

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

MEMORIA

RELATIVA Á LA

DISTRIBUCIÓN DE LAS AGUAS DEL RÍO GUADALQUIVIR PARA EL RIEGO DE SU VEGA

por los Sres. BUCKLEY y BROWN, Ingenieros ingleses.

(Traducida al español por el intérprete D. JUAN MARTÍNEZ DE LIVA.)

ÍNDICE

Extracto.

- I.—Introducción.
- II.—El río.
- III.—Épocas y sementeras en la vega del Guadalquivir.
- IV.—Lluvias en la cuenca del Guadalquivir.
- V.—El agua en España.
- VI.—El agua en Andalucía.
- VII.—Comparación de la temperatura de Andalucía con las de la India y Egipto.
- VIII.—Los aforos del río Guadalquivir y la zona regable con sus aguas.
- IX.—El fango en las aguas del Guadalquivir.
- X.—Consideraciones acerca de los embalses en la vega del Guadalquivir.
- XI.—Distribución de las aguas del río Guadalquivir con objeto de regar.
- XII.—Provisión de agua para los tres proyectos.
- XIII.—Efectos de estos proyectos en molinos, saltos de agua y en la navegación Sevilla abajo.
- XIV.—Riego de los campos próximos á Palma del Río.
- XV.—Observaciones acerca del proyecto de pantano de Guadalmellato.
- XVI.—Las marismas más abajo de Sevilla.
- XVII.—Cálculo del coste de los tres proyectos.
- XVIII.—Resultados financieros.

Extracto.

Los datos más importantes que contiene nuestra Memoria son los siguientes:

- 1.º Las lluvias en la vega del Guadalquivir son sumamente variables. En Sevilla, durante el año de 1898, no hubo un solo día durante el cual la lluvia excediese de 27 milímetros. El promedio anual de las lluvias caídas en la cuenca del río osciló entre 350 y 800 milímetros. (Párrafos 20 al 24.)
- 2.º Los estados de aforos en Córdoba, demuestran que el aforo anual del Guadalquivir, en Cantillana, varió durante once años, desde 2.450 millones de metros cúbicos á 14 millones. (Párrafo 39.)

3.º Las aguas del río contienen, en épocas de avenida, una inmensa cantidad de cieno hasta fines del mes de Abril, y en algunos casos, más tarde aun. Este fango es beneficioso para el terreno, siendo muy de desear que las aguas utilizadas para el riego condujeran la mayor cantidad del referido cieno para provecho de las tierras. (Párrafos 46 al 49 y 61, 62.)

4.º Todo pantano construido en el lecho mismo del Guadalquivir, más pronto ó más tarde, se llenaría con estos detritus, á menos que las riadas pasasen por la presa situada á un nivel más bajo, como se hace en la India y Egipto.

Pero debido, principalmente, al hecho de que el Guadalquivir únicamente se encuentra limpio de fango cuando sus aguas están muy bajas, de modo alguno es posible adoptar el indicado sistema; por el contrario, estos pantanos no deben construirse en el repetido río, sino en sus afluentes. (Párrafos 50 al 55.)

5.º Cuando el terreno es regado directamente desde un pantano, ó cuando el agua utilizada para el riego pasa á través de un pantano, el líquido no contiene fango y tan sólo agua clara llega á los campos. El reparto de agua es, por regla general, algo incierto. (Párrafo 61.)

6.º Es, por consiguiente, preferible, existiendo posibilidad para ello, el regar desde canales construidos directamente desde el río principal, porque:

- I. La provisión de agua, hasta los límites conocidos del río será más segura; y
- II. Porque las aguas llevadas á las tierras contendrían fangos beneficiosos á las mismas.

7.º El volumen ó caudal de agua que arrastra el Guadalquivir es suficiente, sin pantanos de ninguna clase, para regar, en cinco años de cada once, más de 30.000 hectáreas de sementeras de verano: en años malos sólo sería suficiente para regar 10.000 hectáreas. En invierno las aguas del río son siempre bastantes para regar 70.000 hectáreas y con frecuencia muchas más. (Párrafos 40 y 41.)

8.º El agua del río, contando en verano con pantanos de comparativa pequeña capacidad (200 millones de metros cúbicos), regaría como minimum 70.000 hectáreas de sementeras de invierno y 35.000 de verano, utilizando canales que condujeran el agua directamente del río, canales que llevarían á los campos líquido saturado de fangos. (Párrafos 44 y 45.)

9.º Es mucho mejor que los pantanos que hayan de construirse sean numerosos y de pequeña capacidad, en vez de grandes y poco numerosos, con tanta mayor razón cuanto con este sistema se supliría la posible carencia de lluvias en cualquier pantano particular. (Párrafo 83.)

10.º Nuestra Memoria da á conocer tres proyectos de canal para las tres provincias que se han de regar:

	Invierno. Hectáreas	Verano. Hectáreas	Total. Hectáreas
Jaén.....	5.500	2.800	8.300
Córdoba.....	9.600	4.800	14.400
Sevilla.....	47.200	23.600	70.800
Total hectáreas.....	62.300	31.200	93.500

11 El coste de estos tres proyectos puede calcularse como sigue:

	PARA LAS OBRAS ÚNICAMENTE		
	Canales. Ptas.	Pantanos. Ptas.	Total. Ptas.
Jaén.....	7.000.000	1.600.000	8.600.000
Córdoba.....	11.500.000	3.000.000	14.500.000
Sevilla.....	20.500.000	14.000.000	34.500.000
Total.....	39.000.000	18.600.000	57.600.000

Es decir: 1.035 pesetas por hectárea en Jaén, 1.000 en Córdoba y 491 en Sevilla. (Párrafo 85.)

12. Estas obras acaso perjudicarían a los molinos situados en las márgenes del río, desde Palma abajo, pero beneficiarían aquéllos emplazados Palma arriba. Los canales proporcionarían saltos de agua cerca de Alcalá del Río y de Almodóvar, reuniendo unos 1.300 caballos de fuerza. (Párrafo 77 y 78.)

13. El resultado definitivo, de ejecutarse las obras propuestas, sería incremento, en valor, en las 93.500 hectáreas regadas, aproximadamente de 17.500.000 pesetas, y el aumento anual, en valor, de los campos de unos 37.000.000 de pesetas. (Párrafo 89.)

Introducción.

I

1.º El Gobierno español nos ha honrado consultándonos acerca del mejor método que se podía emplear para utilizar las aguas del Guadalquivir con objeto de regar; nuestra opinión consta en la Memoria que se encuentra en las siguientes páginas.

Con el fin de facilitar nuestros estudios y reconcentrar en un solo punto los trabajos, elegimos a Córdoba como centro el más conveniente. En dicha capital el Jefe de la División correspondiente puso a nuestra disposición numerosos datos oficiales, y varias personas de Madrid, Sevilla y Córdoba nos proporcionaron distintos antecedentes. En Sevilla nos prestó su valioso concurso el Ingeniero Jefe del puerto, Sr. Molini, gran conocedor de la región llamada las «Marismas». El citado Sr. Molini tuvo la bondad de conducirnos en el vapor del Puerto, desde Sevilla a Bonanza: Entre Sevilla y Córdoba examinamos el río y los partidos de Alcalá del Río, Cantillana, Villanueva del Río, Posadas, Almodóvar, Alcolea, Villafranca, Montoro, Andújar y Mengíbar; visitamos las embocaduras de los ríos tributarios, remontando el Guadajoz hasta Santa Cruz; el Guadiato más allá de su unión con el río de la Cabrilla; igualmente unos 20 kilómetros del Genil y del Guadalimar hasta Aznalcázar.

2.º Debido a estas minuciosas inspecciones adquirimos un caudal de conocimientos generales, bastantes para formar un juicio exacto en lo relativo a los medios más adecuados para aprovechar las aguas del río, habiéndonos sido de inmensa uti-

lidad los planos de curvas que nos facilitó el Ministerio de Instrucción pública.

3.º Entre los documentos y planos que tuvimos a la vista había un mapa en el que se indicaba un cierto número de proyectos para el riego de distintas localidades emplazadas a lo largo del Guadalquivir y sus afluentes por medio de agua almacenada en pantanos. Este mapa carece de toda explicación escrita y a pesar de nuestros esfuerzos e indagaciones ningún dato aclaratorio pudimos conseguir; sin embargo, parece ser que por lo menos uno de dichos proyectos, el más importante, es idéntico al que recomendamos en esta Memoria para el riego de la provincia de Sevilla. El repetido proyecto es, a nuestro entender, el citado en *El Regadio en España*, 1904, pág. 213, que dice:

«Entre las obras proyectadas por la División de trabajos hidráulicos del Guadalquivir es digna de mención especial el canal que aranca del expresado río, por su margen izquierda, a 1.400 metros aguas abajo de la desembocadura del Genil. Alimentarán a este canal unos quince embalses situados en puntos elegidos en las vertientes de Sierra Morena, y se calcula que con los 300 millones de metros cúbicos que así se reunirán, podrán regarse unas 50.000 hectáreas, sin perjuicio para los actuales aprovechamientos ni para la navegación, contribuyendo al mismo tiempo a disminuir las inundaciones periódicas del repetido río.»

4. Consta también que en 1871, (tomo II, pág. 141, *Aguas y riegos*, 1884, Llauradó), se otorgó una concesión para tomar 10 metros por segundo de agua del Guadalquivir, en el partido de Lora del Río, para regar 22.700 hectáreas. Probablemente esta extensión de terreno era la comprendida entre el río Corbones y Sevilla, que comprende nuestro proyecto.

El río.

II

5. El río Guadalquivir y sus tributarios desagúan en la región andaluza: La cuenca del río tiene una longitud, aproximadamente, de unos 361 kilómetros y una anchura de 154 kilómetros, ó sea un área total de 55.624 kilómetros cuadrados. Las áreas de la cuenca de los distintos tributarios y del río principal, están anotadas en el Apéndice A, y en el plano núm. 1. El río principal ocupa la línea más baja del país que recorre, y sus tributarios fluyen a lo largo de las líneas subsidiarias de desagüe. Las comparativamente pequeñas áreas de terreno llano que existen a los lados del río tienen superficies en declive hacia él; en el valle del Nilo, el declive de la superficie del terreno es en una dirección completamente opuesta. Sin embargo, más abajo de Sevilla, y a lo largo de ciertos puntos del río, las inundaciones que tienen lugar, de vez en cuando, han sido causa de que las márgenes del canal sean más altas que los terrenos a más distancia, pero aún no se ha formado una delta. En este punto, el país es completamente diferente a los terrenos que bordean el Nilo. Con respecto a los tributarios del Guadalquivir, también los dos ríos difieren mucho: el Nilo carece de afluentes desde el sitio en que penetra en Egipto para desaguar en el mar, y el Guadalquivir cuenta con ríos tributarios, en ambas orillas, con frecuentes intervalos en todo su curso.

Otro importante punto en que los dos ríos se diferencian, es en sus pendientes, y consiguientes velocidades. Las pendientes del

Nilo oscilan entre $\frac{1}{14.800}$ y $\frac{1}{11.400}$ y el Guadalquivir, más

abajo de Mengíbar, tiene declives que varían desde $\frac{1}{2.800}$ a

$\frac{1}{1.000}$. La velocidad máxima del Nilo, en tiempo de inundación,

es de dos metros por segundo, mientras que en el Guadalquivir son muy comunes velocidades de tres y cuatro metros por segundo, constanding una velocidad de 5,76 metros por segundo, se-

gún los estados de Aforos que existen en la oficina de Trabajos hidráulicos, en Córdoba. El Guadalquivir, más arriba de Menjíbar, y muchos de sus afluentes tienen pendientes que alcanzan

$\frac{1}{300}$; por lo tanto, no es de esperar que las obras de canalización apropiadas á las condiciones del valle del Nilo, sean del todo adecuadas á las del Guadalquivir; pero se verá que, hasta cierto punto, el proyecto de riego patrocinado en esta Memoria está fundado sobre las mismas líneas que el plan de riegos que se ha desenvuelto, con el tiempo, en Egipto.

En ambos casos, el río principal ha de utilizarse como un canal para conducir la provisión de agua hasta las cabeceras de los canales de distribución, donde esclusas gobernarán la distribución. En Egipto, el natural aforo del río es utilizado, hasta el último grado, y su deficiencia es, en parte, suplida con la cantidad de líquido que facilita el pantano de Assuan. En el caso del Guadalquivir, proponemos en nuestro Informe, que primeramente sean utilizados sus aforos y después se empleen pantanos, en casos necesarios. En Egipto, la cantidad de agua que provee el pantano de Assuan, probablemente será aumentada con el tiempo construyéndose otros pantanos. En España, recomendamos, puesto que la necesidad para ello está demostrada; que la provisión en el río principal sea gradualmente aumentada por ulteriores obras de almacenamiento.

6. Los afluentes que desembocan en el Guadalquivir, en la orilla derecha, tienen sus nacimientos en Sierra Morena, cordillera de montañas que bordean el río en su lado Norte. Los que desagúan en el río principal, en su margen izquierda, nacen en Sierra Nevada en los confines Sur de la cuenca, alimentándose en el verano, hasta cierto punto, con las nieves derretidas que dimanan de las cimas de las mencionadas montañas, siendo el más importante de estos tributarios el río Genil que riega las fértiles vegas de Granada.

7. La naturaleza del país comprendido en la cuenca de los distintos afluentes, varía considerablemente. Pronunciados declives rocosos son sus caracteres principales, llegando, en ocasiones, hasta sus mismos nacimientos; colinas cubiertas de sembrados, olivos y otros árboles caracterizan la parte inferior. Muchos de los ríos tributarios, cuyos nacimientos se hallan en Sierra Morena, pudiéndose citar como ejemplos el Guadalmeñato y el Guadiato, atraviesan comarcas de la primera mencionada naturaleza; los afluentes de la orilla derecha, que vienen de Sierra Nevada, cruzan las segundas. Estas diferencias afectan la cuestión de proyectos de riegos en dos conceptos. El agua que surta los depósitos rocosos probablemente será mucho más clara que la procedente de depósitos situados en la parte inferior, de que hemos hablado en este mismo párrafo. Notamos que durante los días 11 y 12 de Abril las aguas del Arenoso y del Guadalmeñato eran, en sus nacimientos, absolutamente claras, en tanto que las del Guadajoz, el día 14 del mismo mes, contenían una gran cantidad de fango rojizo.

8. Los llanos en Andalucía, cuyo nivel podría ser regado si el agua pudiera llevarse á los mismos, están en numerosos casos situados en bloques aislados separados unos de otros por terrenos á través de los cuales sería muy difícil, y, por consiguiente, muy costoso construir canales. La parte rocosa en la vecindad de Montoro, y las cuestas que se encuentran á la derecha del río, entre Almodóvar y Alcalá del Río, pueden ser citados como ejemplos de terrenos desfavorables para la construcción de canales.

9. Exceptuando las tierras de Granada, regadas por el Genil, y unos cuantos trozos de terrenos de escasa importancia que se hallan en las demás afluentes del Guadalquivir, no existen otros terrenos que los situados en el río principal, abajo de Menjíbar, que pueden ser beneficiados por los riegos. Los terrenos más abajo de Menjíbar que constituyen grandes extensiones de llanuras capaces de ser regadas con provecho por medio de canales de cierta importancia, y que merecen ser tenidos en cuenta por el Gobierno español, son los siguientes.

Provincia de Jaén....	Margen derecha.....	5.450	} 8.300
	Idem izquierda.....	2.850	
Provincia de Córdoba..	Margen izquierda más arriba de Alcolea.....	2.750	} 20.700
	Idem derecha más abajo de Alcolea.....	9.700	
	Idem izquierda más abajo de Almodóvar.....	1.950	
	Desde el Peñasco de Posadas hasta el Genil.....	3.300	
	Desde el Genil hasta dar frente á Lora del Río....	3.000	
Provincia de Sevilla...	Margen izquierda hasta Sevilla.....	25.800	} 70.800
	Idem más abajo de Sevilla ..	26.500	
	Idem derecha Alcalá á Sevilla	4.000	
	Idem derecha más abajo de Sevilla.....	14.500	

10. La más importantes de estas zonas y la que ofrece más favorables circunstancias para su riego en gran escala, es la que se encuentra situada entre Palma del Río y Sevilla, en la margen izquierda del río, y Alcalá del Río y Sevilla, en la margen derecha, y que se extiende á los terrenos de las Marismas, más abajo de Sevilla. Los mapas de curvas para esta parte de la cuenca del Guadalquivir, por desgracia aún no se han publicado; pero por los trazados que se nos permitió sacar de las hojas originales, calculamos que hay una zona regable de unas 70.000 hectáreas en la provincia de Sevilla, utilizando un canal que parta del Guadalquivir en un punto algo más abajo de la unión del Genil, en Palma del Río. Esta extensión de terreno regable es la más importante en toda la cuenca del Guadalquivir, debido á su magnitud, riqueza de su suelo, proximidad á la capital de la provincia y al mar y su acceso desde el ferrocarril.

11. Siguen en importancia las zonas regables de Córdoba, que se encuentran en ambas márgenes del río, entre El Carpio y los límites Oeste de la provincia. Pero la naturaleza física del río, en la vecindad del sitio en que el canal había de arrancar para dominar estas zonas, son muy poco favorables para la ejecución de un plan económico de riegos, como demostraremos más adelante, al tratar de los distintos proyectos que proponemos.

12. Luego vienen los terrenos enclavados en la provincia de Jaén, cerca de Andújar, en las dos márgenes del río, siendo la extensión de estos terrenos bastante menor que la de la provincia de Córdoba.

Epocas y sementeras en la Vega del Guadalquivir.

III

13. Actualmente en Andalucía, la siembra invernal de cereales se efectúa en el mes de Noviembre y se cosecha en Mayo ó Junio, ocupando la tierra seis ó siete meses. Si las lluvias de invierno faltan, la simiente sembrada se pierde. En el caso de tierras, bordeando el río, Sevilla abajo, lo sembrado puede no sólo sufrir por la carencia de lluvias sino también por las avenidas. Cuando la simiente de invierno se pierde, debido á cualquiera de estas causas, el terreno es sembrado de nuevo con el grano llamado «trés-més» que madura á los cuatro meses. Esta segunda siembra puede hacerse en cualquiera época, hasta fines de Abril, con tal de que haya lluvia suficiente para que brote, pero si se siembra después de Marzo es muy posible que se pierda por segunda vez. Si faltan las lluvias de Marzo y de Abril las sementeras de Otoño no prosperan, no dejando lugar á llevar á efecto una ulterior siembra.

14. El maíz no se cultiva en la misma tierra que sazonó la sementera de invierno de cereales; se siembra en Marzo, si hay lluvia, ó tan pronto como llueve, hasta fines de Mayo, y se recoge en Agosto ó Septiembre.

15. La época más crítica para las siembras de que tratamos, es durante la Primavera, Marzo y Abril. Si cae bastante agua en el transcurso de estos dos meses, las cosechas de cereales y de

maíz están aseguradas, pero como se demuestra en el cuadro. (Apéndice B), las lluvias en dicha época son muy irregulares

16. Si se adopta el sistema del riego artificial, por medio de canales, la falta de lluvia, en los meses más críticos, será sustituida con riegos de agua de canal y asegurada la madurez de la sementera invernal de cereales. Ninguna simiente se perderá y bajo circunstancias favorables se recolectará, dejando la tierra libre de la sementera de invierno con tiempo para sembrarla de nuevo, bien con maíz ó con cualquiera otra semilla de verano. La provisión de agua durante la estación calurosa se utilizaría para el riego del maíz, moniatos, naranjos, legumbres, etcétera, etc.

17. El clima de Andalucía nos parece muy á propósito para la siembra del algodón. Con tal de que no falte el agua durante el verano, es casi seguro que el algodón proporcionaría un buen rendimiento, por cuanto la temperatura de las provincias que hemos visitado es lo suficientemente elevada para que madure.

18. Únicamente se siembran melones en las tierras que han servido para criar maíz, y hasta esparcir la semilla en Noviembre; no obstante, los naranjales y huertas exigen agua, aunque generalmente las lluvias bastan en este periodo; mas si no fuera así, fácilmente se reemplazaría con la procedente de los canales.

19. Es costumbre cultivar trigo ú otro cereal el primer año, y en el mismo terreno maíz el segundo. Dos cosechas en un año y en el mismo terreno, tan sólo se conseguirían con riego artificial, siendo dudoso que aun así sea posible, excepto en muy favorables circunstancias, recoger á tiempo la cosecha de invierno para efectuar la sementera de verano. Es innegable que habiendo riego, la siembra invernal puede hacerse tan pronto como se quiera, pero por temprana que sea, el desarrollo de la planta y su madurez depende más de la temperatura que del riego; la planta no se desenvuelve cuando la temperatura desciende de cierto grado; por consiguiente, si la fría estación del invierno se prolonga hasta la primavera, la semilla estará sin madurar en la fecha que debiera recolectarse, caso de querer verificar una siembra de verano, perdiéndose así la oportunidad de una doble cosecha. Acaso convenga al terreno que así sea, por cuanto repetidas recolecciones duplicadas, pronto agotarían la tierra, á menos de emplearse escogidos y abundantes abonos naturales ó artificiales, ó haciendo uso de las aguas cargadas de cieno, del río, en periodos de avenida.

En Egipto el empobrecimiento del suelo se evita cultivándose la alfalfa, en rotación con otras semillas. La mencionada planta, debido á la presencia de los insectos que viven en sus raíces, enriquece el suelo con nitratos y prepara el terreno para la cosecha siguiente; es un excelente forraje para el ganado, y, por lo tanto, constituye en Egipto un valioso producto, por no existir en el país pastos para criarlos. En España el valor de la indicada planta no sería grande, pero la particularidad de que goza, ó sea de formar nitratos en las tierras en que está sembrada, constituiría un aprovechamiento muy útil, si sus cosechas encontraran salida.

Lluvias en la cuenca del Guadalquivir.

IV

20. La cuenca más arriba de Sevilla, de la vega del Guadalquivir, tiene una extensión total de algo menos de 50.000 kilómetros cuadrados. Existen datos oficiales de la cantidad de agua caída dentro de la mencionada cuenca, en las provincias de Jaén y Sevilla, datos que alcanzan solamente hasta el año 1897. Los cuadros correspondientes constan en el Apéndice B.

21. Estos datos de diez y siete años (1889-1905), demuestran que el término medio de la lluvia *anual* durante los primeros diez años, fué de 544 milímetros, de 490, los cuatro siguientes, y de 437 los tres últimos, notándose la escasez de lluvias en los años 1896, 1899, 1903 y 1905. Las lluvias en Noviembre y Diciem-

bre, cuando los cereales están ya sembrados, han sido, en general, bastante abundantes, pero fueron muy irregulares en el transcurso de los primeros meses del año, cuando son mas necesarias para las siembras de invierno. Así, tomando como base el periodo de los tres meses, Febrero, Marzo y Abril, vemos que el promedio de las lluvias durante los mismos, fué de: desde 1889 á 1898, en once puntos distintos, de 164 milímetros; desde 1899 á 1902 de 168; de 1903 á 1905 de 99; en 1896 de 51; en 1903 de 81 y en 1905 de 47.

Durante los años 1896, 1903 y 1905 las lluvias fueron muy escasas.

En los calamitosos de 1903 y 1905 alcanzaron únicamente de una tercera á una cuarta parte del tiempo general, sumando en conjunto, en los dichos tres meses, una profundidad, en los campos, equivalente á menos de la cantidad que proporcionaría un solo riego de un canal. En determinados años las lluvias resultaron muy irregulares, tanto que en 1898 no hubo un solo día en el que la lluvia excediese de 36 milímetros en Jaén y de 27 en Sevilla.

22. Los antecedentes atestiguan que el promedio de lluvias en Febrero, que son las más importantes para las sementeras, fué de 48 milímetros, como término medio en diecisiete años, pero en el referido mes fué menor de esta cifra: en Sevilla ocho veces en dieciséis años; en Cazorla cinco veces en nueve años (los datos de Cazorla sólo alcanzan al año 1896), y en Jaén siete veces en dieciséis años.

23. La lluvia á fines del Estío, es esencialmente necesaria, no sólo para los campos de cereales, sino de una grandísima importancia para el maíz que se siembra en Sevilla y Córdoba en los meses de Marzo y Abril, y algo más tarde en Jaén. Para el maíz las lluvias de Junio, Julio y Agosto son igualmente, muy necesarias. Los datos acerca de este periodo son: de 1889 á 1898, 28 milímetros; de 1889 á 1902, 44; de 1903 á 1905, 42; en 1891, 24; en 1892, 21; en 1894, 17; en 1897, 7 y en 1898, 11. De todos modos estas lluvias no bastan, por cuanto el término medio de los tres meses es mucho menor que el que proporcionaría un solo riego de canal.

24. Durante los diecisiete años, 1889 á 1905 inclusive, según se apunta en el Apéndice B, hubo una ocasión (1), en que la lluvia excedió, en un mes, de 500 milímetros; otra (2), en que osciló entre 400 y 500; otra, (3) entre 300 y 400 y 18 veces entre 200 y 300. Es muy de notar que únicamente en una ocasión (4), en el transcurso de los siete últimos años (1899 á 1905), la lluvia excedió, en un solo mes, de 200 milímetros.

El agua en España.

V

25. Según consta en la obra *El regadío en España*, 1904, página 154, la cantidad de agua que exige una hectárea, para el riego de las sementeras de invierno, es la de 500 metros cúbicos, y el número de riegos el de siete, lo que representa una suma total, por hectárea, de 3.500 metros cúbicos, para los seis meses del desarrollo del grano sembrado.

26. El maíz requiere un riego mensual, durante cuatro meses. En Murcia, desde Junio á Agosto, se riega el maíz cinco veces. En la citada obra oficial se calcula en 500 metros cúbicos la cantidad de agua necesaria para regar cada hectárea de cereales. Esta cifra nos parece ínfima, pero admitiéndola como exacta, el maíz necesitaría un total de 2.500 metros cúbicos por hectárea.

27. Dice la repetida obra, página 147, que una plantación de naranjos, en Valencia exige, como término medio, ocho riegos anuales, cada uno de 500 metros cúbicos por hectárea, desde

(1) Valencia, Noviembre 1897.

(2) Jaén, Enero 1895.

(3) San Fernando, Diciembre 1890.

(4) Alicante, Octubre 1900.

Abril á Octubre, lo que arroja un total, por hectárea, de 4.000 metros cúbicos; que la misma plantación en Castellón, necesita seis riegos de 500 metros cúbicos cada uno por hectárea, ó sean 3.000 metros cúbicos, y en Murcia, veinte riegos de 350 metros cúbicos, es decir, 7.000 por hectárea. Esta última cantidad representa dos veces la que asegura exigen los cereales.

28. El Sr. Molini (de Sevilla) nos proporcionó un estado en que se asevera que los naranjales, legumbres y otras cosechas de las más productivas, necesitan un riego cada quince días durante los meses de Mayo, Junio, Julio, Agosto, Septiembre y primera mitad de Octubre, ó sean de once á doce riegos, ó lo que es igual de 11 á 12.000 metros cúbicos por hectárea.

29. Una cantidad de 500 metros cúbicos extendida sobre una hectárea, da una profundidad de 50 milímetros de agua, lo que nos parece una cifra errónea, siendo á nuestro entender más exacta la de 700 á 800 metros cúbicos la requerida para cada riego de las cosechas de verano.

El Sr. Molini adopta la de mil metros cúbicos para el riego de naranjales, pero esta cantidad, sin duda alguna, se refiere al agua que sale del embalse y no á la que llega á la plantación.

El agua en Andalucía.

VI

30. En este Informe hemos basado nuestros cálculos, acerca de la cantidad de agua necesaria para regar los campos sembrados, en los siguientes extremos. Los cereales necesitan un aforo, á la cabeza del canal, á razón de un metro cúbico por segundo, por espacio de seis meses, por cada 200 hectáreas de tierra regada; el maíz, naranjos y otros cultivos requieren un aforo de un metro cúbico por segundo, durante cuatro meses, por cada 1.000 hectáreas de sementera regada.

31. Un aforo de un metro cúbico por segundo, arroja un volumen de 15.552.000 metros cúbicos en seis meses, y 10.368.000 en cuatro meses, representando la primera cifra el volumen que se provee á la cabeza del canal, para 2.000 hectáreas de sementeras de invierno, y la segunda para 1.000 hectáreas de sementera de verano. La concesión, para invierno, es á razón de 7.776 metros cúbicos por hectárea. Se ha averiguado por prolijas observaciones hechas en la India, que la pérdida que experimenta el agua desde su salida de la cabeza del canal hasta llegar al campo, si se trata de un extenso sistema de canales, es de un 40 por 100 en los meses fríos de invierno, lo que significa que sólo es aprovechable el 60 por 100. El 60 por 100 de 7.776 es 4.665 que conforme á la base adoptada por nosotros representa la cantidad, por hectárea, que llegaría al campo regable. Esto equivale á un espesor de 466 milímetros sobre dicho campo. Suponiendo siete riegos, cada uno tendría una profundidad de 66,6 milímetros y cada hectárea percibiría un volumen de 666 metros cúbicos durante cada riego. Esta cantidad es más adecuada que la de 400 ó 500 metros cúbicos que generalmente se cree en España bastan para un riego, y lo hemos experimentado en nuestros estudios hechos en poblaciones de la India cuyo clima de invierno é irregulares lluvias son idénticas á las de Andalucía.

32. En cuanto á las siembras de verano, las condiciones difieren. La temperatura es más alta y las lluvias escasean más; además, en verano hacen falta más riegos que en invierno, especialmente para la naranja y las legumbres. Opinamos que es necesario un metro cúbico por segundo, por 1.000 hectáreas, y esto determina el aforo que se ha de dar á la cabeza del canal. En general, las sementeras de verano deben regarse durante cuatro meses. Como el volumen en cuatro meses, á razón de un metro cúbico por segundo, asciende á 10.368.000 m. c. la salida del canal, por hectárea, será de 10.368 m. c. En el verano, debido á la mayor evaporación, una menor cantidad llega á los campos, que en invierno. La proporción puede calcularse en un 50 por 100, ó sean 5.184 m. c. por hectárea en los repetidos

campos; esto equivale á un espesor de 518 milímetros sobre el terreno; dando siete riegos cada uno representaría 74 milímetros de profundidad, y cada hectárea percibiría 740 metros cúbicos de líquido.

33. Estas cifras están de acuerdo con los datos ya citados relativos á la cantidad de agua que se necesita en varias localidades de España durante las distintas temporadas. La suficiencia del agua que señalamos para el invierno, está confirmada por la experiencia adquirida en los sistemas de riegos empleados en la India, y la del verano por los resultados obtenidos en las estaciones calurosas, en Egipto, donde no hay lluvias y la temperatura es más elevada que en Andalucía; se ha notado allí que un metro cúbico por segundo, basta para el riego de 962 hectáreas; siendo así el mismo aforo haría más en Andalucía, donde suele llover durante el verano, el calor no es tan intenso, ni el aire tan seco como en Egipto. En vista de lo expuesto, creemos suficiente un metro cúbico por segundo, de continuo aforo, entrando en la cabeza del canal, para 1.000 hectáreas.

34. Si parte del agua necesaria para los riegos ha de ser suplida por un embalse ó pantano, hay que conceder alguna cantidad para compensar las pérdidas por evaporación y absorción en el mismo embalse y durante el paso del líquido del pantano al canal; esta compensación debe estar en proporción con las dimensiones interiores del pantano. Suponiendo que el último lleno del embalse es debido á las lluvias de Enero, el período de almacenamiento subsiguiente al último lleno (repleto), puede calcularse en seis meses, y la profundidad de evaporación, desde la superficie del agua contenida en el pantano, en 1 á 1,5 metros; sin embargo, en numerosos años, los embalses construidos en la cuenca del Guadalquivir se llenarían después del mes de Enero, y seis meses sería un período excesivo para estimar la cantidad que se había de conceder por evaporación y absorción.

35. El cálculo que hemos hecho de un metro cúbico por segundo por cada 2.000 hectáreas de sembrado invernal ó 1.000 de verano, es aplicable á los terrenos actualmente en cultivo; pero no á toda la extensión que recorre los canales. Por lo tanto, con objeto de averiguar la cantidad de agua necesaria para el riego de cualquier comarca, es forzoso llevar á cabo ciertos estudios referentes á la proporción de la extensión total que pueda estar en cultivo en cualquier tiempo. Es cierto que toda esta extensión no será sembrada, pues parte de ella estará permanentemente ocupada por pueblos, caminos y construcciones; parte en barbechos, bien para mejorar el terreno, bien debido á la necesidad impuesta por un saludable sistema de rotación de cosechas. Una pequeña parte acaso carecerá de dueño y no se sembrará en algún tiempo. Por otro lado, una cierta proporción del área quizá pequeña, rinda dos cosechas en el año, una de invierno y otra de verano. Por esta y otras razones consideramos prudencial que en el invierno dos terceras partes del área total estará en cultivo, y en el verano una tercera parte. Nuestros cálculos están fundados en los antecedentes expuestos.

(Se continuará.)

El problema de la fundición del mineral de hierro por medio de la electricidad, con resultados satisfactorios y remuneradores, ha intentado resolverse repetidas veces, aunque no se han seguido métodos completamente racionales; pero ahora se está ensayando un nuevo y serio procedimiento con el que se espera conseguirlo.

La importante casa sueca, Stora Kopparberg Company, en sus fábricas de Dornörfvet, está construyendo un nuevo horno, proyectado por un Ingeniero sueco que durante gran número de años ha estado estudiando el problema. El Ingeniero en cuestión pone especial empeño en obtener productos de superior calidad.—H.
