

# CONFERENCIAS SUSTENTADAS ANTE LA "DIVISION DE IRRIGACION" DE LA "AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS" EN LA LXXI CONVENCION ANUAL CELEBRADA EN SAN DIEGO, CALIFORNIA, LOS DIAS 23 AL 26 DE JULIO DE 1941

VERSION DEL ING. FRANCISCO GOMEZ PEREZ

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE ESTADISTICA, DELEGADO DE LA COM. NACIONAL DE IRRIGACION

En las convenciones que celebra la sociedad arriba citada durante el verano de cada año en la región occidental de los Estados Unidos, incluye siempre algunas conferencias sobre Ingeniería de Irrigación, por ser ésta una de las ramas de la profesión a que se dedica un número considerable de ingenieros en dicha región.

En la convención que tuvo lugar el presente año de 1941 tuvieron interés especial las conferencias siguientes: "Reducción de las Pérdidas de Conducción en la Distribución de Agua para Riego", "Características Distintivas de los Distritos de Riego en el Municipio de San Diego", y "Clasificación de las Tierras Regables", sobre las cuales se presenta a continuación la versión que al escuchar las mismas formó el autor de esta nota, quien presentó en la misma convención un trabajo titulado "Notas Relativas a los Antecedentes Históricos de la Irrigación en México durante el siglo XVI".

Las versiones que aparecen a continuación no deben considerarse como preparadas por los autores que se citan, pues según queda explicado fueron anotadas al ser escuchadas las conferencias, y, por lo tanto, representan la interpretación que el autor de la versión dió a los temas que fueron presentados.

En relación con el tema presentado ante la convención por el autor de esta nota,

conviene consultar un trabajo más amplio sobre el mismo preparado en el Departamento de Estadística de la Comisión Nacional de Irrigación, que lleva por título "Apuntes para la Historia de los Aprovechamientos Hidráulicos en México", y que fué preparado como colaboración al Primer Congreso Mexicano de Ciencias Sociales organizado por la B. Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, que se celebró simultáneamente con la convención de la "American Society of Civil Engineers", al finalizar el mes de julio de 1941.

El estudio más interesante para la Comisión Nacional de Irrigación, de los presentados ante la Convención que se reseña, es el que lleva por título "Reducción de las Pérdidas de Conducción en la Distribución de Aguas para Riego" y tiene especial interés, más que el estudio mismo, que es de carácter sugestivo, uno de los comentarios que al mismo se hicieron y que se refiere al uso del agua almacenada en el terreno mismo en el Distrito de Riego de Madera, en California, que es servido con aguas del río Friant. Radica el interés que este estudio tiene para la Ingeniería de Irrigación en México, en el hecho de que se hace referencia a un distrito de riego de extensión como de unas tres cuartas partes de la que tiene la Región Lagunera, y en el cual se

encuentran instaladas también como en dicha región, unas 2,000 bombas o norias para extraer el agua del terreno y utilizarla en los riegos.

Es interesante, por tanto, observar el punto de vista que se ha tomado en el diseño de los canales en el Distrito de Riego de Madera, separándose de la práctica usual en la mayor parte de los casos, de evitar, hasta donde sea posible, la filtración del agua a través de ellos, y colocándose en una posición diametralmente opuesta, permitiendo dicha filtración para hacer que el nivel del agua en las norias no continúe descendiendo, sino que se conserve y pueda ser utilizada el agua que previamente se almacenó en la presa de Friant, realmacenándola en las mismas tierras que comprenden el distrito de riego y sacándola del terreno al cual se sirve.

Sin embargo, como tanto el autor del estudio como el comentarista indican, es necesario guiarse como en otros problemas de ingeniería por un criterio esencialmente económico, que esté basado no únicamente en la tradición local, sino también en la determinación cuidadosa de lo que resulta menos costoso para el distrito de riego, es decir, el aprovechamiento del agua de gravedad almacenada en la presa y llevada hasta los terrenos por canales prácticamente impermeables, o el aprovechamiento del agua profunda almacenada sólo interinamente en la presa para permitir que a través de las filtraciones de los canales se almacene de una manera más permanente en el terreno y sin estar expuesta a la evaporación, para que de él sea bombeada junto

con el agua que naturalmente se filtre en él, pero teniendo siempre la precaución de evitar el exceso de contenido de agua en el terreno que pueda ser perjudicial para las cosechas.

El otro trabajo titulado "Características Distintivas de los Sistemas de Riego en el Municipio de San Diego, Calif.", tiene también interés por ser completamente comparables las condiciones que en él citan, con las que prevalecen en la región donde se encuentra construida una de las obras importantes de la Comisión Nacional de Irrigación, o sea la Presa Rodríguez, cuyas condiciones prevalecen casi inalteradas en buena parte de la región costera del extremo norte del Territorio Norte de la Baja California.

El trabajo titulado "Clasificación de las Tierras Regables" trata un tema amplio y de manera general; pero, sin embargo, incluye sugerencias interesantes como el empleo de ilustraciones fotográficas como auxiliar para guía tosca de quienes tienen a su cargo trabajos de clasificación, y otras relativas a diversos datos que conviene incluir en los mapas de suelos.

El presentar una versión publicada en español, preparada aun antes de que aparezcan los trabajos en inglés, tiene para los ingenieros mexicanos la ventaja de poder formarse una idea previa de los mismos y localizarlos, o bien ponerse en contacto con los autores en relación con los temas en ellos tratados, aprovechando así todos aunque sea de manera indirecta, la representación de la Comisión ante la convención que se reseña.

## **REDUCCION DE LAS PERDIDAS DE CONDUCCION DE LA DISTRIBUCION DE AGUA PARA RIEGO**

**POR E. B. DEBLER**

INGENIERO HIDRAULICO DEL U. S. BUREAU RECLAMATION, DENVER, COLO. (1)

El principal problema que se presenta al tratar de reducir las pérdidas de conducción en la distribución del agua para riego, es el de preparar un estudio cuidadoso del

caso y tener recopilados los datos que para el mismo se requieren, con objeto de poder formarse una guía, aunque sea general, para

(1) Versión del Ing. Francisco Gómez Pérez.

juzgar los resultados probables de la reducción de las pérdidas en los sistemas de conducción.

Son muchos los factores que intervienen en el problema, y uno de los importantes es el que se relaciona con la construcción de los canales a través de los cuales escurre el agua.

Así, por ejemplo, en el método antiguo consistente en el uso de escrapas jaladas por animales, las pérdidas observadas son bastante grandes. En los canales construidos posteriormente empleando palas de vapor o mecánicas y dragas de arrastre, el material queda acomodado en condiciones aún más malas y, por lo tanto, las pérdidas son también bastante considerables. Ahora que se construyen ya los bordos de los canales empleando un método semejante al usado para la construcción de presas de tierra, y que se emplea para la consolidación el equipo de rodillos de pata de cabra, como en otras estructuras para almacenar el agua y como en los caminos, los resultados han sido más satisfactorios, puesto que, en general, se tienen menos pérdidas.

Todo ello nos indica que es necesario buscar métodos que puedan ser empleados en relación con la construcción de canales, para impedir que se asienten los bordos y que se conviertan en un medio filtrante, en lugar de ser una barrera que impida el paso del agua.

El problema consiste en evitar que el agua pase a los terrenos situados a los lados de los canales. Se puede recurrir a tratamientos como los utilizados en el canal "Todo Americano" en algunos casos aislados, pero el problema consiste en estudiar e investigar algún tratamiento que resulte útil para la mayoría de los canales.

Por otra parte, conviene tener presente que es necesario formarse una idea clara de cuál es el motivo de preocupación. En el fondo se trata de un asunto esencialmente de carácter económico.

El agua que se filtra no tiene utilidad práctica, y, además, recoge elementos mine-

rales que en general son deletéreos y, por lo tanto, se convierten en algo que a veces no sólo es inútil, sino hasta perjudicial para la agricultura.

Además, las presas de almacenamiento cuestan dinero y, por lo tanto, cada metro cúbico almacenado significa dinero invertido para lograr dicho almacenamiento, y si no se toman las precauciones necesarias no sólo se pierde lo gastado en cada metro cúbico que se filtra después de haber sido almacenado, sino que también hay que hacer gastos adicionales para deshacerse de esa agua que se desperdicia y lograr que no sea dañina para la agricultura.

Otra desventaja es la necesidad del uso de un mayor volumen del río, para lograr los mismos resultados mediante su aprovechamiento. Porque las llamadas "aguas de retorno" son en la mayor parte de las veces simplemente pérdidas. Debemos, por tanto, hacer lo posible para conservar el agua que ha sido derivada o almacenada y hacerla llegar hasta donde se necesite, sin que haya pérdidas en el trayecto.

Los métodos para lograr este objetivo pueden ser: 1º Proceder a la construcción de los bordos de canales, como se procede a la construcción de los terraplenes para caminos y principalmente de las presas de tierra, es decir, utilizando la compactación hasta donde sea prácticamente posible, mediante el empleo de equipo pesado que ya se tiene en el mercado. Un ejemplo del adelanto logrado mediante este sistema consiste en que se han llegado a reducir las pérdidas en más del 99% en algunos casos excepcionales. 2º Emplear tratamientos superficiales, tales como: a), usar losas de concreto; b), utilizar sustancias bituminosas o asfálticas; y c), emplear el tratamiento químico del suelo, como, por ejemplo, mediante el uso de la bentonita (aunque todavía en la actualidad no se tienen datos suficientes para el empleo satisfactorio de esta clase de tratamientos).

Las objeciones para el recubrimiento de concreto consisten en que es difícil de con-

servar, especialmente en las regiones sujetas a climas fríos, en las cuales la helada y el efecto de abundamiento del terreno por la congelación tienden a resquebrajar el concreto. Los asfaltos y otras sustancias bituminosas dan por resultado una superficie que en general no es suficientemente estable. Los recubrimientos que emplean a la arcilla no son permanentes porque la vegetación la atraviesa, y porque en la conservación del canal se tiende casi siempre a arrastrar la arcilla que se ha puesto para impermeabilización, perdiéndose así el resultado que se había tratado de obtener.

Es, por tanto, muy interesante que la "American Society of Civil Engineers" haga todo lo posible porque se realice un trabajo de investigación sobre temas tales como: "Definir en qué consisten las pérdidas" y "Fijar la tolerancia de pérdidas en un Canal". Es necesario que esta clase de trabajo se realice, porque los datos con que se cuenta en la actualidad son muy escasos y, en general, poco dignos de confianza.

Para realizarlo conviene que se recopilen todos los datos de los resultados diversos que se han obtenido en distintos canales. Es conveniente también que se fomenten trabajos de experimentación en relación con el tratamiento de la superficie de los canales.

Es necesario que los datos de este género no correspondan exclusivamente al primer año, sino que es muy importante que se sigan tomando y observando durante toda la vida de los canales, con objeto de poder llegar a tener datos aunque sean poco numerosos sobre las condiciones medias de su funcionamiento, y poder así también tener los que se refieran a las condiciones de trabajo cuando se les está controlando debidamente.

Resumiendo, conviene tener presente que lo que se necesita en esta rama consiste principalmente en hacer uso práctico de los datos y del criterio ingenieril y económico,

para lograr una mejor utilización de los canales ya existentes y de los que se construyan en el futuro.

## Comentario

POR HARRY BARNES

INGENIERO EN JEFE Y SECRETARIO DEL  
DISTRITO DE RIEGO DE "MADERA", EN CALIFORNIA

Tiene mucho interés estudiar el problema de las pérdidas en los canales, y la necesidad de reducir las mismas, principalmente desde el punto de vista económico.

Surge desde luego la cuestión: "¿Qué es lo económico: hacer impermeables a los canales o dejar que el agua se escurra a través de ellos?".

Planteado el problema desde este punto de vista tiene que procederse al equilibrio de dos factores que son: a), el costo de impedir que el agua se salga de los canales; y b), el costo de la falta total de restricción, o lo que es lo mismo, de permitir que el agua se salga de ellos.

Aunque parece algo que no sería tan difícil de valorizar, en la realidad es un problema extremadamente complicado por todos los factores que en él intervienen, y, por lo tanto, no es posible dar una solución teórica del mismo, sino que hay que proceder por medio de tanteos. El método directo sería cavar zanjas en las diversas clases de terreno que se va a operar, y experimentar con ellas utilizando los diversos tratamientos superficiales que se consideren aplicables y valorizar los costos de los mismos para seleccionar el más adecuado.

"¿Es realmente necesario recubrirlos?". Esta pregunta es muy difícil de contestar en términos generales, pero como ejemplo de una contestación que puede ser poco común en la mayor parte de los casos, por tener algunas aplicaciones importantes, nos referiremos al lado oriental del Valle de San Joaquín en California, E. U. A., que está servido por cuanto al agua para riego por medio del Canal Madera y el Canal Friant, que toman agua de la presa Friant.

El escurrimiento en este río es típico de la región en que se encuentra situado, puesto que tiene aguas durante unas tres semanas a un mes en agosto, y puede estar sujeto a crecientes secundarias en diciembre.

El agua que se utiliza para el riego es principalmente empleada en riegos de auxilio, puesto que la mayor parte del agua se toma del subsuelo.

Por lo tanto, la solución que se le dé a la pregunta incluida unos párrafos atrás, debe ser tal que satisfaga plenamente las condiciones del distrito de riego en el cual se va a operar.

Dicho distrito incluye unas 68,000 hectáreas, entre las cuales se hallan distribuidas unas 2,000 plantas de bombeo. El nivel de aguas freáticas ha bajado 30 cm. por año durante un período de 20 años, con motivo de la extracción del agua del subsuelo. Pero ello no obstante, localmente se prefiere el uso de bombas por estar ya organizado el sistema agrícola para el empleo de las mismas.

Por tanto, resulta claro que el problema en este caso consiste en aumentar la provisión de agua del subsuelo, de la cual puedan disponer los agricultores. Es decir, lo que se desea es utilizar el subsuelo para almacenar el agua en él, con objeto de bombearla poco a poco según las necesidades agrícolas y aprovechando canales ya construidos.

Las "pérdidas" en el distrito son considerables y los pozos muestran un aumento en el nivel del espejo de aguas, debido a la filtración profunda y a dichas pérdidas.

Por tanto, se ha previsto utilizar las pérdidas para llenar nuevamente los poros del terreno, contando además con la filtración natural del agua. Con este criterio se han diseñado los canales en la región.

Hay, sin embargo, que impedir el "aguachirnamiento" de los terrenos, que sería perjudicial para la agricultura.

El ejemplo que se ha citado anteriormente muestra el esfuerzo que se hace para UTILIZAR las pérdidas y no para im-

pedirlas, y se menciona porque se pueden encontrar condiciones semejantes en otros lugares y no sólo en las cercanías de la región de Friant, California.

Para terminar diremos que, en la mayoría de los casos, será de desearse el que se reduzcan las pérdidas, pero deben considerarse las circunstancias del lugar, pues puede haber excepciones y casos en los cuales sea preferible aprovecharse de estas "pérdidas" para convertirlas en "ganancias".

### **Comentario**

**POR ALFREDO TAMM**

INGENIERO CONSULTOR DE HARLIGEN, TEX.

Con anterioridad no había que preocuparse demasiado por las pérdidas de los canales, pero las condiciones han cambiado y mientras más aumenta la población en los distritos de riego, más importancia adquiere el utilizar debidamente toda el agua de que allí se dispone.

También hay que tener en cuenta que las pérdidas de agua en los canales tienden a producir condiciones que favorecen la aparición de álcalis, que son perjudiciales para las cosechas.

También debido a la escasez de datos sobre pérdidas en los canales, en algunos casos se ha adoptado una solución tendiente al empleo de materiales costosos, a los que se ha recurrido debido a la poca información con que se contaba.

Como caso extremo se ha llegado a la utilización de tubería para la distribución del agua para riego, y por tanto, es de interés que en el estudio que se realice de acuerdo con la sugestión del autor del trabajo que se comenta, se incluya también lo relativo a pérdidas en tubos y tuberías.

### **Comentario**

**DEL PROFESOR S. T. HARDING**

PRESIDENTE DEL COMITE EJECUTIVO DE LA DIVISION DE IRRIGACION DE LA "AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS"

Es una satisfacción para el comentarista indicar que la División de Irrigación ha

tomado nota ya de las sugerencias del Ing. Debler, y que procederá a recopilar los datos y servirá, por lo tanto, una vez más como centro coordinador de los informes y datos relacionados con actividades diversas de la técnica relacionada con la irrigación.

### **Comentario final**

POR EL AUTOR DEL TRABAJO

El comentario presentado por el señor Ing. Barnes es indudablemente muy interesante y su aplicación puede ser de mucha utilidad en diversos distritos de riego.

El autor tiene presente que en diversos lugares se utiliza el almacenamiento en el terreno mismo, y son ejemplo de ello los distritos de riego de Madera, San Joaquín, Merced, Turlock y Salt River, en el cual se utilizan como 1,200 millones de metros cúbicos anualmente, que provienen de las pérdidas de los canales. Sin embargo, volvemos al problema económico que ha sido ya mencionado.

En términos generales puede considerarse que el agua que se entrega representa aproximadamente como la mitad del agua que se utiliza, y aun cuando parte se recobre por bombeo, esto necesariamente aumenta el costo del metro cúbico de agua que llega al terreno. Tiene que existir un equilibrio entre el aspecto económico de conservar el agua dentro de los canales hasta que es entregada al terreno, y el permitir que se filtre a través de ellos para recobrarla posteriormente por bombeo.

La otra mitad del agua que se emplea, en general, es del tipo errático y el único medio práctico para utilizarla es mediante su almacenamiento en el terreno mismo, ya sea por el aprovechamiento premeditado de las pérdidas o por los métodos naturales de filtración.

Por lo tanto, surgen dos criterios que, a primera vista, son contradictorios, desde el punto de vista económico, y que son: *a*), conservar toda el agua que se entrega por gravedad; y *b*), recuperar agua por bombeo.

En realidad, la solución en casi todos los casos se encontrará en la combinación que se estudie cuidadosamente para el lugar, relativa a la proporción de agua que se saque del terreno y de agua traída de las presas en que se almacene.

Sin embargo, hay otro problema que se debe tener en cuenta y que puede ser de gran importancia, o sea el de la mineralización del agua. Se necesita un cierto equilibrio de los elementos minerales que el agua lleva en suspensión, para poder conservar la tierra en buenas condiciones de ser irrigada, si el contenido de sales aumenta, aun con el empleo de agua completamente limpia, como en el caso del Valle de San Joaquín, en California; se necesita también emplear métodos que hagan que las sales no permanezcan estacionarias, sino que vayan moviéndose hacia la parte baja del distrito de riego de que se trate, para que salgan de él.

Este problema de las sales es importante, pues, por ejemplo, aun cuando tiene una provisión abundante de agua que se puede sacar del terreno, como esa agua tiene un contenido fuerte de sales es necesario llevar al distrito aguas limpias de las montañas.

Y para terminar basta decir que no sólo es la cantidad y la procedencia del agua lo que interesa, sino también su calidad, y que cuando se tengan los datos que va a obtener el comité, relativos al problema de las filtraciones de los canales, habrá que incluir con ellos también límites de tolerancia, que tendrán que ser necesariamente muy amplios, relativos al contenido de sales en el agua, y que dependerán de los suelos, de las cosechas que se desarrollen en ellos y de otras circunstancias semejantes.

# CARACTERISTICAS DISTINTIVAS DE LOS SISTEMAS DE RIEGO EN EL MUNICIPIO DE SAN DIEGO, CAL.

POR FRED PYLE

INGENIERO HIDRAULICO DE LA CIUDAD DE SAN DIEGO, CAL. (1)

En el municipio de San Diego, Cal., se encuentran situados siete distritos de riego y además cinco compañías de agua de servicio mutuo, es decir, que aprovechan el líquido no para riego sino para proporcionarlo como bebida a sus ganados.

Por medio de pozos se proporciona el agua necesaria a 11 300 hectáreas, que obtienen dicha agua para el uso de distintos propietarios y además otras 9 300 hectáreas que riegan con agua obtenida de pozos particulares, y hay además unas 6 050 hectáreas que no tienen provisión de agua adecuada.

Proviene dicha agua de las lluvias que tienen lugar en los meses comprendidos entre diciembre y mayo únicamente, y se les almacena tanto en presas como en el subsuelo. La lluvia solamente es de 248 mm., como promedio de un número ya considerable de años. Se riega únicamente la región del municipio que se encuentra dentro de la vertiente del Pacífico.

Se han tenido épocas lluviosas o húmedas con intervalos de unos once años una de otra, en términos generales. En el período comprendido entre 1897 y 1904 no hubo nada de agua que escurriera, y por lo tanto, fué necesario recurrir al empleo de presas costosas para almacenar el agua con que se pudiera contar, llegándose a casos en que se invirtieron 50 a 75 dólares por acre-pie, 81 000 a 122 000 pesos por millón de metros cúbicos (considerando el tipo de cambio a  $2 \times 1$ , como era en esa fecha), para el almacenamiento del agua. La capacidad de almacenamiento en el subsuelo es muy pequeña. Los pozos profundos son poco dignos de confianza.

Los problemas legales son de gran consideración por la escasez del agua. La ciudad de San Diego tiene un derecho absoluto

(paramount right) que proviene desde la época de la Colonia Española, y además ha aprovechado pequeñas derivaciones de algunas corrientes y ha procedido a la compra de agua. Las presas de Otay, Hodges y Henshaw tienen "contratos perpetuos" para la obtención de agua, y en los casos en que no ha sido posible hacer contratos perpetuos se han hecho contratos para el período más largo posible dentro de la ley, o sean 99 años.

La calidad del agua puede ser descrita refiriéndose a su dureza en términos de  $\text{Ca Co}_3$  que es de 150 a 250 partes por millón, lo cual requiere que sea tratada con sulfato de cobre y con cloro.

Para determinar la extracción segura que se puede hacer de los vasos, hay que tener en cuenta en el municipio de San Diego, períodos tan largos de sequía como el que ya se registró entre 1897 y 1904, y se tiene que tener presente también el que se obtenga una pérdida mínima en los árboles en que se producen naranjas y limones, que son los productos más importantes de la región. Como resultado de este criterio se llega a la conclusión de que hay un área mayor de tierras satisfactorias que la cantidad de agua que sería necesaria para regarlas, es decir, que el problema es de agua y no de tierra.

Con la obtención del agua del río Colorado, que implica una cantidad de ... 112 000 acres-pies, 137 millones de metros cúbicos por año, puede aumentarse la extracción segura a unos 45 a 90 mil acres pies, 55 a 110 millones de metros cúbicos, para regar las tierras necesarias significando un coeficiente de riego de 1.1 a 1.4 acres-pies por acre 34 cm. a 43 cm.

(1) Versión del Ing. Francisco Gómez-Pérez.

Otra de las características de la región consiste en la necesidad de tener un almacenamiento para un período largo, lo cual trae como consecuencia que hasta casi la mitad del agua se evapora, en tanto que sólo la otra mitad es la que llega a las tierras. Por este motivo, no se tienen en el municipio canales abiertos y sin recubrimiento, sino que todos están completamente cubiertos y sirven a las tierras que están divididas en fracciones de  $\frac{1}{2}$  a 8 hectáreas y que en términos generales tienen unas dos hectáreas. Es decir, que es un problema más bien de hogares que de ranchos, y en gran número de dichos hogares se tiene el riego más para satisfacción que para obtener utilidades y basar los ingresos de la familia en él.

El costo que se obtiene de los distritos de riego para usos domésticos es de 3 a 18 centavos mexicanos por metro cúbico (al tipo de cambio de  $5 \times 1$  como en la actualidad). Este alto costo se debe principalmente al sistema de conducción, mucho más refinado que en los distritos de riego de otras regiones. En las compañías de servicio mutuo el agua se obtiene a menos precio y se utiliza para abreviar ganados.

Los cargos o cuotas que se cobran por el agua se determinan mediante el uso de medidores, muchos de ellos instalados en las tuberías, sobre todo cuando se entrega el agua a las fracciones más pequeñas y por el uso de otros tipos también bastante precisos, para el agua que se entrega para ranchos. Las cuotas que se cobran son diferenciales y el sistema es muy semejante al que se utiliza para el cobro del consumo de energía eléctrica por las compañías productoras.

Los sistemas de distribución de agua están en funcionamiento todo el año, pues aún en el período de lluvias se les utiliza. El agua se aplica al terreno por medio de los surcos y en muchos casos, sobre todo para cultivos especiales como los de huertas, por medio de rociadores mecánicos.

El sistema de mayor refinamiento para el riego se aprovecha en unas 2 750 hectáreas y se cultivan en ellos principalmente naranjos, limoneros, limas, toronjas y otros semejantes, así como también se les emplea para el desarrollo de arbustos de distintas clases de árboles en viveros.

Resumiendo, puede decirse que las características distintivas de los sistemas de riego en el municipio de San Diego, son las siguientes:

1). Capacidad suficiente en las presas para que puedan almacenar para un período largo de tiempo;

2). El empleo de tuberías para la distribución del agua y la eliminación correspondiente de todos los canales abiertos, así como protección contra las pérdidas;

3). La subdivisión generalizada de la propiedad en un número muy considerable de fracciones, todas ellas muy pequeñas;

4). El riego de estas pequeñas parcelas no tanto para obtener los ingresos principales de la familia, como para obtener satisfacción y solamente ingresos complementarios en relación con las demás necesidades del hogar;

5). El costo tan elevado que en otras regiones parecería totalmente prohibitivo;

6). El uso de medidores para determinar con bastante precisión la cantidad de agua que es entregada a cada uno de los consumidores de la misma, y la aplicación de cuotas diferenciales en el cobro del agua;

7). La entrega del agua a través de líneas en algunos casos bastante largas para cubrir extensiones o pequeñas áreas de terreno que no se encuentran completamente adyacentes al resto de los terrenos regados;

8). El uso del riego metódico por cada uno de los surcos en que están sembradas las plantas, y finalmente como último refinamiento el uso de rociadores, especialmente en los cultivos de las huertas para regar no solamente la raíz, sino también producir un ambiente de humedad alrededor de los árboles.

Algunas de estas características son tan específicas que solamente en el municipio de San Diego se les puede encontrar, y por lo tanto, son esencialmente típicas de la región.

### Comentario

POR J. B. LIPPINCOTT

INGENIERO CONSULTOR DE LOS ANGELES, CAL.

Algo que caracteriza a la región de San Diego desde el punto de vista del riego de sus tierras, es que puede ser considerada como una zona en la cual en gran número de los casos se cultiva el terreno más por "deporte" que con el fin de sacar grandes utilidades del mismo, y por eso se ha podido llegar en muchos casos a costos unitarios elevados, aun teniendo en cuenta el hecho de que los cultivos principales son los de huertas para la producción de naranjas y frutas semejantes.

Otro punto de vista también interesante en relación con la zona de San Diego, es que los derechos de agua que en ella se tienen son derechos adquiridos por el "pueblo" fundado desde la época de la Colonia Española, lo cual da a dichos derechos ciertas características que no son usuales en otras partes de los Estados Unidos.

Y como en el trabajo que se comenta se han señalado de una manera tan clara las características, el comentarista prefiere presentar un estudio complementario que ha titulado:

#### LAS PRESAS DE SAN DIEGO

Las características ya previamente señaladas de la región, han hecho que se tienda en la actualidad a la construcción de presas de concreto y al uso de tuberías de fierro fundido para la distribución del agua.

Estas circunstancias han estado relacionadas con la transición del cultivo típicamente agrícola de la tierra, al cultivo de la misma desde un punto de vista más bien residencial.

Otra circunstancia ya señalada y que tiene gran importancia en la región es la relativa a las lluvias erráticas, que dan por resultado amplios lechos de los ríos que se encuentran secos casi la totalidad del año, pero que en ocasiones dan lugar al paso de grandes crecientes, lo cual implica la necesidad de tener una gran capacidad para los vertedores de las presas que se construyen en la región.

Las características que quedan señaladas pueden verse en la presa Henshaw.

Por otra parte, a la región de San Diego se le podría llamar el "museo de las presas", puesto que en un área relativamente pequeña, existen doce de ellas, entre las cuales hay ejemplos de diversos tipos como los que se mencionan a continuación.

La presa de Escondido construida en 1895, del tipo de enrocamiento; la de Morena construida en 1896, también de enrocamiento; la presa de Lake Hodges de arcos múltiples; la presa Murray, de arco; la presa de La Mesa, de relleno hidráulico; la presa de El Capitán, de relleno semihidráulico; la presa superior de Otay era de un arco circular, pero fué construída por una persona no preparada debidamente, que no incluyó vertedor adecuado y fracasó; la presa inferior de Otay, de enrocamiento con un muro de concreto delgado; las presas Barrett, Sweetwater y Henshaw, del tipo de gravedad. (1)

Y, finalmente, aunque no se encuentra dentro del municipio de San Diego, sí está dentro de la región en la cual San Diego es la población más importante: la presa Rodríguez en el río Tijuana, de tipo Ambursen de 187 pies, 57 metros de altura, 110 000 acres pies, 137 millones de metros cúbicos de capacidad, 900 millas cuadradas, 2 430 kilómetros cuadrados de áreas de cuenca, con vertedor para 150 000 pies cúbicos por segundo, 4 250 metros cúbicos

(1) Nota del autor de la versión.—El Ing. Lippincott proporcionó datos estadísticos detallados de cada una de las doce presas arriba citadas, pero por ser de interés puramente local no han sido reproducidos en esta versión.

por segundo de capacidad y provista de un dentellón de 90 metros de profundidad y con superficie del vaso al nivel máximo de embalse de 550 hectáreas.

Además de las presas citadas en el municipio de San Diego, tienen interés otras que se encuentran en condiciones semejantes a ellas por cuanto a las características distintivas y que están situadas también en la región sur de California, pero en la zona que es más bien tributaria ya del Distrito Metropolitano de Los Angeles, tales

como las presas de Bouquet, Hansen, Cajalco y Sepúlveda.

(Nota del autor de la versión.—El Ing. Kenneth Q. Volk, de Los Angeles, presentó un comentario adicional sobre el trabajo de las "Características Distintivas de los Sistemas de Riego en el Municipio de San Diego", haciendo referencia especial al riego mediante rociadores, pero por ser un problema tan distinto de los que se presentan en los distritos de riego de la República Mexicana no se incluye aquí versión de dicho trabajo.)

## CLASIFICACION DE LAS TIERRAS REGABLES

POR W. W. JOHNSTON

ECONOMISTA DEL U. S. BUREAU OF RECLAMATION EN EPHRATA, WASH. (1)

La clasificación de las tierras ha sido desde hace mucho tiempo una de las preocupaciones del U. S. Bureau of Reclamation. El objeto es, naturalmente, el separar las tierras buenas de las que son de inferior calidad.

Esta clasificación comprende:

1.—Tipo de uso que se vaya a dar a la tierra, tal como uso agrícola propiamente dicho, u otros semejantes.

2.—Tipo de agricultura utilizada, es decir, si la tierra va a ser utilizada únicamente para siembras de temporal o para siembras con auxilio de riego.

3.—Tipo de cultivo con riego que se vaya a emplear, dependiendo de la forma de hacer llegar el agua a las tierras y de la clase de agua que se utilice, así como de los cultivos que se pretenda obtener.

Las tierras buenas se clasifican en las clases 1, 2, 3 y 4, dependiendo de su valor productivo y del pago que se pretenda obtener como recuperación de las inversiones hechas en obras de riego, (puesto que las leyes correspondientes en los Estados Unidos implican el pago de las obras). También se incluye la clase 5, que comprende las tierras que son temporalmente impro-

ductivas, y se llega a incluir una clase 6. a la que se hará mención posteriormente en este estudio.

Con anterioridad se conocía muy poco sobre la clasificación agrológica de las tierras, y se creía que todas eran buenas siempre y cuando tuvieran agua. Desde que se autorizó la ley del 9 de diciembre de 1924 se han hecho estudios más detallados de las tierras que corresponden a las regiones en las cuales se hacen obras del United States Bureau of Reclamation. El objeto fundamental es determinar el valor económico de dichas tierras y el método que se emplea consiste en determinar las condiciones físicas del suelo, de la topografía y del drenaje, así como del clima de la región en que se encuentran.

Las normas de clasificación están basadas en las condiciones semejantes que prevalecen en las regiones cercanas.

Por ejemplo, en la región del río Columbia predominan las tierras arenosas y en toda la región se ha hecho un estudio de la historia de los ranchos que en ella han estado establecidos durante mucho

(1) Versión del Ing. Francisco Gómez-Pérez.

tiempo, y siempre que ha sido posible se han reconstruido registros de los coeficientes de riego utilizados para poder de esa manera tener bases para establecer una norma que sea basada en la experiencia real de la región.

La topografía del terreno, la abundancia de piedras en el mismo y otras circunstancias semejantes, también se estudian y se valorizan, valiéndose de métodos semejantes.

Ya para la realización detallada de los estudios se emplean métodos tales como la formación de mapas topográficos, como "mapas-base", utilizando tanto la plancheta como reconocimientos, observaciones y métodos de topografía aérea. También se emplea un laboratorio de campo para hacer los análisis mecánicos, los análisis de

La clase de métodos escogidos depende filtración, etc.

de los estudios que se vayan a hacer, es decir, si son simplemente de reconocimiento, si son semidetallados o si son detallados.

En los primeros, o sean los de reconocimiento, se usan mapas a una escala de  $2\,000' : 1''$  ( $1 : 24\,000$ ), para determinar la distribución general de las tierras y las tierras arables.

En el Valle de Sacramento, por ejemplo, se han hecho estudios más detallados con objeto de hacer un inventario de las tierras, y en esta clase de trabajos que son semidetallados, se emplean mapas de escala de  $1\,000' : 1''$  ( $1'' : 12\,000$ ).

Solamente en los casos de estudios detallados se emplean mapas con una sola escala de  $400' : 1''$  ( $1 : 4\,800$ ) y entonces se emplean curvas de nivel con un intervalo de 2 pies (60 cm.).

En los estudios generales se usa, en algunos casos, la clase 6, que es aquella que representa tierras que necesariamente tienen que ser eliminadas. Solamente se utilizan aquellas que tienen taludes hasta de 15% y que tienen taludes largos y uniformes que no están muy sujetos a la erosión,

excluyendo todas las tierras que están en las depresiones, y que, por lo tanto, están sujetas a posibles aguachirnamientos.

Para la exposición gráfica de la clasificación se usan mapas a colores y para guiar a los clasificadores se usan en relación con ellos fotografías también a colores, que sirven para ampliarles el criterio y demostrarles de una manera más clara, no solamente lo que pueden ver de manera abstracta en los planos, sino también lo que de una manera objetiva y clara pueden observar en las fotografías, en las cuales aparecen naturalmente el aspecto general de la región, los cultivos que han sido principales en ella y otras características que se pueden observar con mucha más facilidad mediante el estudio de fotografías que mediante el estudio de mapas.

En los mapas se utiliza únicamente el centro de la hoja para dibujarlos, y a los lados se indican los perfiles del suelo, referenciándolos debidamente al mapa, en el cual se muestran los sitios donde se muestreó.

Al otro lado del mapa se indican las clases o tipos principales de plantas, para dar una idea del contenido de álcali, y siempre que se tienen los resultados de laboratorio, aunque sean de laboratorios locales, se indican también en relación con los perfiles y referenciando los sitios de obtención de las muestras, para mejor identificación y para tener la mayor parte de todos los datos que se necesitan en un solo dibujo.

Los mapas detallados se han utilizado en algunos casos para hacer catastros de la tierra y valorización de la misma para diversos fines gubernamentales.

## Comentario

POR R. E. STORIE

TECNOLOGISTA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD  
DE CALIFORNIA EN BERKELEY, CAL.

Un problema que se ha presentado ya en las regiones que hace años están aprovechando los beneficios de la irrigación,

consiste en determinar si la agricultura basada en la irrigación es de carácter permanente. Ello sólo se puede decidir mediante el estudio detallado de las condiciones del suelo.

En la mayor parte de los casos el problema no es de tierra sino de agua, es decir, que hay más tierras de las que se pueden aprovechar con el agua y, por lo tanto, el problema consiste en saber seleccionar para escoger las que sean de mejor calidad.

Ha habido la idea errónea de que existen tipos "especializados" de suelo que son especialmente satisfactorios para una clase de cultivos; pero la experiencia ha venido a demostrar que no es esa la realidad, sino que aun con el riego, los suelos se empobrecen si se les dedica a un solo cultivo.

Por lo tanto, el papel del tecnólogo de suelos consiste en buscar el tipo de suelo que sea capaz de desarrollar varias clases de cosechas.

Entre los años de 1924 a 1927 se tuvo gran optimismo en relación con la clasificación de los suelos. Puede decirse que en esos años se dieron clasificaciones demasiado generosas, que se convirtieron en la tumba de muchas ideas relacionadas con los suelos. En California, por ejemplo, se tiene el fracaso relacionado con la determinación de algunos suelos que se creyeron útiles para la producción de aguacate y que a la larga no han dado el resultado que se deseaba obtener.

En el estudio de los suelos hay que tener en cuenta dos clases de factores: 1), los que son fijos, tales como el tipo de suelo y la calidad del mismo, que no varían a través de los años sino con una gran lentitud, y 2), que son variables, tales como la topografía y el contenido de sales que sí están sujetos a cambios mucho más frecuentes.

Es muy conveniente que todos los estudios de suelos sean siempre traducidos a la forma gráfica, y, por lo tanto, se hagan mapas de series en los cuales se incluya

desde luego el mapa de suelos y conviene en muchas regiones hacer además un mapa especial de contenido de álcali, clasificando los suelos en cuatro categorías por este concepto.

Los mapas de clasificación general de suelos pueden hacerse considerando seis categorías como las citadas en el trabajo que se comenta, aunque algunos autores consideran conveniente una subdivisión más detallada, poniendo ocho categorías.

Conviene también hacer otra clase de mapas de suelos, agrupando aquellos que por alguna de las seis razones, generalmente tomadas como criterio, puedan ser semejantes, formando unas nuevas categorías de lo que podríamos llamar suelos semejantes y que impliquen ya el concepto combinado de los estudios especializados arriba mencionados.

Como idea final conviene hacer otro mapa en el cual se den clasificaciones al terreno y no solamente a los suelos, desde el punto de vista de su "capacidad de uso", para las cuales el autor ha considerado nueve clasificaciones que se refieren no únicamente a su utilidad para riego, sino también para otra serie diversa de usos agrícolas.

Como recomendación final, debe indicarse que es muy necesario hacer todas estas clases de estudios, pero que es también necesario que sean hechos por verdaderos especialistas en la materia, que conozcan el asunto que traen entre manos para que no se preste a malos empleos, y por la misma causa, debe evitarse la publicación de estudios generales o reconocimientos, puesto que sólo pueden ser dados a conocer públicamente los que impliquen ya el desarrollo de estudios bastante cuidadosos que no tiendan a desorientar a quienes no están familiarizados con el asunto. (2)

(2) Nota del autor de la versión.—Tanto el señor Johnston como el señor Storie presentaron diversas fotografías y muestras de suelos, así como planos correspondientes a las ideas que iban expresando verbalmente y a que se ha hecho mención en esta versión.

## **Comentario final**

**DEL PROFESOR S. T. HARDING**

PRESIDENTE DEL COMITE EJECUTIVO DE LA  
"DIVISION DE IRRIGACION"

El aspecto de la ingeniería de irrigación a que se ha hecho mención en relación con este estudio, es de interés para los ingenieros dedicados a esta actividad, puesto que no solamente de construir obras se trata, sino de lograr que su funcionamiento

sea adecuado y para ello es necesario conocer detalladamente, tanto con anterioridad como durante la operación, la clase de suelos en que se trabaja, para obtener mayores ventajas de los mismos. Es una satisfacción ver que tanto una clase de técnicas como la otra han ido desarrollándose y que la ingeniería de irrigación va guardando el equilibrio que tan necesario es para su progreso, entre la ingeniería estructural y la tecnología de suelos.

