acepta que las necesidades de la cuenca cedente tienen prioridad sobre las demandas de las cuencas receptoras. Es decir, que los recursos a transferir deben ser *recursos excedentes* de la cuenca exportadora. Sin embargo, son precisamente los criterios para establecer la magnitud de tales excedentes los que están en el centro del conflicto. Frecuentemente, en las regiones con cuencas cedentes o exportadoras se tiene la impresión de que estos excedentes son resultado de la carencia de las infraestructuras necesarias para hacer un uso adecuado de los recursos, no de la falta de voluntad o de necesidad. En este sentido, destaca la aprobación en 1992, con el apoyo de todos los partidos con representación parlamentaria en las Cortes Aragonesas, del llamado Pacto del Agua (*Resolución del Pleno de las Cortes en su sesión de 30 de junio de 1992 con motivo del debate de la Comunicación de la Diputación General de Aragón relativa a criterios sobre política hidráulica en la C.A. de Aragón*). Este documento se incorporó en 1993 en el Plan Hidrológico de la cuenca del Ebro (asumido por los representantes de las otras ocho Comunidades Autónomas que también participan en esta cuenca). En él se plantea un incremento de la demanda de agua y de las «reservas estratégicas» en Aragón de tal magnitud que obliga a la construcción o recrecimiento de 30 nuevos embalses que, unidos a los 67 existentes, supondrían la regulación de unos 6.500 millones de m<sup>3</sup>/año, la práctica totalidad de la aportación media de los ríos nacidos en la propia región. La inversión prevista se elevaría a 221.000 millones de pesetas.

b) Estrechamente relacionado con el tema anterior se presenta el problema de los niveles de desarrollo de las regiones desde las que se producen

las transferencias: generalmente, el agua se transporta de áreas deprimidas o estancadas a regiones más dinámicas. En estas circunstancias, los trasvases se perciben como mecanismos de exacerbación de los desequilibrios territoriales, de expolio de los recursos naturales de regiones pobres en favor de las que, precisamente por su mayor nivel de desarrollo económico, demandan más agua. La siguiente cita puede ser representativa de este discurso: «Las transferencias hídricas [...] transfieren, junto con el agua, desarrollo, poder económico y, consiguientemente, poder político, lo que generará un nuevo modelo de articulación territorial más desigual y menos equilibrado y solidario aún que el que tenemos» (Clemente Sanz Blanco, senador del Partido Popular por Segovia, *El Norte de Castilla*, 27 de diciembre de 1993).

c) Las posibilidades de llegar a un acuerdo sobre las compensaciones necesarias para paliar esta merma de recursos (principio de cohesión) se complican por la emergencia de los nuevos planteamientos medioambientales y patrimoniales sobre el agua. Desde este punto de vista, el problema de la definición de los *recursos hídricos excedentes* se entiende tan absurdo como la hipotética cuantificación, por ejemplo, de *bosques excedentes*, una vez definidas las necesidades de madera y leña (Martínez Gil, 1997).

Parece claro que los responsables políticos del anteproyecto de PHN se equivocaron cuando afirmaban que el reparto del agua, con el que se pretendía diseñar el futuro mapa territorial, agrícola, energético y medioambiental del país, no se podía entender como un problema de las Comunidades Autónomas, sino de las cuencas: «No es un problema que haya que discutir entre las autonomías, no es un problema de división política del Estado, es de organización física del Estado español» (declaraciones de José Borrell, *El Mundo*, 16 de enero de 1993). Sin embargo, se da una circunstancia geográfica que ha hecho que el conflicto hidráulico no se haya sumado a los grandes temas sobre los que se ha articulado el núcleo (la reivindicación nacionalista) del debate sobre la estructura del Estado en España: la situación de déficit hídrico de los principales centros urbano-industriales (Bilbao y Barcelona), de las dos nacionalidades que protagonizan políticamente de una manera muy especial el proceso de reestructuración del Estado español, y la consiguiente necesidad por parte de estas dos Comunidades Autónomas de recursos hidráulicos externos (o al menos de cuencas hidrográficas compartidas). En las restantes Comunidades Autónomas demandantes de aguas alóctonas (País Valenciano, Murcia y, en menor medida, Andalucía) el discurso del agua tiende a ser el discurso de la *solidaridad o vertebración nacional*. De ahí, quizá, el relativamente escaso interés de los gobiernos vasco y catalán por participar activamente en un debate hidrológico español planteado en esos términos. En este contexto, el proyecto de trasvase desde el Bajo Ródano a Barcelona, propuesto



conjuntamente por la región de Languedoc-Roussillon y la Junta d'Aigües de Catalunya en 1995, adquiere una notable significación política.

## 2.2. Las relaciones entre planificación hidrológica y ordenación del territorio

De entre las características del nuevo marco institucional es interesante destacar las relaciones entre la planificación del agua (de competencia estatal en las cuencas intercomunitarias) y la ordenación del territorio (de competencia exclusiva de las Comunidades Autónomas).

En 1991, el Tribunal Constitucional estableció que: «Quien asume como competencia propia la ordenación del territorio, ha de tomar en cuenta, para llevarla a cabo, la incidencia territorial de todas las actuaciones de los poderes públicos, a fin de garantizar de ese modo el mejor uso de los recursos del suelo y del subsuelo, del aire y del agua y el equilibrio entre las distintas partes del territorio» (STC, 149/1991). En esta misma línea, el Tribunal entiende la ordenación del territorio, no como un «instrumento», sino como una parte esencial del programa de gobierno de la Comunidad Autónoma, integrada por el conjunto de decisiones «políticas» que se requieren llevar a la práctica para la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos.

Paralelamente, sin embargo, el ordenamiento jurídico vigente refuerza la tradición de política hidráulica largamente asentada en el Estado español, con un sólido desarrollo institucional y profunda implantación administrativa, frente a la novedad y debilidad institucional de la ordenación del territorio. La planificación hidrológica parte de una concepción integradora de su propia misión y de una concepción reduccionista de la ordenación del territorio. No ignora la necesidad de la coordinación con las diferentes planificaciones que afectan a su objeto pero, con un indudable respaldo jurídico (pese a la sentencia citada), dota sus contenidos hidrológicos de una gran extensión. En todo lo que afecta a ellos, se establece su función prevalente, es decir, su carácter decisor en los mecanismos de coordinación.

Esta situación se confirma en la propuesta de modificación de la Ley de Aguas presentada en mayo de 1997 (*Memoria explicativa y borrador del anteproyecto de Ley de reforma de la Ley 29/1985 de Aguas*). El apartado 3 del nuevo artículo 117 propone que: «La aprobación, modificación o revisión de los instrumentos de ordenación territorial y planificación urbanística que incidan directamente sobre los proyectos, obras e infraestructuras hidráulicas de interés general contemplados en los Planes Hidrológicos de cuenca o en el Plan Hidrológico nacional, requieren antes de su aprobación inicial el informe vinculante del Ministerio de Medio Ambiente» (administración de aguas). Los planes hidrológicos, por contra, no están

formalmente sometidos a ningún dictamen vinculante para garantizar su coherencia con las estrategias territoriales que puedan diseñar las Comunidades Autónomas.

## 2.3. Los nuevos términos del debate hidráulico en España

Los cambios económicos, sociales y políticos de las últimas décadas han introducido nuevos intereses, valores y objetivos en relación con la gestión de las aguas que implican gestionar el agua como un recurso de funciones múltiples y escaso. Escasez determinada no tanto por razones físicas (en la España seca se usa 2,5 tm/día de agua *per capita*), sino principalmente por sus costes sociales, económicos y ecológicos (Naredo, 1997). Esta nueva cultura cuestiona los intereses y las inercias todavía poderosas en el campo de la política hidráulica.

Generalmente se sugiere que, como condición para avanzar hacia este nuevo modelo de gestión, es necesario una mayor descentralización, participación y responsabilidad de los usuarios (*subsidiariedad*), lo que exige reformas institucionales. Tales reformas no implican solamente modificación de las estructuras organizativas, sino también variaciones en los grupos de interés, en las disciplinas científicas involucradas y en los sistemas de normas y prioridades en las que reposan (Pérez-Díaz y otros, 1996). Y como precondition de todo ello, transparencia y acceso público a una información, sobre cuya actual insuficiencia existe un acuerdo prácticamente unánime.

Pero esta mayor participación de los usuarios en las decisiones supone, también, una mayor responsabilidad sobre los costes de sus decisiones. En este sentido, posiblemente el debate central del momento en torno al agua sea el que se refiere a su propia concepción como *recurso económico*<sup>2</sup> y a la reforma de su régimen económico-financiero, como instrumento para la racionalización de su uso y gestión. Este tema converge con la discusión sobre la reforma del régimen concesional, tendente a modificar la inflexibilidad del sistema actual, que asigna derechos a usuarios concretos, para

<sup>2</sup> Se emplea aquí la expresión *recurso* en el sentido en que lo hacen José Manuel Naredo y otros autores. Por ejemplo, cuando éste señala: «Tras más de un siglo gestionando y planificando obras hidráulicas, es problemático exigir a los técnicos y a los organismos implicados que se dediquen ahora, de la noche a la mañana, a gestionar y planificar el uso del agua como *recurso*. Tal cosa requiere, además de cambios administrativos, una profunda reconversión mental que no cabe improvisar» (NAREDO, J. M., 1997, las cursivas no pertenecen al texto). Sin embargo, en el contexto de la literatura internacional sobre el agua, sobre todo la francesa, el término *recurso* así entendido puede conducir a confusión, debido a que este cambio de concepción del agua —y de los objetivos sociales que se quieren hacer valer— se suele expresar a través de la oposición *agua recurso/agua patrimonio*. Correspondiendo la primera expresión a un tipo de aproximación reduccionista, mientras que la segunda se correspondería más con el concepto de *activo ecosocial* que emplea Federico Aguilera.

objetivos específicos. Ya sea a través de la incorporación en los precios administrativos de un porcentaje de los costes mayor que el actual, ya sea autorizando las transferencias voluntarias entre usuarios, se trataría de trasladar a los usuarios mensajes sobre la escasez y los costes de oportunidad del recurso.

Ahora bien, existiendo un acuerdo muy amplio (excluyendo, naturalmente, a los sectores especialmente beneficiados por el actual sistema de subvención) sobre las ventajas de estos cambios, no se puede ignorar que las fórmulas y las condiciones de su aplicación condicionarán resultados con contenidos sociales y ecológicos muy diferentes. Tampoco se le oculta a nadie que la naturaleza del agua como elemento presente en la totalidad de las actividades de producción y reproducción social, sus valores vitales y simbólicos, así como su carácter de elemento constitutivo de los sistemas naturales, hace imprescindible la definición (concertación si cabe) de los objetivos políticos (expresos mejor que implícitos) de la intervención sobre ella.

#### Bibliografía

- AA VV (1988-1994), *Historia y evolución de la colonización agraria en España*, Madrid: MAP/MAPA/MOPU, 4 tomos.
- Comisión de las Comunidades Europeas (1997), *Propuesta de Directiva del Consejo por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas*, Bruselas.
- FAGGI, P. (1996), «L'acqua nei paesi in via di sviluppo tra valore produttivo e valore strategico», en ALLAN y RADWAN, *Perceptions of the Values of Water and Water Environments*, Londres: SOAS/Universidad de Londres, pp. 113-116.
- GÓMEZ AYAU, J. (1961), *El Estado y las grandes zonas regables*, Madrid: Instituto de Estudios Agrosociales.
- GÓMEZ MENDOZA, J. y R. MATA OLMO (1993), «Actuaciones forestales públicas desde 1994. Objetivos, criterios y resultados», en A. GIL OLCINA y A. MORALES GIL (eds.), *Medio siglo de cambios agrarios en España*, Diputación Provincial de Alicante, pp. 151-190.
- GÓMEZ MENDOZA, J. y L. del MORAL ITUARTE (1995), «El Plan Hidrológico Nacional: criterios y directrices», en A. GIL OLCINA y A. MORALES GIL (eds.), *Planificación hidráulica en España*, Alicante: Fundación Caja del Mediterráneo, pp. 331-378.
- «Ley 11 abril 1939, aprobando el plan de obras públicas», *Boletín Oficial del Estado*, 25 de abril de 1939.
- «Ley 18 abril 1941, plan complementario del de 11 abril 1939», *Boletín Oficial del Estado*, 2 de mayo de 1941.

- LÓPEZ ONTIVEROS, A. (1995), «Situación y planificación de las obras hidráulicas en España según los Congresos Nacionales de Riegos (1913-1934)», en A. GIL OLCINA y A. MORALES GIL (eds.), *Planificación hidráulica en España*, Alicante: Fundación Caja del Mediterráneo, pp. 69-106.
- MARTÍNEZ GIL, F. J. (1997), *La nueva cultura del agua en España*, Bilbao: Bakeaz.
- MATA OLMO, R. (1989), «Los regadíos del Tajo. Estudio sobre la intervención del Estado en una cuenca hidrográfica», en *Los paisajes del agua. Libro jubilar dedicado al profesor Antonio López Gómez*, Universitat de Valencia/Universidad de Alicante, pp. 97-107.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes (1993), *Plan Hidrológico Nacional. Memoria*, Madrid.
- MORAL ITUARTE, L. DEL (1993), «Regadío y estructuras de poder en la Baja Andalucía», en ROMERO y GIMÉNEZ (eds.), *Regadíos y estructuras de poder*, Diputación de Alicante, pp. 215-240.
- NAREDO, J. M. (1996, 3.<sup>a</sup> ed. corregida y aumentada), *La evolución de la agricultura en España (1940-1990)*, Granada: Universidad de Granada.
- NAREDO, J. M. (1997), *La economía del agua en España*, Madrid: Fundación Argentaria.
- ORTEGA CANTERO, Nicolás (1979), *Política agraria y dominación del espacio. Orígenes, caracterización y resultados de la política de colonización planteada en la España posterior a la guerra civil*, Madrid: Ayuso.
- ORTEGA CANTERO, Nicolás (1993), «Algunas orientaciones de la política agraria española posterior a la guerra civil: de la colonización a la ordenación rural», en A. GIL OLCINA y A. MORALES GIL (eds.), *Medio siglo de cambios agrarios en España*, Diputación Provincial de Alicante, pp. 15-29.
- PÉREZ-DÍAZ, V., J. MEZO y B. ÁLVAREZ-MIRANDA (1996), *Política y economía del agua en España*, Madrid: Círculo de Empresarios.
- Plan General de Obras Públicas* (1940), cuatro tomos, Madrid: Imp. Talleres Penitenciarios de Alcalá.
- ROMERO GONZÁLEZ, J. (1995), «El Plan Nacional de Obras Hidráulicas. Precedentes y condicionantes», en A. GIL OLCINA y A. MORALES GIL (eds.), *Planificación hidráulica en España*, Alicante: Fundación Caja del Mediterráneo, pp. 257-282.
- SUMPSI (1994), «El regadío como instrumento de la política agraria», en *Symposium Nacional. Presente y futuro de los regadíos españoles*, Madrid: CEDEX.
- VERA REBOLLO, J. F. (1995), «Competencias de usos y planificación fluvial», en A. GIL OLCINA y A. MORALES GIL (eds.), *Planificación hidráulica en España*, Alicante: Fundación Caja del Mediterráneo, pp. 307-330.

Tercera parte

ESTUDIOS DE CASOS

CAPÍTULO 11  
EL AGUA COMO RECURSO LIMITANTE  
EN LOS SISTEMAS AGRARIOS DE CATALUÑA  
(SIGLOS XIX y XX)\*

Ramón Garrabou Segura  
Universidad Autónoma de Barcelona

Enric Tello Aragay  
Universidad de Barcelona

Enric Saguer i Hom  
Universidad de Girona

Jaume Boixadera Llobet  
Universidad de Lleida; DARP-Generalitat de Catalunya

En toda la biorregión mediterránea la precipitación anual media es inferior a la evapotranspiración potencial. Además de convertir al agua en un factor limitante, eso determina uno de los rasgos esenciales del paisaje: la diversidad. En estrecha relación con la orografía y la naturaleza geológica del substrato y de los suelos, la presencia o ausencia relativa de agua establece fuertes contrastes zonales entre solanas y umbrías, entre planicies o altozanos áridos y la húmeda vegetación de ribera, y entre las gradaciones creadas por la altura o la distancia respecto del mar. Esos contrastes son parte del mosaico ecológico del Mediterráneo.

Las variaciones de grado también son fundamentales para comprender la diversidad de culturas agrarias. Aunque el estrés hídrico estival sea común a toda la región, la forma como afecta a las posibilidades de producción es tan diversa como la variabilidad misma de las condiciones naturales. No es sólo la diferencia anual entre precipitaciones y evapotranspiración lo que cuenta. Las variaciones zonales, estacionales e interanuales son decisivas, y

---

\* Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación sobre los «Factores determinantes del desarrollo agrario en Cataluña: recursos naturales, organización del trabajo y cambio técnico», financiado por la DGICYT (PB96-1157-C03-01).

cualquier intento de reducir las a valores promedio no puede dar cuenta de las múltiples situaciones reales. Del mismo modo que cada pieza del mosaico mediterráneo ofrece refugios y corredores a especies diversas, también ofrece potencialidades agrarias distintas para la especie humana.

Cataluña es sólo un pequeño rincón del Mediterráneo. Sin embargo, en ese rincón encontramos notables diferencias orográficas, edáficas, hidrográficas y climáticas entre la Cataluña húmeda nororiental y la Cataluña seca occidental y meridional. Ambas comparten la sequía estival como rasgo general común. Pero el déficit anual entre evapotranspiración potencial (ETP) y pluviometría puede representar un 20-40% en la Cataluña nororiental (Vallès Oriental y Baix Empordà) —incluso desaparecer como tal bajo las persistentes nieblas de la Plana de Vic—, ascender al 60% en los altiplanos del interior (Cervera), o alcanzar un valor superior a la precipitación media en los llanos áridos de Lleida (cuadro 11.1).

Cuadro 11.1

DIFERENCIAS ENTRE LA CATALUÑA HÚMEDA Y LA CATALUÑA SECA

Comarca	Localidad	Pluviometría		Temp. media (°C)	Período de estrés hídrico	Duración estrés hídrico	ETP-P (%)	Agotamiento de las reservas de agua del suelo (inicio)
		anual (mm)	ETP (mm)					
Vallès Oriental	Caldes Montbui	641	771	14,3	mayo-sept.	5 meses	20	julio
Baix Empordà	Torroella Montgrí	602	827	15,8	abril-sept.	6 meses	37	julio
Plana Vic	Vic	741	717	12,4	junio-sept.	4 meses	-3	-
Urgell	Tàrrrega	437	765	13,5	abril-oct.	7 meses	75	junio
Segarra	Cervera	463	740	13,0	abril-oct.	7 meses	60	junio
Segrià	Lleida	369	809	14,7	marzo-oct.	8 meses	119	abril

Fuente: Datos del año medio. Elaboración propia a partir de datos de León de Llamazares<sup>1</sup>. La evapotranspiración potencial (ETP) utilizada en el cuadro (y calculada según la fórmula de Thornthwaite) no debe confundirse con la evapotranspiración del cultivo (ETc) utilizada en otras partes del trabajo, puesto que tiene una significación muy distinta. Los valores de ETP calculados por Thornthwaite se ha visto que pueden llegar a subestimar hasta en un 30% la evapotranspiración potencial de un cultivo<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> LEÓN DE LLAMAZARES, A. de (1989), *Caracterización agroclimática de la provincia de Barcelona*, Madrid: MAPA; LEÓN DE LLAMAZARES, A. de (1989), *Caracterización agroclimática de la provincia de Gerona*, Madrid: MAPA; LEÓN DE LLAMAZARES, A. de (1989), *Caracterización agroclimática de la provincia de Lérida*, Madrid: MAPA.

<sup>2</sup> VILLAR, J. M. y F. ELÍAS (1996), «Evapotranspiración», en F. ELÍAS y F. CASTELLVÍ (coords.), *Agrometeorología*, Madrid: Mundi-Prensa, pp. 259-278

El inicio y la duración del estrés hídrico son factores clave para el ciclo de crecimiento de las plantas en general, y del cultivo de cereales en particular. Durante la primavera —salvo en Vic— las necesidades hídricas para la evapotranspiración del cereal ya superan las precipitaciones medias mensuales. Eso afecta de lleno al período crítico de floración y llenado del grano de la planta, cuando mayores son sus demandas de agua y nutrientes<sup>3</sup>. Su desarrollo quedaría interrumpido sin remedio si no dispusiera de la reserva hídrica acumulada en el suelo. En las zonas algo más húmedas una adecuada capacidad de retención de agua de los suelos permite retrasar la situación de estrés hídrico hasta junio o julio, cuando la espiga ya está dorada y a punto para la siega. Sin embargo, a medida que nos movemos de la Cataluña nororiental (de Torroella de Montgrí a Granollers, pasando por Vic) hacia los llanos interiores y occidentales (Cervera, Tàrrrega), el agotamiento de la reserva hídrica del suelo va avanzando. En los llanos áridos de Lleida afecta regularmente al período final de crecimiento del trigo.

La «revolución verde» ha enmascarado un tanto las diferencias, pero aquellas variaciones tenían que resultar decisivas en una agricultura que dependía estrechamente de los factores limitantes locales como el agua. A las diferencias edafoclimáticas se superponían las derivadas de una estructura orográfica que determina la gran divisoria hidrológica catalana entre las cuencas internas y los cursos que desaguan en el Ebro a través del río Segre. La divisoria singulariza dos dominios muy distintos para los cursos de agua superficiales alimentados por la escorrentía. En la zona húmeda nororiental, la escorrentía media alcanza valores superiores a los 3 litros/segundo/km<sup>2</sup>, que se prolongan hacia el sur a través de la cordillera prelitoral donde tienen su cabecera buena parte de las cuencas internas catalanas. El caudal específico de los llanos interiores, cuya escorrentía se dirige hacia el Ebro a través del Segre, oscila alrededor de 0,5 litros/segundo/km<sup>2</sup>. Donde los déficits hídricos son más agudos y prolongados, más difícil resulta compensarlos con el riego.

La orografía provoca, además, otro efecto de suma importancia para las posibilidades de captar agua para el riego. En los áridos llanos occidentales las cuencas de recepción tienen una amplitud mucho mayor que en la Cataluña litoral, cuya intrincada estructura reparte la escorrentía entre una diversidad mayor de cuencas más pequeñas. El Segre y sus afluentes reciben importantes caudales de su cabecera en los Pirineos, mientras en la Cataluña litoral eso sólo ocurre con el Llobregat y el Ter. Donde es más abundante, la escorrentía se reparte en cursos menores. Donde es más escasa, tiende a concentrarse en unos pocos ríos de mayor caudal. Excepto

<sup>3</sup> TIVY, J. (1990), *Agricultural Ecology*, Londres: Longman, pp. 96-97.

en lugares muy privilegiados, como las huertas de Lleida y Balaguer, el agua *accesible* con las tecnologías sencillas anteriores a la «revolución verde» era mucho menor en los áridos llanos occidentales, aunque por ellos discurriesen los ríos más caudalosos de Cataluña. En cambio, estaba mucho más al alcance en la Cataluña litoral y nororiental, donde el estrés hídrico era menos acusado.

No es casualidad que del estudio de las demandas de concesiones reales para riego, entre 1715 y 1808, Pierre Vilar encontrara «vacía» precisamente aquella Cataluña «seca» que sólo el riego podía transformar radicalmente. Pero esa transformación sólo era allí posible mediante grandes obras como las del Canal d'Urgell, ya propuesto en tiempos de Carlos V y que sólo empezó a hacerse realidad a partir de 1860. Tal como observó el agrónomo inglés Arthur Young en su viaje a Cataluña de 1787, sólo el rey podría haber movilizad los capitales necesarios para una obra de tal envergadura. En ausencia de iniciativas públicas de gran alcance, el progreso hidráulico del siglo XVIII y buena parte del XIX se concentrará en el este catalán, mediante iniciativas localizadas y fragmentadas características del individualismo agrario del régimen de la *masía*<sup>4</sup>.

### 1. Disponibilidades de agua e intensidad de cultivo

La modulación de la intensidad de usos del suelo será el primer rasgo que caracterizará la adaptación de las culturas agrarias tradicionales a las disponibilidades hídricas. En un país donde —como exclamaría Arthur Young—<sup>5</sup> «la tierra no es nada: el sol y el agua lo hacen todo», el delicado equilibrio entre las reservas hídricas y las necesidades estacionales de evapotranspiración del cultivo constituía sin duda un factor determinante de la calidad de las tierras y de sus potencialidades agrarias. Al contrario de la aparente uniformidad que caracteriza la cultura agraria posterior a la «revolución verde», los «*usos i costums de bon pagès*» tradicionales en Cataluña prescribían una diversidad de aprovechamientos agrarios adaptados a la diversidad de situaciones que caracteriza la biorregión mediterránea.

Si a vista de pájaro hubiéramos contemplado las secciones longitudinal y transversal de cada valle, o cada cuenca, hubiéramos encontrado las cabeceras y altozanos ocupados por espacios agroforestales donde se desarrollaban formas de explotación extensivas y diversificadas. A la variedad de aprovechamientos forestales tradicionales se superponía el ciclo largo del barbecho forestal de las *boïgues* (una alternancia vid-bosque, con o sin

<sup>4</sup> VILAR, P. (1966), *Catalunya dins l'Espanya moderna*, Barcelona: Edicions 62, vol. III, pp. 263-267; YOUNG, A. (1970), *Viatge a Catalunya (1787)*, Barcelona: Ariel, pp. 99-105.

<sup>5</sup> *Ibidem*, p. 62.

siembras de cereal en bancales). Cuando el equilibrio agroforestal de la *boïga* cedía paso a la *artiga* o roza, la frontera siempre permeable del espacio cultivado se desplazaba en favor de la llamada *terra campa* siguiendo la presión demográfica o la demanda de mayores rentas y tributos<sup>6</sup>.

El espacio agrícola de la *terra campa* estaba dominado por la cultura del cereal, en barbecho bienal de *año y vez*. Pero tampoco era un espacio uniforme. Formaba un mosaico compuesto de bancales que remontaban las pendientes hacia los espacios forestales mediante *feixes* o terrazas. Los muros de piedra seca de esas terrazas constituían una verdadera arquitectura del paisaje, orientada a retener el agua y evitar la erosión del suelo agrícola, cuya geografía histórica está aún por hacer. Y aunque dominaba en *feixes* y bancales, el cereal casi nunca andaba solo. A menudo se combinaba mediante fórmulas diversas con el cultivo de vid, olivos, almendros, algarrobos, avellanos, nogales, moreras y otros frutales. Es probable que esa promiscuidad de cultivos coadyuvara, junto a prácticas complejas como labrar contra pendiente o dirigir la escorrentía mediante *rases*, a preservar la *terra campa* de la erosión, a usar el agua con mayor eficiencia y a diversificar el riesgo. Una de esas fórmulas policulturales, que parece haber sido muy común en gran parte de Cataluña hasta el siglo XVII, era el cultivo en bancales alternos intercalados entre viñas plantadas en marco ancho con olivos y almendros en las lindes.

Tal como observó Arthur Young en 1787, en Cataluña la cultura tradicional solía reservar al árbol o al arbusto las tierras de menor calidad (es decir: «*aquellas a las que el agua no puede llegar*»)<sup>7</sup>. Las mejores tierras situadas en los fondos aluviales de los valles, que recibían la escorrentía desde los bosques y las *feixes* de cultivo intercalado, eran siempre de *pan llevar*. Pero tanto si se intercalaba con cultivos arbóreos o viñas como si se sembraba sólo en las mejores tierras, el rasgo más común de *l'ús i costum de bon pagès* (las prácticas agrícolas consuetudinarias) en las tierras de secano era la expresa prohibición de sembrar cereal sobre rastrojo (*restoblar*), así como la imposición de severas restricciones al cultivo de leguminosas. Para garantizar la rotación bienal, los contratos prescribían rígidamente la obligación general de sembrar en barbecho, nunca sobre el rastrojo volteado.

La reiteración de esa cláusula es tal que, por lo menos a partir de ciertas épocas, resulta sospechosa de incumplimiento. Sin embargo, aunque las excepciones proliferaban también solían estar muy localizadas. Arthur

<sup>6</sup> Recientemente, el ecólogo Ramon Folch ha propuesto un *índice de fragilidad ecopaisajística* como criterio para la planificación del territorio. Ese índice se compone de tres variables: el tipo de substrato, la pendiente y la pluviosidad. Sería interesante utilizar la cartografía actual de dicho índice para contrastarla con la geografía histórica de los espacios agroforestales catalanes, situando en ellos la frontera móvil entre la *terra campa* de barbecho corto y el largo barbecho forestal de la *boïga*. Para una presentación sumaria del índice de fragilidad de Ramon Folch, véase la revista *Sostenible*, 0, 1998, p. 11.

<sup>7</sup> YOUNG, A., *op. cit.*, p. 105.

Young tomó nota meticulosamente de cualquier infracción al barbecho que encontraba en su viaje de 1787. Anotó bastantes —vezas generalmente, y también habas, judías, alfalfa, trébol, cáñamo, maíz— pero al final se rindió a la evidencia: «ya os habréis dado cuenta que la gran reputación de esta provincia viene de las mejoras que se han hecho en los fondos regados de los valles. La distinción es necesaria, porque esos enclaves fértiles no ocupan mucho más de la octava parte». Y añadió en la recapitulación final: «para alguien que venga del norte de Europa no puede haber espectáculo más sorprendente que el efecto del agua en los climas meridionales»<sup>8</sup>.

Salvo en fechas bastante tardías, y lugares con una mayor abundancia de agua como la Plana de Vic<sup>9</sup>, la mayoría de las excepciones a la norma del barbecho aparecen relacionadas con disponibilidades particulares de agua y de estiércol. A menudo los contratos o pactos de masovería precisaban que la prohibición de la siembra en rastrojo se entendía para las tierras trabajadas con el arado (*llaurant*), no en las porciones donde se aplicaba la labor de laya (*fangant*). Eso abría la puerta a una cierta intensificación de las rotaciones, con la introducción de leguminosas y legumbres, pero sólo en pequeñas parcelas donde se aplicaban intensivamente abonos y labores. A menudo eran porciones regables, aunque fuera sólo a partir de regajos y vaguadas que recogían aguas pluviales (*tolls*), o de pequeños pozos que permitían acceder a unos niveles freáticos probablemente más elevados que los actuales.

En aquellas porciones se iniciaba una intensificación del cultivo, siempre ligada al acceso al agua, que alcanzaba en la huerta el mayor grado. Pero la transición del secano al regadío no era una frontera nítida, sino un *continuum*. En un trabajo sobre la huerta de Tárrega en el siglo XVIII, Pierre Vilar estableció la distinción entre la tierra *regable* y la efectivamente *regada*<sup>10</sup>. A menudo las parcelas *regables* recibían el nombre de «suertes» (*sorts*), una denominación que puede evocar un reparto originario por sorteo pero que quizás adquiriera con el tiempo otro significado. En la documentación de ambas Cataluñas es frecuente encontrar la paradójica calificación de «huerta de secano». En la villa de Agramunt, en la comarca de Urgell, por ejemplo, contestaron lapidariamente a una encuesta de 1789: secano y regadío «todo es una misma cosa no siendo las aguas abundantes»<sup>11</sup>.

La gradación entre secano y regadío adquirió especial relevancia en el oeste árido, donde el agua era más necesaria y escasa. Buena parte de las

<sup>8</sup> *Ibidem*, pp. 73 y 102.

<sup>9</sup> SAGUER, E. y R. GARRABOU (1996), «Métodos de fertilización en la agricultura catalana durante la segunda mitad del siglo XIX. Una aproximación a los procesos físicos de reposición de la fertilidad agrícola», en R. GARRABOU y J. M. NAREDO (eds.), *La fertilización en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica*, Madrid: Fundación Argentaria/Visor, pp. 89-126.

<sup>10</sup> VILAR, P. (1973), «L'exploració agrícola d'una propietat a l'horta de Tárrega», *Assaigs sobre la Catalunya del segle XVIII*, Barcelona: Curial, pp. 18-19.

<sup>11</sup> Citado en TELLO, E. (1995), *Cervera i la Segarra al segle XVIII*, Lleida: Pagès Editors, p. 314.

tierras regables con sistemas como el de Ciutadilla, en el valle del río Corb, o los de Tárrega y Cervera, en el Ondara (pequeños ríos que nacen en los altiplanos centrales que separan la cuenca del Ebro de las cuencas centrales catalanas y se dirigen al Segre, sin aportes de las nieves del Pirineo), sólo eran ocasionalmente regadas. El riego eventual, pendiente de los aumentos de caudal durante las «avenidas» o crecidas primaverales, no permitía cambiar el patrón de cultivos ni intensificar las rotaciones. Tampoco aumentaba de forma importante los rendimientos. Pero cumplía —o lo intentaba— un objetivo fundamental: asegurar las cosechas mediante la administración en el momento oportuno de un aporte de agua decisivo para contrarrestar los efectos del déficit hídrico en la fase final de crecimiento y granazón del trigo. Aunque parcial e imperfecto, aquel regadío eventual regularizaba el ritmo de las cosechas<sup>12</sup>. Sólo cuando el agua era abundante y segura, los huertos «de paredes y tapias» —donde también solía concentrarse el estiércol disponible— podían cambiar los cultivos e intensificar las rotaciones en lo que se conocía como «ús i costum de rec».

## 2. Las prácticas para contrarrestar el problema de la aridez en el cultivo del trigo

Los cultivos que históricamente han ocupado la superficie labrada catalana han mostrado su capacidad de adaptación a las condiciones medioambientales locales, en particular a la temperatura y a las disponibilidades hídricas. Sin embargo, el predominio secular de la trilogía mediterránea puede llevarnos a la dudosa conclusión de que cereales, vid y olivo encontraron en estos espacios las condiciones naturales óptimas para su crecimiento. No sucedía así, por ejemplo, con el trigo ni, en general, con los cereales. El importante peso que, desde sus orígenes, ha tenido el cultivo cereal en nuestro país no se explica como una simple adaptación a las condiciones ambientales. Más bien parece el resultado de un largo proceso de aprendizaje para hacer frente a un marco natural poco favorable, forzado por la gran importancia que tenían aquellos productos en el sistema alimentario mediterráneo y, en general, europeo. Por ello, las condiciones en las que tuvo que desarrollarse en el pasado la producción cerealícola en gran parte del territorio exigieron al agricultor poner en acción determinados medios técnicos para contrarrestar los obstáculos que oponía la excesiva aridez. Maximizar el potencial productivo local implicaba reducir los efectos de los factores limitantes, y muy especialmente la baja pluviosidad.

Como había establecido sólidamente la experiencia campesina, y había confirmado la agronomía desde el siglo XVIII, las labores preparatorias del

<sup>12</sup> VILAR, P. (1973), *op. cit.*, pp. 40-41.

terreno destinado a la siembra de trigo eran uno de los medios básicos de la estructura técnico-productiva aplicada a este cultivo y constituyeron uno de los elementos fundamentales de la agricultura regida a «ús i costum de bon pagès». No es de extrañar que la mayor parte de los contratos de arriendo especificaran esa exigencia, ni que, en muchos de ellos, se fuera más allá de recomendaciones genéricas fijándose el número de labores de arado que tenía que realizar el colono o aparcerero<sup>13</sup>. Estas labores preparatorias tenían como objetivo principal crear las condiciones más adecuadas para que las semillas encontraran el medio idóneo para su germinación y crecimiento, y entre ellas conseguir el grado de humedad más conveniente. Como sostiene la agronomía actual<sup>14</sup> con el laboreo de las superficies destinadas a la siembra de cereales, además de optimizar el aprovechamiento del agua disponible, se pretende eliminar las hierbas competidoras y mejorar la estructura del suelo.

Conservar y mejorar la estructura del suelo era imprescindible para mantener el potencial productivo de una parcela. Para ello se debía incorporar materia orgánica y estiércol, lo que requería, además, una labor de arado relativamente profunda. El laboreo anterior a la siembra también tenía como objetivo conseguir una cama adecuada para la germinación de las semillas y para el desarrollo de la mayor cantidad posible de plantas. Ello exigía que las labores del arado consiguiesen constituir una cama de siembra, es decir, una capa superficial de tierra no apelmazada, lo suficientemente fina y prieta para que la semilla, en contacto con la tierra, pudiera absorber el agua necesaria y al mismo tiempo bastante porosa para el acceso del oxígeno atmosférico. Por otra parte, la estructura del suelo, su composición, textura y contenido de elementos gruesos, también ejerce un peso decisivo en la capacidad de retención del agua disponible. Éste es un aspecto que, en cualquier régimen de lluvia irregular, podía tener una incidencia relevante (cuadro 11.2).

Las técnicas de laboreo previas a la siembra han sido uno de los temas más discutidos desde el siglo XVIII, cuando empezó a desarrollarse una amplia corriente partidaria de una agricultura más acorde con los avances

<sup>13</sup> La realización de estas labores preparatorias se relaciona con la obligación de las prácticas del barbecho. En la Cataluña del mas (Vallès, Gironès y Osona), el contrato tipo de masovería contenía una cláusula en la que se prohibía el cultivo continuado de cereal, y durante el año de descanso se obligaba al aparcerero a alzar los rastrojos con una labor profunda de laya, o bien a realizar diversas labores mediante el arado. Mayor precisión encontramos en los contratos tipo de la Cataluña central y occidental. Al lado de la estricta prohibición de *restoblar*, es decir, realizar un cultivo continuo de grano, se acostumbra a fijar el momento de realizar estas labores: «En lo mes de juny [deberá] haber emprimat, mantornat y aixadat» («para el mes de junio deben haberse realizado las labores de alzado, bina y encarda»), se dice en uno de los contratos de mediados del siglo XIX del patrimonio Nuix (Segarra).

<sup>14</sup> PUJOL PALOL, M. (1985), *Apunts de conreus herbacis extensius*, Barcelona: Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Agrícola i d'Especialitzacions Agropecuàries de Barcelona; PRATS, J. y M. CLÉMENT-GRANDCOURT (1969), *Los cereales*, Madrid: Mundi-Prensa.

Cuadro 11.2

EFFECTOS DEL BARBECHO SOBRE LAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS Y EL POTENCIAL PRODUCTIVO EN EL CULTIVO DEL TRIGO, SEGÚN LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DEL AGUA DISPONIBLE

	Evapotranspiración potencial del cultivo (mm)	Precipitación efectiva durante el período vegetativo (P×0.6) (mm)	Evapotranspiración real sin barbecho (mm)	Evapotranspiración real con barbecho (mm)	Producción esperada sin barbecho (%)	Producción esperada con barbecho (%)
<b>CRAD 50 mm</b>						
Urgell	396	170	167	194	68	72
Segarra	399	182	179	204	70	73
Baix Empordà	340	240	228	234	82	83
Plana de Vic	334	270	246	246	85	85
<b>CRAD 100 mm</b>						
Urgell	396	170	167	227	68	76
Segarra	399	182	179	239	70	78
Baix Empordà	340	240	228	255	82	86
Plana de Vic	334	270	248	296	86	94
<b>CRAD 200 mm</b>						
Urgell	396	170	167	287	68	85
Segarra	399	182	179	299	70	86
Baix Empordà	340	240	228	255	82	86
Plana de Vic	334	270	248	334	86	100

Nota: El potencial de crecimiento del trigo se ha estimado a partir de los niveles posibles de evapotranspiración empleando el modelo propuesto por la FAO (Doorenbos y Kassan, 1979) en dos situaciones: partiendo de suelo seco a inicio del período vegetativo y partiendo de barbecho durante el año anterior. Igualmente se tienen en consideración tres situaciones posibles relativas a la capacidad de retención de agua disponible del suelo (CRAD). La producción esperada es resultado de la razón entre evapotranspiración real y evapotranspiración potencial del cultivo en cada zona. La metodología y los conceptos utilizados se hallan expuestos en el Anexo.

científicos. Se debatió cuál era la profundidad óptima de una labor de arado, cuál era el tipo de arado que convenía utilizar, cuántas eran las labores que se debían realizar y cuáles los períodos más adecuados para llevarlas a cabo. Todo ello muy marcado, en los países mediterráneos, por una discusión sobre la función del barbecho. En realidad muchas de estas cuestiones no tienen respuestas unívocas. El tipo de suelo, el grado de humedad y



los instrumentos aratorios disponibles aconsejan técnicas distintas. En un suelo profundo, compacto y húmedo son más eficientes labores más profundas, mientras que en suelos más ligeros parecen recomendables labores más superficiales. Como norma, en las áreas afectadas por problemas de aridez, la labor de levantar un rastrojo debe ser más profunda para evitar la escorrentía y facilitar la penetración del agua en la tierra, mientras que en las labores siguientes, y en particular las últimas, es aconsejable arar a menor profundidad. La conveniencia de realizar un elevado número de labores antes de la siembra —idea indiscutida hasta bien avanzado el siglo XX—, puede explicarse por la necesidad de eliminar las malas hierbas, aunque podía tener como contrapartida la disminución de la reserva de agua en el suelo.

Todas estas cuestiones sobre las técnicas más adecuadas de preparación de la tierra estaban estrechamente relacionadas con la cuestión del barbecho. Esta técnica fue vista hasta fines del siglo XIX como el exponente más claro del atraso y la rutina de unos agricultores incapaces de hacer un uso más intensivo de la tierra y de adaptarse a la modernidad. Sin embargo, y ante la dificultad de encontrar técnicas sustitutivas, desde fines del siglo pasado agrónomos como José Cascón se erigieron en defensores del barbecho, considerándolo el procedimiento más razonable para el cultivo de cereales en zonas de un elevado grado de aridez. En una granja experimental de Palencia, Cascón realizó diversas experiencias en 1908-1910 comparando la humedad del suelo en parcelas sembradas de cereal, con legumbres de primavera y en barbecho. «La humedad del sembrado y el barbecho van distanciándose desde febrero o marzo —describía Cascón—, según hayan sido las lluvias más o menos abundantes en invierno, y hasta octubre o noviembre no vuelven a reunirse, dependiendo también, como es natural, de las lluvias, luego que en estos meses disminuye o cesa la evaporación.» El estudio comparativo reveló que «las parcelas sembradas con las leguminosas citadas absorbieron toda la humedad del barbecho quedando la tierra tan endurecida y seca como la ocupada por las siembras de cereales. Hubo gran dificultad en preparar estas parcelas para la siembra del trigo [...] por la carencia de humedad. Luego de nacido, se notaba una gran diferencia con la tierra sembrada»<sup>15</sup>.

Autores como Cascón argumentaban que en gran parte de la geografía española no era posible generalizar aquellas rotaciones de cultivos que habían permitido la supresión del barbecho en la Europa atlántica y que, en consecuencia, las prácticas del barbecho continuaban siendo las únicas posi-

<sup>15</sup> CASCÓN, J., «La humedad de la tierra», *Boletín de Agricultura Técnica y Económica*, 29, 30 y 31, 1911 (las citas corresponden al núm. 37; pp. 24 y 26). Véanse también sus artículos sobre «Labores» (núms. 32 y 36 de 1911) y «Alternativas o rotación de cosechas en secano» (núms. 37 y 39 de 1912) en la misma revista.

bles para eliminar las malas hierbas, conservar la estructura del suelo y mantener al máximo los recursos hídricos para el año de siembra. Combinado con la labor de alzar para disminuir la escorrentía y retener el agua pluvial, el año de barbecho podía servir para almacenar un agua de gran utilidad para la siembra siguiente, en aquellas agriculturas cuyo principal factor limitante es la aridez. No obstante, el propio Cascón buscó alternativas para reducir el barbecho al máximo, propuso experimentar con la siembra de granos o legumbres que se segaran para forraje antes de alcanzar la granazón, e insistió en la necesidad de mejorar técnicamente las labores de arado.

Posteriormente ciertos sectores de la agronomía se han mostrado muy escépticos sobre la eficacia del barbecho para mejorar el manejo de los recursos hídricos. Autores como Sebillote y Godard<sup>16</sup>, consideran que las labores realizadas durante el año de descanso provocan la evaporación de casi todas las reservas acumuladas por lo que, en su opinión, sería de escasa utilidad desde el punto de vista de la conservación del agua, particularmente en zonas donde el período de lluvias es seguido por una estación seca y calurosa. El laboreo de los meses áridos activaría la evaporación de la capa superficial y, aunque podría ayudar a mantener húmedos los horizontes más profundos, en su opinión, el resultado final sería poco efectivo desde el punto de vista hídrico. Aun admitiendo que la mayor parte de las rotaciones de cultivos noratlánticas que permitieron eliminar el barbecho no eran aplicables en gran parte de nuestra geografía, algunos de esos autores han planteado que hubiera sido posible introducir en la rotación —durante el año de descanso— otras leguminosas forrajeras que cumplieran una función mejorante parecida a la del trébol y la alfalfa, gracias a su aportación de nutrientes.

Sin embargo, ese punto de vista ha sido criticado por otros especialistas actuales, que señalan la importancia crucial de almacenar cantidades muy modestas de agua en el suelo para agriculturas que trabajaban en condiciones de severa escasez hídrica para obtener unos rendimientos bajos e irregulares. Aunque buena parte del agua de lluvia retenida en el suelo se evaporara al labrarse el barbecho, la que podía acumularse a profundidades superiores a los 20 cm podía representar entre un 16 y un 20% de la pluviosidad anual<sup>17</sup>. El escepticismo hacia la eficacia del barbecho como manejo hídrico también parece desmentido por diversos experimentos recientes, como el realizado por un grupo de agrónomos norteamericanos en una zona árida de Estados Unidos sustituyéndolo por la siembra de leguminosas y gramíneas pratenses. Los resultados obtenidos por Schlegel

<sup>16</sup> SEBILLOTE, M. y D. GODARD (1993), «La fertilité: lecture agronomique de pratiques sociales», en L. SEGRE (ed.), *Agricultura, ambiente e sviluppo economico nella storia europea*, Milán: Franco Angeli, pp. 186-227.

<sup>17</sup> TIVY, J., *op. cit.*, pp. 198-199.

y Haulin en Tribune Unit, una región semiárida con unas precipitaciones medias de 400 mm en el centro-oeste de Kansas, muestran que los rendimientos del trigo sembrado en parcelas en las que se había sustituido previamente el barbecho por la siembra de vezas, disminuían de forma notable, siempre que el cultivo de vezas se mantuviera hasta principios de julio. La caída de la productividad no podía ser debida a escasez de nitrógeno, dado que su contenido al levantarse la cosecha de leguminosas había aumentado significativamente. Claramente, el factor limitante era el agua. La disminución de las reservas hídricas, provocada por la cosecha de vezas que sustituían al barbecho, era el principal factor responsable de la disminución de los rendimientos. Sus experimentos les han permitido establecer que por cada milímetro de agua que desaparece del suelo durante la cosecha de vezas, los rendimientos del trigo caen 16 kg.

De ahí parece deducirse que, manteniendo el barbecho, las disponibilidades hídricas en el momento de la siembra del trigo eran superiores a las existentes cuando el año anterior se sembraban leguminosas. No se trata de que el cultivo de forrajeras como las vezas no fuera posible en regiones semiáridas donde el agua es el principal factor limitante, ya que se obtenía una cosecha razonable. Pero su desarrollo vegetativo producía un agotamiento de las reservas hídricas del suelo, superior al que se producía si se practicaba el barbecho, y ello afectaba negativamente a la posterior cosecha de cereales, que era la principal y había que asegurar. En nuestra opinión ese resultado abona la tesis de quienes consideran la práctica del barbecho un método adecuado para optimizar el manejo del agua, que constituye el principal factor limitante en regiones áridas y semiáridas. Su eficacia variará en función de la naturaleza del suelo y de la estacionalidad de las lluvias, pero dichas labores del suelo como mínimo sirven para eliminar las plantas adventicias que durante el período de crecimiento del cultivo podían extraer importantes cantidades de agua del suelo.

El cuadro 11.2, elaborado a partir de supuestos teóricos, pretende ilustrar cuáles podían ser los efectos del barbecho en los distintos contextos edafoclimáticos sometidos a análisis. No se trataba de efectos lineales, puesto que la eficacia del barbecho aumentaba en los suelos con mayor capacidad de retención del agua disponible (CRAD), mientras que en suelos ubicados en zonas húmedas y con poca capacidad de retención su impacto podía llegar a ser despreciable. Por otra parte, no es casualidad que las zonas donde persistió con mayor intensidad la práctica del barbecho —las zonas más áridas— fueran también aquellas donde —si el suelo lo permitía— podía esperarse una mayor repercusión en términos relativos. Aunque desde parámetros actuales un aumento esperado de la producción del orden del 15% pueda parecer bajo, en el contexto de una agricultura que obtenía habitualmente rendimientos de 4:1 y 5:1 era un motivo muy razonable para respetar el turno bianual de descanso, y más cuando unos

pocos milímetros de agua disponible podían ser claves para la cosecha y podían asegurar mayor regularidad en la producción.

A partir de esas modestas aportaciones de agua y materia orgánica obtenidas con el barbecho, las tareas preparatorias del suelo desarrolladas por la agricultura tradicional incluían, además de las labores de arado, el uso de gradas y rulos con el fin de conseguir una estructura adecuada de la capa superficial del área destinada a la siembra. Ésta debía ser lo suficientemente mullida, y al tiempo tener cierto grado de consistencia, para que la semilla quedara en contacto con el suelo y pudiera absorber el agua necesaria para su germinación. Además, una tierra adecuadamente preparada permitía acelerar las labores de siembra, ya que la grada podía sustituir al arado, aprovechando mejor los momentos óptimos para la siembra.

### 2.1. La siembra

Las necesidades hídricas son variables a lo largo del desarrollo vegetativo completo del cultivo, y para el trigo suelen establecerse convencionalmente tres etapas distintas: la de siembra, la de reproducción y la correspondiente al espigado y llenado del grano. Los factores clave durante la primera fase dependen del momento preciso de la siembra, de la densidad de semilla y de la intensidad del ahijamiento.

Los expertos actuales señalan que la cantidad idónea de semilla depende de diversos factores y no es homogénea para todos los terrenos<sup>18</sup>. Entre otros factores, depende de la variedad sembrada, de la naturaleza y estado físico del suelo, de su contenido en nutrientes y de la época de siembra. En tierras en buen estado, fértiles y con suelos profundos, la dosis de siembra podía reducirse hasta 110 kg/ha (1,4 hl/ha), dadas las elevadas posibilidades de ahijamiento. Por el contrario, en tierras ligeras, o en suelos pesados excesivamente húmedos y con tendencia a apelmazarse, así como en tierras mal preparadas o sembradas tardíamente debido a la sequía, las posibilidades de ahijamiento son menores por lo que es necesario aumentar la cantidad de semilla. En estos casos se recomienda elevar la dosis a 150 kg/ha (unos 2 hl/ha). Este valor es el que hemos encontrado con mayor frecuencia en documentación de origen diverso procedente de la Cataluña central<sup>19</sup>. En definitiva, dado que la capacidad de ahijamiento depende de un nivel adecuado de humedad, en las comarcas áridas o semiáridas aquella tenderá a ser baja.

La siembra es técnicamente posible —en la zona de análisis— desde octubre hasta febrero-marzo, pero el período idóneo es octubre-noviembre. La

<sup>18</sup> PRATS, J. y M. CLEMENT-GRANDCOURT, *op. cit.*

<sup>19</sup> GARRABOU, R., P. PASCUAL, J. PUJOL y E. SAGUER (1995), «Potencialidad productiva y rendimientos cereales en la agricultura catalana contemporánea (1820-1935)», *Noticiario de Historia Agraria*, núm. 10, pp. 89-130.

correspondencia de los administradores evidencia la importancia atribuida a la realización de la siembra durante los meses de octubre y noviembre. En las comarcas leridanas, los campos ya estaban preparados para la siembra desde fines de septiembre. Si la tierra tenía suficiente humedad, la siembra se llevaba a cabo a lo largo del mes de octubre, y acostumbraba a finalizar al mes siguiente<sup>20</sup>. Sin embargo, la falta de humedad obligaba a menudo a retrasarla. Si aceptamos como muestra representativa de las condiciones en que se realizaba la siembra en las comarcas de Urgell y la Segarra la correspondencia de los administradores del marqués de Sentmenat durante el siglo XIX, entre un 30 y un 40% de las campañas sufría retrasos en las operaciones de siembra por falta de lluvia.

Pero no siempre los efectos de la sequía eran dramáticos. Si durante la segunda quincena de octubre, o incluso en noviembre, se registraba un mínimo de precipitaciones, la siembra se realizaba con rapidez sin graves problemas para el desarrollo inicial de la planta. En pocas ocasiones las frecuentes caídas de los rendimientos podían atribuirse a dificultades en el período de la germinación y nascencia, sino que resultaba mucho más determinante el déficit hídrico de los meses de primavera. En el mediterráneo estamos muy lejos de la situación que Jones plantea para Inglaterra, donde un exceso de humedad durante el período de siembra solía estar en la base de una mala cosecha<sup>21</sup>. Es cierto que algunas de las peores cosechas leridanas del siglo pasado se iniciaron con dificultades en el período de siembra por falta de lluvias, pero resulta difícil establecer si la caída de los rendimientos debe ser atribuida al déficit hídrico de esta etapa inicial, o si resultó más determinante la frecuente aridez de los meses de abril-mayo.

La germinación y el primer desarrollo vegetativo de la planta exigían unos determinados niveles de temperatura y humedad. Por lo común la temperatura no solía plantear problemas. Sólo en aquellos casos en que se retrasaba excesivamente la siembra, las bajas temperaturas de diciembre o enero podían dificultar la germinación. Tampoco se corría el riesgo de que las heladas invernales dañaran la planta. Únicamente cuando se producían de forma brusca, y especialmente cuando eran muy tardías, perjudicaban a la floración. En la correspondencia de los administradores leridanos, la disminución de rendimientos era atribuida con relativa frecuencia a las bajas temperaturas. Pero se trataba de fríos tardíos, correspondientes a los meses de abril y mayo<sup>22</sup>. Durante el período 1879-1894 abundan las referencias

<sup>20</sup> Sólo hemos encontrado una referencia de una siembra a fines de agosto, lo más frecuente era iniciar esta operación en los últimos días de septiembre y terminarla a mediados de noviembre.

<sup>21</sup> JONES, E. L. (1967), *Seasons and Prices. The Role of the Weather in English Agricultural History*, Londres: Allen & Unwin

<sup>22</sup> Sólo en un par de ocasiones, 1830 y 1850, se informa que las heladas de enero han dañado sembrados. En cambio, es mucho más frecuente atribuir disminuciones de la cosecha a los fríos tardíos de los meses de abril y mayo.

sobre la responsabilidad de los fríos tardíos sobre los mediocres niveles de los rendimientos. Prácticamente la mitad de los años encontramos comentarios de este tipo, lo que, en 1887, lleva al administrador a escribir: «La desgracia de este país son los fríos de abril y mayo»<sup>23</sup>.

Puesto que la germinación de la semilla requiere cierto nivel de aireación, siembras demasiado profundas o en terrenos apelmazados pueden ser contraproducentes. Suelos muy húmedos o excesivamente secos también pueden crear dificultades. Sin embargo, el principal problema de gran parte de las zonas trigueras catalanas se derivaba de las disponibilidades de agua.

Cuadro 11.3

DISPONIBILIDAD MEDIA Y NECESIDADES DE AGUA (mm)  
DEL CEREAL DESDE GERMINACIÓN A INICIO DEL ENCAÑADO  
(OCTUBRE-FEBRERO), EN LA SEGARRA Y PARA UN SUELO  
CON UNA CRAD DE 50 mm

	Evapotranspiración del cultivo (ETc)	Precipitación efectiva (PE=Px0,6)	PE-ETc	Agua en el suelo	Déficit hídrico	Exceso hídrico	Percolación	Evapotranspiración real
Octubre		45,7		30,0				
Noviembre	11,3	35,2	23,9	50,0	0,0	3,9	1,9	11,3
Diciembre	8,9	40,7	31,8	50,0	0,0	31,8	16,9	8,9
Enero	15,6	23,4	7,8	50,0	0,0	7,8	12,3	15,6
Febrero*	21,6	10,1	-11,5	38,5	0,0	0,0	4,0	21,6

Nota: El cuadro estima las disponibilidades hídricas a partir de las precipitaciones medias, suponiendo barbecho durante el año anterior. Cabe señalar, por otra parte, que los cálculos reproducidos sólo se refieren a un suelo con baja capacidad de retención de agua disponible (50 mm de CRAD) porque, en circunstancias normales, con una retención mínima se consigue cubrir la totalidad de las necesidades de la planta a lo largo del período.

\* Primera quincena de febrero.

Se estima que la germinación óptima se realiza cuando el contenido de agua del suelo está entre el 60 y el 80% de la capacidad del campo. Observando el cuadro 11.3 se puede comprobar cómo, en términos medios, durante la fase de germinación y nascencia no solían existir déficits hídricos importantes, aunque era relativamente frecuente que la siembra tuviera que retrasarse hasta mediados de octubre o principios de noviembre.

<sup>23</sup> La insistencia en los efectos de las bajas temperaturas primaverales quizás sea una confirmación del cambio climático correspondiente a las últimas décadas del siglo XIX, que la historiografía inglesa ha insistido en señalar como uno de los factores que intervinieron en la depresión finisecular y que pocas veces se ha tenido en cuenta en nuestro país.

Como mínimo eso parece deducirse de la correspondencia de los administradores de algunas haciendas de la casa Sentmenat en los llanos de Urgell. En algunos casos excepcionales no se pudo iniciar hasta diciembre. Un retraso de esta naturaleza podía tener efectos graves sobre los rendimientos, ya que las bajas temperaturas dificultaban el proceso normal de germinación y ahijamiento. Pero en general las informaciones sobre esta zona sugieren que en esta fase el estrés hídrico no era decisivo para determinar el nivel de rendimientos. La presencia o carencia de agua adquiriría mayor importancia después, durante las fases de reproducción y espigado.

## 2.2. El balance hídrico en las fases intermedias y finales de desarrollo de la planta

En el período inicio del encañado-floración aparecen déficits notables en bastantes situaciones (ver cuadro 11.4), especialmente en los suelos con menor capacidad de retención de agua, siendo especialmente crítico el caso de los suelos más delgados (CRAD menor de 50 mm). Es también en este período donde la práctica del barbecho adquiere toda su significación con los suelos más profundos capaces de acabar este período sin que las plantas tengan estrés.

De acuerdo con el esquema de desarrollo del trigo de invierno que proponen Prats y Clément-Grandcourt<sup>24</sup>, el período de reproducción comprende los meses de abril a junio. A lo largo de dicho período se completa el encañado y se produce el espigado, durante el cual se elaboran las tres cuartas partes de la materia seca. Tiene una duración aproximada de 32 días, distribuidos entre mayo y junio, y concluye con la maduración de los óvulos, que se prolonga unos 15 días. El proceso finaliza con la fase de maduración, durante la cual se paraliza la fotosíntesis, se hincha el grano y posteriormente se seca. Durante estas fases la posibilidad de intervención del agricultor para realizar un uso más eficaz del agua era escasa, y prácticamente quedaba reducida a la eliminación de las plantas adventicias. Resulta plenamente coherente que en muchos contratos de cultivo se explicitara la necesidad de realizar escardas cuidadosas al finalizar el invierno y que se destinaran recursos relativamente importantes a esta operación realizada en buena medida mediante trabajo femenino.

El agua es crucial en el desarrollo de la planta, puesto que además de necesaria para la constitución de las células y de intervenir en la síntesis de los glúcidos catolizados, es el vehículo portador de los elementos minerales solubles en la savia bruta. Por ello resulta importante definir el coeficiente de transpiración del trigo, es decir, la cantidad de agua que utiliza la planta

<sup>24</sup> PRATS, J. y M. CLÉMENT-GRANDCOURT, *op. cit.*

Cuadro 11.4

### DISPONIBILIDADES MEDIAS Y NECESIDADES DE AGUA (mm) DEL CEREAL DESDE INICIO DEL ENCAÑADO HASTA FLORACIÓN (FEBRERO-ABRIL), EN LA SEGARRA

	Evapotranspiración del cultivo (ETc)	Precipitación (P)	P-ETc	Agua en el suelo	Déficit hídrico	Exceso hídrico	Percusión	Evapotranspiración real
<b>CRAD 50 mm</b>								
Febrero*	22,0	10,2	-11,8	28,0	0,0	0,0	2,3	22,0
Marzo	91,6	38,7	-52,9	0,0	24,9	0,0	0,0	66,7
Abril**	60,0	23,3	-36,7	0,0	36,7	0,0	0,0	23,3
<b>CRAD 100 mm</b>								
Febrero*	22,0	10,2	-11,8	78,0	0,0	0,0	3,9	22,0
Marzo	91,6	38,7	-52,9	25,1	0,0	0,0	0,0	91,6
Abril**	60,0	23,3	-36,7	0,0	13,4	0,0	0,0	36,7
<b>CRAD 200 mm</b>								
Febrero*	22,0	10,2	-11,8	161,4	0,0	0,0	0,0	22,0
Marzo	91,6	38,7	-52,9	108	0,0	0,0	0,0	91,6
Abril**	60,0	23,3	-36,7	61,3	0,0	0,0	0,0	60,0

Nota: El cuadro estima las disponibilidades hídricas a partir de las precipitaciones medias habituales y suponiendo barbecho durante el año anterior.

\* Segunda quincena de febrero.

\*\* Primera quincena de abril.

para elaborar una determinada cantidad de materia seca. La cifra que suele darse para el trigo varía entre 450/550 kg de agua por kg de materia seca. Además, las pérdidas por transpiración pura, evaporación desde el suelo o a través de las plantas adventicias, aumentan aquella cifra en un 40 o 50%, es decir, en 1.800 m<sup>3</sup> por hectárea, lo que da por hectárea 5800 m<sup>3</sup> de agua, suponiendo unos rendimientos de 4.800 kg, y sitúa las necesidades de lluvia en un mínimo de 580 mm anuales<sup>25</sup>.

Estas estimaciones globales son poco relevantes ya que, en realidad, dependen de su distribución a lo largo del año y de la capacidad de retención de cada suelo<sup>26</sup>. Aparte del período de germinación y nascencia, los momentos auténticamente críticos desde el punto de vista hídrico son el espigado y, en menor medida, la maduración. Un déficit hídrico durante estas fases puede tener efectos muy negativos sobre los rendimientos.

<sup>25</sup> *Ibidem.*

<sup>26</sup> PUJOL PALOL, M., *op. cit.*

Cuadro 11.5

DISPONIBILIDAD MEDIA Y NECESIDADES DE AGUA EN EL SUELO DURANTE LAS FASES DE REPRODUCCIÓN Y MADURACIÓN (ABRIL-JUNIO), EN LA SEGARRA

	Evapotranspiración del cultivo (ETc)	Precipitación efectiva (PE=P×0,6)	PE-ETc	Agua en el suelo	Déficit hídrico	Exceso hídrico	Percolación	Evapotranspiración real
<b>CRAD 50 mm</b>								
Abril*	60,0	23,3	-36,7	0,0	36,7	0,0	0,0	23,3
Mayo	88,8	57,1	-31,7	0,0	31,7	0,0	0,0	57,1
Junio	21,6	41,8	20,2	20,2	0,0	0,0	0,0	21,6
<b>CRAD 100 mm</b>								
Abril*	60,0	23,3	-36,7	0,0	36,7	0,0	0,0	23,3
Mayo	88,8	57,1	-31,7	0,0	31,7	0,0	0,0	57,1
Junio	21,6	41,8	20,2	20,2	0,0	0,0	0,0	21,6
<b>CRAD 200 mm</b>								
Abril*	60,0	23,3	-36,7	36,3	0,0	0,0	0,0	60,0
Mayo	88,8	57,1	-31,7	4,5	0,0	0,0	0,0	88,8
Junio	21,6	41,8	20,2	24,7	0,0	0,0	0,0	21,6

Nota: El cuadro estima las disponibilidades hídricas a partir de las precipitaciones medias habituales y suponiendo barbecho durante el año anterior.

\* Segunda quincena.

A la vista de estos datos resulta lógico que, cuando se producía un período de sequía a la llegada de la primavera, surgieran fundados temores de que la cosecha se podía perder si no llegaban las lluvias oportunas. La experiencia secular había mostrado la gravedad de una insuficiencia de agua durante los meses de marzo a mayo para la futura cosecha, coincidiendo con el espigado. No tiene nada de extraño que fuera durante estos meses cuando más proliferasen las rogativas *pro pluvia*. Tampoco es sorprendente que fuera a partir de marzo cuando empezaran a manifestarse los miedos y las preocupaciones sobre la próxima cosecha, si no llegaban las ansiadas lluvias. El cuadro 11.5 muestra claramente cómo es a partir de este momento cuando, si no hay lluvias, se producen déficits importantes que, al ser un período crítico, afectan gravemente a la cosecha final. Frases como «*Si no plou dins de poch dies estem mol mal*» («si no llueve en pocos días estaremos muy mal») (7-III-1834) o «*dins de poch perdrem la collita*» («dentro de poco perderemos la cosecha») (12-III-1835) abundan en la correspondencia que venimos citando; aunque no siempre se cumplieran los presagios pesimistas y, en algunas ocasio-

nes, las precipitaciones de abril y mayo conseguían recuperar los sembrados y obtener una cosecha regular.

De todos modos sorprende la cantidad de noticias que contiene la correspondencia sobre pérdidas de rendimientos provocadas por todo tipo de dificultades durante la granazón. La llegada de lluvias, en algunas ocasiones en cantidades notables en mayo, no siempre era suficiente para garantizar la cosecha. En ocasiones, un golpe de calor intenso o, en otras, temperaturas demasiado bajas, la afectaban muy negativamente. «*En rahó de les copioses plujes que tingerem entre abril y maig se posaren los sembrats jamoso, en termes que fins a S. Joan nos prometiam una gran collita y ab quatre dies de una boira y un mal temps que feu entonses se mo lo xuclà tot, deixant poquisim gra i molta palla*» («A causa de las abundantes lluvias de abril y mayo los sembrados prometían, hasta San Juan, una gran cosecha. Pero cuatro días de niebla y de mal tiempo que hizo entonces se lo llevó todo, dejando poquísimos grano y mucha paja»), informaba el administrador en agosto de 1842.

### 3. Disponibilidades hídricas y evolución del nivel medio de rendimientos

Mientras la única vía de desarrollo agrario se identificó con el modelo atlántico (cuyo núcleo consistía en la introducción de leguminosas forrajeras dentro de una rotación sin barbecho), las limitaciones hídricas ejercieron una notable presión sobre las posibilidades de mejorar los rendimientos. La siembra de leguminosas no sólo implicaba una intensificación del cultivo, sino también la supresión del barbecho como método de acumulación de agua en el suelo y la introducción de cultivos en competencia con el cereal por el mismo recurso escaso. Sin agua, las posibilidades de aumentar el flujo de nutrientes —a través de la fijación simbiótica de nitrógeno— se encontraban drásticamente limitadas y, con ellas, los rendimientos. Sólo en las zonas cerealícolas de la Cataluña húmeda, donde el nivel pluviométrico lo permitía, se establecieron con éxito alternancias bienales (Empordà) o cuatrienales (Plana de Vic) con leguminosas y sin barbecho.

En la Cataluña más árida, la posibilidad de mejorar los rendimientos cerealícolas —no sólo para aumentar su nivel medio, sino también para estabilizar sus bruscas oscilaciones— dependía en buena medida de la posibilidad de realizar aportes hídricos mediante riego. Ello exigía la canalización y derivación de aguas superficiales procedentes de cauces cercanos puesto que, en dichas comarcas, sólo muy puntualmente podía obtenerse agua para el riego procedente de acuíferos subterráneos —algo más frecuente en zonas de la Cataluña húmeda como el Empordà. Sin embargo, a mediados del siglo XIX apenas se disponía de otra infraestructura que la de origen medieval o andalusí, que sólo cubría minúsculas extensiones de territorio —con la excepción de las huertas periurbanas de ciudades como

Barcelona, Lleida o Balaguer— y que en muchas ocasiones continuaba subordinando el riego al suministro de fuerza motriz. La sucesión de proyectos frustrados para la construcción del Canal d'Urgell es un claro testimonio de las dificultades existentes para llevar a cabo grandes proyectos de infraestructura hidráulica. Las condiciones impuestas por el régimen de propiedad, y la debilidad ejecutiva e inversora del Estado, bloquearon durante décadas la realización de obras de regadío de cierta envergadura, especialmente allí donde mayores beneficios hubieran producido.

A la altura de 1890, el mapa de los rendimientos cerealícolas de secano seguía en buena medida la divisoria de regímenes pluviométricos e hídricos. Obviamente, las relaciones entre cultivos, fertilidad, agua, clima y suelo son complejas. Sin embargo, y exceptuando las comarcas pirenaicas cuyas condiciones climáticas y orográficas poco adecuadas para el cultivo del trigo daban lugar a producciones irrelevantes, puede trazarse una línea en torno a un rendimiento medio de 12 hl/ha que, a grandes rasgos, coincide con la frontera entre la Cataluña seca y la húmeda. Los rendimientos de las zonas cerealícolas de la Cataluña húmeda podían doblar e incluso triplicar el nivel de los llanos leridanos. Además, la intensidad de las fluctuaciones de las cosechas era muy superior en los áridos llanos interiores. Probablemente eso no se debía tanto a una menor regularidad pluviométrica, como a la amplitud de un período de estrés hídrico más temprano, y a la mayor probabilidad de que éste afectase al cultivo en un momento crítico de su ciclo vegetativo.

La función de los sistemas de riego eventual, tan frecuentes en la Segarra y Urgell, aplicados en aquellas fincas que, siendo básicamente de secano, podían disponer de un mínimo caudal de riego durante los períodos críticos, podían atenuar las oscilaciones en las cosechas, sin por ello aumentar en gran medida el nivel medio de rendimientos. La correspondencia de los administradores del marqués de Sentmenat es muy clara en este punto. Unas veces, como en julio de 1854, se felicitaban porque «*la collita sera mitjana i millor la del blat, gracies al reg que es va poder fer*» («La cosecha será mediana y mejor la de trigo, gracias al riego que pudo hacerse»). Otras veces, la dificultad de administrar ese riego eventual en el momento oportuno era señalada como responsable de una cosecha mediocre: «el resultado de la cosecha no ha sido tan satisfactorio como esperaba, debido sin duda a no haber podido lograr que los aparceros regaran los campos a tiempo debido» (19-VII-1873). En 1865, cuando el curso del río Corb fue alterado por el recién construido Canal d'Urgell, los administradores informaron al Marqués que «la sequía ha sido para nosotros aún más sensible este año por el rigor con que se nos ha prohibido enteramente el riego con las aguas del Riu Corp de que poco más o menos siempre habíamos participado, hasta que habiéndose incorporado la Junta del canal de aquellas aguas no se nos permite absolutamente el riego». Al año siguiente calificaba la cosecha de «la más miserable, como ya me temía [...]».

Las limitaciones tecnológicas para corregir la desfavorable dotación hídrica sólo comenzaron a dar un vuelco significativo a comienzos del siglo XX. Junto con la expansión del regadío, cuyo impacto en las áridas llanuras leridanas fue crucial, la difusión de los abonos inorgánicos impulsó un fuerte crecimiento del nivel medio de rendimientos. La plena difusión del nuevo modelo tecnológico no se consolidó hasta la década de 1960, pero su impacto ya se percibe a lo largo de la primera mitad de siglo.

Cuadro 11.6

EVOLUCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DEL TRIGO  
EN EL SECANO (kg/ha)

	Barcelona	Girona	Lleida	Tarragona
1890	1.509	996	658	819
1926-1935	1.472	1.129	1.141	1.137
1984-1989	4.102	3.907	3.795	3.470
1992-1996	3.901	3.865	3.253	3.375

Fuentes: Junta Consultiva Agronómica (1891), *Avance estadístico sobre el cultivo cereal y de leguminosas asociadas en España*, Madrid: Tipografía de L. Peant e hijos; Ministère de l'Agriculture (1937), *Résumé statistique de la production agricole en Espagne, 1935-1936*, Madrid, Generalitat de Catalunya, *Estadístiques agràries i pesqueres de Catalunya*, Barcelona, 1984-1989 y 1992-1996. Debe advertirse que las fuentes correspondientes a los dos primeros períodos adolecen de graves problemas de fiabilidad. Es por ello que no deben ser interpretadas al pie de la letra, aunque sirvan para ilustrar el trazo grueso de la evolución de los rendimientos a largo plazo.

En los cultivos cerealícolas de secano se produjo un incremento sustancial del nivel medio de rendimientos entre 1900 y 1936, sin que mediara una modificación significativa de las condiciones climáticas e hídricas. Uno de los aspectos más llamativos del proceso que tuvo lugar durante las primeras décadas de nuestro siglo fue su particular geografía. El incremento fue de mayor magnitud en aquellas zonas áridas donde los rendimientos agrícolas tradicionalmente se habían mantenido a niveles muy bajos<sup>27</sup>. Por el contrario, en la Cataluña más húmeda —correspondiente a las provincias de Barcelona y Girona, cuyos niveles medios de partida eran más elevados— el aumento fue de menor entidad e incluso imperceptible (cuadro 11.6). Cabe señalar, además, que se trataba de los rendimientos medios en secano y se excluyen, por tanto, los efectos de las nuevas infraestructuras hidráulicas para riego<sup>28</sup>.

<sup>27</sup> GARRABOU, R., P. PASCUAL, J. PUJOL y E. SAGUER, *op. cit.*

<sup>28</sup> Dado que nuestro propósito consiste en mostrar cómo el proceso de cambio técnico ha modificado la dependencia respecto de las restricciones ambientales, es mejor utilizar exclusivamente rendimientos del secano.

¿Cómo explicar la paradoja de una mayor productividad sin cambio aparente en las disponibilidades hídricas? A ello debieron de contribuir varios factores, pero el elemento determinante fue el uso de abonos inorgánicos y, en particular, de superfosfatos y abonos nitrogenados. Junto a la introducción de nuevas variedades cerealícolas con mayor capacidad de producir grano en condiciones de aridez relativa<sup>29</sup>, y con mayor respuesta a dosis crecientes de abonado, los fertilizantes de origen químico y mineral permitieron elevar el techo productivo de los secanos más áridos.

Los aumentos de producción —especialmente patentes en Lleida y Tarragona— correspondían a la favorable interacción generada por los aportes de nitrógeno y fósforo de origen mineral. La falta de un mayor aumento en Girona o Barcelona podría explicarse por la existencia de algún factor limitante que no pudo ser superado (las características de las variedades disponibles, el control de las malas hierbas, etc.). La interacción entre factores (en este caso agua-nitrógeno-fósforo) sería la responsable de estos incrementos tal como señala Tivy<sup>30</sup>. Se trata de un fenómeno largamente documentado en la experimentación agronómica. Mengel y Kirby lo ilustran con datos de 1938 procedentes de Mitscherlich y Beutispadner, quienes encontraron que el coeficiente de transpiración de la patata (litros de agua usada por kilo de materia seca producida) pasaba de 683 cuando no se empleaban fertilizantes, a 428 cuando se aplicaba estiércol, y a 320 cuando se trataba de estiércol y abono mineral<sup>31</sup>. Según dichos autores, la explicación está en el hecho de que, en condiciones de falta de nutrientes, la producción de materia seca se ve más afectada que el consumo de agua. En otros términos, una adecuada disponibilidad de nutrientes implica una mayor eficiencia en el uso del agua, sin olvidar otros aspectos más puntuales como puede ser que dicha disponibilidad de nutrientes favorece un mayor desarrollo radicular en los primeros estadios del cultivo, y ello permite explorar un mayor volumen de suelo, lo que a su vez incrementa el volumen de agua disponible.

Otro aspecto a considerar en esta respuesta es que los suelos más áridos, sometidos a cultivo durante largos períodos, y con un balance de nutrientes con tendencia a ser negativo, mostraron muy probablemente la típica curva de respuesta conocida como de rendimientos no proporcionales o de Mitscherlich<sup>32</sup>, donde las cantidades iniciales producen un efecto

<sup>29</sup> En la provincia de Lleida tuvo mucha difusión el trigo *mentana*, una variedad precoz que podía adelantarse hasta 25 días a la fecha ordinaria de cosecha y que, por ello, contribuía a limitar los efectos del período de estrés hídrico. Ver CORTADA, F. (1950), *Geografía económica de Cataluña*, Barcelona: Arimany.

<sup>30</sup> TIVY, P. J., *op. cit.*, pp. 96-97.

<sup>31</sup> MENGEL, K. y E. A. KIRKBY (1982), *Principles of Plant Nutrition*, Berna: Int. Potash Institute.

<sup>32</sup> MITSCHERLICH, E. (1954), *Bodenkunde für Landwirte, Forstwirte und Gärtner*, Berlín: Parey, 7.<sup>a</sup> ed., citado por DIAHL, R. y J. M. MATEO BOX (1978), *Fitotecnia general*, Madrid: Mundi Prensa, 2.<sup>a</sup> ed.

muy superior a los obtenidos con las cantidades mayores aportadas sucesivamente.

La inmensa mayoría de los suelos cerealícolas catalanes, excepto una parte de Girona, son calcáreos. Se admite comúnmente que el fósforo disponible para la absorción de las plantas en estos suelos es menor que en suelos fértiles de regiones templadas. Este hecho es aún más acusado en los suelos más áridos. Era, pues, perfectamente previsible que los cultivos de cereal mostraran una espectacular respuesta al abonado fosfórico, tal y como lo describe la ley de Mitscherlich, por más que se emplearan materiales poco solubles. Otro aspecto a señalar es la interacción positiva nitrógeno-fósforo, descrita por ejemplo por Adams, y en el sentido de Rusell de producción de un efecto más que aditivo, que acabaría conduciendo a un uso aún más eficiente del agua<sup>33</sup>. En tales condiciones, el abonado inorgánico maximizaría la eficiencia en el uso del agua. No es casualidad que a lo largo del primer tercio de siglo XX el mayor crecimiento en las dosis de consumo de fertilizantes se produjera especialmente en las dos provincias más áridas, Lleida y Tarragona<sup>34</sup>.

A partir de la década de 1960, las restricciones que la disponibilidad de agua ejercía sobre los cultivos de secano fueron drásticamente minimizadas por la generalización y profundización del nuevo modelo tecnológico. Al efecto de crecientes dosis de abonado debe sumarse la aplicación de métodos químicos para el control de malas hierbas y la capacidad de sembrar rápidamente gracias a la mecanización de las tareas (aprovechando así los momentos más oportunos). Su impacto sobre los rendimientos medios ha sido absolutamente espectacular (cuadro 11.6). Allí donde se ha combinado con la expansión del regadío, los resultados han sido aún más llamativos. Pero también en los secanos ha incidido de forma importante. Aunque siga perviviendo, el grado de dependencia respecto de la pluviosidad se ha atenuado notablemente en relación con sus parámetros históricos.

No debe olvidarse, sin embargo, que ello se ha obtenido mediante un modelo de dudosa sostenibilidad. La mayor independencia respecto de las condiciones edafoclimáticas locales, y las drásticas limitaciones que imponían en el pasado, ha dado lugar a una cultura agraria que cree posible

<sup>33</sup> ADAMS, F. (1980), «Interaction of Phosphorus with other Elements in Soils and Plants», en F. E. KHAAUWNECH, E. D. SAMPLE y E. J. KAMPRATH (eds.), *The Role of Phosphorus in Agriculture*, Madison: ASA-SSSA-CSSA; RUSSELL, E. W. (1973), *Soil Conditions and Plant Growth*, Londres: Lorigman.

<sup>34</sup> PUJOL ANDREU, J. (1988), *Les transformacions del sector agrari català entre la crisi finisecular y la guerra civil*, Bellaterra: UAB, tesis doctoral, pp. 316 y ss. Dejando aparte la provincia de Barcelona, donde el peso de la agricultura periurbana le otorga caracteres poco comparables por lo que se refiere a esta cuestión, la provincia de Girona registró un crecimiento mucho menor de los valores de consumo de fertilizantes, tanto en términos absolutos como en kilos por hectárea de cultivo. Probablemente ello deba explicarse por una mayor dotación de estiércol, fruto de rotaciones más intensivas, así como por el predominio de una variedad triguera que no aceptaba grandes dosis de nitratos (la *Xeixa Montjuïc*).

hacer crecer cualquier cultivo en cualquier lugar mediante la simple administración externa de los factores adecuados. Tras la «revolución verde» la aplicación creciente de agua y nutrientes a los cultivos se ha caracterizado por aumentar la potencia en los instrumentos de suministro, a costa de la eficiencia en el uso del factor suministrado. La ruptura en la relación necesaria entre el tipo de cultivo y las condiciones naturales de cada lugar ha multiplicado la ineficiencia de aquellos medios de producción exteriores, que también requieren un consumo creciente de energía.

Las consecuencias de tal ineficiencia son dobles. Por el lado de las entradas, el aumento de las extracciones de agua para riego presiona cada vez más sobre unos recursos hídricos explotados por encima de su capacidad de renovación y sustentación. Por el lado de las salidas, la baja eficiencia en el uso de agua y fertilizantes se traduce en contaminación. En zonas semiáridas como el Mediterráneo una tarea de máxima prioridad consiste en aumentar la eficiencia en el uso del agua de riego. Tal como sugiere Joy Tivy, «el enfoque tradicional de la eficacia consistente en aumentar las producciones sin alterar las necesidades de evapotranspiración está siendo reemplazado por los esfuerzos para incrementar los rendimientos disminuyendo la aplicación de agua por debajo de las necesidades máximas de evapotranspiración»<sup>35</sup>. Una forma de lograrlo consiste en volver a adaptar los cultivos a las condiciones edafoclimáticas, aportando sólo la cantidad precisa de agua en los momentos y las dosis requeridas para paliar su falta. Lo que también supone, de hecho, empezar a recuperar, con tecnologías y conocimientos muy superiores, la sabiduría existente en aquellos sistemas tradicionales de riego eventual que encontramos en las culturas agrarias de nuestro pasado.

<sup>35</sup> TIVY, J., *op. cit.*, pp. 221-222.

## Anexo: Descripción de la metodología empleada

Con el objetivo final de orientar la interpretación de los sistemas de cultivo existentes en los siglos XIX y XX, así como el efecto de ciertas prácticas (riego, barbecho, etc.) e innovaciones tecnológicas, el método utilizado pretende mostrar, para una muestra de localidades catalanas, hasta qué punto el clima cubre las necesidades hídricas y limita la producción en el cultivo del trigo.

### *Necesidades de agua*

Las necesidades de agua se calculan por la expresión  
 $ET_c = ET_o \times kc$ .

donde:

$ET_c$ , evapotranspiración del cultivo (mm).  
 $ET_o$ , evapotranspiración de referencia (mm).  
 $kc$ , coeficiente de cultivo<sup>36</sup>.

Esta expresión se utiliza para el cálculo de las necesidades de riego de los cultivos empleando un balance de agua en el suelo<sup>37</sup>. Se ha aplicado en las localidades de Tárrega, Cervera, Caldes de Montbui, Vic y Torroella de Montgrí, como representativas de las principales zonas agrícolas catalanas estudiadas. El cálculo de la  $ET_o$  se ha hecho a partir de las estaciones agrometeorológicas de la Xarxa Agrometeorològica de Catalunya a partir de series históricas de entre 5-10 años. Dichas estaciones emplean como fórmula de cálculo la de Penman horaria a partir de datos de radiación neta. Para el caso de Vic, donde no se disponía de información de las estaciones agrometeorológicas, se ha calculado también por Penman modificado empleando datos medios de Leon<sup>38</sup>, y estimando a partir de diversas fuentes el viento y la humedad relativa. Se han ajustado los diferentes períodos basándonos en información local sobre fechas de siembra, brotación y recolección, contrastándolos con las fuentes históricas.

<sup>36</sup> Los coeficientes de cultivo se han tomado de DOORENBOS, S. y W. O. PRUITT (1977), «Las necesidades de agua de los cultivos», *Boletín FAO Riegos y Drenajes*, 24, Roma: FAO; y de DOORENBOS, S. y A. H. KASSAN (1979), *Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drainage*, Paper, 33, Roma: FAO).

<sup>37</sup> Ver DOORENBOS, S. y W. PRUITT, *op. cit.*

<sup>38</sup> LEÓN DE LLAMAZARES, A. DE, *op. cit.*



El balance hídrico se ha calculado por un balance de agua en el suelo. El balance se ha hecho considerando que no hay ascenso capilar, suposición hartó arriesgada para algunas localidades del Baix Empordà donde la prospección de campo ha revelado su existencia. La dificultad de (semi)cuantificar este parámetro ha inducido a adoptarla como solución meramente cualitativa en la discusión de la información histórica existente.

Para tener en cuenta la diversidad de los suelos, por lo que se refiere a su capacidad de retención de agua disponible para las plantas (CRAD), se ha elegido un abanico de CRADs que va de 50 hasta 200 mm en los suelos muy profundos. El término de escorrentía (R) puede ser positivo o negativo. Aquí no se han considerado valores positivos, que corresponderían a entradas en las parcelas de agua de escorrentía. Se ha considerado el valor de  $0.6 P$  (llamado precipitación efectiva) como una situación en los lugares en donde hay salida de agua. El valor es arbitrario, pero permite un análisis de sensibilidad. Se asume que el drenaje se produce cuando se supera la capacidad de campo.

El balance hídrico se ha realizado para distintas localidades (5), CRAD (4), situaciones de escorrentía (2) ( $PE = P$  total;  $PE = 0.6 P$  total), riego y barbecho (2), lo que origina gran número de situaciones. Ello permite la comparación de multitud de situaciones y por tanto el valor del ejercicio es de comparación, no en términos absolutos.

Los cálculos se han hecho para valores medios mensuales; evidentemente se podrían hacer con valores diarios de años reales (o simulados por algún procedimiento estocástico), pero ello obligaría a modificar toda la metodología. También podría emplearse algún modelo de simulación de cultivos (trigo, cebada), pero ello va más allá de los objetivos del presente trabajo y en una primera fase no parece justificado.

Dichos balances permiten ver el efecto de distintas técnicas (barbecho) y la respuesta en agronomía es como casi siempre: según, cómo y dónde. La duración del período de estrés hídrico que se encuentra en los cuadros aparece como una semicuantificación de la falta de agua.

## CAPÍTULO 12

### SISTEMA HIDRÁULICO, ORGANIZACIÓN DE LOS RIEGOS Y USOS DEL AGUA EN LA HUERTA DE LLEIDA (1830-1950)\*

Enric Vicedo Rius, Jaume Boixadera Llobet  
y José Ramón Olarieta Alberdi  
Universidad de Lleida

El estudio de la huerta de Lleida que presentamos tiene tres objetivos fundamentales: en primer lugar se trata de analizar las condiciones naturales que caracterizan el espacio ocupado por la huerta de Lleida por lo que se refiere a sus características climatológicas y a las cualidades de los suelos. A partir del análisis de la estructura de los cultivos desde una perspectiva dinámica, intentaremos detectar los cambios en el sentido del desarrollo de los cultivos de huerta destinados al mercado. Finalmente, y a partir del análisis del sistema de riegos, funcionamiento y posibilidades, intentaremos obtener conclusiones sólidas sobre si el agua disponible en las acequias de la huerta de Lleida permitía el desarrollo de una mayor especialización en productos frescos para un mercado urbano no necesariamente comarcal.

#### Introducción

Actualmente, el término de Lleida es regado por diversos canales e incluso se prevé que el nuevo canal Garrigas Bajas riegue en torno a las 1.000 ha. Nuestro estudio se refiere a los riegos históricos, es decir, los que se producen mediante las acequias de Piñana y de Fontanet.

\* Este trabajo se inscribe en el proyecto de investigación *Factores determinantes del desarrollo en Cataluña: Recursos naturales, organización del trabajo agrario y cambio técnico*, financiado por la DGICYT (PB96-1157-C03-03).

Cuadro 12.1

RIEGOS EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE LLEIDA  
(en hectáreas)

Término municipal (TM) de Lleida	21.200
Canal de Urgel	5.595
Canal Garrigas Bajas (actualmente seco)	949
Canal de Aragón y Cataluña	6.768
Canal de Piñana	6.892
Fontanet	973

Nota: Estos datos incluyen unas 150 ha de áreas edificables, carreteras y el río.

La huerta de Lleida es una creación andalusí. La reconquista y repoblación de Lleida a mediados del siglo XII permiten desarrollar aún más el conjunto de infraestructuras de riego y las formas de uso y gestión de las aguas<sup>1</sup>. Estamos ante unas acequias que priman el riego por encima de la molinería.

La acequia de Fontanet tomaba el agua del río Segre a su paso por Vilanova de la Barca, y regaba las huertas de esta población y las de Alcoletge, Lleida y Albatàrrec. La acequia de Piñana o de Noguera, que recibía las aguas del río Noguera Ribagorzana en la población aragonesa de Castillonroi, regaba las huertas de Andani, Alfarràs, Almenar, Alguaire, Vilanova del Segrià, la Portella, Rosselló, Torrefarrera, Corbins, les casas de Corbins, Benavent, Vilanova d'Alpicat, Torre-serona, Lleida, Alcarràs i Soses<sup>2</sup>.

En 1916, la Junta Consultiva Agronómica<sup>3</sup> establecía que los riegos de Piñana y de Fontanet afectaban a 10.433 y 1.552 ha, respectivamente. Estos datos —que se refieren a toda la zona regada— resultan más acordes con la realidad que los aportados por otras fuentes que cifraban en 30.000 ha el conjunto de las huertas de la comarca del Segrià regadas por la acequia de Piñana y en 25.000 las regadas por la acequia de Fontanet<sup>4</sup>.

Las acequias de Fontanet y de Piñana fueron administradas por el Ayuntamiento de Lleida hasta que el 16 de marzo de 1754 la Real Audien-

<sup>1</sup> LLADONÓSA, J. (1975), *Història de Lleida*, 2 v., Tàrraga: Camps-Calmet. Sol, R. y C. TORRES (1974), *Historia de un canal*, Lleida.

<sup>2</sup> La acequia que el comendador de Torres de Segre tenía acensada a la Junta de Cequiaje, regaba con aguas del Segre, tenía su origen en Lleida, regando las huertas de Albatàrrec, Montoliu, Sonadell y Torres de Segre. MADOZ, P. (dir., 1847), *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de ultramar*, Madrid: v. X, p. 233.

<sup>3</sup> Ministerio de Fomento. Dirección General de Agricultura, Minas y Montes (1916), *Medios que se utilizan para suministrar el riego a las tierras. Distribución de los cultivos en la zona regable. Resumen hecho por la Junta Consultiva Agronómica*, tomo I, pp. 329 y 335.

<sup>4</sup> Ministerio de Agricultura, Industria, Comercio y Obras Públicas. Dirección General de Agricultura (1904), *El regadío en España...*, p. 91.

cia de Cataluña ordenó la creación de la Junta de Cequiaje para mejorar los riegos<sup>5</sup>. La Junta de Cequiaje de Lleida gestionaba directamente los riegos del término de Lleida —cobrando un cequiaje que, en una etapa amplia de su historia, solía ser un cuartán (poco más de 6 litros) de trigo por jornal regado. Por lo que respecta al resto de las poblaciones de la comarca del Segrià, se establecían unas normas de uso y se cobraba un censo por el uso global de las aguas por parte de los señores o por parte de los ayuntamientos según fuera el caso. La administración interna de las aguas era cosa de señores y de ayuntamientos.

Los riegos de Fontanet y de Piñana tienen un carácter regional, ejerciendo Lleida su capitalidad. De todas formas, no será hasta la segunda mitad de nuestra centuria que se constituirán instituciones de control de estos riegos en las que participen todos los pueblos regantes. Este carácter regional se observa en la Comunidad Central de Piñana, creada en 1951, que se transformará en Comunidad General a partir de 1963<sup>6</sup>. Ambas instituciones están presididas por el alcalde de Lleida. Por su parte, la Junta de Cequiaje continúa englobando a los regantes de Lleida tanto si el riego se efectúa mediante la acequia de Piñana como con la de Fontanet. A partir de 1990, la acequia de Fontanet tendrá un funcionamiento autónomo, al margen de la Junta de Cequiaje<sup>7</sup>.

### 1. Las condiciones climáticas

La huerta de Lleida se halla ubicada en los llanos occidentales de Cataluña, en lo que los geógrafos llaman Cataluña seca. Una observación rápida del climograma de Lleida según el método de Gaussen nos permite detectar una amplia estación seca en los meses de verano (ver gráfico 12.1).

Los bajos niveles de precipitación<sup>8</sup> en un marco geográfico en que existen unos valores de evapotranspiración potencial de 809 mm (Thornthwaite<sup>9</sup>) se traducen en la existencia de muchos meses del año con déficit hídrico.

De ahí la importancia histórica de la transformación del ecosistema con la incorporación del riego. Los riegos históricos del Segrià (acequia de Fontanet y acequia de Piñana), al beneficiar una amplia zona, tienen un

<sup>5</sup> SOL, R. y C. TORRES (1974), *op. cit.*

<sup>6</sup> *Ibidem*, pp. 376 y ss.

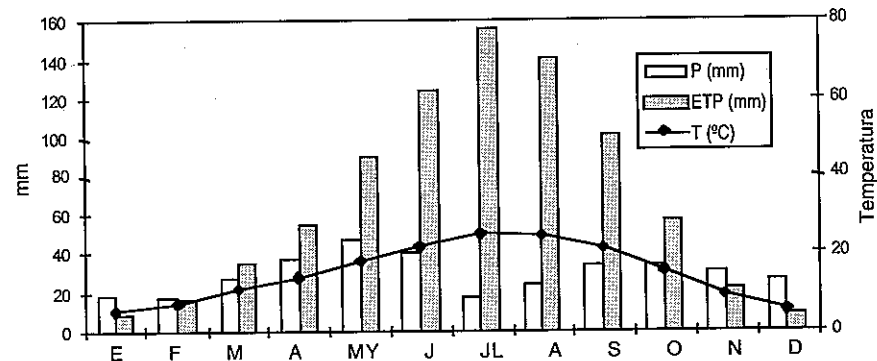
<sup>7</sup> Agradecemos al señor Ramón Egea, secretario de la Junta de Cequiaje, las facilidades prestadas para consultar la documentación y las informaciones que nos ha proporcionado.

<sup>8</sup> En el quinquenio 1915-1919, las precipitaciones fueron de 303, 389, 346, 369 y 585 mm según el Servicio del Mapa Pluviométrico. Datos reproducidos en BERGÓS, A. (1928), «Estudi de l'horta de Lleida», *Vida Lleidatana*, 57, p. 331.

<sup>9</sup> DE LEÓN, A., A. ARRIBA y M. C. DE LA PLAZA (1989), *op. cit.*

Gráfico 12.1

## CLIMOGRAMA DE LLEIDA



Fuente: Los datos de precipitación (P) y temperatura (T) utilizados proceden de AA VV (1979), *Geografía física dels Països Catalans*, Barcelona: Ketres Editora, p. 89. Los de evapotranspiración potencial (ETP) según el método de Thornthwaite para 1939-1980 de LEÓN, A. de, A. ARRIBA y M. C. DE LA PLAZA (1989), *Caracterización agroclimática de la provincia de Lérida*, Madrid: MAPA.

carácter regional y además exigirán mucho trabajo no sólo para su construcción sino también para su mantenimiento, ya que las avenidas de los ríos que los nutren —el Segre y su afluente el Noguera Ribagorzana, respectivamente— afectan muy a menudo y negativamente sus infraestructuras.

El hecho de estar Lleida en el corazón de una amplia zona en la que predominan, sobre todo, las tierras de secano y sobre la cual ejerce una influencia económica y política significa que, en los archivos de Lleida, sean muy frecuentes las referencias a la falta de lluvias, a los problemas de la producción agraria relacionados con el clima.

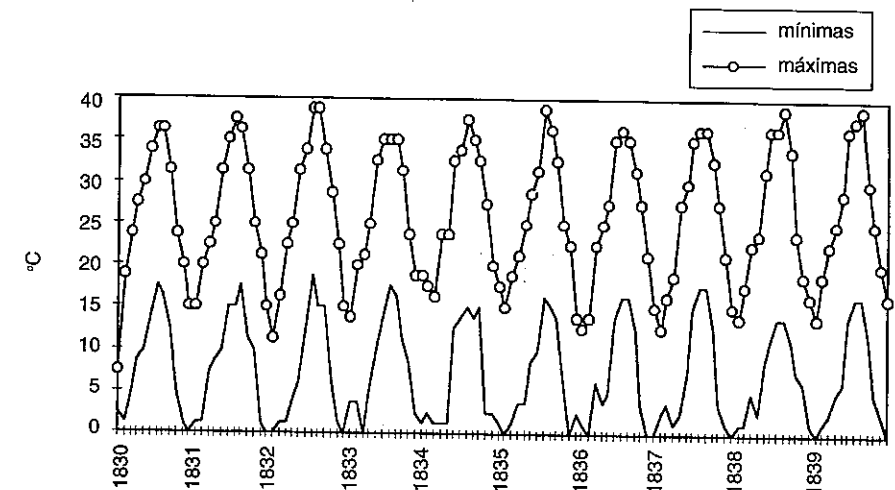
Como siendo tan contingentes en el Llano de Urgel, y en los demás secanos del corregimiento las cosechas, que lográndose dos, en el discurso de diez años, se tiene por buen tiempo, se les considera por jornal en los más el producto de 8, 6, y 4 cuarteras de trigo anuales respectivas a primera, segunda y tercera calidad de las tierras, y a algunos más; siendo así que avida proporción a lo incierto; y por lo regula de las cosechas, no llega de mucho años con otros a la mitad su producto<sup>10</sup>.

Pero la información no recoge de manera sistemática ninguna de las dos variables fundamentales como son las precipitaciones y la temperatura. En cambio, en 1840, Marià Olivés, erudito local de Lleida, escribe su

<sup>10</sup> Registro 881, folio 756 r, Archivo de la Paeria de Lleida; una cuartera equivale a 73,36 litros y un jornal de Lleida a 0,44 ha.

*Historia de Lérida*<sup>11</sup>, en la que incorpora referencias claras sobre la climatología de Lleida y reproduce para el período 1830-1839 el resultado de su medición de temperaturas en grados Reaumur. Olivés efectuaba cuatro mediciones diarias: al salir el sol, al mediodía, al ponerse el sol y a las diez de la noche. El cuadro que presenta con las temperaturas mensuales recoge sólo las mínimas y máximas absolutas mensuales para cada uno de estos momentos del día. Los valores máximos y mínimos mensuales se reproducen en el apéndice 1 y se representan en el gráfico 12.2 en grados centígrados.

Gráfico 12.2

MÁXIMAS Y MÍNIMAS ABSOLUTAS MENSUALES EN LLEIDA  
1830-1839

Fuente: M. Olivés (1840), *op. cit.*

Sin duda el gráfico muestra de forma razonable la estacionalidad de las temperaturas y la diferencia entre la temperatura máxima y la mínima mensuales.

En todo caso sorprende que en los datos originales no se llega en ningún mes del período estudiado a temperaturas inferiores a cero grados, aspecto que resulta poco creíble a partir de los datos de nuestra centuria. Esta anomalía ha sido puesta de manifiesto por Font quien observa difi-

<sup>11</sup> OLIVÉS, M. (1840), *Historia de Lérida*, ms. 036, caja 117, legado Pleyán de Porta, Lleida: Archivo del Institut d'Estudis Ilerdencs.

cultades técnicas existentes en los sistemas de medición termométrica en estos años del siglo XIX para detectar las mínimas absolutas<sup>12</sup>.

Para contrastar estos datos con los actuales haremos el promedio mensual de la mínima y la máxima absolutas para el período 1830-1839 y 1939-1980<sup>13</sup>.

Cuadro 12.2

DATOS CLIMATOLÓGICOS DE LLEIDA

1830-1839													
Annual	E	F	M	A	MY	J	JL	A	S	O	N	D	
(1)	25,9	13,3	17,6	22,1	25,3	30,4	34,5	37,0	36,6	32,0	25,8	20,6	15,8
(2)	7,2	1,5	1,6	3,4	4,5	8,5	13,3	16,4	15,8	12,6	5,9	1,9	0,6
(3)	16,5	7,4	9,6	12,8	14,9	19,4	23,9	26,7	26,2	22,3	15,8	11,3	8,2
1939-1980													
(1)	20,6	9,3	13,0	17,0	20,3	24,2	28,1	31,8	31,1	27,5	21,3	14,1	9,3
(2)	8,9	1,2	2,0	4,7	7,4	10,8	14,8	17,6	17,5	15,0	9,8	4,5	1,8
(3)	14,7	5,3	7,5	10,8	13,8	17,5	21,4	24,7	24,3	21,3	15,5	9,3	5,5
(4)	515	38,0	27,0	37,0	50,0	55,0	56,0	26,0	35,0	51,0	55,0	48,0	37,0
(5)	298	15,0	19,0	22,0	31,0	35,0	36,0	10,0	23,0	34,0	29,0	19,0	25,0

- (1): temperaturas medias de las máximas (°C).
- (2): temperaturas medias de las mínimas (°C).
- (3): temperaturas medias de las medias (°C).
- (4): pluviometría media mensual (mm) al 25% de probabilidad (año bueno de cada cuatro años).
- (5): pluviometría media mensual (mm) al 50% de probabilidad (uno de cada dos años).

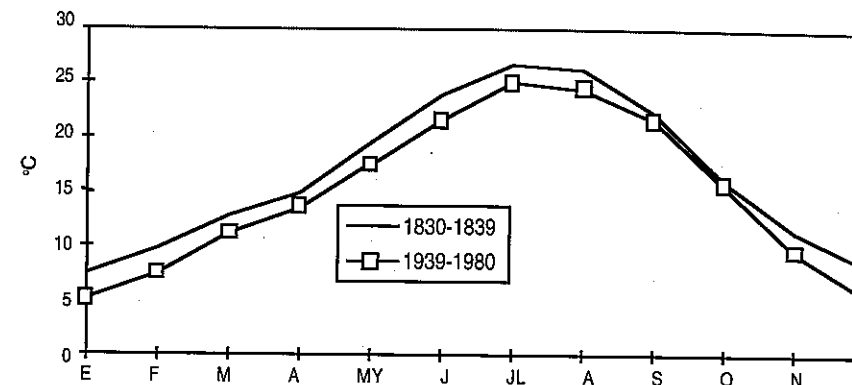
Parece, sin lugar a dudas, que los datos de Olivés reflejan muy fielmente la misma tendencia que las temperaturas de la centuria actual (0,9921 es la correlación lineal entre las dos series). Pero los valores absolutos son muy diferentes: en torno a dos grados o incluso más en la mayoría de los meses. Comparando estos datos del período 1830-1839 con los del siglo XX, resultaría por una parte que estos últimos registros habrían experimentado una significativa reducción que, fundamentalmente, obedecería a unas máximas mensuales más elevadas en aquella década del ochocien-

<sup>12</sup> «Posiblemente las temperaturas mínimas reales fueron más bajas de las indicadas en estos partes, [...] lo que demuestra que en esa época todavía no se había normalizado la medida de las temperaturas extremas» (p. 109). FONT, I. (1988); *Historia del clima de España. Cambios climáticos y sus causas*, Madrid: Instituto Nacional de Meteorología.

<sup>13</sup> DE LEÓN, A., A. ARRIBA y M. C. DE LA PLAZA (1989), *op. cit.*

Gráfico 12.3

MEDIAS MENSUALES DE LAS MEDIAS EN LLEIDA



Fuente: INM para 1939-1980.

tos. Pero si observamos las mínimas y las máximas mensuales, nos damos cuenta de que son más cálidas en verano y más frías en invierno en el período 1830-1839. Font<sup>14</sup> define el clima del siglo XIX como más voluble que el del XVIII, con sucesión de fases frías y cálidas. Pero «el año 1829 marcó el cambio brusco hacia una nueva fase marcada por la frecuencia de intensas olas de frío invernales y de fuertes olas de calor estivales».

Los contemporáneos de Lleida captaban cambios climáticos que no siempre sabían interpretar adecuadamente. Por ejemplo, Olivés observa que

[...] si bien antes del siglo actual se experimentaban a últimos de setiembre lluvias de sementera, cual acaheció en dicho año 1831, y a primeros de octubre teníamos ya baja la niebla, y poco elevado el termómetro, debe saberse, que antes del siglo actual los calores en setiembre no eran tan rigurosos como lo fueron en dicho mes y año, en que del trigo que se sembró a primeros del mencionado mes murió mucho del cuch producida según dicen los labradores por la humedad y demasiado calor, esto no se experimentaba cuando las estaciones venían a su debido tiempo (folio 111v).

Olivés insiste en diversos párrafos o notas críticas de su estudio sobre Lleida acerca de los cambios en la llegada de las estaciones en las últimas décadas o respecto al siglo anterior<sup>15</sup>.

<sup>14</sup> FONT, I. (1988), *op. cit.*, p. 108.

<sup>15</sup> «La primavera en Lérida si bien en alguna de las mañanas de abril se ve el termómetro marcar los cuatro grados sobre cero, es hermosa y antes era muy temprana en sentirse, de modo que a últimos de abril o principios de mayo ya había cerezas sazonadas que los del país llamamos del ascensión; pero de unos veinte años a esta parte se observa vienen algo más tarde, y la época de la siega del trigo regularmente no se verifica antes del diez de junio, y un poco más tarde la de los habones, pero algo más

Los resultados obtenidos nos permiten efectuar dos conclusiones: en primer lugar, la coherencia en la tendencia de los datos de 1830-1839; y, en segundo lugar, se ha de considerar el período 1830-1839 como parte de una etapa de temperaturas más extremas.

## 2. Los suelos

Los suelos del término municipal (TM) de Lleida se han desarrollado sobre la cubierta de materiales cuaternarios aportados por el Noguera Ribagorzana y el Segre en sus terrazas, y en menor extensión por los efímeros ríos orientales, en los materiales terciarios subyacentes a los mismos que la erosión ha expuesto (lutitas y areniscas), así como en los coluviones de origen local formados a partir de la mezcla de todos los materiales anteriores.

La distribución de materiales (depósitos fluviales con gravas y más arenosos, lutitas de grano fino y con una cierta cantidad de sales, areniscas poco consolidadas, aluvión, coluviones finos o con mezclas de elementos gruesos) a que la génesis del paisaje ha dado lugar junto a la edad de las formas explican muchas de las características de los suelos del TM de Lleida. Las condiciones climáticas, pretéritas y actuales, no han generado unas condiciones de lavado suficientes como para eliminar las sales (en el significado edafológico del término) del perfil ni mucho menos los carbonatos.

La intervención del hombre ha alterado profundamente muchas de las características de los suelos, especialmente en la última centuria, pero ello no parece que sea suficiente para invalidar un juicio sobre las condiciones y distribución de los suelos de la huerta de Lleida en el período considerado basándonos en los datos que su estudio actual ha reportado a través del Inventario de Suelos de Cataluña<sup>16</sup>.

pronto la de la cebada» (folio 92v). «Las primeras escarchas regularmente producen lluvias generales que conocemos con el nombre de *sementé*; y como de unos treinta años a esta parte se experimenta que las escarchas no empiezan hasta fines de noviembre, cuandonantes velan a primeros de octubre, esto y ver que los gorriones y otros animales están aún criando a últimos de agosto y que la primavera al presente es más fresca que no antes, como que he oído decir a muchos ancianos que antes del siglo actual hacía tal calor a primeros de junio que no eran pocos los sugetos que estando segando en los campos de Lérida y sus inmediaciones quedaban sofocados por la fuerza del calor lo que hace presumir que las estaciones del año se han atrasado, y así lo confiesan todos» (folio 95 v).

<sup>16</sup> ANTÚNEZ, M., F. DOMINGO, J. F. GARCÍA RUIZ, J. BOIXADERA y C. HERRERO (1995), *Cartografía detallada (E. 1:25.000) dels sòls de l'àrea regada pel canal de Pinyana (El Segrià-Depressió Central Catalana)*, Lleida: SARNT-Servei d'Agricultura. DARP, Generalitat de Catalunya, 287 pp. ASCASO, E. y J. MARGARIT (1997), *Mapa de sòls detallat (E. 1:25.000) de les terrasses baixes del Segre i Noguera Ribagorçana*, Lleida: SARNT-Servei d'Agricultura. DARP, Generalitat de Catalunya. MARTÍNEZ CASANOVAS, J. A., M. ANTÚNEZ y J. ROCA (1992), *Mapa de sòls detallat (E. 1:25.000) i avaluació per a reg de l'àrea regable del canal de les Baixes Garrigues (El Segrià)*, Lleida: Regs de Catalunya S.A. HERRERO, C., J. BOIXADERA y R. DANÉS (1991), *Mapa de sòls detallat (E. 1:25.000) de l'àrea regable dels canals d'Urgell (zona sud)*, Lleida: Servei d'Agricultura. DARP, Generalitat de Catalunya. GARCÍA, J. F., C. HERRERO y J. BOIXADERA (1995), *Informació de base per al Pla General de Lleida 1995-2015: Aptitud per a l'ús agrícola i riscs de degradació dels sòls del TM de Lleida*, Lleida.

A grandes rasgos el TM de Lleida se podría describir como una serie de superficies llanas —las terrazas fluviales del Segre-Noguera Ribagorzana— situadas cada vez a mayor altura. Dichas superficies enlazan entre sí bien a través de glacis y de laderas de enlace más o menos regulares y con cubierta detrítica o bien dicho enlace no llega a existir por haberse generado depresiones de contacto<sup>17</sup> como es el caso del límite con el Urgell, bien porque el sustrato terciario ha presentado una resistencia local a la erosión que ha dado lugar a un paisaje ondulado sobre areniscas y lutitas.

Los suelos de las terrazas y restos de abanicos aluviales están —en la práctica— libres de sales, si bien algunas de las terrazas bajas pueden presentar problemas de drenaje. Las terrazas intermedias son las que presentan los suelos más profundos, mientras las terrazas bajas con frecuencia tienen las gravas muy cerca de la superficie o son muy arenosas, y en las altas (p. e., La Cerdera) el suelo es muy poco profundo con un horizonte petrocálcico (costra caliza) a muy poca profundidad. La morfología plana de las terrazas las hace especialmente adecuadas para el riego a manta tradicional, ya que los movimientos de tierra necesarios son mínimos y fáciles de ejecutar, al tiempo que el drenaje del exceso de agua es relativamente fácil.

Cuando los suelos se han desarrollado sobre las lutitas o sobre sus coluviones, las propiedades del suelo difieren grandemente con relación a los de las terrazas. La morfología de las superficies es más irregular, lo que obliga cuando se riega a realizar movimientos de tierra que por la naturaleza de los materiales (p. e., areniscas) son más difíciles de ejecutar. La presencia de sales en los suelos y lutitas subyacentes, así como la existencia de fondos y depresiones donde el agua y las sales se concentran de manera natural, obligan a ejecutar obras de drenaje, costosas de llevar a cabo y que obligan a un mantenimiento so pena del colapso del sistema y el encharcamiento y salinización de estas áreas.

En el cuadro 12.3 se comparan las características más destacadas de los suelos actuales basándose en el Inventario de suelos de Cataluña con la categoría que asigna Blàvia<sup>18</sup> a finales del siglo pasado y el precio de las tierras facilitado por Bergós<sup>19</sup> a finales de los años veinte de este siglo. No resulta sorprendente una muy buena correspondencia entre ambos tipos de clasificaciones (categoría y precio) y es claramente visible cómo las tierras consideradas mejores están libres de sales, se hallan en terrazas cerca del río, están relativamente bien drenadas y con buena retención de agua; en el otro extremo figuran los suelos situados en formas del paisaje más irregulares, con problemas de drenaje, etc.

<sup>17</sup> PEÑA MONNE, J. L. y C. SANCHO MARIEN (1988), «Correlación y evolución cuaternaria del sistema fluvial Segre-Cinca en su curso bajo (provincia de Lleida y Huesca)», en *Cuaternario y Geomorfología*, 2(1-4), pp. 77-83.

<sup>18</sup> BLÀVIA, A. (1889), «Colonización de la huerta de esta ciudad y medios más convenientes para mejorar la producción de su suelo», en SOCIEDAD ECONÓMICA DE AMIGOS DEL PAÍS DE LÉRIDA (1889), *Solemne sesión celebrada el 12 de mayo de 1889 y memorias agraciadas en dicho acto*, Lleida: Imprenta de José Pla y Pagés, pp. 49-122.

<sup>19</sup> BERGÓS, A. (1928), *op. cit.*

CARACTERÍSTICAS MÁS DESTACADAS DE LAS DIFERENTES PARTIDAS DEL TM DE LLEIDA SOBRE LA BASE DEL INVENTARIO DE SUELOS DE CATALUÑA, CATEGORÍA DE CADA PARTIDA SEGÚN BLÀVIA (1889) Y PRECIO DE LOS MISMOS SEGÚN BERGÓS (1928)

Partida	Características más destacadas de los suelos	Categoría (Blàvia, 1889)	Precio (ptal/jornal de 0,44 ha) (Bergós, 1928)	Observaciones
Partida de les Canals	Partida de suelos muy variados. Desde suelos con gravas poco profundos a suelos sobre lutitas también poco profundos a suelos profundos y bien drenados de textura media.		3.000	
Copa d'Or	Suelos profundos con algunos ligeros problemas de drenaje. No salinos.	Buena calidad	6.000	
Rufea	Terrazas bajas y llanuras de inundación. Suelos profundos con algunos problemas de drenaje. No salinos.	Regular	2.000	
Butsenit	Similares a Rufea, pero mejor drenados.	Problemas de drenaje en parte.		
Malgovern	Suelos muy variados desarrollados sobre lutitas. De someros a profundos. Frecuentemente afectados por salinidad.	Problemas de drenaje. Tercera clase	1.000	
Mariola	Suelos profundos, bien drenados de textura media. Sin salinidad.	Regular	2.000	

Cuadro 12.3

Cuadro 12.3 (continuación)

Empresseguera	Suelos de poco profundos a muy profundos desarrollados sobre lutitas y areniscas. Algunos problemas de salinidad.	Regular		
Vallcalent	Suelos profundos con algunos problemas de drenaje. Cierta afección por salinidad.	Regular	1.500	
Fontanet lo Curt	Suelos profundos, sin problemas de drenaje ni salinidad, desarrollados sobre sedimentos fluviales.		2.000-2.500	
Alpicat (2)	Suelos de muy profundos a profundos, bien drenados. Sin elementos gruesos. Algún problema de salinidad.	Regular	1.000	
Balafai/Alpicat (1)	Edificado	Regular	2.000	
Granyena	Suelos con problemas de drenaje en el llano de inundación. De superficiales a muy profundos. No salinos. Franco-arenosa.	Buena calidad (en parte). Regular (en parte).	2.000-2.500	
Marimunt	Suelos de someros a muy profundos sobre detríticos finos. Con algún problema de salinidad. Bien drenados	Regular	1.000-1.750	
Quatre Pilans	Ídem Pla de la Vilanoveta	Tercera clase		
Grealó	Suelos de someros a muy profundos, bien drenados. Desarrollados sobre lutitas y detríticos finos. Algunos problemas de salinidad.	Tercera clase		

CARACTERÍSTICAS MÁS DESTACADAS DE LAS DIFERENTES PARTIDAS DEL TM DE LLEIDA SOBRE LA BASE DEL INVENTARIO DE SUELOS DE CATALUÑA, CATEGORÍA DE CADA PARTIDA SEGÚN BLÀVIA (1889) Y PRECIO DE LOS MISMOS SEGÚN BERGÓS (1928)

Partida	Características más destacadas de los suelos	Categoría (Blàvia, 1889)	Precio (ptafornal de 0,44 ha) (Bergós, 1928)	Observaciones
Fontanet	Suelos desarrollados sobre aluviones del río. De moderadamente bien drenados a imperfectamente drenados. Textura moderadamente gruesa y mediana. No salinos.	Buena calidad en parte. Regular (en parte).	4.000-5.000	
Pla del Bisbe	Suelos muy profundos, bien drenados, no salinos y de textura media.		3.000	
San Ruf	Suelos de moderadamente profundos a muy profundos, bien drenados. Textura media o moderadamente fina. Sobre las terrazas del río. No salinos.	Regular	3.000	
Llivia	Suelos moderadamente profundos, bien drenados. Con ligeros problemas de salinidad. Textura media. Sobre detriticos finos.	Tercera clase	1.500	Problemas drenaje (Blàvia, 1889).
Campana	Similar a Grealó.	Tercera clase		

Cuadro 12.3 (continuación)

Serrallonga	Suelos desarrollados sobre lutitas y detriticos terrigenos finos. De moderadamente profundos a muy profundos. Afectados por salinidad. Bien drenados. Textura media.		1.750	
Montcada	Ídem Serrallonga.	Regular	2.000	
Boixadors	Suelos superficiales y muy profundos. Bien drenados. Parte de ellos afectados, por salinidad.	Regular	2.000-2.250	
Canet	Suelos moderadamente profundos y muy profundos. De textura media. Algunos de ellos afectados por salinidad. Bien drenados.	Tercera clase (en parte).	1.250	
Pla de les Torres de Sanuy	Suelos muy profundos y moderadamente profundos. Bien drenados. Algunos afectados por salinidad. Textura media.		1.250	
Cerdera	Suelos moderadamente profundos. No salinos.		750 (250)	

Nota: Para las partidas de Vinatosa, Astó, Moradilla, Pla del Sastre, Fons dels Magraners, Sot de Fontanet, Coma Juncosa, Plana Gensana, Caparella, Pla del Batlle, Sant Just, Falda de Gardeny, Pla de Monsó, Pardiñyes Altes, La Cort, Pla de la Vilanova, Torre dels Freres, La Femosa, Pla de Lleida, Campredó, Cunillas, Peixasommes, Pla de Raimar, Lengua Enjuta, Perera, Fita Blanca, Suquets, Miracle, Pla de Sucs, Sucs, Suquets Baix, Aurat, ni Bergós ni Blàvia ofrecen datos.

Cuadro 12.3 (continuación)

Aun cuando el método tiene cierta subjetividad —¿cuáles eran los límites de partidas que usaron los autores antes citados?— ello no resta validez general a la comparación. Otra tendencia —explicable— que se apunta es la distancia a la ciudad.

Muchas partidas ni son mencionadas por Blàvia o Bergós, eran de secano; ello sólo pone de relieve la importancia de estos regadíos.

Si se repasa la lista de partidas que Blàvia considera necesitadas de drenaje, coincide a grandes rasgos con estas áreas antes descritas; habría que añadir a las mismas las terrazas bajas por lo que al drenaje se refiere.

Los sistemas de riego existentes hasta una época relativamente reciente (años sesenta) en que el desarrollo del hormigón ha cambiado muchas cosas, debían caracterizarse forzosamente por sistemas altamente ineficientes, con grandes pérdidas de agua que en caso de no drenarse (*clamors*) debían provocar graves problemas, incluyendo los sanitarios.

Aun cuando en relación al paisaje hay diferencias de escala notables con el caso de los Canales de Urgell descrito por Zulueta<sup>20</sup>, existen zonas en el área regada por dichos canales, como Pedris, Barretpicat, etc., en todo similares a otras del TM de Lleida, y cabe pensar por tanto que la problemática fue similar.

La insistencia en usar las aguas de drenaje de los canales de Urgell<sup>21</sup> debe interpretarse como una falta endémica de caudales para riego e indicaría la dificultad de regar muchas áreas, especialmente las más alejadas del río, en ciertas épocas, especialmente en verano.

### 3. La producción agraria

El referente histórico fundamental anterior a la época que nos ocupa es el siglo XVIII. En esta época de crecimiento agrario, la distribución de cultivos experimenta cambios fundamentales: aunque la producción de cereales —especialmente trigo de primera calidad (*xeixa*) y, en una proporción mucho menor, cebada— es fundamental en la huerta de Lleida, ésta se traslada a los términos despoblados de propiedad feudal que experimentan

<sup>20</sup> ZULUETA GOMIS, J., *Canales de riego*. Manuales-Soler XXXIX, Barcelona: Sucesores de Manuel Soler.

<sup>21</sup> «De pocos años a esta parte los agricultores de la fértil y famosa vega de Fontanet se quejan de que sus tierras, a pesar de los abonos, pierden su potencia productora, enfermando con frecuencia los que beben las aguas del riego. Débese esto indudablemente a la mezcla de las aguas del reguè de les sogues o salat con las de la acequia de Fontanet. Ya en una ocasión la junta de Cequiage obligó a la Compañía del Canal de Urgel a desviar la dirección del reguè para que la mezcla de las aguas no se efectuara. Esto sería lo más conveniente, pero como la presa del agua de Vilanova de la Barca se obstruye fácilmente y el agua del Segre no entra por la mina, o entra en muy poca cantidad, de aquí que los mismos propietarios de Fontanet prefieran, antes de quedar sin agua, regar con la del desaguè del canal o reguè de les sogues», BLÀVIA, A. (1889), *op. cit.*, p. 58.

una colonización agraria en la segunda mitad del setecientos —fundamentalmente en la producción de trigo de secano». En el término histórico de Lleida se desarrollan, también, los cultivos de leguminosas y los de huerta, así como el cultivo de la vid y del olivo<sup>22</sup>. En resumen, en la huerta de Lleida se desarrolla un modelo —que podríamos caracterizar de tradicional— en el que la trilogía mediterránea se complementa con cultivos de huerta y leguminosas para un mercado en crecimiento. Un modelo similar será el que se impondrá también con la construcción del Canal de Urgell. El desarrollo del regadío no tiene por objetivo una especialización en productos de huerta sino que se trata de garantizar fundamentalmente la regularidad en las cosechas<sup>23</sup>.

Refiriéndonos al siglo XIX, podemos establecer algunas líneas básicas sobre la distribución de los cultivos. En 1858 —cuando el canal de Urgell aún no regaba las tierras del término de Lleida— el valor de la producción agraria mostraba el siguiente perfil: el trigo, el aceite de oliva en una proporción muy similar y, en menor grado, la vid generaban la mayor parte de la riqueza del término. Las producciones de judías y frutas —junto a otros— completaban el valor de la producción. Sin duda, los datos son muy limitados por lo que respecta a los cultivos típicos de las huertas regadas. (ver gráfico 12.4).

La Junta Consultiva Agronómica caracteriza los sistemas de rotación de cultivos de la huerta de Lleida en 1915 en los siguientes términos:

En regadío son muy variadas las alternativas que se explotan, ocupando mayor extensión las siguientes: Alternativa adoptada en la huerta de Lèrida {alternativa 1}: Primer año, hortaliza (pimiento o tomate); segundo, trigo; tercero, habas; cuarto, trigo y judías o maíz. En las tierras más fértiles y abonadas, cultivan {alternativa 2} de hortalizas dos años seguidos, sucediéndose las demás plantas de la alternativa anterior en el orden indicado, ocupando entre ambas alternativas una extensión de 3.000 hectáreas<sup>24</sup>.

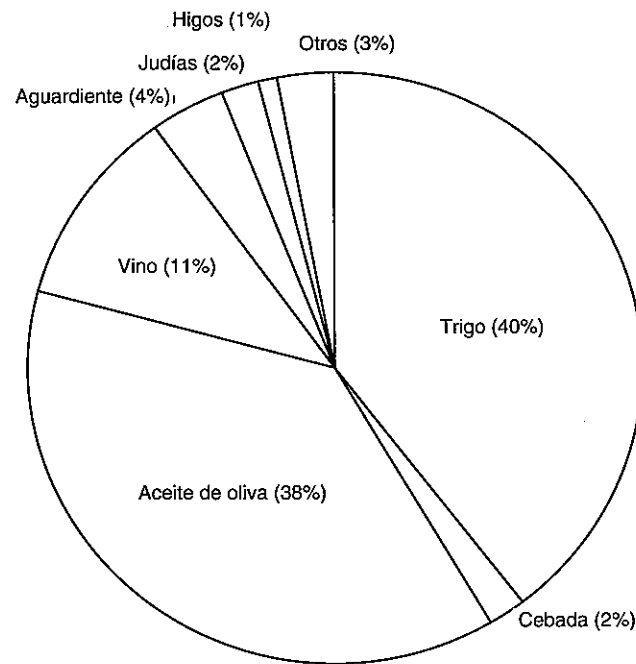
<sup>22</sup> VICEDO RIUS, E. (1991), *Les terres de Lleida i el desenvolupament català del set-cents*. Producció, propietat i renda, Barcelona: Crítica.

<sup>23</sup> «Debiendo fijarse, a tenor de lo prevenido en el artículo 5.º del convenio de Madrid, la cantidad de tierra que, dentro de los cinco mil jornaleros reservados a prados y huertos, puedan aplicar los propietarios, al cultivo de éstos, para el consumo propio de sus familias, se ha creído ser bastante interpretando el verdadero sentido de dicho artículo, que es favorecer las clases menos acomodadas, media porca para los propietarios que, cualquiera que sea la cantidad de tierra que tengan regable, no pase de diez jornales; una porca a los que desde diez no lleguen a veinte; una porca y media a los que desde veinte no lleguen a sesenta; dos porcas a los que desde sesenta no lleguen a trescientos; y tres porcas a los de trescientos arriba». *Canal de Urgel. Sindicato General de Riegos, circular de 20 de agosto de 1864*, caja 1618, Archivo de la Paeria de Lleida. Un jornal de 4.400 m<sup>2</sup> se subdivide en 12 porcas. De ahí la distribución de cultivos que caracteriza la zona regada por el Canal de Urgell. VICEDO RIUS, E. (1993), «Producció, intercanvis i transformacions socials a les terres de Lleida (XVIII-XIX)», en AA VV, *La Regió agrària de Lleida*, Lleida: Pagès Editors/ Universidad de Lleida, pp. 39-70.

<sup>24</sup> Ministerio de Fomento, *Avance estadístico de cereales y leguminosas, vid y olivo y aprovechamientos diversos derivados de estos cultivos*, Madrid, 1915.



## VALOR DE LA PRODUCCIÓN DE LLEIDA EN 1858



Fuente: Comisión Permanente de Estadística de la provincia de Lérida, registro 1619/1564, Archivo de la Paeria de Lleida.

Puede parecer elevada la superficie dedicada a cultivos de huerta. Un mínimo de 750 ha de hortícolas exigen no sólo agua sino también una intensiva fertilización. Desde la segunda mitad del siglo XVIII, todo un conjunto de términos despoblados que circundan la ciudad de Lleida experimenta un amplio proceso de colonización agraria, reduciendo las posibilidades para el mantenimiento de rebaños que proporcionan abonos. Desde la sexta década del siglo siguiente, el Canal de Urgell transformará zonas baldías en campos regados tanto en Urgell como en algún término incluido en el municipio de Lleida<sup>25</sup>. Dadas las bajas cantidades de estiér-

<sup>25</sup> Para el proceso de colonización del setecientos, VICEDO RIUS, E. (1991), *op. cit.* Sobre la superficie regada por el Canal de Urgell y los cultivos que se realizan en los años 1935 y 1943 en los términos de Vinatesa, Moredilla, Grealó y Torreriibera —todos ellos dentro del término municipal de Lleida— y en tierras del término estricto de Lleida, véase VICEDO RIUS, E. (1997), *Pagesos i hortolans. El desenvolupament de l'horta de Lleida abans de la fruita*, Lleida: Ajuntament, pp. 50-53. Para la segunda mitad del siglo XIX, se ha mostrado la baja disponibilidad de estiércol por ha cultivada en la

col y de materia orgánica disponible para realizar hormigueros en la zona, sólo tiene sentido la anterior rotación de cultivos, situándonos aún en el marco de una agricultura de base orgánica, si se produce una concentración de los abonos naturales en estas zonas más intensivas. Blàvia parece confirmar que esto ocurría en 1889<sup>26</sup>. Pero las informaciones paralelas de que disponemos permiten concluir que los cultivos de huerta experimentaban, en Lleida, un crecimiento muy significativo. El *Almanaque Leridano*, en su segunda edición, mostraba para 1898 una presencia de las verduras, frutas verdes y secas en la plaza de la Constitución, así como en la calle del Almodí Vell<sup>27</sup>. Treinta años más tarde, en 1928, *Vida Lleidatana* publicaba un artículo titulado «Les varietats hortícoles lleidatanes»<sup>28</sup> en el que se relacionaban las variedades producidas en Lleida y referidas a 33 producciones distintas. No cabe duda que la huerta de Lleida había avanzado en la producción de productos de huerta para una población urbana importante y tal vez de cara al gran mercado regional que es Barcelona<sup>29</sup>. La crisis de la filoxera en las tierras de Lleida no se produce hasta 1895. A partir de aquí la vid reduce su presencia drásticamente en el término de Lleida. En cambio no será hasta bien entrado el siglo XX que una serie de heladas destruirán los olivos que ya nunca más se replantarán<sup>30</sup>.

#### 4. Los riegos históricos de la huerta de Lleida

Las ordenanzas que regirán los riegos de Lleida, aprobadas en 1794, exponen en su capítulo CXLIII con toda claridad el carácter preferentemente

Cataluña occidental llana. SAGUER, E. y R. GARRABOU (1996), «Métodos de fertilización en la agricultura catalana durante la segunda mitad del siglo XIX. Una aproximación a los procesos físicos de reposición de la fertilidad agrícola», en R. GARRABOU y J. M. NAREDO (1996), *La fertilización en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica*, Madrid: Fundación Argentaria/ Visor Dis., pp. 89-126.

<sup>26</sup> «De modo que si se abonan anualmente con fiemos 400 hectáreas, 200 con hormigueros y 50 con letrinas y no nos quedamos cortos por ser cálculo hecho por persona muy práctica en estos asuntos, nos restarán más de 5.700 hectáreas anuales por abonar, cantidad enorme de tierra y que demuestra la insuficiencia de los abonos actuales. [...] Del guano y abonos minerales no hay para que hablar, pues nuestros labradores son bastante refractarios a innovaciones y no quieren ni siquiera ensayarlos. Así ha sucedido dos o tres veces que se ha intentado establecer aquí depósitos de las citadas materias». BLÀVIA, A. (1889), *op. cit.*, pp. 80-82.

<sup>27</sup> *Almanaque Leridano*, año II, *Guía indicador de la provincia de Lérida, 1898. Publicación de Sol y Benet*, Lérida: Imprenta y Librería de Sol y Benet, 1898.

<sup>28</sup> *Vida Lleidatana*, 57, p. 298.

<sup>29</sup> Los productos de regadío se exportaban a los siguientes puntos: «de aceites, para Tortosa, Barcelona, Niza y otros puntos franceses; de cereales, a Barcelona y Tarragona; de frutas, a Barcelona, a Marsella, París, Londres y América, y de plantas forrajeras a Francia; los demás productos atienden al consumo local». Ministerio de Agricultura, Industria, Comercio y Obras Públicas. Dirección General de Agricultura (1904), *El regadío en España. Resumen hecho por la Junta Consultiva Agronómica*, pp. 90-91. Desconocemos la parte de la producción que se destinaba a la exportación.

<sup>30</sup> Para valorar la importancia del olivar en el término de Lleida, cabe decir que la Sociedad Agrícola Práctica, creada en Lleida en la década de 1910, incorpora un único medio de producción: una prensa de aceite. VICEDO RIUS, E. (1997), *Pagesos i hortolans, op. cit.*, pp. 172-173.

agrícola de los usos de las acequias de Lleida. Ello, por supuesto, no es una novedad de fines de 1794 sino que constituye una herencia de la etapa andalusí, en la que se prefigura un sistema de gestión del agua de carácter regional —no local— dedicado fundamentalmente al riego de las tierras.

La Junta siempre que experimente necesidad del riego en cualquiera de dichas dos huertas con peligro conocido de perderse los frutos si no se les facilita, podrá quitar el agua de los molinos de harina, y los molineros en estos casos deberán suspender su curso bajo la pena de diez libras, pero la Junta deberá proceder en este asunto con prudente economía no privando de una vez el agua a todos los molinos para que no falte el abasto de arina, sino progresivamente socorriendo los campos por su orden. Y si los molineros no obedeciesen se les tomarán las anadillas, y además serán ejecutados por la predicha pena<sup>31</sup>.

La huerta de Lleida es una huerta frágil. Dos son las razones que fundamentan esta observación: en primer lugar, las frecuentes inundaciones comprometían las tierras regadas más próximas a los cursos de las aguas, y podían significar la ruptura de las presas. En segundo lugar, Lleida era un lugar estratégico y, demasiado a menudo, su huerta sufría las destrucciones que, inevitablemente, significa un conflicto bélico<sup>32</sup>.

Respecto a la primera cuestión son muy significativas las referencias encontradas en el Archivo Municipal de Lleida:

[Octubre, 19, 1866]

Lluvia que con muy cortos intervalos duró más de 53 horas y sobreviene crecida del Segre que va progresando desde las 2 de la tarde hasta las 9 de la mañana del 21, siendo la mayor que se presentó después de la extraordinaria de 1853 pues al entrar el agua en la plaza de Fernando invadió algunos corrales de aquel contorno; sufrieron mucho los huertos de la otra parte del río y del extremo derecho de la ciudad y tierras y torres situadas a bastante distancia viéronse igualmente invadidas por haber rebosado clamoros y alguna acequia<sup>33</sup>.

Por lo que se refiere al impacto de una crisis bélica podemos observar el alto grado de impago del cequiaje durante la crisis de la guerra de la

<sup>31</sup> Real Despacho de Ordenanzas dispuestas para el gobierno y administración de las acequias de la ciudad de Lérida, sus mondas, limpias, reparos, y otras obras que en ellas se necesiten, disposición de riegos, y recaudo e inversión de las cantidades con que deban contribuir los regantes, Lérida: Buenaventura Corominas, 1802.

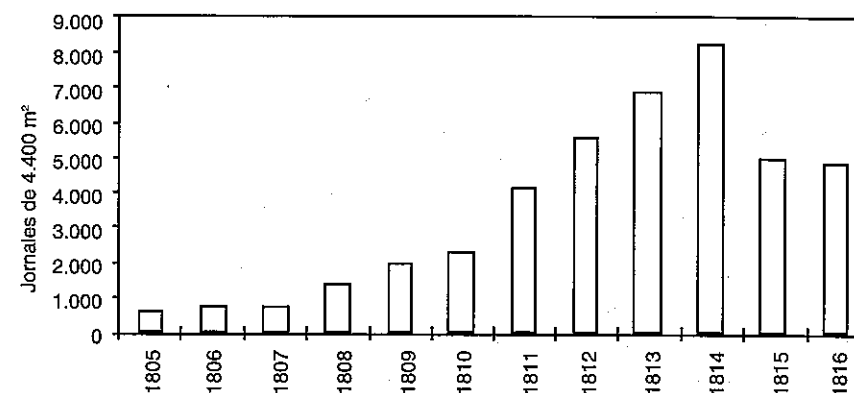
<sup>32</sup> Véase, VICEDO RIUS, E. (1997), *Pagesos i hortolans...*, op. cit.

<sup>33</sup> 1761-1866. Libro registro, s.n. Expedients del secretari, 1761-1866, Secretaría General, caja 1426, Archivo de la Paeria de Lleida. Los resultados del estudio de esta fuente se presentarán en un futuro trabajo. Un análisis sobre los riesgos meteorológicos en BARRIENDOS, M. y J. MARTÍN-VIDE (1997), «Los riesgos meteorológicos en Barcelona a través de los registros históricos (ss. XIV-XIX). Primeros resultados sobre su comportamiento climático plurisecular», en J. MARTÍN-VIDE (ed.), *Avances en climatología histórica en España*, Barcelona: Oikos-Tau, pp. 23-46.

Independencia. Sobre unos diez u once mil jornales de regadío se ha llegado a no pagar este cequiaje de ocho mil jornales en 1814<sup>34</sup>.

Gráfico 12.5

JUNTA DE CEQUIAJE DE LLEIDA.  
JORNAL DE TIERRA DE LOS QUE NO SE HA PAGADO  
EL CEQUIAJE (1805-1816)



Fuente: VICEDO RIUS, E. (1997), *Pagesos i hortolans...*, op. cit., p. 91.

Las publicaciones oficiales no se refieren a los caudales de agua que circulaban por las acequias que regaban el término de Lleida. El primer dato de que disponemos es la solicitud efectuada por la Junta de Cequiaje en 1914 para que se le otorgasen los caudales de 12.000 l/s (12 m<sup>3</sup>/s) para la acequia de Piñana y 10.000 (10 m<sup>3</sup>/s) para la de Fontanet<sup>35</sup>. Pero la inscripción definitiva no se produciría hasta 1962 por lo que se refiere a Piñana<sup>36</sup> (11.400 m<sup>3</sup>/s para riego de 13.495 ha y 0,300 m<sup>3</sup>/s para abastecimiento de Lleida) y a Fontanet en 1966 (1,8 m<sup>3</sup>/s)<sup>37</sup>. Por tanto, deberíamos considerar un caudal total máximo de 13,2 m<sup>3</sup>/s.

Antoni Bergós otorga los siguientes caudales a los diversos brazos de la acequia de Piñana a su entrada en la huerta de Lleida: acequia del Mig, 1.200 l/s; acequia Major, 3.000 l/s y acequia del Cap, 1800 l/s. En total son 6.000 l/s (6 m<sup>3</sup>/s) que regaban la huerta de Lleida mediante la acequia de Piñana<sup>38</sup>.

<sup>34</sup> VICEDO RIUS, E. (1997), *Pagesos i hortolans...*, op. cit.

<sup>35</sup> SOL, R. y C. TORRES (1974): op. cit., p. 335.

<sup>36</sup> *Ibidem*, p. 381.

<sup>37</sup> Información facilitada por la Junta de Cequiaje de Lleida.

<sup>38</sup> De hecho Bergós reproduce los datos incorporados en ROCAFORT, C., *Provincia de Lleyda*, volumen que forma parte de la *Geografía general de Catalunya*, dirigida por Francesc Carrears Candi y publicada en el Establiment Editorial de Albert Martín de Barcelona entre aproximadamente 1908 y 1918.

Las ordenanzas de riego establecían turnos de riego según los días de la semana. En todo caso, una determinada partida podía regar dos o más días a la semana. No había restricción en el uso del agua ni en el tipo de cultivo a realizar. La dureza de las condiciones climatológicas en verano en Lleida —temperaturas extremas y pluviosidades mínimas— y la reducción drástica de los caudales de los ríos que nutrían a las acequias de riego se traducían en un aumento de los controles por parte de la Junta de Cequiaje.

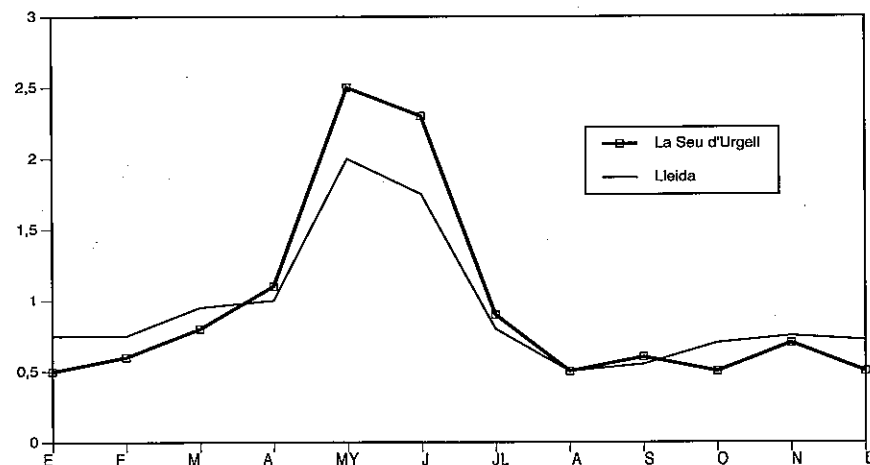
El capítulo CVIII de las ordenanzas de riego establecía medidas estrictas para racionalizar el uso de las aguas en las etapas de estiaje de los ríos y, por tanto, de las acequias.

Y por cuanto en muchas ocasiones de Verano y Estío se experimenta que aún esto no es suficiente para la participación general de los riegos, establecemos: Que la Junta en uso de su dirección económica, pueda nombra un Repartidor de aguas para dichas ocasiones, o mas si los halla convenientes, y en el Estío pueda también prohibir el riego de los rastrojos, o dar cualesquiera otras providencias para remedio de los frutos pendientes.

En todo caso no debe minusvalorarse el agua que podía circular por las acequias en los meses de verano. Aunque no disponemos de datos directos en este sentido, indirectamente el régimen del río Segre a su paso por Lleida (ver gráfico 12.6) nos da una primera aproximación y nos permite seguir las pautas de disponibilidad de agua en el sistema<sup>39</sup>.

Gráfico 12.6

COEFICIENTES DE CAUDAL DEL RÍO SEGRE (1912-1929)



Nota: Caudal (media anual = 1): 12,23 m<sup>3</sup>/s en la Seu d'Urgell y 90,38 m<sup>3</sup>/s en Lleida.

<sup>39</sup> SOLÉ SABARÍS, L. (dir.) (1958), *Geografía de Catalunya*, vol. 1, Barcelona: AEDOS.

## 5. Los rendimientos del trigo

No disponemos de rendimientos referentes a una explotación de la huerta de Lleida para ningún año del período estudiado. Estamos ante un tipo de agricultura basado en el trabajo del pequeño campesinado, el cual no anota en un cuaderno sus datos ya que seguramente no sabe escribir y, además, lo limitado de sus propiedades tampoco justifica esta contabilidad. Por otra parte, como veremos en este trabajo, las tierras de las diversas partidas no responden a un tipo de calidad estándar. A pesar de todas las matizaciones y reservas que debemos realizar, los datos de tipo general pueden permitir disponer de referencias no alejadas de la realidad.

En una coyuntura tan difícil como la de 1716, acabada la guerra de Sucesión y en plena implantación del nuevo sistema fiscal, la documentación relata que sobre nueve mil jornales (de 0,44 ha) de regadío, tres mil son de ínfima calidad. De los restantes seis mil, que se cultivan por el sistema de «año y vez», sólo doscientos serían de primera calidad<sup>40</sup>.

A fines del siglo XIX, en el partido judicial de Lleida, los rendimientos del trigo por hectárea se establecían en 1891 en 8 hl/ha en el sistema de «año y vez» de secano y 15 hl/ha en el regadío según la Junta Consultiva<sup>41</sup>. Estos rendimientos son parecidos a los que Melchor Marial<sup>42</sup>, ingeniero y diputado a Cortes, considera, en 1931, para calcular la ganancia de rendimientos al pasar una hectárea de trigo de secano a regadío. De 8,45 quintales métricos en secano a 15,97 en regadío significa una mejora de 7,33 quintales por hectárea.

José Zulueta destaca, a principios de siglo XX, el fracaso agronómico que significan los rendimientos de la tierra de la zona regada por el Canal de Urgell. El autor manifiesta que se esperaba un rendimiento de 12 cuarteras por jornal (19,65 hl/ha), pero en la —su— actualidad sólo se producen 15 hl/ha<sup>43</sup>.

A falta de datos más concretos<sup>44</sup>, utilizaremos en nuestros cálculos los rendimientos que proporciona el «Avance» de la Junta Consultiva Agronó-

<sup>40</sup> *Respuestas Generales de Lérida, 1716*, sección Catastro, Archivo Histórico de Lleida.

<sup>41</sup> Dirección General de Agricultura, Industria y Comercio (1891), *Avance estadístico sobre el cultivo cereal y de leguminosas asociadas en España, formado por la Junta Consultiva Agronómica, 1890. Quinquenio de 1886 a 1890, ambos inclusive*, tomo II. Madrid, Tipolitografía de L. Péant e Hijos. Para los rendimientos catalanes, véase GARRABOU, R., P. PASCUAL, J. PUJOL y E. SAGUER (1995), «Potencialidad productiva y rendimientos cerealícolas en la agricultura catalana contemporánea (1820-1935)», en *Noticiario de Historia Agraria*, 10, pp. 89-130.

<sup>42</sup> Melchor MARIAL MUNDET (1931), *Confederaciones hidrográficas. Proyecto de reorganización de las confederaciones hidrográficas y estudio de un plan económico-social aplicado a la Confederación Hidrográfica del Ebro, realizable en veinte años*, Madrid: Imprenta ARGIS.

<sup>43</sup> ZULUETA GOMIS, J., *op. cit.*, p. 91. Los rendimientos para la zona del Canal de Urgell (1902-1913) para principios de nuestra centuria se reproducen en VICEDO RIUS, E. (1993), «Producció...», *op. cit.*

<sup>44</sup> Para 1937 disponemos de los datos de los socios del Sindicat Agrícola Cooperatiu de Lleida que manifiestan individualmente toda una serie de informaciones en kilogramos: cosecha, para su con-

mica para 1891<sup>45</sup>. Sin duda, la utilización de fertilizantes químicos significa mayores rendimientos. En todo caso, pensamos que la utilización de fertilizantes químicos en la huerta de Lleida por parte de campesinos no acomodados había de esperar hasta 1912 con la creación de la Sociedad Agrícola Práctica. La guerra frenaría radicalmente este proceso. Nuestro trabajo se sitúa, por tanto, en las épocas en que la fertilización era, fundamentalmente, de base orgánica.

## 6. Usos del agua

Con el fin de llegar a una aproximación sobre el uso del agua en la huerta de Lleida, hemos tenido que recurrir a cálculos indirectos, dada la ausencia de datos concretos sobre el consumo de agua de riego.

En primer lugar, hemos realizado una estimación de las necesidades máximas de agua de los cultivos típicos de las rotaciones realizadas (cuadro 12.4). Estas estimaciones se basan en las variedades de cultivos utilizadas actualmente. Teniendo en cuenta los cambios habidos en la base genética de estos cultivos, tales estimaciones pueden ser una posible fuente de error.

Cuadro 12.4

### NECESIDAD DE AGUA DE LOS CULTIVOS (ET cultivo en mm/mes)\*

	Anual	E	F	M	A	MY	J	JL	A	S	O	N	D
Trigo	497	25	36	89	109	98	14			20	50	29	27
Matz	757				20	112	182	186	148	84	25		
Pimiento	373				20	140	165	48					
Tomate	503				30	126	198	149					
Habas tiernas	134	34	49									24	27

\* Se toman como base las temperaturas del período 1830-1839.

sumo, para la siembra y para entregar al sindicato. Para el trigo, si dividimos el total de kg producidos (1.171.942) por los kg que manifiestan que han de guardar para la siembra siguiente (220.033), resulta un rendimiento de 5,3 por 1. Sin duda podríamos representar un histograma para visualizar la frecuencia de cada nivel de rendimiento. El carácter de esta fuente, en la que los socios manifiestan lo que entregan al sindicato, además de que no excluye producciones que puedan darse en el secano, permite sin duda considerar que este rendimiento debería modificarse al alza. *Sindicat Agrícola Cooperatiu. Relació dels socis que han declarat a aquest Sindicat la seva collita de Cereals*, 6 de octubre de 1937, carpeta 60, Archivo Histórico Nacional, sección Guerra Civil, Salamanca.

<sup>45</sup> Para transformar los hl/ha a kg/ha consideramos que un litro de trigo pesa 0,78 kg. Los 8 hl/ha en secano y 15 hl/ha en regadío se transforman en 624 y 1.170 kg/ha, respectivamente.

Hemos evaluado la eficiencia en el uso del agua del trigo considerando que la producción en secano en años medios es de 624 kg/ha y que el agua que consume el trigo en esos años es de 298 mm (evapotranspiración estimada considerando las temperaturas del período 1830-1839, y las precipitaciones actuales presentadas en el cuadro 12.2). La eficiencia resultante es de 0,21 kg grano/m<sup>3</sup> de agua, valor muy inferior a los que se obtienen actualmente (0,8-1 kg/m<sup>3</sup>, según Doorenbos y Kassam<sup>46</sup>).

Considerando que la diferencia de producción entre secano (624 kg/ha) y regadío (1.170 kg/ha)<sup>47</sup> se debe enteramente al agua de riego, y que la eficiencia del sistema de riego era de un 60%, resulta que se necesitaban 433 mm de agua de riego para el trigo.

Podemos suponer que estos 433 mm se repartían durante los meses de marzo a mayo proporcionalmente al coeficiente de caudal del río Segre en Lleida (gráfico 12.6). Así resultan unas cantidades mensuales de agua de riego de 108 mm en cada uno de los meses de marzo y abril, y de 216 mm en el mes de mayo. Por otro lado, si nos basamos en el gráfico 12.6, podemos estimar que en los meses de junio y julio todavía había agua suficiente para regar, y que las cantidades mensuales podían ser en junio similares a las del mes de mayo, y en julio algo menores que las de marzo y abril. En el cuadro 12.5 resumimos estas cantidades mensuales de riego.

Cuadro 12.5

### CANTIDADES MENSUALES ESTIMADAS DE AGUA DE RIEGO EN LA HUERTA DE LLEIDA

	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
mm/mes	108	108	216	216	100

<sup>46</sup> DOORENBOS, J. y A. H. KASSAM (1979), *Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos*, Estudios FAO Riego y Drenaje, 33, Roma: FAO. Una publicación de la Mancomunitat de Catalunya establecida que una buena cosecha de trigo necesita 2.964 m<sup>3</sup>/ha. Por hectárea una buena cosecha significa 9.880 kg de materia seca (2.280 kg el grano, 400 el cascabillo, 5.700 la paja y 1.500 los rastrojos y raíces). Dada la exigencia de 300 litros por kg, el consumo se cifra en los casi 3.000 m<sup>3</sup>. CAMPS, J., *Treballades i adobs*, Publicacions Divulgadores dels Serveis Tècnics d'Agricultura. Servei de Terra Campa. Mancomunitat de Catalunya. Barcelona: Catalana, pp. 5-6. Estos datos permiten calcular una eficiencia un poco menor pero del mismo orden de magnitud que la actual.

<sup>47</sup> Los rendimientos actuales del trigo son del orden de 800-2.500 kg/ha en el secano y de 2.000-7.500 kg/ha en el regadío. PORTA, J. y M. LÓPEZ-ACEVEDO (1983), *Ús del sòl*, en Porta, J., JULIA, R. et al., *Els sòls de Catalunya: I. Àrea Meridional de Lleida*, Barcelona: DARP, Generalitat de Catalunya, pp. 287-307.

Según estos volúmenes de riego, las necesidades de agua de los cultivos (cuadro 12.4), y las diversas hipótesis de pluviometría (cuadro 12.2), y siguiendo la metodología propuesta por Doorenbos y Kassam, hemos estimado los posibles problemas en la producción de los diferentes cultivos debidos al balance hídrico.

Los resultados sugieren que ningún cultivo de las dos rotaciones mencionadas por la Junta Consultiva Agronómica en 1915 tendría problemas de producción por falta de agua, excepto el maíz. Éste sólo llegaría a producir en regadío, en años buenos de lluvia, y en suelos con una alta capacidad de retención de agua para las plantas, debido a la falta de agua suficiente para cubrir sus necesidades en los meses de julio y agosto. Ésta puede ser la razón por la que sólo aparece, y de una forma secundaria, en una de las rotaciones, y asociado a las judías. Este policultivo tendría dos objetivos. Por un lado, las judías permitirían asegurar una cierta producción, ya que al acabar su ciclo en junio se evitarían posibles problemas de falta de agua en julio. Por otro lado, el maíz permitiría tener una segunda cosecha en los años de buenas lluvias.

El pimiento y el tomate podrían llegar a tener problemas en los meses finales de su ciclo, junio y julio, si no hubiese una correcta distribución del agua. Posiblemente las hectáreas dedicadas a su cultivo según el «Avance» de 1915 recibían una parte significativa de los riegos de verano que tan escrupulosamente distribuía la Junta de Cequiaje.

El trigo en regadío prácticamente no tiene limitaciones desde el punto de vista del agua. Las habas, por su parte, parecen un cultivo muy interesante porque sus necesidades de riego serían muy escasas, y desarrollan su ciclo en invierno, lo que permite complementar temporalmente los ciclos del pimiento y del tomate.

Los caudales necesarios para cubrir las necesidades de agua de la huerta de Lleida se han estimado suponiendo que las dos alternativas citadas por la Junta Consultiva Agronómica ocupaban 3.000 ha y que las restantes 2.260 ha se cultivaban de trigo<sup>48</sup>.

Estos resultados (cuadro 12.6), comparados con los caudales que circulaban por las acequias -6 m<sup>3</sup>/s en la acequia de Piñana a principios de siglo-, parecen indicar que el agua no era un problema para desarrollar una alternativa con más hortalizas como la aquí llamada «intensiva», excepto en el caso de posibles problemas con la gestión del agua en los meses de junio y julio. Este hecho tampoco sería de extrañar en una red de riego poco desarrollada tecnológicamente. Hemos visto con anterioridad que en la huerta de Fontanet se utilizaban las aguas de drenaje del Canal de Urgell. Éstas debían significar una cantidad importante de agua si con-

sideramos las dificultades que tenían los propietarios de este canal para organizar eficientemente el riego. Como se ve, la acequia de Fontanet también tenía problemas. Resulta significativo que las mejores tierras del cuadro 12.6 fuesen aquellas que estaban más cerca del río Segre, a las que no les faltaba el agua.

Cuadro 12.6

CANTIDADES MENSUALES (m<sup>3</sup>) NECESARIAS PARA LOS CULTIVOS DE LA HUERTA DE LÉRIDA

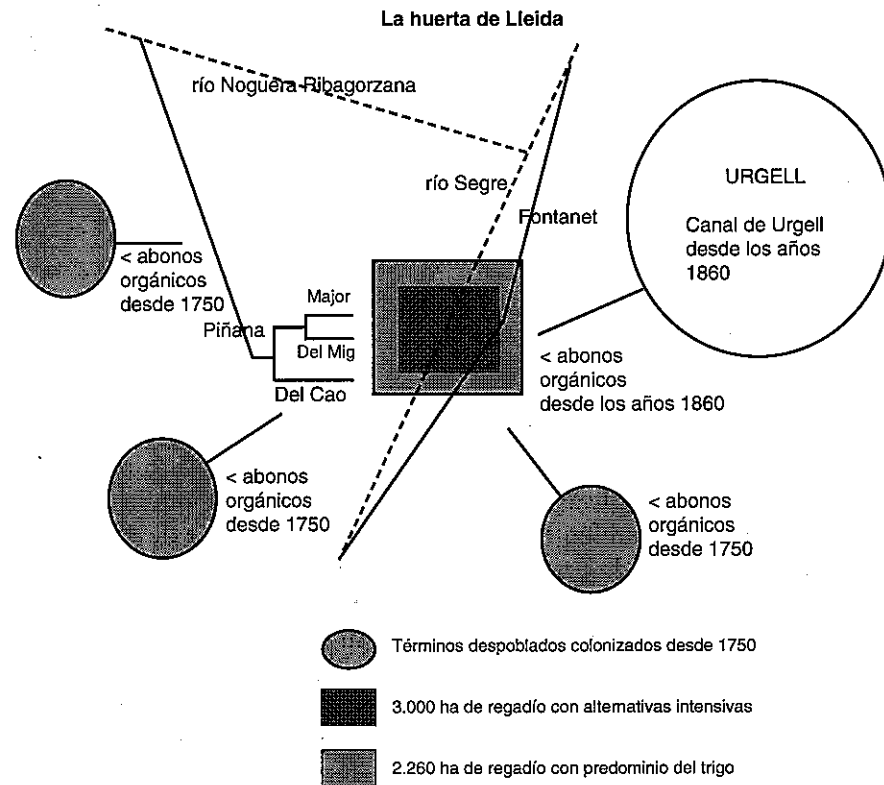
	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Alternativa 1	0,35	0,49	0,97	0,97	0,15
Alternativa 2	0,26	0,52	1,04	1,04	0,23
Trigo	0,98	0,98	1,96	-	-
Total	1,59	1,99	3,97	2,01	0,38

Las razones para explicar la no extensión de las rotaciones intensivas habrá que buscarlas también en otras limitaciones. Además de los problemas de los suelos de toda una serie de partidas de la huerta de Lleida, las altas necesidades en abonado de estas hortalizas unidas a las dificultades para su adecuada fertilización podían limitar su extensión. Blàvia, como ya se ha visto, mencionaba que apenas se estercolaban 400 ha de la huerta de Lleida, y no será, como mínimo, hasta la creación de la Sociedad Agrícola Práctica en la segunda década de nuestra centuria que puedan generalizarse en la huerta de Lleida los abonos químicos, comprados a precios asequibles gracias a dicha cooperativa.

<sup>48</sup> Según el libro de cequiaje de la huerta de Lleida de 1889, pagaban cequiaje 11.596 jornales. Además, 450 jornales estaban exentos. En total, 12.046 jornales regados (5.260 ha).

Apéndice 1

«Observaciones termométricas según el de Reamur sobre el máximo de frío y calor experimentado en la ciudad de Lérida en la hora de salir el sol, al medio día, al ponerse el sol y a las diez de la noche de cada uno de los meses y años que a continuación se espresa»\*.



Año	Mes	Minabs °R	Maxabs °R	Minabs °C	Maxabs °C
1830	1	2	6	3	8
1830	2	1	15	1	19
1830	3	4	19	5	24
1830	4	7	22	9	28
1830	5	8	24	10	30
1830	6	11	27	14	34
1830	7	14	29	18	36
1830	8	13	29	16	36
1830	9	10	25	13	31
1830	10	4	19	5	24
1830	11	1	16	1	20
1830	12	0	12	0	15
1831	1	1	12	1	15
1831	2	1	16	1	20
1831	3	6	18	8	23
1831	4	7	20	9	25
1831	5	8	25	10	31
1831	6	12	28	15	35
1831	7	12	30	15	38
1831	8	14	29	18	36
1831	9	9	25	11	31
1831	10	8	20	10	25
1831	11	1	17	1	21
1831	12	0	12	0	15
1832	1	0	9	0	11
1832	2	1	13	1	16
1832	3	1	18	1	23
1832	4	3	20	4	25
1832	5	5	25	6	31
1832	6	10	27	13	34
1832	7	15	31	19	39
1832	8	12	31	15	39
1832	9	12	27	15	34
1832	10	5	23	6	29
1832	11	1	18	1	23

\* Olivés, M. (1840), *op. cit.*

<i>Año</i>	<i>Mes</i>	<i>Minabs °R</i>	<i>Maxabs °R</i>	<i>Minabs °C</i>	<i>Maxabs °C</i>
1832	12	0	12	0	15
1833	1	3	11	4	14
1833	2	3	16	4	20
1833	3	0	17	0	21
1833	4	4	20	5	25
1833	5	8	26	10	33
1833	6	11	28	14	35
1833	7	14	28	18	35
1833	8	13	28	16	35
1833	9	9	25	11	31
1833	10	7	19	9	24
1833	11	2	15	3	19
1833	12	1	15	1	19
1834	1	2	14	3	18
1834	2	1	13	1	16
1834	3	1	19	1	24
1834	4	1	19	1	24
1834	5	10	26	13	33
1834	6	11	27	14	34
1834	7	12	30	15	38
1834	8	11	28	14	35
1834	9	12	26	15	33
1834	10	2	22	3	28
1834	11	2	16	3	20
1834	12	1	14	1	18
1835	1	0	12	0	15
1835	2	1	15	1	19
1835	3	3	17	4	21
1835	4	3	20	4	25
1835	5	7	23	9	29
1835	6	8	25	10	31
1835	7	13	31	16	39
1835	8	12	29	15	36
1835	9	11	26	14	33
1835	10	5	20	6	25
1835	11	0	18	0	23
1835	12	2	11	3	14
1836	1	1	10	1	13
1836	2	0	11	0	14
1836	3	5	18	6	23
1836	4	3	20	4	25
1836	5	4	22	5	28
1836	6	11	28	14	35
1836	7	13	29	16	36

<i>Año</i>	<i>Mes</i>	<i>Minabs °R</i>	<i>Maxabs °R</i>	<i>Minabs °C</i>	<i>Maxabs °C</i>
1836	8	13	28	16	35
1836	9	10	25	13	31
1836	10	3	22	4	28
1836	11	0	17	0	21
1836	12	0	12	0	15
1837	1	2	10	3	13
1837	2	3	13	4	16
1837	3	1	15	1	19
1837	4	2	22	3	28
1837	5	6	24	8	30
1837	6	12	28	15	35
1837	7	14	29	18	36
1837	8	14	29	18	36
1837	9	10	26	13	33
1837	10	3	22	4	28
1837	11	1	17	1	21
1837	12	0	12	0	15
1838	1	1	11	1	14
1838	2	1	14	1	18
1838	3	4	18	5	23
1838	4	2	19	3	24
1838	5	7	25	9	31
1838	6	9	29	11	36
1838	7	11	29	14	36
1838	8	11	31	14	39
1838	9	9	27	11	34
1838	10	6	19	8	24
1838	11	5	15	6	19
1838	12	1	13	1	16
1839	1	0	11	0	14
1839	2	1	15	1	19
1839	3	2	18	3	23
1839	4	4	20	5	25
1839	5	5	23	6	29
1839	6	11	29	14	36
1839	7	13	30	16	38
1839	8	13	31	16	39
1839	9	9	24	11	30
1839	10	4	20	5	25
1839	11	2	16	3	20
1839	12	0	12	0	16

## CAPÍTULO 13

# EL USO DEL AGUA EN EL CULTIVO DEL ARROZ EN EL PAÍS VALENCIANO (SIGLO XIX)\*

Salvador Calatayud Giner y Enric Mateu Tortosa  
Universidad de Valencia

### Introducción

El arroz se convirtió en uno de los cultivos centrales de la agricultura contemporánea valenciana como consecuencia de un crecimiento notable de su superficie durante los siglos XVIII y XIX<sup>1</sup>. Las causas de la expansión se hallarían en la fuerte demanda de alimentos, ocasionada por los aumentos de la población; la búsqueda de cultivos rentables tras la decadencia de la seda; y, por último, el crecimiento de las tierras aprovechables por la desecación de algunas zonas pantanosas de la ribera del Xúquer.

Sin embargo, la extensión arrocerá se vio siempre limitada por las disponibilidades de agua, así como por las transformaciones medioambientales que generaba, algunas de las cuales perjudicaban no sólo a los otros cultivos sino también a la salud humana. Los arrozales tuvieron que competir por el agua con los cultivos de regadío, en momentos en los que las superficies de éstos también crecían. Al mismo tiempo, en los lindes de la Albufera, el problema era doble: desecar para iniciar las labores y captar el agua de las acequias para mantener el cultivo. Transformaciones costosas y prolongadas en un medio insalubre y hasta mortífero, que sólo los elevados rendimientos animaban a colonizar. Por todo ello, la relación entre los arrozales y el agua adquirió una complejidad mayor que en cualquier otro cultivo. Si el regadío siempre se configura como un espacio «[...] cuidadosamente organizado y reglamentado» (Pérez Picazo, 1997: 92), el cultivo del arroz en concreto implicaba la ejecución de un artificio considerable por el que la naturaleza era modificada en función de las necesidades agra-

\* Este trabajo ha contado con la ayuda del Proyecto de Investigación de la DGICYT n.º PS94-0182.

<sup>1</sup> La superficie arrocerá pasó de 9.665 ha en 1730 a 17.665 en 1807, 26.170 en 1860 y 28.430 en 1912. MATEU TORTOSA, E., 1987, p. 50; y CALATAYUD, S., 1986, pp. 451-453.



rias; pero a esta acción con un fuerte impacto físico le seguía un proceso de compatibilización con el resto de los cultivos de la zona, que tenía, sin duda, posteriores repercusiones económicas y sociales a tener en cuenta.

El marco físico y la tecnología disponible determinaban el modo de gestionar el ciclo del agua en las comarcas arroceras. Esta gestión puede abordarse desde un doble punto de vista: por una parte, el riego de cada explotación dependía del ciclo del agua considerado globalmente —en todo el bajo valle del Xúquer— en virtud de la dependencia que el conjunto del perímetro irrigado tenía respecto a unos mismos acuíferos; por otro, el riego se materializaba a través de unas técnicas que adaptaban el aporte hídrico a las condiciones topográficas, edáficas y de cultivos de cada explotación. La primera perspectiva subraya las relaciones de interdependencia de los regantes y su pugna por el agua, pero también la mediación de las instituciones, no como entes neutrales, sino como punto de confluencia y disputa de intereses. La segunda describe la conexión entre las condiciones físicas y el concreto manejo del agua en una explotación arroceras. De este modo, puede hablarse de una macrorregulación y una microrregulación del ciclo hídrico. A partir de esta distinción hemos concebido este estudio.

### 1. La regulación del balance hídrico y el marco físico en el bajo Xúquer

Las riberas del Xúquer y el entorno de la Albufera configuran una de las seis áreas de regadío valencianas basadas en el aprovechamiento de la parte final de otros tantos cursos fluviales<sup>2</sup>. Como las otras, constituye una llanura litoral de suelos aluviales, delimitada por montañas al sur y oeste, y por el mar al este. Las condiciones climáticas de esta área tienen efectos contrapuestos para el uso agrario. El régimen de temperaturas —con mínimas invernales en torno a 10° y máximas de 25° en agosto— hace que el invierno sea suave, a lo que contribuye también la influencia marítima. Por otra parte, el número anual de horas de insolación es muy alto (en torno a 2.700), lo que acaba de determinar un buen aporte energético para el crecimiento vegetal. Como el resto del litoral mediterráneo constituye, por tanto, un ámbito adecuado para la mayor parte de los cultivos que se dan en la España interior y en Europa, pero, además, para muchos otros que no son viables en esas zonas. Las temperaturas, pues, favorecen la agricultura. Sin embargo, el régimen de pluviosidad anula esta ventaja inicial: la acusada falta de lluvias en verano —menos de 10 mm en julio— junto a las elevadas temperaturas, originan una fuerte sequía estival —con una evapotranspiración potencial media para el período 1931-1970 entre 900 y

<sup>2</sup> La síntesis sobre el medio físico se ha elaborado a partir de: ROSSELLÓ, V. M., 1995, caps. 2 y 4; PÉREZ CUEVA, A., 1994; MATEU BELLÉS, J. F., 1989; LÓPEZ GÓMEZ, A., 1990.

1000 mm. (ATLAS, 1993: 10-15)— que es llevada al límite de la indigencia hídrica por la acción desecante de los ocasionales vientos de poniente. Además, está presente otro rasgo del clima mediterráneo: la extremada irregularidad y la imprevisibilidad a escala local, mayores que en cualquier otra variedad climática (Rosselló, 1995: 60). La irregularidad se da no sólo entre los meses del año, sino también entre un mismo mes de diversos años, y va acompañada por la frecuente torrencialidad de las lluvias (pueden recogerse más de 200 mm en 24 horas). Estos súbitos episodios en poco corrigen la aridez anual y, por el contrario, tienen efectos destructores sobre la infraestructura agrícola. Por tanto, el régimen de lluvias es profundamente adverso para la mayor parte de los cultivos. Pese a todo, las riberas del Xúquer, con unos índices anuales entre 500 y 600 mm, constituyen una comarca más favorecida que extensas zonas del sur valenciano que apenas superan los 300 mm.

Factores relacionados con el relieve y la hidrología son los que permiten resolver este bloqueo que representan las condiciones climáticas en beneficio de las posibilidades agrícolas. Por una parte, se trata de una llanura de bajo gradiente (0,6%) y suelos habitualmente fértiles y fáciles de trabajar, resultado de depósitos cuaternarios. Todo ello configura una alta capacidad de uso agrícola. Por otra parte, el llano está atravesado por el río Xúquer que, si bien se caracteriza por la fuerte irregularidad y los estiajes típicos de los ríos mediterráneos, presenta un caudal relativamente elevado en comparación con la mayor parte de los cursos fluviales valencianos (frecuentemente, ríos rambla absolutamente secos en verano). Ello es así merced a su carácter de río alóctono, con alimentación pluvionival en el Sistema Ibérico, y a la amplitud de su cuenca. Las disponibilidades de agua son, pues, mayores en esta zona que en otras del litoral valenciano. Pero existen también algunos límites que han condicionado el desarrollo histórico de su uso: en primer lugar, las fuertes variaciones de caudal intra e interanuales (antes de la regulación mediante embalses ya en el siglo XX); y, en segundo lugar, la propensión a avenidas extraordinarias con consecuencias catastróficas puesto que las riberas del Xúquer constituyen un llano de inundación (Mateu Bellés, 1989: 170). Por último, el balance hídrico se completa con la existencia, en la zona más próxima al mar, de numerosas áreas pantanosas y del lago de la Albufera; la funcionalidad de estas aguas para la agricultura es, en principio, ambigua, y dependía, como veremos más adelante, del control ejercido sobre ellas. En definitiva, el desarrollo agrícola se basó históricamente en el aprovechamiento de las condiciones físicas favorables para contrarrestar los efectos de las condiciones adversas: adaptación al medio y costosa transformación del mismo acabaron por configurar un paisaje agrario peculiar y con una elevada potencialidad productiva.

El elemento decisivo lo ha constituido, desde los siglos medievales, el uso agrícola del agua. El territorio contaba con las aportaciones de tres

acuíferos: el río Xúquer, el lago de la Albufera, y una multitud de pequeños cursos de agua, manantiales y pozos. La agricultura hizo uso de los tres de forma combinada o separada, adoptando sistemas de riego adaptados a situaciones y balances hídricos diferentes. Para hacer posible la expansión del cultivo arrocero hubo que modificar el ciclo del agua de la zona. Se trataba de actuar, simultáneamente, frente a las condiciones del déficit crónico, y de superávit en las áreas —minoritarias pero importantes— de marjal. La intervención sobre el medio significaba, por una parte, embalsar campos que, en principio, eran de huerta; y recuperar tierras originariamente pantanosas.

Un aspecto destacable es que nos encontramos con un sistema de regadío original que permitía combinar dos modalidades de aprovechamiento del agua distintas e históricamente definidas. Por una parte, el riego de las tierras de huerta que se basaba en la tradición andalusí, y por otra la provisión de agua a los arrozales más vinculada con prácticas de origen asiático.

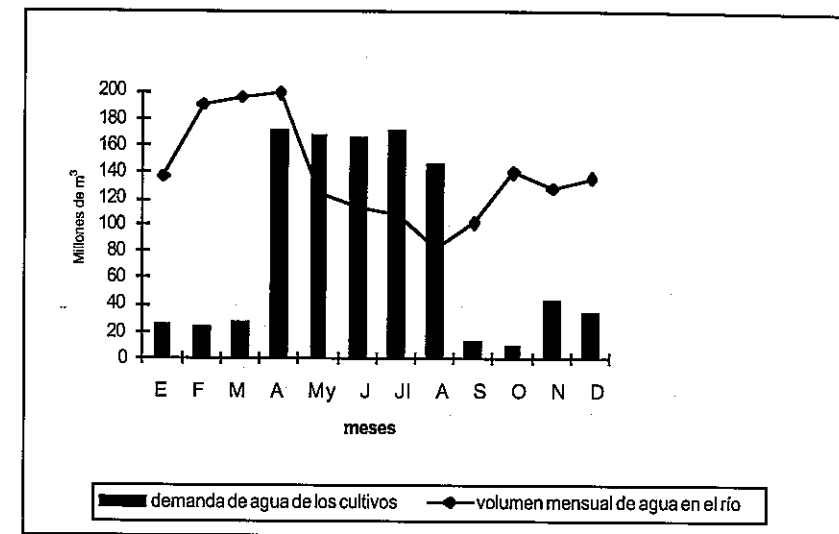
Para explicar los mecanismos de modificación medioambiental que el regadío y el arroz implicaban, hemos de conocer algunos rasgos del ciclo hidráulico de la zona. En principio, el elemento vertebrador lo constituía el río Xúquer. Sin embargo, la primera cuestión que debe señalarse es que, ya a mediados del siglo XIX, este acuífero resultaba insuficiente para hacer frente a las necesidades agrarias. Hemos intentado en el gráfico 13.1 y el cuadro 13.1 una aproximación a este problema. Como sólo existen datos completos del caudal mensual del Xúquer para principios del siglo XX, hemos representado en el gráfico el balance hídrico en ese momento: aparece un déficit total de más de 218 millones de m<sup>3</sup> para los meses de mayo a agosto. Proyectando hacia atrás los datos de caudal y comparando con la superficie existente en 1860<sup>3</sup>, recogemos en el cuadro 13.1 la situación hipotética en esta última fecha. Aunque lógicamente menor, el déficit era también importante: 39,5 millones de m<sup>3</sup>.

¿Cómo podía mantenerse la superficie regada con un déficit semejante? En primer lugar, algunos afluentes hacían aportaciones al Xúquer dentro ya del área de regadío. Estos caudales eran irregulares —los afluentes eran prácticamente ríos rambla— y, además, no podían ser aprovechados por todas las acequias a causa del punto de desembocadura (véase gráfico 13.2). Pese a todo hacían que el déficit global no siempre afectara localmente. Además, existía la posibilidad de recurrir en puntos concretos a caudales complementarios (manantiales, etc.) de pequeña importancia pero muy numerosos; a las aguas de la Albufera; a los numerosos cursos de agua que afluían al lago; y a las filtraciones de tierras situadas a mayor altura. En definitiva, es

<sup>3</sup> En 1860 existían 27.827 ha frente a las 38.737 de principios del novecientos. La distribución de cultivos no había variado mucho en aquello que más incidía en el consumo acuífero, la proporción de tierras dedicadas al arroz: 59% en 1860, 54% a principios del XX.

Gráfico 13.1

BALANCE HÍDRICO EN EL BAJO XÚQUER.  
PRINCIPIOS DEL SIGLO XX



Fuente: J. Bellver, 1933, pp. 25-26. Elaboración propia.

Cuadro 13.1

BALANCE HÍDRICO EN EL REGADÍO  
DE LAS RIBERAS DEL XÚQUER, 1860

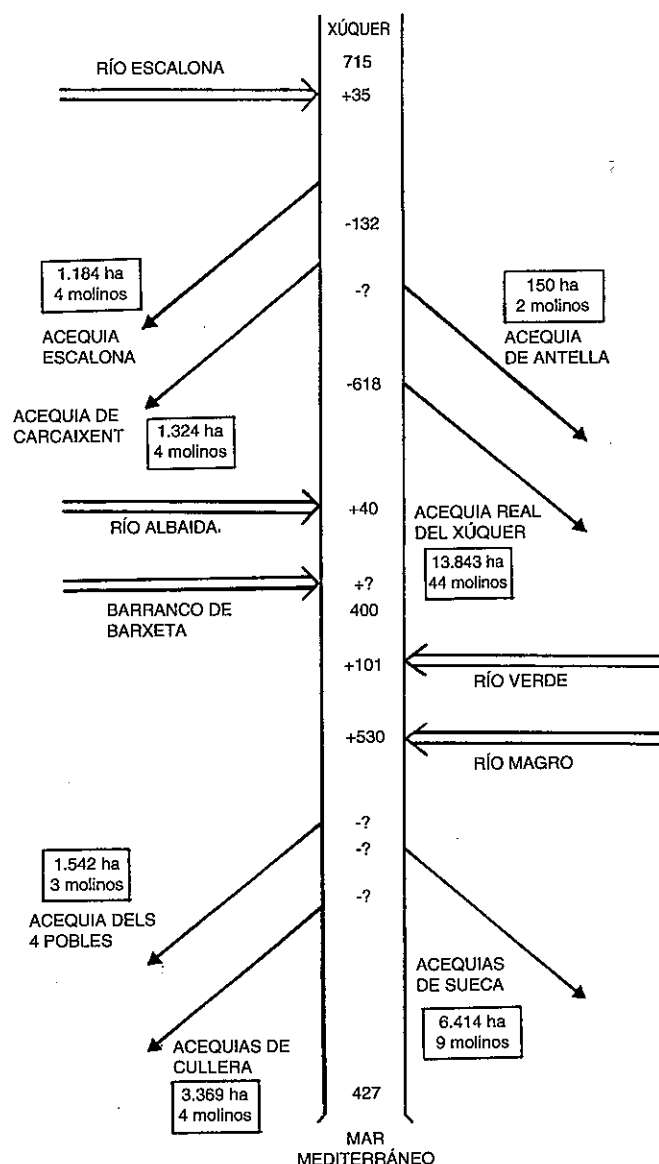
	Porcentaje del consumo anual	m <sup>3</sup> requeridos	Diferencia respecto al caudal
Mayo	16,7	119.789.100	+4.380.260
Junio	16,5	118.354.500	-5.088.620
Julio	17,1	122.658.300	-13.684.900
Agosto	14,6	104.725.800	-20.781.200

Fuentes: Las cifras sobre caudal mensual que sirven de base, J. Bellver, 1933, p. 25; los m<sup>3</sup> requeridos han sido calculados a partir de la superficie incluida en APUNTES, 1860, cuadro fuera de texto.

preciso resaltar que el caudal del río era el origen principal de los recursos hídricos, pero no el único; en torno a él se multiplicaban modalidades de aprovechamiento del agua que establecían entre sí diversas relaciones de complementariedad.

Gráfico 13.2

REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LOS APROVECHAMIENTOS HÍDRICOS DEL CURSO BAJO DEL XÚQUER A MEDIADOS DEL SIGLO XIX



Nota: Las cifras de caudal, y entradas y salidas en el río están dadas en filas, unidad de cuenta difícil de convertir al sistema métrico y variable según lugares y épocas. Sólo tiene utilidad, pues, en términos relativos.

Fuentes: M. Ballester, 1877, pp. 29-32; y APUNTES, 1860, cuadro fuera de texto. Elaboración propia.

El sistema adoptado para el aprovechamiento del caudal fluvial era su derivación mediante acequias: siete captaciones sucesivas cada una de las cuales conducía a una densa red de canales. En conjunto, el perímetro irrigado alcanzaba las 28.000 ha. El agua circulaba por gravedad, lo que determinaba una baja intensidad energética pero obligaba a modelar el terreno de modo adecuado<sup>4</sup>. El ciclo del agua, en esta suma de cursos naturales y canalizaciones artificiales, tenía algunas peculiaridades. Como aparece en el gráfico 13.2, tras la toma de aguas de las cuatro primeras acequias, el río quedaba prácticamente seco y sólo volvía a recuperar caudal por las aportaciones sucesivas de afluentes, filtraciones y escorrentías de las zonas regadas<sup>5</sup>; de ese modo las tres acequias restantes podían tomar su correspondiente dotación, tras lo cual todavía se vertía al mar una cantidad apreciable resultado de los sobrantes y de las escorrentías de la zona más baja de la llanura. Este hecho que parece bastante general en otros ríos mediterráneos<sup>6</sup>, nos permite detectar uno de los mecanismos esenciales del funcionamiento del sistema de regadío: una parte importante del volumen de agua captado y utilizado por las acequias se perdía en la red de distribución por filtraciones y fugas, pero volvía a incorporarse, en parte, al flujo central —el cauce del río—, reaparecía a través de manantiales en diversos puntos, o alimentaba los acuíferos subterráneos; en definitiva, podía ser parcialmente reutilizado. Estas peculiaridades, que guardan relación con el grado de desarrollo tecnológico de la infraestructura hidráulica, establecían una serie de interdependencias entre los diversos aprovechamientos.

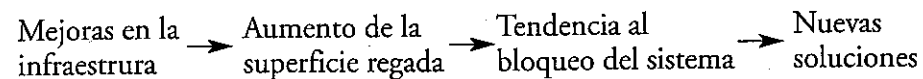
Por otra parte, el sistema de riego no era estático sino que se expandía y cambiaba con el crecimiento de la superficie regada. El arroz tuvo aquí un protagonismo destacado. Las dos acequias más implicadas en este cultivo aumentaron sensiblemente sus dimensiones: la Real del Xúquer pasó de 6.849 ha en 1771 a 13.474 en 1865 (Calatayud, 1993: 62), mientras la de Sueca creció de 3.298 a 7.304 ha entre 1800 y 1890 (Calatayud y Furió, 1992: 18). La expansión de la infraestructura no constituía un simple cambio de escala, sino que afectaba al equilibrio —técnico y social— alcanzado en las etapas anteriores, y obligaba a nuevas adaptaciones. Mejoras en la construcción de los dispositivos de riego, por un lado, y nuevos acuerdos (precedidos y acompañados por conflictos de diverso

<sup>4</sup> Véase el conjunto de dispositivos y modificaciones del medio que comportaba una acequia en PERIS, T., 1992.

<sup>5</sup> Una evaluación del impacto de las filtraciones en la Acequia Real del Xúquer: BALLESTER, M., 1877.

<sup>6</sup> «[...] Lo que acontece en el Júcar es lo mismo que [...] se habrá podido observar en Murcia en el río Segura, que desde la Contraparada a Guardamar desaparece y se renueva varias veces por efecto de los azarbes y filtraciones, lo cual se experimenta también en el Turia y en otros muchos ríos, aun sin la existencia de los arrozces», SANCHO, A. y S. MONLEÓN, 1860, p. 9.

orden) entre grupos sociales y municipios acerca del reparto del agua, configuraban la respuesta al bloqueo virtual que generaba la expansión del regadío. Este carácter dinámico podría sintetizarse en el siguiente esquema:



Junto a los problemas ligados a la obtención de agua suficiente para el riego, la expansión arrocerá tuvo que enfrentarse también a la regulación del superávit hídrico de algunas zonas<sup>7</sup>. Se trataba de las tierras situadas en cotas topográficas bajas y lindantes con la Albufera, tierras de marjal, semipantanosas, en ocasiones resultado de la desecación del lago mediante los *aterraments*<sup>8</sup>. En este ámbito había que hacer frente al exceso de agua en un doble sentido: desplazar las aguas inundadas para llevar a cabo el cultivo, y aumentar posteriormente el control sobre el nivel del lago para evitar tanto la inundación no deseada de las tierras en los meses de mayores aportes hídricos a la Albufera, como la entrada de agua marina salada. Habitualmente, la historiografía ha considerado que el medio principal para alcanzar estos objetivos fue el rellenado con tierra (*aterraments*) por parte de los cultivadores, que creaba así un suelo agrícola artificial sobre la anterior superficie de la Albufera. Recientemente, sin embargo, se ha insistido en la importancia de la regulación del desagüe del lago con el mar como instrumento de control de las aguas (Sanchis, s/f: 34 y ss.).

Desde la época moderna la expansión del arroz estuvo estrechamente ligada a los problemas de desagüe de la Albufera<sup>9</sup>. Durante el siglo XVIII y la primera mitad del XIX los sistemas de desagüe no mejoraron de forma significativa lo que generó problemas para la expansión del arroz: en varias ocasiones —1809 y 1818 fueron las dos más dramáticas— se perdieron las cosechas por la entrada del agua del mar a los arrozales (Mombanch, 1960: 142 y ss.). La única medida aplicada para no bloquear la expansión del cultivo fue la limpieza de los canales interiores del lago que conducían a la gola (salida al mar), con lo que se consiguió cierta regularización del desagüe a lo largo de los años cuarenta y cincuenta (Sanchis, s/f: 35). Durante la década de los sesenta los problemas volvieron a aparecer, con

<sup>7</sup> Sobre el drenaje en el Mediterráneo español, LÓPEZ GÓMEZ, A., 1990; LEMEUNIER, G., 1997.

<sup>8</sup> Siendo cada vez más limitadas las posibilidades de convertir secanos en regadío, la conquista de tierras a la Albufera cobró una gran importancia durante la Edad Moderna: las casi 14.000 ha de superficie del lago en 1579 se habían convertido en 5.000 en 1877 (BURRIEL, E. L., 1971, p. 467).

<sup>9</sup> La cuestión enfrentó permanentemente a agricultores y pescadores: mientras para los primeros era necesario abrir los desagües para dejar en seco las tierras cultivables, esta apertura perjudicaba a los segundos porque facilitaba la salida de los peces al mar. Véase MATOSÉS, R., 1987.

pérdida de cosechas algunos años: fue en este contexto cuando la Junta de Desagüe de la Albufera, apoyada en las nuevas Ordenanzas de 1862, tomó la iniciativa. Así, en los años setenta, se abrió una nueva vía de comunicación con el mar, la gola del Perellonet, pero no mejoró sustancialmente el problema. Durante los ochenta se llevaron a cabo pequeñas obras de mejora (como la construcción de diques para proteger de los temporales de Levante la salida al mar). Pero fue en las primeras décadas del siglo XX cuando se instalaron compuertas en las *goles* para regular de forma más precisa y segura la entrada y salida de las aguas. Los intentos de abrir un nuevo exutorio no culminarían hasta la posguerra con la gola del Pujol (C. Sanchis, s/f: 34-35). La eliminación del superávit hídrico tuvo, pues, una vertiente de gran hidráulica que no pudo resolverse satisfactoriamente hasta el siglo XX. Pero paralelamente hubo soluciones de drenaje a pequeña escala por parte de los cultivadores individuales, que veremos en el siguiente apartado.

## 2. La regulación del agua en los campos de arroz

El arroz se desarrollaba en un medio acuático creado por los cultivadores. Nos encontramos, pues, frente a una transformación paisajística y agraria importante y no ante el simple aprovechamiento de un marco físico dado. Éste fue alterado por las prácticas agrícolas, que al fin y a la postre son las que «crearon» los arrozales. Por otra parte, el cultivo del arroz exigía unas técnicas de riego diferentes y más complejas que las utilizadas en la huerta, al tiempo que tenía un consumo acuífero superior al de cualquier otro cultivo. A diferencia de los riegos intermitentes en los cultivos de huerta, los arrozales debían permanecer encharcados la mayor parte del ciclo de cultivo, aunque el nivel del agua fuera distinto en cada momento de ese ciclo. Por otra parte, en el contexto que nos ocupa, las decisiones sobre el momento en que se inundaban o vaciaban las parcelas se tomaban conjunta y coordinadamente, de tal modo que todos los agricultores de una misma zona debían realizar y terminar al mismo tiempo las tareas de preparación de los campos. Esto no se refiere solamente a partidas regadas por un sistema común de acequias, sino a la unidad técnica de riego arrocerá que con una sola entrada de agua podía contener distintas parcelas con diferentes propietarios.

Una vez el agua abandonaba los grandes canales penetraba en el laberíntico entramado de las pequeñas acequias. En este ámbito, la organización del riego pertenecía al agricultor, el cual se valía de técnicas tradicionales para ordenar la compleja distribución y uso del agua. Los múltiples conflictos que suscitaban las pequeñas variaciones que los agri-

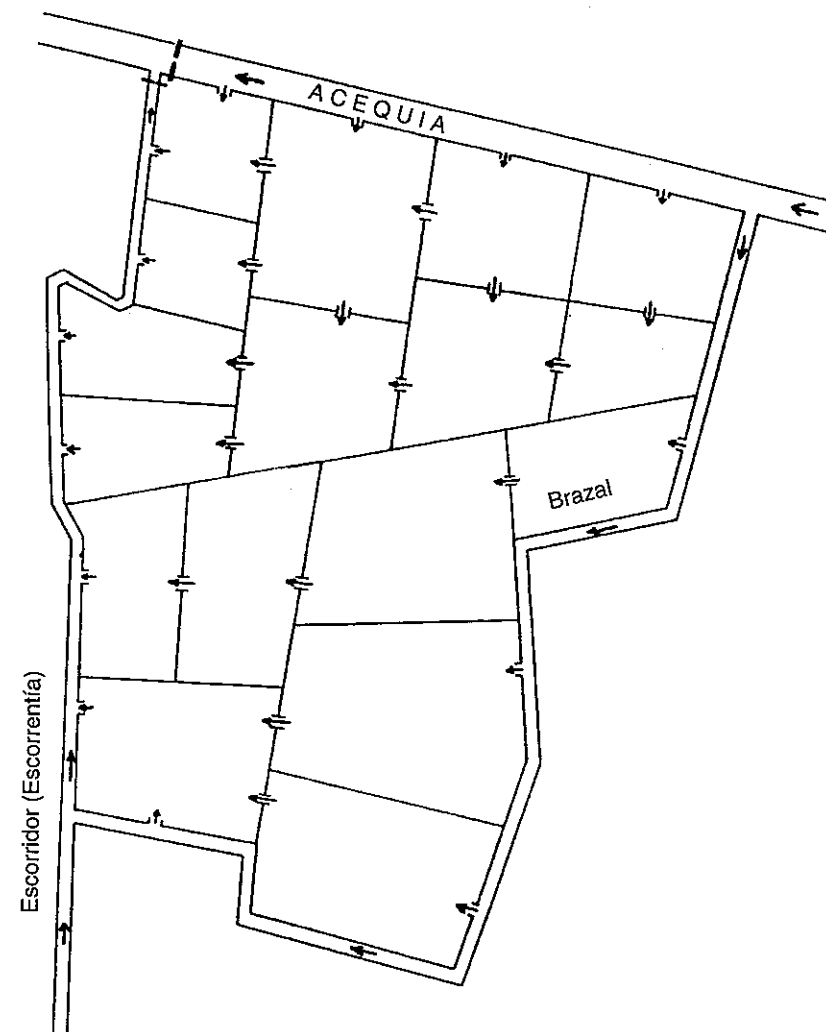
cultores introducían en sus campos o en los usos del agua eran resueltos por los prácticos de los pueblos. Asistimos en cuanto al regadío a una realidad dicotómica, la general regida por técnicos formados en establecimientos de educación superior y la particular regulada por las prácticas tradicionales.

En los sistemas de regadío, el control del agua que circula por los canales y acequias es compartido, así como también la explotación y conservación de estas infraestructuras. Ello confiere el carácter comunal que tienen todas estas agriculturas. Sin embargo, había una diferencia importante entre el riego de la huerta y el de los arrozales: mientras en la primera cada agricultor tenía el absoluto control del agua dentro de su explotación —se trataba, pues, de una operación individual—, en el caso de los arrozales, este control era compartido entre varios propietarios. Si el riego de una parcela de huerta no repercutía sobre las vecinas, cualquier acción en el riego de un campo de arroz tenía implicaciones para los lindantes.

Podemos decir, pues, que en los arrozales la unidad técnica de riego no era la parcela, sino una extensión variable que podía contener varias parcelas que se inundaban o vaciaban de forma simultánea, como puede verse en el plano 13.1. Los propietarios, individualmente, no tenían capacidad total de decidir sobre estas operaciones y, al mismo tiempo, la circulación del agua se hacía en ocasiones de una parcela a otra (una misma abertura en la acequia proveía de agua a varias explotaciones) por lo que los propietarios tampoco podían intervenir unilateralmente sobre el flujo del agua a riesgo de perjudicar a otros. Esto suponía una adaptación técnica a los condicionamientos físicos y a las características del cultivo del arroz. La estacionalidad del cultivo, con una fuerte demanda de agua, sólo podía afrontarse mediante la toma en común de decisiones, obligada y facilitada por el diseño de la unidad técnica de riego. Al mismo tiempo, el encharcamiento común permitía regular adecuadamente los niveles de agua evitando usos excesivos por parte de los cultivadores y reduciendo, por tanto, el conflicto. En estas condiciones, para asegurar la circulación eficaz los dueños debían cumplir escrupulosamente las reglas del riego puesto que su no observancia tenía repercusiones más allá de la propia explotación. Todo ello era más necesario si tenemos en cuenta que el agua inundada no debía permanecer estancada, sino con una ligera corriente<sup>10</sup>, lo cual obligaba a todos los propietarios implicados a mantener las condiciones adecuadas para este flujo.

<sup>10</sup> «[...] Se cuidará de que toda el agua del campo inundado se renueve lenta pero continuamente; esto es muy importante en los suelos salinos, en que el establecimiento de los desagües en un extremo del campo y no en todo él da lugar a que el agua cargada de la sal disuelta se concentre en los puntos en que el líquido se halla en reposo y perjudique la vegetación», FONT DE MORA, R., 1939, p. 131.

REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE VARIAS UNIDADES TÉCNICAS DE RIEGO



Fuente: S. Schacht, 1971, p. 45.

Lógicamente, en una práctica de cultivo con tal nivel de interdependencias los problemas entre los propietarios eran numerosos y permanentes. Las más de las veces se traducían en denuncias que los perjudicados presentaban por modificaciones en los campos realizadas por los acusados y que repercutían en los propios. La apertura de una nueva y simple *boquera*

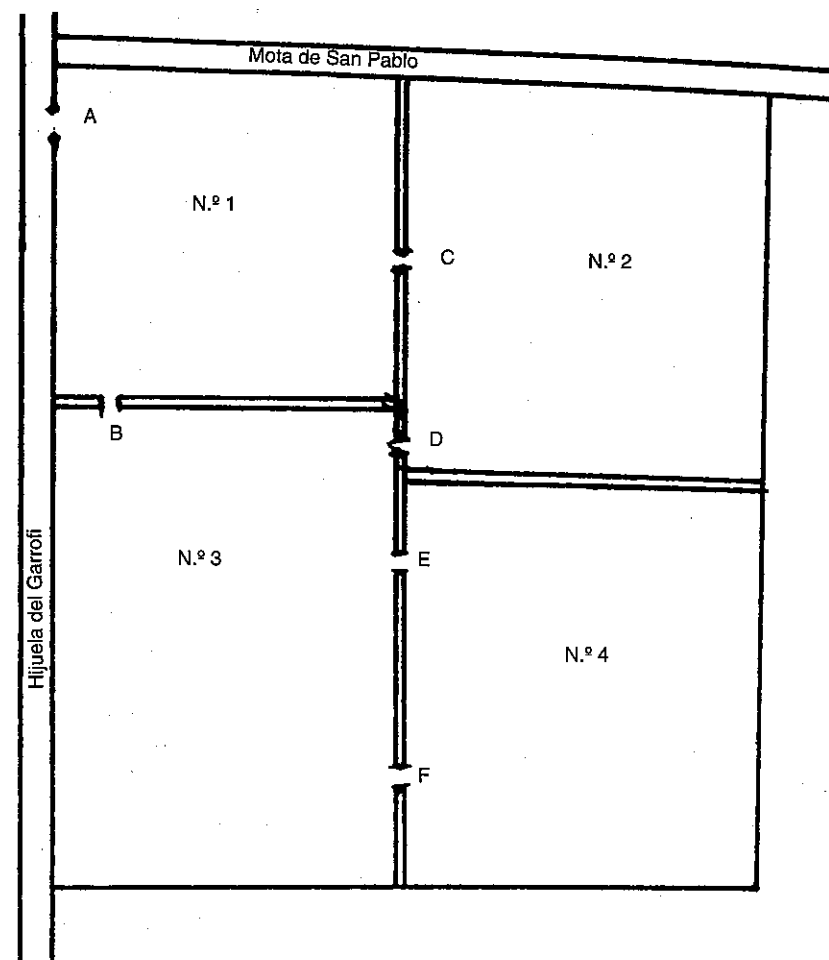
(actuación prohibida por las ordenanzas) mejoraba el riego para unos y causaba daños a otros, puesto que se alteraba la nivelación entre las parcelas. La altura del agua podía variarse con tanta facilidad que las *boqueras* debían tener una anchura y profundidad determinadas; y los suelos de los campos debían estar nivelados y presentar unas diferencias de altura entre ellos que permitiera circular libre y adecuadamente el agua; con ello, se facilitaba el desagüe sin inundar dañinamente los campos vecinos. Si el uso del agua era, en ultimo extremo, individual, los propietarios compartían un mismo caudal, que era reutilizado al circular por varias parcelas<sup>11</sup>.

Tenemos en el plano 13.2 un ejemplo concreto, entre los muchos que pueden encontrarse en los archivos, para ejemplificar las características de esta interdependencia entre agricultores, así como la complejidad del riego en los arrozales. En 1853, en Sueca un propietario denunciaba los perjuicios que le ocasionaba la práctica de riego de uno de sus vecinos. Ambos, el denunciante Romualdo Belenguer y el denunciado Joaquín Martínez compartían una unidad técnica de riego que comprendía cuatro parcelas, pertenecientes una al primero y tres al segundo. El agua la recibían desde una acequia pequeña (hijuela) a través de una boquera que se abría a una de las parcelas de Joaquín Martínez quien distribuía el agua entre las suyas y la cedía a Romualdo Belenguer mediante una boquera interior. Este último se quejaba de que su vecino manipulaba dicha abertura de forma que impedía llegar el agua en forma adecuada a sus campos. Esto lo hacía con el fin de obtener el nivel correcto de agua para algunas partes de sus parcelas que estaban más altas que las del denunciante. Nombrada una comisión de expertos por el ayuntamiento e inspeccionadas las tierras, venían a dar con una solución ingeniosa que, sin embargo, acentuaba la toma de decisiones conjunta restando capacidad para el uso unilateral del agua. Cabe destacar también que la solución repercutía solamente en estos dos propietarios y no cambiaba el equilibrio del resto de los agricultores de la zona, puesto que se mantenía una sola boquera de entrada a los campos<sup>12</sup>. Miles de pequeños problemas como éste, con sus correspondientes ajustes y transacciones, constituían la práctica cotidiana del riego. A través

<sup>11</sup> Véase un ejemplo de estas interdependencias en Archivo Municipal de Sueca (en adelante AMS), caja SP 24-24bis, «Expediente de Juan Lombart. 1894».

<sup>12</sup> AMS, *Obres, sequies, regs i escorrenties*. S.P. 13-14, «Expediente a instancias de Romualdo Belenguer sobre división de aguas en su campo partida del Basals, 1853»: «Las partes del campo o sea Casells vulgarmente llamados nº 1, 2 y 4 son de la propiedad del Martínez y el nº 3 del exponente. La boquera designada con la letra A es la principal que toma el agua de la hijuela del Garrofi, y pasando toda por el casell nº 1 se divide por las boqueras B y C y el agua que por esta recibe el Casell nº 2 entra por la boquera D al casell nº 3 o sea el de Belenguer, de modo que este ha de recibir las aguas por las boqueras B y D y pasando toda por las boqueras E y F entra en el casell nº 4, cuidandose de tener bien separado el margen mediero de los casells nº 2 y 4, para que las aguas no tengan otro curso que el demarcado; evitandose así las cuestiones consiguientes sin que cada uno tenga las boqueras a su alvedrio *[sic]* y se obtendra la división de las aguas con la igualdad que les corresponde».

REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE UNA UNIDAD TÉCNICA DE RIEGO



Fuente: AMS, *Obres, sequies y regs y escorrenties*. S.P. 13-14, «Expediente a instancias de Romualdo Belenguer sobre división de aguas en su campo partida del Basals», 1853. Elaboración propia.

de ellos se aseguraba el mantenimiento de la infraestructura en las condiciones adecuadas pero, al mismo tiempo y de forma lenta, se iban modificando algunos de los elementos constitutivos de aquella, adaptándolos a las necesidades cambiantes: con frecuencia, ante la solicitud de algún propietario y siempre tras la visita de un perito o una comisión, se autorizaban pequeñas alteraciones de los dispositivos de riego.

Una parte de los arrozales se enfrentaba, además, a una problemática particular por estar localizada en las tierras bajas de los lindes de la Albufera. En este caso permanecían inundados la mayor parte del año y la proximidad a la Albufera hacía que su drenaje fuera muy difícil. En muchas ocasiones tampoco se podían desaguar en septiembre para la siega: así, tanto esta operación como las labores de preparación del terreno en febrero-marzo habían de ser realizadas dentro del agua. Durante el siglo XIX fue difícil eliminar este excedente hídrico, que dependía no sólo de la altura de las aguas del lago, sino también de los aportes de los numerosos cursos de agua que confluían en aquél. Además, el exceso de agua podía agravar la situación, en una época en que la salida de la Albufera al mar no contaba con compuertas sólidas, por lo que en los días de temporal penetraba el agua salada en el lago; si ello sucedía en época de cultivo, el peligro para el arroz era grande. Aunque el uso del agua en las proximidades de la Albufera exigía un correcto funcionamiento del ciclo hidráulico del lago, que estaba lejos de alcanzarse en el siglo XIX, como hemos visto más arriba, cabían intervenciones localizadas que ayudaban a un mejor desagüe, sobre todo en lo que respecta a la costosa limpieza de los canales de drenaje de la Albufera<sup>13</sup>. Además, los propietarios individuales desarrollaron medios de drenar sus parcelas utilizando norias instaladas junto a los canales de esorrentía, a las que se añadirían, con el tiempo, bombas accionadas con máquinas de vapor.

A excepción de estos limitados medios mecánicos, la circulación del agua en los arrozales se hacía por gravedad. Las parcelas se disponían escalonadamente, mediando entre ellas una imperceptible pendiente que permitía la lenta circulación del agua. Limitados entre las acequias y la Albufera, los campos debían poder captar eficientemente el agua, mantener el nivel adecuado en las tierras, poder desaguar cuando se considerara oportuno e impedir la entrada de agua desde el lago. Para eso, la adecuada disposición de las tierras era el único instrumento. El problema primordial del regadío —cómo impulsar la circulación del agua— se resolvía con el diseño adecuado del parcelario. En este sentido, la preparación del terreno para hacer posible el riego en buenas condiciones incluía también la construcción de márgenes sólidos, la corrección del grado de inclina-

<sup>13</sup> Durante el primer tercio del siglo XIX, con los cambios institucionales que afectaron a la administración del lago (que formaba parte del Patrimonio Real), los problemas en este sentido fueron frecuentes: «[...] después que sin culpa de los enfiteutas se ha ensuciado la Albufera de cieno, cañas y otras matas, se han visto precisados los cultivadores a costear y mantener acequias largas, anchas y profundas (que es lo que se llama desagüe particular de las fronteras) para llevar el agua de los campos al estanque grande o primer cuerpo del lago, o a los conductos de desagüe general; de cuyo exorbitante coste podía formarse alguna idea considerando que los cultivadores se han impuesto por precisión un deber de limpiar cerca de una legua de distancia, en cada una de sus acequias de desagüe particular, dos veces al mes, desde que se principian a preparar las tierras de los límites para sembrar los arrozces, hasta que la cosecha está levantada en su totalidad [...]», INDICACIONES, 1821, pp. 7-8.

ción que la propia acción del agua tendía a modificar continuamente, la limpieza de los canales, etc. (Danvila, 1853: 22-23). Con posterioridad se precisaba una supervisión para evitar las fugas de agua y la desecación del campo. El modo de realizar este conjunto de labores influía también sobre la cantidad de agua consumida, de ahí que las autoridades de las acequias extremaran el rigor en su cumplimiento durante las épocas de escasez. La configuración del suelo y de los dispositivos incorporados a él para posibilitar el riego era, pues, fundamental para la existencia de los arrozales.

El manejo del agua que los agricultores realizaban muestra que las funciones del riego eran múltiples. Dejando de lado el uso de los canales como vía de transporte de plántulas y cosechas, así como la aplicación a la molinería del arroz, nos centraremos, por las características de nuestro estudio, en las que se refieren a la producción. Desde luego, la primera y la más vinculada al riego era contribuir al balance hídrico del suelo para mantener su fertilidad. En este sentido, la inundación permanente de los arrozales había mostrado empíricamente desde el siglo XVIII su superioridad, en cuanto a los rendimientos, respecto al cultivo «a riegos» propugnado reiteradamente por los agrónomos<sup>14</sup>.

Pero existían otras funciones del riego. La planta del arroz necesita para su crecimiento de unas determinadas temperaturas en el agua y en el suelo, que pueden graduarse variando el nivel del agua. Esto era muy importante en los plántulas, puesto que además de regular su crecimiento los protegía del viento y las aves. Su cultivo se iniciaba en marzo, después de haberse preparado la tierra para sembrero, y el trasplante se realizaba durante los meses de mayo y junio (Mateu Tortosa, 1996). Durante este tiempo que comprende la primavera, las oscilaciones de temperatura y de pluviosidad suelen ser grandes. El agricultor contribuía a mantener artificialmente la temperatura del medio (agua y suelo) mediante la graduación diaria del nivel del agua, para equilibrar las temperaturas diurnas y nocturnas<sup>15</sup>. Con la manipulación del nivel del agua se adelantaba o retrasaba el crecimiento del plantel y se ajustaba al momento de su trasplante a los arrozales.

El manejo del agua permitía también eliminar las malas hierbas que dificultaban el crecimiento del arroz. Al menos tres veces se procedía a desaguar los campos a lo largo del ciclo de cultivo, a mediados de mayo, junio y julio. Durante la operación, la tierra permanecía un número variable de días (que se reducía conforme avanzaba el verano) sin agua y así se conseguía que las hierbas competidoras —*borró* o *asprella*— se secaran.

<sup>14</sup> MATEU TORTOSA, E., 1987, pp. 64 y ss. Abundantes referencias a los intentos de adaptación de la nueva técnica, en ÁLVAREZ GUERRA, J., 1840, pp. 31 y ss.

<sup>15</sup> «[...] Se disminuye el agua principalmente por la noche, en que sólo se deja una lámina de unos 2 o 3 cm. que aumenta otra vez durante el día», FUSTER, P., 1918, p. 264.

El manejo del agua fue, pues, durante siglos un eficaz herbicida, sin llevar aparejados los efectos negativos sobre la naturaleza que éstos producen.

Finalmente, el riego era utilizado como corrector del suelo en varios sentidos. Durante el otoño, una vez recolectado el arroz y cuando el riego era innecesario, los campos de determinados parajes volvían a inundarse. Para ello se cerraban las compuertas de desagüe de la Albufera al mar, el agua subía de nivel e invadía los arrozales. Ello permitía lavar las tierras y eliminar el *salitre* o *salobre* que era muy perjudicial para la cosecha. Con esta operación se regulaba, pues, el balance de sales<sup>16</sup>, completando así los otros tres balances de nutrientes, agua y materia orgánica. Por otra parte, el agua fue utilizada para acondicionar parcelas de suelos porosos que no la retenían: riegos continuados durante varios años, acompañados de determinadas labores, permitían impermeabilizar la capa cultivable<sup>17</sup>. Incluso el riego podía ser útil para elevar el nivel del suelo mediante la sedimentación de la materia en suspensión en el agua: las inundaciones otoñales no respondían solamente al deseo de lavar los campos, sino que tenían también como objetivo el depositar en ellos los limos acarreados tras los aguaceros de esos meses<sup>18</sup>. En definitiva, este conjunto de funciones permitía la mejora de suelos que habían sido pantanosos y se habían transformado recientemente: la propia acción del agua, ahora bajo el control humano, contribuía a crear las condiciones para el uso del regadío.

## Conclusiones

Hemos tratado de mostrar en las páginas precedentes cómo la expansión del cultivo arrocerero implicaba un conjunto de intervenciones sobre el ciclo hidráulico de una amplia zona. A escala del conjunto del bajo valle del Xúquer, el desarrollo histórico del regadío aprovechó la disponibilidad de recursos hídricos importantes, aunque limitados, por razones climáti-

<sup>16</sup> «[...] Las tierras pantanosas naturalmente [...] cuando se secan dan tanto salitre, que es necesario lavarlas con agua continua y volverlas a encharcar» (DANVILA, F., 1853, p. 51). La media de sales contenida por las aguas del río Xúquer en la actualidad, calculada por GASCÓ, J. M. (1996, p. 44), es de 2.200 mg/l, muy superior a la media de los ríos españoles que estaría en 730 mg/l. El uso del agua con este fin ha continuado hasta tiempos recientes: ZARAGOZA, M., 1982, p. 23.

<sup>17</sup> «[...] Se les ve labrar la tierra dentro de la columna de agua encharcada sin otro objeto que el de lograr se esponjen los gazonos de la capa que ha de alimentar a la planta, y que al removerlos bajen al fondo las partículas pesadas de la tierra, dejándola purgada de ellas y formando en el suelo adonde no llega la reja del arado una capa de limo que llega a hacerse impermeable y evita las filtraciones, disminuyendo notablemente el gasto de agua que sin esto les resultaría», SANCHO, A. y S. MONLEÓN, 1860, p. 10.

<sup>18</sup> Un propietario de Silla solicitaba en 1855 una dotación especial de agua fuera de la época de riego con el siguiente argumento: «[...] deseando beneficiar el terreno para lo cual se necesita echar algunas capas de tierra lo que se logra en el invierno cuando las aguas son sobrantes dejándolas discurrir por el citado campo y así dejan el depósito que por los aguaceros viene mezclado con ellas», Archivo de la Acequia Real del Júcar, leg. 13.

cas: el propio río y el lago de la Albufera. Pero ello sólo fue posible a través de una profunda modificación de la circulación del agua. La intervención más importante fue, sin duda, la canalización del caudal del Xúquer. Por razones técnicas y sociales que no podemos abordar aquí, esta canalización se llevó a cabo no de forma centralizada, sino a partir de un conjunto de acequias independientes entre sí, lo que, si bien se adaptaba al nivel tecnológico de la época al disminuir el tamaño de las infraestructuras necesarias, hacía más compleja la coordinación del balance global. Pese a todo, éste se llevó cabo durante siglos a través de una combinación cambiante de conflictos y acuerdos. En este nivel de regulación fue necesario el concurso ocasional de los saberes científicos para el diseño y la construcción de algunas de las obras de canalización.

El avance de la superficie arrocerera implicó que el consumo acuífero se incrementase en mayor medida que si se hubiera tratado de otros cultivos. Ello obligó, desde finales del siglo XVIII, a una ampliación notable de las infraestructuras de riego, lo cual, a su vez, generó problemas técnicos y de coordinación. Conforme crecía la escala del sistema de riegos, los regantes organizados debían resolver dificultades nuevas que provenían de que, en realidad, la modificación a que era sometido el medio físico se hacía cada vez mayor y más compleja. Por ello, la infraestructura se fue adaptando a condiciones distintas no sin conflictos ni rupturas y, al final del período estudiado, los sistemas de riego de la zona adquirieron una entidad notable y prácticamente llegaron a un límite en su desarrollo que sólo podría ser franqueado en el siglo XX con la construcción de embalses y la regulación en el ámbito de la cuenca hidrográfica.

Pero si por un lado todos estos medios iban destinados a corregir la aridez, por otro, en determinados puntos cercanos al mar y a la Albufera, hubo que hacer frente al problema opuesto: el exceso de agua en zonas pantanosas. Aquí se combinaron diversos medios, desde la actuación sobre los mecanismos de desagüe de la Albufera, hasta la acción individual de los agricultores en el drenaje de sus propias parcelas. Riego y drenaje fueron, pues, dos modificaciones del medio que se combinaron para hacer posible el cultivo. La creación del entorno acuático que permitía el cultivo arrocerero no significaba extender las zonas pantanosas, ya abundantes en los límites de la Albufera, sino la formación de un medio especial: se trataba de «hacer» un arrozal.

Pero a escala de las explotaciones agrícolas concretas, el manejo del agua a cargo de los cultivadores requirió unas actuaciones que, en este caso, se basaban en los conocimientos prácticos acumulados por la tradición. En principio, la forma de organizar la distribución y la circulación del agua tenía una fuerte impronta colectiva. Por ello, la capacidad de decisión de los cultivadores era limitada y, al mismo tiempo, las obligaciones impuestas sobre los mismos por parte de la colectividad eran conside-



rables. La circulación correcta del agua dependía de la actuación del conjunto de los agricultores y, en este punto, la interdependencia era absoluta. Una vez el agua dentro de la parcela, las técnicas aplicadas tenían ya un carácter más individual. Pero lo más resaltante es que tales técnicas implicaban que el agua no tenía tan sólo la función fertilizadora que se considera habitualmente: otros fines del cultivo, entre los que se encontraba el propio modelado del suelo para posibilitar el riego, formaban parte también del manejo del líquido elemento.

El marco físico valenciano, aun conteniendo características que propiciaban el establecimiento de arrozales, tuvo que ser modificado (suelos y agua) y adaptado al cultivo en virtud de unas prácticas agrarias centenarias y de los nuevos conocimientos ingenieriles del siglo XIX. Los terrenos, tanto de huerta como pantanosos, fueron modificados y creado un entorno agrícola y paisajístico deudor del trabajo continuado de los agricultores. Tal como ha planteado Bevilacqua (1990: 111), si la alteración de las condiciones iniciales del medio físico para conseguir el aprovechamiento del agua suponía obras e inversiones costosas, era necesario todavía un ulterior y permanente esfuerzo técnico para conservar esa «naturaleza artificial» que proporcionaba los elevados rendimientos.

#### Bibliografía

- ÁLVAREZ GUERRA, J. (1840), *Cultivo del arroz anegado y de secano o de monte*, Madrid: Imp. M. de Burgos.
- APUNTES (1860), *Apuntes breves y sencillos en impugnación de la larga memoria de D. Juan Bautista Peyronet sobre su proyectado canal del Júcar para la provincia de Alicante*, Valencia: Imp. J. M. Ayoldi.
- ATLAS (1993), *Atlas nacional de España*, vol. II.10, *Hidrología*, Madrid: Dirección General del Instituto Geográfico Nacional.
- BALLESTER BROSETA, M. (1877), *Acequia Real del Júcar. Reflexiones sobre la escasez de aguas en dicho canal y rápida ojeada sobre el Júcar*, Valencia: Imp. José Domenech.
- BELLVER MUSTIELES, J. (1933), *Esbozo de la futura economía valenciana*, Valencia: Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación.
- BEVILACQUA, Piero (1990), «Economía d'acqua ed equilibri d'ambiente in Italia», en A. Caracciolo y G. Bonacchi (eds.), *Il declino degli elementi. Ambiente naturale e rigenerazione delle risorse nell'Europa moderna*, Bolonia: Il Mulino, pp. 99-137.
- BURRIEL DE ORUETA, E. L. (1971), *La huerta de Valencia. Zona sur. Estudio de geografía agraria*, Valencia: Alfons el Magnànim.
- CALATAYUD GINER, S. (1986), «Agricultura y capitalismo. El desarrollo agrario valenciano durante la segunda mitad del siglo XIX: la Ribera del Xúquer», Valencia: Facultad de Geografía e Historia, tesis doctoral.

- 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. 47-91.
- CALATAYUD GINER, S. y A. FURIÓ (1992), «El sistema de riegos en Sueca y la constitución de la Comunidad de regantes (ss. XIII-XX)», en VVAA, *Historia y constitución de las comunidades de regantes de las Riberas del Júcar (Valencia)*, Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, pp. 297-339.
- DANVILA y COLLADO, F. (1853), *Memoria sobre el cultivo del arroz en el Reino de Valencia*, Valencia.
- FONT DE MORA, R. (1939), *El arroz. Su cultivo, molinería y comercio*, Barcelona.
- FUSTER, P. (1918), *Elementos de agricultura*, Valencia: Tip. Moderna.
- GASCÓ MONTES, J. M.<sup>a</sup> (1996), «Problemas y prácticas diferenciadas del control de la fertilidad en distintas zonas edafoclimáticas», en R. Garrabou y J. M. Naredo (eds.), *La fertilización en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica*, Madrid: Fundación Argentaria, pp. 35-60.
- INDICACIONES (1821), *Indicaciones para fomentar el cultivo de la Albufera de Valencia*, Valencia: Imp. Muñoz y Cía.
- LEMEUNIER, Guy (1997), «Drenaje y crecimiento agrícola en la España mediterránea (1500-1800)», *Áreas. Revista de Ciencias Sociales*, 17, pp. 31-41.
- LÓPEZ GÓMEZ, A. (1990), «La evolución del cultivo hortícola en los marjales de la costa valenciana», en *Estudios sobre regadíos valencianos*, Valencia: Universidad, pp. 27-82.
- MATEU BELLÉS, J. F. (1989), «Assuts y vores fluvials regades al País Valencià medieval», en *Los paisajes del agua. Libro jubilar dedicado al profesor Antonio López Gómez*, Valencia: Universidad de Valencia y Universidad de Alicante, pp. 165-185.
- MATEU BELLÉS, J. F. (1991), «Cambios seculares de la agradación aluvial y de la meandrización en la Ribera Alta del Xúquer», *Cuadernos de Geografía*, 50, pp. 147-169.
- MATEU TORTOSA, E. (1987), *Arroz y paludismo. Riqueza y conflictos en la sociedad valenciana del siglo XVIII*, Valencia: Alfons el Magnànim.
- MATEU TORTOSA, E. (1996), «La elección de las técnicas de abonado en el cultivo del arroz en Valencia (1840-1930)», en R. Garrabou y J. M. Naredo (eds.), *La fertilización en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica*, Madrid: Fundación Argentaria y Visor Dis., pp. 255-272.
- MATEU TORTOSA, E. y S. CALATAYUD (1997), «Control del agua y conflictividad social en la expansión del regadío: la acequia real del Júcar, 1840-1900», *Áreas. Revista de Ciencias Sociales*, 17, pp. 61-76.

- MATOSÉS, Rafael (1987), «Bases del modern sistema de reg a Sueca: les provatures i les realitzacions del segle XVIII», *Quaderns de Sueca*, IX, pp. 25-38.
- MOMBLANCH GONZÁLEZ, F. de P. (1960), *Historia de la Albufera de Valencia*, Valencia: Ayuntamiento.
- ORDENANZAS (1924), *Ordenanzas y reglamentos del Sindicato y Jurados de Riegos de la Comunidad de Regantes de la ciudad de Sueca*, Sueca: Imp. Moderna.
- PÉREZ CUEVA, A. J. (1994), *Atlas climàtic de la Comunitat Valenciana (1961-1993)*, Valencia: Generalitat Valenciana.
- PÉREZ PICAZO, M.<sup>a</sup> T. (1997), «Cambio institucional y cambio agrario. La gestión del agua en los regadíos del Segura, s. XIX y XX», *Áreas. Revista de Ciencias Sociales*, 17, pp. 91-108.
- PERIS ALBENTOSA, T. (1992), «Toponimia y tecnología hidráulica en la Acequia Real de Alzira o del Xúquer», *Al-Gezira*, 7, pp. 113-211.
- ROSSELLÓ VERGER, V. M. (1995), *Geografia del País Valencià*, Valencia: Alfons el Magnànim.
- SANCHIS IBOR, C. (s/f), «El regadiu de la Ribera Baixa y el canvi ambiental a l'Albufera», Valencia: Facultat de Geografia i Història, tesis de licenciatura inédita.
- SANCHO, A. y S. MONLEÓN (1860), *Dictamen facultativo sobre el proyecto formado por D. Juan Bautista Peyronet para canalizar el río Júcar y poder fertilizar la provincia de Alicante*, Valencia: Imp. J. M. Ayoldi.
- SCHACHT, S. (1971), *Drei Ausgewählte Reisbaulandschaften im Westlichen Mittelmeergebiet. Küstenhof von Valencia, Sadobecken, Camargue*, Weisbaden: F. Steiner Verlag.
- ZARAGOZÁ PÉREZ, M. (1982), *El cultiu tradicional de l'arròs a Silla (Albufera de València)*, Valencia: Universitat y Ajuntament de Silla.

CAPÍTULO 14  
EL AGUA COMO FACTOR LIMITANTE  
DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA  
EN ANDALUCÍA ORIENTAL.  
LA VEGA DE GRANADA, SIGLOS XIX Y XX

José Carlos Ávila Cano  
Instituto de Sociología y Estudios Campesinos  
de la Universidad de Córdoba  
Manuel González de Molina Navarro  
Universidad de Granada

Al margen de los objetivos generales que inspiran este libro y que han sido ya expuestos en la introducción, este trabajo pretende añadir algunos de carácter complementario: por un lado, queremos resaltar la importancia que a lo largo de los últimos doscientos cincuenta años tuvo la disponibilidad de agua a la hora de explicar la evolución de los cultivos, orientados al mercado casi desde el principio; y por otro, mostrar el impacto que el crecimiento económico, como modelo de desarrollo dominante tanto en la práctica de los políticos como en la mente de los teóricos, ha tenido y tiene sobre el medio ambiente.

La primera de las hipótesis que hemos pretendido verificar mantiene que la evolución de los cultivos propios de un agroecosistema mediterráneo semiárido como el que estudiamos —muy representativo de nuestro país— estuvo marcada por la posibilidad de superar los dos factores limitantes característicos, el agua y los nutrientes, de tal manera que el ritmo de dicha evolución estuvo determinado de manera integrada tanto por las demandas efectivas del mercado como por las soluciones tecnológicas dadas en cada momento a tales limitaciones ambientales. Hasta tanto el mercado no se convirtió en una forma eficaz de romper el aislamiento de la mayoría de los sistemas agrarios y la circularidad de los flujos de energía y materiales, la distribución y tipo de cultivos estuvo estrechamente relacionada tanto con las posibilidades del medio como por las necesidades alimentarias de la población y los requerimientos de un mercado de productos muy modesto, de ámbito a lo sumo comarcal.

El establecimiento del mercado y de la propiedad privada como instituciones dominantes, hizo posible que la producción se orientara por la evolu-



Gráfico 14.3

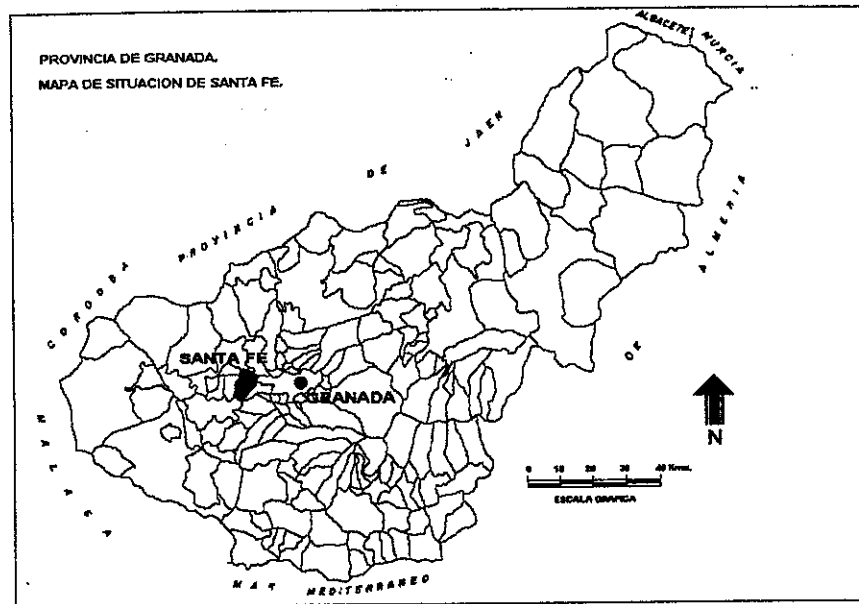
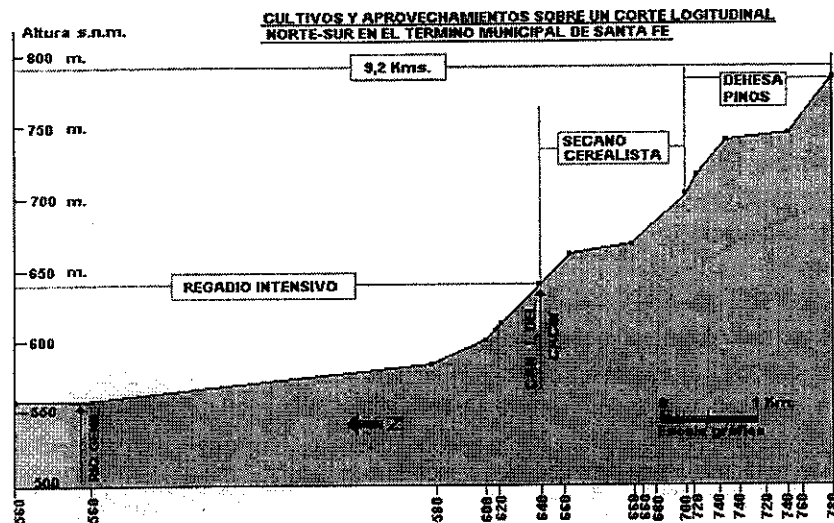


Gráfico 14.4



Fuente: Elaboración propia.

## 1. Marco físico

### 1.1. Relieve

Para la descripción de la zona de estudio nos guiaremos por los trabajos llevados a cabo en la Universidad de Granada dentro del proyecto LUCDEME. Dicha descripción está encuadrada, desde el punto de vista cartográfico, en la hoja 1009 (19-41) 1:50.000 (Simón *et al.* 1995). La zona de estudio corresponde a lo comúnmente denominado «Vega de Granada», que comprende los terrenos aluviales de la vega del río Genil, situados al poniente de la capital granadina. Geológicamente, la depresión de Granada está circundada por un conjunto de sierras al norte y este, elevándose el terreno lenta y progresivamente mediante formas en general suaves. Las alturas de dichas sierras son moderadas, con una altitud media de 900 m; las más destacadas son: al noroeste, la sierra de Moclín (máx. 1.307 m), al noreste, la sierra Arana (máx. 1.741 m), y al este un conjunto formado por la sierra de Alfacar y Viznar (máx. 1.606 m), la de la Yedra (máx. 1.486 m) y la sierra de Cogollos (máx. 1.663 m). Fuera de la hoja cartográfica, la vega está delimitada al sur por las estribaciones de la parte occidental del macizo de Sierra Nevada.

Desde la sierra de Moclín hacia el este, se pasa progresivamente por un paisaje colinado disectado por las vegas de los ríos Frailes, Colomera y Cubillas; hacia el sur, hacia la vega, se desciende igualmente por un relieve progresivo ondulado. En la zona este, dominada por la sierra Arana, encontramos pendientes escarpadas que enlazan con importantes piedemontes y glacis muy influenciados por la red del río Cubillas. En el relieve configurado destacan los barrancos encajados que han dejado relieves de pendientes convexas. Hacia el sur se suceden la sierra de Cogollos, con un extenso glacis cruzado por numerosos arroyos y que acaba en el embalse del Cubillas; la sierra de la Yedra, con pendientes elevadas en sus laderas y cumbres de morfologías suaves, y la sierra de Alfacar y Viznar, con laderas abruptas junto a zonas de relieves más suaves y de la que nacen numerosas surgencias. Desarrollada sobre la llanura aluvial del río Genil se extiende la vega de Granada, de gran simplicidad morfológica, caracterizada por una topografía suave y sencilla cortada en su centro por el cauce del río. La altitud en Santa Fe es de 582 m.

### 1.2. Geología

Sin ánimo de ser exhaustivos en este punto, comentaremos que la vega de Granada corresponde geológicamente a una depresión formada en el período neogeno bajo ambiente marino. A lo largo del período tortoniense

se produce la transgresión marina, continentalizándose la zona. A lo largo del turolense superior se van acumulando depósitos aluviales de naturaleza metamórfica y carbonatada. Progresivamente se pasa a materiales fluviales de limos micáceos, arenas y gravas con yeso. La posterior evolución hacia un régimen lacustre endorreico hace que aparezcan depósitos constituidos por bancos carbonatados con alternancias de yesos y lutitas. Del período turolense terminal-plioceno se encuentran conglomerados con cantos de gran tamaño y depósitos conglomeráticos con arcillas y limos, en los que aparecen paleosuelos. En el pleistoceno-holoceno se configura la vega de Granada. Al norte de la capital está la Vega Alta, desarrollada como un conjunto de sedimentos aluviales de canal, con gran desarrollo de llanura de inundación (arcillas rojas, gravas y arenas), donde aparecen paleosuelos. Relacionados con el cauce del Genil y sus afluentes se recogen todos aquellos materiales ligados al funcionamiento actual o subactual de la red fluvial. Como formación aluvial importante está la denominada Vega Baja, al oeste de Granada, en la que se diferencian hasta tres niveles de terrazas.

## 2. Caracterización edafoclimática

### 2.1. Características de los suelos

Según el estudio del proyecto LUCDEME (Simón *et al.*, 1995), los suelos que encontramos en la vega de Granada corresponden a la unidad taxonómica regosol, según el Sistema FAO de 1988. La mayoría de los suelos son, por tanto, de texturas finas, aunque en profundidad se alternan horizontes de diferente textura. Salvo por esta característica, los horizontes están muy poco diferenciados. Al acercarnos al cauce del Genil aparecen texturas cada vez más gruesas, así como manchas grises y pardo-rojizas, típicas de condiciones de hidromorfía. La no recepción de aportes periódicos y la ausencia de diferenciación morfológica y analítica de los suelos hace que la mayoría se encuadren en la categoría de regosoles calcáricos. Según la clasificación USDA-1990 serían xerorthents típicos. Sin embargo, en el mapa de cultivos y aprovechamientos (MAPA, 1975) la mayoría de los suelos de la vega se clasifican como xerofluvents, al considerarse que sí reciben aportes más o menos periódicos del río Genil. Esto les conferiría unas características más favorables a la agricultura que en el caso de considerarlos xerorthents, tal y como su profundidad, buena permeabilidad y aireación. El estudio del proyecto LUCDEME finaliza la descripción de los suelos de esta zona calificándolos como suelos con una elevada disponibilidad de agua útil, una capacidad de cambio relativamente elevada, un grado de saturación del complejo de cambio del 100%, pH neutro o lige-

ramente alcalino y  $\text{CaCO}_3$  en todo el perfil, características que hacen a estos suelos muy fértiles, teniendo en cuenta la disponibilidad de agua de riego. Visto lo cual, parece más sensato clasificar ese tipo de suelos como xerofluvents que como xerorthents. En cualquier caso corresponden a entisoles, suelos recientes y poco evolucionados que suelen presentar un perfil tipo A/C más o menos profundo.

Como ejemplo de este tipo de suelos, ofrecemos la analítica textural y química de un suelo correspondiente al área de estudio, concretamente al NE de la localidad de Lachar, situado a una altitud de 515 m, llano, de topografía circundante plana, uso para cultivos de vega y de clase 3 de drenaje:

Horizonte	Prof. cm	% Arena	% Limo	% Arcilla	Textura USDA
Ap	0-15	18,1	48,7	33,2	F. Arc. Lim.
C1	15-40	5,7	57,9	40,8	Arc.Lim.
C2	40-90	10,2	45,5	47,5	Arc.Lim.

Horizonte	% CO	% N	C/N	p.p.m.		%CaCO <sub>3</sub>	% de humedad		
				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		33 kPa	1.500 kPa	H <sub>2</sub> O útil
Ap	0,91	0,088	10,3	5,7	3,5	38	28,6	16,3	24,0
C1	0,94	0,09	10,4	3,3	2,7	39	29,8	18,2	37,7
C2	0,96	0,092	10,3	3,0	1,9	38	29,1	18,0	72,1

Horizonte	PH(H <sub>2</sub> O) 1/2	Bases extraíbles (cmol/kg) <sup>1</sup>				Cmol/kg		dS/m
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	CIC	% V	
Ap	8,0	sat.	6,6	0,2	0,9	20,2	100	-
C1	8,1	sat.	7,6	0,4	0,7	23,9	100	-
C2	8,0	sat.	7,6	0,4	0,5	21,6	100	-

<sup>1</sup> Tradicionalmente la CIC y las bases extraíbles se han venido expresando en miliequivalentes de cationes (es decir, milimoles de cargas eléctricas positivas) por cada 100 g de suelo, aunque actualmente empieza a utilizarse el centimol de cargas positivas por kg de suelo: 1 cmol/kg suelo= 1 meq/100 g suelo.

Esta analítica muestra un tipo de suelo clasificable como pesado (alto porcentaje de arcillas), pobre en materia orgánica, con una relación C/N correcta, a pesar de la posibilidad de condiciones de hidromorfia a relativamente poca profundidad. Los niveles de fósforo en la capa arable pueden calificarse de bajos a muy bajos, teniendo en cuenta el método analítico utilizado (Olsen), la clase textural y el nivel de exigencia de los cultivos a que se dedica el suelo. Es un suelo con una capacidad de intercambio catiónico alta. Los niveles de potasio intercambiable se califican como excesivos, según los distintos métodos de evaluación consultados (Saña Vilaseca *et al.*, 1996), al igual que el magnesio. La relación  $K^+/Mg^{2+}$  es de 0,13, lo que se acerca a una situación de riesgo de carencia de potasio por interferencia con el magnesio. Los carbonatos tienen una presencia elevada en la CIC, saturando el complejo de cambio con el ión  $Ca^{2+}$ . En principio, no podemos evaluar su influencia en la fertilidad al carecer del dato de caliza activa. El sodio no plantea ningún problema de dispersión de arcillas debido a su escasa presencia ( $PSI = 1$ ). Todos estos datos confirman, en líneas generales, las características atribuidas al comienzo de este apartado a los suelos predominantes de la zona, es decir, suelos fértiles y con gran aptitud agronómica.

## 2.2. Clima

Según la clasificación agroclimática de Papadakis, el área de estudio presenta un clima Mediterráneo templado, con inviernos tipo Avena cálido (Av), veranos tipo Arroz (O) y un régimen de humedad Mediterráneo seco (Me) (MAPA, 1975). Las principales variables climáticas de Santa Fe podemos verlas en el cuadro 14.1. La evapotranspiración potencial se ha calcu-

Cuadro 14.1

### PRINCIPALES VARIABLES CLIMÁTICAS SANTA FE (GRANADA)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	AÑO
Precipitación	45,0	40,0	32,0	38,0	28,0	17,0	5,0	3,0	16,0	39,0	53,0	55,0	369,0
ETo	22,0	28,0	108,0	129,0	195,0	234,0	257,0	242,0	183,0	93,0	33,0	22,0	1.546,0
T. <sup>a</sup> máxima	10,0	12,6	16,1	18,6	22,2	27,5	32,1	31,2	27,3	20,6	14,9	11,1	20,4
T. <sup>a</sup> mínima	0,9	2,9	4,1	7,6	11,4	15,9	18,2	16,8	13,7	8,9	5,1	3,2	9,1
T. <sup>a</sup> media	9,1	9,9	12,2	14,3	17,8	21,3	24,8	24,9	22,1	17,2	12,7	9,8	16,3

Fuentes: Precipitación: elaboración propia a partir de datos del INM-Centro de Andalucía Oriental (Málaga). ETo: evapotranspiración de un cultivo de gramíneas, cálculo según método de Blaney-Criddle a partir de datos del INM-Centro de Andalucía Oriental (Málaga). Temperaturas: elaboración propia a partir de datos del INM-Centro de Andalucía Oriental (Málaga).

lado siguiendo el método de Blaney-Criddle. Se ha preferido este cálculo al considerar que los datos de evapotranspiración en los meses de verano dados por otros métodos (Thorntwaite, principalmente) son excesivamente bajos. Para el cálculo se han empleado datos meteorológicos primarios de temperaturas, humedad relativa, velocidad del viento e insolación. Con ello hemos obtenido un balance hídrico global marcado por la imposibilidad de alcanzar el nivel máximo teórico de reservas en el suelo (100 mm), lo que motiva la no existencia de meses con excedente de agua y sí un marcado período de déficit durante el verano y el primer tercio del otoño.

Cuadro 14.2

### BALANCE HÍDRICO GLOBAL SANTA FE (GRANADA)

Datos	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	TOTAL
Precipitación	45	40	32	38	28	17	5	3	16	39	53	55	371
ETP	22	28	108	129	195	234	257	242	183	93	33	22	1.546
ETR	22	28	108	50	28	17	5	3	16	39	33	22	371
Variación R.	23	12	76	12							20	33	
Reserva	76	88	12								20	53	
Excedente													0
Déficit				79	167	217	252	239	167	54			1.175

ETP: evapotranspiración potencial; ETR: evapotranspiración real.

R: reserva del suelo.

Fuentes: Elaboración propia a partir de datos del INM. Cálculo de la ETP según método de Blaney-Criddle, en J. Doorenbos y W. O. Pruitt (1986). Reservas máximas estimadas: 100 mm. El balance se empieza a calcular al comienzo del período de recarga (noviembre).

## 2.3. Vegetación natural

Dada la limitada altitud de la zona de estudio, la vegetación se incluye en el piso mesomediterráneo. Está caracterizada por la comunidad climática *paeonium-quercetum rotundifoliae*, que se conserva de forma aislada. Aparecen comunidades arbóreas y arbustivas cuyos integrantes suelen tener una fisonomía semejante xérico-esclerófilos, muy alterados por acciones antropozógenas. Entre ellas encontramos el matorral-tomillar en zonas de degradación de la vegetación climática. Este mismo proceso facilita la aparición de comunidades de terófitos (anuales) que constituyen pastizales áridos localizados en cotas superiores circundantes a la estudiada (650-1.000 m). La catena natural del río Genil debió constar de tarayares (*tamaricetum gallicae*), con sauces de porte medio que formarían una

banda más o menos continua respecto a las choperas. Éstas contactarían con olmedas, que junto a zarzales entrarían en contacto con encinares o quejigares al hacerse los suelos más secos (Simón *et al.*, 1995).

### 3. Metodología aplicada al estudio

Los datos de precipitación que hemos utilizado corresponden a la media de los registrados en la estación meteorológica del INM del aeropuerto de Granada (situado en Santa Fe), entre los años 1975 a 1997. La evapotranspiración potencial o de referencia (ET<sub>o</sub>), se ha calculado, tal y como hemos dicho, según el método de Blaney-Criddle, según datos procedentes de la misma fuente. Las temperaturas medias han sido elaboradas a partir de datos de la misma fuente que las precipitaciones. La temperatura máxima corresponde a la medición de las 14.00 o de las 18.00 h y la temperatura mínima a la lectura de las 7.00 h. El ciclo de los cultivos se ha determinado según información oral transmitida por agricultores de la zona, por investigadores del CIDA<sup>2</sup> de Granada o por fuentes bibliográficas del siglo XIX en caso del cáñamo y remolacha. Los coeficientes de cultivo (kc) se han estimado en función de las tablas que aparecen en *Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos*, de Doorenbos y Kassam (1986) y editado por la FAO. Al principio se intentó el cálculo de estos coeficientes de cultivo según las tablas y curvas de relación que aparecen en *Las necesidades de agua de los cultivos* de Doorenbos y Pruitt (1986), también editado por la FAO, pero se hallaron resultados contradictorios con la anteriormente citada y con otras fuentes de literatura fitotécnica española, por lo que se optó finalmente por utilizar las indicadas.

Los balances hídricos se han realizado estimando una capacidad de reservas del suelo de 100 mm, que corresponden al perfil explorable por las raíces. Se ha optado por esta magnitud como media de la profundidad de las raíces de los cultivos a lo largo de todo su ciclo. Un cálculo más real debería hacerse determinando la profundidad de las raíces en cada mes y las reservas que le corresponderían según la analítica mostrada más arriba. Al no disponer de dichos datos, se ha optado por la profundidad indicada y sus reservas.

El cálculo se inicia con el análisis de la diferencia entre precipitaciones y evapotranspiración del cultivo máxima. Si esta diferencia es positiva, el resultado pasa a integrar las reservas del suelo, hasta que se alcanzan los

<sup>2</sup> Queremos agradecer la información y el asesoramiento que nos ha brindado desinteresadamente Ricardo Ávila, del Centro de Investigación y Desarrollo Agrario de la Consejería de Agricultura en Granada, especialmente en lo referente al manejo actual del agua del que es, sin duda, uno de sus mejores conocedores.

100 mm. Cuando esto ocurre, la cantidad se considera excedente de agua o pérdida por percolación al sobrepasarse la capacidad de campo. Si la diferencia entre precipitación y evapotranspiración del cultivo máxima es negativa, se completa con las reservas hasta alcanzarse la igualdad. Una vez agotadas las reservas, estos resultados negativos se consideran déficit, al sobrepasarse el punto de marchitamiento del suelo. Esta metodología se aplica tanto al secano como al regadío, sumándose, en este caso, las precipitaciones y el aporte de riego y operando de forma análoga a la descrita. Al final de cada cultivo, se arrastra la reserva de agua del suelo al siguiente cultivo. El «coeficiente de cultivo» del terreno desnudo se ha estimado en 0,1 según se deduce de los coeficientes de cultivo de las fases iniciales.

El rendimiento relativo de los distintos cultivos en secano y regadío se ha calculado según la metodología expuesta en Doorenbos y Kassam (1986), aplicando las limitaciones climáticas (déficit hídrico) a los períodos del ciclo del cultivo críticos, ya que la limitación de agua no se produce homogéneamente a lo largo del mismo. Las dotaciones de riego se han estimado sobre la base de los datos proporcionados por investigadores del CIDA de Granada (para cultivos de los años setenta) y a la Comunidad de Regantes de Santa Fe. El número de riegos se ha establecido a partir de las mismas fuentes y comunicaciones orales de agricultores de la zona. Para cultivos del siglo XIX, se han elegido los datos aportados por la Junta Consultiva Agronómica (1916), que describe el estado hidrológico de la agricultura española y que especifica número y dotación de riegos para los cultivos de la época. Finalmente, las sucesiones de cultivos de los años setenta (cuando las rotaciones como tales habían dejado de practicarse) se han diseñado en función de los datos que aparecen en el *Mapa de cultivos y aprovechamientos. Granada, hoja 1009 E 1:50.000* (MAPA, 1975) y la tesis doctoral de M.<sup>a</sup> del Carmen Ocaña, *La Vega de Granada* (1974).

### 4. El agua en la agricultura orgánica tradicional

A mediados del siglo XVIII y según refiere el Catastro de Ensenada, los cultivos dominantes eran los típicos de la trilogía mediterránea y tenían como orientación principal el autoconsumo dada la penuria de las comunicaciones y el relativo aislamiento de unas poblaciones respecto a otras (Morell y Terry, 1888). De las poco más de tres mil hectáreas de suelo útil para las actividades agrarias no inundado o sometido a las frecuentes avenidas del río Genil, Santa Fe poseía casi un 70% de superficie cultivada (2.697 ha), de la que sólo 288 ha tenían posibilidades de ser regadas con regularidad. El resto se repartía entre las fincas que tenían una dotación insuficiente (riego eventual), de las que luego hablaremos, y unas

1.128 ha de secano. En estas últimas predominaba la típica rotación al tercio, sembrándose indistintamente trigo o cebada para consumo humano o de los animales de labor. El sistema en su conjunto mostraba un alto grado de integración, dedicándose las partes bajas del pueblo al regadío donde se producían alimentos y un pequeño excedente de plantas textiles que servían para la exportación; las zonas en las que la pendiente dificultaba la llegada del agua se dedicaban a la producción en secano de cereales para consumo humano y de los animales de labor; finalmente, en la parte más alta del término municipal, existía una dehesa de casi 400 ha dedicada al descanso del ganado. Tanto los cereales en secano, los residuos en regadíos como las hierbas de la dehesa permitían mantener una relativamente numerosa cabaña ganadera (2.609 cabezas) con la que era posible practicar el cultivo más intensivo en las tierras mejor dotadas de agua.

En cualquier caso, los rendimientos medios de este sistema integrado no eran muy considerables y en ningún caso podían competir con los obtenidos por las agriculturas del norte de Europa (5 y 6 hl de trigo o 10-11 hl de cebada por hectárea en el secano, frente a los 33 hl de trigo de Dinamarca o los 24 de Holanda o 25 de Bélgica, según Simpson (1996). Estas significativas diferencias fueron tradicionalmente consideradas como prueba inequívoca del atraso de la agricultura meridional y de la ineficiencia de las prácticas agrícolas tradicionales, guiadas por la rutina y la desidia más que por el espíritu de superación y el interés individual. Sin embargo, las razones de tan bajos rendimientos deben buscarse en las fuertes limitaciones ambientales a que estaban sometidos los agroecosistemas semiáridos del sur peninsular, de los que Santa Fe constituye un buen ejemplo.

Cuadro 14.3

BALANCE HÍDRICO DEL TRIGO.  
CONDICIONES DE SECANO DE SANTA FE (GRANADA)  
(DATOS REFERIDOS AL CICLO DEL CULTIVO EXPRESADOS EN mm)

Mes	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	TOTAL
Precipitación	26	55	45	40	32	38	28	17	280
ETc	6	12	17	21	103	148	185	35	527
ETRc	6	12	17	21	103	66	28	17	270
Variación R.	20	43	28	10	72	29			
Reserva	20	63	90	100	29				
Excedente				9					9
Déficit						82	157	18	257

ETc: evapotranspiración máxima del cultivo.

ETRc: evapotranspiración real del cultivo.

R: reserva del suelo.

Nota: Ciclo del trigo en Santa Fe: mediados de noviembre a junio.

El balance hídrico de la rotación que se practicaba en el secano santafesino (trigo o cebada/erial/barbecho blanco) y que era tan común en los campos meridionales, arroja algunos datos de interés. En el caso del trigo al tercio (cuadro 14.3), el cultivo sufría estrés hídrico a partir del mes de abril, en que se daban las fases más críticas para el rendimiento final (floración y llenado del grano). El rendimiento relativo calculado, teniendo en cuenta este hecho, se debió situar en un 60% del rendimiento máximo obtenible si no existieran limitantes hídricos. El cálculo del balance hídrico de los años de erial y barbecho siguientes nos indica que no debió existir un efecto de acumulación de reservas de agua significativo que paliara el déficit primaveral indicado. Sólo podría haber influido en los primeros meses de su desarrollo, cuando las necesidades hídricas del trigo estaban cubiertas suficientemente. En cualquier caso, el balance también muestra que de marzo a noviembre no existían excedentes algunos de agua y que en los meses de mayo, junio, julio y agosto se producían incluso déficits importantes. Ello quiere decir que sin las enmiendas hídricas no era posible cultivar plantas de ciclo primaveral o veraniego. Las condiciones ambientales de la zona sólo permitían cultivos de invierno y con la limitación añadida que significaba la escasez de precipitaciones en los períodos críticos del cultivo.

En cualquier caso, el balance muestra algo que intuíamos: el agua constituyó el factor limitante principal de los rendimientos. La falta de precipitaciones suficientes limitó la producción de biomasa por hectárea. A ello debe añadirse la falta crónica de nutrientes (González de Molina y Pouliquen, 1996), efecto inducido también por la falta de humedad, que reducía aún más los rendimientos reales y obligaba a dejar la tierra sin cultivar durante dos años. No puede sostenerse, pues, la vieja idea de una agricultura ineficiente, responsable del atraso o del estancamiento de la agricultura, tal y como mantiene aún buena parte de nuestra historiografía económica (Prados, 1992; Simpson, 1992; Tortella, 1994; Fusi y Palafox, 1997), sino de la existencia de fuertes limitaciones ambientales para practicar una agricultura como la del norte húmedo europeo. En otro trabajo (González de Molina, 1998), hemos destacado la imposibilidad material de generalizar en el sur de la península rotaciones como las que protagonizó la revolución agrícola en los Países Bajos o Inglaterra.

Es más, la pretendida ineficiencia del labrador o del campesino andaluz no se sostienen si se realiza un análisis mínimo de sus prácticas culturales. Constituían éstas una adaptación empírica a la falta de precipitaciones y a las carencias estacionales de humedad para paliar en lo posible su incidencia en los períodos críticos del cultivo. El cruce entre el balance hídrico (cuadro 14.3) realizado para los cereales al tercio con barbecho blanco y el tipo y calendario de las labores que se le practicaban, demuestran tal adap-



tación. Al trigo de secano se le daban generalmente dos escardas que teóricamente tenían como objetivo la eliminación de malas hierbas. La primera de ellas se realizaba en los meses de febrero o marzo, y la segunda, entre los meses de abril-mayo, siempre en función del régimen de precipitaciones y la evolución del cultivo. El primer período coincidía con una fase en que el cultivo se encontraba casi cerrado y en que comenzaban a debilitarse las reservas hídricas del suelo. Ello permitía, por un lado, comenzar la fase de encañado (crítica) sin la competencia de las malas hierbas por el agua y dejar la superficie del suelo «preparada» para poder absorber lo más rápidamente posible las aguas de primavera. La segunda fecha de escarda tenía básicamente la misma función, si bien la eliminación de malas hierbas debía prevenir también la interferencia de éstas en la recolección. El efecto mecánico de la escarda sobre la superficie del suelo consistía básicamente en romper la costra formada al humedecerse y evitar las pérdidas de agua por capilaridad. De esta forma, el agua quedaba retenida a pocos centímetros de la superficie y no podía ascender y evaporarse. Es de suponer que el conocimiento local, muy específico del lugar, permitiría decidir con precisión las fechas adecuadas para controlar la competencia por el agua de las malas hierbas y las pérdidas por evaporación, ello a la vista de las precipitaciones del año y la evolución del cultivo y las malas hierbas acompañantes.

En este sentido merece la pena detenerse un momento a valorar la práctica tan habitual del barbecho. Considerada como el paradigma de la

Cuadro 14.4

BALANCE HÍDRICO DEL SISTEMA DE CULTIVO HABAS/TRIGO BAJO CONDICIONES DE SECANO. ALTERNATIVA HIPOTÉTICA AL BARBECHO BLANCO. DATOS EN mm. SANTA FE (GRANADA)

Mes	Habas año 1.º											Trigo 2.º año								
	Nov.	Dic.	ENE.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	ENE.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.
Precipitación	53	55	45	40	32	38	28	17	5	3	16	39	53	55	45	40	32	38	28	17
ETc	12	12	17	26	121	144	177	115	26	24	18	9	7	12	17	21	103	148	185	35
ETRc	12	12	17	26	121	48	28	17	5	3	16	9	7	12	17	21	103	66	28	17
Variación R.	41	43	17	90	11							30	46	24		72	29			
Reserva	41	84	100	100	11							30	76	100	100	100	29			
Excedente			11	14									18	28	19					
Déficit						96	149	98	21	21	2							82	157	18

ETc: Evapotranspiración máxima del cultivo.

ETRc: Evapotranspiración real del cultivo.

ETc se calcula en función de la ET<sub>0</sub> y el coeficiente de cultivo kc en cada período del cultivo.

R: reserva del suelo.

extensividad del cultivo, se le ha asociado con el desinterés de los propietarios o con la falta de capitales y mano de obra suficiente para cultivar la tierra, como un símbolo del atraso. Pero el barbecho es, como hemos demostrado en otro lugar<sup>3</sup>, ante todo una práctica agronómica absolutamente necesaria en agroecosistemas con baja dotación de nutrientes o con escasa capacidad de importarlos de fuera. No obstante, creemos que la falta de humedad no incidió directamente sobre la necesidad de barbechar sino de manera indirecta, reduciendo la biomasa total que a través de los convertidores biológicos disponibles (población humana y cabaña ganadera) podía transformarse en nutrientes (estiércol) con que compensar las extracciones que el cultivo de cereales realizaba en cada ciclo anual. Otros autores (Schlegel y Havlin, 1997; Garrabou *et al.*, en este mismo volumen) han sugerido la posibilidad de que el barbecho constituyese también una necesidad hídrica.

Sin embargo, el balance hídrico que hemos realizado para una rotación hipotética de trigo/habas, la más frecuente en los ruedos de los pueblos andaluces de entonces, demuestra que al menos en las condiciones ambientales de Santa Fe y lugares agroclimáticamente semejantes, una rotación bianual de cereales y leguminosas de ciclo invernal, que proporcionaba el N<sub>2</sub> suficiente como para aumentar los rendimientos del trigo, era posible sin menoscabo teórico de las disponibilidades de humedad para los momentos críticos de su ciclo. Según podemos ver en el cuadro 14.4, aunque al comienzo del cultivo del trigo tras un cultivo de habas grano el nivel de reservas no se situaría en el máximo, éstas se recuperarían durante el período de recarga otoñal, de tal manera que los períodos críticos de demanda del trigo sufrirían el mismo estrés hídrico que si se hubiese practicado el barbecho<sup>4</sup>. En general, cualquier otra leguminosa mediterránea de cultivo habitual (garbanzo, lenteja, veza) arrojaría resultados similares, ya que la recolección se realizaría como muy tarde en agosto y la recarga de reservas de otoño marcaría el ciclo posterior del trigo. De hecho, cuando en los años setenta el uso de fertilizantes químicos estaba suficientemente extendido, las rotaciones (o secuencias de cultivos, para ser precisos) más habituales en secano fueron trigo/girasol o habas/trigo/cebada; en los balances correspondientes (cuadros 14.5 y 14.6) se puede apreciar la misma limitación hídrica, impuesta por el régimen climático y no por la naturaleza de la rotación o secuencia de cultivos.

<sup>3</sup> Véanse los trabajos contenidos en GARRABOU, R. y J. M. NAREDO (1996) entre el que se incluye el nuestro (GONZÁLEZ DE MOLINA, M. y Y. POULIQUEN, 1996).

<sup>4</sup> El balance hídrico se inicia considerando que las reservas del suelo son 0 mm al inicio del cultivo de las habas, lo cual no se corresponde con la realidad, ya que en el mes de octubre se produce una primera acumulación de reservas; ello no influye en las estimaciones posteriores en los períodos críticos de demanda. Igual consideración cabe hacer a los datos del cuadro 14.3, en que las reservas del suelo al comienzo del ciclo del trigo serían 80 mm después del año de barbecho.

Cuadro 14.5

BALANCE HÍDRICO DEL CULTIVO DE TRIGO/GIRASOL.  
CONDICIONES DE SECANO DE SANTA FE (GRANADA). DATOS EN mm

Mes	Girasol										Trigo										
	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.
Precipitac.	26	55	45	40	32	38	28	17	5	3	16	39	26	26	55	45	40	32	38	28	17
ETc	2	2	2	3	59	121	218	176	64	24	18	9	2	6	12	17	21	103	148	185	35
ETRc	2	2	2	3	59	110	28	17	5	3	16	9	2	6	12	17	21	103	66	28	17
Variac. R.	24	52	24		28	73					30	24	20	43	28	10	72	29			
Reserva	24	76	100	100	73						30	54	20	63	90	100	29				
Excedente			19	37												10					
Déficit						10	190	159	59	21	2							82	157	18	

ETc: evapotranspiración máxima del cultivo.

ETRc: evapotranspiración real del cultivo.

R: reserva del suelo.

Las razones del barbecho, en Andalucía oriental al menos, deben buscarse en las limitaciones de nutrientes, limitación que la fijación de N<sub>2</sub> realizada por la leguminosa no lograba compensar. Quizá porque (y ésta es una hipótesis que habría que verificar para suelos concretos mediante un balance de nutrientes para una alternancia de trigo/leguminosas en secano y sin aporte externo de estiércol) era el fósforo y no el nitrógeno el auténtico factor limitante a medio y largo plazo. Se explicaría así más fácilmente que los rendimientos del trigo aumentaran en cuanto los campesinos lograron acceder, a comienzos de esta centuria, a la fertilización con superfosfatos. Ello sugiere, por tanto, que una rotación con leguminosas era factible en condiciones de secano y bajas precipitaciones; sólo que estaba limitada a determinados terrenos (ruedos) que tenían fácil acceso a la fertilización con estiércol (González de Molina, 1998).

No obstante, la producción en secano podía crecer sensiblemente mediante un adecuado suministro de agua, es decir, mediante irrigación. Esta práctica, tan antigua en la Vega de Granada (Al-Mudayna, 91; Malpica, 1997; Bolens, 1994), no era posible, sin embargo, en todos los lugares. En una economía que tenía el sol como principal fuente de energía y que, por tanto, sólo podía utilizar la biomasa o la fuerza del viento o el agua para conducirla (Wrigley, 1988; Pfister, 1990), las posibilidades de riego estaban determinadas por la existencia de cursos de agua más o menos caudalosos y de pendientes más o menos pronunciadas que la hicieran fluir con la fuerza suficiente. De esa manera, el riego en sociedades orgánicas tenía que basarse en la gravedad y, en muy escasa medida, en la elevación del subsuelo mediante sistemas accionados por el aire (molinos), la propia agua o motores de sangre (norias). Para este tipo de regadíos, la

Cuadro 14.6

BALANCE HÍDRICO DE LA ROTACIÓN HABAS/TRIGO/CEBADA.  
CONDICIONES DE SECANO DE SANTA FE (GRANADA).  
DATOS EN mm

Mes	Habas												
	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	
Precipitación	53	55	45	40	32	38	28	17	5	3	16	39	
ETc	12	12	17	26	121	144	177	115	26	24	18	9	
ETRc	12	12	17	26	121	48	28	17	5	3	16	9	
Variación R.	41	43	17		90	11						30	
Reserva	41	84	100	100	11							30	
Excedente			11	14									
Déficit								96	149	98	21	21	2

Mes	Trigo												
	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.
Precipitación	53	55	45	40	32	38	28	17	5	3	16	39	53
ETc	7	12	17	21	103	148	185	35	26	24	18	9	3
ETRc	7	12	17	21	103	66	28	17	5	3	16	9	3
Variación R.	46	24			72	29						30	50
Reserva	76	100	100	100	29							30	80
Excedente		18	28	19									
Déficit								157	18	21	21	2	

Mes	Cebada										
	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.
Precipitación	55	45	40	32	38	28	17	5	3	16	39
ETc	8	17	21	97	135	176	111	39	24	18	9
ETRc	8	17	21	97	72	28	17	5	3	16	9
Variación R.	20			66	35						30
Reserva	100	100	100	35							30
Excedente	26	28	19								
Déficit					63	148	94	34	21	2	

ETc: evapotranspiración máxima del cultivo.

ETRc: evapotranspiración real del cultivo.

R: reserva del suelo.

Vega de Granada tenía ciertas ventajas derivadas de su localización al pie de Sierra Nevada, donde las aguas nivales y el conjunto de las precipitaciones que recogía la cuenca hacían fluir no sólo ríos relativamente caudalosos como el Genil, el Darro, Dílar, Cubillas, Velillos, etc., sino que recargaban un importante acuífero subterráneo<sup>5</sup>, cuyo nivel freático provocaba abundantes surgencias repartidas por toda la superficie de la Vega, especialmente en las zonas más bajas.

No obstante, regadíos «orgánicos» como los que estamos comentando estaban sometidos a fuertes limitaciones en el caudal y en su distribución a lo largo del año, debido a la irregularidad y fuerte estacionalidad de las precipitaciones, de la alta evaporación y de la escasa escorrentía que reducía considerablemente los recursos hídricos disponibles. En el caso que estudiamos, los regadíos se habían organizado para contrarrestar al máximo tales limitaciones. Las aguas que regaban Santa Fe provenían de dos fuentes principales: de las traídas por el río Genil y las proporcionadas por varias surgencias, denominadas «ojos» o «madres», del acuífero subterráneo y que suponían una dotación complementaria de vital importancia al estar menos sometidas tales fuentes a las oscilaciones veraniegas del caudal. El Genil dividía las tierras regadas del término en dos zonas diferenciadas: la parte derecha, regada por el Caz de Jotáyar que captaba aguas de

<sup>5</sup> El Instituto Geológico y Minero de España (IGME) describe de esta manera el mencionado acuífero: «[...] se extiende a ambos márgenes del río Genil, entre las localidades de Cenes de La vega y Láchar; corresponde al depósito aluvial de dicho río y de sus afluentes de cabecera, los ríos Dílar, Monachil, Darro, Beiro, Cubilla y Velillos. Este depósito aluvial, que ocupa una superficie próxima a los 250 km<sup>2</sup>, está constituido mayoritariamente por alternancias de gravas, arenas y limos; no obstante, hacia los bordes del acuífero son frecuentes las intercalaciones arcillosas [...] El acuífero que se describe presenta una forma alargada según un eje de dirección E-W de unos 22 km de longitud por 8 de eje menor. La potencia del mismo llega a superar los 250 m en el sector centro-oriental, bajo el cauce del río Genil, y disminuye hacia los bordes del acuífero [...] Las oscilaciones piezométricas interanuales son mínimas, indicativas de un sistema acuífero de gran inercia, aunque los hidrogramas de las zanjas de drenaje (Madres) proporcionan una imagen un tanto distorsionada de la realidad. A escala estacional se observa subidas generalizadas de nivel en invierno-primavera, seguidas de bajadas, en algunos casos muy notables, en los meses de verano, ligadas todas ellas a la intensa extracción a que está localmente sometido el acuífero [...] Las reservas hídricas, calculadas a partir de la cubicación aproximada del acuífero saturado, se suponen próximas a los 2.000 hm<sup>3</sup>. Los recursos medios renovables están próximos a los 230 hm<sup>3</sup>/año [...] La alimentación del acuífero procede mayoritariamente de la infiltración de las aguas de escorrentía superficial que acceden a la Vega de Granada desde una cuenca vertiente de 2.900 km<sup>2</sup>. La infiltración se ve favorecida por la irrigación a través de una densa red de acequias, derivadas de los cursos superficiales. Se calcula que por este concepto el acuífero recibe anualmente un volumen de agua de aproximadamente 190 hm<sup>3</sup>. Otras partidas minoritarias de alimentación son las procedentes de la infiltración de la lluvia útil sobre la superficie (30 hm<sup>3</sup>) y de las aportaciones ocultas procedentes de acuíferos limítrofes (12 hm<sup>3</sup>). La descarga de toda esta alimentación tiene lugar fundamentalmente a través de salidas por manantiales («madres» de la Vega de Granada) y de emergencias difusas a los ríos Genil y Cubillas, aguas debajo de las poblaciones de Fuente Vaqueros y Valderrubio, respectivamente, todo ello en el sector occidental del acuífero. Se calcula una descarga anual, por este concepto, próxima a los 190 hm<sup>3</sup>. A grandes rasgos, el resto de la descarga correspondería a la explotación neta a que está sometido el acuífero». Las últimas evaluaciones del IGME cifran esta explotación neta (sin incluir retorno) en 32 hm<sup>3</sup>/año (IGME, 1990, p. 56).

acuífero a través de «Las Madres del Rao» y en la que se asentaba una parte menor de la superficie irrigada, y la margen izquierda, donde se situaba el resto. El aporte fundamental provenía de la derivación de las aguas que traía el mencionado río y que eran captadas en las presas Real, Tercio y en la existente en el Puente de las Canales, situadas aguas arriba, poco antes de llegar a la ciudad. En dichas presas se situaban tres tomaderos que proporcionaban el agua a otras tantas acequias principales: Real, Gorda y Macho, que se bifurcaban a su vez en una tupida red de brazales y de acequias secundarias. Los regadíos de la margen izquierda se completaban con la acequia principal y acequias secundarias que conducían el agua de los «Ojos de Viana» (450 l/s a finales de los años sesenta), otra surgencia situada en la parte este del término, muy cerca del río. Junto a estas fuentes consolidadas, el regadío de Santa Fe disfrutaba de los sobrantes de las acequias que regaban las tierras de los dos pueblos situados inmediatamente por encima, Purchil y Ambroz. Tales aguas se encauzaban por las acequias del Tercio y Alta y regaban sólo ocasionalmente los pagos altos, dedicadas al cultivo asociado de olivar y viña. Cuando las aguas dejaban de discurrir por el cauce del Genil («a la altura del cruce del Beiro» o «a la altura del Bado de Málaga»), cosa que sucedía con frecuencia sobre todo en el verano, Santa Fe gozaba de un privilegio Real, desde el mismo momento de su fundación, por el cual se podía captar todas las aguas de las acequias de Granada (Gorda, Terramonta y Arabyleila, situadas a una cota más alta) desde el mediodía del viernes al mediodía del domingo de cada semana, derecho denominado de *Alquézares*. Cuando la presa Real no podía desviar hacia la red de acequias el agua suficiente, se poseía el derecho de captar dos quintas partes de las aguas que llevara la Acequia Gorda, una de las principales de la vega en su conjunto, derecho este denominado de *Quintos*<sup>6</sup>.

El transporte se realizaba por medio de acequias de tierra con una anchura que oscilaba entre el metro y el metro y medio y una longitud

<sup>6</sup> Así describe tales derechos los estatutos y ordenanzas de la Comunidad de regantes de la Ciudad y Tierras de Santa Fe en su artículo 3: «Los Alquézares y Quintos tienen su origen en la distribución de aguas que hicieron los árabes para fertilizar la Vega de Granada y que después sancionaron los Reyes Católicos; distribución que determinó el derecho nunca por nadie interrumpido que tiene la Ciudad de Santa Fe y su Vega, que representa hoy el antiguo pago del Gosco, a usar según usos y costumbres en el modo de pedirlos y aprovecharlos todas las semanas durante 48 horas, o sea, desde las 12 del viernes hasta igual hora del domingo, todas las aguas de las cinco acequias principales de la capital referida, en concepto de Alquézar. El derecho llamado de los Quintos consiste en que cuando la Presa real de Santa Fe no permite discurrir hacia abajo las aguas del río Genil porque todas estas puedan introducirse en el caz que posee esta comunidad, tiene facultad y derecho reconocido esta misma comunidad para tomar por el bocal llamado de los Quintos, situado delante del puente que da paso a la acequia Gorda por bajo del río Beiro en término de Granada, dos quintas partes de todas las aguas que lleva la misma acequia Gorda, derecho que únicamente cesa cuando discurren por el río Genil más aguas de las que puede contener la Presa real y recibir el caz de Santa Fe, o cuando esta ciudad hace uso de los alquézares semanales».

variable, que fue creciendo a medida que se amplió la superficie regada. Una vez en finca, se regaba «a manta», previa nivelación de la parcela y realización de las «tasquivas» que dirigían el agua dentro de la misma e impedían su paso a la siguiente. De acuerdo con la pendiente, se fragmentaba la parcela mediante caballones para evitar una distribución irregular. En cualquier caso, la disponibilidad de agua es la que determinaba las posibilidades de riego y su carácter eventual o constante. La «eventualidad» ha sido interpretada de dos maneras diferentes: precariedad en las dotaciones o precariedad en los derechos de riego. Desde nuestro punto de vista, la acepción más correcta es esta última ya que la precariedad de las dotaciones era tan generalizada que normalmente afectaba, unos años más que otros bien es verdad, a los riegos constantes. Quien poseía el derecho de regar eventualmente era aquel labrador que podía utilizar sólo «las aguas sobrantes» de otros labradores con mejores y más estables derechos y dotaciones, normalmente situados aguas arriba. Es el caso de las aguas sobrantes del sistema de acequias de Purchil y Ambroz, que como hemos visto eran introducidas por las acequias del Tercio y Alta y regaban los pagos más altos del municipio, teniéndose que dedicar —dada la escasez de los sobrantes— a cultivos leñosos asociados (olivar y vid) o a cultivos de cereal en año y vez. El caso contrario es el representado por los derechos de «Quintos» y «Alquézares» que permitieron calificar de constantes muchos de los riegos santafesinos.

Pero los riegos constantes, aquellos que poseían un derecho consolidado y estaban situados en aquellas zonas más cercanas a las acequias principales, no disponían de un suministro regular durante todo el año. La inexistencia de grandes presas —imposibles de realizar con la tecnología disponible— que regularan el caudal durante el año imponía fuertes estiajes tanto en el propio río como en las acequias; todo ello cuando aún no se había podido encauzar ni el propio río Genil que muchas veces discurría por encima de las tierras de labor inundándolas e inutilizándolas para el cultivo. Incluso las surgencias, cuya pertenencia al «embalse subterráneo» (acuífero) permitía mejorar las dotaciones, estaban también sujetas a una disminución significativa de los caudales. De esa manera, los regadíos tradicionales de Santa Fe, tal y como estaban organizados a mediados del siglo XVIII, sufrían la escasez veraniega que imponía el período seco.

Ello limitaba la siembra de determinados cultivos y la práctica de determinadas rotaciones. Las posibilidades de diversificación productiva —lo que ha sido visto como un signo inequívoco de modernidad— dependía más del medio ambiente que del afán de los agricultores. El carácter «extensivo» que a primera vista tenían los cultivos en las zonas regadas (cereales y leguminosas sobre todo) respondía no a las coordenadas típicas del atraso, sino a la existencia de fuertes condicionamientos ambientales. Por ejemplo, las

segundas cosechas o «segundos frutos» no eran físicamente posibles más que en unas cuantas hectáreas con la dotación hídrica suficiente<sup>7</sup>. Ésta es la razón por la que los regantes habían adoptado desde antiguo el sistema de riego llamado «de turno y tanda» en los momentos en que comenzaba a escasear el agua. Durante el otoño y el invierno, el uso era discrecional, en tanto que con la llegada de la primavera comenzaban las dificultades de aprovisionamiento y se establecía el mencionado sistema de turno y tanda. Éste consistía en el establecimiento de un orden riguroso de riego que impedía la repetición del mismo hasta que la parcela situada en la parte más distante de la acequia o brazal no lo hubiera hecho<sup>8</sup>. Esta práctica, que continuó realizándose hasta hace muy poco tiempo, constituía en realidad una adaptación a la escasez estival y una forma de distribuir de manera más o menos equitativa el poco agua existente entre todos los partícipes con derecho consolidado (riego constante). En cualquier caso, el agua era aún gratuita, no era todavía un «bien económico» (Naredo, 1998), y sólo se pagaban los gastos de limpieza y reparación de la infraestructura.

No es de extrañar, pues, que a mediados del siglo XVIII, cuando el objetivo principal de la agricultura santafesina era aún el autoabastecimiento, las hectáreas con derechos a riego constante no pasaran de 288. En el riego eventual se practicaban rotaciones en las que alternaba el barbecho con el cereal (1.281 ha) y, por tanto, poco exigentes en agua. En el riego constante, las rotaciones eran más intensivas y en ellas tenían cabida

<sup>7</sup> En este sentido, un informe realizado por peritos expertos para la Diputación Provincial en 1840, venía a decir lo siguiente: «que las tierras de esta vega y especialmente las que están inmediatas al río Genil, no tienen toda el agua necesaria para la crianza de un fruto y que, por ello, los labradores que las cultivan se privan de echar maíces y frutos tardíos en las referidas tierras, porque apenas pueden regar y sacar los primeros frutos en la primavera, pues luego que llega el estío queda enteramente seco el expresado río Genil desde el bado de Churriana para abajo, porque las acequias y presas que hay colocadas y abiertas antes de llegar a dicho punto absorben toda la poca agua que trae». Archivo Histórico Provincial, sección Aguas, legajo 1773.

<sup>8</sup> Así lo describe M.<sup>a</sup> Carmen OCAÑA (1974, 181-182): «Se establece en primer lugar un tandeo entre los distintos pagos. El tandeo suele ser corto, la tanda más frecuente es la semana, dividida en una serie de dulas que adoptan los nombres de los días de la semana en que son utilizadas. Luego dentro de cada pago se establece además un turno riguroso, y sus tierras se riegan rigurosamente de cabeza a cola, según su posición topográfica y la orientación de los brazales de riego. El agua no puede retroceder ni aun dentro de una misma propiedad; de igual modo, si se determina el tiempo asignado en la tanda a un pago y en él no se ha podido regar la totalidad de sus tierras, el agua pasa al pago siguiente, pero en la próxima tanda comenzará a regarse en aquel punto en que quedó suspendido, y sólo cuando termine comenzará de nuevo por la cabecera. De este modo, aunque el tandeo sea corto el ciclo que puede dos riegos consecutivos puede hacerse mucho más largo. Por último, el turno y tanda supone una restricción general en el uso del agua, así se suspenden gran parte de los riegos eventuales, se prohíbe el encharcamiento de las tierras, utilizado tradicionalmente como abonado, y también se limita el número de albercas, etc. En ocasiones, ni esta utilización racional es suficiente para mantener unos riegos con normalidad en las tierras de riego fijo. Cuando la escasez alcanza este grado, se establecen unos turnos extraordinarios dentro de cada pago. Normalmente no están decididos de antemano, sino que se establecen cuando llega la ocasión. La única solución es reducir las zonas regadas; la forma de hacerlo puede variar, o bien se reduce en todas las propiedades en una cantidad proporcional a la extensión o bien se establece una prelación atendiendo a los frutos».

plantas con ciclos de primavera-verano. La rotación tipo era de cuatro años, sucediéndose por este orden: habas-trigo (2.<sup>a</sup> cosecha de mijo)-lino-trigo (cuadro 14.7); o también melones (2.<sup>a</sup> cosecha de mijo)-trigo-trigo-lino. En cualquier caso, la segunda cosecha dependía de la abundancia de precipitaciones del año en cuestión y sólo era posible en las tierras con mejores dotaciones. La frecuencia con la que se repetía el lino dependía de la abundancia de nutrientes y de las escasas posibilidades agronómicas de repetir el cultivo, pero dependía también de la escasa dotación de agua de que se disponía por lo general desde mayo hasta su recolección en julio.

Cuadro 14.7

BALANCE HÍDRICO DE LA ROTACIÓN HABAS/  
GRANO/TRIGO/LINO/TRIGO. BAJO CONDICIONES DE REGADÍO  
DE SANTA FE (GRANADA). MEDIADOS DEL SIGLO XVIII

<i>Habas</i>												
Mes	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.
Precipitación	53	55	45	40	32	38	28	17	5	3	16	39
Riego					53	53	53	53				
ETc	12	8	17	21	121	144	218	164	48	24	18	9
ETRc	12	8	17	21	121	144	90	69	5	3	16	9
Variación R.	41	47	12		37	54	9					30
Reserva	41	88	100	100	63	9	0					30
Excedente			15	19								
Déficit							129	95	43	21	2	

<i>Trigo</i>												
Mes	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.
Precipitación	53	55	45	40	32	38	28	17	5	3	16	39
Riego						50	50					
ETc	7	12	17	21	103	148	185	35	26	24	18	9
ETRc	7	12	17	21	103	116	78	17	5	3	16	9
Variación R.	46	24			72	29						30
Reserva	76	100	100	100	29							30
Excedente		18	28	19								
Déficit						32	107	18	21	21	2	

ETc: evapotranspiración máxima del cultivo.  
ETRc: evapotranspiración real del cultivo.  
R: reserva del suelo.

Cuadro 14.7 (continuación)

BALANCE HÍDRICO DE LA ROTACIÓN HABAS/  
GRANO/TRIGO/LINO/TRIGO. BAJO CONDICIONES DE REGADÍO  
DE SANTA FE (GRANADA). MEDIADOS DEL SIGLO XVIII

<i>Lino</i>												
Mes	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.
Precipitación	53	55	45	40	32	38	28	17	5	3	16	39
Riego						50	100	100				
ETc	3	2	2	6	59	116	205	199	109	24	18	9
ETRc	3	2	2	6	59	116	173	117	5	3	16	9
Variación R.	50	20			28	28	45					30
Reserva	80	100	100	100	73	45						30
Excedente		32	43	34								
Déficit								32	82	104	21	2

<i>Trigo</i>												
Mes	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.
Precipitación	53	55	45	40	32	38	28	17	5	3	16	39
Riego						50	50					
ETc	7	12	17	21	103	148	185	35	26	24	18	9
ETRc	7	12	17	21	103	116	78	17	5	3	16	9
Variación R.	46	24			72	29						30
Reserva	76	100	100	100	29							30
Excedente		18	28	19								
Déficit								32	107	18	21	2

ETc: evapotranspiración máxima del cultivo.  
ETRc: evapotranspiración real del cultivo.  
R: reserva del suelo.

En otras palabras, el cultivo de lino, pese a su rentabilidad y a no necesitar agua en los meses críticos de agosto y setiembre por estar fuera de cosecha, no podía cultivarse más frecuentemente sino con una dotación mayor de agua.

En otro lugar (González de Molina y Pouliquen, 1996), hemos descrito el proceso mediante el cual la Vega de Granada protagonizó lo que algunos han dado en calificar como una verdadera «revolución agrícola». La demanda de velámenes y cordelería para la Armada Real y el proteccionismo dispensado por la Corona a las producciones de fibras textiles de la mencionada vega a partir de los años ochenta del siglo XVIII, deter-

Cuadro 14.8

BALANCE HÍDRICO DE LA ROTACIÓN HABAS/GRANO/CÁÑAMO/  
TRIGO/TRIGO/LINO/TRIGO. CONDICIONES DE REGADÍO DE  
SANTA FE (GRANADA). MEDIADOS DEL SIGLO XIX. DATOS EN mm

Mes	Habas											
	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.
Precipitación	53	55	45	40	32	38	28	17	5	3	16	39
Riego					53	53	53	53				
ETc	12	8	17	21	121	144	218	164	48	24	18	9
ETRc	12	8	17	21	121	144	90	69	5	3	16	9
Variación R.	41	47	12		37	54	9					29
Reserva	41	88	100	100	63	9	0					29
Excedente			15	19								
Déficit							129	95	43	21	2	

Mes	Cáñamo											
	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.
Precipitación	53	55	45	40	32	38	28	17	5	3	16	39
Riego						50	50	100	150	50		
ETc	3	2	2	8	49	103	218	262	244	194	69	9
ETRc	3	2	2	8	49	103	95	117	155	53	16	9
Variación R.	50	21			18	65	17					30
Reserva	79	100	100	100	83	17						30
Excedente		31	43	32								
Déficit							123	145	89	140	53	

Mes	Trigo											
	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.
Precipitación	53	55	45	40	32	38	28	17	5	3	16	39
Riego						50	50					
ETc	7	12	17	21	103	148	185	35	26	24	18	9
ETRc	7	12	17	21	103	116	78	17	5	3	16	9
Variación R.	46	24			72	29						30
Reserva	76	100	100	100	29							30
Excedente		18	28	19								
Déficit						32	107	18	21	21	2	

ETc: evapotranspiración máxima del cultivo.  
ETRc: evapotranspiración real del cultivo.  
R: reserva del suelo.

Cuadro 14.8 (continuación)

BALANCE HÍDRICO DE LA ROTACIÓN HABAS/GRANO/TRIGO/  
TRIGO/LINO/TRIGO. CONDICIONES DE REGADÍO DE SANTA FE  
(GRANADA). MEDIADOS DEL SIGLO XIX. DATOS EN mm

Mes	Trigo											
	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.
Precipitación	53	55	45	40	32	38	28	17	5	3	16	39
Riego						50	50					
ETc	7	12	17	21	103	148	185	35	26	24	18	9
ETRc	7	12	17	21	103	116	78	17	5	3	16	9
Variación R.	46	24			72	29						30
Reserva	76	100	100	100	29							30
Excedente		18	28	19								
Déficit						32	107	19	21	21	2	

Mes	Lino											
	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.
Precipitación	53	55	45	40	32	38	28	17	5	3	16	39
Riego						50	100	100				
ETc	3	2	2	6	59	116	205	199	109	24	18	9
ETRc	3	2	2	6	59	116	173	117	5	3	16	9
Variación R.	50	20			28	28	45					30
Reserva	80	100	100	100	73	45						30
Excedente		32	43	34								
Déficit							32	82	104	21	2	

Mes	Trigo											
	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.
Precipitación	53	55	45	40	32	38	28	17	5	3	16	39
Riego						50	50					
ETc	7	12	17	21	103	148	185	35	26	24	18	9
ETRc	7	12	17	21	103	116	78	17	5	3	16	9
Variación R.	46	24			72	29						30
Reserva	76	100	100	100	29							30
Excedente		18	28	19								
Déficit						32	107	18	21	21	2	

ETc: evapotranspiración máxima del cultivo.  
ETRc: evapotranspiración real del cultivo.  
R: reserva del suelo.

minó una rápida e importante expansión del lino y el cáñamo. Al margen de la amplitud de su cultivo, la novedad residía en que se alternaron en una nueva rotación que estaría vigente hasta los años ochenta del siglo XIX. La secuencia era la siguiente: habas-cáñamo-trigo-trigo-lino-trigo (cuadro 14.8). La rotación respondía a un manejo que pretendía maximizar las oportunidades de mercado de acuerdo con las limitaciones ambientales. Es por ello que, salvo la leguminosa que tenía ante todo una función fertilizadora, se mezclaba cereal para consumo alimentario de alta demanda y mejor precio con cultivos intensivos en trabajo y asimismo de buena rentabilidad económica como el lino y el cáñamo. Como mostramos en el trabajo citado (González de Molina y Pouliquen, 1996), la introducción de esta nueva rotación necesitó una mayor aplicación de nutrientes (un 33% más de estiércol por ha y año) y acabó desequilibrando el balance territorial del agroecosistema, modificando la composición interna de la cabaña ganadera y generando un déficit crónico de fertilizantes orgánicos. Pero, como demuestra el cuadro 14.9, la rotación también trajo consigo un incremento de las aplicaciones de riego de aproximadamente un 17% (de 1.650 m<sup>3</sup>/año se pasó a 1.930); aumento que tuvo lugar precisamente en los meses con peor disponibilidad de agua: la terminación del ciclo del cáñamo —el nuevo cultivo de la rotación—, en setiembre hacía que los riegos más decisivos tuvieran lugar durante los meses de julio y agosto; en conjunto consumía tres riegos más que el lino, cuyo ciclo era semejante salvo en la maduración de la planta. La no coincidencia en el mismo año de nada más que la cuarta parte del regadío con los cultivos de más requerimientos, garantizaba la viabilidad hídrica de la rotación, adaptándose a las carencias del verano. El diseño de la rotación no sólo intentaba combinar cultivos para maximizar el aporte de nitrógeno y reducir las malas hierbas, sino también responder a las limitaciones hídricas del agroecosistema.

Cuadro 14.9

APORTE MENSUAL ESTIMADO DE AGUA EN LOS REGADÍOS CONSTANTES A PARTIR DE LAS ROTACIONES TIPO (1752-1970). DATOS EN mm

	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Aporte total medio anual
1750	13	51	63	38				166
1850	9	42	59	42	25	8		185
1900	18	34	80	63	46	46		287
1970	12	36	84	84	108	96	36	456

Pero la introducción de esta nueva rotación trajo consigo también la primera expansión y consolidación importante de las tierras regadas en Santa Fe. Como muestra el cuadro 14.10, las tierras con dotaciones de riego constante pasaron de 288 a 1.204 ha, multiplicándose por cuatro; las de riego eventual quedaron reducidas a menos de la mitad (de 1.281 a 534 ha), en tanto la superficie de secano quedó inalterada. Las posibilidades de ampliar los riegos a cotas más altas —lo que hubiera significado la reducción del secano— eran bastante escasas en esa época; hubo que esperar hasta la aparición y difusión de los motores accionados con electricidad para que fuera posible bombear el agua hacia las zonas altas del pueblo e irrigarlas y, sobre todo, que la construcción de un pantano de regulación y su correspondiente infraestructura hiciera posible la transformación en la segunda mitad de este siglo; pero de ello hablaremos más tarde. El caso es que, durante mucho tiempo, la manera más sencilla y rentable de «ampliar» la superficie efectiva de riego fue consolidando las dotaciones de los riegos constantes y, sobre todo, los derechos y dotaciones de los eventuales.

Cuadro 14.10

EVOLUCIÓN DE LOS USOS DEL SUELO (ha), 1752-1991

Uso	1752	%	1856	%	1904	%	1991	%
Riego constante	288	7,5	1.204	31,2	1.333	34,5	2.591	67,1
Riego eventual	1.281	33,2	534	13,8	464	12,0	—	—
Secano	1.128	29,2	1.225	31,7	1.239	32,1	691	17,9
Sup. cultivada	2.697	69,9	2.963	76,8	3.036	78,6	3.282	85,0
Dehesa/pastos	360	9,3	166	2,4	93	2,4	—	—
Pinar	—	—	—	—	—	—	210	5,4
SAU**	3.057	79,2	3.129	81,1	3.129	81,1	3.492	90,5
Uso urbano	*		*		*		149	3,8
Otros	803	20,8	731	18,9	731	18,9	219	5,7
TOTAL	3.860	100,0	3.860	100,0	3.860	100,0	3.860	100,0

\* Los datos correspondientes al uso urbano están incluidos en «otros».

\*\* Superficie agraria utilizada.

Fuente: Para 1752, el Catastro de Ensenada; para 1856, el Amillaramiento de la riqueza rústica de ese año; para 1904, la «Contestación del cuestionario agrícola remitido por el Gobierno Civil...», y para 1991, los datos recogidos en la Cámara Agraria de Santa Fe.

El proceso de consolidación de los regadíos constantes y la reconversión de los eventuales es un proceso mal conocido, quizá porque no requirió grandes obras hidráulicas, sino pequeñas ampliaciones y reparaciones, costeadas por los partícipes y coordinadas —hasta que no se constituyeron

los sindicatos o comunidades de regantes— por el ayuntamiento<sup>9</sup>. En cualquier caso, el análisis conjunto de la fertilización y de los aportes de agua sugieren que, pese a ser bastante escasa y repartirse mal a lo largo del año, el agua no constituía a mediados del siglo XIX el único factor limitante de la producción<sup>10</sup> en los regadíos, sino también la carencia estructural de fertilizantes orgánicos. Así parece demostrarlo la frecuencia con que se practicaba el *entarquinamiento* alberconado de la parcela con el objetivo de fertilizar con lodos, o la frecuencia con que se tenían que realizar cultivos de año y vez en regadíos constantes por falta de nutrientes, tal y como pudimos demostrar para el pueblo contiguo de Pinos Puente (Núñez Delgado y González de Molina, 1998). Dicho de manera más simple: la posibilidad de aumentar la superficie regada o de que registrase rendimientos más altos estaba limitada fuertemente por la carencia estructural de fertilizantes en las épocas del año en que no existía escasez de agua y por ésta cuando llegaba el verano: la escasez de estiércol limitaba las superficies en las que se podían practicar las rotaciones más intensivas (pero adaptadas a las carencias hídricas veraniegas como hemos visto) y la falta de agua en el verano limitaba el tipo de cultivos que podían formar parte de las rotaciones. Todo ello en el marco de una economía orgánica en la que las posibilidades de sustituir mano de obra por tracción animal o mecánica estaban severamente limitadas, de tal manera que la población y sus oscilaciones tenían mucho que ver con la producción y viceversa<sup>11</sup>.

Ello hace pensar que el crecimiento agrario tuvo necesariamente que ser escaso e incluso inexistente mientras que no se pudo importar de fuera del sistema los nutrientes, y vencer la falta de agua en verano. Los datos contenidos en el cuadro 14.11 muestran que los incrementos de la producción *per capita* fueron bastante modestos (de un tercio solamente) a

<sup>9</sup> Puede consultarse la abundante y minuciosa documentación que sobre aguas hay depositada en el Archivo Municipal de Santa Fe (legajos 579, 580 y 581) y en la sección de aguas del Archivo de la Diputación Provincial de Granada (ADPG), especialmente los legajos 1773, 1604, 2142, 2143, 2144, 2145, 2631, 2632, 2633 y 2634b. En esta documentación se recogen multitud de solicitudes de particulares al Ayuntamiento o a la Diputación pidiendo autorización para ampliar el tamaño de las presas, la anchura de las acequias o la apertura de nuevos brazales para regar superficies pequeñas. Por un presupuesto realizado en 1840 (ADPG, sección aguas, legajo 1773), sabemos que el coste de la construcción de una nueva presa y tomadero sobre el río Genil a la altura de Santa Fe y la correspondiente ampliación de las acequias (Macho y Alta), con las que se podían consolidar los riegos eventuales de unos 15 ó 16.000 marjales (800 ha) situados en los pagos altos (acequias Macho y Alta) tenía un coste presupuestado de 18.000 reales a pagar entre los beneficiarios. Se estimaba que la mejora en la dotación de agua supondría al menos la triplicación del valor del marjal (528 m<sup>2</sup>).

<sup>10</sup> Nos referimos a la posibilidad de expandir a más superficie la rotación de seis años o las diversas variantes que de ésta se practicaba en la Vega (OCAÑA, C., 1974) y que requerían grandes cantidades de estiércol por marjal (seis carros por ciclo).

<sup>11</sup> En otro lugar (GONZÁLEZ DE MOLINA, M., 1995) hemos realizado un estudio demográfico a fondo de Santa Fe en el que mostramos la falta de dinamismo de la población debido a las frecuentes epidemias y la adecuación entre el ritmo de crecimiento de ésta y las variaciones interanuales del tamaño superficial del regadío constante.

Cuadro 14.11

INDICADORES DEL CAMBIO AGRARIO, 1752-1904  
(EN REALES CONSTANTES)

Indicadores	1752	Incremento	1856	Incremento	1904	Incremento
Valor producto	516.255	100	1.404.702	272	3.830.108	741
Producción por habitante	216	100	288	133	540	250
Producción por activo agrario	938	100	993	106	1.367	145
Producción por hectárea	186	100	474	255	1.261	678
Tasa de crecimiento (%)	—	—	1,6	—	3,6	—

Fuente: Elaboración propia a partir de Catastro y Amillaramientos citados en el cuadro 14.10.

pesar de que la producción bruta por hectárea se multiplicó por 2,5. En resumidas cuentas, la lentitud inicial del crecimiento agrario (allá donde éste pudo darse, gracias a la relativa abundancia de agua) tuvo mucho que ver con la imposibilidad tecnológica de superar los factores limitantes del agroecosistema más que en una modesta medida. En este contexto se puede explicar el relativo estancamiento de la agricultura santafesina durante los años sesenta y setenta del siglo XIX, que provocó importantes movimientos migratorios. La sustitución de la vieja rotación por nuevos cultivos estuvo poco estimulada por los precios relativos del cereal y de las plantas textiles hasta comienzos de la década de los años ochenta. No hubo incentivos suficientes para la importación de materiales y energía o para la introducción de innovaciones que supusieran un uso más eficiente de los propios recursos.

## 5. El agua en la crisis de la agricultura orgánica tradicional

Esta situación de relativo estancamiento o de imposibilidad de crecer más allá de un punto, consiguiendo incrementos muy modestos de la producción *per capita*, hizo más vulnerable a la agricultura del sur peninsular (basada en el cultivo de cereal, para lo que carecía de *ventajas ecológicas comparativas*) a la unificación del mercado mundial de productos agrarios. Cuando eso tuvo lugar, a comienzos de la década de los ochenta del siglo XIX, la caída de los precios percibidos por los agricultores y en especial de los cereales obligó a una reconversión de la producción. En nuestro caso, tal reconversión se debió no tanto a la caída de los precios del trigo —que en realidad fue bastante modesta— como al hundimiento de los precios del lino y del cáñamo. A comienzos de los años ochenta, se introdujo el que sería el cultivo sustitutivo de los tradicionales, la remolacha azucarera



Cuadro 14.12

BALANCE HÍDRICO DE LA ROTACIÓN HABAS/REMOLACHA/TRIGO.  
CONDICIONES DE REGADÍO DE SANTA FE (GRANADA).  
FINALES DEL SIGLO XIX-PRINCIPIOS DEL SIGLO XX (mm)

Mes	Habas											
	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.
Precipitación	53	55	45	40	32	38	28	17	5	3	16	39
Riego					53	53	53	53				
ETc	12	8	17	21	121	144	218	164	48	24	18	9
ETRc	12	8	17	21	121	144	91	70	5	3	16	9
Variación R.	41	47	13		37	54	10					30
Reserva	41	88	100	100	64	10						30
Excedente			15	19								
Déficit							127	94	43	21	2	

Mes	Remolacha											
	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.
Precipitación	53	55	45	40	32	38	28	17	5	3	16	39
Riego							137	137	137	137		
ETc	3	2	2	13	86	124	218	242	244	230	146	40
ETRc	3	2	2	13	86	83	165	154	142	140	16	39
Variación R.	50	20			55	46						
Reserva	80	100	100	100	46							
Excedente		32	43	27								
Déficit						41	53	89	102	90	130	1

Mes	Trigo											
	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.
Precipitación	53	55	45	40	32	38	28	17	5	3	16	39
Riego						50	50					
ETc	7	12	17	21	103	148	185	35	26	24	18	9
ETRc	7	12	17	21	103	116	78	17	5	3	16	9
Variación R.	46	43	12		72	29						30
Reserva	46	89	100	100	29							30
Excedente			16	19								
Déficit						32	107	18	21	21	2	

ETc: evapotranspiración máxima del cultivo.

ETRc: evapotranspiración real del cultivo.

R: reserva del suelo.

(Martín Rodríguez, 1982), que protagonizaría la «segunda revolución agrícola» de la Vega granadina hasta la década de los años veinte. Pero no sería hasta comienzos de los noventa cuando el cultivo se difundió extraordinariamente gracias a la seguridad y alta rentabilidad que ofrecían mediante contrato las numerosas fábricas azucareras asentadas en Granada.

La hipótesis que finalmente verificamos en el trabajo anterior referido a la fertilización (donde puede encontrarse una descripción de la remolacha como cultivo) es que su expansión fue posible gracias a la importación de fertilizantes químicos. A ello debe añadirse otra afirmación complementaria: dicha expansión fue posible porque se dispuso de una mayor dotación de agua durante el verano, gracias a la explotación y canalización de nuevos recursos. Aunque cabían varias posibilidades rotacionales, la más frecuente fue habas-remolacha-trigo (cuadro 14.12), que, al margen de suponer una duplicación de las necesidades en nutrientes (que sólo pudo ser satisfecha con abonos químicos), representaba un aporte de agua que ya comenzaba a ser considerable: 2.860 m<sup>3</sup> de media anual, lo que suponía un incremento de casi el 50% respecto a la rotación anterior y de casi el doble de la practicada a mediados del siglo XVIII (cuadro 14.15). Según podemos ver en el cuadro 14.12, la remolacha requería agua abundante en los meses de verano en una magnitud que, según los datos disponibles, no llegaba a alcanzarse. De ahí que las labores de escarda fueran numerosas. Siendo la siembra en febrero, a partir de la nascencia y establecimiento se daban cuatro escardas repartidas entre los meses de marzo a junio, siendo la primera también de aclareo y reposición de marras, y la última un «manoteo» o arranque de malas hierbas, preparando el cultivo para la recolección. Las dos escardas intermedias se colocaban en momentos de elevado déficit hídrico (abril y mayo), intentando aprovechar al máximo el agua de riego y evitar su pérdida por evaporación del suelo facilitada por la capilaridad del mismo, como ya hemos comentado para otros cultivos.

Como era de prever, la demanda del cultivo se centraba entre los meses de marzo a setiembre; durante este período la planta recibía un total de ocho riegos, siendo más numerosos y abundantes en agua entre julio y setiembre. El cuadro 14.9 muestra el importante incremento experimentado en las aportaciones durante el verano. Con la dotación existente hasta finales de los años ochenta, la expansión de la remolacha no hubiera sido posible. Fue menester utilizar de manera más intensa las aguas del subsuelo mediante un mayor aprovechamiento de las surgencias ya conocidas y la apertura y encauzamiento de otras. En este sentido, el acuífero comenzó a operar como un embalse de regulación de carácter natural.

Según la documentación de que disponemos, perteneciente al Archivo de la Comunidad de Regantes de Santa Fe (constituida legalmente en 1906), entre 1884 y 1894 se amplió el caudal de tres surgencias distintas que permitió no sólo mejorar las dotaciones de la red tradicional, sino tam-

bién abrir nuevas acequias y ramales. En 1884, la comunidad de regantes adquirió del marqués de Retortillo el alumbramiento llamado de «San Juan», que fue ampliado tanto en su embocadura como en la longitud de sus acequias (250 l/s de máxima); en 1893 fue abierto a costa de los partícipes el alumbramiento llamado de «Isabel la Católica», que proporcionaba un caudal de 350 l/s; y en 1894 fue ampliado el antiguo alumbramiento llamado «Ojos de Viana», que había regado con dificultad las tierras de la parte norte del término, por debajo del Genil y hasta los alrededores del Jau (150 l/s). Según el Informe de la Junta Consultiva Agronómica de 1916 (1918: 517 y ss), el aprovechamiento de las aguas subterráneas mediante máquinas elevadoras accionadas por energía de origen externo y preferentemente fósil había comenzado ya en el partido judicial de Santa Fe, sin que sea posible deducir de la fuente si alguna de ellas estaba localizada o servía a los riegos del pueblo. No obstante, los datos contenidos en las ordenanzas de la Comunidad de regantes permiten aventurar la hipótesis de que al menos dos pozos fueron abiertos junto a los alumbramientos de Isabel la Católica y San Juan. La mencionada Junta registraba en el partido judicial de Santa Fe, en efecto, la existencia de 20 bombas centrífugas movidas por vapor y energía eléctrica que, sin embargo, no regaban más que 654 ha, el 6,3% de todas las irrigadas. El destino de tales aguas era el de abastecer a aquellas tierras que disponían de poco riego o éste era eventual. La profundidad a la que se situaban los pozos oscilaba entre los 4 y los 25 metros y la dotación más frecuente obtenida era de unos 35 l/s. En cualquier caso, el dato demuestra que la transición hacia un uso más intensivo del agua gracias a la creciente adición de energía y materiales para extraerla del subsuelo o embalsarla (uso «industrial» del agua, frente al uso «orgánico» tradicional) se había iniciado gracias a la expansión de la remolacha, salida practicada a la crisis agraria finisecular, que aquí hemos querido interpretar también como crisis de la agricultura orgánica tradicional.

La progresión experimentada por superficie de riego y la consolidación de sus dotaciones siguió el curso que ya vimos en el epígrafe anterior. La extensión de los riegos constantes se incrementó en un 11%, a costa de los eventuales y a costa de las tierras ganadas al río tras su fortificación y margenación a finales del siglo XIX; la superficie de secano siguió prácticamente inalterada. Pero el cambio fundamental debió venir de una mayor y mejor dotación de agua durante el verano, cuestión esta que se intuye fácilmente de la observación de los datos de aportes de riego y su distribución intraanual. En definitiva, la adición de energía y materiales de fuera del agroecosistema, que comenzaban a venir de fuentes agotables, permitió acelerar la tasa de crecimiento económico. El cuadro 14.11 muestra que la tasa de crecimiento anual acumulativo pasó del 1,6 del período 1752-1856 al 3,6 entre esa fecha y 1904; y lo que es más importante, la producción por habitante, que había crecido sólo en una tercera parte en el primer período considerado, casi se

duplicó en el segundo. Queda demostrado, pues, que las posibilidades reales de crecimiento económico de los agroecosistemas semiáridos del sur peninsular estaban ligadas al aporte externo de energía y materiales y al desarrollo de tecnologías que permitieran superar el déficit crónico de humedad<sup>12</sup>.

## 6. Hacia la agricultura industrial

En ausencia de cambios apreciables en el nivel de las precipitaciones hasta al menos los años ochenta, en los que se ha comenzado a hablar seriamente de la posibilidad de un cambio climático, el cultivo en secano sufrió importantes transformaciones gracias a la introducción de fertilizantes químicos y nuevas variedades de semillas. El barbecho desapareció y comenzaron a practicarse sucesiones de cultivos vinculadas directamente con el mercado y las directrices de la Política Agraria Común (PAC). Para nuestro propósito, hemos realizado el balance hídrico de la sucesión de cultivos que se practicaba en los años setenta (cuadros 14.5 y 14.6). Tales sucesiones estaban conformadas por trigo-girasol o habas-trigo-cebada, que arrojaban unos rendimientos medios de 1,6 tm/ha para el trigo, 1,8 para la cebada, 0,8 para las habas y 0,75 para el girasol. El balance hídrico realizado para la sucesión trigo/girasol muestra un fuerte déficit hídrico para el girasol en su época más crítica (la floración, en mayo), lo que repercute seriamente en los rendimientos finales. La introducción y extensión de este cultivo hay que achacarla principalmente a la política agraria comunitaria de los años setenta, que primó este cultivo en detrimento de otras grasas vegetales (aceite de oliva básicamente) e hizo muy atractivo su precio. Las escardas se realizaban en los cereales con rastra de púas (dos pases, normalmente) mientras el cultivo no estuviese cerrado (además de eliminar plántulas, se facilita el ahijamiento). Esta labor era posible gracias a la mecanización de la siembra. Posteriormente, se daba una escarda a mano para eliminar las malas hierbas hacia abril-mayo. En general, la disminución de labores de escardas y/o escarificados con respecto a finales del siglo XIX parece responder a una inconveniencia económica del precio de la mano de obra com-

<sup>12</sup> Así de optimista describía la Junta Consultiva Agronómica en su Informe citado de 1916 el cambio experimentado desde finales del siglo XIX: «En el transcurso de un tercio de siglo se ha operado en la agricultura granadina una evolución grandiosa. En aquellas vegas tuvo su cuna el cultivo de la remolacha azucarera, cuyos primeros ensayos dieron comienzo en 1874, erigiéndose la primera fábrica de azúcar en 1882, que con las restantes, construidas casi todas antes de 1892, monopolizaron esta industria, hasta las experiencias de Zaragoza, la implantación en Aragón y la generalización en las demás provincias donde hoy se cultiva la preciada raíz que ha sido clave en el progreso rural del territorio granadino. Se propagó el empleo de los abonos químicos, la aplicación de los arados Bravant arrastrados por potentes yuntas de toros que movilizaban capas de suelo virgen, el empleo de máquinas e instrumentos modernos, la adopción de alternativas racionales de cosechas y todo el progreso, en fin, que lentamente se ha extendido a la agricultura toda de regadío y secano» (1918, pp. 523 y 524).

pensada por los mayores rendimientos de las variedades mejoradas introducidas junto al uso de fertilizantes (un binomio casi imposible de separar).

Como puede apreciarse en el cuadro 14.13, la eficiencia del trigo de secano en el uso del agua de lluvia para producir biomasa comercial se multiplicó por tres, gracias sobre todo a los fertilizantes químicos y al uso de variedades de semillas mejoradas. No obstante, este indicador puede resultar engañoso si se considera de manera aislada: dicho incremento se vio contrarrestado con una pérdida de materia orgánica y de retención de agua en el suelo, debido básicamente al cambio en los implementos mecánicos de laboreo (uso de vertedera, mayor profundidad de labor, que implica mayor aireación de suelo, y por tanto mayor tasa de mineralización de la materia orgánica) y al cambio en las pautas de fertilización (de materia orgánica a fertilizantes químicos). Esto quiere decir que las funciones que dicha materia desempeñaba en el agroecosistema debieron ser asumidas por el agricultor en su manejo: suministro de nutrientes, mayor probabilidad de fracaso en caso de lluvias escasas<sup>13</sup>, aumento del uso de energía en el laboreo, etc... Debe tenerse en cuenta, asimismo, que las variedades tradicionales tenían un coeficiente de cosecha (biomasa comercial/biomasa total) mucho más bajo que las variedades mejoradas, lo que también hace disminuir radicalmente el coeficiente de eficiencia de uso del agua.

En cualquier caso, las transformaciones más importantes, tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo, tuvieron lugar en las tierras de

Cuadro 14.13

EFICIENCIA EN EL CONSUMO DE AGUA  
(KG PRODUCIDOS POR AGUA EVAPOTRANSPIRADA).  
CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS DE SANTA FE (GRANADA)

	Secano				Regadío			
	Siglo XIX		Años setenta		Siglo XIX		Años setenta	
	Eficiencia Tm/ha (Kg/m <sup>3</sup> )	Eficiencia Tm/ha (Kg/m <sup>3</sup> )	Eficiencia Tm/ha (Kg/m <sup>3</sup> )	Eficiencia Tm/ha (Kg/m <sup>3</sup> )	Eficiencia Tm/ha (Kg/m <sup>3</sup> )	Eficiencia Tm/ha (Kg/m <sup>3</sup> )	Eficiencia Tm/ha (Kg/m <sup>3</sup> )	Eficiencia Tm/ha (Kg/m <sup>3</sup> )
Trigo	0,5	0,2	1,6	0,6	1,9	0,5	3,8	0,9
Habas			0,8	0,3	1,9	0,4	4,2	0,8
Remolacha					3,3	3,9	4,5	5,8

<sup>13</sup> Parece haber consenso en que la fertilización orgánica incrementa el contenido de materia orgánica del suelo. En este sentido, PARR *et al.* (1989, p. 159) han demostrado que, en zonas áridas, el incremento de la materia orgánica eleva la capacidad de retención de agua en el suelo e incluso la capacidad de infiltración. Una opinión un tanto diferente, aunque no del todo contraria, puede verse en MAC RAE, R. J. y G. R. MEHUY (1985).

regadío. La posibilidad de utilizar grandes máquinas para tracción permitió la construcción de grandes embalses de regulación y de potentes bombas de extracción de agua en grandes cantidades del subsuelo. De esa manera no sólo pudieron consolidarse definitivamente los regadíos tradicionales, superando el estiaje, sino también vencerse a gran escala las rigideces que establecía el sistema de riego por gravedad mediante la elevación de agua con motores a cotas superiores al punto de toma. El crecimiento agrario experimentó un nuevo y más intensivo impulso, gracias a la introducción de cultivos más intensivos y a la expansión de las tierras irrigadas a costa de los secanos. Éste es el caso de Santa Fe a partir de finales de los años cincuenta y sobre la base de dos fenómenos paralelos. Por un lado, la construcción en 1958 del pantano de Los Bermejales (104 hm<sup>3</sup>) permitió reconverter unas 6.000 ha de secano en varios pueblos de la Vega mediante la construcción del «Canal de Cacín»; de ellas, 270 ha estaban situadas en la parte alta del término municipal de Santa Fe. Por otro lado, se ampliaron los pozos de Isabel la Católica y de San Juan. Ambos, con 3,25 m de diámetro y 12 m de profundidad, fueron dotados con un grupo-bomba eléctrico de unos 60 cv de potencia. Con ellos pudo reforzarse y ampliarse incluso la red tradicional de riegos. Otra moto-bomba eléctrica de 125 cv fue instalada también para elevar las aguas de la acequia Real, a través de la acequia «Calderon», hasta el pago de las Viñas situado por encima de la cota de gravedad.

Pero quizá el cambio más decisivo sobrevino a finales de los ochenta, cuando como consecuencia de la progresiva disminución del caudal de las aguas superficiales<sup>14</sup>, de haberse secado los alumbamientos de Isabel la Católica y de San Juan y del último, prolongado e intenso período de sequía, la Comunidad de Regantes de Santa Fe obtuvo de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir la cesión de dos pozos de alta profundidad (<50 m) accionados con bombas eléctricas. El destino de este nuevo recurso quedaba limitado a las zonas regadas ya por la acequia Real, Gorda, Macho y Canal de San Juan. Últimamente, la comunidad estaba negociando con la Confederación la cesión de dos perforaciones más de alta profundidad para abastecer la zona regada de los «Ojos de Viana». En total, la Comunidad estimaba en 3.000 l/s las «necesidades agrícolas» que entre mayo y septiembre (153 días) tenían los regantes asociados, algo más de 38 hm<sup>3</sup>, constituyendo las aguas subterráneas el aporte fundamental; todo lo contrario de lo ocurrido hasta finales de los cincuenta. A ello habría que añadir el agua proporcionada por el Canal de Cacín y los pozos construidos junto a las «Madres del Rao».

<sup>14</sup> Las que conducía el río Genil sufrieron una apreciable disminución desde el momento en que se terminaron de construir los pantanos de Quéntar (1975) y Canales (1988) en la parte alta de la subcuenca y con una capacidad de 84 hm<sup>3</sup>, dedicados al abastecimiento de la conurbación granadina y a la ampliación y consolidación de los regadíos en los bordes de la Vega.

Cuadro 14.14

BALANCE HÍDRICO DE UNA ROTACIÓN TIPO CON LOS CULTIVOS MÁS REPRESENTATIVOS DE LA VEGA DE GRANADA. CONDICIONES DE REGADÍO DE SANTA FE (GRANADA). AÑOS SETENTA (mm)

Mes	Tabaco											
	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.
Precipitación	53	55	45	40	32	38	28	17	5	3	16	39
Riego							120	120	120	120	60	
ETc	3	2	2	3	11	13	107	216	263	212	146	9
ETRc	3	2	2	3	11	13	107	216	145	123	76	9
Variación R.	50	50						79	21			30
Reserva	50	100	100	100	100	100	100	21				30
Excedente		3	43	37	21	25	41					
Déficit									118	88	70	

Mes	Remolacha											
	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.
Precipitación	53	55	45	40	32	38	28	17	5	3	16	39
Riego							120	120	120	120		
ETc	3	2	2	13	86	124	218	242	244	230	146	40
ETRc	3	2	2	13	86	83	148	137	125	123	16	39
Variación R.	50	20			55	46						
Reserva	80	100	100	100	46							
Excedente		32	43	27								
Déficit						41	70	106	119	107	130	1

Mes	Habas						Maíz					
	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.
Precipitación	53	55	45	40	32	38	28	17	5	3	16	39
Riego		60			60	60	60	60	120	120	60	
ETc	12	8	17	21	121	144	218	164	86	189	183	51
ETRc	12	8	17	21	121	144	112	77	86	162	76	39
Variación R.	41	47	13		30	46	24		39	39		
Reserva	41	88	100	100	71	24			39			
Excedente			15	19								
Déficit							106	87,2		26	107	12

ETc: evapotranspiración máxima del cultivo.  
ETRc: evapotranspiración real del cultivo.  
R: reserva del suelo.

Cuadro 14.14 (continuación)

BALANCE HÍDRICO DE UNA ROTACIÓN TIPO CON LOS CULTIVOS MÁS REPRESENTATIVOS DE LA VEGA DE GRANADA. CONDICIONES DE REGADÍO DE SANTA FE (GRANADA). AÑOS SETENTA (mm)

Mes	Patata											
	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.
Precipitación	53	55	45	40	32	38	28	17	5	3	16	39
Riego							60	60	60			
ETc	3	2	2	3	49	97	218	262	218	97	18	9
ETRc	3	2	2	3	49	97	171	77	5	3	16	9
Variación R.	50	50			18	1	83					30
Reserva	50	100	100	100	83	83						30
Excedente		3	43	37								
Déficit								47	185	213	94	2

Mes	Trigo						Maíz					
	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.
Precipitación	53	55	45	40	32	38	28	17	5	3	16	39
Riego		60				60	60	60	180	120	60	
ETc	7	12	17	21	103	148	185	70	200	271	131	30
ETRc	7	12	17	21	103	126	88	70	192	123	76	30
Variación R.	46	24			72	29		7				9
Reserva	76	100	100	100	29			7				9
Excedente		78	28	19								
Déficit							22	97		9	148	55

ETc: evapotranspiración máxima del cultivo.  
ETRc: evapotranspiración real del cultivo.  
R: reserva del suelo.

Como consecuencia de todo ello el agroecosistema de Santa Fe sufrió una transformación radical. El secano retrocedió hasta convertirse prácticamente en marginal (691 ha). La dehesa (210 ha) fue repoblada con especies alóctonas y privada de su tradicional uso ganadero. En conjunto, Santa Fe se convirtió en un agroecosistema especializado por completo en cultivos de regadío, sin integración ninguna con los otros componentes del mismo (dehesa y secano) y desarticulado desde el punto de vista de los flujos de energía y materiales. La electricidad, el agua del subsuelo y la utilización masiva de agroquímicos constituyen en la actualidad el sostén de la agricultura que se practica. Con más agua disponible, las rotaciones se volvieron innecesarias y cobraron protagonismo los cultivos más demandados por el

mercado. Para nuestro análisis hemos optado por una sucesión tipo (cuadro 14.14), de acuerdo con el peso territorial que las fuentes (en este caso el mapa de cultivos de la época) dan a cada cultivo. Las dotaciones de agua de cada riego han aumentado, según se contrasta con las fuentes de información. Aun así, no son suficientes para cubrir las necesidades hídricas de los cultivos, de ahí que los rendimientos relativos se sitúen en torno al 60-70%<sup>15</sup>. Las escardas se mantienen básicamente en las mismas fechas que en el siglo XIX, así como las labores más habituales o particulares de cada cultivo como los riegos de invierno en trigo («aciberado»), que servían para «apretar» la tierra a la semilla tras la siembra, no para cubrir posibles necesidades hídricas. En esta sucesión de cultivos aparecen por primera vez con peso territorial las segundas cosechas y cultivos hortícolas de alta demanda de agua (maíz, patata, tabaco), que hasta la fecha se habían limitado a pequeñas parcelas o zonas con dotaciones de agua muy estables y relativamente abundantes.

Cuadro 14.15

APORTE ESTIMADO DE AGUA EN LOS REGADÍOS CONSTANTES  
A PARTIR DE LAS ROTACIONES TIPO (1750-1950).  
CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS DE SANTA FE (GRANADA)

Año	Aporte total (mm)	Años de la rotación	Aporte medio anual (mm)	Superficie en riego (ha)	Aporte medio total (mm <sup>2</sup> /año)
1750	662	4	166	288	0,477
1850	1.112	6	185	1.204	2,231
1900	860	3	287	1.333	3,821
1970	2.280	5	456	2.591	11,815

Como puede apreciarse en los cuadros 14.14 y 14.15, el aporte de agua para riego se ha multiplicado. Éste constituye un buen ejemplo de la política hidrológica seguida por los diferentes gobiernos desde finales del siglo XIX y que algunos han calificado de *Costista* (Corominas, 1995); y ello porque se centró en la oferta de agua, intentando ampliarla todo lo posible, y olvidó la necesaria racionalización y ahorro en el consumo. Como hemos visto, el incremento de la demanda no ha venido sólo de la mejora de las dotaciones y de la ampliación del regadío, sino también de la

<sup>15</sup> Ello confirma la impresión tan extendida por la zona de que a pesar de haber mejorado en las dotaciones de agua, los rendimientos no pueden equiparse a los de otras zonas más húmedas de Europa, dadas las especiales condiciones agroclimáticas de la zona.

utilización de semillas mejoradas de mayores requerimientos hídricos. Pero el crecimiento económico no puede mantenerse indefinidamente si no es a costa de un aporte externo y continuado de energía y materiales y un deterioro progresivo de los recursos locales. El continuo esfuerzo por incrementar los rendimientos o introducir nuevos cultivos y variedades poco adaptados, movido por la competencia mercantil, choca con la dotación de recursos del agroecosistema que a nuestra escala temporal debe considerarse fija. De esa manera, los factores ambientales que limitaron la producción agrícola reaparecen cuando aparentemente se habían superado.

Cuadro 14.16

EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN ESTIMADA  
EN SECANO Y REGADÍO EN SANTA FE  
(EN HECTÁREAS Y TONELADAS MÉTRICAS)

	1752	1904	1977
Superficie de secano	1.128	1.239	1.112
Superficie de regadío	288	1.333	2.601
Superficie cultivada	2.697	3.036	2.373
Producto bruto en secano	594	491	1.365
Producto bruto en regadío	1.111	25.389	32.664
Producto bruto total	1.705	25.880	34.029
Producto bruto/ha secano	0,5	0,4	1,2
Producto bruto/ha regadío	3,8	19,0	12,5
Producto bruto/ha total	2,8	8,5	10,4
Ratio secano/regadío	1-2	1-51	1-23

Fuente: Elaboración propia.

Santa Fe y la Vega de Granada en su conjunto constituyen una buena muestra de ello. En los últimos años han comenzado a surgir problemas muy serios relacionados con la cantidad y calidad de los recursos hídricos; problemas que a medio plazo pueden determinar una pérdida de capacidad productiva y que ya hoy están provocando una pérdida relativa de rentabilidad de la agricultura al incrementar los costes de producción. Nos referimos, en primer lugar, a la contaminación del acuífero con nitratos por los retornos de las aguas de riego y aplicación excesiva de fertilizantes (Pouliquen, 1994)<sup>16</sup>. Y en

<sup>16</sup> Así describía la situación el IGME en el citado *Atlas*. «Desde el punto de vista de la contaminación, es preciso hacer mención a los procesos de afección provocados por los fertilizantes y pesticidas y por los vertidos de aguas residuales urbanas sin depurar; todavía no es significativa la contaminación

segundo lugar, al riesgo de sobreexplotación de los recursos hídricos de la subcuenca de continuar el crecimiento de la demanda sin medidas correctoras<sup>17</sup>. En los últimos años existieron problemas de abastecimiento en los períodos de relativa sequía o de precipitaciones por debajo de la media. En tales períodos las aguas superficiales dejaron de fluir en verano, y los embalses estuvieron casi secos y el nivel freático del acuífero bajó considerablemente como consecuencia de la escasez de la recarga y de la proliferación de pozos algunos legales pero en su mayoría ilegales, de muy difícil cuantificación.

En cualquier caso, las surgencias tradicionales hace ya tiempo que se secaron, prueba inequívoca de la disminución del nivel piezométrico. La mayor dependencia del agua subterránea y el creciente gasto energético invertido en su elevación ha convertido al agua en la principal partida de los costes de producción, aumento que es directamente imputable al deterioro del recurso. El agua ha pasado a convertirse, como lo están haciendo otros recursos naturales, en una «bien económico» de primer orden. Esta combinación de aumento del consumo (demanda) y disminución de la oferta (contaminación) es la responsable del carácter *social* y no natural de la sequía que, a pesar del aumento de precipitaciones experimentado en los cuatro últimos años, seguimos padeciendo en el sur de la Península. Lo ocurrido en Santa Fe en los últimos doscientos años sirve para demostrar de manera palpable los hechos que nos han conducido a esta situación.

### Bibliografía

- AL-MUDAYNA (1991), *Historia de los regadíos en España (...a.C.-1931)*, Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- BOLENS, L. (1994), *Agrónomos andaluces en la Edad Media*, Granada: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada.
- COROMINAS MASSIP, J. (1995), «Agua y agricultura: situación actual y perspectivas», en L. del Moral Ituarte (ed.), *Seminario agua y territorio*. Sevilla: Departamento de Geografía, ejemplar mimeo.

por vertidos industriales. En este sentido, es causa de alarma el continuo crecimiento del contenido de nitratos, que en más del 25% de la superficie del acuífero sobrepasan ya los 50 mg/l, y la alta proporción de pozos con contenidos significativos en nitritos y contaminados microbiológicamente» (IGME, 1990, p. 56). Tanto es así que en este año de 1998 se ha tenido que prohibir definitivamente el consumo de agua de los pozos subterráneos con los que se abastece el consumo humano de Santa Fe y se ha iniciado la construcción de una depuradora de ósmosis inversa para tratar y potabilizar las aguas. El coste de construcción y mantenimiento de dicha planta debería ser tenido en cuenta a la hora de calcular los costes reales de la actividad agrícola en la zona e imputársela a aquellos que perciben unos beneficios absolutamente artificiales.

<sup>17</sup> Una simple ojeada a los datos que recogen la aportación de agua a los cultivos y su multiplicación por las hectáreas reales de riego que existen en la Vega, sirve para desmentir el diagnóstico sin duda optimista que realiza el IGME en la nota 5.

- DOORENBOS, S. y W. O. PRUITT (1986), *Las necesidades de agua de los cultivos*, Roma: FAO, 24.
- DOORENBOS, S. y J. KASSAM (1986), *Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos*, Roma: FAO, 33.
- FUSI, J. P. y J. PALAFOX (1997), *España: 1808-1996. El desafío de la modernidad*, Madrid: Espasa.
- GARRABOU, R. *et al.* (1998), «El agua como recurso limitante en los sistemas agrarios de Cataluña (siglos XIX y XX)», en este mismo volumen.
- GARRABOU, R. y J. M. NAREDO (eds.) (1996), *La fertilización en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica*, Madrid: Argenteria/Visor Dis., 1996, pp. 127-169.
- GONZÁLEZ DE MOLINA, M. (1995), «La decadencia de la agricultura. Un ensayo de Historia Ambiental», Granada: Memoria de cátedra inédita.
- GONZÁLEZ DE MOLINA, M. (1998), «Factores sociales y ambientales en la crisis de la agricultura orgánica tradicional. Un estudio de caso», ponencia presentada en el Congreso Internacional de Historia Económica, Madrid, 24-27 de agosto.
- GONZÁLEZ DE MOLINA, M. y Y. POULIQUEN (1996), «De la agricultura orgánica tradicional a la agricultura industrial: ¿Una necesidad ecológica? Santa Fe, 1750-1904», en R. Garrabou y J. M. Naredo (eds.), *La fertilización en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica*, Madrid: Argenteria/Visor Dis., 1996, pp. 127-169.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1990), *Atlas hidrogeológico de la provincia de Granada*, Granada: Diputación Provincial.
- JUNTA CONSULTIVA AGRONÓMICA (1918), *Medios que se utilizan para suministrar el riego a las tierras y distribución de Los cultivos en la zona regable. Resumen hecho por ... de las memorias de 1916, remitidas por Los Ingenieros Del Servicio Agronómico provincial*, Madrid: Imprenta de Los Hijos de M. G. Hernández.
- MAC RAE, R. J. y G. R. MEHUY (1985), «The Effect of Green Manuring on the Physical Properties of Temperate-Area Soils», en *Advances in Soil Science*, vol. 3, pp. 71-94.
- MALPICA, A. (1997), «El paisaje agrario medieval en el Reino de Granada. Fuentes escritas y análisis arqueológico», en J. González Alcantud y otros (eds.), *Transformaciones agrarias en Andalucía Oriental y Norte de Marruecos*, Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, pp. 15-66.
- MARTÍN RODRÍGUEZ, M. (1982), *Azúcar y descolonización. Origen y desenlace de una crisis agraria en la Vega de Granada. El «Ingenio de San Juan», 1882-1904*, Granada: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (1975), *Mapa de cultivos y aprovechamientos. Granada, hoja 1009 E 1:50.000*, Madrid: MAPA.

- MORELL Y TERRY, L. (1888), *Estudio sobre las causas de la decadencia de la agricultura en la provincia de Granada y medios de regenerarla*, Granada: Imprenta de Indalecio Ventura.
- NAREDO PÉREZ, J. M. (1998), «Consideraciones económicas sobre el papel del agua en los sistemas agrarios», en este mismo volumen.
- NÚÑEZ DELGADO, M. y M. GONZÁLEZ DE MOLINA (1998), «La edad contemporánea: auge y decadencia de una economía agrícola (1750-1936)», en R. Peinado Santaella (ed.), *De Ilurco a Pinos Puente. Poblamiento, economía y sociedad de un pueblo de la Vega de Granada*, Granada: Diputación Provincial, pp. 167-354.
- OCAÑA OCAÑA, C. (1974), *La Vega de Granada*, Granada: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada.
- PARR, J. F., R. I. PAPENDICK, S. B. HORNICK, D. COLACICCO (1989), «Use of Organic Amendments for Increasing the Productivity of Arid Lands», en *Arid Soil Research and Rehabilitation*, vol. 3, pp. 143-170.
- PFISTER, C. (1990), «The Early Loss of Sustainability», en P. Brimblecombe y C. Pfister (eds.), *The Silent Countdown*, Berlín: Springer-Verlag, pp. 37-55.
- POULIQUEN, Y. (1994), *La agricultura en Santa Fe en el siglo XX*, Córdoba: Instituto de Sociología y Estudios Campesinos, ejemplar mimeo.
- PRADOS DE LA ESCOSURA, L. (1992), «Crecimiento, atraso y convergencia en España e Italia: introducción», en L. Prados y V. Zamagni (eds.), *El desarrollo económico en la Europa del Sur: España e Italia en perspectiva histórica*, Madrid: Alianza, 1992, pp. 27-55.
- SAÑA VILASECA, J. et al. (1996), *La gestión de la fertilidad de los suelos*, Madrid: MAPA.
- SCHLEGEL, A. J. y J. L. HAVLIN (1997), «Green Fallow for the Central Great Plains», en *Agronomy Journal*, vol. 89, septiembre-octubre, pp. 762-767.
- SIMÓN, M. et al. (1995), *Proyecto LUCDEME. Mapa de suelos, escala 1: 100.000. Granada-1009*, Granada: Universidad de Granada/ICONA.
- SIMPSON, J. (1992), «Los límites del crecimiento agrario: España, 1860-1936», en L. Prados y V. Zamagni (eds.), *El desarrollo económico en la Europa del Sur: España e Italia en perspectiva histórica*, Madrid: Alianza, 1992, pp. 103-138.
- SIMPSON, J. (1996), «Cultivo de trigo y cambio técnico en España, 1900-1936», *Noticiario de Historia Agraria*, pp. 39-56.
- TORTELLA, G. (1994), *El desarrollo de la España contemporánea. Historia económica de los siglos XIX y XX*, Madrid: Alianza.
- WRIGLEY, E. A. (1988), «Two Kinds of Capitalism, two Kinds of Growth», en *LSE Quarterly*, 2: 2, pp. 97-121 [hay traducción española en *Estudis d'Història Econòmica*, 1, 1989, pp. 89-107].

## CAPÍTULO 15

### LA AGRICULTURA DE REGADÍO EN UNA COMUNIDAD DEL NE DE LA PALMA (ISLAS CANARIAS): LOS SAUCES\*

José Antonio Batista Medina  
Universidad de La Laguna (Tenerife)

#### Introducción

En el presente trabajo vamos a analizar un sistema de riego situado en San Andrés y Sauces, municipio de 42,75 km<sup>2</sup> del NE de La Palma (Islas Canarias). Queremos destacar, ahora, tres interesantes características del mismo. Por un lado, la mayor parte del agua utilizada en este municipio procede de unos manantiales que en los últimos años han visto reducido su caudal, lo que ha sido problemático. Por otra parte, el agua de estos manantiales, de dominio público, la gestiona una Comunidad de Regantes (C.R. de Los Sauces) fundada en 1903, tipo de organización poco frecuente en Canarias pues se ha considerado, por lo general, privado tal recurso. Por último, el cultivo que ocupa la mayor parte de la zona de riego es la platanera, por lo que podemos decir que nos encontramos ante un sistema agrario altamente especializado, lo cual, en lo que se refiere a la gestión del agua, tiene ventajas.

#### 1. Topografía y edafología

La Palma es una isla montañosa. En unos escasos 28 km de anchura máxima (entre Puntagorda y Puntallana) se llegan a alcanzar alturas de más de 2.000 m (el punto más alto es el Roque de los Muchachos [2.426 m]).

\* Quiero hacer constar mi agradecimiento a don José Rodríguez Marante (secretario de la Comunidad de Regantes de Los Sauces) por su ayuda y por permitirme usar el equipo informático de la Comunidad, a don Manuel Marcos Pérez Hernández (alcalde del Ayuntamiento de San Andrés y Sauces) por las facilidades dadas para poder viajar a Segovia, y a los técnicos de la Agencia de Extensión Agraria de Los Sauces por sus comentarios y datos.

Luego, si hay una característica que debemos destacar de la zona que analizamos es la pendiente del terreno, que en varios lugares sobrepasa el 30%. Como es de suponer, ello ha llevado a la construcción de pequeños bancales, cuya espectacularidad es mayor en las laderas del imponente barranco del Agua. Otra característica de la zona que nos ocupa es su «fragmentación». Es decir, aquélla se encuentra surcada por barrancos de diferente tamaño: desde profundos y de largo recorrido (cumbre-mar) como el ya citado, hasta otros que no pasan de ser «barranqueras» (barrancos muy pequeños).

No contamos con suficientes datos para realizar una descripción precisa de los suelos del sistema agrario que analizamos, aunque muchas de las terrazas (especialmente las más antiguas) se construyeron con la tierra que había en los lugares de emplazamiento o en sitios próximos a éstos (algunos mapas ponen de manifiesto que la mayor parte del área de riego es zona antropizada con suelo natural [ver Fernández y Tejedor, 1988: 247, y García Rodríguez, 1992: 76]). En tal sentido, podemos decir que la zona de riego ocupa la franja de los denominados *vertisoles* («barros»), situados por debajo de los 350 m de altitud. Éstos son bastante arcillosos, pobres en materia orgánica, poco permeables, con pH de 7 a 8, estructura poliédrica muy desarrollada, etc. (ver Fernández y Tejedor, 1988: 254; Rodríguez Hernández, 1991: 13, y MAPA, 1988: 11-12). Ya en la zona más alta de regadío y, sobre todo, en la de secano nos encontramos los *suelos pardos* y los *fersialíticos*. Estos últimos, que se consideran muy fértiles, son ricos en óxidos e hidróxidos de hierro (lo que les da un color rojizo), contienen un porcentaje elevado de arcilla, un alto contenido de magnesio y medio de materia orgánica. Su pH es ligeramente ácido (ver Fernández y Tejedor, 1988: 254, y MAPA, 1988: 12). Por sus condiciones, estos suelos se han usado tradicionalmente en la construcción de bancales para plátanos. Por su parte, los *suelos pardos*, también propios de las medianías, poseen un elevado contenido de potasio, son muy ricos en materia orgánica y profundos, y están bien estructurados (Fernández y Tejedor, 1988: 253).

Con todo, si tenemos en cuenta que tales tierras llevan cultivándose desde hace mucho tiempo, con lo que ello implica, no debe sorprender el hecho de que sus características hayan variado. Análisis realizados en los últimos años (información oral obtenida en la Agencia de Extensión Agraria de Los Sauces) ponen de manifiesto que los terrenos de cultivo estudiados se caracterizan, en general, por contar con un pH ácido o muy ácido y reducidos niveles de nutrientes. El contenido de materia orgánica es medio-bajo. En cuanto a la textura, se puede decir, de acuerdo con la información obtenida en la AEA y del trabajo de campo, que es muy variada, incluso en una misma zona.

Al ser la platanera el cultivo al que vamos a dedicar el presente trabajo, creemos necesario exponer muy brevemente sus exigencias en suelos (ver

Álvarez de la Peña, 1981: 49-50). En primer lugar, debemos indicar que los terrenos deben contar con un buen drenaje al ser una planta muy sensible al agua estancada. Los agricultores plataneros canarios, conocedores de esta característica, han creado sistemas artificiales de drenaje en el interior de los bancales. Así, debajo de la tierra de cultivo se encuentra una capa de piedras de regular tamaño y sobre ésta otra de materiales menudos. Tal base contribuye a que el agua de riego y lluvia no quede estancada en la capa de cultivo, lo que es perjudicial para la platanera. En cuanto a la textura, los mejores suelos son los franco-arenosos. Además, deben poseer una buena estructura y gran porosidad. También es muy importante el contenido en materia orgánica de la tierra de cultivo, estableciéndose un mínimo del 2,5 al 3%, aunque en la actualidad tales valores se consideran óptimos (Agencia de Extensión Agraria). Por último, y en lo que se refiere al pH, la platanera se desarrolla mejor en suelos en los que éste sea ácido o ligeramente ácido (6, 5 y 7).

## 2. El clima

### 2.1. Temperaturas

En el municipio de San Andrés y Sauces, las temperaturas medias mensuales oscilan entre 15,5 (enero) y 22,2 (agosto) grados centígrados, luego, la amplitud térmica media es de 6,7 grados centígrados (MAPA, 1991: 102). La temperatura media (año) se sitúa en 18,60°C, con lo cual podemos hablar de un clima, en general, templado. Debemos tener en cuenta que los datos con los que contamos son valores medios, los cuales tienden a «esconder» importantes variaciones. Sin embargo, podemos decir que suelen ser calurosos agosto y parte de septiembre, y fríos enero y febrero (ver también Marzol, 1988: 182-183).

Debemos señalar que las temperaturas varían según la altura. En la costa, las temperaturas medias pueden situarse en torno a 19-20°C. Hacia los 450-500 m (zona de Los Tilos) bajan hasta unos 16°C (Gobierno de Canarias, 1995: 158). A mayor altitud (áreas de cumbre), aquéllas se reducen aún más. Aparte, aumentan los contrastes térmicos diarios.

### 2.2. Las lluvias, la evapotranspiración potencial (ETP) y la humedad relativa

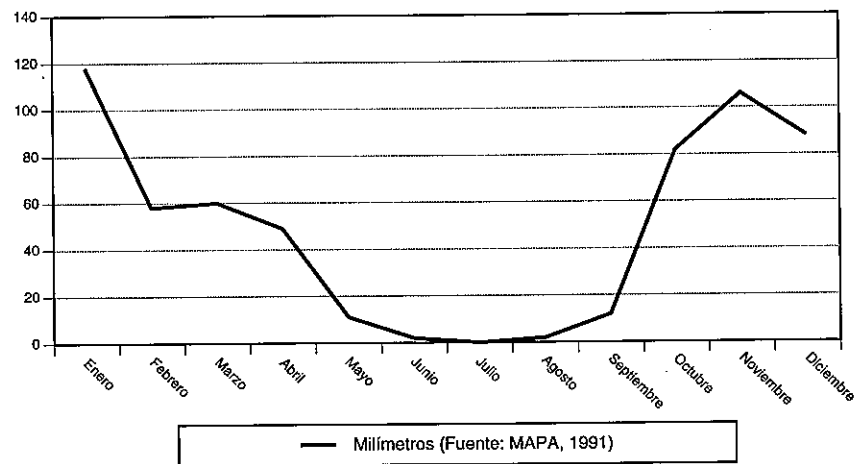
La situación del municipio estudiado en el Nordeste de la isla de La Palma, lo que expone a esta zona a la llegada de vientos cargados de humedad tras su recorrido sobre el océano (Marzol, 1988: 186), hace que se beneficie de abundantes lluvias, que, como es frecuente en Canarias, se agrupan en unos pocos meses.



A una altitud de 300 m, la precipitación media anual se sitúa en torno a 570 mm<sup>1</sup>. Los meses de verano y primavera (gráfico 15.1) son pobres en lluvias (111,7 mm, lo que constituye el 19,58% del total anual), pero especialmente los primeros (8,7 mm, el 1,52% de la pluviometría media anual). Podemos decir, pues, que el verano es una estación marcadamente seca, lo que está «ligado a la presencia del anticiclón de las Azores al Norte de las islas y una baja presión térmica sobre el Sahara» (Marzol, 1988: 191). En las estaciones de otoño e invierno, la pluviometría media es de 458,5 mm, concentrando, pues, el 80,41% del total anual, lo que guarda relación con las borrascas que alcanzan a las islas desde noviembre a marzo (ver Marzol, 1988).

Gráfico 15.1

PLUVIOMETRÍA MEDIA MENSUAL



La pluviometría media anual también cambia en función de la altitud. Ya vimos que a una altura de aproximadamente 300 m la media se sitúa en unos 570 mm (un poco menos en zonas más bajas). A una altitud de 500 m (zona de Los Tilos) la pluviometría media es de unos 700 mm (Gobierno de Canarias, 1995: 158). En torno a los 1.350-1.400 m (zona de Marcos y Cordero) la media alcanza los 1.068,5 mm<sup>2</sup>. En ciertas partes, a la lluvia

<sup>1</sup> El período analizado fue 1946-1979 (MAPA, 1991: 99). La situación de la estación a esta altura (300 m) hace que los datos sólo sean representativos de la parte más alta del área de riego, que alcanza aproximadamente los 350 m en la parte de Los Sauces (un poco más en el barranco del Agua).

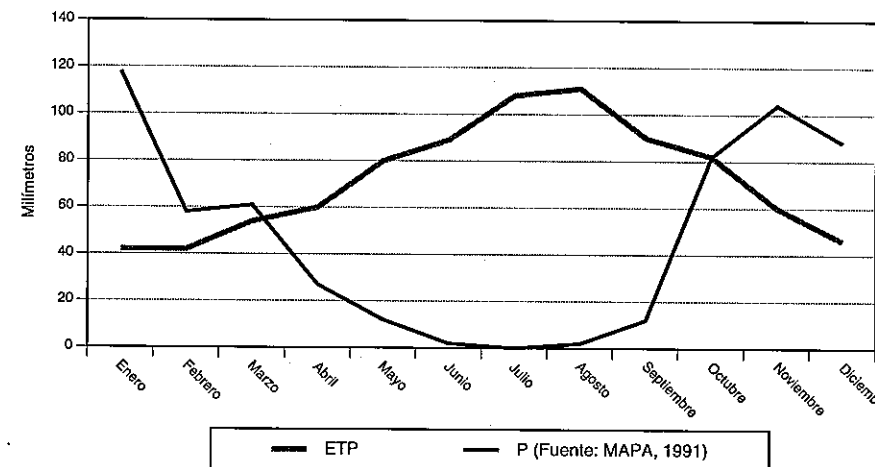
<sup>2</sup> Período: 1973-1993. Red pluviométrica de SIC de Tenerife. ICONA.

debe añadirse la denominada precipitación horizontal («llovizna de bruma») que se produce en la zona afectada por las nieblas, cuyo límite superior se encuentra hacia los 1.400-1.500 m. Se mantiene que el agua producida por la condensación del vapor de agua contenido en el aire de las brumas al entrar en contacto con la vegetación es muy superior, aunque es una cuestión poco estudiada, al total que corresponde a la lluvia normal.

En cuanto a la evapotranspiración potencial media, el MAPA fija para San Andrés y Sauces un total anual de 864,4 mm, correspondiendo a los meses del verano los valores mayores de todo el año. Si comparamos la ETP media mensual con la pluviometría media mensual (P) (gráfico 15.2), observamos una larga etapa de déficit hídrico, que alcanza su cenit en el verano, en la cual debe recurrirse necesariamente al riego.

Gráfico 15.2

BALANCE HÍDRICO



Teniendo en cuenta los anteriores factores, se puede establecer que en el sistema que estudiamos la duración media del período seco es de 4,5 meses (MAPA, 1991: 119). Esta etapa corresponde al final de la primavera, el verano y el comienzo del otoño (junio-septiembre y parte de octubre).

Finalmente, en lo que se refiere a la humedad relativa, que en Canarias guarda estrecha relación con la presencia del mar y una elevada evapora-

ción ligada al caldeoamiento superficial del agua (Marzol, 1988: 195), puede situarse en torno al 70%.

### 3. Los cultivos: el regadío

En el sistema agrario que estudiamos, el regadío ha sido históricamente más importante que el secano. De hecho, Los Sauces cuenta con una de las zonas de riego más antiguas de La Palma, cuyos orígenes hay que buscarlos en los repartos de tierras y aguas posteriores a la conquista (ver Viña, 1997 y Batista, 1996a).

La zona regable<sup>3</sup> bajo el control de la Comunidad de Regantes de Los Sauces es de 326,2616 ha, lo que corresponde a la superficie total del espacio que tiene el siguiente contorno: barranco del Agua, acequia de La Tomada, barranco de la Herradura y el mar (art. 4 de las Ordenanzas). Tal zona se encuentra entre los 30 y los 350-360 m (aprox.) sobre el nivel del mar, ascendiendo un poco más (hasta los 370-380 m aprox.) en la parte de riego del barranco del Agua. Sin embargo, la superficie inscrita en la Comunidad (superficie de riego) siempre ha sido inferior a esas 326,2616 ha. En 1948 aquélla ascendía a 253,91 ha (el 77,82% de la superficie regable) y en 1996 a 241,24 ha (el 73,94% de la superficie regable). No obstante, tales porcentajes aumentan significativamente si tenemos en cuenta que en esas 326,2616 ha se incluye la superficie correspondiente a calles, edificios, etcétera, esto es, si consideramos que la realmente regable es inferior a la establecida.

El índice de Turc para el regadío en esta zona es de 61,2 (valor anual), superando al fijado para el secano (17,5) en 43,7. Para las tierras bajo riego la mayor potencialidad agrícola se alcanza de abril a septiembre, esto es, en las estaciones de primavera y verano (ver gráfico 15.3).

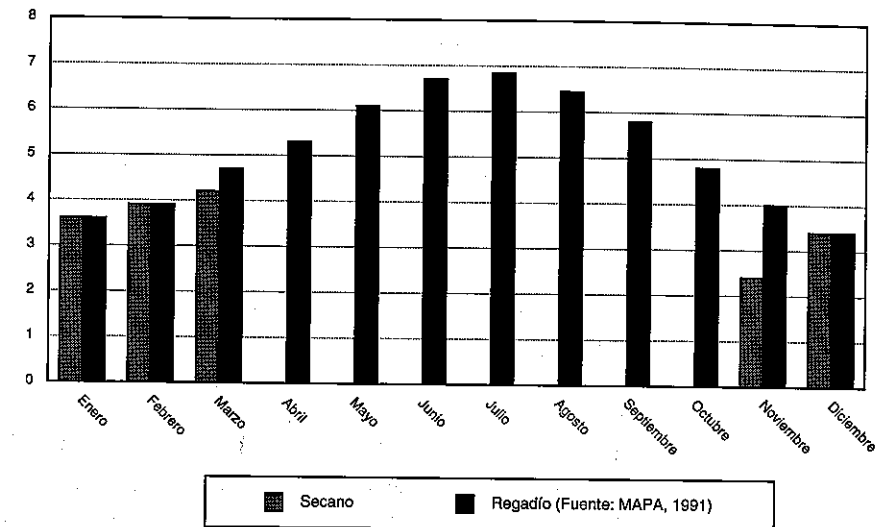
La platanera es, en el sistema agrario que estudiamos, el cultivo de regadío predominante desde los años veinte del actual siglo, aunque también han tenido importancia otros como el ñame (taro), la caña de azúcar y, en general, todo lo que se conoce en la zona como «frutos menores»<sup>4</sup>. En la actualidad, sin embargo, la relevancia de estos cultivos es, salvo las papas, los boniatos y el ñame, reducida, dedicándose a ellos pocas hectáreas.

<sup>3</sup> Entiéndase por ésta la «superficie que tiene derecho al uso de las aguas otorgadas por una concesión para riego...» (en LÓPEZ-GÁLVEZ, J. y J. M. NAREDO [eds.], 1997: 399).

<sup>4</sup> Bajo esta denominación se engloban todos los cultivos destinados al autoconsumo y parcialmente al mercado (papas, boniatos, coles, judías, etc.). Sería, pues, equivalente a la expresión aceptada por los especialistas canarios *cultivos ordinarios* (ver GARCÍA RODRÍGUEZ, J. L., 1992: 125, nota 61).

Gráfico 15.3

### ÍNDICE DE TURC



#### 3.1. La platanera

##### 3.1.1. Superficie, variedades y zonas de cultivo

En el municipio al que pertenece el sistema agrario que analizamos se cultivan unas 348 ha (1988-1991 y 1995)<sup>5</sup> de platanera, lo que supone cerca del 13% de la superficie cultivada en toda la isla, que en 1995 era de 2.744 ha. De los tres municipios de la comarca NE de la isla (San Andrés y Sauces, Barlovento y Puntallana), el que nos ocupa es el que más superficie dedica a plátanos, concentrando el 53,12% (el 53,08% en 1991) del total (ver cuadro 15.1).

La principal variedad cultivada es la Pequeña Enana. Otras variedades más productivas y de mayor tamaño (p. ej., la Gran Enana) han tenido una pobre acogida en nuestro sistema. No obstante, algunos agricultores las han plantado en ciertas parcelas protegidas del viento, más o menos bien comunicadas, etc. También hemos visto algunos ejemplares en medio de terrenos dedicados a la variedad «tradicional».

Empleando como criterio la altitud, se han establecido convencionalmente tres zonas de cultivo: 0-100 m (1ª), 100-200 m (2ª) y 200-350 m (3ª). Por encima de los 350 metros, a causa de la disminución de las temperaturas,

<sup>5</sup> Los datos de 1988-1991 son del ISTAC (1994: 318) y los de 1995 han sido proporcionados por la Agencia de Extensión Agraria.

Cuadro 15.1

SUPERFICIE DE PLÁTANOS EN EL NE DE LA PALMA  
(1988-1990)

Municipio	Hectáreas	%
Barlovento	194	29,61
S. Andrés y Sauces	348	53,12
Puntallana	113	17,25

Fuente: ISTAC (1994: 318).

el ciclo de la platanera se alarga demasiado, por lo que su cultivo no es rentable (Álvarez de la Peña, 1981: 33, 35).

La calidad de la fruta y su peso varían de acuerdo con la zona en la que se sitúa la explotación, siendo mayores en la primera (zona de costa). La costa es, sin duda, el mejor «piso» para el cultivo de la platanera. Por ello, no debe extrañar que tal zona sea la más apreciada por los agricultores, la de mayor valor y la que concentra buena parte del agua disponible, el trabajo, las inversiones en tecnología, etc. En nuestro caso, la platanera se cultiva prácticamente en toda la zona de riego, aunque en las partes más altas de ésta las parcelas de plátanos coexisten con otras dedicadas a diversos cultivos (ñame, papas, maíz...). Ello quiere decir que llega hasta la cota máxima recomendable para su cultivo (350 metros).

No vamos a tratar la época de plantación de la platanera por ser una cuestión irrelevante en nuestro caso. Sí debemos señalar que la continuidad de tal cultivo está ligada al hecho de que cada planta emite varios retoños llamados comúnmente «hijos». De éstos, el agricultor ha de seleccionar el más adecuado<sup>6</sup> para reducir la competencia por los nutrientes, el agua y la luz. Se trata, pues, de lograr el máximo rendimiento del hijo seleccionado (ver Álvarez de la Peña, 1981: 77 y ss., y Méndez Hernández, 1994). A esta labor, realizada tradicionalmente con una barra de hierro con uno de sus extremos aplastado («barreta»), se le denomina «deshijado». Tal operación es sumamente importante, pues de la elección del mejor «hijo» depende, en buena medida, el éxito de futuras cosechas.

## 3.1.2. Recolección y rendimiento

La recolección de los racimos (cada planta produce uno) o «piñas» tiene lugar a lo largo de todo el año, aunque según las zonas, aparte de

<sup>6</sup> A veces se deja un hijo «extra» que se denomina «mancuerna» (ÁLVAREZ DE LA PEÑA, F. J., 1981: 78).

otros factores, tanto a nivel insular (Norte o Sur) como local (1.<sup>a</sup>, 2.<sup>a</sup> y 3.<sup>a</sup>) existen variaciones en lo que respecta a los períodos principales de corte. Aunque es difícil generalizar, se señala (IBERPLÁN, 1972: 38) que en la zona de costa del Norte las recolecciones mayores tienen lugar entre el final del invierno y la primavera. En partes más altas, la época principal de «corte» es la que comprende el final de la primavera y el verano. En nuestro caso, un estudio de seis fincas situadas en diferentes partes nos permite corroborar, *grosso modo*, lo expuesto. Debemos indicar que tal diferenciación es sumamente importante, pues ha repercutido en los ingresos que obtienen los agricultores de sus explotaciones. Hay que tener en cuenta que los precios pagados al agricultor, distintos para cada categoría, han sido mayores en los meses de otoño e invierno y menores en pleno verano (julio-agosto, sobre todo), lo que se comprueba al analizar períodos largos (ver Rodríguez Brito, 1986: 307-333). Ello obedece, entre otros factores, a que en el verano siempre ha sido mayor la variedad de frutas de temporada existente en los mercados peninsulares, es decir, éstos no se hallan, como en el invierno y sus proximidades, desabastecidos de frutas frescas. Por tal motivo, han resultado mucho más rentables aquellas explotaciones en las que el grueso de la producción se ha logrado en el otoño y el invierno (especialmente octubre-diciembre), que es cuando, por lo general, mejor se han pagado los plátanos. Con todo, tal situación ha cambiado en los últimos años. De hecho, datos de 1996 y 1997 facilitados por las cooperativas AGUSA y CUPALMA ponen de manifiesto que se han pagado mejores precios en verano que en pleno invierno.

En cuanto al rendimiento, debemos apuntar que por factores de diversa naturaleza (zonas, nivel de atendimento...) hay notables variaciones de unos casos a otros, incluso en un mismo lugar. En las mejores zonas (1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup>), la producción media oscila, aproximadamente, entre 40 y 50.000 kg/(ha año), bajando en zonas más altas (ver MAPA, 1988: 21)<sup>7</sup>.

## 3.1.3. Marco de plantación y necesidades de agua

En aquellos terrenos en los que se continúa regando «a manta» (que en el sistema agrario que estudiamos son la mayoría), las plantas se encuentran dispuestas en lo que en la zona se denominan «calles», esto es, compartimientos de longitud y ancho variables muchas veces de forma rectangular (p. ej., 6 x 2 m) limitados por bordos llamados «camallones» (caballones), siendo usual una separación entre plantas de aproximadamente 2,50 x 2,50 m, aunque, como señalan los agricultores, con el paso del tiempo la plantación

<sup>7</sup> En este estudio del MAPA se habla de 30-35.000 kg/ha (MAPA, 1988: 21), aunque nosotros hemos visto rendimientos aún menores.

va «degenerando», por lo que deben introducirse correcciones mediante el «deshijado». Dentro de las parcelas, el agua es conducida, en muchos casos, por el «macho», esto es, una especie de acequia que las atraviesa longitudinalmente. En otros casos, los «machos» han sido sustituidos por canales de cemento que han hecho posible una notable reducción de las pérdidas de agua y que han aumentado la comodidad del riego. Por lo general, sólo hay un canal interno, aunque ello depende, en última instancia, de la longitud de las «calles» en el momento de su implantación. En las parcelas en las que aquéllas eran demasiado largas, se ha introducido un canal adicional en el medio, con lo cual se divide, en lo tocante al riego, el terreno en dos secciones. Tales modificaciones se comprenden si tenemos en cuenta que desde 1986 se viene limitando el tiempo de riego que corresponde a cada terreno, cambio en la asignación que dio lugar a la aparición de incentivos a nivel individual para reducir las pérdidas de agua en el interior de las parcelas y regar en el menor tiempo posible.

La platanera es una planta muy exigente en agua. Se podría afirmar que para mantener un nivel óptimo de humedad en el suelo, fundamental para lograr buenos rendimientos, es necesario aportar cantidades de tal recurso en intervalos de tiempo cortos y mejor aún si se hace de modo continuo. En los períodos de lluvias, el agua requerida es aportada de forma natural, pero cuando aquéllas escasean, lo que es corriente en Canarias, debe recurrirse al riego.

En el sistema agrario que estudiamos, al igual que en otros de esta zona de la isla, la demanda anual de este cultivo se ha fijado en 17.610 m<sup>3</sup>/ha (Gobierno de Canarias, 1992: 73). Lógicamente, las necesidades se reparten a lo largo del año de modo desigual. Si tomamos los datos que recoge Álvarez de la Peña (1981: 102), referidos a zonas de costa en las que se emplee el riego a manta, comprobamos (ver gráfico 15.4) que entre junio y septiembre (incluyendo ambos meses) se concentra el 43,18% de las necesidades. En otro estudio (IBERPLÁN, 1972: 32), éstas aparecen más concentradas (ver gráfico 15.4) en esos meses, aparte de fijarse un valor 0 para enero y diciembre, período en el que, en zonas Norte (a las que se refiere), las necesidades hídricas son, por lo general, satisfechas por las lluvias.

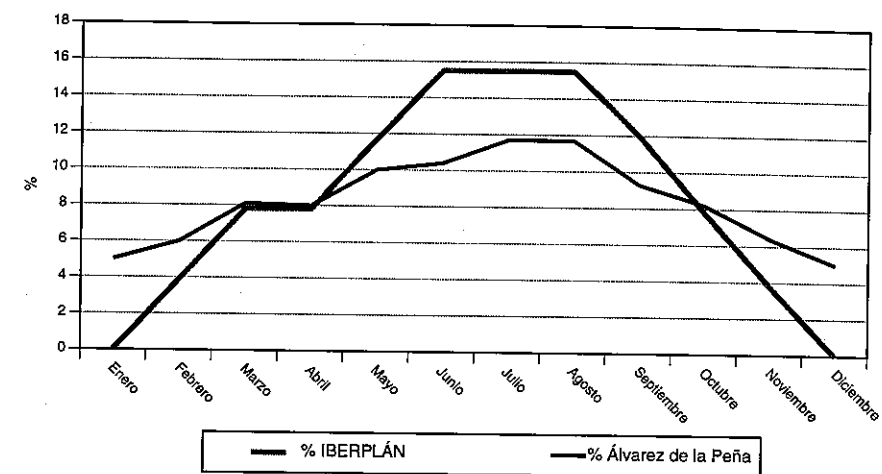
#### 3.1.4. Abonado

De los elementos necesarios para la platanera los más importantes son el potasio (con influencia en la fructificación y, especialmente, en el tamaño y peso de las «piñas»), el nitrógeno (que influye en el desarrollo de la planta) y, en menor medida, el fósforo<sup>8</sup>. Los agricultores proporcionan esos

<sup>8</sup> Ver ÁLVAREZ DE LA PEÑA, F. J. (1981: 121-122), MARTÍN RUIZ, J. F. *et al.* (1991: 15), LÓPEZ GÓMEZ, A. (1972: 31) y HERNÁNDEZ GÓMEZ, G. (1991: 101).

Gráfico 15.4

#### DISTRIBUCIÓN MENSUAL (%) DE LAS NECESIDADES DE LA PLATANERA (RIEGO A MANTA)



elementos (en muchos casos de forma poco racional [ver Hernández Gómez, 1991: 101, y García, 1980: 45]) con abonadas que se realizan en la época de riego, por lo general de marzo-abril a octubre o incluso noviembre según la presencia o no de lluvias, etapa que coincide con la fase de crecimiento activo de la planta (Álvarez de la Peña, 1981: 122-123). Los métodos de abonado, sus fórmulas y su programación varían de unos casos a otros, aunque en el que estudiamos y otros próximos es corriente, sobre todo en el riego a manta, dejar dos ciclos de riego por medio entre una aplicación y otra. Lo frecuente, en tal caso, es extender el abono sobre la superficie del terreno un poco antes de regar, aunque entre los agricultores que tienen sistemas de riego por aspersión se está generalizando el uso de lo que llaman «abonadoras», que son pequeños bidones o tanques metálicos en los cuales se mezcla el abono (productos muy solubles) con el agua con la que se va a irrigar. Sea como fuere, lo cierto es que, en general, el agricultor platanero canario ha dado prioridad, hasta incluso llegar a excederse (García, 1980: 45), a la fertilización nitrogenada, lo que se entiende si tenemos en cuenta que, por las condiciones climáticas de las islas, los suelos suelen ser muy pobres en nitrógeno (IBERPLÁN, 1972: 25). En cuanto al potasio, cuyas necesidades son elevadas, se cuenta con la ventaja de que los suelos canarios son, por lo general, ricos en tal elemento, lo que hace que la fertilización potásica sea, en principio, algo menos importante, aunque ello dependerá de cada caso concreto (ver García, 1980: 46 y Borges, 1980: 41-43). De hecho, en el nuestro se han analizado suelos en los que el conte-

nido de potasio es bajo, siendo, pues, fundamental la aportación de éste. Indicar, por último, que desde hace tiempo se usan bastante los abonos complejos, que poseen, en distintas cantidades, todos los elementos necesarios para la platanera. Por otro lado, se está acudiendo más a los técnicos de los «empaquetados» y de la Agencia de Extensión Agraria en busca de asesoramiento.

El agricultor platanero canario siempre ha considerado importante el abonado orgánico de la platanera<sup>9</sup>. Sin embargo, el *estercolado* (especialmente en su modalidad de enterramiento)<sup>10</sup>, que ha dependido tradicionalmente de una ganadería (vacas, sobre todo) ligada a las explotaciones agrícolas, ha ido perdiendo protagonismo debido a toda una serie de factores estrechamente relacionados. El más importante ha sido, sin duda, la crisis de la ganadería tradicional. A ello debemos añadir la paulatina reducción de la mano de obra disponible y el aumento de los salarios agrícolas (ver, p. ej., Martín Ruiz *et al.*, 1991: 26-28), factores estos últimos con especial incidencia en la modalidad antes citada. En la actualidad, y al contrario que en el pasado, es considerable la dependencia de los abonos químicos. De hecho, hay muchas explotaciones que no reciben aportaciones de estiércol desde hace bastantes años. Salvo los agricultores que aún obtienen su propio estiércol, los demás que quieran conseguirlo deben comprarlo en pueblos del norte de la isla (p. ej., Garafía), lo cual aumenta considerablemente los costes de producción, pues se estima que el necesario para una hectárea alcanza las 450.000 pesetas (1997).

#### 4. El riego

##### 4.1. El agua: origen y disponibilidades

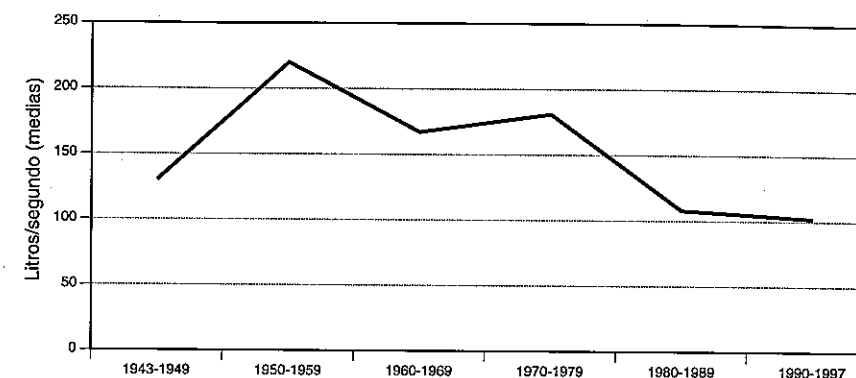
La mayor parte del agua de riego empleada en el sistema agrario que analizamos proviene de los manantiales de Marcos (1.360 m) y Cordero (1.420 m), aprovechados en esta zona desde poco después de la conquista. El caudal de estos nacientes es considerable, situándose en el período 1990-1997 en 101,96 litros/segundo (media). Debemos señalar, no obstante, que, debido principalmente a las «galerías» que han captado agua del acuífero que los alimenta, la producción hídrica de Marcos y Cordero ha venido reduciéndose desde hace bastantes años, lo que se comprueba con claridad en el gráfico 15.5, donde hemos recogido las medias de la etapa 1943-1997 dividida en seis grupos.

<sup>9</sup> Al respecto, ver, por ejemplo, ÁLVAREZ DE LA PEÑA, F. J. (1981: 122), MARTÍN RUIZ, J. F. *et al.* (1991: 26-28), LÓPEZ GÓMEZ, A. (1972: 41) y HERNÁNDEZ GÓMEZ, G. (1991: 91).

<sup>10</sup> En Canarias ha sido corriente la práctica, dura y costosa, de enterrar el estiércol, para lo cual se abren unos hoyos en los que también se depositan elementos como las hojas y otros desechos de la platanera.

Gráfico 15.5

CAUDAL DE MARCOS Y CORDERO EN PERÍODOS ANUALES (1943-1997)



La reducción del caudal de Marcos y Cordero ha llevado a la introducción de agua de otra procedencia, como veremos más adelante. Con todo, el recurso hídrico proveniente del exterior, pese a su importancia para poder regar adecuadamente la platanera, sólo representa en torno al 10% (media 1992-1995) del total disponible cada 15 días.

##### 4.2. Infraestructura hidráulica

En la zona de riego, el agua es conducida y distribuida, en su mayor parte, por tuberías, que desde mediados de la pasada década, y gracias a las subvenciones del gobierno de Canarias, han ido sustituyendo en varias fases los primitivos canales con los que se contaba (donde existían éstos, pues en muchos casos eran simples acequias e incluso barranqueras sin acondicionar o sólo mínimamente preparadas). La instalación de tuberías ha hecho posible que se reduzcan las pérdidas de agua en la zona de riego de la Comunidad, antes escandalosas, y además ha permitido la implantación de un procedimiento de asignación-distribución de tal recurso mucho más eficiente que el anterior y de sistemas de riego por aspersión.

Para almacenar el agua que entra en el sistema, principalmente durante la noche (aunque también durante el día), se cuenta con tres estanques cuya capacidad de almacenamiento total es de unos 13.200 m<sup>3</sup> (5.040 m<sup>3</sup> + 4.800 m<sup>3</sup> + 3.360 m<sup>3</sup>, aproximadamente). Durante el día, la irrigación se lleva a cabo con el agua del canal general que la conduce hasta la zona de regadío («agua de pie») y con la almacenada en los estanques («agua de

tanque»). No obstante, el riego con la primera sólo tiene lugar en los terrenos situados por encima de los 250 m (aprox.). En la actualidad, de los nueve «chorros» básicos de la zona de riego, uno es en su totalidad de «agua de pie», seis de los estanques y dos se alimentan varios días (de la primera mitad de cada ciclo o «dula») del recurso procedente del canal y después del disponible en aquéllos. Esto quiere decir que la mayor parte de los terrenos de la zona de regadío se riegan con el recurso hídrico depositado en los estanques, lo cual pone de manifiesto la enorme importancia que tienen éstos en el sistema agrario que estudiamos.

Aparte de estos estanques que podemos denominar principales, existen otros más pequeños y, por lo tanto, de menor capacidad (sólo uno rebasa los 480 m<sup>3</sup>). Su finalidad es recoger «escurrajes»<sup>11</sup>, con las cuales se riega una superficie considerable. La Comunidad posee tres de estos pequeños estanques que, como es de suponer, se ubican en sitios de la zona de riego en los que pueden almacenar las «escurrajes» de sectores de regadío situados sobre ellos. Además, viene usando desde hace bastante tiempo otro que no es de su propiedad.

Mención aparte merece el embalse de Adeyahamen, obra que forma parte, junto con el denominado Bediesta (cuyos trabajos no han comenzado), del sistema de aprovechamiento y regulación de los manantiales de Los Sauces. Los trabajos de Adeyahamen (337.000 m<sup>3</sup>), realizados según un proyecto aprobado en 1988, finalizaron en 1993 y su inversión rondó los 400 millones de pesetas, dinero aportado por el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Este embalse entró en servicio en 1994, aunque no lo hará a pleno rendimiento hasta 1995. Su principal función es almacenar el agua que brota de Marcos y Cordero cuando no se usa para regar (sobre todo, en diciembre y enero).

#### 4.3. La asignación-distribución del agua<sup>12</sup>

En el sistema que estudiamos, el agua está adscrita a la tierra, asignándose, como es corriente en estos casos, en proporción a la superficie de los terrenos propiedad de cada agricultor. En la etapa 1991-1996, se asigna-

<sup>11</sup> Se denomina «escurrajes» o más abreviadamente «escurres» al agua que sale de los canales de riego (acequias, atarjeas...) por diversas causas (p. ej., fugas) y, sobre todo, a las cantidades que salen de los terrenos (ubicados en zonas determinadas) durante el riego o tras regar por filtración u otros fenómenos. Este recurso hídrico no siempre puede considerarse dentro del conjunto de las pérdidas, pues por lo general es reutilizado (ver la definición de «retorno» que aparece en LÓPEZ-GÁLVEZ, J. y J. M. NAREDO [eds.], 1997: 395).

<sup>12</sup> Nos ocuparemos aquí del procedimiento de distribución que funciona en el período comprendido entre mayo-junio y octubre (aprox.), que corresponde a la etapa seca del año, en la cual el agua se distribuye con todas las formalidades.

ron entre 45 y 60 pipas/celemín (media: 50,50 pipas/celemín [una pipa es igual a 480 litros y un celemín a 437 m<sup>2</sup>]), es decir, entre 494,27 y 659,03 m<sup>3</sup>/ha (media: 554,68 m<sup>3</sup>/ha), siendo la cantidad asignada con más frecuencia 48 pipas/cel. (527,22 m<sup>3</sup>/ha)<sup>13</sup>. En medidas de tiempo, a las que se convierten (dado un caudal fijo) las pipas asignadas al facilitarse así su distribución, se han concedido entre 15 y 20 minutos/celemín<sup>14</sup>.

En el período 1986-1995, el caudal de riego («chorro») corriente durante la distribución «formal» fue de 180 pipas/hora, esto es, 86,40 m<sup>3</sup>/hora (24 litros/segundo). A mediados de julio de 1994, fue situado en el intervalo 190-200 pipas/hora gracias al agua almacenada en el embalse de Adeyahamen, que entró en servicio ese año. Desde 1996, se ha venido regando con caudales de más de 180 pipas/hora (190 y 200).

El agua se asigna, dada su adscripción a la tierra, a cada finca, pero no a los comuneros. Sin embargo, al distribuir el recurso hídrico los acequeros no siempre tienen en cuenta estrictamente el tiempo concedido a cada terreno. Lo normal cuando un agricultor posee varias fincas dispersas en una zona regada a partir de un mismo «chorro» es que el acequero correspondiente no compute el de cada una, sino que vaya teniendo en cuenta el que se va gastando del total a disposición. En pocas palabras, en la práctica se considera que a determinado regante le pertenecen X minutos. Esto es sumamente positivo para los agricultores, pues les permite ajustar, hasta cierto punto, la cantidad que asignan a cada parcela según las necesidades del momento, pudiendo, pues, responder con relativa facilidad a los cambios en los requerimientos.

Si nos centramos en la platanera, habría que decir que el agua asignada por la Comunidad de Regantes no ha sido en la etapa analizada suficiente para atender sus necesidades. Para hacer frente a la falta de tal recurso, se han adoptado desde esta organización varias soluciones (para un análisis más amplio, véase Batista, 1996b). La primera consiste en permitir que un agricultor destine la cantidad de agua (tiempo de riego) asignada a una finca a otra siempre que ambas sean de su propiedad y, lógicamente, estén en la zona de riego (ver también Roldán *et al.*, 1997: 115). Estas transferencias hídricas entre terrenos o fincas de un mismo comunero se fijan para toda la estación de riego, no cambiándose en los años siguientes mientras el interesado no lo solicite en la secretaría de la Comunidad.

Con posterioridad a la decisión de adoptar tal medida, que es de finales de 1985, se acordó (1986) permitir que un regante transfiera el agua

<sup>13</sup> A partir de 1995, aparte del agua de los manantiales, también se tiene en cuenta la disponible en el embalse de Adeyahamen.

<sup>14</sup> Se debe tener en cuenta que al regarse con frecuencia con caudales de más de 180 pipas/hora, se dispone de más agua si se agotan los minutos concedidos (no si al ser mayor el «chorro» se riega en menos tiempo del disponible). Por ejemplo, con un «chorro» de 190 pipas/hora las 48 pipas/cel. de 1994 en realidad fueron 50,56 pipas/cel.

sobrante del riego de un terreno a otro a regar con posterioridad. Como en el caso anterior, en esta modalidad los traspasos de agua también deben tener lugar entre fincas de un mismo propietario. La diferencia radica en que estas transferencias no han sido preestablecidas (no quedan registradas, como las anteriores, en las listas de riego), pues son, más bien, ajustes en la asignación del recurso hídrico que se permiten hacer a los agricultores al regar sus terrenos.

La otra solución para hacer frente a la escasez de agua es la adquisición de ésta fuera del sistema agrario que analizamos. Desde la pasada década numerosos agricultores han ido adquiriendo por su cuenta «acciones» (derechos o participaciones) de agua de diversas galerías, especialmente del cercano municipio de Barlovento. Muchos agricultores, sin embargo, lo que han hecho desde 1986 es arrendar la cantidad que estiman les hace falta a través de la Comunidad de Regantes, que media entre ellos y la Unión de Canales de Barlovento y que también se encarga de arrendar el agua que dejan con tal fin algunos comuneros propietarios de «acciones» (normalmente, la cantidad que les sobra [en la actualidad sólo se arrienda ésta]).

Para ver la importancia de cada una de esas medidas (traspasos internos de agua y la adquisición de ésta fuera del sistema) escogimos 370 fincas del listado de riego de 1993, y más concretamente de 8 lotes (5, 6, 7, 8, 13, 16, 17 y 18), a las que se añadía agua. Pues bien, en el 63,5% de ellas tal recurso procede únicamente de galerías (agua arrendada o propia). En el 25,7% el recurso hídrico añadido tiene su origen en las transferencias interparcelarias del primer tipo (estacionales), es decir, proviene de terrenos que no se regaban o que se han dejado de regar para aprovechar tal factor. En poco más de un 10% se combinan estas dos medidas.

Los sectores de riego más favorecidos por el agua traspasada o adquirida fuera del sistema son los situados en las zonas más bajas (de costa o próximas a ella) del área de regadío de la Comunidad, esto es, en los lugares en los que más falta hace. También debemos tener en cuenta, entrando en razonamientos de tipo económico, que en tales zonas el rendimiento de la platanera es mayor, lo que significa que es en ellas donde se maximiza el beneficio neto por unidad aplicada.

#### 4.4. Los métodos de riego

Como ya hemos apuntado anteriormente, en el sistema agrario de Los Sauces predominan los métodos de riego tradicionales. En la mayoría de las explotaciones de plátanos, pues, se continúa regando «a manta», esto es, inundando cada uno de los compartimientos o «calles» que forman parte de los terrenos, aunque, como dijimos, se han introducido algunos cambios para que el riego sea más eficiente.

El riego por aspersión ha ido poco a poco cobrando mayor importancia en el sistema agrario que analizamos. Carecemos de datos (no existen) sobre la superficie regada actualmente por aspersión en tal sistema<sup>15</sup>, aunque sí podemos decir que viene aumentando, lentamente, desde la segunda mitad de los años ochenta, coincidiendo con la implantación de tuberías de riego por diversas partes de la zona bajo el control de la Comunidad. El riego es de *cobertura total* con las tuberías enterradas, en la mayoría de los casos. De hecho, sólo hemos visto parcelas con aquéllas en la superficie en las dedicadas a *cultivos ordinarios* (p. ej., papas y boniatos). Dado el pequeño tamaño de los bancales (la gran mayoría de ellos son de una superficie inferior a 437 m<sup>2</sup>), es normal que de una misma toma se riegue (por aspersión) más de uno.

## 5. La tierra y el marco sociodemográfico

### 5.1. Fincas

En el municipio en el que se inserta el sistema agrario que analizamos, hay un predominio casi absoluto del minifundio. Según datos extraídos de los censos agrarios de 1982 y 1989 (ISTAC, 1994: 300), del total de explotaciones agrarias con SAU (superficie agraria utilizada), la casi totalidad en 1982 (el 99,90%) y todas en 1989 se hallaban comprendidas entre 0 y 5 ha. Aunque no contamos con datos más precisos, sí podemos decir que dentro de ese intervalo, la mayoría son menores de 1 ha.

La parcelación es muy acusada. Así, una medición de la zona regable de la Comunidad de Regantes realizada en la segunda mitad de los cuarenta (fecha en 1948), aún vigente en gran medida, arroja el asombroso resultado de casi 7.000 parcelas en una superficie de 265,79 ha. Esto hace que la superficie media de cada parcela sea menor de 0,0437 ha. En otras palabras, los terrenos de cultivo (bancales o terrazas, en realidad) son de pequeño tamaño, lo que, unido a la topografía de la zona, dificulta sobremanera la mecanización.

Otra característica significativa del sistema agrario de Los Sauces es la *dispersión parcelaria*. Esto es, muchos agricultores poseen sus parcelas de cultivo en distintas partes de la zona de regadío de la Comunidad. De los encuestados (n= 100) en 1994-1995, el 44% tenía sus terrenos en 4 o más zonas de las 9 que, en lo tocante al riego, forman parte del área bajo el control de aquélla. Las implicaciones de esto en la práctica de la irrigación son claras. Por un lado, el hecho de no poseer las tierras concentradas

<sup>15</sup> Sólo poseemos datos aún incompletos (no de los últimos años) de la superficie regada por aspersión en el municipio (San Andrés y Sauces): 13 ha en 1991 (ISTAC, 1994: 347).

aumenta las posibilidades de que coincida (como de hecho ocurre) el turno de riego en distintas partes. Por otro lado, incrementa los días, dentro de un ciclo dado, que deben dedicar los agricultores al riego y a otras tareas relacionadas con éste (p. ej., abonar).

En cuanto a los regímenes de tenencia, podemos decir que según datos del Ayuntamiento (1992: 4), el 97,26% de la superficie agraria censada figura en régimen de propiedad, lo que se ajusta bastante al porcentaje que aparece en el censo agrario de 1989 (el 96,99%) referido a la superficie agraria utilizada (ISTAC, 1994: 306).

## 5.2. Población

El municipio al que pertenece el sistema agrario que analizamos es, y ha sido, el de mayor población del norte de La Palma. En la etapa 1981-1996, la población media de hecho fue de 5.211 habitantes, mientras que la de derecho (población media) se situó en 5.489 habitantes. Luego, en San Andrés y Sauces se concentra casi el 7% de la población insular. La densidad de población (calculada sobre la población de derecho) en los años considerados en nuestro análisis ha estado entre 126,12 (1991) y 131,13 (1981) habitantes por km<sup>2</sup>, lo que hace que este municipio sea el de mayor densidad de todo el norte de la isla.

La mayor parte de la población del municipio se localiza en el lomo de Los Sauces (donde se encuentra la capital municipal con este nombre y el sistema agrario que analizamos), esto es, en el espacio comprendido entre los barrancos del Agua y la Herradura.

Aunque datos de 1991 ponen de manifiesto que sólo el 34,31% de la población ocupada está incluida en el sector agrícola, la agricultura es el principal sector económico del municipio. Debemos tener en cuenta que muchas de las personas que obtienen sus principales ingresos de otros trabajos también se dedican a aquélla de modo parcial, lo que les proporciona ingresos adicionales. Por otro lado, muchos de los trabajos de otros sectores están ligados a la agricultura de modo más indirecto. Éste es el caso de los desarrollados en los empaquetados de plátanos. No obstante, sí es cierto que cada vez son menos las personas que pueden calificarse «agricultores a tiempo completo». Por otra parte, la agricultura no constituye, desde hace bastantes años, una actividad atractiva para los jóvenes del municipio, que tienden a trabajar en otros sectores, en la localidad o fuera de ella, o a trasladarse a las islas capitalinas (Tenerife y Gran Canaria) para continuar sus estudios. Entre otras consecuencias, ello ha dado lugar a que cada vez sea mayor la edad media de los agricultores.

En el caso que estudiamos, las tierras son atendidas, en general, por sus propietarios (en la mayoría de los casos) o por los familiares de éstos

(p. ej., cuando la tierra es propiedad de una mujer o de una persona de edad avanzada) y, en su caso, por los «medianeros». No obstante, a veces se recurre a «peones», cuando no se puede contar con amigos o familiares, para llevar a cabo algunas tareas puntuales de mayor dureza o las que requieren determinados conocimientos y cierta especialización (ver también García Rodríguez, 1992: 299). Tal estrategia es más usual entre los agricultores de mayor edad y entre aquéllos implicados sólo parcialmente en la agricultura.

Algo que sí está extendido en el sistema que analizamos es, como ya apuntamos, la agricultura a tiempo parcial. De las personas encuestadas (n= 100), el 39% combinaba su trabajo en diversos sectores con la agricultura. Luego, para muchos individuos ésta es una actividad complementaria a la que suelen dedicar los ratos libres disponibles (fines de semana, días de fiesta, media jornada laboral...). Sin duda, la dedicación parcial al cultivo del plátano es posible, en gran medida, por sus pocas exigencias en mano de obra (ver también García Rodríguez, 1992: 299) y por la flexibilidad que permite en lo tocante a la distribución temporal de ciertas labores, aunque, lógicamente, esto dependerá del tamaño de las explotaciones. A ello debemos añadir, desde hace poco tiempo, la introducción del riego por aspersión que ha venido a aliviar las exigencias y la poca elasticidad ligadas a la distribución del agua por turno.

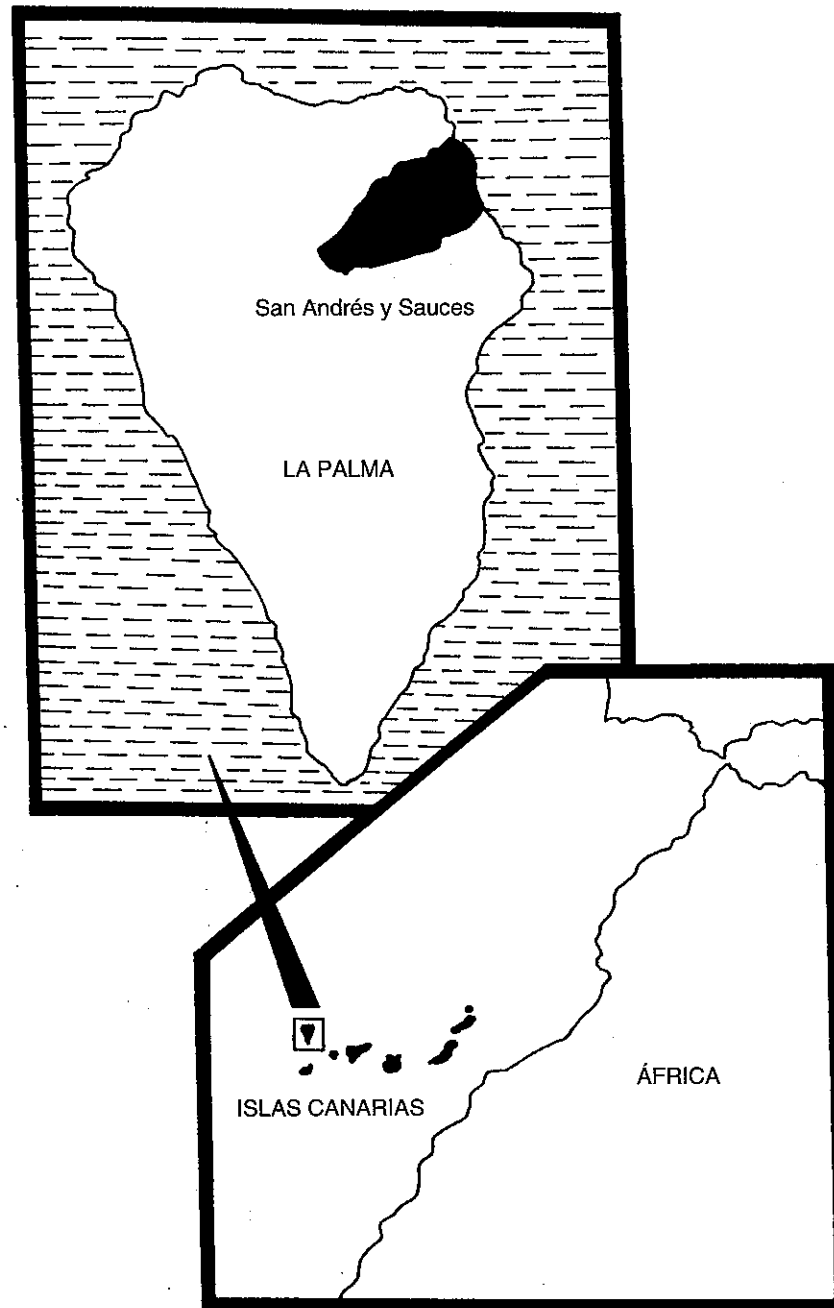
## Conclusiones

En el presente trabajo hemos analizado un sistema de riego del que podemos decir que, en general, se encuentra bien adaptado a su medio (físico, socioeconómico y agrario) y, en particular, al principal cultivo: la platanera. De hecho, buena parte de las reglas del sistema y los procedimientos seguidos en éste para que el agua esté disponible en las parcelas tiene como base el plátano. Podríamos citar para ejemplificar tal afirmación el caudal de riego, la duración de los «turnos», los períodos en los que el recurso hídrico se distribuye con todas las formalidades, etc. Sin duda, el hecho de que tal cultivo sea el predominante hace menos compleja la gestión del agua, pues ésta gira en torno a él. Podemos decir, en otras palabras, que nos encontramos ante un sistema diseñado, en buena medida, para el plátano.

En el caso del cultivo de la platanera, el agua es, como hemos tenido ocasión de comprobar, un recurso de enorme importancia. Hay que recordar que nos encontramos ante una planta que se caracteriza por su poca resistencia al déficit hídrico, por lo que la falta de agua repercute directamente en el rendimiento del cultivo. Por la concentración de las lluvias en unos pocos meses, fenómeno característico del régimen pluviométrico de Canarias, el riego es indispensable durante buena parte del año.



LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO



En el sistema que hemos analizado, el agua asignada por la Comunidad de Regantes en los años estudiados puede calificarse, en general, de escasa al haberse situado por debajo de la cantidad requerida por la platanera (aquí nos referimos a los meses de verano). Esto, como vimos brevemente, ha llevado a la adopción de diversas medidas, algunas ciertamente ingeniosas, con las que reducir o eliminar ese déficit. El análisis de éstas pone de manifiesto la capacidad del sistema comunal para responder a este problema sin necesidad de trastocar en lo fundamental el principio sobre el que se asienta y organiza: la adscripción del agua a la tierra.

**Bibliografía**

- ÁLVAREZ DE LA PEÑA, F. J. (1981), *Cultivo de la platanera.*, Madrid: MAPA.
- AYUNTAMIENTO DE SAN ANDRÉS Y SAUCES (1992), «Normas subsidiarias. Memoria de ordenación», San Andrés y Sauces. Mecanografiado.
- BATISTA MEDINA, J. A. (1996a), «Una aproximación a la agricultura de riego de Los Sauces hasta el siglo XIX», *Revista de Historia Canaria*, 178: 11-35.
- BATISTA MEDINA, J. A. (1996b), «Respondiendo a la escasez de agua de riego: cambio institucional y mercado de agua. Estudio de un caso en las Islas Canarias», *Revista Española de Economía Agraria*, 175(1): 167-198.
- BORGES PÉREZ, A. (1980), «El problema del potasio en los suelos canarios», *El Campo*, 76 (abril): 41-43.
- FERNÁNDEZ CALDAS, E. y M. TEJEDOR (1988), «Los suelos», en VVAA, 1988: 243-256.
- GARCÍA GARCÍA, V. (1980), «Los suelos de cultivo y sus necesidades de fertilización en Canarias», *El Campo*, 76 (abril): 44-46.
- GARCÍA RODRÍGUEZ, J. L. (1992), *Emigración y agricultura en La Palma*, S/C de La Palma y S/C de Tenerife: Consejería de Agricultura y Pesca del Gobierno de Canarias y Cabildo Insular de La Palma.
- GOBIERNO DE CANARIAS (1992), *Avance del Plan Hidrológico Insular de La Palma*. Gobierno de Canarias. Consejería de Obras Públicas, Vivienda y Aguas. Dirección General de Aguas.
- GOBIERNO DE CANARIAS (1995), *Guta de senderos. La Palma*, Gobierno de Canarias. Consejería de Política Territorial. Viceconsejería de Medio Ambiente.
- HERNÁNDEZ GÓMEZ, G. (1991), *Los plátanos*. Barcelona.
- IBERPLÁN (1972), *Aspectos estructurales del sector platanero de Canarias*, Las Palmas de G.C. CIES de la Caja Insular de Ahorros (boletín n.º 13).
- ISTAC (1994), *Estadísticas básicas de Canarias 1987-1992*, Consejería de Economía y Hacienda. Instituto Canario de Estadística.

- ISTAC (1995), *Anuario Estadístico de Canarias*, Consejería de Economía y Hacienda. Instituto Canario de Estadística.
- LÓPEZ-GÁLVEZ, J. y J. M. NAREDO (eds.) (1997), *La gestión del agua de riego*, Madrid: Fundación Argentaria-Visor.
- LÓPEZ GÓMEZ, A. (1972), «El cultivo del plátano en Canarias», *Estudios Geográficos*, 126: 5-68.
- MAPA (1988), *Evaluación de recursos agrarios. Mapa de cultivos y aprovechamientos. Los Sauces -Isla de La Palma-, Santa Cruz de Tenerife*, Madrid: MAPA.
- MAPA (1991), *Caracterización agroclimática de la provincia de Santa Cruz de Tenerife*, Madrid: MAPA.
- MARTÍN RUIZ, J. F., L. M. PÉREZ MARRERO y E. GONZÁLEZ GARCÍA (1991), *La agricultura del plátano en las Islas Canarias*, Las Palmas de G. C.: Cabildo Insular de Gran Canaria.
- MARZOL, V. (1988), «El clima», en VVAA, 1988: 157-202.
- MÉNDEZ HERNÁNDEZ, C. (1994), *El deshijado de la platanera*, Cabildo Insular de Tenerife. Servicio de Agricultura (Hojas Divulgativas, 2).
- RODRÍGUEZ BRITO, W. (1986), *La agricultura de exportación en Canarias (1940-1980)*, S/C de Tenerife: Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca del Gobierno de Canarias.
- RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ, C. M. (1980), «Vertisoles canarios», *El Campo*, 76 (abril): 13-15.
- ROLDÁN, J., J. RECA y A. LOSADA (1997), «Uso del agua de riego en el Valle del Guadalquivir: zonas de Bembézar y de Fuente Palmera», en López-Gálvez y Naredo (eds.), 1997: 99-138.
- VIÑA, A. (1997), *Conquista y repartimiento de la isla de La Palma*, S/C de Tenerife: Búho Ediciones.
- VVAA (1988), *Geografía de Canarias. Geografía física*, S/C de Tenerife: Interinsular Canaria (tomo I, 2.ª edición).

## CAPÍTULO 16

### EL USO DE LAS AGUAS EN EL SISTEMA AGRARIO GALLEGO (SIGLOS XIX Y XX)\*

Alfonso Sánchez Regueiro y Lourenzo Fernández Prieto  
Universidad de Santiago de Compostela

#### Introducción

En este trabajo tratamos de describir los usos y aprovechamientos del agua en la agricultura gallega, cuyos distintos agroecosistemas se caracterizan en general por la conjunción del policultivo y el aprovechamiento ganadero en un marco de dominio histórico de la pequeña explotación familiar, en las condiciones derivadas de una agricultura atlántica en la que el agua no es un recurso escaso, pero está sometido a una creciente demanda derivada de los procesos de intensificación que conoce la agricultura de Galicia entre el siglo XVIII y el XX. Esta supuesta abundancia está relacionada con un régimen de lluvias propio de un clima oceánico, pero matizado espacialmente en función del relieve, el suelo y la altitud. Se trata pues de un dominio climático que garantiza, de acuerdo con el tópico, agua abundante pero igual de esencial para la producción vegetal que en cualquier otra agricultura, y con diferencias espaciales y estacionales que la hacen más esencial aún en algunas comarcas, para algunos cultivos y en algunos meses del año.

De modo concreto, analizamos el uso del agua en el cultivo del maíz y en la alimentación hídrica de los prados, para intentar demostrar cómo las copiosas lluvias no eximen de una gestión regulada del agua, de acuerdo con fórmulas consuetudinarias que garantizan el máximo aprovechamiento al que obliga una demanda estacional o producto de una progresiva intensificación de cultivos —que presiona crecientemente sobre el

\* Este trabajo se benefició para su realización del proyecto de investigación *Consolidación histórica da pequena explotación na Galicia contemporánea*, (D. X. de Universidades de la Xunta de Galicia). Los autores deben agradecer al geógrafo Augusto Pérez Alberti y al edafólogo A. Martínez Cortizas de la USC sus sugerencias y aclaraciones para la mejora del texto del que, en todo caso, sólo los autores somos responsables.

recurso. Comprobamos, asimismo, el establecimiento histórico de sistemas de drenaje y riego muy perfeccionados, en cuanto adecuados a las necesidades productivas, aunque carentes de sofisticación. Sistemas y usos relacionados con dos necesidades básicas que plantea el manejo del agua en la agricultura gallega: el control del exceso en los períodos de máximas precipitaciones y el aprovechamiento en los meses de estiaje.

En conjunto, con este trabajo pretendemos ofrecer una primera aproximación histórica a esta cuestión, que ha sido tradicionalmente despreciada en las investigaciones históricas, técnicas o sociales sobre la agricultura gallega, salvo alguna excepción puntual. Tan sólo desde algunos aspectos de la geografía y desde la etnografía, con ricas y detalladas descripciones de usos y aprovechamientos, se ha atendido esta cuestión que aquí pretendemos abordar en términos históricos

### 1. Marco físico del noroeste peninsular: aguas, clima y suelos

El tópico de la Galicia siempre húmeda es un mal punto de partida para afrontar la cuestión que aquí se plantea, aun siendo cierto que una media de precipitación anual siempre superior a los 600 mm anuales le otorga al país gallego una evidente unidad oceánica, frente a la Península mediterránea y seca. No obstante, es necesario señalar la diversidad del marco físico en el que se desarrollan los sistemas agrarios del noroeste peninsular, territorio en el que se da una peculiar transición climática que define perfectamente un complejo arco de dominios climáticos (Pérez Alberti, 1982: 71) que van desde el oceánico superhúmedo al submediterráneo en función de la situación y el relieve (Martínez Cortizas *et al.*, 1994: 80).

Para definir las condiciones físicas en que se desarrolla el uso del agua en las prácticas agrícolas, es necesario referirse a las temperaturas, las precipitaciones y los suelos. En cuanto a temperaturas y precipitaciones, es útil trazar dos líneas imaginarias desde el NO en dirección SE y S que marcan un incremento de las temperaturas —y en la del SE también de la oscilación térmica— y en el caso de las precipitaciones un descenso en esas mismas direcciones, aunque con mayores variaciones espaciales que en el caso de las temperaturas, avanzando hacia la continentalización en el SE.

El régimen de lluvias se caracteriza, en lo que nos interesa, por su variabilidad estacional y espacial. Las borrascas atlánticas son las principales responsables de un régimen de lluvias que concentra las mayores precipitaciones en los meses de noviembre, diciembre y enero, con precipitaciones algo menos abundantes en invierno (aunque otoño e invierno suman el 70% de la cantidad de lluvia en términos medios) y en una pri-

mavera (19%) que anuncia un verano generalmente seco (11%)<sup>1</sup>. A las lluvias derivadas de los dispositivos sinópticos generalizados hay que añadir las formaciones nubosas provocadas localmente por los vientos atlánticos. En conjunto, este régimen determina unas precipitaciones medias anuales que rondan los 1.400 mm para el conjunto del país, con muchas zonas que llegan a los 2.000 mm y otras que rondan los 700. Estas cantidades pueden dar lugar estacionalmente y, en función de los suelos, permanentemente a terrenos con exceso de agua que presentan enormes dificultades para su puesta en cultivo. Una descripción muy gráfica de cómo condiciona este exceso de lluvia a la vida en la aldea gallega de principios del siglo XX nos la proporciona Prudencio Rovira (1904: 192):

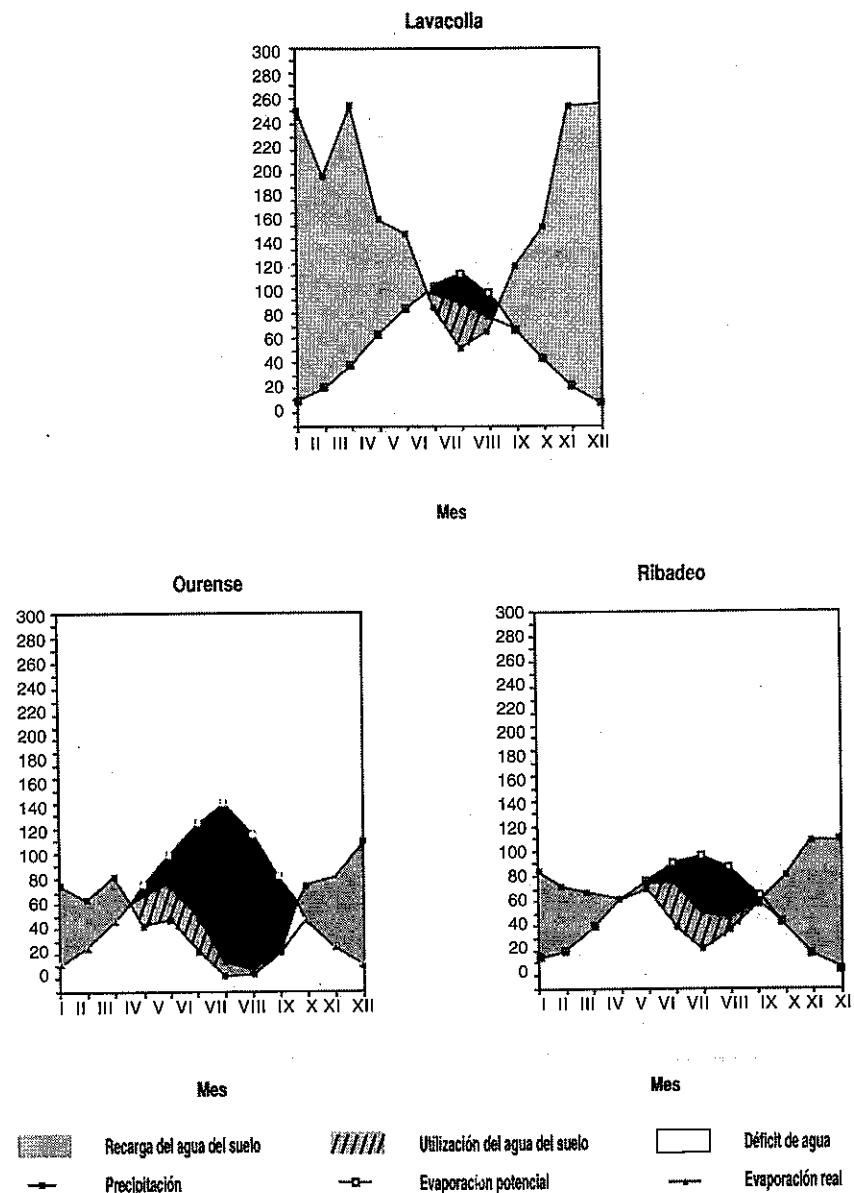
Gran parte del año el campesino del noroeste hace una vida cuasi anfibia. [...] es una tierra tan empapada por la lluvia, un ambiente tan saturado de agua, que parece constituir un término medio entre el mundo puramente acuático y el terrestre [...]. Esto da origen en la indumentaria campesina a tres prendas típicas: la carocha o carozza, capotón de paja de centeno o de junco, especie de choza ambulante con que el aldeano arrostra los aguaceros cuando se ve forzado a dejar las paredes de su casa; el inmenso paraguas de lienzo colorado, mástil robusto, mango y regatón de bronce, capaz de resistir victoriosos todas las ventiscas y todos los diluvios, y los zuecos de madera, rellenos de paja, de forma abarquillada, como hechos para navegar por los caminos de la aldea, transformados en riachuelos con los chubascos invernales.

Junto al exceso en los meses próximos al solsticio invernal, la otra característica que marca globalmente el clima gallego es la fuerte aridez estival que afecta a extensas regiones de Galicia —en mayor medida, valles y depresiones sudorientales y Rías Baixas, pero también las Mariñas coruñesas— y, en general, a todo el noroeste peninsular. Ambas situaciones, exceso invernal y déficit estival, establecen las claves de partida del uso y aprovechamiento de las aguas en la agricultura gallega. En resumen, en términos de contribución estacional debemos destacar que el conjunto del territorio gallego es muy estable, con otoños-inviernos de tendencia húmeda o muy húmeda y primaveras-veranos de tendencia seca o subseca (Martínez Cortizas *et al.*, 1994: 80) (gráfico 16.1 y cuadro 16.1):

<sup>1</sup> Una paremia recoge esta variabilidad con precisión y sus efectos sobre el cultivo: «*Chuvia na Ascensión cría os trigos no mourón; pro e un regalo San Pedro co seu canado, San Cristobo co seu covo, Santa Mariña coa súa regazadiña, Santiago co seu canado, San Lourenzo co seu caldeiriño penzo, Nosa Señora ca súa ola e San Miguel co seu tonel*» (BOUZA-BREY, F., 1982: 127).

Gráfico 16.1

BALANCE DE AGUA MENSUAL EN TRES CASOS REPRESENTATIVOS, SEGÚN THORNTHWAITE-MATHER (RESERVA DE AGUA DEL SUELO DE 100 mm)



Fuente: M. T. Barral y F. Díaz-Fierros, 1996: 244.

Cuadro 16.1

VALORES MEDIOS, MÁXIMO, MÍNIMO Y CONTRIBUCIÓN ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓN EN GALICIA (mm)

	Media	Máximo	Mínimo	CV
Invierno	500,6	1.241 Barbanza	244 Pumares	36
Primavera	263,4	599 Fornelos	94 Pumares	33
Verano	157,7	435 Fornelos	61 Ourense	39
Otoño	492,5	1.330 Barbanza	191 Pumares	35

CV: coeficiente de variación.

	Contribución (%)	Máximo	Mínimo	CV
Invierno	35,2	42,8 A Cañiza	27,4 Folgueiras	8
Primavera	18,8	25,7 Folgueira	12,3 Rianxo	12
Verano	11,1	16,1 Castropol	6,9 Pedreiriño	17
Otoño	34,8	42,7 Guitiriz	27,0 Bugalleira	35

Fuente: A. Martínez Cortizas *et al.*, 1994: 86.

La variabilidad espacial deriva de la situación respecto al litoral, del relieve, la altitud y la orientación. En función de estas circunstancias se definen cinco grandes áreas que resultan de utilidad para definir las diferentes condiciones en que se desarrolla la agricultura gallega en relación con los regímenes de lluvias (Martínez Cortizas *et al.*, 1994: 85): 1. Costa: Rías Baixas, orientadas a las borrascas cálidas del SO, y Rías Altas, orientadas a las borrascas frías; 2. Perilitoral: llanuras y valles fluviales que se encajan hacia el mar; 3. Sierras litorales, centrales y septentrionales (800-1.000 m), que conforman una muralla orográfica para los frentes; 4. Interior cerrado y protegido: llanuras, depresiones y valles fluviales; 5. Sierras orientales y sudorientales (1.500-2.100 m).

En las sierras llueve a barlovento y se crean sombras pluviométricas a sotavento por el efecto föhen. Más allá de las sierras aumenta la continentalización por descenso de precipitaciones, aumento de máximas y descenso de mínimas temperaturas y por una mayor amplitud térmica, generándose un mosaico de microclimas y una considerable variabilidad de precipitaciones en función de las formas del relieve.

Por lo que respecta al último de los aspectos enunciados, los suelos de Galicia se caracterizan por una gran variabilidad en cuanto a su composición y formación, lo que dificulta en gran medida un análisis centrado

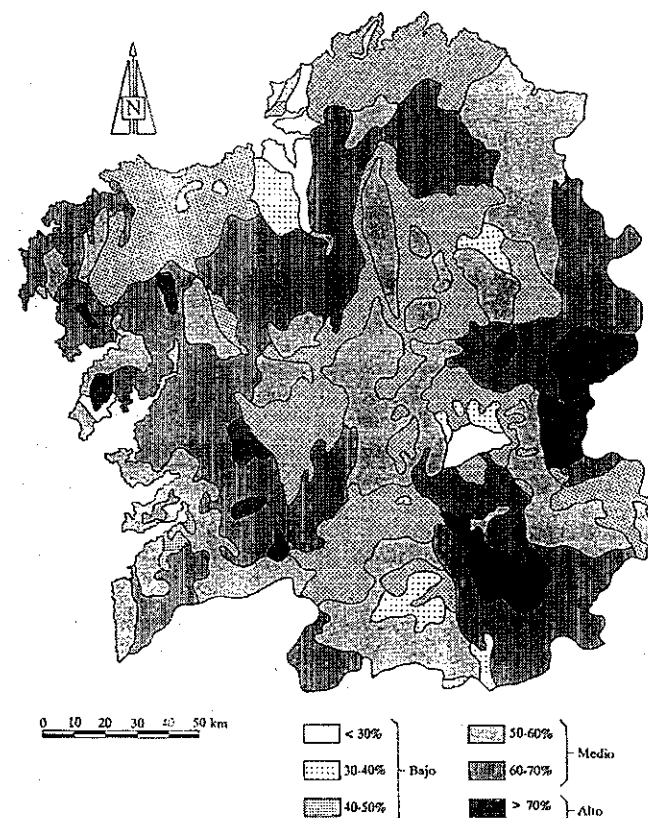
exclusivamente en los mismos. Para el presente trabajo, su estudio debe efectuarse en estrecha vinculación con otros factores, principalmente con los regímenes de lluvias. De ahí, por ejemplo, que la generalidad de los suelos de Galicia se caractericen por las importantes cantidades de agua de infiltración que penetran en ellos en los meses más lluviosos, provocando un fuerte y constante lavado y la pérdida de los compuestos más solubles y de la mayor parte de los iones (Barral y Díaz-Fierros, 1996: 243); por tanto, el proceso normal de su formación es acidificante (Pérez Alberti, 1982: 113 y ss.). Esta acidificación de las tierras de cultivo tan sólo puede ser parcialmente paliada por un considerable aporte de fertilizantes mediante el estercolado tradicional y, más recientemente, por la aplicación de abonos químicos y minerales, como ya se ha explicado en otro trabajo (Balboa López y Fernández Prieto, 1996: 220 y 230).

La disponibilidad de agua para la agricultura tiene que ver con la variabilidad estacional de las lluvias y con el tipo de suelos. Nos detendremos en estos dos factores siguiendo a Díaz Fierros (1971), Pérez Alberti (1982), Martínez Cortizas *et al.* (1994) y Martínez Cortizas y Castillo Rodríguez (1996). En general, el territorio gallego presenta unos regímenes pluviométricos fuertemente contrastados, con un marcado contraste estacional en gran parte de las comarcas —aunque otras como A Mariña e interior lucenses presentan una distribución muy equitativa de la precipitación. El déficit de agua se hace sentir en los meses de abril y mayo por el aumento de la ETP, superando en casi todas las comarcas, con excepción de las tierras altas, a las cantidades precipitadas. Junio, julio y agosto marcan el mayor déficit de agua coincidiendo con el déficit de precipitaciones. En el caso más extremo, julio en las cuencas del Miño y Sil y en las Rías Baixas, el déficit alcanza los 125 mm.

Centrándonos en las disponibilidades de agua para la agricultura, parece interesante atender a la reserva de agua útil (RAU), en cuanto cantidad de agua que almacena cada tipo de suelo en función de su textura, materia orgánica, materiales y profundidad (Martínez Cortizas *et al.*, 1994: 95). Siguiendo a estos autores podemos observar en el mapa 16.1 las distintas áreas de aportación hídrica a los cauces que se pueden distinguir en Galicia atendiendo a los niveles de reserva de agua y los tipos de suelos. Se establece así el balance hídrico en función de las lluvias —y su estacionalidad— y los suelos, acercándonos un poco más a la cuestión del regadío en Galicia. Por una parte, se comprueba la importancia de las precipitaciones pero más aún la de su estacionalidad, evidenciándose grandes diferencias entre comarcas en función de sus precipitaciones medias anuales. En Sarriá (interior lucense) —con 1.478 mm— la homogeneidad estacional conlleva una mayor distribución de las lluvias a lo largo del año, mientras que en el caso de Vigo, con unas precipitaciones anuales superiores —1.973 mm— la estacionalidad media-fuerte contribuye a una marcada presencia de la aridez estival. Sin

Mapa 16.1

COEFICIENTES DE APORTACIÓN HÍDRICA  
A LOS CAUCES FLUVIALES



Fuente: A. Martínez Cortizas *et al.*, 1994.

embargo, no debemos olvidar que los suelos constituyen también un factor decisivo que puede incidir directamente en la cantidad de recursos hídricos disponibles para la agricultura. Un caso significativo es el de la depresión de Monforte (en el interior del país), donde unas precipitaciones muy inferiores a las de otras comarcas —838 mm— y un marcado déficit de agua estival se ven compensados por la existencia de suelos de tipo sedimentario que, como se comprueba en el cuadro 16.2 y en el mapa de aportación hídrica, tienen una mayor capacidad de retención del agua que, por ejemplo, los de carácter granítico que dominan en el SO gallego. Si a estas variables añadimos las explicaciones de carácter socioeconómico, tendremos una mejor visión de la cuestión que nos ocupa.

Cuadro 16.2

## SÍNTESIS DE VARIOS TIPOS DE SUELOS EN FUNCIÓN DE LOS MATERIALES GEOLÓGICOS DE PARTIDA Y RESERVA DE AGUA ÚTIL

	Horizonte de suelo	RAU (en mm)
Granito	AR	34,15
	AC	73,09
	ABC	127,82
Pizarra	AR	61,42
	AC	100,77
	ABC	186,50
Sedimentario	AC	361,05
	ABC	385,35

Horizontes A, B y C. Sustrato de roca madre R.  
Fuente: A. Martínez Cortizas *et al.*, 1994: 93.

Los períodos de estiaje inciden en los cultivos provocando la mayor demanda de este recurso, que en estos meses es menos abundante que el resto del año. Sirva como ejemplo que muchos de los numerosos molinos de los ríos gallegos tradicionalmente han de dejar de moler en verano por estar situados en corrientes fluviales que ven mermar considerablemente su caudal, pero sobre todo porque la preferencia en su uso se deriva al riego de prados o cultivos que, como el maíz, están muy necesitados de agua durante su período vegetativo. Esta presión estival sobre el agua obliga a establecer rigurosos mecanismos de uso —normas colectivas de aprovechamiento—, pero inevitablemente origina también numerosos conflictos. Estos períodos de sequía estival motivan históricamente la difusión o creación de formas de riego en muchas comarcas gallegas (Fumega y Romaní, 1996: 535). Abel Bohuier (1979: 674), quien mejor ha estudiado el regadío en Galicia, relaciona las formas de riego con la existencia de reservas de agua garantizadas y constata la mayor presencia del regadío estival de los cultivos en el SO y cuenca media del Miño, aunque la misma situación derivada de la aridez estival tienen otras comarcas gallegas como As Mariñas coruñesas, el SE o parte de la Terra Cha lucense, sin que por eso el regadío esté muy desarrollado a pesar de contar también con suficientes reservas de agua<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Una cuestión que necesita ser precisada es la relativa a las tierras de labradío con regadío en la agricultura gallega: las citadas *cortiñas*, tierras próximas a las casas en las que se sitúan tradicionalmente los cultivos más intensivos —representaban un porcentaje pequeño de la superficie cultivada; los bancales y terrazas de los valles fluviales y de las superficies con suficiente pendiente; así como las parcelas de las *agras* susceptibles de recibir irrigación. Abel BOUHIER (1979: 673) precisa que las comarcas con más tierras de regadío son, en general, las comprendidas entre el SO y la cuenca media del Miño, con límites en las rías de Noia-Corcubión por el NO, en las tierras del Deza (NE de Pontevedra) y Ourense por el centro y en la Baixa Limia por el SE. Con datos del Catastro de Ensenada establece

La definición de estas cuestiones lleva a plantearse un tema aún pendiente en la historiografía agraria gallega, como es el de por qué existen tan marcadas diferencias en la aplicación del regadío a las tierras de labor en el país. Abel Bouhier (1979: 674) deduce de lo anterior que la organización del regadío procede de una inequívoca voluntad campesina, marcada por un fuerte grado de ocupación del espacio y que además exige desde la puesta en marcha de unas determinadas técnicas hasta una organización particular del espacio agrario. El dominio galaico del regadío de las tierras de labor sería, en consecuencia, la continuación de la región portuguesa del Miño, de modo que las prácticas del complejo técnico y humano de la pequeña irrigación progresarían de sur a norte. En favor de esta tesis encontramos alguna información sobre la difusión del cultivo del trébol en Galicia, uno de los más utilizados en los prados artificiales de regadío, que proporciona en 1874 Villamarín Pereira. Esta planta había venido ganando terreno desde Portugal hacia el norte, asentándose en el litoral pontevedrés y llegando a la altura de Caldas-Vilagarcía a aquellas alturas del XIX (Villamarín, 1874: 51). La coincidencia del límite norte del regadío y la relación entre este tipo de prados y las necesidades de regadío, avalan aquella idea.

Sin embargo, debemos tener siempre presente, tal y como se indicó anteriormente, la incidencia de factores como los tipos de suelos de las comarcas gallegas. De la composición de éstos se deriva una mayor o menor retención de la aportación hídrica, incidiendo directamente en la capacidad de agua útil del suelo, y modificando las condiciones derivadas del régimen de lluvias. Un marcado déficit estival de agua, unido a unas precipitaciones medias anuales moderadas y concentradas estacionalmente, como es el caso ya citado de Monforte, puede ser compensado con la capacidad de retención hídrica de unos suelos de carácter sedimentario. Estos factores físicos pueden explicar, en parte, la ausencia de regadío de las tierras de labor en Monforte, al contrario de lo que sucede en otras comarcas con similares condiciones en cuanto a déficit estival de agua y concentración de las precipitaciones, como es el caso del SO. El conjunto de la explicación debe completarse, siguiendo a Bouhier, con el análisis de las condiciones socioeconómicas —el aspecto demográfico y la ocupación del territorio marcan substanciales diferencias entre las comarcas del O y el E del sur gallego—, contribuyendo a una mayor comprensión acerca de las circunstancias que llevan a hacer imprescindible el recurso al regadío en determinadas zonas.

De todos modos, conviene anotar de entrada que las formas más simples de riego no sólo están relacionadas con la sequía estival, sino también

una comparación con la situación de los años sesenta y comprueba que las variaciones son escasas respecto al siglo XVIII, constatando tan sólo una cierta expansión de las tierras de regadío en comarcas del interior gallego.

con la alimentación de los prados; en especial cuando el agua procede de manantiales calcáreos que aportan cal para combatir la acidez, garantizar la humidificación invernal y dificultar que las heladas afecten, sobre todo en las comarcas de montaña y del interior, a la producción herbácea<sup>3</sup>. Ello permite comprender la extendida forma del regadío invernal, que ha sido mal interpretado en el pasado por los técnicos. Los pequeños canales permanentemente cuidados sirven pues, según el cultivo y la época, tanto para regar como para evitar el encharcamiento y orientar la circulación del exceso de agua.

En cuanto a los cursos fluviales del noroeste peninsular, nos encontramos con que la gran cantidad de ríos y regatos permite disponer de una notable cantidad de recursos hídricos durante la mayor parte del año. La incidencia de todos estos cursos fluviales, junto con las abundantes precipitaciones, contribuyen a crear en el fondo de los valles una espesa capa de depósitos que da lugar a suelos húmedos, cuando no encharcados, muy aptos para prados por las facilidades de riego. De todos modos, el carácter contrastado del relieve, planicies interiores y superficies quebradas próximas a las costas, determina un fuerte condicionamiento del medio físico, por cuanto muchos ríos son de corta longitud y poseen un gran potencial erosivo debido a su abundante caudal y a la velocidad derivada de su pendiente.

## 2. Uso de las aguas en el sistema agrario gallego.

### Consideraciones generales sobre un recurso esencial

En la sociedad rural gallega, hasta mediados del siglo XX, el principal uso del agua estaba vinculado esencialmente a la agricultura, como corresponde a una sociedad con un limitado desarrollo urbano e industrial; y, en todo caso, los usos domésticos e industriales estaban frecuentemente vinculados al agrícola (Fumega y Romaní, 1996: 552-554). Gran parte del agua empleada como fuerza motriz en molinos, batanes y curtidurías, las principales industrias enclavadas en el rural gallego, tenía posteriormente un uso agrícola por medio del regadío; al igual que las aguas de consumo humano, frecuentemente almacenadas y canalizadas hacia las tierras de labor para servir de fertilizantes.

La preocupación por el aprovechamiento de las aguas en la agricultura gallega no es, como se podría deducir de una impresión preliminar basada

<sup>3</sup> Así lo hemos constatado a través de entrevistas en comarcas como O Caurel, que como todas las zonas montañosas, o simplemente quebradas, del país conocen un sencillo y cuidado sistema de aprovechamiento de aguas superficiales para el riego pero también para evitar el encharcamiento cuando las precipitaciones son abundantes.

en los caracteres climáticos, una cuestión secundaria ni marginal para el campesinado. En un Informe de 1885 del Consejo Provincial de Agricultura de Pontevedra se hace patente esta circunstancia: «Sin meternos en analizar las escasas peticiones de agua para riegos, podemos decir que se debe a la dificultad de aprovechar aisladamente la que circula por los caudalosos ríos puesto que los pequeños caudales se encuentran utilizados hasta con avaricia por el labrador»<sup>4</sup>. Esta observación es extrapolable a otras muchas comarcas del país. Una descripción coincidente hace Nicolás Tenorio (1914/1984: 250-254) pocas décadas más tarde para las tierras de O Bolo en Ourense, indicando que donde hay una corriente de agua aprovechable para el riego, tanto de manantiales como de regueros o pequeños cauces, las tierras se hayan convertidas en prados, bien por la derivación del cauce principal, bien por el almacenamiento en balsas. Similares informaciones se pueden obtener de fuentes orales.

La progresiva intensificación de cultivos que se produce en el sistema agrario en los últimos siglos obliga a aprovechar todos aquellos factores que inciden en el proceso productivo, incluidos por supuesto los recursos hídricos. Es por ello que, en las comarcas de regadío, las tierras de secano o que carecen de agua en abundancia sufren una depreciación creciente, consecuente con su menor calidad productiva, mientras que los predios bien regados se ven sometidos a una mayor presión (Vázquez Martínez, 1946: 184). El acceso a la disposición de los recursos hídricos conduce, cuando la presión es excesiva, a disputas entre vecinos que pueden dar lugar, al desbordarse las regulaciones comunales de uso y acceso a las aguas, a conflictos abiertos que llegan en gran número a los tribunales<sup>5</sup>. Estos conflictos no parecen tener una delimitación territorial definida, sino que ofrecen una incidencia similar en el conjunto del país, aunque la presión sobre el recurso tenga que ver con cultivos distintos: el riego del maíz en las comarcas occidentales y el de los prados en Lugo, Ourense e interior de la provincia coruñesa.

La importancia del aprovechamiento de las aguas en el sistema agrario también parece estar avalada por la existencia de numerosos y variados sistemas de repartición de las aguas de riego en las aldeas, con una reglamentación emanada de la propia comunidad campesina para controlar el acceso al recurso.

<sup>4</sup> *Memoria sobre la situación y reformas del Consejo Provincial de Agricultura, Industria y Comercio de la Provincia de Pontevedra*, 1885. Archivo del Ministerio de Agricultura, Madrid, leg. 253. Debemos esta ilustrativa información a nuestro compañero de equipo David Soto.

<sup>5</sup> Un acercamiento a esta cuestión para el siglo XVIII, a propósito de los pleitos que llegan a la Real Audiencia de A Coruña, en CANDAL GONZÁLEZ, X. M. (1993). Realmente significativo es que dentro del conjunto de pleitos recogidos en el Archivo Histórico do Reino de Galicia en relación con las aguas destaquen sobremanera aquéllos referidos a la *perturbación en la posesión y aprovechamiento de las aguas* en segundo término nos encontramos con aquellos pleitos provocados por los *prorratesos de aguas*.

La práctica del regadío en Galicia, no en la extensión que adquiere en los últimos siglos pero sí en sus fundamentos, data por lo menos de la Alta Edad Media, según Bohuier. Ya en el siglo IX se constata en toda la cornisa cantábrica la existencia de molinos hidráulicos con presas que tendrían, como hasta el presente, la doble función de servir para mover los ingenios molineros y para derivar agua de riego a las tierras colindantes. Esta solución es debida a que la torrencialidad de los cursos de agua impide en algunos casos aprovechar directamente la corriente como fuerza motriz, lo que obliga a la construcción de una presa en un tramo del río y a la desviación y canalización de una parte del caudal. Una obra considerable en el horizonte tecnológico campesino que da lugar a unas instalaciones que se convierten en bienes muy preciados, como demuestra el hecho de estar casi siempre monopolizadas por los señoríos, con preferencia de los eclesiásticos (Cuadra García, 1991: 291). Los dominios del riego artificial en la agricultura se extenderán progresivamente; si hasta inicios de la Edad Moderna se concentra en las *veigas* y *hortas* familiares y se destina a cultivos muy exigentes como la vid, la expansión del maíz y de los prados y la progresiva intensificación contemporánea irán ampliando su dominio.

En los valles de la montaña luguesa, considerados habitualmente como una zona de más tardía intensificación, ya había a mediados del XVIII muchas tierras de labradío *acortinadas* produciendo cada año una cosecha de maíz y trigo o centeno, que debían de gozar de alguna forma de regadío (Saavedra, 1991: 47). Y lo mismo se observa para zonas del interior de Lugo (Villares, 1982: 190-191).

Aunque no hay todavía investigaciones que puedan demostrarlo, puede conjeturarse que la extensión de las prácticas de riego sería una contribución imprescindible a la articulación de este sistema agrario basado en el policultivo intensivo, combinado con una importante cabaña ganadera, y dependiente de una considerable superficie de tierra a monte que proporciona recursos esenciales —incluidos también importantes recursos acuíferos— para el mantenimiento del complejo agroganadero. Un proceso en el que hasta bien avanzado el siglo XX no interviene la innovación científico-técnica y que sigue otros itinerarios de cambio tecnológico, locales y ajenos a los dominantes (Fernández Prieto, 1992: 39); que estuvo fundamentado, por tanto, en el impulso de los medios técnicos tradicionales y en el aprovechamiento de los factores endógenos disponibles, fuesen técnicas de trabajo de la tierra, sistemas de rotación, fórmulas de fertilización, etcétera.

Entre estos factores, superando el descuido de la historiografía agrarista hasta ahora, es preciso reparar en el manejo de los recursos hídricos, cuyo concurso es imprescindible para la intensificación. En caso contrario, no son comprensibles los altos rendimientos que se consiguen en el cultivo del maíz en las Rías Baixas y O Salnés, ni la notable expansión de las

superficies pratenses y los cultivos forrajeros en toda Galicia, y en especial en las comarcas del interior. En el siglo XX, cuando la intensificación agroganadera se beneficia más claramente de las innovaciones técnicas que se difunden en todo el continente, el aprovechamiento de las aguas sigue siendo una cuestión central. Se acelera ahora la expansión de los cultivos pratenses y forrajeros y se mantiene la conflictividad alrededor de los recursos hídricos, que siguen siendo manejados con técnicas endógenas —sólo a mediados del siglo XX alcanzan relevancia las técnicas de extracción de aguas subterráneas— ajenas a los procesos de innovación tecnológica que se constatan en algunos sectores.

### 3. Las superficies pratenses y el uso de las aguas

La expansión de las superficies pratenses y los pastos es una constante desde mediados del siglo XVIII, en estrecha relación con el incremento de la cabaña ganadera, dando lugar a una de las características más destacadas del agro gallego actual: la especialización ganadera. Este proceso dio lugar a que los prados, con una producción que en el siglo XVIII se valoraba como inferior a la del labradío, se fueran convirtiendo en uno de los componentes más apreciados de la explotación campesina gallega (Saavedra, s/f: 197) y, en general, de la cornisa cantábrica (Domínguez Martín, 1995: 52)<sup>6</sup>. Este incremento de prados y pastizales era ya una vieja demanda de los ilustrados gallegos para mejorar la cabaña ganadera, considerada una de las principales fuentes de riqueza del país. La reclamación de los técnicos se mantendrá en las centurias posteriores, aunque incidiendo en mayor medida en la defensa de los prados artificiales, casi desconocidos a finales del siglo XIX y que se desarrollan lentamente hasta mediados del XX. Por distintas vías el movimiento tendente a acrecentar la producción de hierba y pastizales y otras producciones forrajeras es desarrollado por los labradores, con una especial incidencia —aunque no exclusiva— en las tierras del interior<sup>7</sup>.

Pegerto Saavedra establece un marco claro respecto a las distintas soluciones adoptadas en el agro gallego para la manutención del ganado. El aumento de las superficies pratenses es un hecho que se constata en la

<sup>6</sup> Este mismo autor recoge un refrán muy expresivo al respecto: «*no orto e no prado, aínda que namáis quepa un boi deitado*». Esta extraordinaria valoración es la que provoca que, por ejemplo, en Os Ancares la parcelación afecte en gran medida a las tierras dedicadas a hortalizas y prados, que en muy pocas ocasiones rebasan el ferrado de superficie (GONZÁLEZ REBOREDO, X. M., 1990: 44).

<sup>7</sup> Una notable visión de conjunto del tema en SAAVEDRA, P., s/f.: 196-198, donde se hace referencia a distintos estudios comarcales que aportan información sobre la ampliación de las superficies pratenses. Acerca de la problemática de las aguas en los siglos XVIII y XIX, consultar SÁNCHEZ REGUEIRO, A., 1997.



práctica totalidad del país, pero con una especial incidencia en el interior y en el litoral cantábrico, «toda vez que en la Galicia occidental el campesino adoptó una solución diferente para sostener y mejorar la ganadería, consistente en sembrar hierba —*herba de Vigo*— entre cosecha y cosecha de maíz» (Saavedra, s/f: 197). El cultivo de forrajes verdes tiene una presencia más limitada en las comarcas de montaña. La explicación a esta divergencia tiene una evidente base en aspectos de carácter socioeconómico —grado de intensificación de los cultivos, ocupación del espacio agrario, etc.— pero también en otros de marcado cariz físico. Las zonas de la Galicia actual donde la superficie de prados —naturales y artificiales— es superior a la de labradío (Pérez Alberti, 1982: 169) coincide en gran medida con las comarcas que presentan mayores índices de precipitaciones y una menor estacionalidad, teniendo como consecuencia que el aporte de humedad —en forma de lluvias o nieblas estivales, con la consecuente menor radiación— es más o menos constante a lo largo del año (Martínez Cortizas y Castillo Rodríguez, 1996: 137). Debemos tener en cuenta que las plantas forrajeras y pratenses poseen raíces que alcanzan escasa profundidad, con lo que la capacidad de retención de agua de los suelos tiene una menor incidencia en este caso.

Como vemos, las soluciones adoptadas para incrementar las producciones herbáceas pueden diferir, pero la presión sobre el uso del agua marca, en la línea del presente trabajo, las distintas variantes. Por una parte, los cultivos forrajeros se beneficiaban del regadío aplicado en el SO a otros cultivos, entre ellos el maíz, y, por otra, el riego artificial representa un factor casi imprescindible en el establecimiento de prados. Según L. Crespi y L. Iglesias (1929: 128-129) en la comarca de Ancares no se establecen prados sin tener garantizado un regadío prácticamente permanente; esta necesidad de contar con agua lleva a que los prados suelen establecerse en las encañadas con arroyos. La misma constatación, para la misma comarca montañosa, establece setenta años después M. González Reboredo (1990: 39-41). Ambas investigaciones confirman pues la importancia que se concede a los aportes de agua a los prados, cuando y donde la extensión de prados se realiza por medios tradicionales y sin aportación de fertilizantes minerales o químicos.

La importancia que llegan a alcanzar los prados dentro de la economía campesina queda constatada en diversas obras de comienzos del siglo XX. Según Valeriano Villanueva (1926: 354) y Nicolás Tenorio (1914: 250), en el primer tercio del siglo XX las superficies de prados regables se pagaban al doble, e incluso más, que las tierras de labradío. Muy importante es la observación que realiza Tenorio respecto a estos precios, ya que indica que la tierra destinada a prado en Viana es de buena calidad, aunque la diferencia de valor está más relacionada con la importancia del ganado para la economía campesina.

El proceso de expansión de las superficies pratenses al que nos estamos refiriendo debe incluirse dentro del ya señalado marco general de permanente intensificación de los cultivos que tiene lugar en la Galicia contemporánea. De ahí que gran parte de las apropiaciones y privatizaciones de monte pasaran a convertirse en prados y pastizales. Pegerto Saavedra indica que «en la segunda mitad del siglo XVIII los cierres parecen un hecho generalizable a toda Galicia», y que «estas transformaciones no se efectuaron sin problemas, engendrados ora por cierres ora por el aprovechamiento de aguas» (1982: 207 y 210-211). Este mismo autor sostiene que el proceso de cierres se vio acompañado de otro consistente «en reducir a prado parcelas que antes andaban a labradío», indicando que «este cambio afecta a buena parte de Galicia». Pero gran parte de la cuestión radica, como bien apunta Saavedra, en medir el proceso, en conocer el alcance real de las conversiones en prados y pastizales (s/f: 197; 1985: 189). Investigaciones como la que está realizando David Soto (1997) para el caso gallego nos ayudarán mucho en este cometido<sup>8</sup>. No se debe olvidar, por último, el carácter más social del fenómeno, analizando en la medida de lo posible a los protagonistas del proceso de transformaciones —Villares (1982: 200-201) y Saavedra (1985: 188-190) apuntan algunos datos e ideas al respecto.

En cuanto al dominio de las aguas, las expresiones más utilizadas para referirse al mismo son del tipo de *posesión continuada inmemorial* o *uso no interrumpido*, en clara referencia a una legitimación con base en la tradición y en la costumbre. Hay que tener en cuenta que también eran relativamente frecuentes las fuentes y pozos de propiedad particular, vinculados a la tierra en la que se encontraban y para aprovechamiento exclusivo de su propietario o arrendatario. Sin embargo, es habitual encontrarse con que estos manantiales terminen por ser usados por una comunidad de herederos. El análisis de la vinculación entre propiedad de la tierra y propiedad del agua en el sistema agrario gallego presenta una cierta dificultad, siendo distintas las informaciones al respecto. Según el jurista Alfredo García Ramos (1912: 37) y Xaquín Lourenzo (1979: 192) las aguas son inherentes a la propiedad, sin conocerse casos de enajenación con independencia de la tierra; puede decirse que las dos propiedades marchan juntas. Sin embargo, en organizaciones tan perfeccionadas como las *levadas* de Arbo (Pontevedra), la cuestión adquiere mayores matices. Se reconoce la unión de las dos propiedades, lo que queda de manifiesto en la venta o arriendo de la tierra, pero al mismo tiempo el sistema permite, por un lado, el trasvase de agua entre fincas de un mismo propietario —lo que facilita atender a las necesidades de cultivo de cada una— pero también se contempla la venta del agua

<sup>8</sup> En general, la evolución de los cierres parece más clara, pero no así la cuestión de la conversión de tierras de labradío en prados.

independientemente de las tierras (Vázquez Martínez, 1946: 177). Todo esto, por otra parte, no deja de evidenciar la perfección que la organización del regadío llegó a adquirir en algunas comarcas gallegas.

En definitiva, parece claro que es el derecho consuetudinario, que en algunos casos puede recogerse en escritura, lo que marca y determina el aprovechamiento de las aguas en el sistema agrario gallego, con un notable predominio del carácter comunitario —de herederos o vecinos— y, asimismo, una presencia significativa de la propiedad particular. Fácilmente se puede comprender que la diversidad de estos derechos diese lugar a no pocos conflictos, casi siempre por una variación en su aprovechamiento tradicional o por una mayor presión sobre el recurso.

En cuanto a los distintos sistemas de repartición de las aguas, por lo general todos están basados en el tiempo y en la superficie a regar; dividiendo las aguas disponibles en relación con la cantidad de tierras; delimitando las fincas por las que se inicia y acaba el riego; el momento del año, y del día, en el que comienzan y terminan; el aprovechamiento de los *decurres* o sobrantes en función de la inclinación del terreno, etc. Se procura no dejar nada sin regular y atajar así, en la medida de lo posible, la aparición de conflictos. Para estos casos en algunos sistemas incluso se contemplaba la posibilidad de designar un perito local, con el mutuo acuerdo de todos, para que mediase e intentara de esta manera alcanzar una solución en el marco de la comunidad, sin recurrir a las instancias judiciales. Sin embargo, los conflictos fueron inevitables y constantes, aumentando según se incrementaba la intensidad y presión sobre el recurso y llegando en muchos casos a desbordar los cauces preestablecidos por la comunidad campesina.

Respecto al uso del agua para regadío, las tierras que no disponían más que del recurso comunal tenían que aprovechar bien los días, e incluso las noches, que tocaban en suerte, sobre todo si la aridez estival era muy pronunciada. El riego de las superficies pratenses se hacía llevando el agua a la finca por medio de tapar y abrir las *canles* precisas, operación en la que se utilizaba la *aixada* para mover los terrones y piedras. Los prados tenían en su cabecera un cauce y de él salían otros *regos* más estrechos, las *birtas*; estructura que se repetía muchas veces, a la inversa, en la parte baja del terreno con el objeto de facilitar la salida del agua sobrante y el drenaje en los meses de lluvia.

Bastante antes de llegar el tiempo del estiaje, y en consecuencia de la mayor actividad relacionada con el regadío, los trabajos de riego adquieren importancia dentro de los quehaceres campesinos. La conservación de los sistemas de riego comunales era una tarea de todos, debiendo contribuir con el trabajo personal o con el sostenimiento de los jornaleros empleados. Sin embargo, cada cual tenía que atender sus propiedades, preparándolas para recibir las aguas. Las labores comenzaban en el mes de enero con la limpieza

de los prados y el arreglo de los cauces que servían para llevar las aguas (Lourenzo, 1979: 189; Fernández Oxea, 1982: 192; Saavedra, 1991: 42). Esta actividad de «*iren ós regos*» para la preparación de los prados es uno de los trabajos imprescindibles cada año para el grupo doméstico. Durante los meses de abril y marzo se recogían en los prados los *outonos*, las primeras hierbas que se daban en verde al ganado. Un buen prado podía proporcionar tres o cuatro siegas de esta hierba cada año y los de menor calidad se utilizaban como pasto. Después se dejaba crecer la hierba hasta el mes de julio en que se realizaba la siega para recoger el *feno* con el que alimentar el ganado durante el invierno. Durante estos meses continuaban los riegos, el principal trabajo que requerían los prados en este período. A partir de la siega la finca era utilizada para pasto del ganado, hasta que con la llegada del invierno se reproducía el ciclo (Lourenzo, 1979: 255-262).

En los pozos de propiedad particular el agua se extraía con un *cabón* o *bimastro*, aprovechándola mientras no se agotaba, lo que no era impedimento para que se utilizase también el agua comunal correspondiente (Lourenzo, 1979: 202). A estos aprovechamientos individuales también hace referencia Prudencio Rovira, quien cita los «cigüeñales» emplazados entre el maíz para el riego (1904: 192), y Fernández Oxea, indicando que de las fincas con pozos propios se sacaba el agua mediante unos instrumentos llamados *armadillos*, que constan de un poste en el que se apoya el *cabón*, que lleva en un extremo el *lareiro* y en la punta contraria una piedra de contrapeso (1982: 204). Los pozos constituyen, por lo tanto, uno de los métodos de extracción y obtención del agua para riego, como vemos bastante vinculados a un aprovechamiento particular, aunque también se encuentran con un carácter comunal. La extracción se realizaba casi siempre mediante técnicas simples —roldanas, cadenas, cambones, etc.—, por cuanto estos pozos eran de escasa profundidad y estaban a ras de tierra. Algunos autores recogen el empleo de otras técnicas de extracción más perfeccionadas, como norias (Risco, 1933: 356) o bombas de mano —las de motor llegarían en los años cincuenta del siglo XX— (Fumega y Romaní, 1996: 538)<sup>9</sup>. Lo más habitual era que el agua extraída se vertiese directamente en la tierra, haciéndola circular por los cauces excavados en el terreno.

Sin embargo, los pozos no representaban más que una pequeña parte del aprovechamiento de las aguas para riego. Las *pozaz* y las pequeñas presas sobre ríos y riachuelos constituían los principales sistemas de almacenamiento. La utilización de los ríos podía suponer en muchos casos un cam-

<sup>9</sup> Xaquín LOURENZO hace referencia a un llamativo fenómeno técnico, que no es ni más ni menos que reflejo de lo que muchas veces sucedía con la tecnología exógena en el campo gallego: «Nas casas de certa importancia económica úsanse de cote bombas mercadas nas tendas, sendo curioso o feito de que hai algúns anos comezaron a aparecer bombas de madeira, feitas polos nosos carpinteiros a imitación das de ferro, mais deberon de dar pouco rendimento porque foron desaparecendo pouco a pouco» (1979: 140).

bio en la escala de intervención, siendo imprescindible la colaboración del colectivo por la mayor complejidad técnica y la exigencia de mayores recursos humanos y económicos para su puesta en marcha y su sostenimiento. Los ríos importantes, con un caudal constante que resistiese el estiaje, eran los más adecuados para este tipo de actuaciones. Es el caso del río Cea en Arbo, del que se aprovechaban sus aguas mediante el almacenamiento en diversas presas (Vázquez Martínez, 1946: 173). Pero el recurso a los cauces fluviales también podía revestir un carácter individual. X. Lourenzo hace referencia a que los mismos cambones empleados en los pozos también se podían encontrar en las orillas de los ríos para aprovechar las aguas de las corrientes: se armaba una plataforma donde se colocaba la persona y desde allí se enviaba el agua por medio de un canal a la finca que lo requiriese (1979: 142).

El otro gran sistema de aprovechamiento colectivo de las aguas eran las *pozas*, que se llenaban mediante la captación de corrientes naturales o minas de dominio comunal y excavadas con este fin. Incluso las aguas sobrantes de las fuentes de uso doméstico eran muchas veces almacenadas en *pozas* para el riego (Lourenzo, 1979: 151). Contaban con una amplia difusión espacial, siendo comunes a todas las comarcas del país. El agua se llevaba a estas reservas mediante canales hechos con este fin y se almacenaba hasta su uso en el riego de prados y cultivos, momento en el que entraban en juego los diversos sistemas de gestión del recurso. Eran construcciones de carácter popular que variaban mucho en tamaño y forma, adaptándose a su emplazamiento y capacidad; sus estructuras normalmente estaban excavadas en el terreno y cerradas con muros de mampostería (Mateo *et al.*, 1996: 85). En su perímetro solían tener un *bordadoiro*, para que vertiese el agua sobrante, que normalmente era recogida en otra *poza* (Lourenzo, 1979: 188). Al contrario que en el caso de los pozos, era este tipo de construcciones el que revestía un evidente carácter comunal (Tenorio, 1914: 251-252 y Mateo *et al.*, 1996: 86).

Los sistemas tradicionales de riego presentaban, en su mayor parte, un asentamiento y organización que difícilmente admitía variaciones sustanciales. Trastocar los usos de las aguas podía representar grandes problemas y conflictos. Así ocurría, por ejemplo, con las *levadas de Arbo*, donde se intentó en diversas ocasiones cambiar los turnos establecidos para aumentar el ciclo de días —en lugar de los siete de la semana pasar a ocho y repartir proporcionalmente esas veinticuatro horas de más entre todos los regantes. Una medida que en principio podía ser beneficiosa para el sistema de cultivos no pudo llevarse a cabo por el recorte que significaba en el aporte de agua para los ingenios de los molinos —utilizaban la misma agua como fuerza motriz—, perjudicando unos «derechos tradicionales» (Vázquez Martínez, 1946: 175). Queda claro que la poca flexibilidad del sistema era una garantía para los privilegiados por el mismo y que los cam-

bios no eran admitidos con facilidad. El carácter inmemorial de los aprovechamientos, tal y como indica Pegerto Saavedra, dificultaba las transformaciones, y de ahí que ordenanzas como las de Cotovade, de 1595, prohibiesen tajantemente a los vecinos romper las presas de agua antiguas<sup>10</sup>.

Pero no sólo los intentos por mantener inalterables los regadíos con una cierta organización provocaban disputas. También el aprovechamiento de aguas sin un uso tradicional definido podía ser origen de conflictos, bien fuese por problemas para acceder al recurso y captarlo o incluso por las servidumbres que se veían alteradas con los cambios. Lo más habitual era encontrar en las aldeas y parroquias varios de los sistemas descritos en plena convivencia, cada uno contribuyendo al aprovechamiento de las diversas formas en que se presenta el recurso. En este sentido, los aprovechamientos individuales compensaban y enriquecían a los de carácter colectivo.

#### 4. El uso del agua en el cultivo del maíz en Galicia

##### 4.1. El proceso de expansión del maíz dentro del sistema agrario gallego

La introducción del maíz en tierras gallegas, un fenómeno asentado a partir de comienzos del siglo XVII, estuvo desde el principio estrechamente vinculada a las redes de riego ya existentes. Las grandes exigencias hídricas del nuevo cereal hacían que tuviese que ser cultivado en tierras con un elevado nivel de agua subterránea o que pudiesen ser regadas con facilidad. De ahí que comenzase siendo un auténtico cultivo de huerta —sembrado en las *cortiñas*— y que a continuación pasase a ocupar las parcelas más húmedas de los valles. Ya en pleno siglo XVII el maíz pasa a extenderse fuera de las superficies de regadío, ocupando tierras de secano y desplazando en parte a otros cereales —*millo múdo*, cebada.

En definitiva, estamos ante el conocido proceso de expansión del maíz en la agricultura gallega, bastante vinculado en un principio a los sistemas de regadío preexistentes y que, en los siglos siguientes, continuaría siendo en determinadas comarcas un cultivo eminentemente de regadío, pero que también contaría con una fuerte implantación en las tierras de secano. Incluso en los valles de la montaña luguesa, muchas veces considerada con un escaso desarrollo agrario respecto al resto del país, había a mediados del siglo XVIII muchas tierras de labradío, en algunas parroquias incluso la mitad, *acortiñadas*, produciendo cada año una cosecha de maíz y trigo o centeno (Saavedra, 1991: 479), y es probable que la mayor parte de estas

<sup>10</sup> SAAVEDRA, P., 1982: 210. Este mismo autor cita el *Derecho Práctico* de Herbella de Puga en el que se advierte, al hablar de las servidumbres, que «en muchos casos sin obra de parte del que intenta prescribir no se adquiere servidumbre manutenable por menos tiempo que el inmemorial: como el agua».

*cortinas* contasen con alguna forma de regadío. Pero el maíz, a pesar de su notable expansión, no alcanzó en las tierras del interior y de la montaña lucense el desarrollo que presentaba en las comarcas del SO gallego, donde se estableció una beneficiosa rotación de maíz, nabos y cereal de invierno. En el resto del país progresa con lentitud (Saavedra, 1985: 171-178).

La implantación que alcanza el maíz en las comarcas del SO gallego, dentro de un evolucionado sistema de policultivo intensivo, debe estar en gran medida relacionada con la agricultura de regadío que tenía lugar en la mayoría de las tierras de labradío de esta zona, intensificando de esta forma todo lo posible los rendimientos de la tierra. Así lo atestigua, por ejemplo, Valeriano Villanueva, quien señala a comienzos del siglo XX que en las comarcas del litoral, y en general en las tierras bajas, el maíz se cultivaba en regadío en la parte occidental del país, y en secano en el resto de la zona marítima (1926: 386). Este mismo autor indica que en las tierras regadas se intercalaba hierba —*vallico* y *xoio*— para que al recoger el maíz quedase un prado artificial con el que alimentar el ganado en otoño y en invierno. En el secano se intercalaban *fabas* entre las plantas de maíz.

La aplicación de técnicas de modificación del balance hídrico permitiría, en definitiva, la obtención de mayores rendimientos en el cultivo del maíz, diferenciando netamente las comarcas de labradío con regadío de aquellas en las que el cultivo se realizaba, esencialmente, en tierras de secano. Un buen ejemplo de esto es el debate establecido en los años veinte del siglo XX con respecto de la viabilidad de las semillas híbridas de maíz promovidas por Cruz A. Gallástegui Unamuno, quien veía en ellas, junto con otras mejoras en los cultivos, la vía para conseguir una reducción de la superficie agrícola destinada a este cereal —sin que descendiese su producción— y dejar tierras libres para los prados artificiales y los cultivos forrajeros tan demandados en la época. Sin embargo, otros técnicos agrarios fueron muy críticos con estos ensayos realizados en tierras pontevedresas. Entre ellos Valeriano Villanueva, quien afirmaba que esos híbridos eran un auténtico cultivo de huerta de regadío (Cabo, 1997: 147). Ricardo de Escuriaza, ingeniero y director de la Escuela Agrícola de A Coruña, indicaba que en el caso de un verano seco estos híbridos, que tienen un largo período vegetativo, «necesitan del riego, lo que no es corriente aquí» (citado en Cabo, 1997: 146). Con este «aquí» se está refiriendo a la provincia de A Coruña y a toda la costa centro y norte gallega, evidenciando de forma clara las diferencias de unas comarcas con otras respecto al uso o no del regadío en el cultivo del maíz.

Es en el SO gallego, que Bouhier denomina como el ámbito del regadío, donde en primer lugar y con más intensidad se producen los cambios que afectan al conjunto de la agricultura gallega contemporánea desde mediados del siglo XVIII: introducción de nuevos cultivos, intensificación de las rotaciones, perfeccionamiento del régimen de policultivo-ganadería,

mayor y mejor aprovechamiento de los recursos —entre ellos los hídricos— y una notoria mejora en los rendimientos. Se puede pensar, por tanto, que el mayor, y más ordenado, uso que se hace de las aguas en estas comarcas —junto con los demás factores indicados— se encuentra en estrecha relación con las características de su entramado social y económico. En otras palabras, la búsqueda de mayores rendimientos podría ser más acuciante en unas zonas que en otras, bien fuese por el planteamiento demográfico de Bouhier y/o por otras razones. Esto no implica, como ya se indicó, que en el resto del país no se produjesen los mismos cambios, aunque a una escala menor y más tardíamente. La escasa importancia de las tierras de labor regadas fuera de la zona indicada puede obedecer, en consecuencia, a una menor necesidad en el uso tan intensivo de los recursos de la naturaleza. No obstante, debemos tener presente que, en el caso del cultivo del maíz, la ausencia de riego artificial no implicaba que a la hora de su cultivo no se tuviesen en cuenta los recursos hídricos, como ocurría, por ejemplo, con la búsqueda de un buen manejo de las aguas pluviales, bien fuese en el trabajo de la tierra, en el abonado de la misma y, por supuesto, en la determinación de la siembra, la recogida de la cosecha y demás labores precisas.

#### 4.2. *Los modos de cultivo del maíz y el manejo de las aguas*

El análisis de los modos y técnicas del cultivo tradicional del maíz en Galicia, nos permitirá tener una aproximación a las modificaciones que se realizaban en el balance hídrico de los suelos, mediante el uso del regadío y las aguas pluviales o bien con la ejecución de obras de drenaje, control de la escorrentía, etc. Las diferencias entre las distintas comarcas se evidencian aún más al abordar estas cuestiones. En el caso del maíz, los distintos modos en los que se realiza su cultivo, condicionados siempre por factores como el medio y la ocupación y organización humana del mismo, no deben apartarnos de la visión de conjunto del sistema agrario gallego, enmarcado en un contexto de cambio e intensificación en las rotaciones de cultivos, el maíz es, sin duda, uno de los elementos configurantes de los procesos de transformación que experimenta la agricultura gallega contemporánea.

La información más valiosa acerca del cultivo del maíz nos la proporcionan los etnógrafos e investigadores del primer tercio del siglo XX y las fuentes de carácter oral. X. Lourenzo describe el proceso general que se sigue para proceder al riego del cereal, refiriendo algunos de los sistemas empleados y las técnicas: comienzan los riegos esparciendo el suelo de paja y helechos para que el agua no se lleve la tierra fértil (1979: 202). Con esta práctica, que también recogen Crespi e Iglesias para tierras de Os Ancares (1929: 129), vemos cómo dos elementos fertilizadores de primer orden, el

agua y el abonado en verde, se combinan de modo que la interrelación entre ambos potencie sus beneficios: se impide, o cuando menos se disminuye, el arrastre de materias y el lavado de la tierra —fenómeno de muy considerable incidencia en el agro gallego— y se facilita una descomposición más rápida del estiércol.

Esta técnica guarda una clara relación con la preferencia que existía por el aprovechamiento de las denominadas «augas con gracia»: aquellas que previamente habían discurrido por las aldeas y que contaban con un aporte de fertilizantes considerable. Una variante similar eran los «regos do xurro» (purín) mediante los que se canalizaban las aguas fecales provenientes de establos y casas para beneficio de las fincas cercanas. Ambos aprovechamientos eran en numerosas ocasiones fuente de enconados conflictos.

A continuación, y de forma esquemática, pasamos a describir los distintos modos del cultivo tradicional del maíz, en regadío y en secano<sup>11</sup>:

— Los primeros pasos concernían a la preparación de la tierra mediante el proceso de *escampar*, consistente en arrancar los terrones y aligerar el terreno, y en el estercolado de la misma, extendiendo el fertilizante. Cuando el maíz se cultivaba en secano éste era todo el aporte de fertilizante que recibía durante su período vegetativo.

— Para la *sementeira*, que se realizaba entre abril y mayo, se usaba el arado de madera para trazar los surcos, y la semilla se depositaba a mano —las *sementadoras* son, en muchas comarcas, una innovación que llega bien avanzado el siglo XX.

Es a partir de este proceso cuando el cultivo de regadío y el de secano comienzan a diferenciarse más claramente.

— En el caso del secano, al mismo tiempo que se sembraba el maíz también se hacía lo mismo con las *fabas*, en el mismo surco.

— Cuando el cultivo era de regadío se veía complementado con la siembra de la *ferraña* o *alcacén* en el mes de agosto, momento en que el riego era una constante. La *ferraña* es una combinación de distintos cultivos cerealeros —sobre todo centeno— con la que se alimentaba en verde al ganado. Constituía, por tanto, un auténtico prado artificial que comenzaba a ser útil una vez recogido el maíz. También en el caso del secano era habitual sembrar este mismo cultivo, pero, una vez recogido el maíz, por lo cual la tierra recibía una nueva aportación de estiércol.

— Las labores posteriores a la siembra son similares en ambos casos. En primer lugar se volvía a *gradar* la tierra y se realizaba, semanas más tarde, la

<sup>11</sup> El grueso de los datos del presente apartado proceden del estudio etnográfico de Xaquín LOURENZO, que trata pormenorizadamente del cultivo en regadío de este cereal (1979: 193-208) y de la información oral recogida en la aldea de Xermar, concejo de Cerceda (A Coruña), donde el maíz se cultivaba en secano.

primera escarda, que rehacía nuevamente los surcos para facilitar, entre otras cosas, que el agua discurriese. Era habitual una posterior operación de escarda, importante en el caso del cultivo con regadío, ya que era la última antes de comenzar a recibir el agua.

— El riego del maíz se prolongaba, según X. Lourenzo, durante los meses de julio y agosto, en mayor o menor cantidad según el agua disponible, las necesidades de la tierra. El mismo autor nos explica la operación: «*A rega faise con aixadas, collendo a i-auga no rego e levándoa a través da terra por meio de pequenas canles que se van abrindo, procurando que se achegue ben ó pé das prantas e deixando enchumar ben a terra*» (1979: 202). Así lo confirma también Fernández Oxea<sup>12</sup> (1982: 197). El regadío del maíz también concitó la atención de los técnicos agrarios de comienzos de siglo. Gallástegui señaló la conveniencia de dos riegos, uno antes de la floración —finales de julio— y otro antes de la granazón —finales de agosto—, así como la necesidad de romper la costra que se formaba en la superficie del suelo tras unas lluvias o riegos, lo que impedía la buena penetración del agua en la tierra (1926: 16-17). Ya se indicó anteriormente cómo las operaciones de riego estaban precedidas de un aporte de abono en verde, que se depositaba en los mismos surcos, con la clara función de fertilizar la tierra pero también con el objetivo de amortiguar el efecto de lavado del agua sobre la misma.

— La *seitura*, recogida del maíz, se realizaba desde finales de septiembre y durante todo el mes de noviembre, dependiendo de las comarcas y del año. Con anterioridad, durante el mes de septiembre se habían recogido las *fabas* en los cultivos de secano.

En el cultivo del maíz, al igual que en otros muchos, tenían también una gran importancia las técnicas de drenaje y saneamiento del terreno, fundamentales a la hora de acometer mejoras en el balance hídrico de los suelos. El exceso de humedad debía ser controlado principalmente en el caso del trigo, para lo que se realizaban profundos surcos paralelos a las hileras en donde se depositaba la simiente con el objeto de recoger el agua sobrante e impedir que dañese las plantas (Lourenzo, 1979: 223). Pero este sistema no se aplicaba con exclusividad al trigo, sino a todos los cultivos que usaban terrenos demasiado húmedos. En general, todas las tierras

<sup>12</sup> Debemos tener en cuenta, por otra parte, que no sólo el cultivo del maíz disfrutaba de las ventajas de un sistema de regadío, sino que también las patatas estaban sometidas en bastantes comarcas a un sistema muy similar. En los primeros momentos de su cultivo, las patatas acompañaron al maíz en su introducción en tierras tradicionalmente dedicadas a regadío, beneficiándose de unos cuidados especiales basados en el riego y a un abundante abonado (CUADRA, 1991: 481). Xaquín LOURENZO afirma que las patatas, al mismo tiempo que se procede a su escarda, «*durante os meses de máis calor, réganse de xeito semellante ó millo*» (1979: 177 y 226). Las labores de escarda y riego también eran comunes a otros cultivos importantes como las *berzas* y, en general, a todos los cultivos de huerta en la agricultura gallega.

inclinadas contaban con algún tipo de drenaje que facilitase la circulación del agua y evitase el arrastre de la capa fértil del suelo. Una técnica muy empleada en la agricultura tradicional para los terrenos encharcados o *pesados* consistía en la utilización de abono verde, principalmente *toxo*, que al introducirse en la tierra la aligeraba, permitiendo un mejor drenaje y aireación, aparte de su fertilización. En consecuencia, así como la destacada presencia de la aridez estival provocaba que en muchas ocasiones fuese preciso el recurso al riego, en el extremo contrario, el alto índice de pluviosidad de la región en los meses de invierno y primavera hacía imprescindible adoptar soluciones ante el exceso de agua.

#### Fuentes

ARCHIVO DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA, *Memoria sobre la situación y reformas del Consejo Provincial de Agricultura, Industria y Comercio de la provincia de Pontevedra*, 1885, leg. 253.

#### Bibliografía de la época

- COLMEIRO, M. (1843), *Memoria sobre el modo más acertado de remediar los males inherentes a la estremada subdivisión de la propiedad territorial de Galicia*, Santiago.
- CRESPI, L. y L. IGLESIAS (1929), *Los prados de las regiones media y montaña de Galicia*, Madrid: Misiones Culturales en Galicia; publicado también en el *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, XXIX, 3, 1929.
- GALLÁSTEGUI UNAMUNO, C. A. (1926), *Métodos para aumentar las producciones de matz*, Pontevedra (edición facsimilar: Pontevedra, 1984).
- GARCÍA RAMOS, A. (1912), *Arqueología jurídico-consuetudinaria-económica de la región gallega*, Madrid (edición facsimilar: Consello da Cultura Galega).
- RISCO, V. (1933), «Estudo etnográfico da Terra de Melide», en *Terra de Melide*, Compostela (edición facsimilar: Sada, Edicións do Castro, 1978).
- ROVIRA, P. (1904), *El campesinado gallego (Apuntes sobre su condición social)*, Madrid; citamos por la reedición en *Aldeas, aldeanos y labriegos en la Galicia tradicional*, Madrid, MAPA-Xunta de Galicia, 1984.
- TENORIO, N. (1914), *La aldea gallega (Estudio de derecho consuetudinario y economía popular)*, Cádiz; citamos por la reedición en *Aldeas, aldeanos y labriegos en la Galicia tradicional*, Madrid: MAPA-Xunta de Galicia, 1984.

VILLAMARÍN PEREIRA, J. S. (1874), *Economía agrícola o sea Breve reseña del moderno cultivo y sus aplicaciones a Galicia*, Santiago, Tipografía de *El Diario*.

VILLANUEVA, V. (1926), «Agricultura», en J. Carreras y Candi, *Geografía General del Reino de Galicia*, libro III, Barcelona.

#### Bibliografía

- AL-MUDAYNA (1991), *Historia de los regadíos en España (... a. C.-1931)*, Madrid: MAPA.
- BALBOA LÓPEZ, X. y L. FERNÁNDEZ PRIETO (1996), «Evolución de las formas de fertilización en la agricultura atlántica entre los siglos XIX-XX. Del toxo a los fosfatos», en R. Garrabou y J. M. Naredo (eds.), *La fertilización en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica*, Madrid: Argentaria/Visor Dis.
- BARRAL, M.<sup>a</sup> T. y F. DÍAZ-FIERROS (1996), «Los suelos de Galicia», en *Galicia Geografía. Tomo XVII. Geografía General*, A Coruña: Hércules de Ediciones.
- BOUHIER, A. (1979), *La Galicie, essai géographique d'analyse et d'interprétation d'un vieux complexe agraire*, La Roche-Sur-Yon, 2 vols.
- BOUZA-BREY, F. (1982), *Etnografía y folklore de Galicia, 1*, Vigo: Xerais.
- CABO VILLAVARDE, M. (1997), «O labor da Misión Biolóxica de Pontevedra ata 1936 e a reforma da agricultura galega en Cruz Gallástegui Unamuno», en *Cuadernos de Estudios Gallegos*, XLIII, fasc. 109.
- CANDAL GONZÁLEZ, X. M. (1993), «Pleitos de aguas en la Audiencia coruñesa durante el siglo XVIII», en *Obradoiro de Historia Moderna*, USC, 2.
- CUADRA GARCÍA, C. (1991), «Los sistemas de riego en la Edad Media cristiana. Cuenca Cantábrica»; «La transición del regadío medieval al regadío moderno. La época de la Casa de Austria (siglos XVI y XVII). Cuenca Cantábrica»; «El optimismo ilustrado: proyectos y realizaciones del siglo de las luces (XVIII). Cuenca Cantábrica»; en Al-Mudayna (1991).
- DÍAZ-FIERROS, F. (1971), *Contribución a la climatología agrícola de Galicia*, Santiago: Universidad de Santiago.
- DOMÍNGUEZ MARTÍN, R. (1995), *El campesino adaptativo. Campesinos y mercado en el norte de España, 1750-1880*, Santander: Univ. de Cantabria-Asamblea Regional de Cantabria.
- FERNÁNDEZ OXEA, X. R. (Ben-Cho-Sey) (1982), *Santa Marta de Moreiras. Monografía dunha parroquia ourensán (1925-1935)*, Sada: Edicións do Castro (edición original: Vigo, Ed. Castrelos, 1968).
- FERNÁNDEZ PRIETO, L. (1992), *Labregos con ciencia. Estado, sociedade e innovación tecnolóxica na agricultura galega, 1850-1939*, Vigo: Xerais.

- FUMEGA PIÑEIRO, F. X. y R. G. ROMANÍ BARRIENTOS (1996), «Os usos da auga», en *As augas de Galicia*, Santiago: Consello da Cultura Galega.
- GONZÁLEZ REBOREDO, X. M. (1990), «"Casa" y "Pueblo" en la vertiente occidental de la Sierra de Ancares», en *Antropología y etnografía de las proximidades de la Sierra de Ancares*, Lugo: Diputación Provincial, vol. I.
- LOURENZO FERNÁNDEZ, X. (1979), «Etnografía: cultura material», en R. Otero Pedrayo (dir.), *Historia de Galiza*, volumen II: *O Home*, Madrid: Akal.
- MARTÍNEZ CORTIZAS, A., F. CASTILLO RODRÍGUEZ y A. PÉREZ ALBERTI (1994), «Factores que influyen en la precipitación y el balance de agua en Galicia», *Boletín de la A.G.E.*, 18.
- MARTÍNEZ CORTIZAS, A. y F. CASTILLO RODRÍGUEZ (1996), «Estacionalidad pluviométrica en Galicia: comportamiento, representatividad espacial y mecanismos asociados», en *Geographicalia*, 33.
- MATEO, J. L., D. MILORO, J. FRANCO y V. PINTOS (1996), *Catálogo do patrimonio etnográfico inmoible nas parroquias de Vigo*, Concello de Vigo.
- PÉREZ ALBERTI, A. (dir.) (1982), *Xeografía de Galicia*. Tomo I: *O Medio*, Sada: Sálvora.
- SAAVEDRA FERNÁNDEZ, P. (s/f), «Prado», en *Gran Enciclopedia Gallega*, 1974, vol. 25.
- SAAVEDRA FERNÁNDEZ, P. (1982), «Los montes abiertos y los concejos rurales en Galicia en los siglos XVI-XVIII», en *Cuadernos de Estudios Gallegos*, 98.
- SAAVEDRA FERNÁNDEZ, P. (1985), *Economía, política y sociedad en Galicia: La provincia de Mondoñedo, 1480-1830*, Santiago: Xunta de Galicia.
- SAAVEDRA FERNÁNDEZ, P. (1991), «Economía campesina e intercambios na montaña luguesa; séculos XVI-XIX», en *Lindeiros da Galeguidade I. Actas do Simposio de Antropoloxía*, Santiago, Consello da Cultura Galega.
- SÁNCHEZ REGUEIRO, A. (1997), *Un achegamento ao dominio e uso das augas na Galicia dos séculos XVIII e XIX. As propostas dos ilustrados e a realidade dunha agricultura atlántica*, trabajo de investigación del curso de doctorado de *Estudios Contemporáneos*, Departamento de Historia Contemporánea e de América, USC.
- SOTO, D. (1997), *Análise crítica das fontes estatísticas para o estudio do sistema agrario galego, 1850-1936*, trabajo de investigación del curso de doctorado de *Estudios Contemporáneos*, Departamento de Historia Contemporánea ey de América, USC.
- VÁZQUEZ MARTÍNEZ, A. (1946), «Las "levadas" de Arbo», en *El Museo de Pontevedra*, 1946.
- VILLARES, Ramón (1982), *La propiedad de la tierra en Galicia. 1500-1936*, Madrid: Siglo XXI.

## 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 agrario<sup>1</sup>.

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.

<sup>1</sup> 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
<b>Secano:</b>							
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
<b>Regadío:</b>							
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 glaciais que culminan en mesetas anticlinales roídas 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 agroradiales 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 *foehn*, dan lugar a una larga y acusada aridez estival que puede durar cuatro o cinco meses<sup>2</sup>. En compensación, es reducido el riesgo de heladas, lle-

<sup>2</sup> 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	t <sub>mma</sub>	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 diurna (°C); TMMA, temperatura media de máximas absolutas (°C); t<sub>mma</sub>, 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).

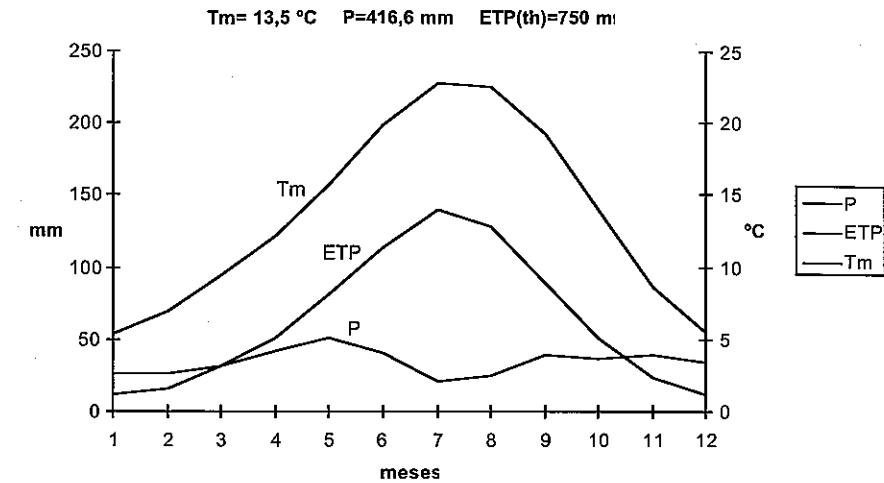
Fuente: F. Elías Castillo y L. Ruiz Beltrán (1986). Para confeccionar el cuadro he calculado los promedios que arrojan los registros (promediados a su vez) de las localidades de Buñuel (período 1932-1980), Cadreita (período 1941-1972), Carcastillo (1932-1980), Fitero (1941-1980), Monteagudo (1931-1980) 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 naturales<sup>3</sup>. 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 incompleta<sup>4</sup>, memoria que publicó en 1918 la Junta Consultiva Agronómica refleja, sin lugar a dudas, el predominio de

<sup>3</sup> 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 hembra») de Navarra, cuyos condicionamientos físicos eran tan diferentes.

<sup>4</sup> 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 subterráneas<sup>5</sup>. 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 municipio<sup>6</sup>. 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

<sup>5</sup> 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).

<sup>6</sup> 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 decadencia<sup>7</sup>.

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

<sup>7</sup> 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	
	Regadío	%	Regadío	%	Regadío	%
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 recientes<sup>8</sup>. Los dos autores referidos, vinculados a la Confederación Hidrográfica del Ebro, proponían dos conjuntos de valores sobre consumos de agua de riego que pueden ser de utilidad: el primero de

<sup>8</sup> 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 m<sup>3</sup> de agua por ha y año, distribuidos en tres o cuatro riegos. Más recientemente, Tabuena asigna para el valle medio del Ebro 2.400 m<sup>3</sup> 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 (m<sup>3</sup> 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	-	-	-	-	-	-
Viña 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 (m<sup>3</sup>); C, volumen de agua por año y hectárea (m<sup>3</sup>). (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 (TABUENA, J. M., 1995). Fuera de esta región, López Sanz utiliza en La Mancha unas dotaciones de agua de 2.000/2.300 m<sup>3</sup>/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 <sup>3</sup> /ha.)						Volumen consumido (miles de m <sup>3</sup> 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.

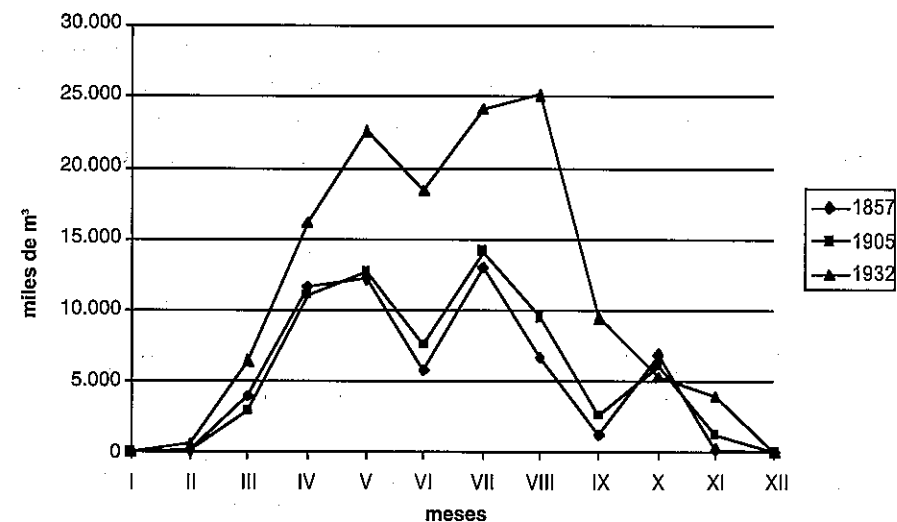
Fuentes: J. C. Lapazarán y M. Gadea (1929) y cuadro 17.5.

en las acequias y brazales<sup>9</sup> 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



<sup>9</sup> 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%.

monónicas<sup>10</sup>. 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 época<sup>11</sup>. 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 acequero 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.

<sup>10</sup> 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.

<sup>11</sup> 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 Llauredó 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)

	Acequias		Depósitos		Cigñales/norias		Bombas		Manantiales	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
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 regable<sup>12</sup>. Claro que ello podía entrar en colisión con los derechos de

<sup>12</sup> 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 limitado<sup>13</sup>.

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 propietarios<sup>14</sup> o de sociedades de capital<sup>15</sup>.

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

<sup>13</sup> 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 Caparros 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).

<sup>14</sup> La estancia de Monteagudo —que en 1916 ocupaba 0,36 ha y tenía una capacidad de 10.800 m<sup>3</sup> 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).

<sup>15</sup> 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 m<sup>3</sup>. 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 m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup>.

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 Lodosa<sup>16</sup> y Tudela<sup>17</sup>. 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 Sociedad<sup>18</sup>. Otras iniciativas

<sup>16</sup> 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 centrifugas.

<sup>17</sup> 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 Traslpuente. 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).

<sup>18</sup> La Compañía de Monlet, promotora inicial del proyecto, se transformó, con la participación de los banqueros zaragozanos Villarroya 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 cogieren, 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 arrobadas 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 concretarse<sup>19</sup>, 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 Llauradó 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).

<sup>19</sup> 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...<sup>20</sup>. 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 subterráneas<sup>21</sup>, 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 prórroga cuasi-automática de los contratos y una lenta despatriarquización 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

<sup>20</sup> 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).

<sup>21</sup> 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 —constituídas 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 difíciles<sup>22</sup>.

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)<sup>23</sup> 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 privados<sup>24</sup>. La apelación al Estado como agente

<sup>22</sup> 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).

<sup>23</sup> Entre los primeros destaca el proyecto de encauzamiento del Ebro a su paso por Tudela (SICHAU 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 Caparros (NAGORE, 1932: 93).

<sup>24</sup> 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 hm<sup>3</sup> de capacidad para el embalse de Alloz según el proyecto de 1930 frente a los 427,3 hm<sup>3</sup> 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 terreno<sup>25</sup>.

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)
Bañuel	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

<sup>25</sup> 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 1921<sup>26</sup>. 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

Zona	A	B	C	D	Suma	E	F	Total
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

<sup>26</sup> 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 pamploneses<sup>27</sup>. Más que los otros procedimientos de ampliación del regadío también ensayados durante el siglo XIX<sup>28</sup>, esta intensificación energética del riego, que favorecía probablemente un mejor y más eficiente uso del agua<sup>29</sup>, 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 Ebro<sup>30</sup>, 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

<sup>27</sup> 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).

<sup>28</sup> 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).

<sup>29</sup> 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.».

<sup>30</sup> 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 1879<sup>31</sup>. 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

<sup>31</sup> 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»<sup>32</sup>, 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

	Canon cobrado en pesetas por hectárea									Superficie total (ha)
	5	6	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

<sup>32</sup> 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), *Epítome 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 Argenteria/Visor.
- LLAURADÓ, A. (1878), *Tratado de aguas y riegos*. Madrid: Imprenta de M. Tello.
- MADOZ, P. (1986; 1.<sup>a</sup> 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.<sup>a</sup> 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.

## CAPÍTULO 18

# REGADÍO Y TRANSFORMACIONES AGRARIAS EN ARAGÓN (1880-1990)\*

Paloma Ibarra Benlloch y Vicente Pinilla Navarro  
Universidad de Zaragoza

### Introducción

El objetivo de este trabajo es analizar el proceso de extensión y mejora del regadío que ha tenido lugar en Aragón desde finales del siglo XIX hasta la actualidad y sus consecuencias, desde una perspectiva que trata de integrar las variables medioambientales con las institucionales y mercantiles. Por ello, nos interesa tanto comprender las limitaciones que el medio natural imponía al desarrollo de la agricultura, como la combinación de razones que permiten explicar que el regadío haya sido en Aragón una pieza relevante en la larga transición de la agricultura «tradicional» (insertada en una economía orgánica) a una agricultura «moderna» (dentro de una economía industrializada), al ser un factor clave del proceso de cambio tecnológico que ha impulsado esta transformación y de su capitalización e intensificación. Por otro lado, el desarrollo del regadío ha estado también enormemente condicionado por el propio desarrollo económico y social y por cambios en la propia forma que el sector público ha abordado su imbricación en las actividades productivas del sector agrario. Además, conforme este proceso ha tendido a avanzar, y especialmente en las últimas décadas, la interacción entre medio natural y agricultura ha tenido una gran importancia en sentido inverso, es decir, produciendo un impacto creciente sobre el ecosistema.

Hemos dividido nuestro trabajo en cuatro partes. En la primera nos centramos en el estudio de las condiciones medioambientales y particular-

\* En este trabajo han colaborado, mediante la realización de los mapas presentados, Javier Albisu, Fernando Pérez, Paloma Cortés y Víctor Andrés, becarios de investigación del Banco de Datos del Agua en Aragón. Este trabajo se ha beneficiado de los comentarios de los participantes al II Seminario «El agua en los sistemas agrarios», de una sesión del Seminario de Historia Económica de la Universidad de Zaragoza, donde fue también presentado, y de los de Isabel Bartolomé, Domingo Gallego, Alfonso Herranz e Iñaki Iriarte.

mente del carácter limitante que la disponibilidad de agua tiene en la agricultura aragonesa. En la segunda analizamos cómo a través de la realización de las obras hidráulicas ha tenido lugar un incremento de la oferta de agua para riego y además tratamos de cuantificar qué extensión o mejora del regadío se ha producido como consecuencia de dichas obras desde 1880 hasta 1990. La tercera sección está dedicada a los cambios en el uso del suelo de regadío en Aragón. En la última estudiamos las variaciones que han tenido lugar en la producción agrícola en regadío y su impacto sobre el sector agrario y el conjunto de la economía. Además, avanzaremos algunas ideas en torno a la conexión que en sentido inverso puede establecerse entre desarrollo agrario y medio ambiente.

### 1. Los principales factores medioambientales limitantes de la agricultura aragonesa

El medio físico es un condicionante de primer orden para el desarrollo de la agricultura puesto que puede presentar rasgos favorables que potencien esta actividad o factores limitantes de peso que la dificulten, la hagan más costosa o incluso la impidan. Por ello es tan importante comprender cuáles son y cómo actúan estos factores del medio físico y hacerlo desde una perspectiva histórica y explicativa de la propia existencia del regadío. Para facilitar este análisis, se presenta en primer lugar el mapa de los regadíos actuales en Aragón (indicando los diferentes sistemas, canales y embalses) y en el resto de los mapas que se incluyen (Banco de Datos del Agua en Aragón, 1998), están superpuestos los límites de estos regadíos.

Aragón comprende tres grandes unidades geomorfológicas de características topográficas bien contrastadas: al Norte, los Pirineos que abarcan la mitad septentrional de la provincia de Huesca y un pequeño sector de la de Zaragoza; en el centro, la Depresión del Ebro que comprende la mitad meridional de la provincia de Huesca, la mayor parte de la de Zaragoza y un pequeño sector al NE de la provincia de Teruel; al Sur, la Cordillera Ibérica que abarca la mayor parte de la provincia de Teruel y el extremo SO de la de Zaragoza. En el Pirineo dominan las pendientes por encima del 11% con excepción de corredores depresivos como el de la Canal de Berdún; en la Cordillera Ibérica contrastan las alineaciones de las sierras que superan el intervalo entre 6-10% (y alcanzan hasta el 35% puntualmente) frente a una superficie considerable de pendientes entre el 1 y 5% e incluso del 0% en las depresiones intraibéricas o en los altiplanos; por último, es en la Depresión del Ebro donde se concentra la mayor parte de las tierras llanas y de pendiente muy suave (inferior al 5%).

En definitiva, es evidente que las tierras llanas o de pendientes muy suaves son las más adecuadas para la puesta en cultivo y las únicas que

pueden soportar los niveles de mecanización y la competitividad de los mercados en el momento actual y estas tierras se encuentran fundamentalmente en la Depresión del Ebro y en algunos valles y depresiones internas de la Ibérica y de los Pirineos (Canal de Berdún...). Como era de esperar, todas las áreas puestas en riego en Aragón se localizan en terrenos de estas características con lo que se constata que la pendiente es un factor limitante de primer orden para el regadío.

En cuanto a los suelos, el relieve montañoso y las fuertes pendientes vuelven a constituir un factor condicionante que limita su profundidad e incrementa su pedregosidad, de manera que la mayor parte de los suelos de los Pirineos e Ibérica tienen una clara vocación forestal y cuando pierden la protección de la cubierta vegetal presentan serios problemas de erosión. Las áreas llanas y de pendientes muy suaves en las que podrían localizarse regadíos presentan cuatro grandes tipos de suelos dominantes (Guerra, Monturiol *et al.*, 1970; Alberto *et al.*, 1984; Commission of the European Communities, 1985; Badía, 1989; Ibarra, 1998). Por un lado, fluvisoles en torno a los ejes de los principales ríos, sobre los depósitos aluviales. Son, en general, suelos fértiles, permeables y profundos, soporte de los regadíos tradicionales por ser en los que se concentra mayor humedad y los que más accesible tienen el agua. Los riegos del Eje del Ebro, Bajo-Gállego, Canal de Lodosa, Canal de Tauste y todos los de la margen derecha se localizan fundamentalmente sobre estos suelos y por ello se extienden en estrechas franjas en torno a los ríos.

En todo el sector central de la Depresión del Ebro, se han desarrollado suelos condicionados por un clima semiárido (Alberto *et al.*, 1983b, 1984) y por los materiales evaporíticos dominantes (margas yesíferas y calizas): gypsisoles, calcisoles y también suelos salinos. El considerable vacío en cuanto a zonas regadas que existe en las áreas llanas del centro de la Depresión del Ebro, coincide con estos suelos por lo que se configuran como otro factor limitante de peso. Sin embargo, los polígonos de riego de Monegros II, la mayor parte de Bardenas y algunos sectores de Monegros-Cinca se ubican sobre ellos. En estos suelos existen problemas serios derivados de la formación de costras y del excesivo contenido en carbonatos, yesos y sobre todo sales en áreas mal drenadas. La salinización de los suelos se ha confirmado como un factor limitante de primer orden en Aragón (Alberto *et al.*, 1983a; Herrero, 1982; Herrero *et al.*, 1986; Astorquiza, 1994) y, además, se ha acentuado en algunas zonas puestas en riego condicionando la producción (productividad más baja de la esperada, elección de cultivos resistentes a la salinidad...), elevando costes (roturas de acequias...) y generando contaminación salina (Porta *et al.*, 1986; Arrojó y Bernal, 1997).

Por último, destacan los cambisoles calcáricos, dominantes tanto en las márgenes de la Depresión del Ebro como en amplias áreas del Pirineo e Ibé-

rica. Son suelos de desarrollo incipiente, pH básico e importante actividad biológica, siendo buenos suelos para la agricultura en general siempre que la profundidad y la pedregosidad sean las adecuadas (Alberto *et al.*, 1983a). El sistema de regadíos de Aragón y Cataluña y buena parte de Monegros-Cinca se localiza fundamentalmente sobre estos cambisoles que no dejan de estar exentos del problema de salinización inducido por el riego con exceso de agua (Porta *et al.*, 1986), especialmente en las áreas deprimidas y con mal drenaje.

La importancia del factor edáfico de cara a la obtención de buenos resultados en las transformaciones en regadíos queda patente en el «Estudio de viabilidad técnico económica del Canal de la Margen Derecha del Ebro» que tiene como objetivo establecer el grado de aptitud del suelo para el desarrollo de una agricultura de regadío (Machín y Navas, 1991). Los criterios utilizados para la clasificación de las clases de tierra se recogen en el cuadro 18.1.

Cuadro 18.1

CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE TIERRAS PARA RIEGO  
DE LA MARGEN DERECHA DEL EBRO

Clases de tierra	I	II	III	IV	V	VI
Pendiente %	<2	<5	5-<10	5-<15	5-<15	>15
Drenaje	bueno	bueno	medio bueno	medio	malo	-
<b>Condiciones físicas</b>						
Pedregosidad	<5	<15	<50	≥50	<15	-
Textura	media	media a ligera	media a pesada	media a pesada	pesada	-
Profundidad (cm)	≥100	≥75	≥60	≥40	>40	<40
<b>Condiciones químicas</b>						
Carbonatos %	<15	<25	<40	>40	>40	-
Yesos %	<5	<25	<35	>35	>35	>75
CE dSm <sup>-1</sup>	<4	<8	<16	<16	>16	>16
SAR	<5	<10	<15	<15	>15	>15

CE dSm<sup>-1</sup>: conductividad eléctrica en decisiemens/metro.

SAR: superficie agrícola regada.

Fuente: J. Machín y A. Navas, 1991.

Según estos autores (Machín y Navas, 1991) las clases I, II y III se localizan en los suelos de terrazas y de glaciares y depósitos aluvio-columbiales de pendientes llanas o suaves. La clase IV, sólo apta para el riego en condi-

ciones muy concretas, se localiza en laderas sobre suelos poco profundos, alto contenido en yesos, costras calcáreas, alta pedregosidad y escaso contenido en nutrientes. La clase V presenta serios problemas para la puesta en riego por los elevados contenidos salinos y malas condiciones de drenaje y se localiza en áreas depresivas mal drenadas, o laderas de suave pendiente sobre sustratos yesíferos o detríticos de elevada salinidad (destacan los términos de Belchite y Albalate). Por último, la clase VI no es recomendable para el riego no sólo por cuestiones de salinidad excesiva, sino, fundamentalmente, por pendientes elevadas, alta pedregosidad y escasa profundidad del suelo.

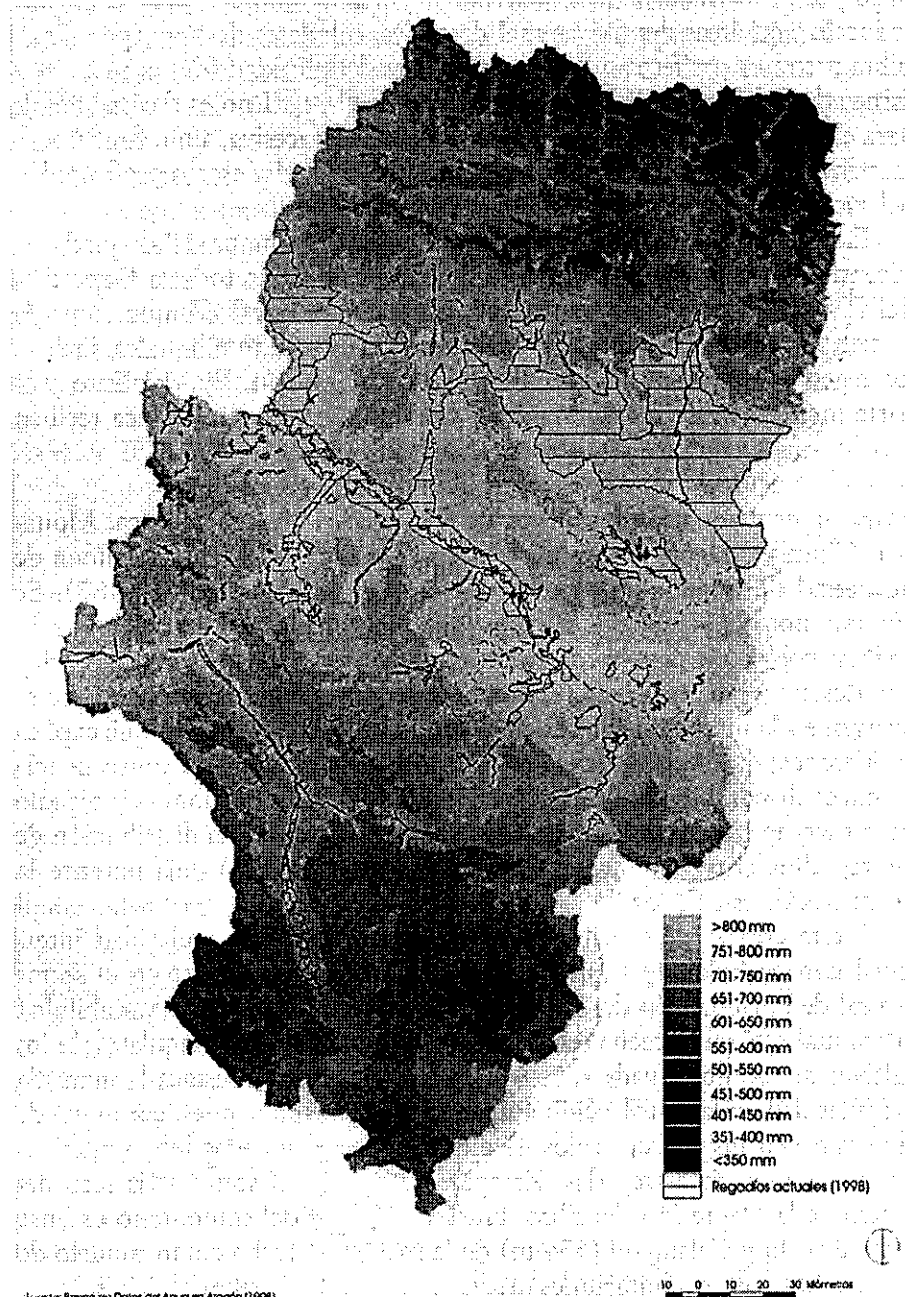
Después se analiza el factor climático. En el mapa 18.4 queda ya patente el escaso volumen de precipitación que recibe toda la Depresión del Ebro y especialmente su sector central y oriental. Vemos cómo la mayor parte de las áreas regadas recibe menos de 400 mm anuales, incluso los regadíos del Bajo Matarranya, Guadalupe, Martín, Eje del Ebro y la parte meridional de los de Aragón y Cataluña y Monegros-Cinca reciben menos de 300 mm; según nos aproximamos hacia el somontano oscense, las precipitaciones van aumentando hasta alcanzar más de 500 mm en el límite septentrional de los riegos de Bardenas, Hoya de Huesca, Monegros-Cinca y Aragón y Cataluña (todos ellos corresponden al régimen de humedad de Papadakis Mediterráneo seco, MAPA, 1976, 1987). Se observa, por otro lado, que las áreas que mayor volumen de precipitación reciben coinciden con las de fuertes pendientes o suelos forestales. Hay que destacar, por otro lado, el mayor volumen de precipitaciones que se recogen en la margen izquierda del Ebro frente a la derecha, lo que explica la diferencia de caudales de los ríos de ambas márgenes y en consecuencia la mayor disponibilidad de agua para posibles transformaciones en regadío en la margen izquierda frente a la escasez de la derecha. La distribución de los regadíos entre ambas márgenes (mapas 18.1-18.5) deja patente la influencia de este factor.

A esta escasez de precipitaciones se suma la gran irregularidad interanual con períodos de sequías muy marcados, especialmente en el sector central de la Depresión del Ebro (Ascaso y Casals, 1981). Esta variabilidad interanual está en estrecha relación con los rendimientos irregulares de los cultivos de secano (Cuadrat, 1986). En segundo lugar, destaca la marcada irregularidad en la distribución anual de estas precipitaciones, como puede observarse en los tres ejemplos de estaciones seleccionadas representativas de las distintas áreas regadas: Zaragoza (240 m) del sector más seco del centro de la Depresión del Ebro, Huesca (436 m) del somontano oscense más húmedo y Calatayud (534 m) de la margen derecha como modelo de los regadíos con precipitaciones medias (gráficos 18.1-18.3).

También existen contrastes importantes en cuanto a los rasgos térmicos y ello es patente en el mapa 18.3 en el que se diferencian bien los

Mapa 18.1

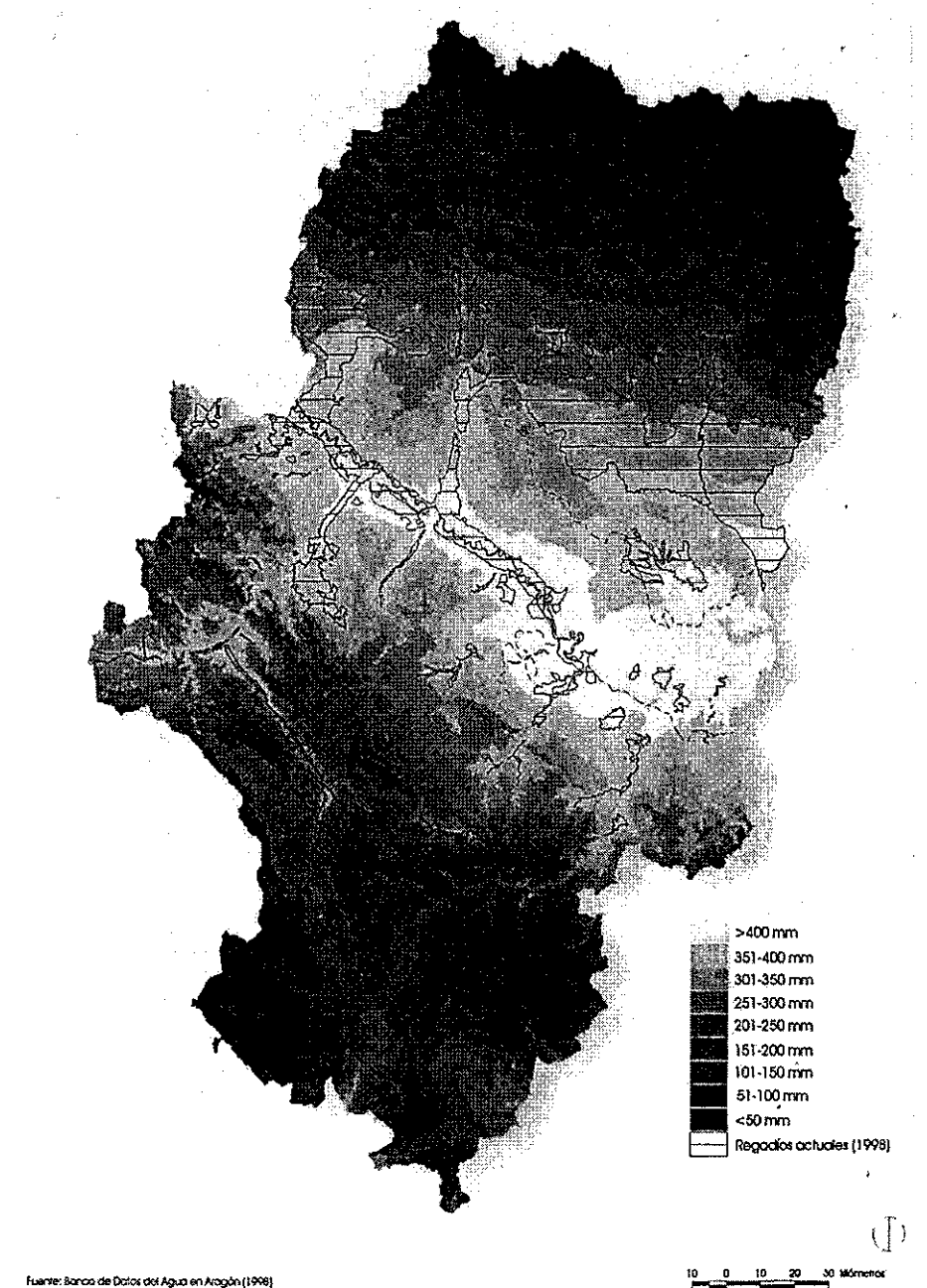
EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL MEDIA ANUAL



Fuente: Banco de Datos del Agua en Aragón (1998)  
 Días: Pólicar, F., de la Riva, J. R. y Morán J.M.  
 Dirección General del Agua (D.G.A.) - Dpto. de Geografía (Univ. Zaragoza)

Mapa 18.2

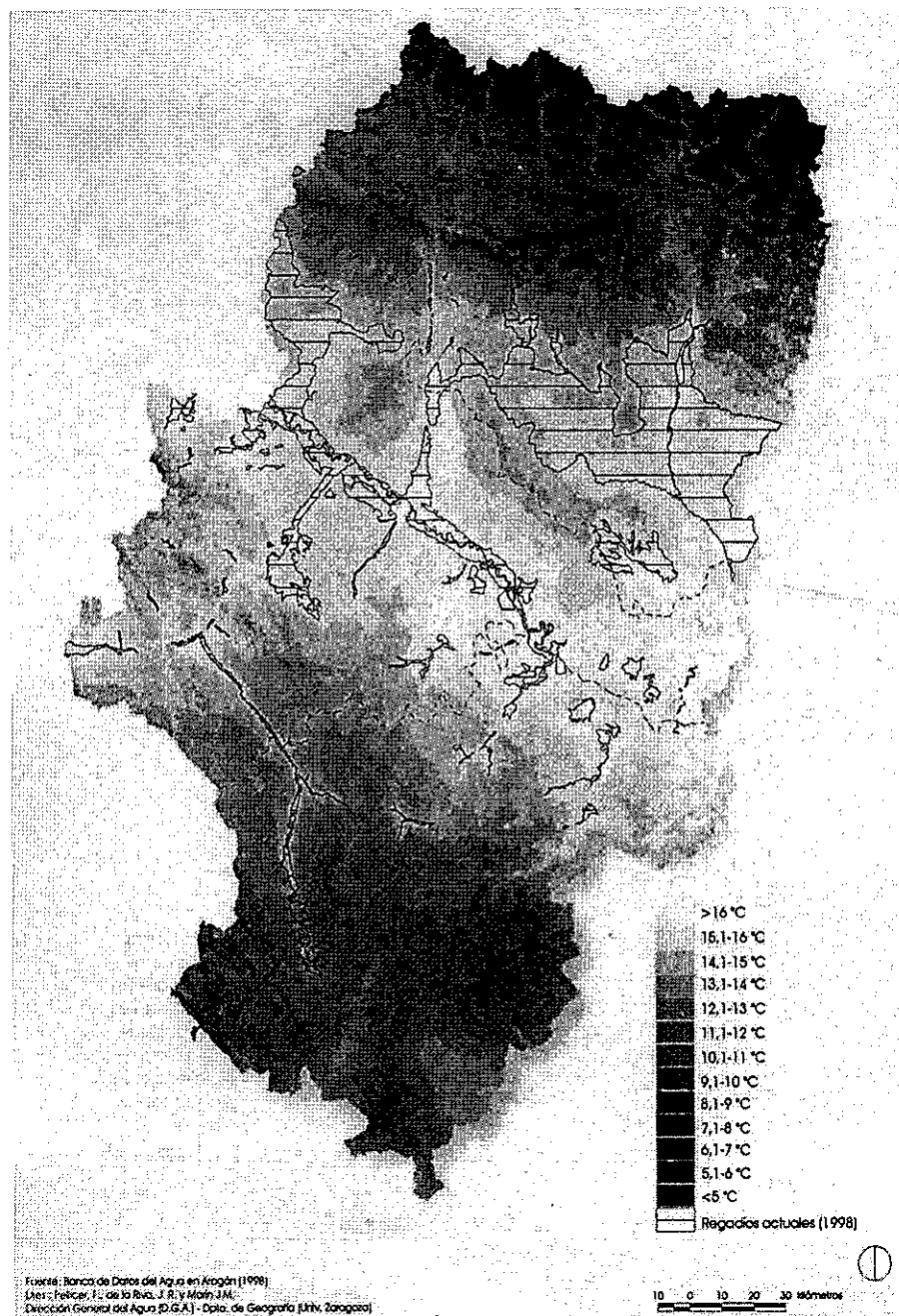
DÉFICIT ANUAL



Fuente: Banco de Datos del Agua en Aragón (1998)  
 Días: Pólicar, F., de la Riva, J. R. y Morán J.M.  
 Dirección General del Agua (D.G.A.) - Dpto. de Geografía (Univ. Zaragoza)

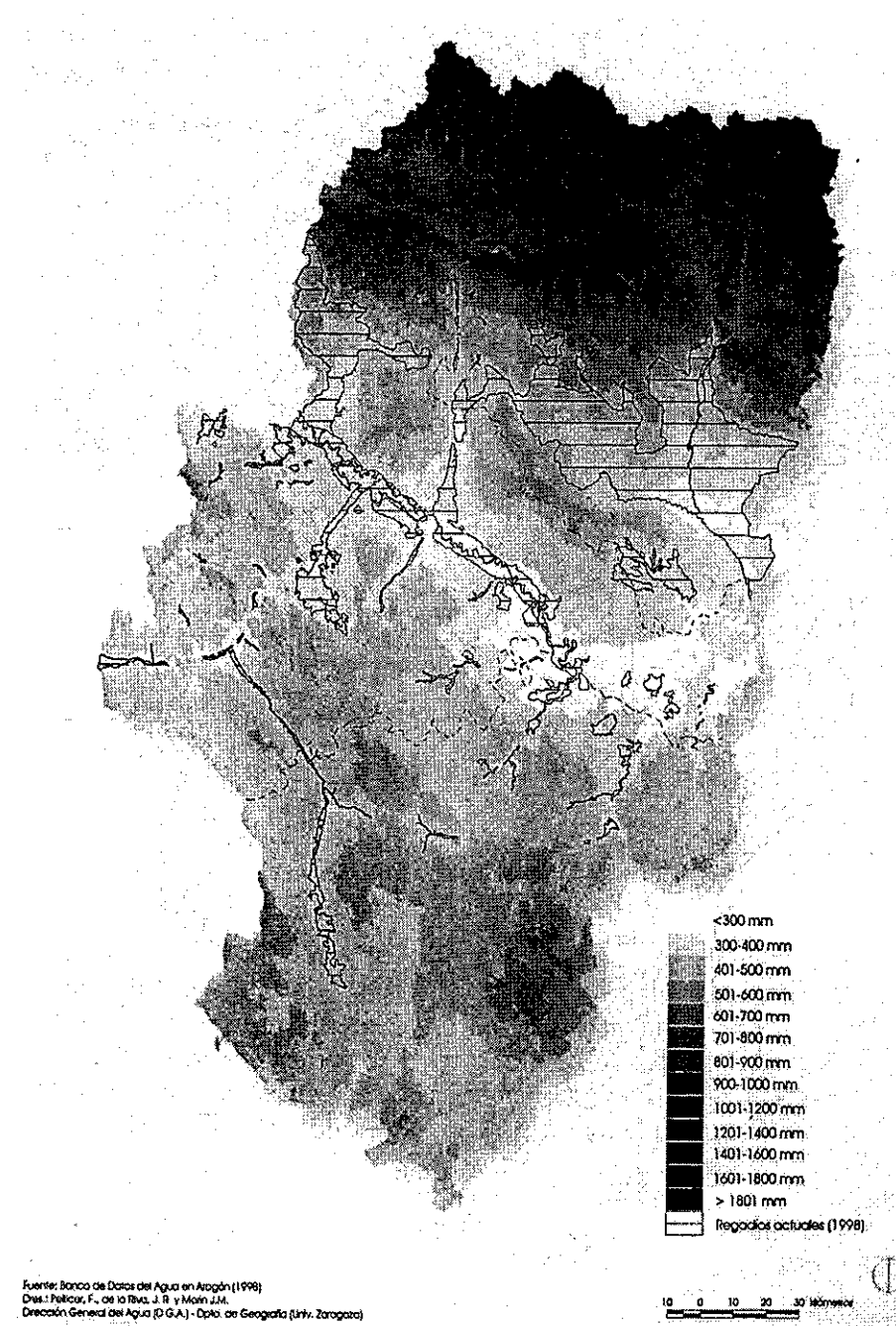
Mapa 18.3

TEMPERATURA MEDIA ANUAL



Mapa 18.4

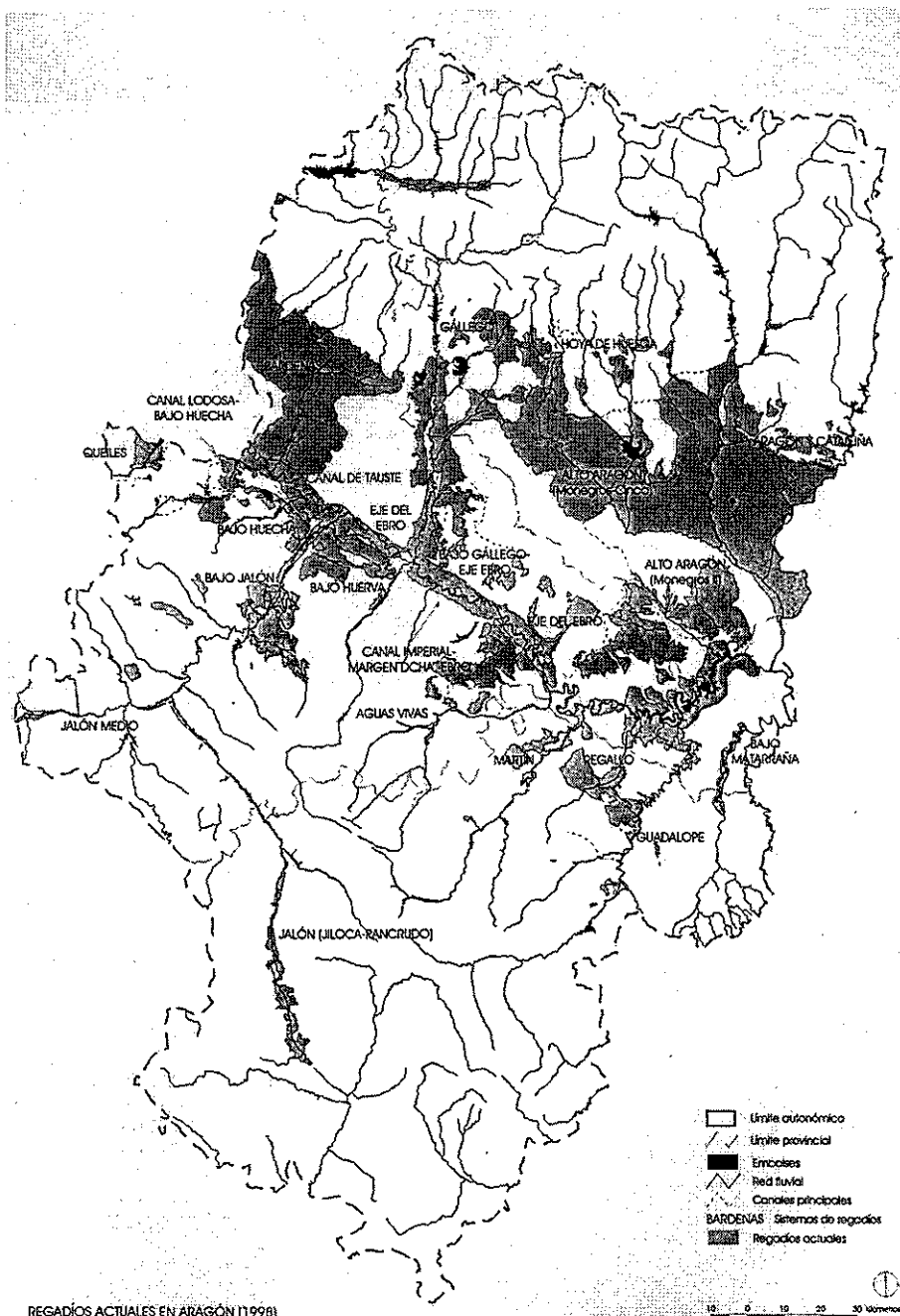
PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL





Mapa 18.5

REGADÍOS ACTUALES EN ARAGÓN (1998)



REGADÍOS ACTUALES EN ARAGÓN (1998)  
 Fuente: Banco de Datos del Agua en Aragón (1994)  
 Dir. P. del Ebro, F. de la Hoya, J. R. y M. del M. J. M.  
 Dirección General del Agua (D.G.A.), Centro de Geografía (C.G.), Zaragoza

ambientes montañosos más frescos de los Pirineos e Ibérica frente los ambientes progresivamente más cálidos que se encuentran hacia el centro del Valle del Ebro y hacia el Este. Así, los regadíos del Eje del Ebro, Martín, Regalío, Guadalupe, Bajo Matarraña y Monegros II alcanzan temperaturas medias por encima de los 16°. En el extremo opuesto, se localizan los riegos de depresiones intraibéricas (Jiloca-Pancrudo) con medias en torno a 13° y los más septentrionales (Hoya de Huesca, Gállego...) con medias por debajo de 15°. Es un hecho que en amplias zonas de Aragón y en todas en las que se localizan los regadíos existe una eficacia térmica suficiente para una amplia gama de cultivos (Frutos, 1993).

Sin embargo, una variable térmica que es un factor limitante de importancia es la temperatura mínima reflejada en el cuadro 18.2 para las tres estaciones seleccionadas. Sin ser zonas elevadas, en todos los casos se alcanzan temperaturas por debajo de cero, de manera que se comprende que las zonas de mayor altura de Aragón, que son las que reciben mayor volumen de precipitaciones, presentan riesgos evidentes de heladas y un amplio período con temperaturas mínimas no adecuadas para muchos cultivos.

Cuadro 18.2

TEMPERATURA MEDIA DE LAS MÍNIMAS MENSUALES

	E	F	M	Ab	My	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D
Zaragoza	-2,9	-1,8	-0,7	3,4	6,0	10,3	13,0	13,1	9,6	4,9	-0,1	-2,6
Huesca	-6,0	-4,9	-2,1	0,7	3,2	7,2	9,6	10,1	7,7	3,2	-1,3	-4,4
Calatayud	-6,2	-4,2	-1,9	1,7	3,8	7,6	10,2	10,2	7,0	2,5	-2,0	-4,6

Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1987, 1976).

El mapa 18.1 de evapotranspiración potencial (calculada según el método de Thornthwaite) media anual refleja igualmente la elevadísima ETP (superior a 800 mm) del sector central-oriental, la más moderada de los regadíos más septentrionales (por debajo de 750 mm) y especialmente de los de Jiloca-Pancrudo en la margen derecha (por debajo de 700 mm).

Por último y a modo de síntesis, se presenta el mapa 18.2 de déficit hídrico en el que se observa el fuerte déficit (superior a 400 mm anuales) del sector central-oriental que afecta a los riegos del Eje del Ebro, Martín, Regalío, Guadalupe, Bajo Matarraña y un sector de Monegros II y Aragón y Cataluña. Las áreas regadas con déficit inferior (entre 200 y 300) son las del somontano pirenaico (Hoya de Huesca, Gállego, Norte de Bardenas y de Monegros-Cinca y Aragón y Cataluña) así como el Jiloca-

Pancrudo. Entre 300 y 400 mm de déficit anual se encuentran el resto de los sistemas de riego. Es evidente, por tanto, la necesidad de aportes hídricos añadidos de estas zonas, necesidad que es todavía más patente analizando la distribución anual de este déficit (gráficos 18.1-18.3). En efecto, en estos gráficos se representan las fichas hídricas siguiendo el método de Thornthwaite (Fernández, 1995) de las estaciones seleccionadas y se observa cómo el período de déficit hídrico comprende siempre los meses de verano e incluye también parte de la primavera y otoño, momento crucial del crecimiento de los cultivos que más importancia tienen y han tenido en Aragón. En Zaragoza abarca 6 meses, en Huesca únicamente 4 y 5 en Calatayud.

Los efectos del regadío se ponen de manifiesto en el contraste de potencialidad agrícola entre el secano y el regadío en las diferentes zonas cultivables de Aragón expresado mediante los índices de Turc. Así, el índice anual para Zaragoza es de 6,5 en secano y 46,2 en regadío; para Huesca de 12,52 en secano y de 48,9 en regadío; para Calatayud de 8 en secano y 42,8 en regadío. Los índices mensuales se recogen en el cuadro 18.3 y puede observarse cómo son los meses de verano y primavera los que presentan mayores contrastes debido a los aportes hídricos adicionales que reciben en estos meses, precisamente los que tienen déficit hídrico como hemos visto.

Cuadro 18.3

ÍNDICES DE TURC MENSUALES

	E	F	M	Ab	My	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D
Zaragoza/secano	0,20	0,70	1,60	1,20	1,40				0,30	0,90	0,10	
Zaragoza/regadío	0,20	1,00	3,20	4,60	6,20	7,50	7,60	6,60	5,20	3,10	1,00	0,10
Huesca/secano		0,20	2,90	3,70	2,00				0,02	2,60	1,10	0,03
Huesca/regadío		0,20	2,90	5,50	7,10	8,10	7,90	6,90	5,60	3,60	1,10	0,03
Calatayud/secano		0,10	1,70	1,60	2,10	0,10			2,00	0,90	0,10	
Calatayud/regadío		0,10	2,10	4,30	6,00	7,30	7,40	6,50	5,10	3,30	0,80	

Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1976, 1987).

En síntesis, el fuerte déficit hídrico es el factor limitante más destacado para la agricultura de las amplias zonas de Aragón que por pendientes y rasgos térmicos serían susceptibles de obtener un buen rendimiento (fundamentalmente la Depresión del Ebro y somontanos). La puesta en riego y el consiguiente aporte de agua en cantidad y momentos adecuados soluciona esta limitación y ello se traduce en un incremento de la potenciali-

Gráfico 18.1

FICHA HÍDRICA DE ZARAGOZA

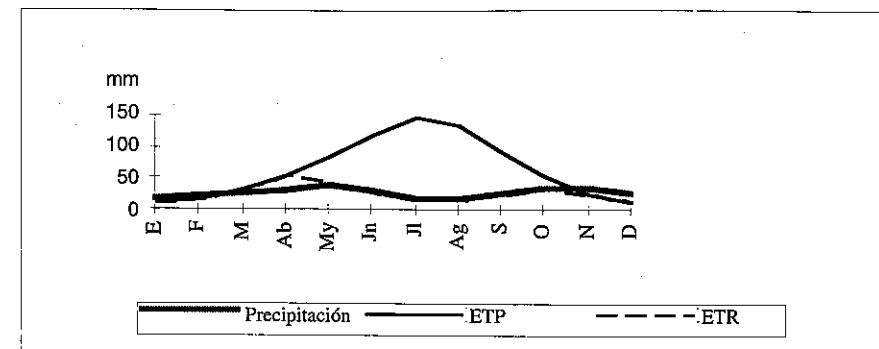


Gráfico 18.2

FICHA HÍDRICA DE HUESCA

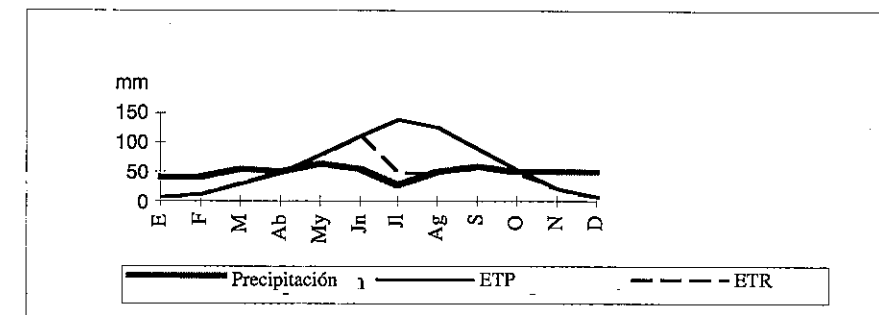
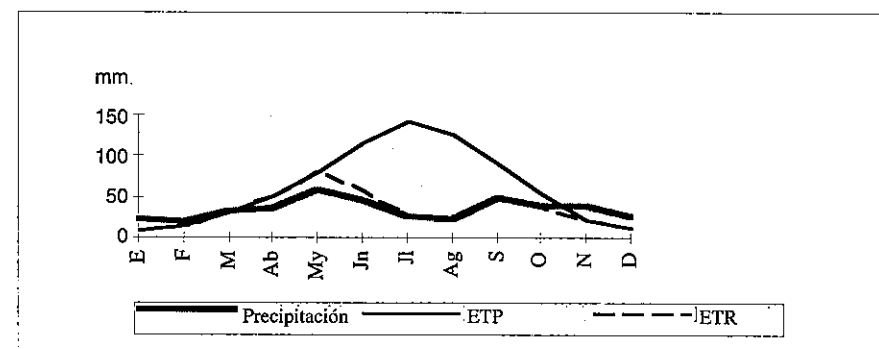


Gráfico 18.3

FICHA HÍDRICA DE CALATAYUD



Leyenda: ETP, evapotranspiración potencial; ETR, evapotranspiración real.

dad agrícola y, como veremos en los siguientes apartados, en unos cambios en la producción agrícola, en los usos del suelo y en las rentas agrarias. Sin embargo, el déficit hídrico no es el único factor limitante de importancia puesto que el factor edáfico en general y los problemas derivados de la salinización en particular restringen la puesta en riego de muchas áreas, desaconsejan determinados sistemas de riego y exigen un conocimiento detallado de los procesos edáficos que pueden desencadenarse en las áreas regadas y de otros impactos tanto socioeconómicos como medioambientales derivados de ellos.

## 2. La política hidráulica y la evolución de la superficie regada

Si en el epígrafe anterior hemos puesto de relieve la gran potencialidad agrícola que existía en algunas zonas de Aragón para su transformación en regadío, trataremos ahora de explicar el desarrollo histórico de las obras de infraestructura hidráulica, teniendo además en cuenta variables económicas imprescindibles de considerar para seguir ese proceso. Además, deberemos ver si en cada momento histórico existían las condiciones institucionales y sociales que incentivarán el desarrollo de dichos trabajos.

No cabe ninguna duda de que las limitaciones que el medio natural imponía a las actividades agrícolas eran sentidas y claramente percibidas por quienes participaban en ellas. Particularmente la trascendencia que la escasez de las lluvias, su irregularidad, y sobre todo los déficit hídricos que se producían en momentos cruciales para el crecimiento de los cultivos, impulsó históricamente considerables esfuerzos en la dirección de tratar de buscar vías alternativas de suministro de agua a los cultivos a la propia pluviometría. Por ello no es de extrañar que con la tecnología propia de cada época se hayan desarrollado obras hidráulicas de carácter muy diverso que tenían como finalidad aprovechar el importante caudal hídrico que atraviesa el territorio. Algunas, como el Canal Imperial de Aragón, tuvieron un impacto notable en algunas comarcas, y en su conjunto hicieron que la superficie agrícola que con mayor o menor regularidad se beneficiaba del conjunto de trabajos de irrigación existentes, fuera a finales del siglo XVIII muy importante. Las tierras que aprovechaban esta circunstancia, se localizaban a lo largo de algunos importantes afluentes del Ebro, como el Jiloca, Jalón o Gállego, y, en el propio curso de aquél, gracias a la construcción del mencionado Canal Imperial. Eran tierras que, como hemos visto anteriormente, tanto desde el punto de vista del tipo de suelos disponibles, como de sus reducidas pendientes o gran elevación de los rendimientos al recibir el agua en los meses de primavera o verano, en los que podían tener lugar importantes estrés hídricos, tenían condiciones muy adecuadas para dicha transformación. El que se hicieran primero en esas zonas se puede

explicar por la elevada densidad de población existente en las vegas de los ríos (donde, además, estaban los núcleos de población mayores), que presionaba en consecuencia para la obtención de alimentos (más que por incrementar la cantidad por elevar la seguridad en el suministro, dependiendo menos de las condiciones atmosféricas), el reducido coste, en términos relativos, de buena parte de estas obras (la principal excepción sería el Canal Imperial), y la no excesiva complejidad técnica que exigía su construcción<sup>1</sup>.

En la mayor parte del siglo XIX fueron muy escasas las realizaciones en materia de regadío, como pone de relieve la leve ampliación de la superficie regada y el que no se llevaran a cabo obras hidráulicas de importancia. Pensamos que, para explicar esta parálisis, es importante tener en cuenta el hecho de que las obras necesarias para continuar la expansión del regadío eran progresivamente de mayor envergadura, y por lo tanto exigían largos períodos de amortización y alta inversión inicial, lo que hizo que la iniciativa privada se retrayera. De esta forma, aunque se plantearon numerosos proyectos de regadío, que ponen de relieve la significación que se les daba para la transformación de la agricultura, éstos no condujeron a resultados importantes. La enorme inhibición del Estado en lo relativo a la política hidráulica es perfectamente coherente con lo que se puede denominar el modelo de política agraria liberal, más preocupado por dirigir el cambio institucional en un sentido favorable al establecimiento de unas condiciones adecuadas para el desarrollo de la producción, en un contexto de respeto a la propiedad privada y funcionamiento del mercado como asignador de recursos (Garrabou, 1997: 42). Si en el caso de la tierra, la reforma agraria liberal proveyó las condiciones necesarias para una expansión de la producción, en el caso del agua, su despatrimonialización no generó efectos similares por los problemas antes mencionados.

Teniendo en cuenta las condiciones medioambientales descritas y el que se desaprovechara la posibilidad de utilizar el regadío como una vía para incrementar la productividad agrícola, no es de extrañar la fuerza que tuvo el regeneracionismo hidráulico en Aragón en el último cuarto del siglo XIX, con Joaquín Costa como su figura más destacada (Fernández Clemente, 1989). Ya que la iniciativa privada no había sido capaz de aprovechar las posibilidades abiertas por la despatrimonialización del agua, pedían los regeneracionistas abiertamente la intervención estatal para suplir a aquélla y se veía al regadío como la panacea para los graves problemas de las zonas rurales aragonesas. Esta petición de intervención fue recibida en un contexto novedoso, en buena medida como consecuencia de la crisis agraria finisecular: por un lado, mucho más favorable a una mayor

<sup>1</sup> Una buena síntesis sobre el regadío aragonés en época moderna en PÉREZ SARRIÓN, G. (1990).

participación del Estado en acciones que facilitasen el desarrollo agrario y, por otro, dentro de un paradigma de cambio que optaba por «romper las limitaciones de los ciclos de energía y nutrientes propias de un sistema orgánico» (Garrabou, 1997: 144).

El cambio en las condiciones internacionales en las que se desarrollaba la agricultura, el giro en la política agraria y la potencialidad agrícola que hemos visto en la primera parte de algunas zonas una vez transformadas en regadío, y su adecuación, en general, para esta transformación (pendientes, suelos...) harían que el Valle del Ebro en general, y Aragón en particular, se convirtieran muy rápidamente en zonas pioneras para la nueva política hidráulica y también en un espacio clave para el regadío español.

En 1896 asumió ya el Estado la finalización de las obras en curso del Canal de Aragón y Cataluña, lo que suponía comenzar a aceptar el fracaso de las medidas liberales de fomento de las obras hidráulicas, y el comienzo de su realización, casi exclusiva hasta nuestros días, por parte del Estado. La continuidad de esta política se reafirmó con la asunción por el poder público del plan de riegos del Alto Aragón en 1915, que había sido diseñado por parte de la iniciativa privada en 1913 e implicaba una inversión de gran cuantía. Un tercer hecho de gran trascendencia también tuvo su epicentro en Aragón: en 1926 se constituía la primera de las confederaciones hidrográficas que en el futuro se fueron creando: la Confederación Hidrográfica del Ebro (Frutos, 1995; Fernández Clemente, 1997). Ésta suponía un intento temprano de gestión integral de la Cuenca, luego extendido al conjunto de España, que incluía no sólo la realización de los planes de riego, sino también la gestión, o control, de otros usos del agua, como el abastecimiento urbano o los aprovechamientos hidroeléctricos. La CHE rubrica y consolida de forma definitiva el principio de intervención pública en el desarrollo de las infraestructuras de regadío<sup>2</sup>.

Hasta 1936 el incremento de la superficie regada se concentró en Aragón básicamente en la provincia de Huesca, duplicándose aquélla con creces, siendo especialmente responsable de esta ampliación la culminación de las obras del Canal de Aragón y Cataluña y en muy pequeña medida la terminación ya en la década de los treinta de algunas de las primeras correspondientes al Plan de Riegos del Alto Aragón. En Teruel y Zaragoza, la ampliación del regadío tuvo muy poca importancia (ver cuadro 18.4). Además, se llevaron a cabo obras hidráulicas de muy diverso tamaño, cuyo objeto no era la ampliación del regadío, sino asegurar y mejorar el existente hasta aquel momento. Algunas de estas obras supusieron para Zaragoza y Teruel una considerable mejora del regadío disponible (ver cuadro 18.5).

<sup>2</sup> La mayor intervención pública implicó un incremento de la inversión con este fin. Su porcentaje sobre el gasto público creció significativamente desde 1904, *vid.* VILLANUEVA, G. (1991), pp. 246-248.

Cuadro 18.4

EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE CULTIVADA EN REGADÍO EN ARAGÓN, 1900-1990\*

	Regadío total				Regadío sin barbecho			
	Huesca	Teruel	Zarag.	Aragón	Huesca	Teruel	Zarag.	Aragón
1900	36.770	43.261	114.770	194.801	31.243	38.418	98.579	168.239
1905	38.133	45.588	111.839	195.560	32.665	40.484	96.510	169.658
1910	40.470	48.240	116.257	204.968	34.882	42.839	100.269	177.990
1915	69.343	49.861	108.229	227.432	55.464	44.278	96.172	195.914
1920	72.573	53.714	115.516	241.803	57.846	47.700	102.721	208.267
1925	72.643	50.499	98.697	221.839	58.071	44.845	91.095	194.011
1930	75.690	51.408	109.413	236.511	60.284	45.653	100.826	206.762
1935	81.990	54.348	102.048	238.387	65.035	48.264	93.929	207.228
1950	69.610	33.127	105.240	207.977	47.650	29.418	88.576	165.644
1955	81.764	34.257	122.938	238.959	57.431	29.591	106.771	193.793
1960	89.122	35.465	158.894	283.481	78.388	29.265	132.828	240.481
1965	128.117	37.995	156.080	322.191	110.750	33.328	139.180	283.258
1970	134.516	39.206	162.708	336.430	123.650	34.006	142.675	300.331
1975	148.858	34.327	163.882	347.066	141.924	32.727	158.115	332.766
1980	162.390	35.655	166.752	364.798	150.024	32.789	158.086	340.898
1985	170.680	35.653	170.818	377.151	162.480	30.787	161.085	354.351
1990	187.680	35.261	180.196	403.137	171.129	27.625	169.803	368.556

\* Las cifras son promedio del año que aparece con la anterior y posterior de cada uno de ellos.

Nota: Al no disponer de datos sobre la superficie en barbecho en Teruel hasta 1950, hemos optado por estimarlo suponiendo que su importancia relativa fue idéntica hasta aquel año. Las dudas que plantea la calidad de las cifras de barbecho nos ha llevado a presentar también la superficie en regadío sin tener en cuenta a aquél.

Fuente: 1900-1935: elaboración propia a partir de Pinilla (1991). 1950-1990: elaboración propia con base en los Anuarios de Estadística Agraria del Ministerio de Agricultura.

Debe destacarse, también, que la relativa importancia que a comienzos del siglo tenían las obras hidráulicas desarrolladas por particulares (básicamente comunidades de regantes) es completamente eclipsada por la labor constructora del Estado, que finalmente es el que casi en exclusiva realiza esta tarea (ver cuadro 18.6). No hay que olvidar, sin embargo, que una parte sustancial del coste de la transformación del secano en regadío recaía en los propios propietarios de las tierras, aun cuando las grandes infraestructuras fueran financiadas por la Administración.

En el primer tercio del siglo XX es importante tener en cuenta el grado de desarrollo tecnológico alcanzado, ya que tuvo importantes consecuencias desde el punto de vista de incrementar las posibilidades de construir obras hidráulicas de mayor tamaño, con técnicas nuevas. Desde este punto

Cuadro 18.5

## DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA SUPERFICIE DE REGADÍO ENTRE EL DE CARÁCTER EVENTUAL Y PERMANENTE

		1904	1916	1962	1972	1989
Huesca	Eventual	41,6	78,0	18,3	17,1	19,2
	Permanente	58,4	22,0	81,7	82,9	80,8
Teruel	Eventual	19,8	6,9	29,9	32,6	15,9
	Permanente	80,2	93,1	70,1	67,4	84,1
Zaragoza	Eventual	49,4	19,1	20,8	21,0	12,9
	Permanente	50,6	80,9	79,2	79,0	87,1

Fuente: V. Pinilla (1996).

Cuadro 18.6

## CAPACIDAD DE LOS EMBALSES DE ARAGÓN DESTINADOS A REGADÍO

	Hm cúbicos	Acumulado	% propiedad estatal
h. 1850	2,7	2,7	0,0
1850-99	10,8	13,5	18,5
1900-09	4,9	18,4	20,3
1910-19	27,5	45,9	9,1
1920-29	62,3	108,2	83,9
1930-39	175,2	283,4	100,0
1940-49	20,8	304,2	84,2
1950-59	0,3	304,6	37,5
1960-69	1.354,6	1.659,1	100,0
1970-79	559,7	2.258,8	100,0
1980-89	141,1	2.399,9	100,0

Fuente: V. Pinilla (1996) y Dirección General de Obras Hidráulicas (1992).

de vista serían importantes tanto la adopción de nuevas técnicas en la construcción de presas como la utilización de nuevos materiales como el cemento armado.

Durante la dictadura franquista, la política hidráulica va a ocupar un lugar relevante en las actuaciones del régimen en el sector agrario. En Aragón, las obras hidráulicas con fines de regadío tuvieron un pobre arranque en la década de los cuarenta, debiendo destacarse la escasa capacidad de los

únicos embalses finalizados y la lentitud con que se reanudaron las obras en curso antes de la guerra correspondientes al plan de riegos del Alto Aragón<sup>3</sup> (ver cuadro 18.6). Fue en los años posteriores, en los cincuenta y sesenta, cuando la política hidráulica va a producir resultados más espectaculares. Un hecho fundamental fue la decisión estatal de acometer directamente todas las obras necesarias, profundizándose por lo tanto una política, que como hemos visto estaba ya presente desde comienzos del siglo, y que supuso ahora un incremento sustancial de las dotaciones presupuestarias para este fin.

De esta forma, la extensión del regadío se lleva a cabo fundamentalmente a través del desarrollo de los planes de regadío ya en marcha antes de la guerra, como era el caso del plan de riegos del Alto Aragón, o diseñados aunque no comenzados como el Plan de Bardenas. A ello habría que añadir algunas actuaciones importantes en el sistema del Canal de Aragón y Cataluña, ya en explotación antes de la guerra, y otras de carácter más local. Estos tres grandes sistemas de riego reunían dos características trascendentales para su viabilidad: por un lado, y de acuerdo con la caracterización realizada en la primera parte, la mayor parte de las tierras a ellos correspondientes que se iban a transformar, tenían muy buenas condiciones desde el punto de vista de pendientes, temperaturas, potencialidad agrícola y en grado variable en el caso de los suelos; en segundo lugar, estaban situados relativamente cerca de la potencial gran reserva de agua constituida en el sistema pirenaico, lo que hacía económicamente abordable las obras de transformación, frente a otras alternativas mucho más alejadas de ellas.

La política hidráulica se va a canalizar además a través de la realización de grandes planes destinados a transformar determinadas zonas a través de lo que se ha denominado la colonización integral, que además de la mera puesta en regadío supone también en algunas zonas el asentamiento de colonos, que iban a recibir del Instituto Nacional de Colonización (entidad creada expresamente con esa finalidad) una parte de las nuevas tierras puestas en regadío, y la creación de nuevos núcleos de población. Esta política de colonización integral no sería abandonada hasta mediados de los años sesenta. En Aragón fue muy significativa esta parte del programa de colonización. Fueron construidos 31 nuevos poblados en los que a principios de la década de los ochenta estaban instalados 5.507 concesionarios con sus familias, la mayor parte de éstos en el regadío. Se habían adjudicado por este procedimiento en Aragón casi 43.000 hectáreas de regadío y 28.000 de secano, lo que representaba, respectivamente, un 25 y un 16,5% del total de España. Huesca y Zaragoza eran las provincias en

<sup>3</sup> Para el caso de Huesca, ver SABIO, A. (1994). Sobre el fracaso en la política de regadío en los años cuarenta, ver las posiciones antagonistas de BARCIELA (1997) y SUMPSI (1997).

las que estas acciones habían tenido gran importancia, a diferencia de su escasa incidencia en Teruel (Villanueva y Leal, 1990).

Si analizamos la construcción de embalses durante las décadas de los cincuenta y sesenta (finalizados en los sesenta y setenta), destaca su gran capacidad reguladora (ver cuadro 18.6), ya que ésta no tiene parangón con las obras llevadas a cabo hasta entonces, lo que permite entender perfectamente el fuerte crecimiento que de la superficie regada tuvo lugar. La realización de la red de canales principales y secundarios en los sistemas de riego más importantes tuvo un carácter más continuado, extendiéndose hasta los años noventa.

Como consecuencia de todas estas acciones, prácticamente se duplica la superficie regada en Aragón entre 1950 y 1990 (ver cuadro 18.4). Si analizamos desde un punto de vista cronológico la extensión del regadío, podríamos decir que hasta mediados de los años cincuenta tiene lugar una recuperación de tierras que habían dejado de ser cultivadas y de nuevo vuelven al circuito agrícola. Las 80.000 hectáreas de superficie cultivada en regadío en Huesca se vuelven a alcanzar hacia 1955, mientras que las algo más de 100.000 hectáreas de regadío cultivadas en Zaragoza a mediados de los años treinta se recuperan ya a principios de la misma década. A partir de entonces el crecimiento va a ser continuo, si bien el momento de más rápido crecimiento en Huesca y Zaragoza se sitúa en los años que van de 1960 a 1965. La entrada en servicio de la presa de Yesa, con destino a la regulación de las aguas para el sistema de Bardenas, y el Canal de Bardenas determinan un enorme salto para esta provincia, que tenderá a crecer posteriormente a un ritmo muy pausado. En la provincia de Huesca el primer gran salto tiene que ver con el Canal de Monegros, pero la continuación de las obras ligadas al plan de riegos del Alto Aragón, con el canal del Flumen, y el recrecimiento de la Sotonera para estos dos canales, y con el pantano de El Grado a finales ya de los sesenta para el canal del Cinca, concluido simultáneamente, determinan que el crecimiento siga a un ritmo apreciable posteriormente. Simultáneamente, el rasgo más llamativo de la evolución del regadío en la provincia de Teruel es su estancamiento. La penuria de obras hidráulicas en esta provincia mantiene básicamente la superficie regada en cifras muy estables. Puede entenderse esta situación por cuanto gran parte de las tierras agrícolas turolenses de secano no tenían condiciones adecuadas para su transformación en regadío.

A finales de la década de los ochenta tanto Huesca como Zaragoza superaban las 180.000 hectáreas de regadío, mientras que la provincia de Teruel se situaba en 35.000.

Hubo también una mejora en el tipo de regadío desde 1950, de tal forma que tuvo lugar en las dos provincias con mayor crecimiento del regadío, bien un mantenimiento del porcentaje de regadío permanente en valores muy elevados (Zaragoza) o un sustancial incremento de dicho por-

centaje (Huesca) (ver cuadro 18.5). Este hecho debe considerarse como mínimo de tanta importancia como la extensión del regadío, ya que implicaba la posibilidad de que tuvieran lugar cambios en el uso del suelo hacia cultivos más intensivos, imposibles de desarrollar sin la seguridad en el suministro de agua.

### 3. La evolución del uso del suelo en regadío

Los cambios en los usos de la superficie regada en Aragón han estado ligados a diversos factores, debiendo destacarse entre ellos las posibilidades agroclimáticas para el desarrollo de los diferentes cultivos<sup>4</sup>, la suficiencia de agua con el mismo fin, las prácticas de fertilización desarrolladas, las distintas rentabilidades generadas por las alternativas de cultivos y la existencia de incentivos desde fuera del sector para orientar la tierra en variadas direcciones (incentivos institucionales o mercantiles). Desde 1900 han tenido lugar cambios en el uso del suelo hacia una mayor presencia de cultivos de carácter más intensivo. Esta tendencia no se ha seguido de la misma forma en las diferentes provincias y además ha habido diferencias en sus ritmos cronológicos todavía más importantes.

Hasta 1935 se aprecia una clara divergencia en la evolución del uso del suelo regado en Aragón. En buena parte del regadío zaragozano se produjo un abandono progresivo de lo que eran los cultivos tradicionales del regadío —cereales de invierno, viñedo y olivar—, que pasaron de representar un 85% de la superficie de regadío hacia 1890 a sólo un 45,5% en 1925, para ser reemplazados por cultivos más intensivos, como sobre todo la remolacha azucarera o las plantas forrajeras (ver cuadro 18.7). Teniendo en cuenta que en esta provincia se mejoró el tipo de regadío pero no su extensión, más de 25.000 hectáreas pasaron a ser ocupadas por cultivos más intensivos, y Zaragoza se convirtió en la principal provincia española productora de remolacha azucarera. Este cambio puede entenderse como una reacción frente a los problemas con que se encontraban algunos cultivos tradicionales como consecuencia de la crisis finisecular, y directamente inducido por la demanda de materia prima realizada por las fábricas azucareras.

Por otro, en la mayor parte de los regadíos de Huesca y Teruel, lo más significativo fue la permanencia de la estructura de cultivos tradicional. En Huesca, el gran incremento de la superficie regada se tradujo en uno muy similar de la superficie dedicada a cereales de invierno y barbecho, y en menor medida viñedos y olivares. La explicación no es difícil y reside en la insuficiencia de agua, o falta de seguridad en su suministro, para desarrollar

<sup>4</sup> En PENILLA, V. (1995), p. 35, hay una valoración agronómica de una treintena de cultivos por zonas agroclimáticas.

USO DEL SUELO EN REGADÍO POR TIPOS DE CULTIVOS  
(EN %), 1900-1990

	1900	1905	1910	1915	1920	1925	1930	1935	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990
<b>Huesca</b>																	
1 Barbechos	15,0	14,3	13,8	20,0	20,3	20,1	20,4	20,7	31,5	29,8	12,0	13,6	8,1	4,7	7,6	4,8	8,8
2 Cer. inv.+leg.+viñ.+oliv.	38,6	39,1	41,2	53,2	54,9	54,1	52,7	53,3	42,6	40,2	46,3	59,2	60,6	54,6	47,6	50,4	45,5
3 Cer. prim.+tub.+ind.+forr.									20,3	23,9	35,3	21,5	24,2	30,3	36,0	34,5	35,9
4 Frut.+hort.+arroz									5,6	6,2	6,3	5,8	7,2	10,5	8,9	10,3	9,8
1+2 Cult. de sec. y reg.	53,7	53,4	55,0	73,2	75,2	74,2	73,1	74,0	74,2	69,9	58,4	72,7	68,6	59,3	55,2	55,2	54,4
3+4 Cult. carac. regadío	46,3	46,6	45,0	26,8	24,8	25,8	26,9	26,0	25,8	30,1	41,6	27,3	31,4	40,7	44,8	44,8	45,6
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
<b>Teruel</b>																	
1 Barbechos									11,2	13,6	17,5	12,3	13,3	4,7	8,0	13,6	21,7
2 Cer. inv.+leg.+viñ.+oliv.									54,7	44,3	29,8	34,4	29,7	28,1	37,5	31,6	27,7
3 Cer. prim.+tub.+ind.+forr.									30,4	36,7	46,4	42,0	41,8	51,4	42,5	41,4	38,0
4 Frut.+hort.+arroz									3,7	5,3	6,3	11,3	15,2	15,9	11,9	13,4	12,7
1+2 Cult. de sec. y reg.									65,9	58,0	47,3	46,7	43,0	32,7	45,6	45,2	49,3
3+4 Cult. carac. regadío	40,2	41,3	42,3	40,6	39,3	42,6	42,4	40,5	34,1	42,0	52,7	53,3	57,0	67,3	54,4	54,8	50,7
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
<b>Zaragoza</b>																	
1 Barbechos	14,1	13,7	13,8	11,1	11,1	7,7	7,8	8,0	15,8	13,2	16,4	10,8	12,3	3,5	5,2	5,7	5,8
2 Cer. inv.+leg.+viñ.+oliv.	64,4	56,5	51,6	44,8	39,5	38,2	42,3	45,0	46,8	48,3	40,3	46,1	33,3	30,4	36,3	30,9	32,4
3 Cer. prim.+tub.+ind.+forr.									34,1	33,7	37,6	35,4	43,2	50,3	42,6	46,5	43,2
4 Frut.+hort.+arroz									3,3	4,8	5,7	7,7	11,2	15,8	15,9	16,8	18,5
1+2 Cult. de sec. y reg.	78,5	70,2	65,3	55,9	50,5	45,9	50,1	52,9	62,7	61,5	56,7	56,9	45,6	33,9	41,5	36,6	38,2
3+4 Cult. carac. regadío	21,5	29,8	34,7	44,1	49,5	54,1	49,9	47,1	37,3	38,5	43,3	43,1	54,4	66,1	58,5	63,4	61,8
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: 1900-1935: Elaboración propia a partir de V. Pinilla (1991); 1950-1990: elaboración propia a partir de los Anuarios de Estadística Agraria.  
Nota: Los datos de cada año son promedio del mismo con el inmediatamente anterior y posterior.

en una buena parte de los nuevos regadíos cultivos más intensivos, lo que determinó que tuviera lugar una permanente reducción del porcentaje dedicado a estos últimos. Así, si en 1900 en torno a un 46% de la superficie de regadío estaba dedicada a sus cultivos más intensivos, en 1935 este porcentaje se había reducido a sólo un 26% (ver cuadro 18.7). Tanto en Huesca como en Teruel, en algunas comarcas con suficiente agua y aptitudes agroclimáticas adecuadas también hubo un cambio similar al de Zaragoza.

Desde 1950 se aprecia una menor divergencia en la evolución del uso del suelo en las dos provincias donde éste tenía una importancia significativa. Sería, por un lado, importante destacar cómo a pesar de algunos retrocesos momentáneos, debido a la entrada en producción de superficies transformadas, a largo plazo predomina la tendencia al desarrollo de cultivos más intensivos, aunque a comienzos de los años noventa el contrapunto lo pone la todavía porcentualmente alta superficie dedicada a cultivos no específicos del regadío, sobre todo cereales de invierno. También es importante destacar que dentro de los cultivos característicos del regadío, la parte ocupada por los más intensivos ha sido relativamente pequeña. Ello podría explicarse por varias razones: la debilidad de la agroindustria aragonesa, que en consecuencia no ha generado incentivos suficientes para que los agricultores dedicasen sus tierras a productos muy intensivos, a diferencia de lo que ha ocurrido en zonas próximas, como sobre todo La Rioja<sup>5</sup>; la insuficiencia hídrica en algunos polígonos de riego (Omedas, 1994: 53), en parte por la baja capacidad de canales finalizados en las primeras etapas de desarrollo de los grandes planes<sup>6</sup>; la adecuación de algunos cultivos como la cebada a suelos con problemas de salinización; o, por último, la diferente dotación de factores productivos de pequeñas y grandes explotaciones.

En Huesca, los cultivos propios del regadío pasaron a ocupar en la provincia oscense de un 25,8% de aquél en 1950 a un 45,6% en 1990 (en 1994 se alcanzó el 61,9%). Esta tendencia tuvo varias oscilaciones, estando asociados los retrocesos a la ampliación del regadío. Sin embargo,

<sup>5</sup> El cierre progresivo de las azucareras dejó huérfana a la agricultura de regadío de la principal agroindustria que había orientado en ella los cambios en los usos del suelo más importantes. Ver sobre los problemas de la remolacha, ASÍN, F., *et al.* (1981). Sobre la debilidad de la agroindustria aragonesa ver PÉREZ, L. y J. M. GIL (1991) y una comparación, desfavorable para Aragón, con La Rioja y Navarra en RAPÚN, M. y L. PÉREZ (1992).

<sup>6</sup> Según SÁNCHEZ, A. (1998) las primeras obras del Plan de Riegos del Alto Aragón se habían hecho pensando en que el destino de las tierras transformadas iba a ser el cultivo de cereales de invierno. En el mismo sentido se manifiesta SABIO, A. (1994), p. 231, al señalar que en los cincuenta y sesenta «con los riegos en marcha, se aspiraba a convertir Huesca en una de las provincias reguladoras de la producción cerealística nacional, en un silo que contara anualmente con una cantidad casi fija de toneladas de grano seguras. En conclusión: con frecuencia se introdujo el regadío para asegurar el cereal, sin cambiar ostensiblemente los usos del suelo».

la parte ocupada por los cultivos intensivos, aunque ha crecido también en el período, pasando de un 5,6% en 1950 del regadío al 9,8% en 1990, ha supuesto una parte pequeña de la superficie regada de la provincia (ver cuadro 18.7).

En Zaragoza, también podemos constatar la tendencia al incremento de la parte del regadío dedicada a cultivos más intensivos. Si los cultivos característicos del regadío eran en 1950 un 37,3% de éste, en 1990 llegan a un 61,8%. En esta provincia el crecimiento de los cultivos más intensivos es especialmente notable, ya que pasan de ser un 3,3% del regadío en 1950 a un 18,5% en 1990. Además, desde 1975 éstos han supuesto siempre más de un 15% de la superficie regada. Su importancia en Zaragoza duplica por lo tanto a la alcanzada en la provincia de Huesca.

Por último, en Teruel el incremento del porcentaje que han supuesto los cultivos característicos del regadío es el menor, de un 34,1% en 1950 a un 50,7% en 1990. Aquí, los cultivos más intensivos han seguido también la pauta general en el sentido de su fuerte crecimiento, ya que si en 1950 eran el 3,7% del regadío turolense, en 1994 eran ya el 12,7%.

#### 4. La producción agrícola en el regadío aragonés y sus cambios

Las consecuencias de las distintas opciones que se llevaron a cabo en torno al uso del suelo en regadío hasta 1935 no fueron nimias, y destaca con claridad el caso de la provincia de Zaragoza con su clara orientación hacia la remolacha azucarera por la capacidad de transformación que generó, tanto en la agricultura como en el conjunto de la economía.

La expansión de este cultivo exigió un elevado grado de cambio técnico, sin el que no hubiera sido posible aquélla. En primer lugar, fue necesario asegurar el riego permanente a estas tierras. Además, fue imprescindible adoptar nuevos aperos agrícolas, recurrir a los abonos inorgánicos para abonar más, pues por tratarse de cultivos muy esquilantes agotaban la tierra, y llevar a cabo nuevas prácticas agrícolas (Pinilla, 1995a). En definitiva, se produjeron cambios importantes que iniciaban un proceso de ruptura con la agricultura «tradicional».

Por otro lado, el posible obstáculo que pudiera haber supuesto las mayores necesidades de capital que exigían los nuevos cultivos, fue solucionado gracias a los adelantos que hacían las fábricas, en metálico o en semillas y abonos, y a la elevada rentabilidad del cultivo, lo que permitía recuperar en un corto espacio de tiempo la inversión realizada, mejorándose por tanto notablemente las rentas de quienes pudieron optar por esta vía.

Las consecuencias generadas por este importante cambio agrícola trascendieron al propio sector, ya que el cultivo de la remolacha no era

Cuadro 18.8

#### PRODUCCIÓN TOTAL AGRÍCOLA EN ARAGÓN, 1950-1990 (CALCULADA A PRECIOS DE 1975)

	Producción en miles de pesetas			Distribución en %		Producto total por hectárea (pesetas)		
	Secano	Regadío	Total	Secano	Regadío	Secano	Regadío	Total
<b>Huesca</b>								
1950	1.445.386	1.843.368	3.288.753	43,9	56,1	5.139	26.481	9.373
1955	1.921.418	2.608.778	4.530.196	42,4	57,6	6.509	31.906	12.018
1960	2.157.635	4.162.925	6.320.561	34,1	65,9	7.513	46.711	16.797
1965	2.251.714	4.026.653	6.278.367	35,9	64,1	6.928	31.430	13.855
1970	2.925.783	4.627.210	7.552.993	38,7	61,3	8.197	34.399	15.369
1975	3.940.580	7.583.001	11.523.581	34,2	65,8	10.864	50.941	22.526
1980	4.692.291	9.443.942	14.136.233	33,2	66,8	12.779	58.156	26.694
1985	5.657.366	10.332.977	15.990.343	35,4	64,6	15.432	60.540	29.761
1990	4.328.489	11.499.527	15.828.016	27,3	72,7	12.201	61.272	29.179
<b>Teruel</b>								
1950	1.675.448	1.114.066	2.789.514	60,1	39,9	5.488	33.630	8.242
1955	1.747.937	1.417.298	3.165.236	55,2	44,8	5.034	41.372	8.297
1960	2.253.485	1.667.638	3.921.123	57,5	42,5	5.559	47.002	8.895
1965	2.431.580	2.047.458	4.479.038	54,3	45,7	6.206	53.888	10.420
1970	3.143.351	2.586.187	5.729.538	54,9	45,1	7.639	65.964	12.713
1975	3.865.978	2.835.226	6.701.204	57,7	42,3	9.586	82.595	15.313
1980	3.356.166	2.352.719	5.708.885	58,8	41,2	8.011	65.985	12.558
1985	3.574.866	1.927.851	5.502.717	65,0	35,0	8.472	54.072	12.024
1990	4.277.006	2.382.647	6.659.653	64,2	35,8	10.143	67.572	14.574
<b>Zaragoza</b>								
1950	2.384.560	3.694.247	6.078.807	39,2	60,8	4.840	35.103	10.167
1955	3.001.934	4.576.376	7.578.309	39,6	60,4	5.763	37.225	11.771
1960	3.358.759	6.376.626	9.735.384	34,5	65,5	5.490	40.131	12.632
1965	4.883.712	6.398.064	11.281.776	43,3	56,7	7.725	40.992	14.311
1970	5.357.607	7.748.285	13.105.891	40,9	59,1	7.771	47.621	15.379
1975	6.976.585	11.926.146	18.902.731	36,9	63,1	9.484	72.773	21.015
1980	6.706.338	12.287.363	18.993.701	35,3	64,7	8.928	73.686	20.693
1985	6.778.967	14.137.101	20.916.067	32,4	67,6	9.185	82.761	23.014
1990	6.371.523	14.302.734	20.674.257	30,8	69,2	9.338	79.373	23.969



Cuadro 18.8 (continuación)

PRODUCCIÓN TOTAL AGRÍCOLA EN ARAGÓN, 1950-1990  
(CALCULADA A PRECIOS DE 1975) -

	Producción en miles de pesetas			Distribución en %		Producto total por hectárea (pesetas)		
	Secano	Regadío	Total	Secano	Regadío	Secano	Regadío	Total
Aragón								
1950	5.505.394	6.651.681	12.157.075	45,3	54,7	5.101	31.983	9.445
1955	6.671.289	8.602.452	15.273.741	43,7	56,3	5.735	36.000	10.892
1960	7.769.879	12.207.189	19.977.068	38,9	61,1	5.957	43.062	12.581
1965	9.567.007	12.472.175	22.039.182	43,4	56,6	7.091	38.711	13.187
1970	11.426.741	14.961.682	26.388.423	43,3	56,7	7.838	44.472	14.707
1975	14.783.144	22.344.373	37.127.517	39,8	60,2	9.845	64.381	20.083
1980	14.754.796	24.084.023	38.838.819	38,0	62,0	9.598	66.020	20.419
1985	16.011.198	26.397.929	42.409.128	37,8	62,2	10.488	69.993	22.276
1990	14.977.018	28.184.909	43.161.926	34,7	65,3	10.267	69.914	23.181

Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios de Estadística Agraria.

Nota: La producción de cada año de referencia es el resultado del promedio de ese mismo año con el inmediatamente anterior e inmediatamente posterior.

posible si no se instalaban fábricas azucareras en las proximidades de los campos de cultivo. Ello impulsó en consecuencia el desarrollo de la industria ligada a la propia transformación de la remolacha, fundándose 16 fábricas entre 1894 y 1925, la mayor parte de ellas en la provincia de Zaragoza. Además, el sector azucarero fue protagonista desde comienzos de siglo del proceso industrializador aragonés, por los importantes efectos de arrastre que generó: tanto hacia atrás, es decir, el impulso a la agricultura de regadío en el sentido antes explicado y a otros sectores industriales encargados de proveer de *inputs* a las nuevas azucareras, como fue, por ejemplo, el caso de la industria química para la producción de abonos, de maquinaria agrícola o de maquinaria para las propias azucareras; como hacia adelante, ya que los importantes beneficios que generó el sector azucarero tendieron a transformarse en parte en capital bancario, lo que condujo a la constitución en Aragón de un moderno sector financiero autóctono o el surgimiento de una industria alcoholera que aprovechaba subproductos del proceso de obtención del azúcar (Biescas, 1985; Germán, 1990).

En Huesca, el hecho de que las nuevas tierras regadas fueron destinadas al cultivo cereal, si bien significó una mayor producción por hectárea y

una mayor seguridad en la cosecha recogida, no implicó un modelo de agricultura distinto al del secano, sino una rentabilidad mayor. Como hemos visto en la primera parte, la productividad de cultivos tradicionales, como los cereales, se disparaba al transformarse las tierras en regadío. La clave estuvo, como se explicó anteriormente, en el carácter eventual de gran parte de la superficie de regadío ampliada en la provincia. En este caso el impulso sobre el conjunto de las actividades económicas fue muy escaso, ya que el incremento de la producción cerealista, si bien consolidó en Huesca las harineras existentes, no implicó transformaciones relevantes en el conjunto de su economía.

La producción agrícola se incrementó después de 1950, una vez superados los graves problemas que atravesó el sector en la década de los cuarenta y primeros cincuenta (Germán, 1996), a un ritmo considerablemente más rápido que en el primer tercio del siglo XX. En Huesca la producción total agrícola en regadío creció entre 1950 y 1990 a un 4,7% anual, en Zaragoza al 3,4% y en Teruel a un mucho más modesto 1,9%. El incremento de la producción en el regadío aragonés ha podido deberse a dos causas diferentes o a la interacción entre ellas. Por un lado, es posible que el simple incremento de la superficie regada haya sido el responsable del incremento paralelo de la producción; la segunda opción consiste en que tuviera también un peso relevante la variación de la producción por hectárea, bien fuera por efecto del cambio técnico o porque hubiera tenido lugar una reorientación de cultivos hacia aquéllos de mayor precio relativo, lo que implica también que en nuestro cálculo agregado la producción tendiera a incrementarse. Para saber en qué medida se debió a uno u otro factor dicho incremento utilizaremos la siguiente fórmula:

$$Y_n - Y_1 = P_1 (S_n - S_1) + S_1 (P_n - P_1) + (P_n - P_1) \cdot (S_n - S_1)$$

Siendo:

$Y_n$  la producción total en regadío en el año 1990 (a precios de 1975).

$Y_1$  la producción total en regadío en el año 1950 (a precios de 1975).

$P_1$  la producción por hectárea en regadío en el año 1950 (a precios de 1975).

$S_n$  la superficie cultivada en regadío en el año 1990.

$S_1$  la superficie cultivada en regadío en el año 1950.

$P_n$  la producción por hectárea en regadío en el año 1990 (a precios de 1975).

El primer término,  $P_1 (S_n - S_1)$ , representaría el crecimiento en la producción efecto de variaciones de la superficie si la producción por hectárea permaneciera constante; el segundo,  $S_1 (P_n - P_1)$ , variaciones en la producción permaneciendo constante la superficie, y consecuencia, por tanto, de

cambios en la producción por hectárea; y el tercero,  $(P_n - P_1) \cdot (S_n - S_1)$ , variaciones en la producción consecuencia del crecimiento simultáneo de la superficie y la producción por hectárea.

Los datos del cuadro 18.9 ponen de relieve cómo fueron muy significativos para el conjunto de Aragón tanto el incremento de la superficie

Cuadro 18.9

CAUSAS DEL CRECIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN TOTAL AGRÍCOLA EN REGADÍO, 1950-1990 (EN %)

	Huesca	Teruel	Zaragoza	Aragón
$P_1 (S_n - S_1)$	32,4	5,7	24,8	29,0
$S_1 (P_n - P_1)$	25,1	88,6	43,9	36,6
$(S_n - S_1) \times (P_n - P_1)$	42,5	5,7	31,3	34,4
$Y_n - Y_1$	100,0	100,0	100,0	100,0

Nota: Ver texto para la explicación de la fórmula utilizada.

Fuente: Elaboración propia con base en los cuadros 18.3 y 18.8. Se ha calculado sobre producción a precios de 1975.

regada como la variación de la producción por hectárea (en pesetas), siendo más importante esta última. El análisis de los datos provinciales muestra, sin embargo, divergencias importantes. En primer lugar el caso de Teruel es singular, ya que allí el bajísimo incremento de la superficie regada supone que el aumento de la producción por hectárea sea la explicación del crecimiento de la producción. En Huesca y Zaragoza fueron significativos tanto los incrementos de la superficie como de la productividad de la tierra, aunque en el primer caso más la primera, y en Zaragoza mucho más la segunda. La cuantía del incremento de la producción por hectárea osciló entre el mínimo de Teruel, que duplicó su producción por hectárea regada, y las provincias de Huesca y Zaragoza que multiplicaron por 2,3 dicha producción (las tasas de crecimiento medio anual acumulativo de la producción por hectárea fueron para Huesca, Teruel y Zaragoza respectivamente el 2,1; 1,8 y 2,1). Es necesario tener en cuenta también de qué niveles se partía para comparar los crecimientos respectivos. Desde este punto de vista, durante todo el período la producción por hectárea en el regadío zaragozano superó con creces a Huesca. El hecho de que también en el secano aragonés haya tenido un incremento notable de la producción por hectárea, aunque inferior al del regadío, nos pone en la pista del importante proceso de cambio técnico que ha existido en la agricultura

aragonesa y que ha supuesto la desaparición definitiva de la agricultura «tradicional».

Pero el incremento de la producción por hectárea no sólo viene explicado por el cambio técnico. También estuvo alimentado por una reorientación de la producción hacia aquellos cultivos de precios más elevados. Si medimos la proporción de la producción de regadío generada en los cultivos más característicos de él (cuadro 18.10), que son los que tienen más alto rendimiento, a precios de 1975, tanto en Teruel como en Zaragoza tuvo lugar un incremento apreciable del peso de dichos productos y especialmente de los más intensivos, lo que explica también parcialmente el incremento del valor de la producción. En Huesca, por el contrario, disminuyó levemente su aportación al conjunto de la producción en regadío, a pesar del fuerte incremento de su porcentaje sobre el conjunto de la

Cuadro 18.10

PRODUCCIÓN TOTAL AGRÍCOLA EN REGADÍO POR TIPOS DE CULTIVO (EN PORCENTAJES)

A precios de 1975	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990
<b>Huesca</b>									
Cer.+leg.+b.+vñ.+ol.	23,1	26,3	22,4	34,4	30,3	27,5	22,6	27,9	25,4
Cult. carac. regadío	76,9	73,7	77,6	65,6	69,7	72,5	77,4	72,1	74,6
Intensivos	48,2	37,0	39,0	35,0	40,5	43,0	36,4	33,5	32,4
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
<b>Teruel</b>									
Cer.+leg.+b.+vñ.+ol.	33,9	19,5	16,9	14,8	13,4	10,0	16,8	17,3	17,1
Cult. carac. regadío	66,1	80,5	83,1	85,2	86,6	90,0	83,2	82,7	82,9
Intensivos	27,9	26,0	28,3	41,5	46,8	47,7	34,2	28,7	33,4
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
<b>Zaragoza</b>									
Cer.+leg.+b.+vñ.+ol.	23,8	26,7	20,4	26,7	18,1	13,5	17,7	14,8	16,3
Cult. carac. regadío	76,2	73,3	79,6	73,3	81,9	86,5	82,3	85,2	83,7
Intensivos	31,9	28,7	26,6	27,4	33,0	42,5	39,6	42,0	47,6
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
<b>Aragón</b>									
Cer.+leg.+b.+vñ.+ol.	25,3	25,4	20,6	27,2	21,1	17,8	19,5	20,1	20,1
Cult. carac. regadío	74,7	74,6	79,4	72,8	78,9	82,2	80,5	79,9	79,9
Intensivos	35,7	30,8	31,0	32,2	37,7	43,3	37,8	37,7	40,2
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Cuadro 18.10 (continuación)

## PRODUCCIÓN TOTAL AGRÍCOLA EN REGADÍO POR TIPOS DE CULTIVO (EN PORCENTAJES)

A precios corrientes	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990
<b>Huesca</b>									
Cer.+leg.+b.+vñ.+ol.	31,8	39,2	30,0	17,8	31,1	27,5	22,7	31,5	23,0
Cult. carac. regadío	68,2	60,8	70,0	82,2	68,9	72,5	77,3	68,5	77,0
Intensivos	31,4	27,7	27,9	33,4	43,5	43,0	37,9	31,1	36,7
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
<b>Teruel</b>									
Cer.+leg.+b.+vñ.+ol.	38,7	27,1	18,7	9,1	13,5	10,0	17,3	21,9	14,8
Cult. carac. regadío	61,3	72,9	81,3	90,9	86,5	90,0	82,7	78,1	85,2
Intensivos	19,0	22,8	25,7	38,2	53,3	47,7	37,6	31,8	39,0
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
<b>Zaragoza</b>									
Cer.+leg.+b.+vñ.+ol.	30,0	37,8	25,5	13,7	18,5	13,5	18,5	17,0	13,4
Cult. carac. regadío	70,0	62,2	74,5	86,3	81,5	86,5	81,5	83,0	86,6
Intensivos	22,6	22,3	20,6	26,0	37,4	42,5	40,4	39,1	55,5
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
<b>Aragón</b>									
Cer.+leg.+b.+vñ.+ol.	31,9	36,6	26,1	14,2	21,6	17,8	20,0	23,0	17,2
Cult. carac. regadío	68,1	63,4	73,9	85,8	78,4	82,2	80,0	77,0	82,8
Intensivos	22,7	20,8	22,6	27,5	39,8	42,9	38,7	34,6	45,6
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Nota: La producción de cada año de referencia es el resultado del promedio de ese mismo año con el inmediatamente anterior e inmediatamente posterior.

Fuente: Elaboración propia con base en los Anuarios de Estadística Agraria.

superficie regada, siendo especialmente notable el descenso de la participación de los cultivos más intensivos, básicamente por la disminución de la importancia de los cultivos hortícolas.

Si la estimación la realizamos a precios corrientes se mantiene lo observado en Teruel, mientras que en Zaragoza aún se refuerza más aquella tendencia, llegando a superar sólo la participación de los más intensivos la mitad de la producción en el regadío. En este caso, también en Huesca se incrementó la importancia de la producción de los cultivos característicos del regadío, y de los más intensivos, sobre el total de la producción en él. Esta tendencia en las tres provincias a la acentuación del peso de este tipo

de cultivos viene perfectamente explicado por el mejor comportamiento de sus precios entre 1950 y 1990 que el de los productos desarrollados simultáneamente en secano y regadío. Destaca en este sentido el fuerte incremento de los precios de frutales y hortalizas frente al resto.

El crecimiento de la producción de regadío, excepto en Teruel, superó con mucho a la de secano (en Huesca la de regadío se multiplicó por 6,2 frente a 3 del secano; en Zaragoza 3,9 en el regadío frente a 2,7 en el secano). Esto implica que en estas dos provincias podamos detectar una clara tendencia a la concentración de la producción agrícola en el regadío, a pesar de ocupar éste una parte minoritaria del total de la superficie agrícola. Así, aunque tanto en Huesca como en Zaragoza la producción agrícola en el regadío representaba ya en 1950 más del 50% de la producción agrícola total de ambas provincias, su fuerte ritmo de expansión implicó que en 1990 se situara en ambos casos en valores muy próximos al 70% (73% en Huesca y 69% en Zaragoza). Si tenemos en cuenta que en esta última fecha la superficie de regadío sólo era en Huesca el 35% del total de superficie agrícola, y en Zaragoza un 21%, los resultados ponen en evidencia las grandes diferencias de productividad que en los climas mediterráneos existen entre secano y regadío, y la importancia decisiva que en la agricultura aragonesa tiene el regadío. El caso de Teruel es muy diferente ya que en esta provincia la superficie de regadío no alcanzó en todo el período más del 10% de la superficie agrícola total, aunque también supuso más de un tercio de la producción agrícola. Además, durante el período estudiado, tendieron a ampliarse las diferencias en dicha producción total por hectárea, entre el secano y el regadío. Si en 1950 la producción total por hectárea en el regadío de las tres provincias aragonesas quintuplicaba a la del secano, a partir de ese momento dichas diferencias no hicieron sino incrementarse, llegando a más que duplicarse al final del período (sólo se duplicaron en Teruel). Si a ello sumamos el mejor comportamiento de los precios de los productos de regadío todavía se refuerza más esta tendencia a ensancharse las diferencias en la producción total por hectárea entre secano y regadío a favor de este último.

Nos resta por preguntarnos cuál fue el impacto de un incremento tan formidable de la producción agrícola en el regadío sobre el conjunto del sector y en general sobre el conjunto de la economía aragonesa (Pinilla, 1997). Sin ninguna duda, el regadío ha tenido un efecto dinámico en el sector primario entre 1950 y 1990. Ello ha sido así, tanto por la tendencia a la concentración en él de un porcentaje abrumador de la producción agrícola, como por su impulso sobre otras actividades primarias como la ganadería. Sin embargo, cuando tratamos de poner en relación la agricultura de regadío con el conjunto de la actividad económica, su potencial transformador ha sido notablemente inferior. Podemos barajar la hipótesis de que los efectos de impulso que la agricultura ha podido generar sobre otros sectores no han

sido demasiado aprovechados, especialmente en el caso de la agroindustria que no se ha desarrollado suficientemente, desaprovechándose un potencial de crecimiento notable<sup>7</sup>. Ha sido sobre todo la concentración de actividades industriales y de servicios, no demasiado ligadas al sector agrario, en la ciudad de Zaragoza y en algunos otros núcleos la que en mayor medida explica el crecimiento económico y las diferencias interterritoriales. Ello no es sorprendente en un territorio que completa su proceso de industrialización, lo que, como sabemos, implica un crecimiento muy rápido de este sector y una caída notable tanto de la participación del sector agrario sobre el conjunto de la producción, como de la población activa en él empleada.

Desde el punto de vista demográfico puede señalarse que el comportamiento de las comarcas en las que más importancia ha tenido el regadío ha sido comparativamente mejor que el de aquellas donde éste ha sido muy marginal, desde el punto de vista de una mayor estabilización de su población, aunque no ha podido evitar que sufriera también procesos migratorios, aunque de importancia relativa mucho menor que en las segundas (Diputación General de Aragón, 1986; Ureña, 1978; Pinilla, 1996).

Pero el crecimiento de la producción agrícola en el regadío no sólo ha tenido efectos impulsores, en mayor o menor grado, del desarrollo económico. Desde un punto de vista territorial, algunas zonas en las que se han localizado las grandes obras de regulación, sin beneficiarse de sus efectos positivos, se han visto claramente perjudicadas como resultado de las políticas desarrolladas y sin que hayan existido políticas compensatorias con suficiente impacto (Herranz, 1995; Pinilla, 1995b). La intensidad de la transformación de la agricultura, desde luego no sólo la de regadío, hacia una agricultura básicamente dependiente de fuentes de energía inorgánica, ha tendido también a afectar al medio natural. Ha sido ya suficientemente señalado el carácter ineficiente, desde el punto de vista energético de la agricultura moderna y los problemas que a medio plazo puede ello plantear (Naredo y Campos, 1980). Además, la contribución de esta agricultura al deterioro medioambiental es también relevante desde el punto de vista del vertido de residuos generados por el intenso abonado que se realiza o por los productos fitosanitarios empleados (Duarte y Sánchez, 1997). En el caso específico del regadío se ha analizado para el caso de Aragón el grave problema de la salinización de zonas regadas (Arrojo, 1987) y el efecto de ésta sobre la calidad de las aguas (Omedas, 1995: 92-93; Bielsa, 1997) y en

<sup>7</sup> SÁNCHEZ, J. (1998) ha puesto de relieve cómo la agricultura tiene en Aragón un fuerte efecto de impulso sobre otras actividades, especialmente sobre la propia agricultura, ganadería, industrias agroalimentarias y servicios, pero que este efecto para producir un fuerte empuje exige el crecimiento de estos sectores para utilizar los *inputs* que provee la agricultura. Los efectos arrastre de la agricultura, es decir, su capacidad para tirar de otros sectores serían relativamente débiles.

la degradación del propio suelo (Astorquiza, 1994; Herrero *et al.*, 1986) o los impactos medioambientales generados por las obras de regulación (Arrojo, 1998).

Todos estos aspectos han de ser tenidos en cuenta de cara a la sostenibilidad a medio y largo plazo del regadío y al logro del ansiado equilibrio entre explotación del territorio y adecuada conservación de los recursos y, sin duda, en la evaluación macroeconómica del crecimiento agrícola realizada, estos impactos, que requieren una escala de estudio mucho más detallada, quedan enmascarados y ello relativiza los resultados obtenidos.

## Bibliografía

- ALBERTO, F. *et al.* (1983a), «Razones y distribución espacial de la salinidad de los suelos y las aguas superficiales de la cuenca del Ebro», Seminario *El Sistema integrado del Ebro*, Barcelona.
- ALBERTO, F., J. L. ARRÚE, J. MACHÍN, M. CAMBRA y J. HERRERO (1983b), «Los suelos pardos de costra caliza de la depresión media del Ebro. Relaciones entre la profundidad del suelo y el crecimiento y producción de frutales», *Anales de la Estación Experimental de Aula Dei*, 16 (1-4): 111-130.
- ALBERTO, F., M. GUTIÉRREZ, M. J. IBAÑES, J. MACHÍN, J. L. PEÑA, A. POCOVÍ y J. RODRÍGUEZ (1984), *El cuaternario de la Depresión del Ebro en la región aragonesa. Cartografía y síntesis de los conocimientos existentes*, Zaragoza: Universidad de Zaragoza. Estación Experimental de Aula Dei.
- ARROJO, P. (1998), «Un nuevo enfoque para valorar nuestros recursos hídricos en Aragón», *Situación*, monográfico sobre la economía aragonesa.
- ARROJO, P. y E. BERNAL (1997), «El regadío en el Valle del Ebro», en J. López-Gálvez y J. M. Naredo, *La gestión del agua de riego*, Madrid: Fundación Argentaria, pp. 139-183.
- ASCASO, A. y M. CASALS (1981), «Períodos secos y sequías en la Depresión del Ebro», *Geographicalia*, 11-12: 55-72.
- ASÍN, F. *et al.* (1981), *El cultivo de la remolacha y la industria azucarera en la economía aragonesa*, Zaragoza: Caja de Ahorros de Zaragoza, Aragón y Rioja.
- ASTORQUIZA, I. (1994), «Transformaciones en regadío de zonas con condiciones naturales limitantes. Evaluación de la sostenibilidad de Monegros II», *Revista de Estudios Agro-Sociales*, 167: 209-227.
- BADÍA, D. (1989), *Los suelos de Fraga. Cartografía y evaluación*, Huesca: Instituto de Estudios Altoaragones.

BARCIELA, C. (1997), «La modernización de la agricultura y la política agraria», *Papeles de Economía Española*, 73, pp. 112-133.

BIELSA, J. (1997), «El agua como recurso no homogéneo: consecuencias de la consideración de la calidad en su asignación», en *Comunicaciones a la XXIII Reunión de Estudios Regionales*, Valencia: Asociación Española de Ciencia Regional, vol. 2, pp. 67-74.

BIESCAS, J. A. (1985), *El proceso de industrialización en la Región Aragonesa en el período 1900-1920*, Zaragoza: Institución Fernando el Católico.

Commission of the European Communities (1985), *Soil Map of European Communities*, 1:1.000.000, Luxemburgo: Office Publications of the EC.

CUADRAT, J. M. (1986), «La agroclimatología aragonesa: aspectos condicionantes del secano y del regadío», en *El sistema agrario aragonés*, Zaragoza, Institución Fernando el Católico, pp. 11-33.

Diputación General de Aragón (1986), *Informe sobre los riegos en Aragón*, Zaragoza: Departamentos de Urbanismo, Obras Públicas y Transportes, y Agricultura, Ganadería y Montes.

Dirección General de Obras Hidráulicas (1992), *Inventario de presas españolas*, Madrid: Ministerio de Obras Públicas.

DUARTE, R. y J. SÁNCHEZ (1997), «Impacto de la estructura productiva en la calidad del agua: aplicación al Valle del Ebro», en *Comunicaciones a la XXIII Reunión de Estudios Regionales*, Valencia: Asociación Española de Ciencia Regional, vol. 2, pp. 89-94.

FERNÁNDEZ CLEMENTE, E. (1989), *Estudios sobre Joaquín Costa*, Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.

FERNÁNDEZ CLEMENTE, E. (1997), *Gente de orden. Aragón durante la Dictadura de Primo de Rivera (1923-1930)*, tomo 3, *La economía*, Zaragoza: Ibercaja.

FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1995), *Manual de Climatología aplicada. Clima, medio ambiente y planificación*, Madrid: Síntesis.

FRUTOS, L. M. (1993), «Los cambios en la agricultura de regadío aragonesa (1950-1990)», en A. Gil Olcina y A. Morales Gil (eds.), *Medio siglo de cambios agrarios en España*, Instituto de Cultura Juan Gil-Albert, Diputación Provincial de Alicante, 771: 803.

FRUTOS, L. M. (1995), «Las confederaciones sindicales hidrográficas», en A. Gil y A. Morales (eds.), *Planificación hidráulica en España*, Murcia: Fundación Caja del Mediterráneo, pp. 181-256.

GARRABOU, R. (1997), «Políticas agrarias y desarrollo de la agricultura española contemporánea: unos apuntes», *Papeles de Economía Española*, 73, pp. 141-148.

GERMÁN, L. (1990), «La industrialización de Aragón: atraso y dualismo interno», en J. Nadal y A. Carreras (eds.), *Pautas regionales de la industrialización española (siglos XIX y XX)*, Barcelona: Ariel, pp. 185-218.

GERMÁN, L. (1996), «Pertinaz sequía. La economía aragonesa entre 1940-1960», *Zaragoza, 1940-1960. Cultura, economía y sociedad*, Zaragoza: Institución Fernando el Católico, pp. 55-73.

GUERRA, A., F. MONTURIOL *et al.* (1970), *Mapas de suelos de las provincias de Zaragoza, Huesca y Logroño*, Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

HERRANZ, A. (1995), «La construcción de pantanos y su impacto sobre la economía y población del Pirineo Aragonés», en J. L. Acín y V. Pinilla (coordinadores), *Pueblos abandonados: ¿un mundo perdido?*, Zaragoza: Rolde de Estudios Aragoneses, pp. 79-102.

HERRERO, J. (1982), *Salinidad del suelo en salobres de Monegros y Somontano oscense como condicionante de la vegetación*, Diputación Provincial de Zaragoza.

HERRERO, J. *et al.* (1986), *Salinidad de los suelos: aspectos de su incidencia en los regadíos de Huesca*, Zaragoza: Diputación General de Aragón.

IBARRA, P. (1998), «Mapa de suelos de Aragón», en S. Escolano (coord.), *Atlas Multimedia de Geografía de Aragón*, Zaragoza: Universidad de Zaragoza, Caja de Ahorros de la Inmaculada e Institución Fernando el Católico.

MACHÍN, J. y A. NAVAS (1991), «Clasificación para riego de los suelos de la margen derecha del valle del Ebro», *Anales de la Estación Experimental de Aula Dei*, 20 (3-4): 75-92.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1976), *Caracterización agroclimática de la provincia de Huesca*, Madrid.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1985), *Caracterización agroclimática de la provincia de Teruel*, Madrid.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1987), *Caracterización agroclimática de la provincia de Zaragoza*, Madrid.

NAREDO, J. M. y P. CAMPOS (1980), «Los balances energéticos de la agricultura española», *Agricultura y Sociedad*, núm. 15.

OMEDAS, M. (1994), *El agua en el desarrollo económico, social y medioambiental de Aragón*, Zaragoza: Ibercaja.

PELLICER, F., J. DE LA RIVA y J. M. MARÍN (dirs.) (1998), *Banco de datos del agua en Aragón. Dirección General del Agua (DGA)-Dpt. de Geografía y Ordenación del Territorio (Univ. de Zaragoza)*.

PÉREZ, L. y J. M. GIL (1991), «Industria y comercialización en el sector agroalimentario», *Papeles de Economía Española*, Aragón: Economía de las Comunidades Autónomas, pp. 229-243.

PÉREZ SARRIÓN, G. (1990), «Regadíos, política hidráulica y cambio social en Aragón, siglos XV-XVIII», en M. T. Pérez Picazo y G. Lemeunier (eds.), *Agua y modo de producción*, Barcelona: Crítica, pp. 212-270.

PINILLA, V. (1991), *La producción agraria en Aragón, 1850-1935*, Zaragoza: Universidad de Zaragoza.

- PINILLA, V. (1995a), *Entre la inercia y el cambio. El sector agrario aragonés, 1850-1935*, Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- PINILLA, V. (1995b), «Crisis, declive y adaptación de las economías de montaña: una interpretación sobre la despoblación en Aragón», en J. L. Acín y V. Pinilla (coordinadores), *Pueblos abandonados: ¿un mundo perdido?*, Zaragoza: Rolde de Estudios Aragoneses, pp. 55-78.
- PINILLA, V. (1996), *Evolución histórica del regadío en Aragón en el siglo XX*, trabajo inédito.
- PINILLA, V. (1997), «Regadío y desarrollo económico en Aragón», *Rolde*, núms. 79-80, pp. 150-157.
- PORTA, J., J. HERRERO y S. LATORRE (1986), «Evaluación de suelos para riego: Criterios y problemática en los regadíos de Huesca», en J. Herrero et al. (1986), *Salinidad de los suelos: aspectos de su incidencia en los regadíos de Huesca*, Zaragoza: Diputación General de Aragón, pp. 119-146.
- RAPÚN, M. y L. PÉREZ (1992), «Agricultura e industrias agroalimentarias», en J. M. Serrano (dir.), *Estructura económica del valle del Ebro*, Madrid: Espasa-Calpe, pp. 197-230.
- SABIO, A. (1994), «Herencia de preguerra, fachada de postguerra: regadío y obras públicas en Huesca, 1938-1960», en C. Laliena (coord.), *Agua y progreso social. Siete estudios sobre el regadío en Huesca, siglos XII-XX*, Huesca: Instituto de Estudios Altoaragoneses, pp. 215-250.
- SÁNCHEZ, J. (1998), «Algunos efectos económicos de los planes de regadío. Aplicación a los Riegos del Alto Aragón», *Situación*, monográfico sobre la economía aragonesa.
- SUMPSI, J. M. (1997), «La modernización de la agricultura y el desarrollo económico», *Papeles de Economía Española*, 73, pp. 149-161.
- UREÑA FRANCÉS, J. M. (1978), «La gestión de la planificación territorial. Análisis del caso de los regadíos del Alto Aragón», Santander: tesis doctoral inédita leída en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Cantabria.
- VILLANUEVA, A. y J. LEAL (1990), *La planificación del regadío y los pueblos de colonización. Historia y evolución de la colonización agraria en España*. Volumen III, Madrid: MAP/MAPA/MOPT.
- VILLANUEVA LARRAYA, G. (1991), *La política hidráulica durante la Restauración (1874-1923)*, Madrid: UNED.

## CAPÍTULO 19

# EVOLUCIÓN DE TÉCNICAS DE RIEGO EN EL SUDESTE DE ESPAÑA

José López-Gálvez  
Universidad de Almería

Alberto Losada Villasante  
Universidad Politécnica de Madrid

### Resumen

El trabajo que sigue estudia cómo el hombre mediterráneo ha sabido afrontar agresivas circunstancias hidrológicas con técnicas hidráulicas adecuadas a las condiciones de aridez de su región. Se inicia con una descripción del medio geográfico próximo a la costa suroriental de la Península Ibérica, cuyo régimen hidrográfico natural impone limitaciones serias a los cultivos de secano, pero sin dejar de ofrecer recursos hídricos suficientes para que, con imaginación, se hayan podido acometer diversas empresas para aprovecharlos e impulsar formas interesantes de regadío. La información recogida de diversas fuentes sirve de base para fundamentar la cultura hídrica actual en raíces casi perdidas entre los vestigios más antiguos de la civilización mediterránea occidental. El milenario «riego con aguas turbias» (de escorrentías), el centenario «riego de abajo» y el reciente riego por goteo van discurrendo como sucesivas muestras del éxito de la lucha que se ha mantenido frente a las adversas condiciones propias de la geografía física de la región.

### Introducción

Las líneas que siguen tratan sobre técnicas de riego que se han desarrollado o han tenido significación notable en el sudeste español. En particular, se centran en los regadíos de la vega de Laujar y del Campo de Dalias, en la provincia de Almería, y del Campo de Cartagena, en la provincia de Murcia. La situación de las zonas mencionadas se indica en la figura 19.1.

Figura 19.1

SITUACIÓN DE LOS REGADÍOS DE LA VEGA DE LAUJAR Y DE LOS CAMPOS DE DALÍAS Y DE CARTAGENA



1. El medio natural

1.1. Geomorfología

La pequeña extensión del regadío de Laujar, entre límites que no llegan a abarcar las 500 ha, se localiza en Las Alpujarras, en la cuenca alta del río Andarax, a la cota de unos 900 m. Su caracterización fisiográfica es la típica de un valle de montaña cuyo microrrelieve ha sido alterado por trabajos de abancalamiento acumulados a lo largo de muchos siglos. En cuanto Campo de Dalías, ocupa parte de una plataforma costera con una superficie de unos 300 km<sup>2</sup> y que es la continuación natural del piedemonte al sur de la sierra de Gádor, cuyo relieve, que culmina a 2.240 m, desciende con fuertes pendientes. Un efecto de esta posición fisiográfica es su excelente insolación, pero otro es el de correr el riesgo de ser arrasada por intensas, aunque esporádicas, avenidas. Finalmente, el Campo de Cartagena ocupa una superficie cercana a los 1.200 km<sup>2</sup> que se extiende desde la vertiente sudeste de la sierra de Carrascoy hacia el Mediterráneo, con cotas que van descendiendo hasta llegar a las tierras llanas que hay en su parte oriental, limitadas por el mar Menor y el Mediterráneo, mientras que por el sur, son accidentes geográficos de importancia las sierras litorales de Mazarrón y Cartagena.

1.2. Clima

La lluvia escasa e irregular es un rasgo propio de la zona considerada. Aunque las cifras de cabo de Gata y desierto de Tabernas no deben generalizarse a toda Almería, es significativo que en dichos puntos puedan no sobrepasarse los 100 mm. anuales. En cuanto a la región costera, donde se halla el Campo de Dalías, la irregularidad interanual queda ilustrada con diferencias pluviométricas importantes entre años secos y lluviosos, que llegan a superar al 100% (ver cuadro 19.1). A su irregularidad temporal, con el otoño como estación más lluviosa, hay que añadir el carácter torrencial con que a veces se produce.

Cuadro 19.1

VARIABILIDAD PLUVIOMÉTRICA EN EL CAMPO DE DALÍAS

Campañas	Lluvia anual (mm)	Intensidad máxima (mm/día)	N.º de días con lluvia
76/77 a 90/91	226	52	47
84/85*	109	14	42

\* Campaña de menor lluvia en el período considerado.

Por lo que respecta al régimen de lluvias en el Campo de Cartagena, tiene características similares a las descritas: la escasez de precipitaciones significa que difícilmente se alcanzan los 300 mm/año, descendiendo algunos años a menos de 100.

1.3. Suelos

La escasez de suelo fértil y su poca capacidad de retención es una característica de amplias zonas del sudeste español. Resultan unas condiciones edafoclimáticas poco apropiadas no sólo para el cultivo en secano, sino también para el regadío convencional. La formación de terrazas artificiales ha podido suavizar esas condiciones en la vega de Laujar, pero la formación de costra superficial en el marco particular del Campo de Dalías obliga a importantes trabajos de subsolado y a la formación de suelos con tierras de préstamo.

La riqueza de las tierras del Campo de Cartagena plantea un panorama diferente, pues se trata de suelos profundos y fértiles. Su potencial, si pudieran regarse, ya fue puesto de manifiesto, en el siglo IX de nuestra era, por el musulmán Al-Edrisi, en su descripción del Levante español; pero, bajo las condiciones naturales, debido a la problemática de la lluvia, el valor agrícola real queda disminuido.

#### 1.4. Rasgos hidrológicos

El régimen de lluvias descrito hace que las ramblas, una manifestación extrema de ríos con caudales escasos e irregulares, constituyan el sello característico de la red hidrográfica superficial de la región costera. Su régimen fluctúa entre largos períodos de tiempo sin llevar agua hasta cortos episodios de avenidas. De la virulencia de estos últimos, es muestra la formación deltaica del río Andarax; sin embargo, aguas arriba de este río, a su paso por la vega de Laujar, su régimen es más regular, gracias al deshielo de Sierra Nevada.

La presencia de potentes mantos permeables condiciona el carácter hidrográfico de la zona. A este respecto, es interesante considerar que, gracias a esas formaciones, se produce una alimentación de acuíferos desde los cursos de agua superficiales y una regulación natural de los recursos correspondientes. En todo caso, la recarga natural se ha mostrado ya insuficiente para sostener la explotación a que se ven sometidos los acuíferos en los campos de Dalías y, sobre todo, de Cartagena.

#### 2. Captación, transporte y regulación de agua

A lo largo de la historia, el hombre ha tratado de aprovechar las circunstancias propias de rasgos hidrográficos como los arriba apuntados, mediante técnicas adecuadas a sus condiciones de aridez. Del éxito de diversas empresas, hay buenos ejemplos en obras enraizadas en la prehistoria<sup>1</sup>.

En primer lugar, las características de las ramblas son apropiadas para la captación de corrientes efímeras, y la cultura tal vez prehistórica de las *boqueras de cañón* es un ejemplo de ello<sup>2</sup>. Por tratarse de obras de interés agrícola, el estudio detallado de las mismas se hará más adelante, en el apartado sobre agricultura del regadío.

El encauzamiento de escorrentías locales ha servido de base para asegurar una pequeña provisión de recursos hídricos, y las numerosas *cisternas* (o *aljibes*) han sido un ejemplo vivo de ello hasta tiempos muy recientes<sup>3</sup>; sin embargo, su potencial para asegurar una captación de agua regular y a gran escala es excesivamente limitado.

<sup>1</sup> GILMAN, A., J. B. THORNES (1985), *Land Use and Prehistory in SouthEast Spain*, Londres: G. Allen and Unwin.

<sup>2</sup> GIRÁLDEZ, J. V., J. ROLDÁN y J. LÓPEZ-SEGURA (1988), «Water Harvesting Strategies in the Semiarid Climate of Southeastern Spain», *Agricultural Water Management*, 14: 253-263.

<sup>3</sup> Sobre medios de aprovechamiento de aguas por los romanos, consultar MALISSARD, A. (1984), «Les romains et l'eau», *Realia*, Les Belles Lettres, y por los árabes, consultar PAVÓN, B. (1990), *Tratado de arquitectura hispano-musulmana*, Madrid: CSIC.

Aunque realizados más recientemente, otros esfuerzos para aumentar las reservas superficiales de algunas cuencas no han dado el resultado esperado. Así lo mostraría el aterramiento del pantano de Níjar, prontamente fuera de uso tras su inauguración en 1850. Dificultades de otro tipo han llevado a que el embalse de Benínar, construido ya en los años ochenta, también tenga problemas de almacenamiento; pero éstos son aquí debidos a que la permeabilidad de su vaso no fue prevista en proyecto.

Los problemas derivados de una aportación escasa e irregular de los cursos de agua superficiales han impulsado, también desde tiempos remotos, la explotación de los recursos hídricos de acuíferos subterráneos. Ésta se hace viable gracias a la permeabilidad de mantos superficiales y profundos. Ahora bien, dadas las características geográficas de las zonas consideradas, es lógico, por una parte, que las aguas subterráneas no hayan llegado a significar (al menos en tiempos recientes) la presencia de acuíferos aprovechables tan superficiales como los que, hasta hace pocas décadas, existían en áreas geográficas vecinas. A este respecto, por su interés como curiosidad, puede recordarse cómo en tierras bajas de la comunidad valenciana, el manto freático era a veces tan somero que hacía posible la práctica del «riego de abajo», por ascenso capilar, y a brazo, con recipientes apropiados (*rec a carabassí*) o con la *taona* (ver figura 19.2). Pero, por otra parte, también explican la existencia de algunas fuentes que han venido sustentando un regadío de extensión reducida que se compone de pequeñas manchas de zonas regadas. En todo caso, los manantiales naturales son raros, por lo que un tipo de alumbramiento de aguas, aún en uso, es el de galerías (minas) que buscan horizontalmente los acuíferos. La explotación de éstos es de tradición muy antigua, se remonta a la cultura de *cimbras y kenats*<sup>4</sup>.

En ocasiones, entre los lugares de alumbramiento y de explotación se interponen distancias y accidentes topográficos importantes que son salvados por interesantes acueductos. No es seguro que el acueducto de Carcauz sea de la antigüedad que algunos le han supuesto, pero su estilo primitivo tiene cierto atractivo que lleva la imaginación a tiempos lejanos<sup>5</sup>.

Para capas freáticas no muy profundas, la noria (en sus versiones *de sangre*, o *de tiro*, y *de viento*) fue durante siglos la máquina más eficaz. En particular, las norias «cartageneras», de arcaduces o cangilones, accionadas por el viento, extraían el agua de una profundidad que oscilaba entre los 5 y 10 m (ver figura 19.3). Han funcionado hasta mediado el siglo XX,

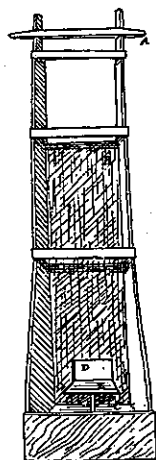
<sup>4</sup> BERTRAND, M. y P. CRESSIER (1985), «Irrigation et aménagement du terroir dans la vallée de l'Andarax (Almería): les réseaux anciens de Ragol», *Mélanges de la casa de Velázquez*, tomo XXI, París.

<sup>5</sup> GIL ALBARRACÍN (1983), *Construcciones romanas de Almería*, Almería: Cajal.



Figura 19.2

TAONA PARA REGAR



Nota: Al hacerla bascular, desde el cembro de un azarbe, el agua entra en el cajón, por abrirse la portezuela, mientras que, al alzar, ésta se cierra y el agua escurre hacia el cantero.

Fuente: Según Alcover y Moll, citado por A. López Gómez (1989), *Estudios sobre regadíos valencianos*, Universitat de València.

como ejemplo de técnica cuyo respeto a la naturaleza no ha sido mantenido por otras técnicas más modernas<sup>6</sup>.

En todo caso, cuando el gasto captado era diferente al necesario, el agua se acumulaba durante un período de tiempo en *balsas* o *albercas*. Depósitos de este tipo eran indispensables para regular el gasto alumbrado, cuando éste resultaba insuficiente para su aplicación directa en el riego.

Conviene mencionar que el potencial de las norias para ampliar el espacio hidráulico dominado por un sistema de distribución fue hábilmente aprovechado por los árabes, y con ese fin fueron usadas, desde tiempos que se pierden en el pasado, tanto las arriba mencionadas como las *hidráulicas*, accionadas por una corriente de agua (caso de la *ñora* de Murcia, representada en la figura 19.4). Otro ejemplo significativo en una región próxima a la que aquí tratamos es el de la noria de tiro que alimentaba *los albercones* de La Alhambra<sup>7</sup>. También, el de la *Albolafia*, cuyo funcionamiento no sigue manteniendo la corriente del Guadalquivir, a su paso por Córdoba, desde que, en 1485, quedara fuera de servicio porque, según parece, lo que a los oídos de algún poeta del siglo XI sonaba a melo-

<sup>6</sup> Ya en los tiempos actuales, con el apoyo de sistemas potentes tanto de perforación como de elevación por bombas, la intensificación de los alumbramientos ha podido impulsar cambios que hacen arriesgar la permanencia de la explotación.

<sup>7</sup> AA VV (1995), *El agua en la agricultura de Al-Andalus*, Madrid: Lunweg.

Figura 19.3

NORIA DE VIENTO

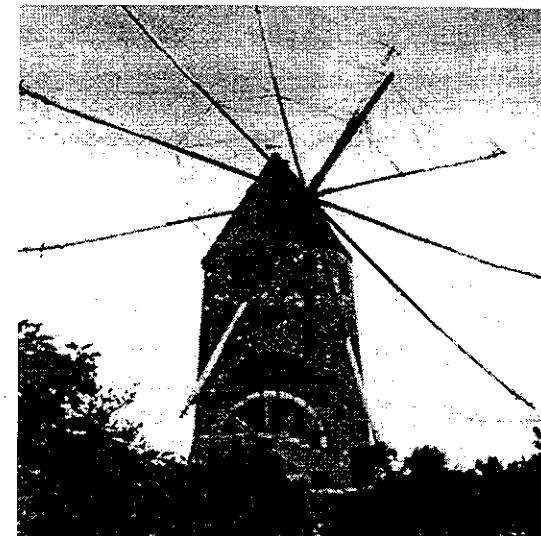
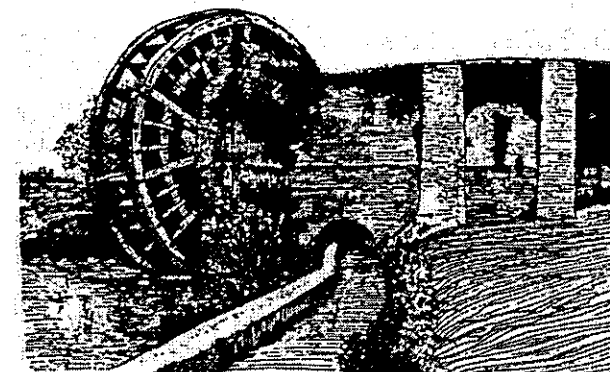


Figura 19.4

LA «ÑORA» DE MURCIA, DESTRUIDA EN 1936



Fuente: J. Caro Baroja (1988), *Tecnología popular española*, Madrid: Mondadori, Col. Questio.

día fueron chirridos para los de la reina Isabel, sólo de paso por la ciudad aquel año<sup>8</sup>. La imaginación queda libre para explicar el nombre *torre de la noria*, dentro de la alcazaba de Almería.

<sup>8</sup> ABDERRAHMAN, Ch. y M. LÓPEZ (1994), *El enigma del agua en Al-Andalus*, Madrid: Lunweg.

### 3. Agricultura del regadío

#### 3.1. Introducción

Por razones obvias, los restos arqueológicos correspondientes a obras para captar y explotar recursos hídricos subterráneos han sido detectados con más frecuencia y en mejores condiciones de conservación que los relativos a captación y uso de aguas superficiales; pero este hecho no contradice la hipótesis de mayor antigüedad en la práctica del riego en la Península Ibérica, que le ha sido reconocida a un vestigio de acequia del poblado argárico de Granada<sup>9</sup>. En todo caso, más que en la reseña de éste u otros ejemplos específicos de los que conocemos muy poco, nuestro interés se centra ahora en el estudio de técnicas que han venido a significar una fase de desarrollo hacia la agricultura local actual.

En correspondencia con sus condiciones de suelo, clima e hidrología local, la agricultura más antigua de las zonas costeras consideradas debió basarse en el cultivo de secanos marginales; no obstante, se aplicaron técnicas que han contribuido a superar sus importantes limitaciones. Por su importancia histórica, recibirán una primera atención, la de las boqueras, junto a las de riego de paratas, tal como aún se da en las Alpujarras. Técnicas actuales como las de formación de suelos enarenados serán tratadas más adelante, en el apartado sobre cultivos intensivos.

#### 3.2. Desarrollo de técnicas para el uso de aguas y suelos

Entre las técnicas para el aprovechamiento de suelos y aguas, las *paratas* son, en esencia, el resultado de un aterrazamiento del suelo, mediante la construcción de *albarradas*. Éstas son paredes de piedra seca que sostienen los bancales pequeños y estrechos que forman y aseguran la conservación de las paratas<sup>10</sup>. Al paliarse la erosión que de otra forma tendría lugar, debido a la pendiente del terreno natural y al carácter torrencial de las lluvias, se controlan las aguas de escorrentía así producidas y se racionaliza su aprovechamiento. Las aguas descienden por las laderas con el necesario control, dando lugar a la fertilización del suelo abancalado. Pequeñas paratas plantadas de olivos, higueras o almendros se pueden observar aún hoy en numerosos barrancos.

También los secanos en numerosas ramblas han venido siendo mejorados con el apoyo de una cultura hidráulica cuyo origen se pierde en épocas

<sup>9</sup> AL-MUDAYNA (1991), *Historia de los regadíos en España*, Madrid: MAPA.

<sup>10</sup> Ver CARA BARRIONUEVO, L. (1989), *El agua en zonas áridas: arqueología e historia. Hidráulica tradicional de la provincia de Almería*, Almería: Instituto de Estudios Almerienses.

remotas, consistente en interceptar parcialmente el agua superficial de las avenidas que discurren temporalmente por un río. Esto se consigue con diques en tierra que penetran en su cauce y cuyos extremos de cabeza conforman sendas boqueras de toma de las zanjas o cañones que resultan (ver figura 19.5). Parte del caudal se desvía del río y, en tanto no se produce su agotamiento, da un riego a campos de cultivo escalonados según franjas alargadas, como paratas, aterrazadas en el sentido aguas abajo. La capacidad de derivación, tanto de la boquera como del cañón, no debe ser superada por el caudal desviado del curso de agua. En caso contrario, la avenida arrastra el dique y no entra más agua. Los campos de cultivo que se desarrollan desde el mismo dique de cabeza quedan entonces protegidos.

Tras fertilizar un primer campo de destino, si hay exceso, el agua puede pasar a campos sucesivos: a través de una abertura o sangrados protegido por piedra, a modo de vertedero, éste abre paso al agua sobrante, hacia el campo de cota inferior, cuando el de arriba está lleno. Así se consigue un aprovechamiento notable del agua de avenidas, además de la formación de un fértil suelo junto a las vegas bajas de los ríos principales, por acumulación de depósitos sucesivos de sedimentos renovadamente enriquecidos por tarquín. Muy posteriormente, con fuentes de agua más seguras, los suelos profundos en las estrechas fajas aluviales resultantes servirían de base a un regadío más estable.

La técnica de las boqueras bien pudo significar la génesis de la interesante cultura de los riegos andaluzes, pues los *azudes* son sólo una variante de la anterior. En particular, los azudes en el valle del Andarax están formados casi siempre por pequeños diques de piedras y arena, y el agua que retienen en el mismo cauce es oportunamente reconducida, conservando su cota, para ser distribuida aguas abajo a una serie de campos de cultivo, de manera más continuada, mientras exista caudal o volumen almacenado<sup>11</sup>. Nunca son estables en el tiempo, de forma que, como las boqueras de cañón, son arrastrados por las aguas cuando aumenta el caudal del río en otoño y se vuelven a reconstruir al principio de cada campaña de riego. Entre el azud y el regadío dominado por la cota de su coronación existe la acequia madre para conducir el agua a los *partidores*, impuestos por la necesidad de repartir agua entre las acequias y, desde aquí, distribuirla a los campos de cultivo. La técnica del reparto proporcional mediante sistemas de control (con régimen crítico) ya era conocida por los regantes andaluzes, como lo demuestra la existencia de pequeños saltos partidores. Además de los partidores, son obras de interés en sus sistemas de riego los *sifones*, para salvar obstáculos, los *aliviaderos*, como salidas a cauces naturales y los *saltos*, en general, escalonados, para salvar desniveles.

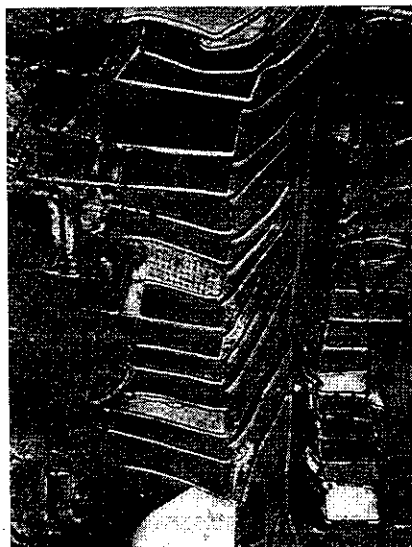
<sup>11</sup> OYONARTE, N., J. PÉREZ-PARRA y A. LOSADA (1996), *El riego de la vega de Laujar*, Almería: Congreso de Riegos, AERYD.

Otros elementos característicos del valle del Andarax son las galerías que avenan el agua subsuperficial del río (*cimbras* o *zanjas*). No se trata de conductos excavados como túneles, sino que fueron construidas como trincheras, cortando el lecho transversalmente y, con frecuencia, en un lugar próximo a donde se instaló el azud, dentro de la masa de aluviones (gravas y arenas), hasta llegar a la zona impermeable, cuyo fondo fue rellenado con piedra sin argamasa y que fueron cerradas después por arriba. Esto es adecuado a la poca consistencia del terreno donde se ubican y a la función que cumplen: recoger parte del agua que circula en dicha masa, para reconducirla hacia las acequias. A este efecto, discurren aguas abajo, próximas a la acequia, hasta que ésta alcanza una cota suficientemente baja como para permitir que viertan a ella las aguas de la galería. Tienen pozos de acceso para facilitar su limpieza y mantenimiento. El aprovechamiento de estas aguas subálveas que circulan bajo el cauce sirve para paliar la irregularidad de las aguas superficiales que un azud pequeño puede retener.

La aplicación de las técnicas indicadas en tierras de Almería data, al menos, de tiempos de la dominación árabe y ha sido conservada por sus descendientes moriscos y heredada de éstos tras su expulsión. El plano en la figura 19.6 es ilustrativo de sistemas de riegos de Las Alpujarras, tal como todavía se conserva en Laujar<sup>12</sup>.

Figura 19.5

#### BOQUERAS PREPARADAS PARA RIEGO DE ESCORRENTÍAS

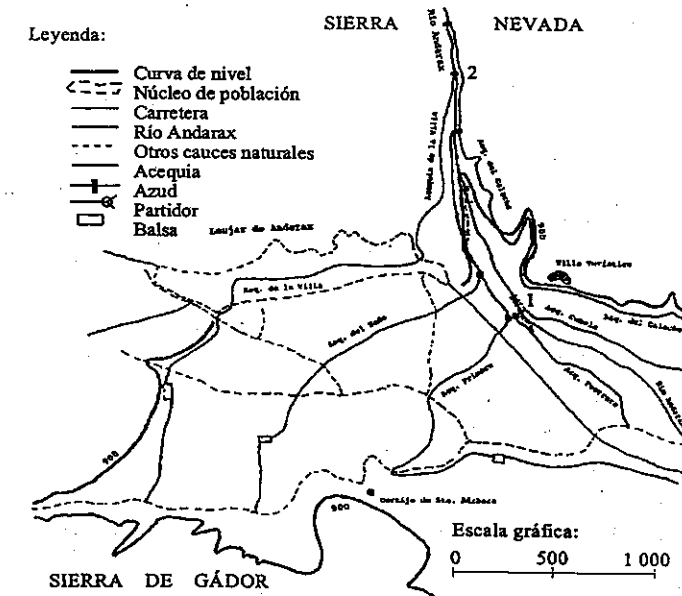


Fuente: Fotografía aérea cedida por J. López-Segura.

<sup>12</sup> *Ibidem*, op. cit.

Figura 19.6

#### SISTEMA DE RIEGOS DE LAUJAR



Las obras de distribución y control no están datadas, pero puede suponerse que son las que encontraron los repobladores en la red de acequias. El *Libro de apeo y repartimiento de Fondón* (1577) se refiere al reparto en el Llano del Andarax<sup>13</sup>. Para que éste fuera realizado, lo que tuvo lugar en los primeros meses de 1574, los alcaldes y regidores de cada núcleo de población nombraron a «vecinos antiguos» que habían convivido con los moriscos, para que recogieran el reparto de aguas ya existente. Estos representantes, «debaxo del juramento que tienen fecho y en su cumplimiento declararon que la horden que havía en tiempos de los moriscos rebelados que se guardó siempre fue y es: [...]». Como se ve, el reparto fue idéntico al preexistente. En la actualidad, se mantiene vigente.

La red de riego está constituida por las acequias principales, con trazas que se estructuran en espiga y con pendientes ligeras. Cada una de ellas riega las tierras situadas a menor cota hasta la siguiente acequia. La red se completa con acequias secundarias que se denominan brazales, al igual que las acequias terciarias, ya dentro de las fincas. Además, los brazales recogen escorrentías ocasionales y las conducen durante la campaña de riegos hasta ace-

<sup>13</sup> Ver PONCE, P. (1984), *El espacio agrario de Fondón en el siglo XVI*, Fondón, Almería: Ayuntamiento de Fondón.

quias que transcurren a inferior cota y, fuera de campaña, hasta cauces naturales (ramblas, ramblillas, barrancos y barranquillos) que atraviesan la vega.

### 3.3. Riegos tradicionales

En Almería, el regadío tradicional se localiza en zonas con fisiografía de valle o donde existen fuentes o manantiales. Su explotación se organiza en comunidades de regantes que, por tradición que las ordenanzas posteriores han recogido, se encargaban de distribuir los riegos al adar, por tandas y turnos, siempre de cabeza a cola, es decir, de la de mayor cota a la de menor, para empezar otra vez por la primera. La duración de las tandas, en algunos casos superior al mes, condicionaba la elección de los cultivos. Cuando hay aguas sobrantes, es la comunidad la que decide qué tierras se riegan. Además, tienen a su cargo la conservación de las obras de la red de distribución (boqueras, acequias e hijuelas), en general, de tierra.

En cuanto a la organización del riego, resulta interesante describir la del regadío de Laujar<sup>14</sup>. Sus regantes se integran en una comunidad independiente por cada acequia y término. Cada comunidad tiene un presidente, con capacidad sancionadora, y un acequero, que es el encargado de vigilar el agua, solucionar conflictos y presentar los más graves al presidente. En algunos casos, estos conflictos se han resuelto en los tribunales.

En una acequia, dentro de cada término, el reparto del agua es sencillo: cuando ésta es abundante, cada propietario riega si le conviene y, cuando comienza a escasear, se establece la «tanda» o turno, en el que se empieza a regar en la cabeza de la acequia y se continúa aguas abajo por los distintos brazales. En los años más secos, además de al acequero, cada acequia contrata uno o dos «regaos». Los propietarios no pueden entonces regar su propia finca, tarea encomendada al regador, el cual cobra por superficie regada: consecuentemente, procura avanzar con rapidez y, al aplicar módulos grandes, las tandas son más ligeras y frecuentes. En años escasos, el riego resultante es deficitario, pero eficiente.

Para tener derecho al riego, cada regante debe abonar la cantidad necesaria para pagar al acequero (el «acequiaje»), así como otros «repartos» para atender a la monda o limpieza de las acequias, que se realiza cada primavera, y pequeñas obras de mantenimiento. Asimismo, ha de tener su terreno adecuadamente nivelado y dividido en melgas («aperado») y mantener limpios los brazales de su finca y los que llevan el agua hasta ella.

Por lo que respecta a la «Almería baja», los cultivos herbáceos ocuparon la mayor parte de sus escasas tierras en riego hasta el siglo XIX<sup>15</sup>. En

<sup>14</sup> OYONARTE, N., J. PÉREZ-PARRA y A. LOSADA, *op. cit.*

<sup>15</sup> FERRE, E. (1979), «El valle del Almanzora», tesis doctoral, Departamento de Geografía del Colegio Universitario de Almería.

cuanto a zonas costeras como el Campo de Dalías, eran lugares desérticos en los que apenas había actividad agraria y las tierras se dedicaban a pasto para el ganado, con la excepción de algunas zonas de riego.

Con el inicio del siglo XX, los cultivos que caracterizarían el regadío más importante de Almería serían la uva de mesa y los agrios<sup>16</sup> (Andarax, Almanzora, Nacimiento, Berja y Campo de Dalías). Éstos ocuparían las vegas medias en las cuencas de los ríos y los parrales las zonas altas. Ya a mediados de este siglo los cultivos de hortaliza comestible en la franja costera, con disponibilidades de agua, comienzan la expansión que aún hoy perdura.

En el Campo de Cartagena, a mediados del siglo XVII, el regadío totalizaba 36.930 fanegas (24.102,5 ha), lo que suponía la quinta parte del secano. La mayor parte correspondería a los *regadíos de aguas turbias*, cuyos sistemas básicos eran terrazas y boqueras, independientemente o asociadas. Tan sólo 4.229 taúllas (472,8 ha) sumarían las pequeñas huertas creadas en las inmediaciones de fuentes y pozos<sup>17</sup>. Los cultivos principales del secano eran en aquella época los cereales y la barrilla. Hasta mediados de este siglo, el secano, que representaba más del 80% de la superficie labrada de la zona, de algo más de 100.000 ha<sup>18</sup>. Las tierras de regadío estaban ocupadas, mayoritariamente, por cultivos herbáceos en cifras cercanas al 50%, manteniéndose algo más del 25% de estas tierras de barbecho debido al gran contenido en sales de algunas aguas de riego. Este hecho obligaba a dejar tierras sin cultivar con el fin de lavar las sales, práctica que se sigue aplicando en la actualidad en determinadas zonas de Almería y Murcia.

### 3.4. Tendencias actuales

#### 3.4.1. Sistemas de riego y distribución del agua

En la actualidad, y volviendo al ámbito general de la zona considerada, se siguen usando las escasas e irregulares aguas de ríos y fuentes de que ya se disponía, manteniéndose la superficie o incrementándola con la explotación de pozos cuya profundidad, cada vez mayor, supera en algunos

<sup>16</sup> Consorcio de Municipios del Valle Medio del Andarax y Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería (1994), «Modificaciones y alternativas económicas a los actuales usos agrarios de los ríos Nacimiento y Valle Medio del Andarax».

<sup>17</sup> GIL OLCINA, A. (1993), «La propiedad de aguas perennes en el sureste ibérico», Alicante: Universidad de Alicante. De las cifras facilitadas en las *Respuestas Generales* del Catastro de Ensenada, parece desprenderse que esos *regadíos de turbias* figuran como secanos mejorados o de primera, puesto que la superficie declarada de regadío se reduce a las taúllas arriba indicadas.

<sup>18</sup> Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación de Cartagena (1973), *La comercialización en el contexto del desarrollo económico del área de Cartagena*.

casos los 700 m. La explotación de sus aguas suele ir unida a la de la tierra que se va a regar<sup>19</sup>. En los últimos cuarenta años, las transformaciones en regadío promovidas por el antiguo Instituto Nacional de Colonización (INC, después IRYDA y actualmente Instituto Andaluz de Reforma Agraria, o IARA) han promovido la inquietud por asegurar el mejor uso de las tierras y de las aguas. A partir de 1960, la explotación de aguas más o menos profundas, promovida por la administración (INC e IRYDA), tenía como objetivo fundamental el incremento de la superficie de riego. La expansión del regadío se ha sentido de manera intensa en la zona del Saltador de Huercal-Overa, en el Campo de Níjar y en el Campo de Dálfas. Ya más recientemente, la capacidad limitada de los acuíferos ha venido a significar una serie de disposiciones destinadas a evitar su sobreexplotación<sup>20</sup>.

Por lo que respecta al riego de los Campos de Cartagena, desde proyectos durante los reinados de Felipe II y Carlos III, hasta otros más recientes, ya en 1926 (de don Eugenio Rivera) y, sobre todo, el derivado de su inclusión en el Plan Nacional de Obras Públicas de 1933, muchos han sido los planes de conducción de aguas a la zona, pero ninguno de ellos llegó a materializarse en la realidad. Por fin, en 1952 se constituyó la Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena, organismo que agrupaba jurídicamente a futuros usuarios del agua cuya intención común era dirigir y coordinar todas las gestiones que se efectuaran para conseguir llevar agua a sus campos. El fruto de este trabajo fue el Decreto y la Orden Ministerial de 25 de abril de 1953 otorgando a la Comunidad su primera concesión de 31 hm<sup>3</sup>/año provenientes del Segura. Esta dotación no pasó de ser un mero gesto, ya que no se contaba con los medios necesarios para la traída de las aguas hasta las tierras. Por todo ello, la evolución de las superficies de regadío, en el Campo de Cartagena, también ha estado estrechamente relacionada con la explotación de las aguas subterráneas.

A finales de los años sesenta, como consecuencia de las explotaciones de pozos, se produce un notable incremento de las tierras de regadío. En estos años proliferan los pozos con grupos motobombas y se abandona por completo el procedimiento de extraer agua mediante norias de viento. Así lo prueba el hecho de que en 1969 ya existieran más de 300 pozos con una potencia instalada superior a los 4.000 cv<sup>21</sup>.

<sup>19</sup> En relación con los usos actuales de agua en Almería, conviene señalar que la agricultura usa el 85%, mientras que el 15% restante corresponde a abastecimientos urbanos e industriales. El hecho de que estos porcentajes no se alejen mucho de la media nacional (80 y 20%, respectivamente), denota un mayor rendimiento de esta agricultura en el uso del agua, dado el peso que el regadío tiene en la economía de Almería.

<sup>20</sup> Para más detalles sobre transformaciones recientes y procedimientos de gestión del agua de riego en el Campo de Dálfas, consultar LOSADA, A. y J. LÓPEZ-GÁLVEZ (1997), «Gestión del regadío en el Campo de Dálfas», en J. LÓPEZ-GÁLVEZ y J. M. NAREDO (eds.), *La gestión del agua de riego*, Madrid: Fundación Argenteria-Visor Dis., pp. 33-72.

<sup>21</sup> GARCÍA CONESA, C. (1990), «El Campo de Cartagena. Clima e hidrología de un medio semiárido», Universidad de Murcia, Ayuntamiento de Cartagena y Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena.

En 1969, el Gobierno aprueba el comienzo de las obras del trasvase Tajo-Segura. La dotación a derivar, de un modo global, quedó establecida en 1.000 hm<sup>3</sup>/año, y, de ellos, 600 hm<sup>3</sup>/año serían las correspondientes a la primera de sus dos fases<sup>22</sup>. El Campo de Cartagena recibiría 122 hm<sup>3</sup>/año. Esta circunstancia no supuso un cese en las perforaciones de pozos, sino que se produjo un incremento de las mismas, al prever algunos agricultores la publicación del *Plan General de Transformación*, por el que se considerarían tierras exceptuadas de expropiación las que en el momento de su publicación estuvieran transformadas en regadío mediante obras de captación y conducción de aguas.

El Decreto 693/72 declaró de alto interés nacional las actuaciones del IRYDA en el Campo de Cartagena, delimitando su artículo 12, para el uso de las aguas provenientes del trasvase, la zona regable oriental, con una superficie de unas 27.500 ha, y la zona regable occidental con 5.800 ha. Durante 1981, entró en servicio parte de la zona regable oriental, quedando finalizada la puesta en riego en 1985. Respecto a la zona regable occidental la puesta en riego se ultimó en 1993.

Igual que en el regadío tradicional, el agua es hoy distribuida autónomamente por comunidades de regantes que son las encargadas de la explotación y distribución. Una comunidad puede disponer de uno o varios pozos y de aguas superficiales. Las entregas de agua se realizan en tandas cuya frecuencia puede superar la semana, siendo atendidas por acequeros (motoristas y relojeros) y facturándose el servicio por horas. El turno es impuesto conforme a los requisitos operativos de cada comunidad.

Aún quedan comunidades donde las acequias principales son de tierra, pero éstas vienen siendo sustituidas por acequias de fábrica o revestidas. En ellas se localizan tajaderas que aseguran el paso hacia las regueras y canalillas de los regantes. Los relojeros las manejan según corresponda al turno de riego, cerrándolas una vez que éste ha transcurrido.

El agua que pasa a las canalillas es distribuida al ador (tiempo señalado a cada regante para hacer uso de su turno de riego) a varios regantes. Se empieza el servicio por el de cabeza (a mayor cota) y se desciende hasta llegar a la finca situada en la cota inferior. El agua se va *cortando* por cada agricultor, una vez pasado el ador del anterior (tiempo del turno de riego). El corte del último significa el cese de una tanda y el comienzo de la siguiente.

El agua repartida en la forma indicada era aplicada *a pie* a los campos de cultivo; pero el goteo está sustituyendo dicho método de riego, hasta haber llegado a convertirse en el método de aplicación más extendido en los regadíos del sudeste español. A este efecto, se hacía necesario dotar de mayor flexibilidad a los calendarios de riego. El regante ha resuelto este

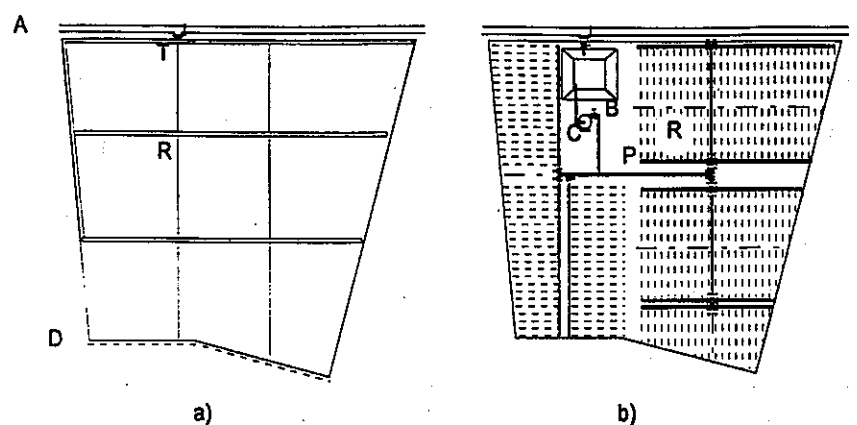
<sup>22</sup> En ningún año, desde su puesta en servicio, ha trasvasado más de 400 hm<sup>3</sup> y la media no alcanza los 300 hm<sup>3</sup>.

problema con balsas o albercas de regulación (ver figura 19.7). La presencia de estas balsas vino a constituir un elemento característico de la explotación agraria, pero tiende a desaparecer cuando el servicio de distribución es a la demanda y con suficiente presión.

Con objeto de regular la aplicación discrecional del agua de riego, existen dos tipos fundamentales de balsa o alberca. Cuando las fincas son pequeñas (menor de 2 ha.) suelen ser de obra de fábrica o de hormigón, con paredes verticales y armadas. La profundidad no suele sobrepasar los 3 ó 4 m. y las dimensiones y planta son variables. El otro tipo de balsa es la revestida de caucho butilo o de algún material plástico, con taludes inclinados. Este tipo es más barato y rápido de construir. A cambio, precisa una mayor superficie de terreno para igual capacidad, y es más propenso a enturbiar el agua. La capacidad de las balsas oscila alrededor de 200 a 500 m<sup>3</sup>/ha., o incluso más, en función de la forma de entrega del agua a las fincas.

Figura 19.7.

#### ESTRUCTURA TÍPICA DE CAMPOS PARA CULTIVOS HORTÍCOLAS



A: acequia de servicio

B: balsa de regulación

T: toma de regante

C: caseta de bombeo y equipos de control

R: reguera

P: tubería porta-ramales

D: desagüe

R: ramal de goteo

a) Antes de ser modernizado.

b) Adaptado para cultivos forzados bajo cubiertas de plástico.

La modernización del sistema de distribución trata de sustituir la conducción mediante acequias por el entubamiento de toda la red hasta el depósito regulador del regante, facturándose el servicio también por horas.

La dotación y frecuencia del sistema de riego empleado depende de los cultivos considerados, del suelo o sustrato, de la época del año, del clima, de la salinidad del agua y, la mayoría de las veces, de los hábitos y costumbres del agricultor, o de recomendaciones de su servicio técnico. Durante su aplicación, se practica el fertirriego, que consiste en la introducción de los fertilizantes con el agua de riego. Aunque esta operación se puede realizar con el riego *a pie*, donde se emplea de forma generalizada es con el sistema de goteo. Además, la mayor frecuencia de aportación de agua y nutrientes que permite su sistema fijo hace que no sea tan limitante el disponer de una capa de suelo para el almacenamiento de agua y nutrientes.

#### 3.4.2. Cultivos intensivos

El sistema de cultivo forzado de Almería se inicia con la aplicación de la técnica de suelo enarenado a cultivos de hortalizas de fruto, principalmente tomate, para los mercados nacionales y de exportación<sup>23</sup>. La estructura de alambre propia del parral, para la producción de uva de mesa, vino a facilitar la protección bajo plástico de los cultivos, abriendo camino al desarrollo del invernadero tipo parral de Almería. A la innovación producida con la conjunción de ambas técnicas, se sumó durante los años setenta la que los plásticos significaron para el pleno vuelo de los sistemas de riego por goteo<sup>24</sup>. El desarrollo de los plásticos explica, pues, al menos en parte, el *milagro de Almería*, la última provincia española en producción y renta hace 30 años, situada hoy en torno al puesto 30<sup>25</sup>.

Como ya se indicó, la mayoría de los invernaderos en Almería tienen suelo enarenado. No obstante, aún es posible encontrar cultivos sobre tierra y cada día es más frecuente ver cultivos en sustrato principalmente de lana de roca o de perlita.

<sup>23</sup> LÓPEZ-GÁLVEZ, J. y J. M. NAREDO (1996), «Sistemas de producción e incidencia ambiental del cultivo en suelo enarenado y en sustrato», en *op. cit.*

<sup>24</sup> El sistema de riego no es lo peculiar de esta técnica de cultivo, ya que, aunque actualmente la mayoría de las explotaciones disponen de riego por goteo, en sus inicios, y hasta mediados de los ochenta, el sistema usado era el de inundación.

<sup>25</sup> El *milagro* que la agricultura de invernadero ha producido en Almería ha sido pues, en parte, debido a la conjunción de técnicas de cultivo apropiadas a las condiciones del clima. A ello hay que añadir las sociales de la zona y, en su fase inicial, la proximidad de los mercados europeos, el principal de destino de la producción, así como a la posterior integración de España en la Comunidad Económica Europea.

Una función del invernadero tipo Almería es mejorar la integral térmica durante el día, con la consiguiente precocidad de los cultivos, ya que durante la noche la temperatura interior se sitúa normalmente por debajo de la exterior<sup>26</sup>. Además, los invernaderos desempeñan un papel importante como cortavientos, con la consiguiente incidencia favorable en el ahorro de agua y en la calidad de las cosechas. Anteriormente, se hacía necesaria la protección de los campos con la formación de setos cortavientos, formados con cañas, pues la zona costera de Almería se caracteriza por su régimen de vientos fuertes y frecuentes.

Una característica a destacar es la relativa simplicidad en la construcción y manejo de los invernaderos, lo que ha facilitado su expansión, al no requerir mano de obra especialmente cualificada. El sistema de cultivo descrito se ha orientado a paliar las condiciones naturales desfavorables (agua, suelo y viento) y a potenciar las favorables (radiación solar) con medios simples y poco costosos. El hecho de que, con bajo coste de inversión, este sistema consiga producciones aceptables sobre un calendario amplio y diverso de cultivos, viene a subrayar su interés desde el punto de vista económico.

Los cultivos que se hacen en el Campo de Cartagena son más variados que en Almería. Coexisten allí la vocación frutal y la hortícola. En este último caso, la gama de especies de cultivo es muy amplia, pudiendo encontrarse hortalizas de fruto, hoja y flor. No se practica la técnica del enarenado, y se cultiva, por lo general, sobre el suelo natural. En cuanto a la técnica de cultivo en invernadero, hay invernaderos tipo parral de Almería, pero predominan los invernaderos industriales; por otra parte, no es una técnica mayoritaria, como en el caso de Almería, pues se suele cultivar al aire libre, aunque con la incorporación de acolchado plástico o de pequeño túnel. El sistema de riego por goteo está instalado en la mayoría de las fincas.

Actualmente se puede decir que el 100% de los invernaderos tiene instalado el riego por goteo. No obstante, sobre todo en los campos antiguos, se sigue conservando el sistema de distribución para riego a pie, que se usa para la desinfección del suelo, lavado de sales y para dar el riego de pre-plantación aportando el abonado de fondo. En las zonas donde el agua es entregada a la demanda y bajo presión, no son necesarias obras de regulación ni instalaciones especiales de bombeo. No obstante, los agricultores conservan en condiciones de uso balsa y equipos de impulsión cuando sus fincas disponen de otras fuentes alternativas de agua.

<sup>26</sup> LÓPEZ-GÁLVEZ, J., J. C. LÓPEZ-HERNÁNDEZ y F. BRETONES (1992), «Comportamiento climático del invernadero tipo Almería en los meses de invierno y verano», XXII Congreso Internacional de Plásticos en Agricultura, CEPLA-CIPA: B.154-B.161.

## A modo de síntesis

Las dificultades con que la geografía física de la región ha condicionado la disponibilidad y uso de sus recursos hídricos han contribuido también al desarrollo, si no a la génesis, de técnicas que pueden merecer un lugar digno en la cultura del agua. Limitándonos a algunas que han significado un notable impacto en la agricultura del riego, pueden enunciarse las cimbras o kenats, norias, boqueras, azudes, albercas de regulación y, correspondiendo ya a épocas modernas, las de suelos enarenados y protecciones con cortavientos y plásticos. Juntas, constituyen una síntesis de frutos de la imaginación con los que el hombre mediterráneo ha demostrado su capacidad para convivir con su medio natural. Es de esperar que la tendencia a la sobreexplotación de acuíferos que se percibe en los años que corren no llegue a materializarse en efectos que den motivo a nuestros descendientes para decir de nosotros otra cosa. Es uno de los riesgos que el avance tecnológico les hace correr, al haber puesto en nuestras manos la responsabilidad de no abusar.

## NOTA SOBRE LOS AUTORES

**JOSÉ CARLOS ÁVILA CANO.** Ingeniero agrónomo, ex director de la Escuela de Agricultura Ecológica de Puente Genave (Jaén). Miembro del Instituto de Sociología y Estudios Campesinos de la Universidad de Córdoba. Especialista en fitotecnia y en diseños de sistemas de agricultura ecológica. Ha trabajado durante varios períodos en la Universidad de Wageningen (Holanda) y forma parte del grupo Circle for European Rural Studies (CERES).

**JOSÉ ANTONIO BATISTA MEDINA.** Doctor en Filosofía y Antropología Social por la Universidad de La Laguna (Tenerife). De 1986 a 1991 cursa estudios de Filosofía en la Universidad de La Laguna. En 1992 consigue una beca del programa Formación del Profesorado Universitario, entrando a formar parte del departamento de Prehistoria, Antropología e Historia antigua (área de Antropología social), en el cual se dedica a la investigación y a la docencia. En 1997 presenta su tesis doctoral sobre la gestión de un sistema de irrigación comunal (Los Sauces, 1900-1995). Entre 1996 y 1997 fue también profesor asociado de la Universidad de La Laguna, impartiendo asignaturas de Antropología en diversos centros de la misma.

Durante este tiempo ha participado en diferentes congresos y ha publicado algunos artículos sobre gestión de recursos y, más concretamente, agua de riego. En la actualidad prepara la publicación de su tesis doctoral y un libro sobre la agricultura en el municipio de San Andrés y Sauces.

**JAUME BOIXADERA LLOBET.** Ingeniero agrónomo y MSc en Ciencia del Suelo. Actualmente es jefe de la sección de Evaluación de Recursos y Nuevas Tecnologías del Departamento de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Generalitat de Cataluña, donde trabaja en temas de reposición de fertilidad del suelo, aplicación de residuos orgánicos al suelo y programación de riesgo. Es profesor asociado del Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo de la Universidad de Lleida, donde imparte clases sobre temas de manejo de suelos y aguas, y de cartografía y evaluación de suelos.



**SALVADOR CALATAYUD GINER.** Profesor titular de Historia Económica de la Universidad de Valencia. Ha investigado sobre la historia agraria valenciana del siglo XIX, prestando especial atención a las estructuras de la propiedad de la tierra, la dimensión histórica de la agricultura de regadío y la lógica patrimonial de los grandes propietarios.

**FRANCO CAZZOLA.** Profesor titular de Historia Económica en la Universidad de Bolonia y uno de los principales especialistas en la historia agraria del Valle del Po. Entre sus trabajos sobre el tema destaca el libro *Storia delle campagne adame dell'Ottocento a oggi*.

**LOURENZO FERNÁNDEZ PRIETO.** Doctor en Historia por la Universidad de Santiago de Compostela (1989). Profesor de Historia Contemporánea del Departamento de Historia Contemporánea y de América en la Facultad de Geografía e Historia de la Universidad de Santiago de Compostela. Especializado en historia agraria, ha publicado diversos trabajos sobre cambio tecnológico y transformación contemporánea de la sociedad rural en *Noticario de Historia Agraria*, *Historia Social*, *Recerques*, *Estudis d'Historia Agraria* o *A trabe de Ouro*. También es autor de *Labregos con ciencia* y coeditor de *Poder Local, elites e cambio social na Galicia non urbana* y *La sociedad rural en la España Contemporánea*.

**RAMÓN GARRABOU SEGURA.** Catedrático de Historia Económica en la Universidad Autónoma de Barcelona. Ha publicado numerosos trabajos sobre historia agraria en las revistas *Recerques*, *Agricultura y Sociedad* y *Noticario de Historia Agraria*, poniendo de relieve las particularidades del desarrollo agrario en la España contemporánea. Recientemente, en el marco del proyecto colectivo sobre los caracteres originales de la agricultura catalana, ha escrito diversos ensayos sobre cambio técnico, producción y productividad agrícola, formas de tenencia de la tierra, contratos agrarios y asalariados agrícolas. Ha sido coordinador de la *Historia agraria de la España contemporánea* y forma parte de la junta directiva del Seminario de Historia Agraria.

**ANTONIO MARÍA GASCÓ GUERRERO.** Ingeniero de Montes por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de la Universidad Politécnica de Madrid. Se encuentra trabajando en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) sobre el ciclo del nitrógeno en general, y, más concretamente, sobre las pérdidas de nitrógeno desde el suelo hacia los acuíferos y el aire.

**JOSÉ MARÍA GASCÓ MONTES.** Catedrático de Edafología de la Universidad Politécnica de Madrid. Ha realizado numerosos trabajos sobre la

temática general de los recursos naturales y ha publicado junto a José Manuel Naredo el libro *Las cuentas del agua*.

**MANUEL GONZÁLEZ DE MOLINA NAVARRO.** Doctor en Historia por la Universidad de Granada, imparte clases de Historia y Medio Ambiente en dicha universidad, donde ocupa el cargo de catedrático de Historia Contemporánea. Miembro de varias asociaciones de historiadores, forma parte del consejo de redacción del *Noticario de Historia Agraria*. Sus trabajos se han orientado preferentemente hacia la historia agraria, especialmente desde la perspectiva ecológica. Es autor de varios libros y una cuarentena de artículos entre los que destacan: «Ecología, campesinado e Historia», «La tierra. Mito, rito y realidades», e «Historia y Medio Ambiente».

**PALOMA IBARRA BENLLOCH.** Doctora en Geografía y profesora titular de Geografía Física en la Universidad de Zaragoza. Es autora del libro *Naturaleza y hombre en el sur del Campo de Gibraltar: un análisis paisajístico integrado* y de numerosos artículos publicados en libros colectivos y en revistas como *Geographicalia*. Sus líneas de investigación se centran en el análisis y cartografía de paisaje integrado, la dinámica de la vegetación y su cartografía y el estudio de procesos ambientales en áreas forestales.

**MAYA KHELLADI.** Licenciada en Ciencias Económicas y Empresariales por la Universidad de La Sorbona, París. Recientemente ha presentado su tesis doctoral «La economía del agua en las zonas semiáridas». Ha participado en seminarios y jornadas sobre el tema objeto de estudio.

**JUANA LABRADOR MORENO.** Doctora en Ciencias Biológicas y profesora asociada de la Escuela de Ingenierías Agrarias de la Universidad de Extremadura, en Badajoz. Su actividad investigadora se centra en el estudio de agrosistemas extensivos con vistas a su uso ecológico, así como al manejo de la materia orgánica y técnica de compostaje. Ha participado en varios proyectos de investigación sobre los temas anteriormente expuestos y es autora de algunas publicaciones de divulgación, entre las que destaca su libro *La materia orgánica en los agrosistemas*.

**JOSÉ MIGUEL LANA BERASAIN.** Doctor en Historia por la Universidad de Zaragoza (1997), forma parte actualmente del departamento de Geografía e Historia de la Universidad Pública de Navarra. Su campo de investigación lo constituyen los procesos de transformación económica y social en el medio rural navarro de los siglos XIX y XX. Algunos resultados, referidos a la propiedad de la tierra, los bienes comunales o el cambio técnico, han sido publicados en las revistas *Agricultura y Sociedad*, *Noticario de Historia Agraria* y *Gerónimo de Uztariz*.

**JOSÉ LÓPEZ-GÁLVEZ.** Doctor ingeniero agrónomo, es presidente del Comité Español de Plásticos en Agricultura y profesor asociado de la Universidad de Almería. En la actualidad, entre otros proyectos, trabaja en la mejora de la eficiencia de la radiación y del agua en cultivos bajo invernadero.

**ALBERTO LOSADA VILLASANTE.** Doctor ingeniero agrónomo, es catedrático de Ingeniería Hidráulica en la Universidad Politécnica de Madrid, donde dirige trabajos de investigación sobre aforos en acequias y sobre métodos de riego. Asimismo, enseña hidráulica aplicada a los riegos, principios y prácticas de riegos y drenajes, métodos de aplicación de riego y proyectos de sistemas de elevación, distribución y avenamiento.

**JOSÉ MIGUEL MARTÍNEZ CARRIÓN.** Profesor titular de Historia e Instituciones Económicas de la Universidad de Murcia. Sus investigaciones se han centrado en campos diversos de la historia económica regional y de la economía española contemporánea: transformaciones del sector agrario, cambio técnico, industria agroalimentaria, demografía histórica, bienestar y niveles de vida. Ha publicado varios libros y colaborado en revistas especializadas nacionales y extranjeras. Es editor de la revista cuatrimestral *Historia Agraria*.

**ENRIC MATEU TORTOSA.** Profesor titular de Historia e Instituciones Económicas de la Universidad de Valencia. Realiza estudios de historia agraria, en especial los relacionados con la evolución de los sistemas de cultivos y el cambio tecnológico. En la actualidad investiga las relaciones entre la agricultura y el medio ambiente, así como el surgimiento de la agricultura ecológica.

**LEANDRO DEL MORAL IRIARTE.** Doctor en Geografía por la Universidad de Sevilla (1990). Es profesor titular de esta misma Universidad, en donde dirige un curso de doctorado sobre «Gestión sostenible de recursos hidráulicos». Autor del libro *La obra hidráulica en la cuenca baja del Guadalquivir (siglos XVIII-XX). Gestión del agua y organización del territorio*, coeditado por la Consejería de Obras Públicas y Transportes (Junta de Andalucía) y el Ministerio de Agricultura. Coordinador del Simposio «Usos urbanos, industriales y funciones de salud de las aguas» del Congreso sobre Planificación y Gestión de Aguas: «Hacia una nueva cultura del agua» (Zaragoza, septiembre de 1998). Actualmente dirige el equipo de la Universidad de Sevilla que desarrolla para la DG XI-CE el trabajo *Respuestas sociales e institucionales a los riesgos hídricos: sequías e inundaciones* (SIRCH).

**JOSÉ MANUEL NAREDO PÉREZ.** Doctor en Ciencias Económicas y estadístico facultativo. Ha dirigido el Programa «Economía y Naturaleza» de la Fundación Argentaria. Autor, entre otros libros, de *La evolución de la agricultura en España*.

**JOSÉ RAMÓN OLARIETA ALBERDI.** Ingeniero agrónomo, profesor asociado de Edafología y Climatología de la Universidad de Lleida.

**NICOLÁS ORTEGA CANTERO.** Catedrático de Geografía en la Universidad Autónoma de Madrid. Junto a trabajos centrados en el pensamiento geográfico en general, cuenta con una amplia obra publicada sobre la historia de la colonización y la política hidráulica en España.

**FERNANDO PARRA SUPERVIA.** Ecólogo, especialista en sistemas terrestres y agrobiosistemas. Ha sido profesor de Ecología en la Universidad Autónoma de Madrid. Actualmente es consultor en temas ambientales, sobre los que cuenta con una amplia obra publicada (*Diccionario de ecología, ecologismo y medio ambiente; El monte mediterráneo, y Hacia una ciencia de los recursos naturales*).

**VICENTE PINILLA NAVARRO.** Doctor en Economía y profesor titular de Historia Económica en la Universidad de Zaragoza. Autor del libro *Entre la inercia y el cambio. El sector agrario aragonés, 1850-1935* y de numerosos artículos que han sido publicados en diversos libros colectivos y en publicaciones periódicas como *Revista de Historia Económica o Agricultura y Sociedad*. Sus líneas de investigación principales se centran en el estudio de las transformaciones de las agriculturas aragonesa y española en los dos últimos siglos y en el comercio exterior español de productos agrarios y los mercados internacionales de éstos.

**ENRIC SAGUER I HOM.** Profesor ayudante de Historia Económica en la Universidad de Girona. Ha trabajado en distintos aspectos de la historia agraria contemporánea de Cataluña. Recientemente ha presentado su tesis doctoral sobre *La consolidación de la propiedad campesina en Cataluña (El Bajo Ampurdán, 1850-1940)*.

**ALFONSO SÁNCHEZ REGUEIRO.** Licenciado en Historia por la Universidad de Santiago (1995). Finalizó sus estudios de tercer ciclo en esta universidad en 1997 y está preparando su tesis doctoral sobre «Dominio, conflicto y uso de las aguas en la agricultura gallega (1750-1930)». En la actualidad forma parte del equipo de investigación sobre «Consolidación histórica de la pequeña explotación en la Galicia contemporánea», del Departamento de Historia Contemporánea de la USC.

MANUEL SANTOS REDONDO. Profesor titular de Historia Económica e Instituciones en la Universidad Complutense de Madrid, especializado en historia del pensamiento económico y economía institucional.

ENRIC TELLO ARAGAY. Doctor en Historia Contemporánea y profesor del Departamento de Historia e Instituciones Económicas de la Universidad de Barcelona. Imparte historia económica mundial y un curso de libre elección sobre Ecología, Economía y Sociedad junto a otros profesores de los departamentos de Ecología y Teoría Económica. Con Ramón Garrabou dirige un grupo de investigaciones sobre el papel de los recursos naturales, la organización del trabajo y el cambio técnico en el desarrollo agrario catalán. Ha publicado diversos libros y artículos en las revistas *Agricultura y Sociedad*, *Historia Agraria*, *Recerques* y *Ecologia Política y medi ambient. Tecnologia i Cultura*.

ENRIC VICEDO RIUS. Profesor titular de Historia e Instituciones Económicas de la Universidad de Lleida. Su investigación se ha dirigido, principalmente, al estudio de la historia agraria de la Cataluña Occidental. Es autor de *Les terres de Lleida i el desenvolupament català del set-cents. Producció, propietat i renda*, y ha publicado diversos artículos sobre producción, precios, contratación agraria, conflictividad campesina y reproducción de la unidad familiar campesina (siglos XVIII y XIX).



1. *Los principios de la Economía Ecológica*  
Textos de P. Geddes, S. A. Podolinsky y F. Soddy.  
J. Martínez Alier (ed.)
2. *Economía de los recursos naturales: un enfoque institucional*  
Textos de S. V. Ciriacy-Wantrup y K. W. Kapp.  
F. Aguilera Klink (ed.)
3. *La Ley de la Entropía y el proceso económico*  
N. Georgescu-Roegen.  
Estudio introductorio de J. Grinevald
4. *La fertilización en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica*  
R. Garrabou y J. M. Naredo (eds.)
5. *Principios de bioeconomía*  
R. Passet
6. *Sistemas de producción e incidencia ambiental del cultivo en suelo enarenado y en sustratos*  
J. López-Gálvez y J. M. Naredo
7. *La economía del agua en España*  
J. M. Naredo (ed.)
8. *La gestión del agua de riego*  
J. López-Gálvez y J. M. Naredo (eds.)
9. *La Biosfera*  
V. I. Vernadsky.  
Estudio introductorio de R. Margalef  
y cronología bio-bibliográfica de J. Grinevald
10. *Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente*  
G. T. Jimeno (dir.) y M. Herrero
11. *Desarrollo económico y deterioro ecológico*  
J. M. Naredo y A. Valero (dirs.)
12. *El agua en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica*  
R. Garrabou y J. M. Naredo (eds.)



1. *Hacia una estrategia española de competitividad*  
A. Espina
  2. *La economía española en un escenario abierto*  
J. Barea, M. Castells, J. R. Cuadrado Roura, R. Myro y otros
  3. *El empleo en España y Europa. Un análisis comparado por sectores*  
J. C. Collado y otros
  4. *Las cuentas de la educación en España y sus comunidades autónomas: 1980-1992*  
F. Pérez, M.ª L. Moltó, E. Uriel y otros
  5. *Ética y empresa: una visión multidisciplinar*  
A. Cortina, F. González Urbaneja, E. Lamo de Espinosa, G. Lipovetsky, E. Ontiveros, G. Peces-Barba, P. van Parijs y otros
  6. *Rentabilidad de la ética para la empresa*  
A. Cortina (dir.)
  7. *La retórica contra la competencia en España, 1875-1975*  
P. Fraile
  8. *Convergencia regional en España. Hechos, tendencias y perspectivas*  
J. R. Cuadrado, R. Garrido, T. Mancha y otros
  9. *La empresa industrial en la década de los noventa*  
J. C. Fariñas y J. Jaumandreu (coords.)
  10. *Política fiscal y familia*  
M. Carpio (coord.)
- En preparación:
- El consumo en España: un panorama general*  
J. A. Gimeno-Ullastres (coord.)
- Vivienda y familia*  
J. Leal, C. Marcos, M. Martí, J. M. Naredo, P. Taltavull, J. J. Tinaut, M. Valenzuela y otros