

El problema de la irrigación

Leopoldo Palacios



Fernando Solana Morales
Secretario de Educación
Pública

Carlos Hank González
Secretario de Agricultura y
Recursos Hidráulicos

Fausto Alzati Araiza
Director General del Consejo
Nacional de Ciencia
y Tecnología

Fernando J. González Villarreal
Director General de la
Comisión Nacional
del Agua

Teresa Rojas Rabiela
Directora General del CIESAS

Álvaro A. Aldama Rodríguez
Vocal Ejecutivo del IMTA

Ramón Córdoba Alcaraz
Coordinador de Difusión
y Publicaciones del CIESAS

Jorge Martínez Ruiz
Coordinador de Tecnología de
Comunicación y Participación
del IMTA

Programa de Historia y Antropología del Agua

CIESAS-IMTA

Luis Aboites Aguilar
Roberto Melville

El problema de la irrigación

El problema de la irrigación

LEOPOLDO PALACIOS

PRESENTACIÓN DE CLIFTON KROEBER

Biblioteca del Agua



Diseño de portada: Leonor Guerrero Tovar
Fotografía de Ricardo María Garibay V.
Edición al cuidado de Ramón Córdoba

Las instituciones patrocinadoras de este Programa agradecen al Dr. Clifton Kroeber la elaboración de la nota introductoria para esta edición, y al Centro de Historia de México-Conдумex por facilitarnos el ejemplar de la edición original (1909) de esta obra.



Primera edición: 1994

© Centro de Investigaciones y Estudios
Superiores en Antropología Social
Hidalgo y Matamoros s/n, Tlalpan 14000, D.F.
© Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Paseo Cuauhnáhuac 8532, Col. Progreso
Jiutepec, Morelos

ISBN 968-496-257-6

ÍNDICE

Presentación, <i>Clifton Kroeber</i>	11
<i>Prefacio</i>	17
Capítulo I	
<i>Importancia de los riegos en agricultura</i>	19
El riego es benéfico a todas las plantas	21
Otros beneficios del riego	22
Los beneficios del riego se extienden más allá de los terrenos regados	23
El agua salva al ganado	23
Aumento en el valor de las tierras	24
Capítulo II	
<i>Obstáculos que ha encontrado el desarrollo de la irrigación</i>	25
Las guerras	25
Las preocupaciones	26
La rutina	27
La especulación	28
Obstáculos que entorpecen la irrigación en nuestro país ..	28
La falta de brazos	29
Importancia de la elevación del salario	30
La elevación del salario ha sido hasta ahora insuficiente ..	32
Costo de las obras	32
El manejo de nuestras fincas agrícolas es inadecuado	34

La indiferencia de los propietarios	34
La elección del administrador	35
Capítulo III	
<i>¿Quiénes deben construir las obras hidráulicas?</i>	37
La irrigación debe ser sistematizada sabiamente	38
La intervención del Estado debe ser directa	38
La intervención del Estado debe ser también indirecta	42
Necesidad de una legislación que estimule la iniciativa	44
Capítulo IV	
<i>Importancia de la iniciativa particular</i>	47
La iniciativa en España	47
La iniciativa en Francia	48
La irrigación en Argelia	49
Los oasis	50
Preocupaciones y rutina	53
En nuestro país se derrochan inmensas cantidades de agua	54
La iniciativa privada en la India	56
La iniciativa en los Estados Unidos del Norte	56
La irrigación en China	57
Enseñanzas que se derivan de los ejemplos anteriores	59
Capítulo V	
<i>En qué consiste el problema de la irrigación</i>	61
De qué cantidad de agua disponemos	62
Carta pluviográfica anual de la República	62
Volumen total de agua disponible	65
Superficie que podemos irrigar	65
Costo de las obras	65
De qué fuente obtendremos el capital necesario	66
Analogía con el problema ferrocarrilero	67
¿Qué se puede hacer con veinticinco millones en favor de la irrigación?	68
Nunca es censurable toda medida de prudencia	68
Capítulo VI	
<i>De qué orígenes podremos proveernos de agua para el regadío</i>	71
Región comprendida entre la costa y las cordilleras	71
La Mesa Central	72

Región montañosa	73
La irrigación por medio de pozos	73
Capítulo VII	
<i>En qué lugares se encuentran los sitios más adecuados para el establecimiento de presas para depósitos</i>	75
Ventajas e inconvenientes de los depósitos en terreno montañoso	76
Presas en los llanos ligeramente ondulados y de poca inclinación. Sus ventajas e inconvenientes	76
Presas en los valles formados por colinas	77
Pueden existir vasos adecuados en todas las regiones	77
Aprovechamiento de los depósitos naturales	78
Capítulo VIII	
<i>Ventajas de la irrigación por medio de presas</i>	79
Los lagos como reguladores	80
Acción de los depósitos sobre las crecientes	81
El agua de las presas es la más adecuada para la irrigación	82
Substancias fertilizantes contenidas en el agua de depósitos	85
No deben confundirse los limos con las materias disueltas	86
Acción de los gases disueltos en el agua	88
Diferencia entre riegos y enlames	89
Riegos fertilizantes	89
Capítulo IX	
<i>Cuestiones principales que comprende el problema de la irrigación. Resumen de los últimos capítulos</i>	91
De qué cantidad de agua disponemos para el regadío	91
Superficie que podemos irrigar	92
En qué regiones es más urgente la irrigación	92
De qué origen podremos proveernos de agua	93

PRESENTACIÓN

CLIFTON KROEBER*

Este trabajo apareció como parte del torrente de publicaciones patrocinadas por la Secretaría de Fomento, Colonización e Industria. Corresponde a un gran esfuerzo enfocado hacia la persuasión política y la educación pública, ambas orientadas por las nuevas esperanzas y los dilatados temores y ansiedades acerca del futuro económico de México. El objetivo de la campaña de la Secretaría de Fomento era mejorar rápida y radicalmente la producción y la productividad de la economía de México, y por esta vía resolver toda clase de problemas, entre ellos la necesidad de convencer a los trabajadores agrícolas de que permanecieran en México, en lugar de salir hacia la frontera norte en búsqueda de mejores salarios. Otro de estos problemas era el aumento de las importaciones de bienes básicos, que costaban a México una cantidad considerable de dinero indispensable para atender las apremiantes necesidades internas. En tal situación de creciente tensión, con los problemas laborales acumulándose, las diferencias internas de opinión en los altos círculos de gobierno, y la resistencia

* El Dr. Kroeber es profesor emérito en historia del Occidental College, de Los Angeles, California. En su libro *Man, Land and Water, Mexico's Farmlands Irrigation Policies 1885-1911*, que próximamente aparecerá en esta colección, analiza detenidamente las posiciones de diferentes participantes en el debate anterior a la revolución acerca de los aprovechamientos del agua en México.

de los financieros mundiales para ampliar su crédito a México, la Secretaría de Fomento hizo todo lo que estaba a su alcance para promover el desarrollo de la economía rural. Este ensayo de Leopoldo Palacios es uno de los mejores frutos de aquellos años de aflicción, previos al estallido de la Revolución.

Al igual que otros talentosos comentaristas de la época, Palacios no se ocupó de todos los problemas rurales, solamente de aquellos que él conocía mejor y respecto de los cuales tenía confianza para proponer soluciones. Uno puede darse cuenta de que su propósito era convencer a los propietarios de grandes extensiones de tierra de que sustituyeran la agricultura de temporal por la agricultura de regadío. Si introducían cultivos de mayor valor y lograban elevar la productividad de las cosechas, obtendrían una ganancia sustancial en el valor de sus tierras. Así mismo, decía Palacios, México podría evitar la importación de productos básicos; la nación se beneficiaría y México ocuparía un lugar más importante en el mundo. El mercado interno también mejoraría y los propietarios de tierras irrigadas se volverían mucho más prósperos.

Palacios pudo evitar la discusión acerca de la vieja política, ya fracasada, que México había implementado para la economía rural que consistía en la venta de tierras públicas o "baldíos" a los ricos terratenientes y la importación de extranjeros para trabajar en las colonias agrícolas. Palacios se ocupó de la escasez de mano de obra de manera muy diferente, no mediante la importación de gente, sino mediante la mejora de los salarios y de las condiciones de vida para los propios trabajadores agrícolas mexicanos. Al insistir en dar un buen trato a la gente y también a la tierra, Palacios se colocó al lado de Roberto Gayol y también de Andrés Molina Enríquez, entre el puñado de analistas que valorizaron el factor humano como algo muy importante.

Los argumentos persuasivos de Palacios buscan convencer a sus lectores de que México debe actuar de inmediato, con todas las fuentes disponibles de inversión y de conocimientos especializados, para iniciar numerosas grandes obras de irrigación. Él se extiende para identificar los sitios dónde poner estas obras y qué características debieran tener. Al igual que Roberto Gayol unos pocos años antes, Palacios pensaba que los grandes

proyectos debían localizarse en regiones remotas, o muy alto en las montañas, o muy alejadas de las vías del ferrocarril y las carreteras. México debería anticipar el alto costo de emprender este ambicioso programa que Palacios formuló.

Contrario al sentir de Gayol y Molina Enríquez, Palacios consideraba que, tanto por la labor en lugares remotos y como por la gran urgencia de iniciar estos trabajos, se requería del concurso de esfuerzos privados y gubernamentales, recibiendo la ayuda de quienes la proporcionasen. Palacios esperaba que el gobierno federal localizara los sitios para las grandes presas, las construyera y luego administrara el uso del agua para irrigación, para evitar conflictos entre los terratenientes y para asegurar que las tierras no permanecieran incultas mientras los dueños permanecían a la espera de ganancias especulativas. Buena parte de la argumentación de Palacios pretende convencer a los terratenientes de que administren ellos mismos sus empresas, que contraten suficientes trabajadores y que les paguen bien y les den buen trato. También los aconseja para que proporcionen solamente el agua necesaria para los cultivos en aquella tierra. El propietario fundamentalmente debe dedicar suficiente tiempo, y con toda oportunidad, para que todo sea realizado a tiempo y se obtenga una magnífica cosecha.

Este sentido de urgencia caracteriza al sugerente ensayo de Palacios. Sus palabras revelan esa gran sensibilidad por lo inmediato que era compartido en México por muchas gentes profesionales de aquellos días. Palacios era un ingeniero civil muy cuidadoso en los difíciles proyectos en los que trabajaba; sin embargo, hizo a un lado su insistencia en los estudios y reconocimientos cuidadosos. En su lugar, él demandaba que México impulsara un agresivo programa de irrigación. Mientras él estaba escribiendo este ensayo, el gobierno federal aprobó una partida de 25 millones de pesos para el desarrollo de la irrigación, y Palacios decía que México no podía darse el lujo de esperar a gastarlos. Este sería el espíritu de varias generaciones futuras de agrónomos, ingenieros hidráulicos e ingenieros civiles, quienes como Palacios, al enfrentarse con los problemas rurales de México dijeron: ¡Manos a la obra!

EL
PROBLEMA DE LA IRRIGACION

POR

LEOPOLDO PALACIOS

INGENIERO CIVIL

ESPECIALISTA EN OBRAS HIDRAULICAS



MEXICO

IMPRESA Y FOTOTIPIA DE LA SECRETARIA DE FOMENTO
Callejón de Betlemitas, núm. 8

1909

PREFACIO

Los fenómenos más triviales, careciendo del poder estimular nuestra curiosidad, excitan generalmente poco nuestro interés y pasan a nuestra vista casi inadvertidos. A fuerza de mirarlos con tanta frecuencia, no nos detenemos a estudiarlos, ni mucho menos pensamos en que esa misma frecuencia con que se presentan a nuestros sentidos es un indicio del papel importantísimo que juegan en nuestra vida fisiológica o social.

El vulgar fenómeno de la combustión del carbón es el maravilloso generador de fuerza, luz, calor y electricidad que toma parte en todas nuestras industrias y transporta millares de toneladas a través de los continentes y de los mares. El fenómeno de la caída de los cuerpos, del que poco o nada nos preocupamos, es el mismo que rige la Gravitación Universal, y el hilo misterioso e invisible que liga entre sí los mundos y pone en movimiento el inmenso taller del Universo.

Entre las numerosas manifestaciones de la Gravedad, una de las más vulgares es la que hace correr esos hilos de agua que surcan nuestras tierras, y que uniéndose, forman los torrentes, arroyos o ríos ¿Y que importancia tiene para nosotros esa circulación a través del gigantesco sistema arterial de nuestro planeta?

Cada hilo de agua es un vehículo de vida, de fecundidad y fuerza. Verdadero rival del carbón efectúa el agua toda clase

de trabajos y toma parte en casi todos los actos de nuestra vida. Ya humilde, misteriosa, arrastrándose en el suelo, disuelve los materiales minerales para alimentar a todo el inmenso mundo organizado, ya desempeñándose desde las rocas de Necaxa, nos envía la electricidad que mueve nuestras fábricas y nuestros ferrocarriles urbanos y que ilumina y calienta nuestros hogares.

Basta arrojar una mirada sobre el mapa hidrográfico de cualquier localidad, y rara vez deja de percibirse una tupida malla de arroyuelos, arroyos, ríos; y hay que tener en cuenta que no sólo no están completos generalmente, sino que aun muchos de los más importantes suelen faltar, y más en un país como el nuestro que no está suficientemente conocido. Y ¿cómo es posible, nos preguntaremos, que siendo tan considerable la cantidad de agua que circula por la superficie de nuestro planeta, no sólo no se riega la totalidad de las tierras sino que los terrenos de riego ocupan un espacio pequeñísimo en comparación con la gran masa de tierras de secano o temporal?

Por desgracia en muy pocos lugares se ha comprendido bien la importancia de la irrigación, y nunca será demasiado lo que se escriba sobre este asunto.

El primero de los conocimientos que debe tener todo agricultor es el de la manera de proporcionar agua a sus tierras. Es preciso comprender bien que la Agricultura es imposible sin agua; esperar al que caiga del cielo, es dejar al acaso lo que debe ser obra del hombre; transformar en albur lo que cabe en el dominio científico. Mi objeto al publicar estas líneas, es el de despertar el interés por el más importante de los problemas que actualmente se nos presentan, vulgarizando los principales conocimientos sobre los riesgos, para que nuestros agricultores sepan sacar partido del gran número de elementos con que contamos en nuestro país para transformar una hacienda de temporal en hacienda de riego.

CAPÍTULO I

IMPORTANCIA DE LOS RIEGOS EN AGRICULTURA

Hasta el día, nuestras cosechas han estado sujetas al capricho de las estaciones, que obedeciendo causas tan variadas, son necesariamente irregulares. La meteorología hace esfuerzos inauditos por seguir en sus múltiples transformaciones los movimientos de las nubes que han de fecundar nuestros campos. Busca el apoyo de la astronomía, tratando de investigar las relaciones entre las manchas solares u otros fenómenos astronómicos con los fenómenos atmosféricos; el telégrafo transmite de uno a otro observatorio la marcha de los ciclones y las variaciones del barómetro, sin que hasta ahora se pueda predecir la lluvia con exactitud.

El agricultor actual, como el agricultor de los más remotos tiempos, espera las primeras lluvias para preparar sus tierras y sembrar maíz. Algunos años estas lluvias vienen temprano, cuando aún no se han hecho la recolección de trigo; después deja de llover y la planta se enrosca, el crecimiento se detiene, las mazorcas no se llenan y la cosecha resulta insignificante o nula, aun cuando al final del tiempo de aguas vuelvan los grandes aguaceros que no logran ya desarrollar las raquílicas milpas. Otros años comienza a llover muy tarde, cuando apenas hay tiempo de que se dé el grano, y entonces es común ver milpas hermosísimas que una helada temprana mata en un solo día.

Si a esto se agrega la imperfección y lentitud de los procedimientos primitivos aún en boga: el arado de madera que apenas profundiza, el pesado buey que apenas avanza, se comprenderá cuán difícil es en esta clase de terrenos obtener buenas cosechas, y he aquí por qué las verdaderamente tales, son en nuestro país más bien la excepción que la regla, aun en los años donde las lluvias son abundantes. Pero trasladémonos por un momento a un terreno de riego. Teniendo el agua, en cualquier instante disponemos del tiempo a nuestro arbitrio. Sembrando a tiempo, nuestras cosechas no correrán los riesgos de las heladas. El crecimiento no se detendrá aun cuando deje de llover, puesto que podemos, a nuestro antojo, inundar los campos y a tiempo tendremos hermosas milpas. Es claro que no por eso podremos siempre considerar la cosecha como segura, porque existen otros enemigos a los cuales debemos combatir, porque la vida es siempre una lucha; pero aún para estos combates estaremos mejor preparados y tendremos la mayor parte de las probabilidades en favor nuestro.

De esa oportunidad en la distribución del agua resulta un mejoramiento en la calidad del producto y un gran aumento en la cantidad. Todos los agricultores conocen la gran diferencia que existe entre el rendimiento del trigo de temporal y el de riego. Mientras en el primero varía por término medio entre cinco y diez por uno, considerándose el doce ya como una excelente cosecha aun en terrenos de muy buen cielo y salvo casos excepcionales, en el segundo varía entre diez y treinta en las tierras frías y entre quince y cien en las tierras templadas, pudiendo considerarse como mala toda cosecha que baja del doce. Esta gran desproporción que se observa en los terrenos de riego, se debe más que a la cantidad de las tierras a la desigual pericia del que dirige los riegos. Esto depende de que una planta se perjudica tanto con un exceso de agua, como con la falta de ella. Cada semilla requiere una porción determinada de la cual no conviene excederse. La ignorancia de esta proporción crea perjuicios y rutinas que es conveniente desarraigar para mejorar el rendimiento.

El riego es benéfico a todas las plantas

Toda planta se mejora con el riego siempre que se le dé la cantidad de agua necesaria, sin excederse del límite que cada planta requiere y que el terreno tenga el drenaje suficiente. Es un error muy común el creer que hay plantas que se perjudican con el riego; y esto equivale a decir que es posible la vida orgánica sin agua. Algunas plantas como el maguey y el camote, toman de la humedad de la atmósfera la cantidad de agua suficiente para su vida, y un exceso las perjudica, pudiendo creerse, y aun es muy frecuente pensar que el riego las daña, cosa que está muy lejos de ser verdad. Los mejores terrenos para el cultivo del maguey son, como se sabe, los que tienen un buen drenaje natural; esto es, los lomeríos o los cerros en los cuales el agua permanece poco tiempo, encontrando fácil salida por las cañadas o repliegues del terreno. Pues si a estos terrenos se les da un riego ligero (o varios si el tiempo lo permite) procurando que estos riegos no excedan de 5 o 6 centímetros, se verá al maguey mejorarse en color y en crecimiento y aumentarse notablemente la proporción del agua-miel.

Para cerciorarse de lo benéfico que es al maguey recibir una cantidad de agua superior a la que absorbe espontáneamente de la atmósfera, basta fijarse en el moderno sistema de plantío que está dando excelentes resultados y que consiste en construir unas zanjas siguiendo las curvas de nivel aprovechando la tierra que sale de ellas para formar el bordo donde se planta.

Estas zanjas o *niveles*, como se llaman (seguramente por la circunstancia de estar construidas a nivel), vienen a ser verdaderos depósitos de agua de lluvia que mantiene por algún tiempo cierto grado de humedad que llega por capilaridad hasta la raíz de la planta. Esto equivale, en cierto modo, al riego llamado *por filtraciones o por surcos profundos*, en los que se hace correr el agua por pequeñas zanjas sin que toque a la planta, la que recibe el agua por filtración a través del suelo. Si en cambio, regamos el maguey en un terreno enteramente plano y a nivel, que por lo demás es inadecuado para esta planta, y en donde el agua encuentra lenta y fácil salida, los resultado serán desastrosos en lo general.

Hemos elegido el maguey como ejemplo, por ser entre las plantas más conocidas, una de las que en apariencia es más renuente al agua, puesto que se da en los terrenos más áridos y secos, y como una verificación del principio de que *el riego es benéfico a todas las plantas siempre que se dé en la cantidad necesaria y con la debida oportunidad*, esto es en el momento en que la planta lo solicite.

Otros beneficios del riego

El riego suministra también el cambio de cultivo por otro de mayor rendimiento, y así vemos transformarse una hacienda maicera en hacienda de trigo, o en los climas calientes en hacienda de caña.

Pero todavía ejerce el agua otro trabajo no menos importante, sobre todo cuando ha sido retenida por medio de una presa en tiempo de lluvias, o cuando se hace uso de ella durante las avenidas. Arrastrando las materias orgánicas que encuentra a su paso, así como muchas sustancias minerales, es un excelente abono: uno de los más ricos, y el más barato que pueda concebirse.

Para formarnos idea de la riqueza de este abono, oigamos lo que dice el señor Ing. Guillén García, deducido de los análisis de Barral, Boussingault y Bineau: "M. Barral ha llagado a recoger durante una tempestad, hasta 27.7 gramos de nitrato de amoníaco por metro cúbico de agua. Lyon ha dado como promedio anual, por metro cúbico de agua de lluvias, 6.8 gramos de amoníaco y 1 gramo de ácido nítrico. Suponiéndose que hubiese caído 1 metro cúbico de agua al año por metro cuadrado de superficie de terreno, tendremos que por hectárea cayeron 10 000 metros cúbicos de agua, que contienen 68 kilos de amoníaco y 10 kilos de ácido nítrico. *El ázoe de este amoníaco es de 9 555 kilos de estiércol de cuadra*. Por tanto, el agua que cayó aquel año en los jardines de Lyon dio, en una hectárea de terreno, el ázoe de más de 269 quintales de estiércol de cuadra".

Es notorio lo que aumenta la feracidad de las tierras que se enlaman por medio de las crecientes. A la gran riqueza de este

limo debe su legendaria fertilidad Egipto, cuyas tierras se abonan con las crecientes del Nilo, y en nuestro país las extensas llanuras de la "Laguna" en los estados de Durango y Coahuila que enlaman el Nazas y célebres por su gran riqueza algodoneera. Las tierras más malas se enriquecen como por encanto en cuanto reciben los primeros limos y no es raro ver tierras de última calidad transformarse en pocos años, en tierras de primera.

Los beneficios se extienden más allá de los terrenos regados

Los beneficios del riego se extienden no solamente a los terrenos que directamente reciben el agua, sino hasta los situados a alguna distancia de los primeros. En efecto, el agua de regadío se divide en cuatro partes: una que se evapora y vuelve a la atmósfera; otra que disolviendo las materias minerales es asimilada por la planta para su nutrición y desarrollo; la tercera que sigue corriendo por la superficie del suelo para ir a alimentar nuevas plantas o que cae a las barrancas, y la última que filtrándose a través del subsuelo recorre distancias algunas veces considerables, yendo a formar mantos interiores que al cabo de pocos años llegan a adquirir mucha extensión; de manera que si en un valle situado a un nivel inferior a una comarca bien regada y en la misma cuenca hidrográfica, se abren pozos artesianos, se obtienen comúnmente muy brillantes resultados. En California, Colorado y Texas se han abierto gran número (actualmente se cuentan por millares), en valles más bajos que los de riego, con excelente éxito, siendo ya muy extensas las áreas regadas por estos pozos. En Celaya, que está rodeadas de tierras de riego se han abierto últimamente pozos artesianos con magníficos resultados.

El agua salva al ganado

Se ve, pues, cuán numerosos y extensos son los beneficios del riego. En las haciendas ganaderas el riego de pastos, que des-

graciadamente se practica poco en nuestro país, es la salvación del ganado. En las áridas llanuras de la Mesa Central muere anualmente un número considerable de cabezas por la falta de agua. Regando el pasto en el mes de febrero, vuelve a tomar en ocho días su hermoso color verde, lográndose no solamente evitar la mortandad, sino el tener engorda muy temprano.

Aumento en el valor de las tierras

En una palabra, las tierras de temporal, cualquiera que sea su destino, aumentan considerablemente de valor al transformarse por medio de las obras hidráulicas en tierras regables, pudiendo considerarse este aumento como de 1 a 3 en las más malas circunstancias, alcanzando algunas veces esta relación cifras muy altas, como en el caso ya citado, de transformarse una hacienda que siembra maíz en hacienda de caña.

Por conocidos que sean estos hechos, he creído de utilidad llamar la atención sobre ellos, porque generalmente no se les da toda la importancia que merecen. En efecto, en nuestro país, tanto en los escritos como en las reuniones de las sociedades de agricultura, raras veces se trata de la irrigación, ocupándonos mejor de otros asuntos, que del problema de suministrar agua a las tierras, para lo cual la ciencia nos da tantos y tan variados medios, como tendremos ocasión de ver más adelante.

Tomemos el ejemplo de la región árida de los Estados Unidos: de aquellos terrenos desnudos de vegetación hace muy pocos años, y en los que los ríos y los manantiales eran tan escasos, y que la ciencia y la laboriosidad han dotado de millares de millones de metros cúbicos de agua que han transformado las tierras en fertilísimos campos en los que se producen todos los cultivos del mundo.

CAPÍTULO II

OBSTÁCULOS QUE HA ENCONTRADO EL DESARROLLO DE LA IRRIGACIÓN

Desde los más remotos tiempos el problema de la irrigación ha preocupado a los pueblos. Existen obras hidráulicas en Egipto, en la India y en China que datan de 2 500 años antes de J.C. En España existen obras construidas por los árabes y por los romanos, y en nuestro país la historia nos da la noticia de las magníficas obras hidráulicas de Netzahualcóyotl y de los prodigiosos jardines de los emperadores aztecas, perfectamente regados.

Dada la antigüedad de estas obras, preciso es confesar que se ha avanzado bien poco en ese sendero. ¿A qué se debe la lentitud del progreso en un asunto de tan vital importancia?

Las guerras

El primero y el principal obstáculo que ha detenido el desarrollo de las obras hidráulicas ha sido la guerra. Jovellanos, en su informe sobre la ley agraria de España, dijo la célebre frase de que “no habría nación que no estuviese llena de puertos, de canales y de caminos, y por consiguiente, de abundancia y prosperidad, si adoptando un sistema pacífico, hubiese invertido en ellos los fondos malbaratados en proyectos de vanidad y destrucción”.

México está realizando, a rápidos pasos este prodigio cuyo coronamiento será la solución *del gran problema agrícola que es el problema de la irrigación*. Contamos con elementos poderosísimos que es preciso aprovechar; los enormes desniveles de nuestros valles pueden suministrarnos fuerza eléctrica para elevar el agua a los lugares a donde no pueda llegar por gravedad, y si nuestros ríos son escasos, tenemos en cambio torrentes que en el tiempo de lluvias arrastran millares de millones de metros cúbicos de agua que depositan en nuestros mares y que es preciso no dejar perder.

Las preocupaciones

Pero no son sólo las guerras el único tropiezo que se ha opuesto al desarrollo de la irrigación. En casi todos los países se han dado frecuentes casos en que la irrigación de extensos terrenos ha tenido que subordinarse a intereses o asuntos secundarios. Mi ilustrado maestro el señor ingeniero Roberto Gayol, dice en un folleto refiriéndose a la presa de Assuan (una de las mayores del mundo, construída por el Gobierno Inglés sobre el Nilo) "...con el proyecto original de Sir W. Willcocks, la presa debió almacenar 2 480 millones de metros cúbicos de agua, pero elevando la presa a una altura mayor que la que se le dio, desaparece bajo las aguas la isla Philoe con las ruinas del templo Venus que allí existe, y el Gobierno egipcio, en un momento de debilidad, cedió a la presión que sobre él ejercieron los arqueólogos y artistas, y redujo a la que hoy tiene la altura de la retenida, disminuyendo a menos de la mitad el volumen de agua que puede contener".

Para formarnos idea de hasta que grado se ha llegado en las preocupaciones que han detenido la construcción de las mejores obras, citaremos el siguiente párrafo tomado del libro "El problema del agua" del ingeniero español González Quijano: "Mientras Francia lleva a cabo la grande obra del canal de Languedoc y crea sus arsenales y sus industrias de encajes y tejidos y sus compañías de las Indias una junta nombrada en España para el estudio de los canales del Tajo y del Manzanares

desaprobaba el proyecto, fundándose en que *si Dios hubiera deseado que ambos ríos fuera navegables, con un solo fiat lo hubiese realizado, y sería atentatorio a los derechos de la Providencia mejorar lo que ella, por motivos inescrutables, había querido que quedase imperfecto*". Y esto pasaba en la nación en esa época dominadora del mundo, y una de las que se han preocupado hace más largo tiempo del problema de la irrigación.

La rutina

La rutina de los campesinos ha sido otra de las vallas más difíciles de romper, aun en los países más inteligentes e industrioses del Globo. "En Francia, el canal de St. Martory (Gayol, *La colonización y el desarrollo de la irrigación*) que toma el agua del Garona y que domina la fértil pradera que llega casi a las puertas de Tolosa, siendo capaz de regar 10 700 hectáreas, sólo regaba 2 643 hectáreas en 1894 y 22 976 en 1904, es decir, que el riego se extendía a razón de 33 hectáreas por año y por tanto, si la progresión no se modifica, tendrá la Compañía que esperar 234 años para que los campesinos se resuelvan a utilizar el agua que ella les ofrece".

El gobierno de este país ha concedido franquicias y subsidios a las empresas irrigadoras, sin que se haya podido lograr hasta ahora que se rieguen más de 2 360 000 hectáreas, cifra bien pequeña si se tiene en cuenta la gran riqueza hidrográfica de esta nación.

España es tal vez el país en que estos subsidios y franquicias a las empresas irrigadoras se han concedido con mayor liberalidad. Desde hace cerca de un siglo se viene modificando la ley de aguas, ofreciendo cada día mayores garantías y facilidades, sin haberse obtenido, sino en pequeña escala, los resultado que se esperaban. Entre otros artículos notables, el 197 de la ley de aguas vigente dice que: "todos los terrenos comprendidos en el plano general aprobado, de los que puedan recibir riego, quedan sujetos, aunque sus dueños lo rehusen, al pago del canon que se establezca, luego que sea aceptado por la mayoría de los propietarios interesados, computada esta mayoría por

la extensión superficial de sus fincas, y la empresa, cualquiera que sea, tendrá el derecho de expropiar por su valor de secano los terrenos cuyos dueños rehusen el pago”.

Parece increíble que un beneficio tan evidente como el del riego, pudiera rehusarse y encontrar trabas entre los mismos beneficiados; pero así es desgraciadamente en todos los países del mundo: nunca podrán eliminarse por completo los rutinarios y los especuladores.

La especulación

Los Estados Unidos, el país de las grandes especulaciones, no podía escaparse de la influencia perturbadora de las grandes empresas, que adueñándose de los terrenos dominado por los proyectos hidráulicos, vendían éstos a precios exorbitantes, oponiendo así un serio obstáculo al desarrollo de la irrigación en el Oeste, habiendo tenido que intervenir el gobierno para hacer cesar ese estado de cosas. Sin embargo, justo es hacer constar, que tanto este país como Inglaterra y España, han entrado de lleno en el período de las grandes obras hidráulicas en las que se emplean actualmente algunos millones.

Obstáculos que entorpecen la irrigación en nuestro país

En México los principales obstáculos que se oponen, son también la rutina, y además la apatía y la falta de brazos. De éstos el más serio es la primera. Cuesta inmenso trabajo introducir la menor innovación en Agricultura. Nadie quiere ser el primero en hacer un experimento, porque si desgraciadamente fracasa, todos los colindantes se reirán de él, y esto es de mucha importancia para nosotros. Por mucho que se les demuestre con cifras los beneficios, la contestación es siempre la misma: “que lo haga otro primero”.

Para que se vea hasta donde llegan las preocupaciones, conviene citar algunos casos que ha podido presenciar el autor de estas líneas. En toda nuestra región no muy lejana por

cierto, no riegan el trigo “porque se hiela si se riega” y siembran el maíz en los terrenos de regadío y el trigo en los de temporal.

En una hacienda de otro estado, proyectó el autor de estas líneas una presa, y un sobrino del dueño, propietario a su vez de varias fincas agrícolas, tuvo esta frase que estaba a punto de hacer fracasar el proyecto: “pero tío, para que quiere usted tanta agua?” Afortunadamente la presa se ejecutó y la siembra de trigo aumentó de 300 cargas a 1 000.

En otro lugar no riega “porque el terreno se deslava”.

Pero la frase más común es esta: “si fuera cierto que son tan útiles las obras de riego, todo el mundo las haría” y si se les citan ejemplos conocidos, contestan que eso será bueno en otras partes, pero que allí “no da resultado” ¿por qué? simplemente “porque no lo ha hecho Fulano o Zutano”.

Comúnmente cuando se tiene una mala cosecha se culpa al procedimiento en sí, y rara vez a la ineptitud del que lo ejecuta. Con frecuencia el que trata de introducir una innovación no se coloca en circunstancias análogas al lugar en que ha visto ejecutarla, y de allí un gran número de fracasos que se evitarían estudiando mejor cada caso.

Respecto a la apatía inherente a nuestro clima y a nuestra raza, nada hay mejor para combatirla que la difusión de los conocimientos sobre irrigación para poder apreciar en todo su valor las ventajas del riego; conviene no olvidar que el *agua para el agricultor, es tan preciosa como el oro.*

La falta de brazos

En cuanto al inconveniente de la falta de brazos, el asunto merece algunas reflexiones.

El Sr. Gayol considera el problema de la colonización como una consecuencia de la irrigación. Para formarnos idea de la verdad de este aserto, basta fijar la atención en que los países mejor regados son justamente los que alcanzan mayor población.

Tal sucede con Bélgica y Holanda, países perfectamente regados, en los que la densidad de población es de las más altas en Europa. China, que mantiene a las dos terceras partes de los

habitantes del Globo, es también el país mejor regado del mundo. Puede decirse que allí se aprovecha hasta la última gota de agua en muchas regiones y el cultivo de los campos, dice Reclus “parece trabajo de jardinería”. En los alrededores de Shangai “rinda el terreno lo suficiente para alimentar 20 hombres por hectárea, lo que equivale a una población de 2 000 habitantes por kilómetro cuadrado”, o sea una densidad diez veces mayor que las más altas de Europa. En la India, en el Distrito de Bengala, regado por las aguas del Ganges, se alcanza la densidad de 500 habitantes por kilómetro cuadrado.

Importancia de la elevación del salario

Pero precisamente para emprender las obras de riego se necesita gente, así es que parecemos encerrados en un círculo vicioso. Sin embargo, todo el que ha construido obras de alguna importancia, habrá podido observar que aumentando el salario sobre el nivel normal del lugar, se obtiene inmediatamente una relativa abundancia de operarios, y en muchos casos, aún más de lo que se pretende. El salario elevado y el trabajo “por tarea” he aquí lo que se necesita, ante todo, para resolver el problema de la falta de brazos. Si el trabajo del peón “por día” es insignificante, no sucede lo mismo con el trabajo a destajo. Es notable la resistencia del indio en este último caso para soportar los climas más enervantes y cuando está bien retribuido, aprovechar las horas de luna para trabajar de noche sin que esto le impida volver al trabajo al día siguiente a las horas de mayor calor.

Conviene citar aquí un hecho poco conocido en México, y que causará a la vez sorpresa y satisfacción: en algunos estados de la Unión Americana, principalmente en Tennessee, *se prefiere al trabajador mexicano* en las labores del campo, sobre todos los demás trabajadores de las otras naciones, incluyendo al americano, a causa de su mayor resistencia, disputándose las fincas agrícolas. Se ve, que la fama de mal trabajador que tiene el peón mexicano, sobre todo en nuestro país mismo, se

debe principalmente al poco estímulo que encuentra cuando es mal retribuido.

Llegamos al momento de plantear un problema importantísimo y que se liga solidariamente con los anteriores ¿Conviene aumentar el salario rural en nuestro país? En mi concepto no es solo conveniente, sino *necesario, y será el paso más franco que podría darse en la vía del progreso*. La enorme corriente inmigradora de los Estados Unidos tiene, como fuente principal, los salarios elevados, y es y ha sido uno de los estimulantes más poderosos del inmenso desarrollo de la vecina nación.

Pero entremos en detalles, porque este asunto tiene que encontrar al pronto, desgraciadamente, en todos los países, pocos adeptos.

Todo aumento en los gastos de explotación de un negocio, parece significar, a primera vista, una disminución de las utilidades; pero si este aumento trae consigo un crecimiento de producción o un mejoramiento en la calidad del producto, las utilidades crecerán proporcionalmente a estos factores. Por desgracia se tiene en nuestro país en poca cosa el factor *tiempo* que en agricultura es de vital importancia, y por esto creo encontrar pocos que apoyen la elevación del salario; mas bastaría con que cierto número de nuestros agricultores implantara esta mejora, para que el resto se sintiera arrastrado por la benéfica corriente, y esto me anima a plantear el problema.

En las haciendas de secano o temporal la escasez de brazos hace que las labores se ejecuten con extremada lentitud, sucediendo que la lluvia que fue oportuna para una, llegó fuera de tiempo para otra, y que muy grandes extensiones de terrenos dejen de sembrarse por falta de tiempo. Puede decirse que sembrando muy lentamente, cada labor pide su temporal especial, lo que siendo imposible, aumenta las dificultades de una buena cosecha ya problemática por la irregularidad de las lluvias.

En las haciendas de riego, los perjuicios son menores en cuanto a que se puede disponer del agua en el tiempo que más convenga a cada labor, pero allí son menos disculpables los salarios bajos, en atención a que los productos son mayores y más seguros.

Muchas obras hidráulicas dejan de ejecutarse “por no aumentar los salarios para tener gente”, pues esto significaría en muchos casos, el aumento en todas las labores, disminuyendo, según dicen, las utilidades. Téngase en cuenta que el valor de una hectárea de riego es tres veces mayor que el de una hectárea de temporal, a igualdad de circunstancias, pudiendo considerarse esta diferencia como un *mínimum*, pues en muchos lugares es mucho mayor. ¿Qué significa un aumento, supongamos de un 30% en los gastos, cuando el valor de la propiedad ha subido un 300?

La elevación del salario ha sido hasta ahora insuficiente

La agricultura es uno de los negocios que resisten mejor el aumento de los salarios, sobre todo donde se dispone del riego, y dicho aumento es, en mi concepto, una de las condiciones indispensables para hacerla prosperar, pues si bien es cierto que el salario ha ido creciendo gradualmente, este crecimiento, debido sólo a las inflexibles leyes de la economía política, no ha sido suficiente para estimular la afluencia de brazos que tanto anhelábamos y que poco o nada hacemos por obtener.

Tiempo es ya de desarraigar añejas preocupaciones, hay que hacer una guerra a muerte a las rutinas, vulgarizar y propalar los conocimientos agrícolas para que penetren hasta los ranchos más apartados, lo que cada día facilita más el inmenso desarrollo que han tomado nuestras vías de comunicación, y tengamos una poca de fe y un poco más de valor, cualidades que a los norteamericanos los han llevado tan lejos en la senda del progreso.

Costo de las obras

Hay todavía otro obstáculo que se opone al desarrollo de la irrigación, y es la fama de costosas que tienen las obras hidráulicas, sobre todo tratándose de la construcción de presas.

Por muchos años, en efecto, cuando aun no se conocían bien los efectos de las presiones sobre un muro de depósito, ni las causas principales de los desastres, se han construído estas obras con un espesor considerable que ha aumentado enormemente su costo, y como el sistema de cálculos de éstas es muy reciente y desde hace muchos siglos se construyen presas, puede decirse que una gran mayoría han erogado mayores gastos que los que un estudio científico habría presupuestado. En la actualidad también sucede que se entregan estos trabajos en manos ineptas, que dándoles dimensiones exageradas, las hacen muy dispendiosas sin que por esto resulten más resistentes, pues descuidan detalles muy importantes que en muchos casos son causas de la destrucción de la obra o de averías de consideración.

Ninguna construcción requiere los conocimientos y el cuidado que una obra hidráulica, pues basta algunas veces el olvido de un sólo detalle para producir una catástrofe.

La gran magnitud que en algunos casos alcanzan estas obras hace que con frecuencia se esté estudiando la manera más económica de construirlas. Multitud de aparatos y maquinaria para el transporte de tierras, así como para el movimiento de grandes bloques se han inventado para economizar tiempo y gente. La sección de las presas se ha modificado, en el sentido de tener una gran resistencia con espesores relativamente reducidos; la introducción de las presas de tierra con eje de mampostería, de las de rocas sueltas, las de cemento armado, que no exigen sino muy débil espesor y las presas de tierra por procedimiento hidráulico, han sido otros tantos trabajos en favor de la economía, que han hecho realizables obras que en otra época hubiesen parecido imposibles.

En muchos casos, la naturaleza viene en auxilio del propietario, presentando terrenos en condiciones tales, que basta una obra pequeñísima para inundar inmensas extensiones formando vastos depósitos de agua. El autor con un pequeño bordo cuyo costo fue de \$160, ha podido formar un vaso con el que se han regado más de 500 hectáreas. Casos análogos son bastante más frecuentes en nuestro país de lo que pudiera suponerse, y no debemos descorazonarnos respecto del costo

de una obra de riego sin conocer antes las condiciones del terreno, que pueden muy bien ser las más favorables; y aun en los casos desfavorables, puede recurrirse a las construcciones económicas y aun a las obras provisionales, que pueden después hacerse definitivas con los productos de las primeras; casos muy frecuentes en los Estados Unidos del Norte.

El manejo de nuestras fincas agrícolas es inadecuado

Por último, hay otro gran obstáculo que se opone, no sólo al desarrollo de la irrigación, sino al de la agricultura en general y que consiste en nuestra manera de manejar los negocios agrícolas. Entregadas las haciendas en manos de administradores, no pueden prosperar sino medianamente por mucha que sea la habilidad de ellos. Para que un negocio prospere, es necesario que esté manejado por persona *directamente interesada en él*, de lo contrario, falta el estímulo que es la palanca más poderosa de todo progreso.

El administrador, como todo el que maneja intereses ajenos, no se decide, sino difícilmente, a ejecutar obras de trascendencia, de cuya importancia el propietario no siempre se forma cabal idea a causa del poco conocimiento que tiene de las necesidades de una finca que no visita. Otras veces el propietario tiene excelentes ideas y al consultarlas o discutir las con su administrador, se estrella ante la ignorancia y la rutina de este. Muchas obras de gran importancia se han quedado en proyectos, debido a la oposición sistemática de los malos administradores, y con frecuencia lamentable el hacendado tiene más fe en la práctica rutinaria de éstos, que en los conocimientos técnicos de personas verdaderamente conocedoras en la materia.

La indiferencia de los propietarios

Muy frecuente es que los propietarios no conozcan ni los linderos de sus fincas, que visitan una o dos veces por año, y aun en períodos más largos, dando por resultado una sensible

indiferencia que redundan en notorio perjuicio para la hacienda. El ganado, careciendo de los cuidados de la selección degenera; las tierras se deslavan y hasta las construcciones se caen a pedazos revelando con su augusta actitud, el abandono del dueño.

Las plantas, como los niños, necesitan de cariño y cuidados para vivir, cuando éstos faltan, indefectiblemente mueren, y el administrador no puede, por hábil que sea, atenderlas con la eficacia que el propietario. Encerrado por lo común entre los estrechos límites de un presupuesto empíricamente combinado, no puede desplegar sus facultades ni sus conocimientos agrícolas, y muchas veces una mala inteligencia echa por tierra sus mejores proyectos.

La elección del administrador

Pero hay más: la elección de administrador no siempre es cuidadosa, muy comúnmente basta con que sea honrado. Se cree, por desgracia, que la agricultura es una ciencia muy fácil, y que cualquiera puede ser administrador, siendo así que es uno de los conocimientos que requiere más práctica y estudio.

En nuestro país se le tiene muy poco cariño al campo; todo el mundo quiere vivir en las ciudades; y una de las principales causas de esto es el poco confort que generalmente se tiene en las haciendas. Se considera inútil toda mejora en este sentido. Para amueblarlas, se echa mano de todo lo viejo, transformándolas en depósitos de todo lo inservible, ya se trate de objetos, de animales y aun de personas: la silla mutilada, el caballo manco, el joven recomendado por el amigo y que por inútil no sabemos donde colocar, todo va a dar a la hacienda, y el propietario, no encontrando en ellas el *confort* a que está acostumbrado, deja de visitarlas.

Hace algunos años la falta de vías de comunicaciones motivaba este abandono; hoy que tenemos una red ferrocarrilera de una extensión mayor que la semicircunferencia de la tierra, no tenemos disculpa.

Cuánto ganarían nuestras fincas agrícolas manejadas por sus dueños o por *socios* de éstos. Conviene despertar el amor al campo y las aptitudes agrícolas en los niños. El hijo del hacendado, a quien se les hace pasar frecuentes temporadas en el campo proporcionándoles a la vez los conocimientos teóricos necesarios, acabará por tomarle cariño y podrá dirigir más tarde mejor que nadie, su hacienda, sin contar con los beneficios higiénicos y morales que recibe.

Se cree vulgarmente que la agricultura sólo debe ser estudiada por los pobres, y son los ricos los que más conviene que la aprendan. Estos pueden hacer viajes a los lugares en que está más adelantada, establecer comparaciones y hacer experimentos; cosas que con frecuencia están fuera del alcance del pobre.

Existen entre esos niños aptitudes y talentos que conviene desarrollar y que el aire viciado de la ciudades entorpece y abate.

CAPÍTULO III

¿QUIÉNES DEBEN CONSTRUIR LAS OBRAS HIDRÁULICAS?

Una de las primeras cuestiones que surgen al estudiar el problema de la irrigación, es la siguiente: ¿quiénes deben construir las obras hidráulicas? ¿es el Estado? ¿los particulares? ¿o los sindicatos o grandes empresas irrigadoras?

Ante un problema de tal magnitud *todas la fuerzas, todas las energías deben concentrarse, ligarse solidariamente, como las piezas de una gran maquinaria en la que falta de un solo perno puede detener el movimiento.*

Basta penetrarse de las proporciones del problema agrícola y de la urgente necesidad de resolverlo, para comprender la importancia de que todos los elementos entren en juego; desde las grandes obras construidas por el Estado, hasta el humilde pozo perforado por el indígena.

Pero no es suficiente poner en movimiento todos los elementos, si estos no se combinan de una manera armónica; si no se ligan de tal manera que se presten mutua ayuda; pues de otro modo se entorpecerían los unos a los otros y el resultado sería contraproducente. Pone 20 hombres a mover un objeto que pese 1 500 kilos; basta que el instante del esfuerzo máximo difieran en algunos de ellos medio segundo de los otros, para que el objeto no sea movido; pero haced que el esfuerzo sea simultáneo, y veréis el enorme peso moverse con relativa facilidad.

La irrigación debe ser sistematizada sabiamente

El descuido de estos detalles ha sido una de las principales causas que ha entorpecido el desarrollo de la iniciativa privada en otras naciones, y no pocas veces la acción oficial se ha visto detenida ante la valla levantada por sus propias leyes. La irrigación, como todo sistema circulatorio, tiene que ser ligada sabiamente, desde las grandes arterias hasta los últimos vasos capilares. El agua no se detiene en el predio que acaba de regar, sino que pasa de éste a otro, luego a un tercero y así sucesivamente cuando se encuentra en suficiente cantidad. Donde no se aprovecha, perjudica, destruye, extermina: aquí abre un barranco, allá deslava las tierras, más lejos inunda las sembradas o las poblaciones sembrando la desolación y la muerte. Parece con este alarde de fuerza castigar la apatía y la ignorancia. Pero esta doble acción diametralmente opuesta no es la única que ejerce, sirviendo como medio de transporte y como fuerza motriz. De allí una multitud de combinaciones y de intereses que es preciso coordinar para que no se entorpezcan mutuamente, dando la preferencia a aquellos en que se obtenga el mayor resultado posible. Por ejemplo: tal canal si se utiliza en la navegación, puede dejar sin cultivo una superficie considerable; aquella instalación de fuerza motriz deja improductivas las tierras altas, tal vez las más necesitadas o recíprocamente.

Para formarnos idea de la magnitud del problema que nos ocupa, basta pensar en lo vasto de nuestro territorio, en cuyos 2 000 000 de kilómetros cuadrados, caben tres o cuatro de las naciones europeas, y que la irrigación demanda millares de millones de metros cúbicos de agua. Tanto el Estado, como los particulares, en acción aislada o colectiva, deben contribuir directamente al desarrollo de este grandioso elemento de generación de nuestra agricultura; y tratemos de definir el papel que a cada uno de ellos corresponde.

La intervención del Estado debe ser directa

La intervención del Estado debe ser directa, esto es, debe ejecutar a sus propias expensas las obras de gran capacidad

irrigadora; esto es, aquellas que pueden regar grandes extensiones de terreno.

Existen poderosas razones que motivan esta intervención y que clasificaremos en razones económicas, razones topográficas y razones políticas o administrativas.

Las razones económicas consisten en que la gran magnitud de estas obras de gran capacidad exige comúnmente gastos considerables, que por lo general están fuera del alcance de los capitales privados.

Las razones topográficas consisten en que las grandes cuencas hidrográficas se forman generalmente en terreno de distintos dueños. Casi no hay un río, arroyo o barranco de alguna importancia, cuyas dos orillas pertenezcan al mismo propietario, y muchas veces ni a un mismo estado de la Federación.

Se comprende claramente la necesidad de la ejecución de las obras por cuenta del gobierno, en estos casos.

Por último, las razones administrativas se refieren a la multitud de nuevos intereses creados por estas obras y a la transformación radical que sufren los antiguos. En efecto, esta metamorfosis es tan completa, que los particulares podrían muy difícilmente abordar la nueva situación sin perjudicar a los unos en beneficio de los otros, prestándose el asunto a las especulaciones de la mala fe en gran escala y que sólo el gobierno, con la propiedad y la administración directa de estas obras, puede impedir.

A estas razones, debemos agregar el ejemplo práctico de lo que en otras naciones ha hecho el Estado en favor de la irrigación; pero este asunto ha sido ya tratado con gran talento por el señor Ingeniero Gayol en su interesante folleto "La colonización y el desarrollo de la irrigación".

Estudia el Sr. Gayol la manera como ha sido planteado el problema de la irrigación en las distintas épocas, en cuatro de las naciones que más se han preocupado de esta materia y que son: España, Francia Inglaterra y Estados Unidos del Norte.

Refiriéndose a España, hace notar el Sr. Gayol, el empeño con que el gobierno español ha venido, desde hace muchos años, estimulando a los particulares, para que construyan ellos las obras hidráulicas, concediendo franquicias, subsidios y le-

yes muy liberales a los constructores, sin lograr tener éxito y dando por resultado la resolución últimamente tomada en esa nación, de hacer las obras por cuenta del Estado.

Algo muy semejante ha pasado en Francia, donde empiezan también a ejecutarse obras por cuentas del gobierno, en vista de los escasos resultado que el sistema de subsidios y leyes liberales ha dado hasta ahora.

Refiere en seguida el Sr. Gayol las grandes obras de irrigación ejecutadas por el gobierno inglés en la India y Egipto que se tienen por las mayores del mundo, y que riegan, solamente en la India, más de 7 500 000 hectáreas.

Da cuenta, por último, de los abusos a que la imperfección de las leyes dio lugar en la región árida de los Estados Unidos, y que no terminaron hasta la aprobación de la ley conocida con el nombre de "Reclamation Act" que destina el producto de la venta de los terrenos baldíos, a construir obras de irrigación por cuenta del Estado.

He aquí la síntesis de lo tratado en el mencionado folleto cuya lectura recomendamos a los que deseen conocer más a fondo la cuestión.

De este estudio se desprende que en España y Francia, aunque en los albores de gran problema, se comienzan a ver ya los efectos benéficos de la intervención directa del Estado, y en la India, Egipto y los Estados Unidos del Norte, los resultados alcanzados asombran ya al mundo con el vigoroso empuje que han recibido las obras hidráulicas, produciendo un colosal aumento en la riqueza pública.

En Inglaterra, la intervención del Estado ha sido espontánea, prevista, sabiamente calculada; en los Estados Unidos, Francia y España ha sido el resultado lógico de la experiencia.

En 1899 el "Imparcial de Madrid" emprendió una brillante campaña en favor de la irrigación, en una serie de artículos publicados de abril a julio de ese año.

Dichos artículos no quedaron sin fruto: el Cuerpo de Ingenieros de Caminos, colaboró en ese periódico, y con una actividad digna de encomio, presentó un plan general de depósitos y canales de riego.

Se había llamado poderosamente la atención pública y no

faltaba sino un hombre suficientemente influyente y suficientemente entusiasta para llevar a la práctica esas ideas.

Ese hombre fue el Sr. Gasset, que al año siguiente fue nombrado Ministro de Agricultura, y ha sido en España el más ardiente protector de la irrigación. Hombre de clarísimo talento supo penetrarse de que el problema agrícola en la Península era, ante todo, como en nuestro país, un problema de irrigación y activó los trabajos para la formación de un plan de obras que debía ejecutar el gobierno.

Dicho plan comprendió lo siguiente, según datos del ingeniero de caminos, Sr. Gonzalo Quijano : 6 120 kilómetros de canales, con un caudal de agua de 734 000 litros por segundo y 222 pantanos (presas) con una capacidad de 3 861 millones de metros cúbicos, pudiendo regar 1 183 000 hectáreas y aprovecharse una fuerza de 74 000 caballos.

El presupuesto de estas obras ascendía a 412 millones de pesetas. Como no faltó quien las tachara de enormes y costosas, hace en unas cuantas líneas esta comparación digna de conocerse: "Se han gastado en la red construida de carreteras del estado, 1 000 millones y se calculan que pueden ascender a otros tantos el de las incluidas en los planes generales todavía sin construir; más de 4 300 millones de pesetas se han empleado en la construcción de nuestros ferrocarriles, de los cuales más de 750 han sido desembolsados por el Estado. Después de estos datos ¿hay por qué exagerar el costo relativamente modesto de las obras hidráulicas?"

Reflexiónese sobre estas cifras y se verá que la mayor parte de las obras de gran trascendencia exigen gastos considerables. En nuestro país el desagüe del Valle, del ferrocarril de Tehuantepec, el drenaje de la ciudad de México, la provisión de agua, las obras en los puertos y aun los grandes edificios públicos, han erogado sumas cuantiosas sin que nadie las haya tachado de excesivas, porque, efectivamente no lo son, si se tienen en cuenta los benéficos resultados que proporcionan. ¿Qué deberá pensarse de las obras que han de hacer del nuestro, un país eminentemente exportador, y que han de elevar la riqueza pública a una altura difícil de prever?

Pero hay más todavía; se ha hablado de obras costosas para

ponerse en el peor de los casos, y porque muchas de ellas tendrán que serlo; pero pueden construirse otras muchas que no erogarán grandes gastos, y nada mejor que comenzar por ellas para estimular con el ejemplo la iniciativa individual. Existen, en efecto, vasos naturales magníficos en nuestro país, en los que bastará construir presas de poca altura para inundar inmensas extensiones formando depósitos de muchos millones de metros cúbicos de capacidad. Citaremos un ejemplo bien conocido, la presa de Arroyozarco que con una cortina de pequeñas dimensiones forma un depósito de más de 100 000 000 de metros cúbicos. Este caso no es único ni excepcional en nuestra República; existen cuencas semejantes que sólo esperan ser cerradas por cortinas de escasas dimensiones. Más adelante volveremos sobre este punto interesantísimo al tratar del aprovechamiento de las aguas torrenciales. Existen, además, depósitos ya llenos y que sólo esperan el ser aprovechados; como por ejemplo el lago de Zumpango, con una capacidad de más de 200 000 000 de metros cúbicos.

La intervención del Estado debe ser también indirecta

El gobierno puede fomentar el desarrollo de la irrigación por tres caminos: por el sistema de subvenciones, por medio de una legislación que estimule la iniciativa privada, y difundiendo los conocimientos de hidráulica agrícola. Consecuentes con la base de esta parte de nuestro estudio, de que todos los elementos en favor de la irrigación deben ponerse en juego si se quiere desarrollarla con el vigor que es necesario, creemos que los tres caminos deben seguirse.

El Sr. Gayol condena el sistema de subsidios, señalándole inconvenientes que importa ver hasta que punto son de tomarse en consideración.

Hace ver que en España y Francia este sistema no resultó práctico, a pesar de haberse gastado en él sumas de consideración.

La causa de la poca iniciativa actual en España, no debe buscarse, en mi concepto, en lo inadecuado del sistema de subsidios y demás leyes liberales, que pueden considerarse

como un modelo de legislación de aguas digno de imitarse y de hecho imitado en otros países, sino en el decaimiento moral por que atraviesa como consecuencia de los últimos sucesos internacionales y de su política inestable. Cuando a raíz de las últimas guerras, se levantó la voz de los partidarios de la "Política Hidráulica" anunciando que la irrigación era la salvación del Reino, no faltaron politicastos ignorantes que pusieran a las obras hidráulicas multitud de inconvenientes, a cual más absurdo, siendo tal el estado moral, que encontraron eco aun en inteligencias mejor cultivadas. Llegaron a tal grado estos absurdos, que se criticaba a las presas de no poder regar sino los terrenos situados a un nivel inferior a ellas, y se les tachaba de formar depósitos mal sanos. Esto último vino de la lamentable confusión de nombres que allí existen, pues se les llama "pantanos" a los depósitos que forman las presas, confundiéndolos con las ciénegas o terrenos encharcados.

El terreno estaba mal preparado por el momento, y por esto es que las leyes no han dado el resultado apetecido, pero la simiente germinará cuando este pueblo laborioso despierte de su pasajero letargo.

Pero si esto es así, ¿cómo es que en Francia, a la que no se pueden aplicar las causas anteriores, el sistema de subsidios y leyes liberales no ha dado mejor resultado?

La razón de esto es que en esa nación falta un detalle capital: el estímulo de la necesidad. Ampliamente dotada por la naturaleza de caudalosas corrientes de agua, y con una precipitación pluvial abundante (750 milímetros de promedio anual), la agricultura no ha encontrado allí serios obstáculos para su desarrollo, llegando a alcanzar la proporción de terreno inculto, la cifra más baja entre las grandes naciones europeas. En efecto, mientras esta proporción es en España de 50 por ciento, en la Gran Bretaña de 28 y en Italia de 19, en Francia sólo llega al 9. ¿Es de asombrarse que no hagan grandes esfuerzos en favor de la irrigación?

Sin embargo, la cantidad de terreno regado es bien superior a la de España, pues alcanzaba en 1904 la cifra de 2 360 000 hectáreas (según Risler, director honorario del Instituto Agronómico de Francia), en tanto que en España es de 1 231 000; sólo

que en esta última, la irrigación se ha llevado a cabo a costa de grandes esfuerzos y de obras dispendiosas, mientras que en la primera la naturaleza ha hecho una gran parte del trabajo.

En mi concepto las circunstancias que en España y Francia han hecho deficiente el sistema de subsidios, están muy lejos de ser aplicables a nuestro país, en el que puede decirse que, en cierto modo, los beneficios de las subvenciones están sancionados por la experiencia propia. En efecto, a pesar de los inconvenientes muy razonables que el Sr. Gayol les señala, la verdad es que a ellos debemos nuestra gran red ferrocarrilera, una de las primeras del mundo, y recuérdese el vigorosísimo empuje que los subsidios dieron a nuestras principales líneas.

Dice el Sr. Gayol: "La subvención no reembolsable, significa, desde luego, una pesada carga para el Tesoro Nacional, que viene a ser en el país, lo que son al cuerpo humano las medicinas extremadamente activas, que no se deben aplicar sino en momentos de crisis aguada, para combatir una grave enfermedad, pero que no se pueden aceptar como sistema para conservar la vida y la energía del individuo, pues llega el caso de que este necesita sin cesar de venenos para vivir; esto indica que su organismo está perfectamente minado y que los esfuerzos del médico tienden sólo a retardar por unos cuantos días, el desenlace previsto y ya muy próximo".

Pues bien, sí, nuestra agricultura está enferma, gravemente enferma; urge emprender una campaña activísima para levantarla, y el único medio es el de fomentar la irrigación por todos los caminos posibles. Una vez teniendo agua, todo lo demás vendrá por sí sólo, y nunca mejor que ahora se ha impuesto con tal fuerza la grandiosidad de este problema. Necesitamos exportar en grandes cantidades para tener dinero, y para exportar necesitamos regar.

Necesidad de una legislación que estimule la iniciativa

No puede concebirse el desarrollo de la irrigación sin leyes adecuadas que la protejan y estimulen, pues los mejores proyectos se estrellarían ante la deficiencia de la leyes.

No vamos a presentar un proyecto de ley de aguas, que estaría fuera de nuestra competencia y del programa de este estudio, y sólo vamos a tocar un punto que nos parece interesantísimo.

Una de las cuestiones más importantes que presenta el problema de la irrigación, *es el aprovechamiento de las aguas torrenciales* y es de capital interés reglamentarlas convenientemente. En efecto, cuando un propietario se decide a construir una presa para formar un depósito, lo primero que lo hace vacilar, si el arroyo o torrente sobre el que va a construir es poco caudaloso, es el temor de que se construya otro depósito río arriba del suyo que pueda quitarle el agua, cuando menos en los años escasos. Este temor justificadísimo, desaparecería si existiese una ley que diese la preferencia al que construyese primero, obligando a los particulares a llenar sus depósitos por orden cronológico.

Esta ley, eliminando uno de los obstáculos más serios, estimularía, en mi concepto, grandemente el aprovechamiento de muchas pequeñas barrancas que sólo pueden llenar un número muy limitado de depósitos.

De la misma importancia es la reglamentación de las derivaciones de barrancas que surten a depósitos ya construidos; derivaciones que pueden llevarse a cabo, no permitiendo su funcionamiento, hasta que estén llenas las presas anteriores en fecha de construcción.

Si a los subsidios y a una legislación sabia y prudente se agrega la difusión de los conocimientos agrícolas, el Estado habrá movido las tres palancas más poderosas para el estímulo de la iniciativa privada.

CAPÍTULO IV

IMPORTANCIA DE LA INICIATIVA PARTICULAR

La iniciativa en España

Nada mejor para poner de manifiesto el inmenso desarrollo que puede llegar a alcanzar la irrigación, por la iniciativa privada, que citar, a semejanza del señor Gayol, ejemplos de otras naciones.

Nos referíamos en otra parte al escaso resultado de los esfuerzos de los Gobiernos francés y español en estos últimos años, para desarrollar la iniciativa privada; pero esto no quiere decir que dicha iniciativa no haya hecho nada en ningún tiempo, pues muy lejos de eso ha tenido épocas de verdadera actividad. Refiriéndonos a España, oigamos nuevamente al señor ingeniero González Quijano: "...cuando queremos buscar el origen de nuestros renombrados regadíos, que quizá sirvieron de modelo a los de la Lombardía y a los que vinieron los franceses a buscar enseñanzas para su colonización de la Argelia, nos es preciso remontarnos hasta los siglos XII y XIII, en los que las fértiles vegas de Valencia, de Murcia y de Granada, no reconocían ya rival en Europa. Iniciados por los romanos, extendidos por los moros y con mejora conservados por los cristianos, los riegos eran entonces, y en los tiempos que de cerca les siguieron, objeto preferente de las solicitudes del poder, y *una iniciativa particular; pudiente y vigorosa llevada a cabo,*

a sus exclusivas expensas, obras como la presa primitiva de Almansa, que hubo de terminarse el año de 1384.”

Felices épocas son para un pueblo, aquellas en que el gobierno y los particulares unen sus esfuerzos para la realización de los grandes problemas.

Pero la iniciativa particular no perdió su vigor en la Península aún en épocas en que el Estado se desatendía, casi por completo, de la agricultura: “aún en el reinado de Felipe II —sigue el Sr. González Quijano—, se construyeron obras tan importantes como los pantanos de Alicante y Elche, el recercamiento de la presa de Almansa y los riegos de Aranjuez, y en el terreno legislativo se llevó a cabo el célebre apeo de Loaysa, en el que se recopilaron los antiguos usos de la vega de Granada. La mayor parte de aquellas obras fueron, sin embargo, *costeadas por los particulares*, mientras los recursos del Estado se derrochaban en la guerra o en fiestas reales y en monasterios fastuosos como el de El Escorial, cuyo costo hace ascender Ganga-Argüelles, a la enorme suma de 360 millones de reales.”

La iniciativa en Francia

Ya hemos dicho que en Francia la abundante precipitación pluvial por una parte, y por otra la abundancia de corrientes de agua naturales, no han exigido el empleo de grandes obras de regadío. Existen grandes obras hidráulicas, pero con objetivos distintos del la irrigación. La mayor parte han sido construidas para facilitar la navegación y para el abastecimiento de agua de las poblaciones. Así las grandes presas de Couzon, de Ban, de Pas du Riot, de Fourens o Gouffre d'Enfer, de l'Echandre y de l'Ondenon, construidas en el departamento del Loire, suministran agua a las ciudades de Rive-de-Gier, Saint Chamond, St. Etienne, Firminy, Chambon-Fougerolles y La Ricamarie. Todas estas son obras de grandes dimensiones (la de Gouffre d'Enfer, llega a 52 metros de altura) sin que formen depósitos de gran capacidad, pues ninguna de las citadas alcanza la cifra de 2 000 000 de metros cúbicos de agua.

Pero el hecho citado por el Sr. Gayol, de que existen en Francia 37 grandes compañías propietarias de canales de riego y 3 877 asociaciones de irrigación, indican que la iniciativa particular toma grandes vuelos y que no han sido estériles los esfuerzos del gobierno en este sentido. Natural es que las obras construidas por los particulares, encuentren mayores obstáculos que las ejecutadas por el gobierno, pero esos esfuerzos, aunque lentos, llegan a producir colosales resultados.

La irrigación en Argelia

Es en Argel, donde la precipitación pluvial es tan irregular, donde Francia ha construido los grandes depósitos para la irrigación: citaremos la presa de Hamiz, que forma un vaso de una capacidad de 14 000 000 de metros cúbicos; la de Cheurfas, con una capacidad de 18 000 000 de metros cúbicos y la de Habra con 30 000 000. Se tiene, además, entre otros proyectos de importancia, el de la presa de Rhumel, cerca de Constantina, para crear un depósito de 50 000 000 de metros cúbicos.

La Irrigación en las posesiones francesas de Argelia y Túnez presenta ciertos caracteres de originalidad, de importancia para nuestro estudio, por lo que conviene dedicarles algunas líneas.

Se establecen en estas regiones dos grandes divisiones físicas: el Tell y el Sahara. El Tell comprende todas las comarcas cultivadas y que son las de preferencia colonizadas por los europeos, y más directamente sometidas al gobierno Francés; y el nombre de Sahara se extiende, no sólo al desierto propiamente dicho, sino a las extensas estepas de las mesetas del Atlas, y en general a todos los terrenos pastales. En el Tell, que se extiende frente al litoral del Mediterráneo, en la vertiente septentrional del Atlas, la precipitación anual varía entre 500 y 800 milímetros, no siendo, sin embargo apropiada para el desarrollo de la agricultura a causa de su irregularidad; prestándose la lluvia llega hasta 1 200 milímetros. En el Sahara la altura de la lluvia generalmente con el carácter torrencial, lo que hace indispensable la irrigación, para el levantamiento de

buenas cosechas, aun en la gran Kabyla, en donde la altura de la lluvia llega hasta 1 200 milímetros. En el Sahara la altura de la lluvia varía desde 600 milímetros en la vertiente meridional de Atlas, hasta menos de 200, disminuyendo gradualmente al ir penetrando al desierto. En esta región los cultivos no se practican, sino en extensiones aisladas, que toman el nombre bien conocido de oasis, y siempre por medio de la irrigación.

Los oasis

Estos oasis no siempre son, como vulgarmente se cree, pequeñas extensiones de terreno regadas por un pozo, sino que algunos tienen superficies considerables. Así el oasis de M'sila, en el Hodna, regado por las aguas del Ksob, ocupa una extensión de 6 498 hectáreas cultivándose en él, jardines, árboles frutales y toda clase de cereales. Pero al lado de estos oasis naturales, existen otros creados por la mano del hombre, por medio de pozos comunes o artesianos que se han multiplicado prodigiosamente. Desde el Chott Melrir, hacia el este, hasta el Mediterráneo, se considera como una de las cuencas artesianas más notables del mundo. Refiriéndose a una parte de esta cuenca, el Oued-Rir, la describe Georges Rolland como "un pequeño Egipto con un Nilo subterráneo".

"No hay, dice Brunnes, en los países recientemente ocupados y explotados por los europeos, territorio en que la colonización se traduzca más claramente por estos diferentes hechos conexos: conquista de nuevos recursos naturales y extensión de cultivos; aumento de número de habitantes y crecimiento de su bienestar. Ciertos oasis de Oued-Rir, como Ourir, Ayata, Sidi-Yaya, han sido completamente reconstruidos o creados, gracias a la *iniciativa privada de las sociedades francesas*."

Seguramente en ningún país del mundo se le da al agua la importancia que en toda la región de Sahara, en ningún país tampoco se ven con mayor claridad los beneficios que proporciona a causa del enorme contraste entre los oasis y el desierto, entre la vida y la muerte. En los oasis del M'zab, para no desperdiciar una gota de agua, revisten los canales de riego de

bloques de arcilla cocida en el lugar. En el de Aumaché, se ha empleado un revestimiento de piedra y cemento con excelentes resultados, habiéndose logrado duplicar el caudal de agua a la llegada al oasis.

En el grupo de M'zab, la irrigación se practica por medio de pozos comunes, algunos de los cuales llegan a la profundidad de 55 metros. Esta profundidad impide el empleo de la báscula, usado en Egipto, usando una polea y una cuerda a cuya extremidad está atado *un recipiente de 55 litros de capacidad*. Para poder elevar este peso, hacen uso de un plano inclinado por el cual desciende el hombre que tira del cable, ayudándose de este modo, de la gravedad.

A pesar de la lentitud de este procedimiento, la superficie regada es relativamente considerable, contándose en este grupo de oasis 3 283 pozos, y si se tiene en cuenta la profundidad de la capa de agua y el hecho de que el subsuelo está formado de una roca caliza bien dura, se comprende el esfuerzo que cuesta obtener el agua en esta región.

Para formarnos idea de lo penoso de este trabajo, veamos la descripción que hace el ingeniero francés Mr. Laurent de la perforación de los pozos.

“Cerca de la boca del pozo, se encuentra un fuego bastante vivo, en donde estos buzos, la mayor parte tísicos y embrutecidos por el abuso del kif, se calientan fuertemente y con mayor cuidado todo cuerpo, antes de emprender el descenso. Sus cabellos están rasurados y sus orejas tapadas con algodón impregnado de grasa cáñamo.

“Así calentado y preparado, cuyo turno de buzo ha llegado, desciende en el pozo y entra en el agua hasta las espaldas. Sujeto en esta posición por medio de los pies, hace sus abluciones, algunas plegarias, tose, escupe, estornuda, se sueña, pone su boca al nivel del agua, hace una serie de inspiraciones y expiraciones bastante ruidosas, y en fin, terminados todos estos preparativos (que duran, a lo menos delante de los extranjeros, diez minutos), ase la cuerda y parece dejarse resbalar. Llegado al fondo, con la ayuda de las manos, o más bien de una mano, llena el canasto que lo ha precedido. Hecha la operación, vuelve a tomar la cuerda con las manos y sube. A

menudo está obligado a ayudarse de esta cuerda y del peso que allí se fija para mantenerse en el fondo, teniendo que vencer una fuerza ascensional que trata de volverlo a la superficie.

“Algunas veces sucede que el buzo se asfixia, sea antes de llegar al fondo, sea durante su trabajo, sea mientras que sube a la superficie. Uno de sus camaradas, que todo el tiempo que dura la operación, tiene atentamente la cuerda que sirve de dirección o de señal, advertido por algunos movimientos impresos a la cuerda, del peligro que corre el paciente, se precipita a su socorro, mientras que otro lo reemplaza en su puesto de observación, que deja también a una nueva señal para ir al socorro de sus dos compañeros. Tal como los he visto, tres buzos se encuentran entonces juntos; dos habiendo reclamado socorro en el pozo de dimensiones tan estrechas; este racimo humano ha vuelto a la superficie el primero que bajó arriba y el último abajo.

“El primer movimiento de los que han sido socorridos, es el de abrazar la cabeza de su salvador, en señal de reconocimiento. Hay que notar que los que se sumergen al socorro de sus compañeros, lo hacen instantáneamente, sin preocuparse de los preparativos minuciosos practicados por el primero que baja.

“Entre seis buzos sucesivos reunidos alrededor de este pozo, la duración de cada inmersión ha variado entre dos minutos y dos minutos cuarenta segundos. Varios oficiales superiores, que estaban presentes conmigo en la operación, me han afirmado haber visto, el año anterior, resistir tres minutos. Se notará que la profundidad del pozo no era en este momento sino de 45 metros; que el agua estaba quieta, que sobre seis buzos, dos han reclamado socorro y que el resultado de su trabajo fue dos canastillos de arena, pudiendo contener 8 a 10 litros. ¿Qué pasará cuando el pozo tiene 80 metros y que el agua tiene corriente por ligera que sea?”

En los oasis del Souf, los esfuerzos para obtener el agua son de otro género; para conservarla, hay que luchar abiertamente contra la invasión de las arenas.

Esta región está formada de dunas arenosas, movedizas, teniendo necesidad, para plantar una palmera, de socavar algunos metros, y para que los plantíos no se cubran, hay que estar

continuamente extrayendo la arena por medio de animales o con la gente misma.

No se limitan a los descritos, los esfuerzos hechos en esta región de Argelia para tener agua. “Los Mozabitas, dice Brunnes, estiman demasiado el valor del agua para desdeñar un solo medio de poseerlas; los aguaceros, las tempestades, son bien escasas en el M’zab, dice muy justamente A. Coyne; el año se caracteriza en dos palabras: el río ha corrido o no ha corrido. Sin embargo, en previsión de las crecientes excepcionales producidas por los aguaceros, los Mozabitas han ejecutado trabajos considerables, terminados y conservados como todo lo que ellos hacen. Solamente en el oasis de Ghardaïa, seis grandes presas de retenida, de las que varias son de mampostería, atraviesan el thalweg de parte a parte y están dispuestas para recoger el tesoro extraordinario de una creciente abundante.”

¡Qué enseñanza para los que nos preciamos de una civilización bien superior a la del Africa! Mientras allí se le da tan gran importancia al agua, al grado de sacrificar vidas para obtenerla, en nuestro país la derrochamos a manos llenas necesiéndola con gran urgencia.

Preocupaciones y rutina

He aquí un espectáculo que presenciamos año a año al recorrer nuestros campos cultivados durante el tiempo de lluvias. Numerosas barrancas rebosantes de agua riquísima en limo fertilizante, serpentean entre las raquílicas labores. Las hojas secas y enroscadas hacen un triste contraste con el bullicioso rumor del agua lechosa y brillante que jugueteando, parece querer burlarse de la sequía, saltando en alegres cascadas, corriendo por los caminos, por las veredas, cortando el paso al caminante, inundándolo todo, menos las labores a las cuales se le impide la entrada para que no perjudique. Y bien, diréis, si este año han llovido tan grandes aguaceros ¿cómo es que las milpas están tan raquílicas? “Es que ha llovido después de tiempo”, os contestarán los labradores, cuando ya el maíz ha espigado a una altura de 50 centímetros. Vea usted, ya comienza el jilote

¿qué beneficio puede usted esperar ya del agua? si así hubiera llovido antes... ¿Por qué no hace usted una presa? —Son muy costosas. —Pues un bordo de tierra para detener esta agua y tenerla lista de un año para otro. —Aquí no da resultado. —¿Por qué? —¿Acaso ha visto usted alguno en cien leguas a la redonda? si dieran resultado, ya los habrían construido por docenas, porque bien se necesitan. Además, el propietario no quiere meterse en gastos de experimentos, ni menos después de las malas cosechas que tenemos desde hace varios años. —¿Creerá usted que desde el 900, no hemos podido ver la nuestra? Ya no llueve como antes; las aguas han mermado desde que los ferrocarriles han acabado con los montes que *atraían* la lluvia. Esos tienen la culpa de todo, hasta de la falta de gente, pues se la llevan toda pagando jornales muy elevados. ¿Creerá usted que ni dándoles el maíz a *cuatro*, viene la gente? Prefieren el dinero de los gringos, a ellos nunca les falta. —Pues ¿por qué no suben ustedes también los jornales? —Ya lo hemos hecho y lo único que hemos conseguido es que la gente sólo trabaje tres días en la semana. —Pero ¿cómo en el ferrocarril no sucede otro tanto? —Primero porque allí es mucho más lo que les pagan, y no se deciden a perder tanto; y además, porque el pago elevado no lo disfrutan sino los que trabajan los seis días completos. —¿Por qué no siguen ustedes ese ejemplo? —Se desmoraliza el negocio...!

En nuestro país se derrochan inmensas cantidades de agua

Para formarnos idea de la cantidad de agua que derrochamos durante el tiempo de aguas, citaré un ejemplo práctico: en el mes de julio del año de 1899, fui detenido en la hacienda de la Torre (estado de Querétaro) durante un fuerte aguacero, por la creciente de una barranquilla de 2 metros de ancho solamente, y que no permitía el regreso a la casa. Para matar el aburrimiento de una larga espera, decidí calcular el volumen de agua, arrojando pequeños flotadores improvisados, cuya velocidad era medida en un tramo de 20 metros marcado por dos jalones. Una vez que bajó el agua, pude tomar las secciones, y

hecho el cálculo, resultó que durante una hora, habían pasado por ese lugar *5 198 000 litros de agua*. Téngase en cuenta la escasa anchura de la barranquilla; que la distancia de su nacimiento al lugar en que fue medida la creciente *no llega a cinco kilómetros, y que ésta sólo tuvo una duración de una hora*.

Las crecientes de uno solo de los numerosos afluentes del Lerma, el río de la Laja, aportan a aquel más de 200 000 litros por segundo, o sean 720 000 000 por hora.

En el río de Nadó, que nace en las montañas de Tixmadeje, estado de México, en los distritos de Jilotepec y de Acambay, durante la gran creciente de 23 agosto de 1906, he podido medir en el vertedero de una presa en construcción, un máximum de 108 000 litros por segundo, a una distancia de 14 kilómetros de su nacimiento solamente; siendo de advertir que durante el estiaje, el gasto del río no excede de 75 a 80 litros por segundo.

En agosto del año próximo pasado, he podido medir en el río de Cuautla, una creciente que alcanzó un máximo de 350 000 litros por segundo, dos kilómetros río arriba de la población de este nombre.

Pero no vayamos más lejos, pues ya volveremos sobre este asunto de gran interés. Reflexiónese solamente en la cantidad de barrancas pequeñas o grandes, que cruzan cada una de las haciendas de nuestro país y el volumen de agua que lleva durante las crecientes *y se tendrá una idea de lo que cada propietario derrocha anualmente el precioso líquido*.

No es esto todo, existen multitud de propiedades cruzadas por ríos permanentes, donde bastaría arrojar al agua unas cuantas piedras y revestirlas con césped para desviar la corriente y llevarla con un arado, hasta las labores: y sin embargo, no riegan y las cosechas se pierden por falta de agua.

Por increíble que parezca, es rigurosamente exacto, habiendo algunas en las que ni siquiera se lleva un delgado filete a la casa habitación, para los usos domésticos, siendo favorables las condiciones del nivel, prefiriendo transportarla por medio de animales.

En un pueblo del estado de Puebla, que se surte de agua con un pequeño jagüey, que se agota comúnmente en el mes de

febrero, teniendo que acudir la gente a las locomotoras, que a su paso les dejan unos cuantos litros, un indígena al construir una caballeriza, vió salir un venero de agua; indignado por la pequeña inundación que produjo en su casa, estuvo luchando un día entero por sofocarlo, hasta que lo logró, por medio de mampostería.

¿Se comprende la necesidad de difundir ciertos conocimientos hasta las regiones más apartadas? Sólo la ignorancia puede explicar estas aberraciones casi inverosímiles. La teoría agrícola se estudia, en nuestro país, en catálogos de maquinaria. A estos y a unas cuantas novelas de Ponson du Terrail, se reduce, comúnmente, la biblioteca de nuestras haciendas.

Pero esto no debe asombrarnos, pues ya hemos visto que en Francia los campesinos también se niegan a recibir el beneficio del regadío, como hicimos ver antes, al referirnos al canal de St. Martory; y en España ha sido preciso que la ley haya venido en auxilio de las compañías irrigadoras, para obligar a los propietarios a regar sus terrenos.

La iniciativa privada en la India

En ningún país del mundo, salvo tal vez en China, alcanzan los terrenos de regadío la extensión que en el Indostán, llegando ya a la cifra de 18 000 000 de hectáreas. De éstas, las obras ejecutadas por el gobierno inglés, riegan aproximadamente, 7 500 000 y el resto o sea 10 500 000 hectáreas, son irrigadas *por los particulares*. Solamente por medio de pozos se riegan en las provincias del centro, 48 564; en Madrás, 809 000 y en las provincias del noroeste (datos de Herbert Wilson). Estas cifras dicen más que el mejor comentario.

La iniciativa en los Estados Unidos del Norte

Los Estados Unidos, es el país de la iniciativa, siendo ésta tan vigorosa, que llega a los límites de la audacia. Basta la presentación de un proyecto, muchas veces mal estudiado, para

ponerlo en el acto en ejecución. Esta ligereza, digámoslo así, es la que ha hecho necesaria la intervención del gobierno, más como una medida de orden, que como un estímulo, y para evitar abusos especulativos. La mayor parte de las obras construidas en la región árida, son las de propiedad de sindicatos, siendo raro que el propietario del terreno sea a la vez el propietario de las obras hidráulicas.

En 1903, cuando aun no se concluía la primera obra ejecutada por el Estado, la superficie irrigable llegaba ya a la cifra de 3 075 720 deudas casi exclusivamente a la iniciativa particular.

La irrigación en China

Para que un país pueda mantener el número de habitantes que mantiene China, es indispensable que esté muy ampliamente regado. Los Chinos son antes que nada, agricultores, y los viajeros describen, con entusiasmo, los prodigiosos jardines y huertas que han sido cantados por los poetas y literarios de todas partes del mundo. El arroz, que es uno de los cultivos que exige mayor cantidad de agua, es el más extendido en Oriente, lo que hace presumir el inmenso volumen líquido de que se dispone.

“Entre los chinos, dice Marzy, donde las artes útiles se encuentran a un grado de perfección maravilloso, el regadío es considerado, desde tiempo inmemorial, como la base de la agricultura.

“El suelo está surcado de innumerables canales de riego que después de haber recibido los productos de los arroyos y manantiales, vierten sobre los campos sus mantos fertilizantes. Por todas partes donde los cursos de agua son insuficientes, las aguas pluviales, retenidas por presas, forman vastos depósitos que se utilizan en la época de sequía.

“En las cercanías de Cantón, todas las colinas están cortadas por terrazas cuyo espacio está arreglado por la pendiente natural del terreno; las terrazas más elevadas están destinadas a las plantas que resisten mejor la sequía; las más bajas, al contrario, reciben las que demandan más humedad. Retenidas

artificiales, alimentadas por las aguas de lluvia, permiten obtener a poco costo, el regadío más perfecto: después de haber humedecido los cultivos superiores, el agua desciende por conductos ingeniosamente combinados, sobre los cultivos inferiores, que aprovechan así, no solamente la lluvia recibida directamente, sino también el agua excedente de las alturas y los materiales de arrastre. Gracias a numerosas plantaciones hechas en las aristas de la terrazas, las colinas en vez de pendientes abruptas y los flancos descarnados, presentan a la vista el maravilloso espectáculo de un anfiteatro de frutos y mieses, agradablemente cortado por líneas de verdor.”

La gran importancia que tanto el Estado como los particulares dan en China a la irrigación, es el origen de su asombrosa fertilidad. Al contrario de lo que sucede en otros países, allí *se considera el labrar la tierra, como una operación de alta dignidad*. “En China (Moser, *La irrigación en Asia Central*), cuatro emperadores han labrado la tierra antes de subir al poder. El último, Hang-nou, recorriendo un día los campos de Nan-King, dijo a su hijo: estos hombres que ves trabajar, encorvados sobre la tierra, trabajan, siembran y cosechan para nosotros. Como ellos, yo he sido labrador, pero privado de fuerzas para imitarlos, he cambiado de estado.”

“Es una máxima profundamente acreditada en China, que el emperador debe ser *labrador* y la emperatriz hilandera. Los peligros de la dinastía siguen cerca al abatimiento de la agricultura. En todas las épocas, los emperadores han considerado como un deber del *Tien* (cielo), preocuparse de la agricultura, 2 700 años a.C., el emperador Chen-Nung instituyó la ceremonia de las cinco semillas.” (Esta ceremonia consiste en que el emperador siembra personalmente, cada año, 5 especies de planta útiles, entre las que se encuentran el arroz y el trigo.)

Toda la región oriental está surcada de millares de canales, entre los cuales el más notable es el canal del Emperador, que une el Hoang-ho con el Yang-tse-kiang; de más de 1 000 kilómetros de longitud y cuya anchura varía entre 75 y 300 metros, bordeado de diques que alcanzan, en algunos lugares, hasta 21 metros de altura, dejando muy atrás a los grandes canales de la India. (Datos de Moser, escritor ruso ya citado).

Obras como esta y como la gran muralla, sólo se explican en un país en que la abundancia de brazos es tan extraordinaria y en el que tanto el gobierno como los particulares le dan capital importancia a la agricultura; importancia que se impone allí poderosamente, pues los años de malas cosechas, el hambre con todos sus horrores, hace estragos espantosos en esa numerosísima población.

Enseñanzas que se derivan de los ejemplos anteriores

Estudiando la Irrigación en los países descritos, se comprende la gran importancia de que todos los elementos, tanto oficiales como privados, se combinen armónicamente en favor del gran problema agrícola. Cuando falta algunos de estos elementos, la agricultura no solamente languidece, sino que decae sensiblemente. En España, Francia y otras naciones, y aun en nuestra República, se ven multitud de obras hidráulicas abandonadas. Canales azolvados, presas volcadas, acueductos cubiertos por la yerba, atestiguan épocas en que la irrigación ocupó un lugar predominante. Tierras anteriormente irrigadas, han cedido su puesto a la estepa que recobrando su imperio, se han cubierto de un pasto raquíptico, en el que todavía suele verse alguna espiga de trigo, último vestigio de su antigua fertilidad.

Por fortuna parece que una reacción despierta en nuestros días al mundo civilizado, como una consecuencia, en mi concepto, del desarrollo de las comunicaciones. En casi todas las naciones, es la irrigación el problema de actualidad; las regiones más apartadas desarrollan sus cultivos al encontrar los medios de transportarlos, y México no puede menos de sentir la influencia de este corolario grandioso: *ferrocarriles-irrigación*. A la política ferrocarrilera tiene que seguir muy cerca la política hidráulica.

CAPÍTULO V

EN QUÉ CONSISTE EL PROBLEMA DE LA IRRIGACIÓN

Hace ya algún tiempo que se viene tratando en nuestro país de la irrigación, y últimamente se ha hecho asunto de actualidad. Natural es que nos preguntemos cuáles son las cuestiones con que debemos plantear el problema y cuál es la solución o soluciones que a cada una de ellas corresponde.

Podemos considerar el asunto desde dos puntos de vista esenciales: desde el punto de vista político y desde el punto de vista técnico.

Al primero corresponde el estudio del papel que deben desempeñar respectivamente el Estado y los particulares, señalando los obstáculos que hay que vencer para llegar a una solución satisfactoria. En los capítulos anteriores nos hemos ocupado ya de esta parte del problema y réstanos ahora examinar las cuestiones que se nos pueden presentar desde el punto de vista técnico.

Las primeras preguntas que vienen a nuestra mente son las que siguen: ¿de qué cantidad de agua disponemos para el regadío de nuestro país? ¿qué superficie próximamente podemos irrigar? ¿cuál es el agua indicada para la irrigación en las distintas regiones, o mejor dicho, de que orígenes podremos proveernos de ella? ¿en qué región de nuestro territorio es más urgente la irrigación y por último, ¿en qué lugares se encuentran los sitios más adecuados para el establecimiento de las grandes obras hidráulicas?

En resolver todas estas cuestiones es en lo que consiste la solución del problema técnico; solución que presenta no pocas dificultades en vista de los escasos datos de que podemos disponer. Sin embargo, la importancia del asunto amerita hacer un *tour de force*, para llegar a resultados cuya aproximación científica sea suficiente para darnos una idea exacta del camino que hay que seguir, para llevar a cabo la resolución completa.

De qué cantidad de agua disponemos

Son tan escasos los datos que poseemos sobre el *gasto* o cantidad de agua que corre por nuestros ríos o brota de los manantiales, que es materialmente imposible hacer un cálculo serio sobre ella, siquiera fuese aproximado; por tanto es preciso seguir otro camino para obtener el volumen de agua que podemos utilizar para el regadío.

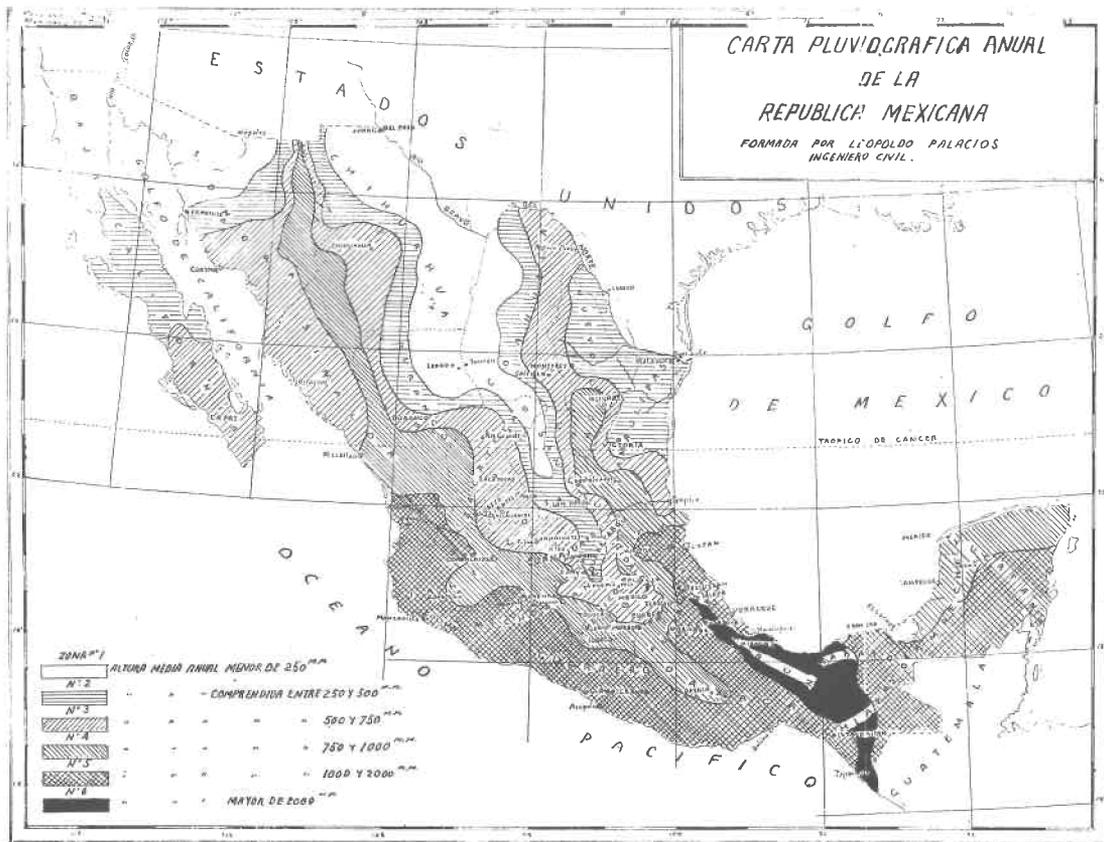
Existe una relación entre la cantidad de lluvia que cae en un lugar y el agua que corre por las barrancas y los ríos; por consiguiente, conociendo la distribución de las lluvias en nuestro país, podremos determinar, aproximadamente, el dato que buscamos.

Carta pluviográfica anual de la República

Debido a la bondad del señor ingeniero Manuel E. Pastrana, director del Observatorio Meteorológico Central, he podido obtener los datos pluviométricos anuales, que, combinados con los publicados en los Anales de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos, por el señor ingeniero Rómulo Escobar, y con otros obtenidos directamente, instalando pluviómetros en algunas haciendas en distintas regiones del país, me han servido para formar la carta adjunta con datos de 187 estaciones.

Siguiendo la forma acostumbrada de presentar esta clase de trabajos, considero dividida la República en una serie de zonas

**CARTA PLUVIOGRAFICA ANUAL
DE LA
REPUBLICA MEXICANA**
FORMADA POR L'OPOLDO PALACIOS
INGENIERO CIVIL.



ZONA N°	ALTIMO MEDIO ANUAL MENOR DE 250 mm
N° 1	ALTIMO MEDIO ANUAL MENOR DE 250 mm
N° 2	COMPRENDIDA ENTRE 250 Y 500 mm
N° 3	" " " " 500 Y 750 mm
N° 4	" " " " 750 Y 1000 mm
N° 5	" " " " 1000 Y 2000 mm
N° 6	MAYOR DE 2000 mm

que para mayor claridad he supuesto ser en número de seis: la primera comprende todas las regiones en que el promedio anual de lluvia no excede de 250 milímetros, o sea entre 0 y 250 milímetros; la segunda alcanza todas las regiones en que la lluvia anual esta comprendida entre 250 y 500 milímetros; la tercera se refiere a los puntos cuyo promedio está comprendido entre 500 y 750 milímetros; la cuarta entre 750 y 1 000 milímetros; la quinta entre 1 000 y 2 000 milímetros, y la sexta de 2 000 en adelante.

La superficie que ocupan dichas zonas es la siguiente:

1 ^a	zona	312 334	kilómetros cuadrados.
2 ^a	“	375 208	“
3 ^a	“	439 579	“
4 ^a	“	336 286	“
5 ^a	“	405 148	“
6 ^a	“	83 832	“

Suma 1 952 387 kilómetros cuadrados.

Con estos datos calculemos la cantidad de lluvia que cae anualmente en nuestro territorio; y para ponernos en el caso más desfavorable, consideremos que en cada una de las zonas cae el mínimum de lluvia entre los límites considerados para cada una de ellas. Así, no tendremos en cuenta la 1^a zona; en la 2^a consideremos que solamente caen anualmente 250 milímetros; en la 3^a, 500, etc. Los resultados, serán los siguientes:

2 ^a	zona	93 802 000 000	de metros cúbicos de agua.
3 ^a	“	219 789 500 000	“
4 ^a	“	252 214 500 000	“
5 ^a	“	405 148 000 000	“
6 ^a	“	167 664 000 000	“

Total 1 138 618 000 000 de metros cúbicos de agua

Caen anualmente en nuestro territorio en las circunstancias más desfavorables.

Volumen total de agua disponible

Veamos qué conclusiones podemos sacar de estas cifras.

Se acepta generalmente que sólo la tercera parte de la lluvia va a engrosar el caudal de las corrientes naturales; el resto, filtrándose en el suelo o perdiéndose por evaporación. Pero poniéndonos aún en las peores circunstancias, admitamos que solamente la cuarta parte de la lluvia corra por las barrancas o los arroyos de donde puede ser derivada por canalizaciones adecuadas y depositada para el riego: esta cantidad de agua disponible será entonces 284 654 500 000 metros cúbicos.

Superficie que podemos irrigar

Ahora bien, los cultivos más exigentes, como la caña de azúcar, consumen por término medio, durante el período vegetativo, de 10 a 15 000 metros cúbicos por hectárea; y los menos exigentes que son los cereales, consumen de 3 000 a 5 000 metros cúbicos; tomando las cifras más altas, que son las más desfavorables en este caso, el promedio entre ambas será de 10 000 metros cúbicos por hectárea, o sea una lámina de agua de 1 metro de espesor, la necesaria para el riego, y por consiguiente, nuestro país es capaz de regar la inmensa superficie de 28 465 450 *hectáreas*, o sean 10 millones de hectáreas más que las que riega actualmente la India inglesa, que es el país del mundo que riega mayor superficie. ¿Se comprende por qué se ha dicho tantas veces que nuestro país está llamado a ser eminentemente agricultor?

Estas cifras, verdaderamente halagadoras, no pueden considerarse como utópicas, desde el momento en que hemos procurado colocarnos siempre en las circunstancias más desfavorables.

Costo de las obras

La superficie actual de riego en la República es (según Raoul Bigot, *Notes économiques sur le Mexique*)¹ 1 550 000 hectáreas,

¹ La exactitud de otros datos estadísticos conocidos que cita esa obra, hacen digna de fe ésta, a falta de datos oficiales de que carecemos.

que deducidas de los 28 465 450, quedan próximamente 27 millones. Raras veces, y sólo en circunstancias excepcionalmente favorables, el costo de las obras hidráulicas es inferior a \$10 por hectárea; y raras veces también excede de \$90, cuando los proyectos están bien estudiados y la construcción se lleva a efecto con el orden y la economía que requiere una buena ejecución;² por consiguiente, si tomamos un promedio de \$50 por hectárea, el costo de las obras hidráulicas necesarias para el regadío de nuestro territorio ascenderá próximamente a 1 400 millones de pesos. He aquí por qué es necesario que *todos los elementos entren en juego*, para resolver un problema de tal magnitud.

De qué fuente obtendremos el capital necesario

Esta cantidad, a primera vista exorbitante, está muy lejos de hallarse fuera de nuestro alcance y es sólo una guía que nos da idea de la importancia de las primeras cifras que habrá que emplear en la construcción de cierto número de obras cuyos productos y el desarrollo financiero que determinan serán suficientes para elevar el capital a la altura necesaria.

Al examinar los libros de una negociación comercial de importancia, nos quedaríamos admirados del movimiento total de caudales en un corto número de años, si no estuviésemos en cierto modo familiarizados con ese fenómeno maravilloso del desarrollo del capital, que parece brotar de la nada. Es la celdilla, el protoplasma que se fracciona, se reproduce y crece hasta formar el árbol.

¿Cuál será, pues, la fuente de donde han de brotar esos 1 400 millones y aun mucho más, sino las mismas obras hidráulicas? Cada obra hidráulica es en efecto una nueva fuente de riqueza, y una fuente de riqueza muy abundante.

Citemos un ejemplo: en una hacienda del estado de Querétaro se construyeron obras de regadío por valor de \$ 52 000,

² Estas cifras han sido obtenidas por una serie de promedios estudiados durante 10 años en distintas regiones del país, en las que los salarios han variado entre 25 cts. y 1 peso.

con las que se riegan aproximadamente 1 000 hectáreas (muy cerca del promedio calculado). El primer año que se llenó la presa pudieron sembrarse en las nuevas tierras 500 cargas de trigo, habiéndose levantado una cosecha del 15 por 1 o sean 7 500 cargas; la venta se hizo a razón de \$16 carga, de manera que el producto bruto fue el primer año de \$ 120 000. Se ve, pues que no sólo se pagó el costo de las obras en un año, sino que quedó un excedente considerable.

Se ve, pues, claramente, que toda la dificultad está en la construcción de las primeras obras hidráulicas y en la constancia en emplear una buena parte de los productos de unas para el fomento de nuevas construcciones.

Así pues, no son en manera alguna para descorazonar esos 1 400 millones, sobre todo si se tiene en cuenta que tanto el estado como los particulares, y con toda seguridad una dosis nada despreciable de capital extranjero, tomarán parte en la magna obra.

Analogía con el problema ferrocarrilero

Agréguese a esto el aumento espontáneo de la riqueza pública que año tras año venimos observando en nuestro país y el que provocará la irrigación de grandes extensiones, y se verá: que lejos de desanimarnos, no representa esa suma sino una gran enseñanza de que los primeros pasos deben ser francos, y que llegaremos a invertir esa cantidad casi sin darnos cuenta, como hemos podido invertir otras muchas. Si el problema ferrocarrilero se nos hubiera presentado exabrupto con todos sus millones de presupuesto, nos hubiéramos encogido de hombros ante la imposibilidad de llevarlo a cabo, hace algunos años. ¿Cómo atravesar nuestras gigantescas cordilleras que se elevan a tres y a cuatro mil metros sobre el nivel del mar? ¿De dónde sacar los miles de hombres que se necesitan para construir esas obras colosales? ¿De dónde vendrá el dinero que ha de remover las montañas?... y todo ha venido, y más aún esas líneas son ya nuestras; no pertenecen ya a extranjeros, y esto en un espacio de tiempo cortísimo que sólo nuestros grandes

economistas pudieron prever. Y bien, el problema actual es magno, como magno fue el problema ferrocarrilero. Tenemos que cambiar el curso de los ríos y cortarles la retirada para adueñarnos del *oro líquido*; tenemos que crear lagos artificiales y vaciar los actuales; tenemos que construir puentes y túneles en los que el agua ha de reemplazar a la locomotora.

Nada más semejante que estos dos problemas; y cabe preguntar: si hemos resuelto el primero, ¿por qué no hemos de poder resolver el segundo?

¿Qué se puede hacer con veinticinco millones en favor de la irrigación?

Ya escrito este estudio y publicado parte de él, fueron votados en el congreso \$25 000 000 para el fomento de la irrigación.

Fácil es comprender la grata sorpresa que todo buen mexicano, y especialmente nuestros agricultores, han recibido. Sin embargo, como nadie desconoce la magnitud del problema, a una gran mayoría le ha parecido corta la cantidad citada, y por tanto creemos de oportunidad dar a conocer lo que se puede lograr con esos 25 000 000 bien empleados.

Tomando el promedio de \$50 por hectárea que antes hemos señalado como el costo probable de las obras hidráulicas, esa suma votada bastará para el regadío de *500 000 hectáreas*. Supongamos que el valor del terreno antes del riego fuese solamente de \$70 la hectárea; el valor de las 500 000 hectáreas será \$35 000 000. Después del riego el precio de la hectárea habrá subido cuando menos a \$200, y valor total del terreno de riego será de \$100 000 000, y por tanto la *riqueza pública se habrá aumentado en \$65 000 000*.

Nunca es censurable toda medida de prudencia

Se ve, pues, que está muy lejos de ser insignificante la cifra votada por el Congreso, sobre todo si se tiene en cuenta que son los primeros pasos que se dan en esta nueva senda, y no es

por tanto censurable ni está de más toda medida de prudencia. Hay que tomar además en consideración, que una parte de esta cifra se ha de emplear bajo la forma de subsidios, y por tanto habrá que agregar a las cifras anteriores el contingente privado.

En unos de los capítulos anteriores dábamos los datos del problema de la irrigación en España, cuyos datos comprendían la cifra de 1 183 000 hectáreas como el complemento del regadío en esa nación, de modo que nuestras 500 000 hectáreas significarían allá casi la mitad del problema; y es, además, poco menos de la cuarta parte de la superficie actual de riego en Francia.

El promedio anual de lluvia en la región árida de los Estados Unidos del Norte, es bien inferior al de nuestra República, y el costo de las obras hidráulicas es allí mucho mayor, entre otras causas, por lo elevado del salario; sin embargo de esto, la verdadera línea divisora entre ese país y el nuestro, no es la cinta del Bravo, ni la serie de monumentos que se extiende desde éste hasta el océano Pacífico, sino la línea que divide la vegetación de la estepa, los campos cultivados, del desierto. Al norte, el algodón, el trigo, el arroz, los jardines, las huertas; al sur los mezquites y los cactus que se levantan perezosos de las arenas. Es preciso que esa división desaparezca y que sólo queden las mojoneras y el río; es ya necesario que se levante una reacción formidable en favor de la irrigación, que extienda nuestros campos cultivados hasta la frontera.

CAPÍTULO VI

DE QUÉ ORÍGENES PODREMOS PROVEERNOS DE AGUA PARA EL REGADÍO

Cuatro son los orígenes de donde se toma comúnmente el agua para el regadío: los manantiales perennes, los ríos de corriente continua, los torrentes o ríos temporales y los pozos. ¿Cuál de todos está llamado a hacer el papel principal en la irrigación de nuestro país?

Podemos considerar nuestro territorio dividido en tres regiones perfectamente caracterizadas por su distinta fisonomía hidrográfica: la región de las llanuras y los valles cuya altitud no excede de 1 500 metros y comprendidos entre las cordilleras y las costas, la Mesa Central y la región montañosa.

Región comprendida entre la costa y las cordilleras

La primera región se caracteriza por una relativa abundancia de ríos de corriente continua, y de manantiales. Unos y otros alcanzan en esta zona su mayor caudal, y las lluvias son en general abundantes, sobre todo en el sur y en las cercanías de la costa del Golfo de México.

Estas circunstancias, unidas a la mucha humedad y las altas temperaturas, hacen de esta región la privilegiada para los cultivos tropicales.

El carácter dominante de la irrigación en esta parte del país será por el sistema de canalizaciones. Estando en efecto los ríos dotados de agua durante todo el año, bastará, en la generalidad de los casos, derivar ésta y llevarla por medio de canales hasta las tierras. Es un error creer que la abundancia de lluvias hace inútil la irrigación en esta zona; pues aunque es casi siempre copiosa, en algunos años no cae con la oportunidad debida, y de allí la pérdida de cosechas de mucho valor que erróneamente no acostumbran regar, como sucede con la vainilla, en el estado de Veracruz. Hace pocos años, en los cantones de Coatepec, Huatusco y Córdoba, no se regaba la caña de azúcar, considerando suficiente el abundante rocío y la frecuencia de las lluvias para su desarrollo. Actualmente los agricultores han podido apreciar los beneficios del regadío, y un buen número de haciendas riega ya sus cañales.

La Mesa Central

La segunda región, o sea la Mesa Central, formada en lo general de llanuras y valles elevados, algunos a grandes altitudes, se caracteriza esencialmente por la gran escasez de ríos de corriente continua y de manantiales, siendo notoriamente dominante en ella el régimen torrencial. Las lluvias son abundantes en la región sur, disminuyendo progresivamente hacia el norte, hasta ser muy escasas en la frontera de los Estados Unidos.

La gran irregularidad de las lluvias, aún en las partes de esta zona en que es más abundante, y la notoria escasez de agua permanente, *hacen de la Mesa Central la región en que la irrigación es más urgente* y de carácter dominante en ella será la formación de depósitos, que es el indicado en los lugares en que domina el régimen torrencial. Esta es propiamente la región de los cereales y demás cultivos de clima templado y frío.

En efecto, además de las causas climatológicas, la cantidad de agua que los depósitos pueden contener, es siempre en mayor o menor grado limitada; sería insuficiente, en muchos casos, para ciertos cultivos tropicales, como la caña y el arroz, y en

cambio bastaría para el desarrollo de los cereales que son de todos los cultivos los que consumen menor cantidad de agua.

Región montañosa

La tercera región o región montañosa, se caracteriza generalmente por la abundancia de lluvias. Los ríos y los manantiales son generalmente de un caudal pobre: los primeros por hallarse cerca del nacimiento de la cuenca hidrográfica, y los segundos porque la zona de filtración es aún poco considerable. La irrigación presentará aquí un carácter mixto, teniendo que aumentarse en muchos casos el caudal por medio de presas.

En esta región es el regadío menos urgente que en la Mesa Central, tanto porque la topografía del terreno lo hace en general impropio para el cultivo extensivo, como por la mayor abundancia de lluvias. Es la región de los bosques.

Es evidente que tanto los depósitos como las grandes canalizaciones habrán de combinarse en todas las diversas regiones, y sólo hemos querido señalar el carácter que está llamando a dominar en cada una de ellas.

La irrigación por medio de pozos

Por último, existen algunos lugares en que la extrema permeabilidad del suelo impide la formación no solamente de ríos de corriente continua, sino aún de ríos torrenciales, siendo necesarios muy grandes aguaceros para que el agua llegue a correr. En este caso es el agua del subsuelo la que resolverá la cuestión y el sistema de pozos y el de presas subterráneas, los indicados.

Ya hemos indicado en uno de los artículos anteriores, que en el Sahara argelino, en donde el terreno es excesivamente permeable y los torrentes mueren al pie de las montañas del Atlas, llegando raras veces hasta el desierto, existe una de las cuencas artesianas más extensas del mundo, siendo la irrigación por medio de pozos, la dominante en esta región, contándose solamente en un sólo grupo de oasis (el M'zab), 3 283.

En 1890 existían en la región árida de los Estados Unidos, 8 097 pozos artesianos, de los cuales solamente el 48 por ciento riega más de 21 000 hectáreas. (Wilson, *Irrigation Engineering*.)

Ya hemos indicado también en estos artículos, que en la India inglesa se riegan, por medio de pozos, 1 003 256 hectáreas, o sea muy cerca del total de las tierras de riego actuales en nuestro país.

Se ve, pues, la importancia que este sistema de irrigación puede también llegar a alcanzar, sobre todo si se extrae el agua del pozo artesiano por medio de bombas, lo que en muchos casos aumenta considerablemente la cantidad de agua o *gasto* del pozo.

CAPÍTULO VII

EN QUÉ LUGARES SE ENCUENTRAN LOS SITIOS MÁS ADECUADOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PRESAS PARA DEPÓSITOS

Debemos dividir nuevamente los terrenos en tres clases: el terreno montañoso, las grandes llanuras ligeramente onduladas y de poca inclinación, y los lomeríos.

En los terrenos montañosos la pendiente longitudinal de los ríos y barrancos es generalmente elevada, siendo rara vez inferior al 2 por ciento, y aumentando en razón inversa del número de afluentes y de su importancia. De manera que el río principal es el que lleva menor pendiente, y los afluentes tienen una pendiente mayor que el río principal y menor que los subafluentes, y así sucesivamente.

Las grandes barrancas forman generalmente una serie alternada de valles y gargantas estrechas. Es en éstas donde el río se precipita con mayor pendiente, disminuyendo al entrar a los valles, para volver a aumentar en la garganta próxima, y así sucesivamente hasta llegar a las grandes llanuras o valles extensos en donde la pendiente llega a hacerse algunas veces casi insensible: uno al millar o menos.

La excesiva pendiente característica de los terrenos montañosos, hace que las presas que se construyan en esta región, deban ser en general de gran altura; por otra parte, la proximidad de las montañas entre sí indica que la longitud de dichas presas será comúnmente corta.

Ventajas e inconvenientes de los depósitos en terreno montañoso

Ésta es la región de los depósitos profundos y de poca extensión superficial. Las ventajas de estos depósitos son las que siguen: la evaporación es en ellos poco considerable, ocupan poco terreno para un gran volumen de agua, y por último, raras veces deja de encontrarse en la entrada de las gargantas la roca adecuada para una buena cimentación y para la construcción de la presa.

En cambio presentan los inconvenientes de exigir cortinas de gran elevación, y por consiguiente de un espesor considerable; y de que las obras accesorias como los canales de riego, de derivación, etc., son generalmente costosas a causa de la abundancia de la roca y de las exageradas pendientes transversales. Además, las vías de comunicación para el transporte de los materiales son comúnmente difíciles y costosas.

Presas en los llanos ligeramente ondulados y de poca inclinación. Sus ventajas e inconvenientes

En las llanuras de poca pendiente, basta levantar una presa de poca elevación para rebalsar el agua muchas veces a varios kilómetros de distancia. Es la región de los depósitos de gran extensión superficial y de poca profundidad.

Tienen la ventaja de no exigir cortinas de gran altura: las obras accesorias son poco costosas y los medios de transporte generalmente fáciles.

A cambio de la poca altura, exigen, por lo común, presas de una gran longitud donde no existen transversalmente al thalweg o eje de barranco elevaciones francas y rápidas donde apoyar los extremos de la cortina. La ausencia de la roca exige comúnmente en estos terrenos trabajos de consolidación del suelo, con frecuencia costosos. Por último, las pérdidas de agua por evaporación son generalmente considerables, lo mismo que los gastos de expropiación de la gran superficie que ocupan.

Presas en los valles formados por colinas

Las presas en los valles formados por lomeríos, presentan por lo común las ventajas de las presas en terreno montañoso y de las presas en las llanuras, muy frecuentemente sin los inconvenientes; y son, por tanto, por regla general, los sitios más adecuados para la formación de depósitos.

Son muy frecuentes en nuestro país, y sobre todo en las regiones altas de la Mesa Central, extensos vasos naturales formados por lomeríos.

Es verdaderamente notable la abundancia de esta clase de vasos, y sobre todo el carácter de semejanza que presentan y que indica una comunidad de origen geológico muy marcada.

El subsuelo de estos valles está formado de una toba (tepetate) arcillosa que por su impermeabilidad lo hace recomendable para la construcción de depósitos. Crestones basálticos o porfídicos cierran generalmente estos valles, presentando la roca precisamente en los lugares adecuados para la construcción de la presa. La poca pendiente longitudinal de los thalwegs hace que basten cortinas de poca altura para producir como en las llanuras un rebalse considerable, y la proximidad de los crestones que los limitan facilita el empleo de presas de poca longitud. La evaporación, aunque mayor que la de los terrenos montañosos, es inferior a la de los terrenos llanos, a causa del obstáculo que oponen al viento las colinas circundantes.

Pueden existir vasos adecuados en todas las regiones

No se crea por esto que en los terrenos montañosos y en las grandes llanuras no se encuentran vasos naturales de gran capacidad y que pueden ser cerrados por cortinas de escasas dimensiones; pero no es este el caso más frecuente, exigiendo, por lo común, como ya hemos dicho, mucha altura en país montañoso y una gran longitud en las llanuras, si se quiere reunir grandes volúmenes de agua.

Como ejemplo de presas en país montañoso, citaremos la núm. 2 en Necaxa (en construcción), que formará un vaso de

44 852 200 metros cúbicos de capacidad, con una cortina de 55 metros de altura.

No tenemos ejemplos notables de presas en las llanuras de nuestro país, pero para formarnos idea de ellas, citaremos las numerosas cajas de agua del plan de Celaya (estado de Guanajuato), formadas por bordos de tierra de poca altura y de longitudes considerables.

El mejor ejemplo que podemos citar de presas en los valles formados por lomeríos, es el de la presa de Arroyozarco (ya citada en otro artículo), y que forma un vaso de más de 100 000 000 de metros cúbicos de capacidad, y que es en la actualidad, probablemente, la que reúne mayor volumen de agua en nuestro país.

Aprovechamiento de los depósitos naturales

A los diversos medios citados para proveernos de agua para el regadío, debemos citar el aprovechamiento de los lagos y lagunas. Estos pueden proporcionarnos un contingente considerable, dándoles salida hacia los valles situados a un nivel inferior por medio de tunelizaciones u otras obras adecuadas.

CAPÍTULO VIII

VENTAJAS DE LA IRRIGACIÓN POR MEDIO DE PRESAS

Hemos dicho que la región más urgentemente necesitada del regadío es la Mesa Central, y que en esta, siendo el régimen torrencial el dominante, la irrigación tendrá que llevarse a cabo principalmente por medio de presas, estando éstas, por lo tanto, llamadas a desempeñar el papel principal en la solución del gran problema; por tanto, todo lo que a ellas se refiera, tiene que interesarnos vivamente.

Dos son las principales ventajas que se obtienen con la irrigación por medio de presas. La primera es que al construirlas, y principalmente si forman depósitos de gran capacidad, sirven como obras de defensa contra las crecientes, haciendo el papel de reguladoras durante las avenidas, y la segunda es que el agua que depositan es, por lo común, muy rica en principios fertilizantes.

Numerosas presas se han construido en Europa y los Estados Unidos, con el exclusivo objeto de defender las poblaciones y las sementeras contra las inundaciones cuyos desastrosos efectos son bien conocidos.

Año tras año tenemos noticia de grandes pérdidas de dinero y de vidas producidas por las crecientes, y ¿qué mejor que defender éstas creando a la vez nuevos elementos de vida y de bienestar?

He aquí un papel verdaderamente notable de esta clase de obras.

En nuestro país los daños causados por las crecientes no llegan nunca a tomar las proporciones que alcanzan en otros, debido a que los efectos de las grandes lluvias no son agravados como en otras partes por los deshielos. Sin embargo, no por eso dejan de causar grandes pérdidas. Todavía no olvidamos la última catástrofe de Guanajuato, y el presente año, apenas comenzando el tiempo de lluvias, ya tenemos noticia de los daños causados en Pachuca, Dolores Hidalgo y Oaxaca, por los primeros aguaceros.

Raro es el año que no tenemos noticia de las enormes pérdidas causadas en los Estados Unidos por las crecientes de los ríos, principalmente del Mississippi, y recuérdense las inundaciones de España y Francia el año pasado.

¡Cuántas presas podrían construirse con los millones que anualmente se pierden por causa de las grandes avenidas, y qué superficie podría regarse con ellas!

Los lagos como reguladores

La naturaleza misma nos indica este medio de defensa, interponiendo en el curso de los ríos, lagos reguladores; siendo muy numerosos los ejemplos que pudieran citarse a este respecto. qué sería de las comarcas ribereñas del Ródano (*Guillén, El Agua*), si no fuese por el lago de Ginebra, que recibe el exceso de agua que se produce en pocas semanas! Éste recoge, sin subir mucho nivel (2 o 3 metros), la inmensa cantidad de agua de 1 770 000 000 de metros cúbicos procedente del Mont Blanc, por medio de los ríos afluentes al lago; luego por la estrecha abertura existente en la ciudad de Ginebra, la da poco a poco al Ródano, alimentándole así sucesivamente. El lago de Costanza es el acumulador del Rhin, el cual durante los grandes deshielos, subiendo sólo dos o tres metros el nivel de las aguas del lago, recibe 2 500 000 000 de metros cúbicos de agua.

El río Thiele produciría inundaciones si no fuese por el lago de Neuchatel, que, hallándose en una parte de su curso, recoge el exceso de agua; recibe 600 metros cúbicos por segundo,

mientras que sólo da al lago de Rienne, 100 metros cúbicos. El lago Morat sirve para regularizar el río Broye, el de los Cuatro Cantones, para el río Reuss; el Or, cerca de Bagneres de Luchon, para el río Arboust, y el lago Mayor para el Po.

En Africa, el Nilo tiene por reguladores los lagos Alberto y Victoria Nyaza, cuyos beneficios los egipcios han sabido completar con el lago artificial Moeris.

En nuestro país tenemos como ejemplo notable al lago de Chapala, que regulariza el curso del Lerma o Santiago.

Acción de los depósitos sobre las crecientes

La acción de los depósitos sobre las crecientes se ejerce de dos maneras: reduciendo el volumen de agua y por consiguiente su velocidad y su fuerza viva, y acumulando los materiales de arrastre que son otros tantos peligros durante las avenidas. En efecto, estos materiales, rocas, troncones, basuras, grandes masas de tierra, etc, al ser arrollados por las aguas, se detienen al encontrar un obstáculo contra el cual se acumulan, formando barreras momentáneas que elevando el nivel del agua la hacen salir de madre, inundando las comarcas vecinas. Cuando este nivel llega a cierta altura, la barrera, no pudiendo resistir la presión, se rompe bruscamente, dejando pasar la creciente con mayor fuerza para ir a causar, río abajo, nuevos destrozos.

Las primeras crecientes que son las más cargadas de materiales de arrastre, encuentran los depósitos generalmente vacíos y son detenidas en parte o en su totalidad, dando tiempo de avisar a los ribereños, río abajo, para ponerse en estado de defensa y salvar sus vidas y sus labores.

Cuando los ríos caudalosos no están defendidos por depósitos u otras obras adecuadas, las crecientes pueden llegar a producir catástrofes verdaderamente espantosas. Una de las más notables es la que tuvo lugar el 30 de mayo de 1903 en los Estados Unidos, y que asoló todo el estado de Kansas, producida por el río Kow, afluente del Missouri.

Las poblaciones que más sufrieron fueron: Kansas City (Kansas), Kansas City (Missouri), Topeca y Armourdale. Esta

última quedó completamente arrasada; trasformada en un hacinamiento de escombros.

Las fotografías adjuntas fueron tomadas por el señor Agustín Palacios, hermano del autor y testigo presencial en Kansas City.

Representan diversas fases de la catástrofe, según las distintas alturas que iba tomando el agua. La avenida comenzó a llegar a la madrugada, alcanzando la señal de peligro a las siete de la mañana, y llegando a subir el agua en algunos lugares hasta 40 pies sobre el nivel del suelo.

Las pérdidas de vidas fueron incalculables, y las materiales, solamente en Kansas City, ascendieron a cinco millones de dólares. Los puentes sobre el Missouri y el Kow, quedaron casi en su totalidad destruidos, salvándose uno solamente, debido a que se colocó sobre él un tren cargado con más de 200 toneladas de piedra, y la inundación persistió por más de tres semanas.

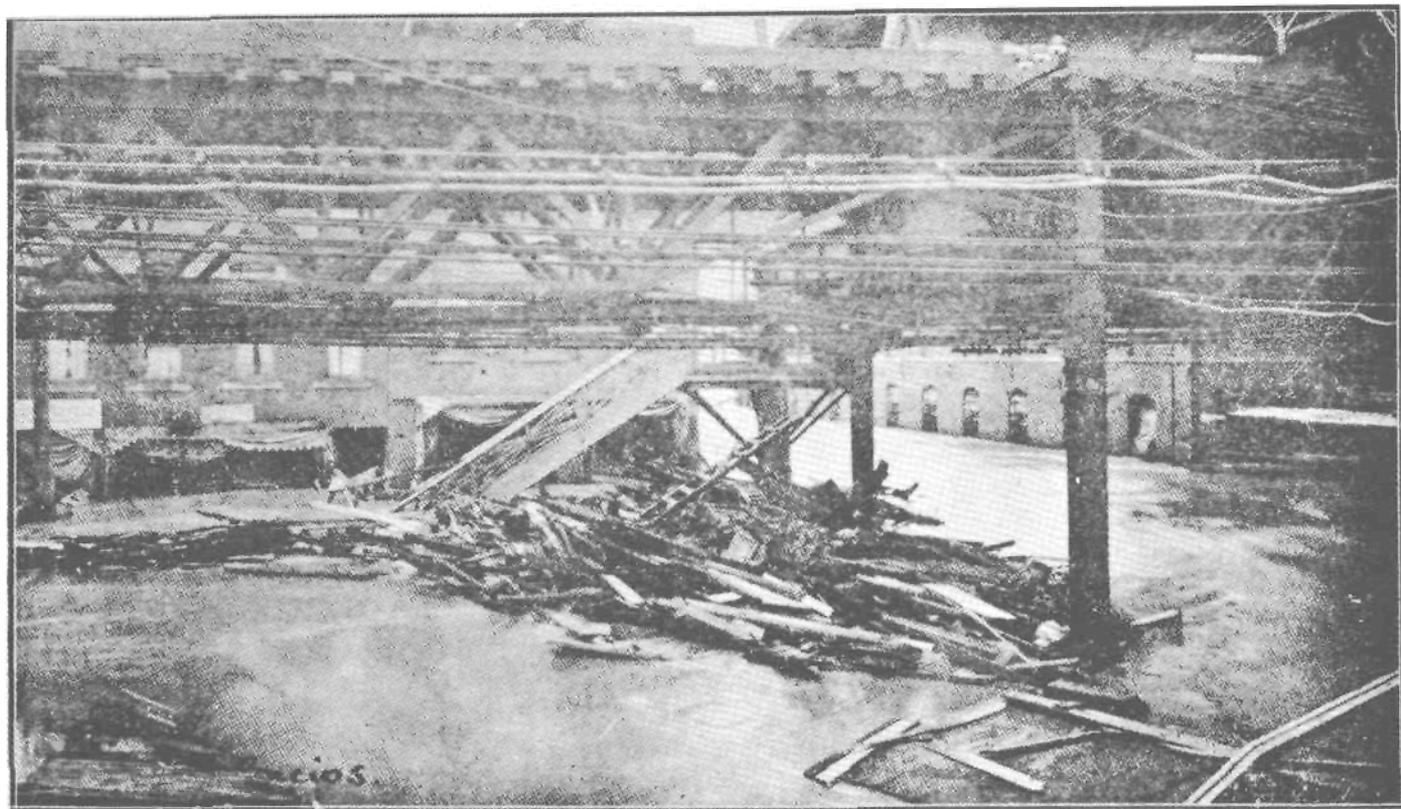
El agua de las presas es la más adecuada para la irrigación

La segunda ventaja de la irrigación por medio de depósitos es, como hemos dicho, que el agua de éstos es muy rica en principios fertilizantes.

En efecto, el agua de las crecientes es muy rica en materias minerales y orgánicas, a causa de las erosiones que produce al chocar contra las riberas del cauce, principalmente del lado cóncavo de las curvas; transportando los materiales para ir a depositarlos a distintas distancias, según su volumen, su densidad y el volumen y la velocidad del agua.

Cerca del origen de las barrancas, donde la pendiente es generalmente considerable, las grandes masas de agua llegan a adquirir una fuerza viva tan intensa, que arrastran gruesas rocas que ruedan por el fondo del cauce, mientras las más pequeñas suelen flotar como troncos de árboles y se les ve aparecer de vez en cuando en la superficie. Más adelante la pendiente disminuye, las grandes rocas se detienen en su movimiento; la velocidad decrece progresivamente y los mate-





riales de arrastre comienzan a depositarse, según su peso y volumen; primero las piedras, luego la grava, y por último la arena más y más fina, quedando solamente en suspensión el limo arcilloso generalmente muy rico en materias orgánicas y sustancias orgánicas y fertilizantes, y que es el que conviene hacer llegar a las tierras de labor.

Substancias fertilizantes contenidas en el agua de depósitos

Las sustancias fertilizantes se encuentran en el agua de los depósitos de dos maneras: en suspensión y disueltas; y es preciso señalar dos errores bastante frecuentes entre las pocas personas que en nuestro país han mandado analizar las aguas crecientes para ver si conviene hacerlas entrar a las tierras. El primer error consiste en considerar pobres las aguas porque estas no contienen sino cantidades infinitesimales de sustancias fertilizantes. Es preciso tener en cuenta que durante todo el período de regadío se emplean millones de litros, y por tanto los miligramos se convierten en kilogramos y aun en toneladas.

Nada hay mejor, para formarnos idea de la riqueza de un agua, como el compararla con otras reconocidas como ricas.

He aquí, como ejemplo, el análisis del agua del prado de la Joncherie considerada en Francia como rica y hecho por M. Le Coppey:

Azoe	1 miligramo	282 por litro
Potasa	2 “	920 “
Cal	7 “	560 “
Ácido fosfórico		vestigios.

Examinemos hasta que punto son ricas estas aguas:

Supongamos un terreno dotado de agua en la cantidad de un litro por segundo y por hectárea. Durante el periodo de los riegos, que es por término medio de 183 días, se habrá empleado 15 811 metros cúbicos por hectárea, y habremos

hecho pasar por las tierras 20 kilómetros 269 de ázoe por hectárea, lo que equivale a haber abonado con 6 000 kilogramos de estiércol por hectárea.

Y bien, hemos visto en nuestro país rechazar, como pobres, aguas de enlame que tenían la siguiente composición por litro:

Ázoe	2 mg	565
Potasa	2	.120
Cal	10	.436
Ácido fosfórico	1	.132
Magnesia	5	.271
Ácido sulfúrico		vestigios.

Se sustituyeron estas aguas por abonos químicos, habiendo disminuido el rendimiento al año siguiente, en la proporción de 35 por ciento en las tierras que nunca habían sido enlamadas y que fueron abonadas, respecto a las de enlame sin abono.

No deben confundirse los limos con las materias disueltas

Otro error consiste en confundir las sustancias en disolución en el agua con los limos en suspensión, existiendo aguas pobres en materias disueltas que son muy ricas en limo; como ejemplo notable podemos citar las aguas del Nilo, que siendo pobres en sustancias disueltas, son en cambio muy ricas en la composición del limo que llevan en suspensión. En efecto, el Nilo sólo contiene 0^g.169 de sustancias disueltas por litro, mientras que el Rhin contiene 0^g.171 y el Sena 0^g.210; el Nilo sólo contiene en disolución 0^{mg}.510 de ázoe por litro, mientras que el Durance, por ejemplo, contiene 1^{mg}.773 (Risler & Wery). En cambio la composición del limo del Nilo es según Letheby:

	Crecientes	Estiaje
Materias orgánicas	15.02	10.37
Ácido fosfórico	1.78	0.57
Cal	2.06	3.18
Magnesia	1.12	0.99
Potasa	1.82	1.06
Sosa	0.91	0.62
Alúmina y óxido de fierro	20.92	23.55
Siliza	55.09	58.22
Ácido carbónico y pérdidas	1.28	1.44
	100.00	100.00

Como se ve, estos limos son muy ricos en materias orgánicas, en ácido fosfórico y en potasa, que hacen la legendaria riqueza de aquellas tierras.

Estando los limos formados por las erosiones que producen las crecientes, su composición depende de los terrenos que atraviesa la corriente; siendo por lo común tanto más ricos cuanto mayor es el trayecto que recorren a causa de la diversidad de terrenos que encuentran.

Pero estos limos no solamente benefician las tierras en cuanto a su calidad, sino también por su cantidad, proporcionando tierra nueva arable de la mejor en espesores, que aumentan año por año; de suerte que puede decirse de las tierras de enlame que cada año mejoran en vez de disminuir en calidad, como sucede con la generalidad de las tierras. Cuando el enlame se lleva a cabo de una manera conveniente, el beneficio es tan palpable, que es posible trabajar las tierras sin descanso, y aun sin emplear rotaciones de semillas, a causa de que los elementos se están renovando continuamente.

Para formarnos idea de la enorme masa de limos que pueden arrastrar los ríos, citaremos cuatro de los más conocidos:

	Metros cúbicos
El Granges (India inglesa)	42 000 000
El Po (Italia)	40 000 000

El Nilo	30 000 000
El Ródano	21 000 000

Entre nosotros, el que arrastra mayor cantidad de limo es el Bravo, no tanto por ser el más caudaloso, como por su carácter torrencial; aunque una buena parte de este limo es detenida en las presas construidas en el trayecto que recorre en los Estados Unidos del Norte.

El agricultor que *limona* sus tierras, dice Risler, mejora muy sensiblemente su rendimiento.

Acción de los gases disueltos en el agua

El agua no solamente contiene en disolución materias minerales, sino también gases cuyo papel no es menos importante. Al contacto con la atmósfera disuelve el oxígeno, el ázoe y el ácido carbónico, cada uno de ellos como si estuviera solo, conforme a la segunda ley de Dalton.

Esta acción disolvente continúa al atravesar los pequeños huecos que quedan dentro de la tierra, de manera que *la irrigación orea el suelo del mismo modo que el azadón y el arado cuya acción continúa*; lo que explica su utilidad aún en los lugares en que las lluvias son abundantes y regulares.

La acción comburente del oxígeno hace asimilables las sustancias insolubles, esencialmente el ázoe que transforma en ácido nítrico soluble, siendo el agente indispensable de las combustiones numerosas que tienen lugar durante el período vegetativo.

El ácido carbónico ataca las rocas y las arenas y se apodera del carbonato de cal que es muy soluble en presencia de un exceso de ácido carbónico. Esto explica la presencia de la cal en casi todas las aguas, generalmente en abundancia, lo que basta para considerar la irrigación como fertilizante en la mayor parte de los casos. En efecto, las aguas más pobres dan casi siempre una proporción de 9 a 10 gramos de cal por metro cúbico.

Para que la absorción de los gases se verifique con la validez necesaria, conviene repartir el agua *en lámina delgada, procurando que tenga corriente por pequeña que sea*, de lo contrario,

regando con grandes masas de agua y dejándola estancar, la planta se *asfixia*. Son los riegos que los alemanes llaman *riegos a muerte*.

Diferencia entre riegos y enlames

No deben confundirse los riegos propiamente dichos con los enlames. Los primeros tienen lugar al sembrar durante el período vegetativo, y tienen por objeto disolver las materias minerales y contribuir directamente a la nutrición y desarrollo de la planta. Se emplean haciendo uso de cantidades limitadas de agua, y un exceso las perjudica, debiendo complementarse con un buen drenaje, si se quiere obtener todo el resultado.

Los segundos tienen lugar principalmente cuando la planta está ausente, esto es, durante el período de descanso de las tierras, y tienen por objeto principal enriquecer estas, depositando las materias nutritivas que han de ser asimiladas después durante el período vegetativo.

En los enlames debe emplearse la mayor cantidad de agua posible, dejándola en reposo cierto tiempo, para permitir la precipitación del limo en suspenso.

De los enlames puede decirse con Risler que “el peso de las cosechas es proporcional a la cantidad de agua empleada”, no sucediendo lo mismo respecto de los riegos propiamente dichos, pues sabido es que si se da a la planta mayor cantidad de agua de la necesaria, en vez de beneficiarse se perjudica, y este caso es muy común en nuestro país, en donde se emplea, por lo general, *demasiada agua para regar*, lo que perjudica especialmente a los terrenos arcillosos cuando no se tiene la precaución de dejarla escurrir fácilmente por medio de drenes adecuados. *La principal causa del chahuixtle en los trigales, se debe generalmente a esta circunstancia.*

Riegos fertilizantes

Hay también otra clase de riegos que se dan durante el período vegetativo con cantidades de agua abundantes, y que ejercen

a la vez el papel de los riegos, propiamente dichos, y el de los enlames. Estos deben ir acompañados siempre de un buen drenaje para que el exceso de agua no asfixie la planta, principalmente en los terrenos arcillosos, y en los que siendo arenosos descansan sobre una capa de terreno impermeable, situada a poca profundidad

Son los riegos llamados fertilizantes, y no conviene darlos con agua muy rica en materiales en suspensión, a causa de la impermeabilidad del limo, siendo para este uso las indicadas, las aguas ricas en materias disueltas.

Conviene no confundir estas tres maneras de emplear el agua, pues la mayor parte de los autores reúnen bajo el nombre de riegos a estas tres operaciones absolutamente diversas, tanto en la manera de ejecutarse como en sus fines.

En efecto, el principal papel del agua durante los enlames, es el de transportar las materias fertilizantes enriqueciendo las tierras en las que se fijan no solamente las substancias en suspensión, sino también muchas de las que lleva en disolución, gracias al gran poder retentivo de la tierra vegetal, especialmente de las tierras arcillosas.

Durante los riegos, propiamente dichos, el agua toma una parte muy directa en la nutrición y el desarrollo de la planta. No solamente es un disolvente de las materias minerales, sino que es el agente indispensable de la nitrificación; juega el principal papel en los fenómenos de ósmosis; y en el ascenso de la savia, la cual avanza cada vez que una gota de agua se evapora en el parénquima de las hojas por la disminución de presión que provoca en los vasos capilares; orea el suelo y se descompone en sus elementos, hidrógeno y oxígeno, formando hidratos de carbono, almidón y azúcar.

Por último, en los riegos fertilizantes, a la vez que se nutre la planta, se enriquecen las tierras, no debiendo darse estos sin las debidas precauciones, especialmente cuando se usan aguas turbias, en cuyo caso es preciso que los depósitos de limo se hagan en *lámina delgada*; para que no se asfixie la planta, y en todo caso nunca darlos sino se cuenta con tierras perfectamente drenadas, sea natural o artificialmente.

CAPÍTULO IX

CUESTIONES PRINCIPALES QUE COMPRENDE EL PROBLEMA DE LA IRRIGACIÓN. RESUMEN DE LOS ÚLTIMOS CAPÍTULOS

Para fijar las ideas conviene hacer un resumen de las materias tratadas en los últimos capítulos y que condensan los principales puntos técnicos que comprende el vasto problema de la irrigación en nuestro país.

Citaremos, entre las principales cuestiones que hay que resolver, las siguientes: ¿de qué cantidad de agua disponemos para el regadío de nuestro país? ¿qué superficie próximamente podemos irrigar? ¿en qué región de nuestro territorio es más urgente la irrigación? y por último, ¿de qué orígenes podremos proveernos de agua?

De qué cantidad de agua disponemos para el regadío

Después de un estudio pluviográfico de la República hemos visto que el minimum de lluvia caído en un año ha sido 1 138 618 000 000 de metros cúbicos de agua, y que de éstos podríamos utilizar una cuarta parte, o sean 284 654 500 000 metros cúbicos.

El volumen de agua que cae anualmente en Francia es en promedio de 400 000 000 000 de metros cúbicos, y los aforos de los ríos de aquel país arrojan un caudal medio anual de 180 000 000 000 de metros cúbicos; por consiguiente corre por

ellos *casi la mitad del agua de lluvia*. Si comparamos estas cifras con las que hemos expuesto para nuestro país, creemos más bien quedarnos cortos al estimar como aprovechable solamente *la cuarta parte de la lluvia anual*; sobre todo si se tiene en cuenta que hemos tomado los mínimos y los datos de Francia se refieren a promedio.

Superficie que podemos irrigar

Siguiendo nuestro sistema comparativo, veremos que en Francia, M. Bechmann, ingeniero en jefe y profesor de la Escuela de Puentes y Calzadas de París, estima que se puede regar allá próximamente *la cuarta parte del territorio*.

Haciendo uso de las cifras anteriores, y teniendo en cuenta que nuestro territorio es cuatro veces mayor, veremos que si allá pueden regarse próximamente 13 000 000 de hectáreas (la superficie de Francia es de 53 000 000 de hectáreas), con una cantidad anual de 400 000 000 000 de metros cúbicos, en nuestro país en que la cantidad anual de lluvia llega a 1 138 618 000 000 de metros cúbicos, siguiendo la misma proporción, podríamos regar más de 38 000 000 de hectáreas; o sea próximamente *la quinta parte de nuestro territorio*. Sin embargo, sólo hemos querido admitir la posibilidad de regar 28 465 450, con la cual creemos estar dentro de los límites de prudencia que exige todo cálculo aproximado.

Hemos elegido Francia para esta comprobación comparativa de nuestros cálculos, por ser el país del mundo en que estos estudios se llevan con mayor escrupulosidad.

En qué regiones es más urgente la irrigación

Es lógico suponer que las regiones escasas de ríos y manantiales, así como de precipitación pluvial, en una palabra, las regiones áridas, sean las que necesitan más urgentemente de la irrigación; y en todos los países es en ellas donde se pueden ver las obras hidráulicas más notables. Tal sucede en España en

la vertiente del Mediterráneo que es la más escasa en lluvias. En Argelia, la vertiente meridional del Atlas, hasta el Sahara; en Francia, la región meridional, y en los Estados Unidos del Norte, la llamada "región árida del oeste," que es un hermoso ejemplo de la transformación que sufre la tierra por medio de la irrigación. En nuestro país, la región menos favorecida es la gran altiplanicie o Mesa Central, y por ende *aquella en que la irrigación es más urgente*. Los ríos y los manantiales son bien escasos, y las lluvias, si en la región sur son algo abundantes, están caracterizadas por una marcada irregularidad; pues muchas de ellas tienen por origen los centros ciclónicos de las Antillas. El norte, situado plenamente en la región de las calmas tropicales en que se verifica el descenso de los alisios, tiene el carácter desértico de las regiones de igual latitud, y si no toma completamente el aspecto del Sahara, del desierto índico del Thur, o de los desiertos de Arabia, se debe principalmente a su altitud y a su situación geográfica entre dos grandes mares.

De qué origen podremos proveernos de agua

Hemos visto que, dominando el régimen torrencial en gran parte de nuestro territorio, y esencialmente en nuestra gran altiplanicie central es el agua de crecientes la que nos suministrará la mayor parte que hemos de emplear en el regadío, pues los ríos de corriente continua y los manantiales son escasos y poco caudalosos, excepción hecha de los terrenos bajos que es donde los ríos alcanzan mayor caudal y son más abundantes, especialmente en la proximidad de las costas.

Esta agua de creciente se presenta casi por todas partes ofreciendo sus riquezas, y es verdaderamente lamentable que sea la menos aprovechada, siendo así que son excepciones las haciendas en las que no se ve correr durante el tiempo de aguas. Suplico a los agricultores que me hagan el honor de leer estas líneas, la mayor atención a la siguiente pregunta: ¿existen en su hacienda barrancas por las que corra el agua durante el tiempo de lluvias? Si esto es así, es muy probable que pueda regarse en una extensión más o menos considerable, según la

importancia de estas barrancas y la mayor o menor capacidad que pueda dárseles a los depósitos.

No se crea que es indispensable construir éstos sobre las barrancas, pues con frecuencia se encuentran sitios más adecuados fuera de ellas; ni es preciso, para que den un buen caudal de agua, que sean de grandes dimensiones; pues ya hemos visto, en otro de los capítulos, que en una barranquilla de 2 metros de ancho se han podido medir durante una hora 5 198 000 litros de agua. Téngase en cuenta el número de crecientes que bajan por término medio al año, y se comprenderá que esa barranquilla podría muy bien llenar un depósito de considerable capacidad.

Y bien, ¿por qué hacienda no corre alguna barranca más o menos caudalosa? Si en muchas de ellas la topografía del terreno no presenta un lugar adecuado para la formación de un depósito de gran capacidad, en ese caso lo indicado es formar varios de capacidades reducidas cuya suma puede llegar a ser considerable. Otras veces la barranca pasa a un nivel demasiado bajo para que pueda alcanzar las labores, y en ese caso habrá que ponerse de acuerdo con los ribereños, río arriba, para construir la toma en lugar adecuado, o bien levantar el nivel del agua por medio de diques y canalizaciones adecuadas, o en último resultado hacer uso de aparatos elevatorios. Pero el caso más desfavorable es cuando sólo se encuentra terreno permeable; y entonces pueden suceder dos cosas: o esta capa permeable es de poco espesor, reposando sobre otra impermeable, en cuyo caso el problema es de fácil solución, llevando la cimentación hasta el segundo, o la capa permeable tiene un espesor indefinido, en cuyas circunstancias es preferible renunciar a la obra; aunque algunas veces es posible impermeabilizar el terreno.

Hemos señalado los casos más desfavorables, pero una larga experiencia me ha hecho ver que no son éstos los más frecuentes, sino por el contrario; de manera que el agua de avenidas es una gran esperanza, tanto por su abundancia como por su riqueza en limos fertilizantes, y una promesa halagadora de que nuestra agricultura podrá llegar a ser, con el tiempo, una de las primeras del mundo.

Se terminó el 18 de mayo de 1994 en
Imprenta de Juan Pablos, S.A.,
Mexicali 39, México 06100, D.F. La
edición consta de 1 000 ejemplares.

“El primero de los conocimientos que debe tener todo agricultor es el de la manera de proporcionar aguas a sus tierras” —afirma Leopoldo Palacios en la introducción de esta obra, cuya edición original data de 1909—. “Es preciso comprender bien que la agricultura es imposible sin agua; esperarla que caiga del cielo, es dejar al acaso lo que debe ser obra del hombre: transformar en albur lo que cabe en el dominio científico.”

La **Biblioteca del Agua** es una colección de libros dedicada al estudio de las diversas formas de uso del agua en México y en otras áreas del mundo. Incluye reediciones de obras antiguas, traducciones, compilaciones de artículos y leyes, así como los productos de las investigaciones del programa **Historia y Antropología del Agua (siglos XIX - XX)**, que lleva a cabo el CIESAS en colaboración con el IMTA.