

Algunas ideas sobre la conservación de Distritos de Riego

Por el Ing.
JORGE L. TAMAYO

Tercera inserción de un artículo que forma parte del Instructivo que sobre Operación y Conservación de los Distritos de Riego, se está formulando en la Dirección de Agrología.

Este artículo se refiere a la conservación de Caminos, Red de Drenaje, Protección de las Cuenca y Obras en los ríos.

En relación a Drenajes, no sólo se trata la conservación, sino también se dan algunas ideas sobre proyecto y construcción, en vista de que la red generalmente se construye cuando el Distrito ya se está operando.

C a m i n o s

DEBIDO al auge cada vez creciente que han adquirido los automóviles, el uso de los caminos carreteros se ha generalizado, al grado que es indispensable para el buen funcionamiento de un Distrito de Riego, que éste posea una amplia red interior de caminos y una comunicación al exterior, que bien puede ser una carretera principal o una línea ferrocarrilera.

Respecto a la comunicación exterior y como consecuencia también de la preferencia que cada vez se nota a favor del transporte en automóvil, nuevas comunicaciones se están haciendo, utilizando carreteras, como se observa en los Estados Unidos y en las obras recién construidas en México.

Indudablemente que este último aspecto está fuera del campo de acción de la administración de un Distrito de Riego, por ser otro organismo estatal el encargado, pero es muy importante que el Gerente observe las necesidades de comunicación que se presenten para que, haciendo sugerencias, se les mejore y conserve eficientes.

La red interior está completamente a cargo de la administración del Distrito de Riego, tanto en planeación, ejecución y conservación.

Por el hecho de que, al abrirse al cultivo un Distrito de Riego, no sea vendido totalmente, es innecesario que la red interior de caminos se construya por completo. Frecuentemente sólo existen los ramales más importantes, particularmente en las zonas ya abiertas a la explotación. Por eso es necesario que la Gerencia del Distrito, a la vez que cuida de la conservación de los caminos existentes, procure hacer constantes am-

pliaciones que satisfagan las necesidades de los nuevos colonos.

La red interior está formada por caminos de operación y caminos de servicio público.

Los primeros, caminos de operación, son aquellos que permiten llegar a las estructuras importantes del Distrito, tales como la presa de almacenamiento, la de derivación, algunas bocatomas principales, así como mantener una vigilancia a lo largo de los canales principales y de todos aquellos que merezcan una observación continuada. Los de servicio público son aquellos que permiten la comunicación interior, con el objetivo de que todas las parcelas tengan fácil acceso y en las que el tránsito no tiene más limitación que evitar su deterioro.

Los caminos de operación casi en su totalidad se construyen a lo largo de los canales principales tanto para usar el derecho de vía, como facilitar el tránsito de maquinaria o materiales de uso en las reparaciones, como para lograr una correcta vigilancia. Debe procurarse a toda costa que los caminos vayan precisamente sobre los bordos, para que el canalero al hacer su recorrido esté en condiciones de hacer una correcta inspección.

Dentro de los caminos de operación, algunos pueden coincidir con los de servicio público; pero en otros, la experiencia ha demostrado que es conveniente mantenerlos como privados, lo que es difícil conseguir. Es práctica muy frecuente que los caminos que se llevan en las coronas de los bordos de los canales sean de carácter privado, para uso exclusivo de la administración, como

ocurre en el camino paralelo al Gran Canal del Desagüe en la Cuenca de México. Esto, que aparentemente es innecesario, se hace preciso porque las roturas de los bordos, las reparaciones de los mismos, la construcción de algunas bocatomas, y en fin, la ejecución de toda obra de construcción sobre los canales, con frecuencia interrumpe el tránsito en esa vía, lo que no es aceptable en una carretera de servicio público.

Los caminos interiores de servicio público pueden clasificarse, además, como troncales y secundarios. Los primeros necesitan estar en servicio todo el año por lo que hay que revestirlos con grava o materiales adecuados, excepto en los lugares en que el terreno sea lo suficientemente firme.

Los caminos secundarios son vías de servicio para unos cuantos usuarios, por lo que el revestimiento y mejoramiento debe ser con cargo a los interesados.

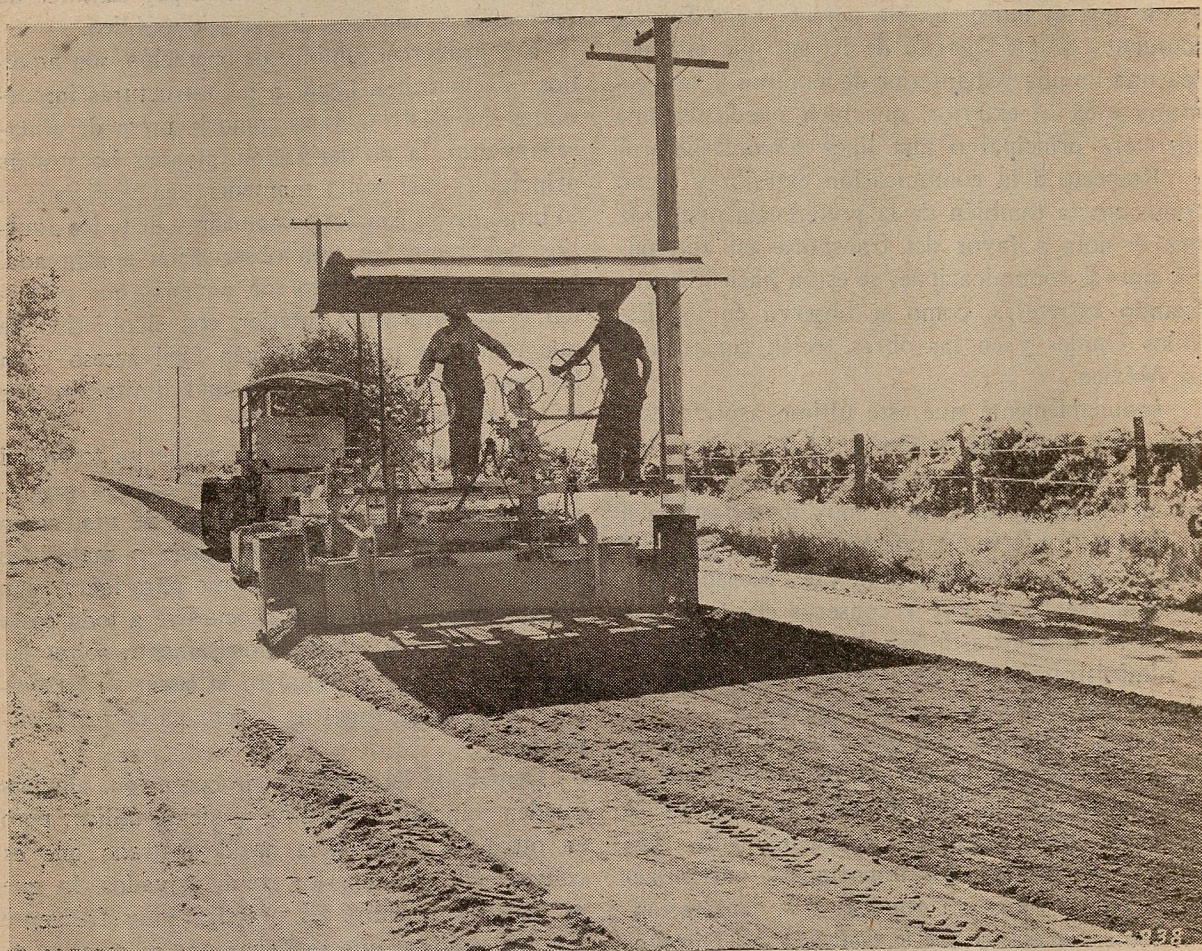
El derecho de vía debe quedar claramente

definido y no obstante lo costoso que es colocar alambrados, es muy recomendable y debe procurarse que a la larga se establezcan.

Indudablemente que en función del tránsito que se observa se hará la construcción del camino. Es frecuente que en su iniciación los caminos se hagan de tierra, dotándolos de su correspondiente drenaje y de estructuras provisionales de madera, excepto en el cruce con los canales de alguna importancia.

La operación posterior irá señalando los revestimientos que se necesiten, quedando al final una red mixta, con sus líneas centrales revestidas de grava y con obras de arte de carácter permanente. La carretera principal de comunicación a una troncal, debe ser permanente en su cubierta y en sus obras de arte.

En los caminos de tierra es frecuente que algunos pequeños puentes o alcantarillas no se construyan en su totalidad, sino que simplemente se coloquen andaderas de concreto o fierro y aun



Renovando la superficie de un camino de California, E. U. A., con una mezcla de tierra y petróleo. La máquina es adaptable a una variedad de condiciones

de madera, que den paso a los vehículos de peso normal. Para adoptar esta solución, que es bastante económica, deberá estudiarse previamente su localización, a fin de que en ningún caso se impida llegar con maquinaria agrícola pesada o camiones de elevado tonelaje, a cualquier parcela, si bien dando algún rodeo, con tal que éste no sea de largo recorrido.

Es muy común que la conservación de los caminos interiores sea deficiente; esto hay que evitarlo, a fin de ir convenciendo y dando facilidades a los colonos para que radiquen en las poblaciones comprendidas dentro del Distrito, lo que se logrará cuando tengan la seguridad de poder llegar, en todo tiempo, a su parcela. Esto tendrá la ventaja de que los colonos podrán gozar de comodidades, tales como alumbrado, saneamiento, agua potable, escuelas, etc., que no podrían llevarse hasta sus terrenos.

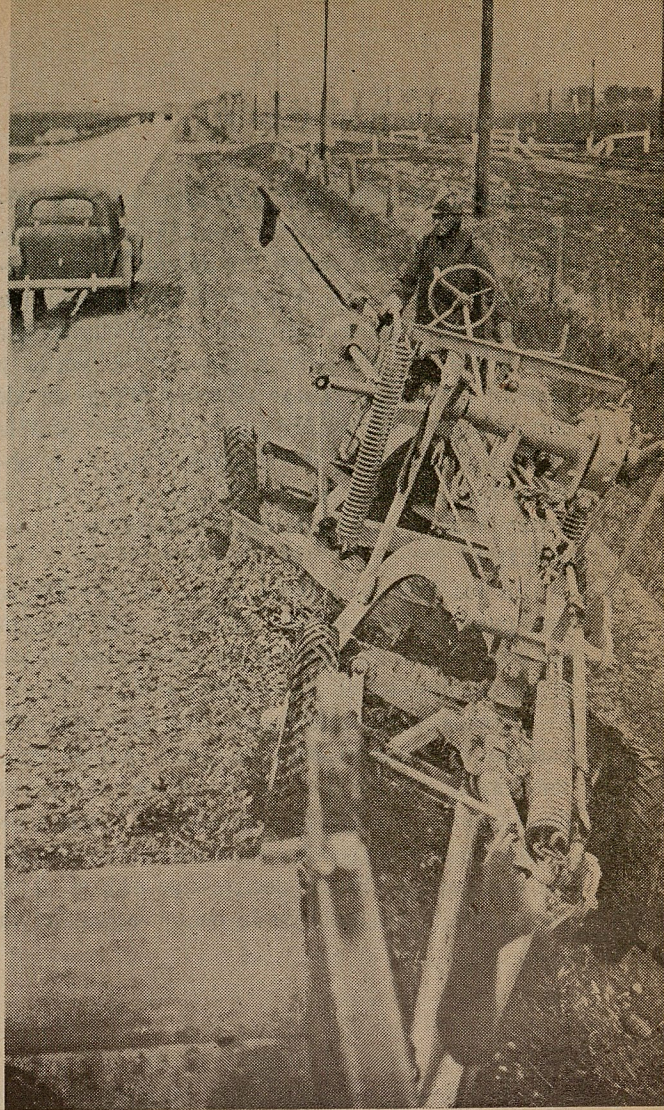
Para los caminos revestidos de grava, es recomendable que, cuando menos durante toda la temporada de lluvias, se hagan los bacheos necesarios, y al final de la temporada o antes de que el terreno se seque, es conveniente darle una pasada de conformadora y finalmente planchar la carretera.

— Cuando el camino es de tierra, será conveniente asegurar el tránsito por ella durante la temporada de lluvias. El bacheo se hará inicialmente con tierra, y cuando se observe una marcada tendencia de los baches a aparecer en un mismo lugar, será conveniente rellenarlos con arena y grava.

En el Estado de Iowa, de los Estados Unidos, se ha seguido la práctica de agregar en el centro del camino una capa de 12 kilogramos de cloruro de calcio, por cada metro cúbico de recubrimiento, lo que hace que el contenido de humedad se conserve y el camino presente una cubierta compacta que evite el polvo. También se ha usado la arcilla, pero en mayor cantidad, si bien tiene el defecto de hacerlo resbaloso en tiempos de lluvias.

También se recomienda aplicar de tiempo en tiempo de $\frac{1}{8}$ a $\frac{1}{4}$ de kilogramo de cloruro de calcio, por metro cuadrado de camino. Si llueve poco después, con esto es suficiente, pero en caso contrario, debe regarse. En los bacheos se han usado, en este mismo Estado y con muy buen éxito, esas mezclas.

Para reducir los gastos de conservación, debe tratarse de buscarse que los caminos se consoliden. Esto se logra con tránsito frecuente y colocando un material adherente que se mezcle con el re-



Una niveladora remolcada, atendiendo el mantenimiento del talud interior de un camino estatal de Colorado, E. U. A. Un camión la remolca.

vestimiento. La determinación de los materiales y sus proporciones, merecen estudios cuidadosos, cuyo precio queda ampliamente compensado con la economía que se logra.

Probablemente este tipo de camino requerirá el paso de la conformadora, cuando menos en dos ocasiones por año. Una de ellas tan luego termine la estación de lluvias y antes de que el terreno se seque, y la otra, aprovechando los cortos veranos que se presentan dentro de la temporada de lluvias.

Los caminos de tierra y aun los revestidos deben ser conformados a máquina, de manera que el material se mueva del borde al centro, a fin de conservar el bombeo de la sección, que se aplanan como consecuencia del tráfico y la erosión. Es conveniente conservarlo con 1 cm. de altura, por cada 40 cm. de ancho del camino. Cuando esto se haga, debe procurarse que los terrenos se rompan y depositen en la rodada y se consoli-

den por el tránsito. No debe estar ni muy húmedo ni seco, porque la consolidación no se logra. Las cunetas deben ser de conveniente capacidad y sus taludes de acuerdo con el suelo que se cruce, pero generalmente de tres o cuatro por uno, a fin de que puedan cubrirse de yerba y resistir la erosión. Estas cunetas deben ser de corta longitud, terminando lo más pronto posible en la red de drenaje del distrito. Cuando se observe que el talud no permite que el corte se sostenga dentro de la cuneta, es conveniente modificarlo.

En los Estados Unidos se ha observado que una cuadrilla dotada de conformadora mecánica, sólo puede atender 32 kilómetros, quedando el puesto base en el centro del tramo.

Es particularmente importante que todos los caminos, sin importar su categoría, posean buen servicio de drenaje, porque dentro de un Distrito de Riego es enemigo de importancia el agua sobrante de los riegos y los retornos de tierras arriba de caminos. Puede decirse que este es el aspecto más importante de la conservación del ca-

mino, pero afortunadamente no es costoso por la circunstancia de que, dentro del sistema, debe existir una red de drenaje, para permitir dar salida tanto a las aguas de lluvia que caigan sobre la carretera, como a las accidentales que por efecto del riego lleguen hasta ella.

Afortunadamente no tenemos ni el problema del hielo, ni el de la nieve, por lo que no haremos referencia a ellos.

El mantenimiento de los acotamientos del camino y talud del terraplén en buenas condiciones, es de gran importancia, tanto desde el punto de vista práctico, como del estético. Toda la vegetación debe cortarse y desenraizarse hasta una distancia 7.5 m. del eje del camino, o sean a 5 m. a ambos lados de los bordes, a fin de permitir que el agua escurra fácilmente hacia las cunetas.

Los caminos de segundo orden, a los que corresponden la red interior del Distrito, tiene un costo medio de \$15 000.00 por kilómetro, y su conservación eficiente requiere una erogación de 10 a 15%, según el terreno que atraviere, número y calidad de materiales de las estructuras.

Drenajes

Aunque es una parte muy importante de un Distrito de Riego, no es frecuente que se construya en su totalidad, con anterioridad a la explotación de las tierras, por lo que comúnmente su proyecto, construcción y operación tienen que quedar a cargo de la administración del Distrito de Riego, razón por la que en estos apuntes no sólo se tratará lo relativo a la conservación, sino también lo referente a proyecto y construcción de drenes.

El drenaje agrícola puede definirse como la eliminación del exceso de agua existente en la superficie o en la masa de un suelo, ya sea por vía superficial o subterránea.

De ahí nace la división de los drenajes en dos grandes grupos: Drenaje Superficial y Drenaje Subterráneo.

Las ventajas del drenaje son bien conocidas; sin embargo, es conveniente insistir en ellas. El agua estancada a causa de las dificultades en su eliminación tiene influencias perjudiciales de índole sanitaria y agrícola. De las primeras, es conveniente señalar el desarrollo de las enfermedades palúdicas y la abundancia de moscos e insectos en general. La putrefacción de la mate-

ria orgánica, provocada por el exceso de agua, despiden también miasmas perjudiciales a la salud.

Desde el punto de vista agrícola, si el suelo se encuentra saturado de agua, los espacios vacíos se encuentran ocupados por el agua superflua, lo que hace difícil las operaciones culturales de los suelos, no permitiendo la circulación del aire y estorbando, por lo tanto, el desarrollo de la flora microbiana del suelo, así como las reacciones químicas y biológicas. Una consecuencia muy frecuente de esta situación es la presencia de cultivos "cloróticos", o sea deficientes en clorofila y también la putrefacción de ellos. Un buen diagnóstico de la situación del suelo se puede hacer, cuando se dice que el suelo enfangado se asfixia.

La eliminación del exceso del agua por medio del drenaje trae como inmediata consecuencia la disminución del agua, pero a la larga, permite, en la mayoría de los casos, la transformación de la estructura del suelo, llegando en ocasiones a tomar una estructura granular, que es más ventajosa. Parece ser que esto se logra gracias a la circulación del agua tanto de lluvias, como de

riego, que arrastra sustancias calcáreas y en general electrolitos que van presentando oportunidades para la coagulación de las partículas finas en forma de granos de diversos tamaños, dando lugar a la estructura granular que se considera como una de las más favorables que se pueden presentar en un suelo agrícola.

El agua que penetra a un suelo, ya sea de lluvia o de riego, introduce oxígeno en el suelo, que es muy importante para la oxidación de las materias orgánicas, del mismo, convirtiéndolas en productos ya asimilables por las plantas.

El ingeniero Enrique Espinosa, en su estudio sobre drenaje del Distrito de Riego del Río Cuiliacán, dice que el profesor Koenig hizo comparaciones entre el agua proporcionada a un suelo y el agua de un drenaje, encontrando que en la primera la presencia del oxígeno era de 5.9 cm³/litro y en la segunda, 4.0 cm³/litro, si se había atravesado en migajón arcilloso, o 3.3 cm³/litro si el suelo era arenoso, lo que muestra claramente la necesidad de tener una circulación del agua.

Aun más, el drenaje provoca agrietamientos en el suelo que favorecen la mayor circulación del aire.

Es interesante detallar el mecanismo de lo que se ha dado en llamar "Respiración del Suelo". Bien sabido es el hecho de que el suelo es un buen conductor del calor, por lo que durante el día el aire contenido en él se calienta rápidamente, aumentando el volumen, haciendo que una parte sea desalojada. Tan luego cesa la irradiación solar, el suelo se enfría y el aire se reduce de volumen, dando lugar a vacíos que inmediatamente son ocupados por el aire exterior.

La presencia del agua en el terreno, modifica las condiciones de temperatura en forma perjudicial, porque la abate en un porcentaje bastante elevado. Etcheverri señala, en su obra, que los suelos bien drenados tienen una temperatura de 2.5° a 12.5°C. más alta que los suelos carentes de drenaje.

Esto es explicable por la circunstancia de que el agua es mala conductora del calor y por ello las superficies de los charcos están calientes, pero con la profundidad, los filetes paulatinamente tienen menor temperatura. Lo mismo ocurre con el agua contenida en la masa del suelo.

Como los fenómenos bioquímicos que se realizan en el suelo, tales como la germinación de las semillas y el paso de elementos nutritivos a las plantas requieren determinadas cantidades de ca-

lor, la reducción de las calorías prolonga el período vegetativo y a veces lo hace fracasar.

Las raíces no pueden vivir en suelos asfixiados por el agua, eso trae por consecuencia que en los terrenos sin drenaje se constituyen sistemas radiculares que toman sus elementos nutritivos en un espesor muy reducido del suelo; la situación es aún más desfavorable si el nivel del agua es variable y así, al ascender, provoca la putrefacción de las raíces que quedan ahogadas.

El agua puede dividirse en tres formas de acuerdo con la clasificación que hace el profesor Shaw:

AGUA HIGROSCOPICA.—Es aquella que el aire húmedo proporciona a un suelo seco y se cuantifica en términos de la cantidad de agua absorbida por el suelo seco, en una atmósfera saturada que tiene una temperatura uniforme de 15°C.

AGUA DE IMBIBICION.—Es la que los coloides retienen en sus celdillas, por efecto de las fuerzas de adherencia, que con dificultad pierden. A esta agua el profesor Shaw llamó de adherencia, pero este grupo no se considera en la práctica.

AGUA CAPILAR.—Es aquella que permanece entre los granos, por capilaridad en los conductos que se forman por efecto de la adherencia de los granos del suelo, y que es fácil se mueva en la masa de la misma; el movimiento es de partes húmedas a partes secas.

AGUA DE GRAVEDAD.—El agua que no queda comprendida dentro de los grupos anteriores, se le considera como exceso y sólo está sujeta a la influencia de la gravedad, por lo que se mueve dentro del suelo por efecto de esta fuerza.

EFFECTOS DEL RIEGO.—El agua higroscópica no tiene influencia agrícola; en cambio la de imbibición y la capilar representan la fuente de abastecimiento de la planta. El agua de gravedad llena los espacios porosos del suelo e impide la circulación del aire, como antes se dijo, por lo que su presencia al causar daño, es de valor negativo.

Si en un perfil que pudiera ser observado, se coloca una determinada lámina de agua, penetrará al primer horizonte, el que tomará el agua necesaria y por efecto de la gravedad el exceso de la misma pasará al segundo horizonte, donde se repetirá el fenómeno hasta llegar a un horizonte en que los granos únicamente tomarán aguas de imbibición y capilar en proporción restringida, suspendiéndose el fenómeno por la falta

de agua excedente. A esta situación se le acostumbra llamar un suelo humedecido en su *capacidad de campo normal*, que puede definirse como la completa distribución de la humedad en el perfil en que se considera.

Se conoce con el nombre de *agua equivalente*, a la cantidad de humedad que queda en una muestra cuando se le coloca en una centrifugadora y se le aplica una fuerza 1,000 veces superior a la gravedad, medida en porcentaje del peso seco. Es conveniente hacer notar que se trata de un concepto teórico, no usado aún en la práctica.

Se denomina *máxima capacidad para campo*, a la mayor cantidad de agua que un suelo puede contener, o sea, cuando todos sus poros se encuentran llenos; se trata de un suelo saturado que tiene agua higroscópica, agua capilar y la mayor cantidad posible de agua libre. Indudablemente que cualquier cantidad de agua adicional, tendrá que descender a las capas inferiores y únicamente servirá para incrementar el almacenamiento subálveo, dando origen al ascenso del nivel del agua freática con todas sus consecuencias.

Así como el exceso de agua es perjudicial, la falta de la misma puede hacer que el desarrollo biológico se detenga y la planta comience a marchitarse y aun llegue a morir. A la cantidad mínima de agua del suelo que las plantas ya no pueden tomar, por lo que detienen su desarrollo, se le da el nombre de *punto de marchitez* o *coeficiente de marchitez* y *agua de marchitamiento* a la cantidad relativa correspondiente.

El agua que la planta utiliza se le llama *agua disponible*, y es la diferencia entre el agua equivalente y el agua de marchitamiento, o sea la máxima cantidad de agua que se puede tomar de un suelo humedecido a su agua equivalente.

ALCALI.—Un aspecto muy interesante es el del afloramiento de las sales, el que obedece al siguiente mecanismo:

El agua de gravedad, al descender, ha llevado hacia las capas inferiores las sales solubles que encuentra a su paso, por lo que el depósito subterráneo de agua tiene una concentración elevada. Si el nivel freático se encuentra próximo a la superficie del terreno, el agua, por capilaridad, humedece la capa superficial, donde se evapora, precipitando las sales que lleva en solución.

Se le ha dado el nombre genérico de álcali

a una cantidad excesiva de sales, que con frecuencia puede apreciarse a simple vista y cuyo efecto es perjudicial sobre las plantas.

Las sales que con más frecuencia aparecen en los suelos, son cloruro de sodio, sulfato de sodio y otras. A estas mezclas se les llama álcali blanco o álcali simplemente, son solubles y no dan una reacción alcalina franca.

En cambio los carbonatos de sodio dan reacción alcalina, son insolubles en la práctica y al destruir la materia orgánica, comunican al suelo un color negro, por lo que se le acostumbra llamar "álcali negro".

El álcali modifica la estructura del suelo y el proceso de nutrición de la planta (provocando la "Plasmolisis"), quema las partes del vegetal que están en contacto con la sal y ponen en suspensión los coloides del suelo, obstruyendo los poros.

Dentro de la práctica de los levantamientos agrológicos que realiza la Comisión Nacional de Irrigación, se acostumbra formar un plano de alcalinidad que puede dar tres opiniones importantes:

1ª Demarcar las zonas inútiles por la presencia del álcali.

2ª Demarcar las zonas con álcali y que pueden eliminarse por drenes, lavados y drenes.

3ª Las zonas en peligro de adquirir álcali al aplicársele el riego.

Es decir, que en la operación de un Distrito de Riego las aplicaciones del agua para riego y el funcionamiento del drenaje, tendrán que gobernarse de manera de evitar llegar a la máxima capacidad para campo o al punto de marchitez.

Se llama desagüe o drenaje superficial a la eliminación del exceso de agua que se acumula en la superficie y que puede ser de origen pluvial, de sobrantes de riego o de afloramiento de aguas subálveas. El drenaje superficial, por lo tanto, tendrá por objeto la conducción de los excesos de agua a los cauces naturales o artificiales que permitan darles salida de la zona agrícola.

El *drenaje subterráneo* o drenaje propiamente dicho, se refiere a la eliminación del exceso de agua contenida en el seno del suelo y de la regularización de las condiciones de humedad del mismo.

AGUA FREÁTICA.—El agua de gravedad, al ir descendiendo a través de los diversos horizontes, alcanza algunas capas impermeables, ya

sean de roca efusiva o lechos de arcilla. Tomando como base esa capa impermeable, se inicia un almacenamiento de agua cuyo límite superior, en lo general, no podrá coincidir con la superficie del suelo, porque siendo la evaporación muy intensa en el exterior, se establece una pérdida continua, quedando, por lo tanto, una capa superficial carente de agua o conteniéndola en cantidad menor a la saturación. La zona de almacenamiento recibe el nombre de capa freática y se refiere a depósitos de agua con movimientos de traslación muy lentos.

AGUA SUBALVEA.—En los valles se presenta el caso especial de agua freática, que merece consideración especial.

Como los valles generalmente tienen forma de "V", el agua se va acumulando en el vértice y como hay una pendiente más o menos marcada, existe un movimiento de traslación a lo largo del eje del valle.

En algunos casos, el curso superficial de la corriente desaparece y sólo se conserva, en verano, el escurrimiento subálveo.

El nivel freático en general sigue con retraso la climatología de la región y así tendrá un nivel máximo desfasado en relación con la temporada de lluvias; un nivel mínimo correspondiente a verano y que por la misma circunstancia, de presentarse retrasado, ocurre poco antes de que se inicien las lluvias.

Por razón de origen, el agua freática de una zona agrícola puede ser el resultado de las lluvias en el lugar, de exceso de riego o de la circulación superficial o subterránea de aguas pluviales de sitios más elevados.

Para eliminar los excesos de agua y sostener un nivel de las aguas freáticas adecuadas, se hace necesario un sistema de drenaje no precisamente limitado a la eliminación de las aguas, sino más bien teniendo en la mente la idea de regular el nivel freático.

Es difícil, en función del origen de las aguas, pretender clasificar los drenajes adoptados y más bien parece conveniente dividirlos en drenajes a cielo abierto y drenajes subterráneos, según la colocación que tengan las obras construidas para eliminar las aguas excedentes. Los primeros también funcionan como desagües.

No es posible lograr que una zona de riego quede totalmente servida por un drenaje efec-

tivo, ya por topografía, porque el agua sea ascendente, etc.

Es resultado común y aceptable que hasta un 10% del área del proyecto se deseche por imposibilidad de drenarla.

DRENAJE A CIELO ABIERTO

Como ya se ha dicho anteriormente, no es posible desde el momento de la construcción de la red de los canales, proyectar totalmente el sistema correspondiente de drenaje, por diversas razones entre las que sobresalen: la falta de datos sobre el nivel freático, la modificación del régimen provocado por la implantación del riego, etc.

Por eso, en lo general, se ha establecido la costumbre de que necesariamente sólo se construyen desagües para eliminar las aguas superficiales de los torrentes que bajan a las tierras de labor, proyectándose la red en una forma tal que permita ampliaciones sucesivas. Existen numerosos tipos y sistemas de drenaje, pero en la práctica se usa la combinación de todos ellos, tratando de que el canal de drenaje tenga fuerte pendiente, requisito indispensable.

Es de recomendarse tengan una profundidad de dos y medio a tres metros y una plantilla en el fondo de tres o cuatro metros de ancho.

En las obras mexicanas se han seguido varios criterios que pueden resumirse en tres, como sigue:

1º En terreno plano, los laterales de riego se trazan siguiendo los linderos de las parcelas y tienen trazos rectos; generalmente quedan con 2 kilómetros de separación. Los drenes se colocan equidistantes a los laterales del riego, como se muestra en la figura, siguiendo también los linderos de la lotificación. La figura ilustra el caso, que en lo general, se aplicó en el Distrito del Río Conchos.

2º Si los laterales se construyeren según líneas de máxima pendiente, lo que ocurre cuando ese terreno presenta algún movimiento, los drenes quedan obligados en el fondo de los talwegs. Si la separación fuera muy grande, lo que la experiencia señalará, habrá que hacer drenes laterales adicionales. La figura muestra tal solución.

3º Si la topografía es más movida, los laterales tienen que hacerse según curvas de nivel, lo que dificulta el trazo de la red de drenaje.

Generalmente los drenes tienen que construirse junto al canal, pero arriba de él. Tiene el inconveniente de que son de gran longitud o nece-



Distrito de Riego del Río Mante, Tamps.
Vista del dren San Rafael desde su unión con el dren Saca de Agua. Aunque con vegetación, está en condiciones de uso.

sitan cruzar los laterales de riego con sifón o puente canal.

Los dos últimos criterios se siguieron al diseñar el drenaje del Distrito de Riego de Don Martín, que en lo general ha funcionado bien.

COLECTOR PRINCIPAL.—Para trazarlo, generalmente se usa algún accidente del terreno como el curso de un río, una barranca, etc., como se hizo en el Distrito del Conchos, en que el colector es el río, o en el proyecto de drenaje del Distrito de Culiacán, en que el colector que se propone será una cañada.

Para determinar la capacidad del canal se calcula el gasto máximo probable por medio de las fórmulas racionales o cuando se trata de una corriente de importancia se harán las observaciones hidrométricas. Las fórmulas más usa-

das son las de Burkli-Ziegler y la de Arnold y Gregory. Todo esto deberá ser aproximado, porque basta formarse una idea del gasto que puede presentarse y no un valor preciso, ya que es preferible que un dren trabaje con sobrecarga, pues las erosiones y derrumbes que originen son de menor costo que el servicio que proporciona al arrastrar las basuras y azolves existentes en el conducto.

Para las ampliaciones de un drenaje, lo mejor es basarse en la experiencia de lo ya construido. Por ejemplo, los drenajes mexicanos del Valle de Juárez se les ha proyectado buscando un rendimiento semejante al de los drenes norteamericanos del Distrito de Riego del mismo Valle.

El colector o dren principal debe construirse a tiempo que la red de distribución y, posteriormente, la red de alimentación.

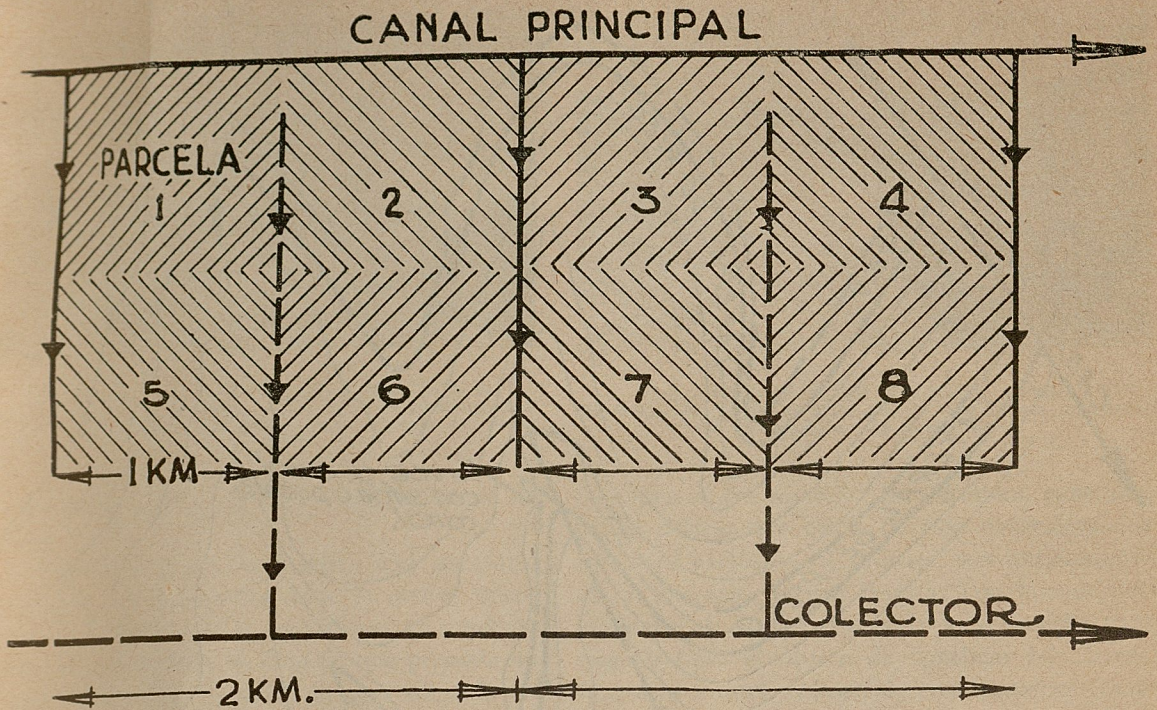
La mayor ventaja que debe buscarse consiste en lograr que los drenes tengan una fuerte pendiente, por lo que no es de recomendarse la construcción de caídas dentro de ellos, excepto cuando la pendiente sea excesiva y la erosión resultante ponga en peligro tierras de valor.

Ampliación del drenaje.—Es muy importante que los ingenieros encargados de la Administración de un Distrito de Riego tengan presente que el drenaje siempre debe estar sujeto a revisión y que prácticamente nunca se puede dar por concluido. Las soluciones anteriormente citadas, permiten estarle agregando continuamente una serie de laterales y aun terciarios que vayan haciendo que el drenaje sea más efectivo.

OBSERVACIONES DEL NIVEL FREÁTICO

Pero para poder tener una base firme sobre la cual proyectar las ampliaciones y modificaciones que haya lugar, es importante tener un útil instrumento de trabajo que es el disponer de un amplio registro de las variaciones del nivel freático. Para eso es conveniente establecer numerosas estaciones de observación que permitan darse cuenta de cuál es el comportamiento del agua subterránea.

No es posible dar reglas sobre la distancia a la que conviene establecer los puntos de observación, sino más bien será conveniente que el ingeniero, al encontrar discrepancias notorias entre dos puntos, establezca estaciones intermedias que servirán para interpretar el cambio que se presenta.

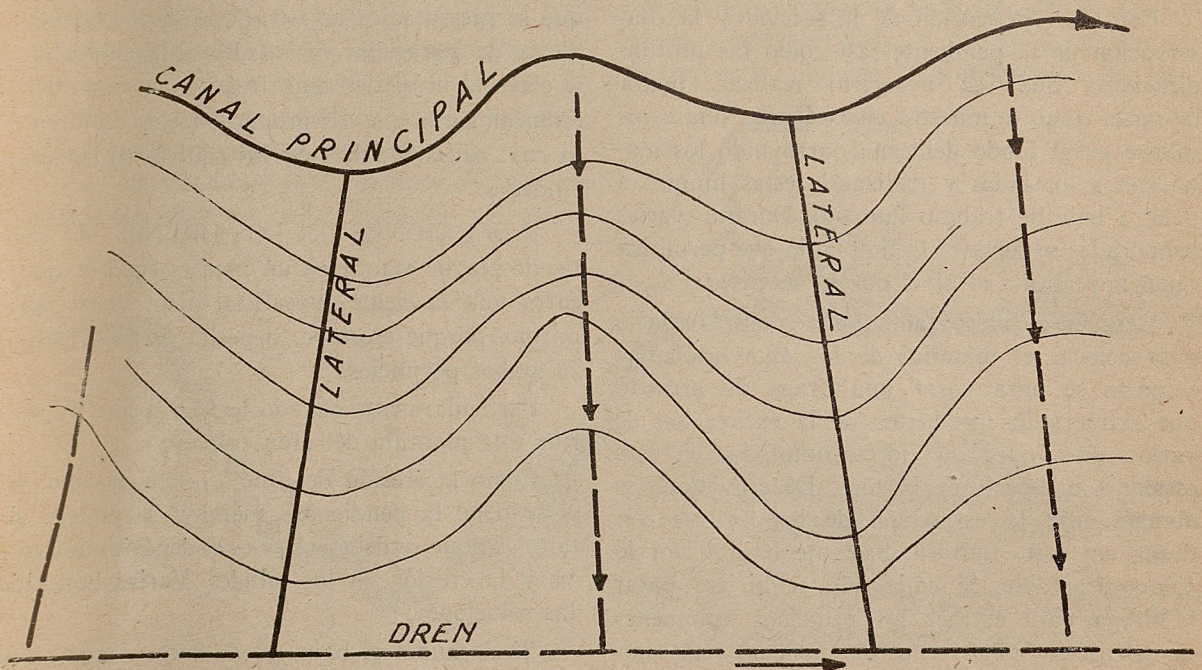


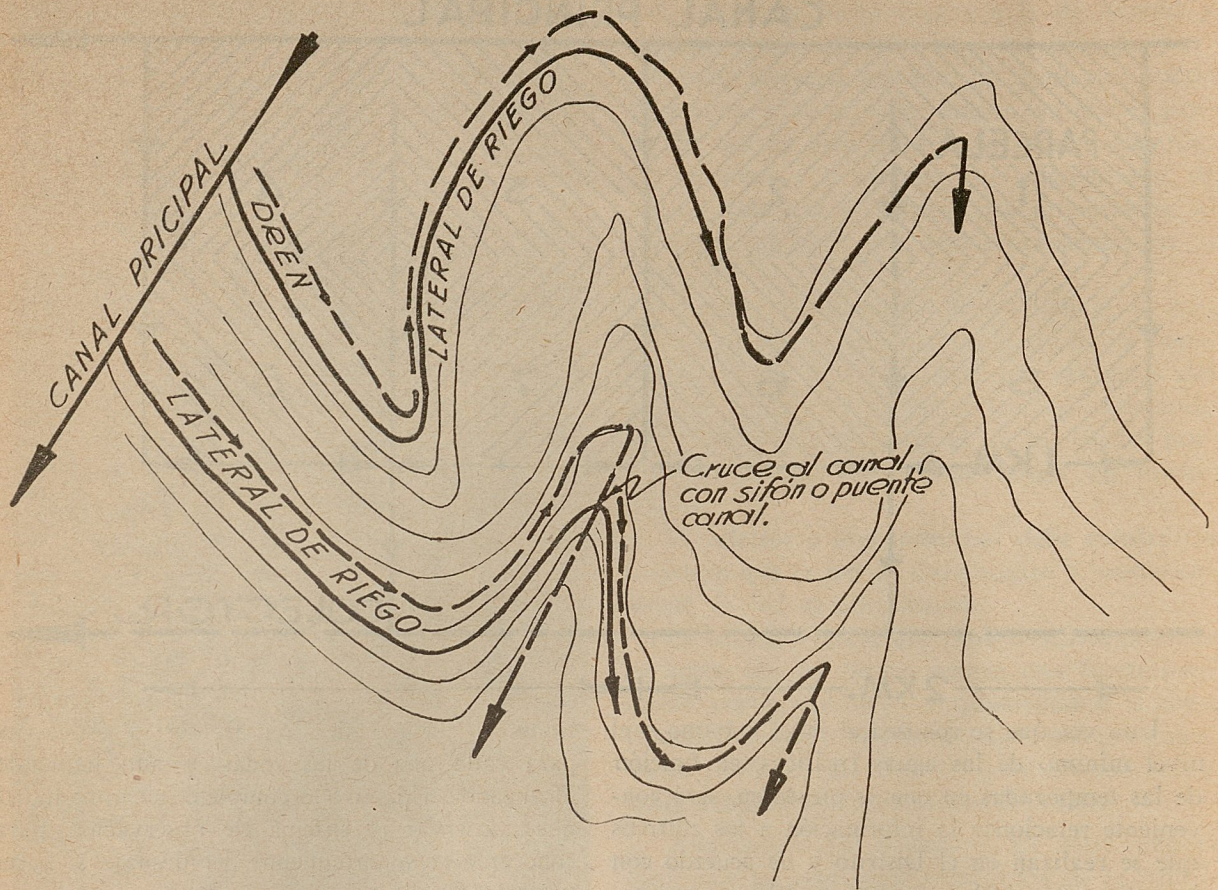
Una vez que se conozca el nivel máximo y el nivel mínimo de las aguas freáticas, en función de las temporadas en que se presenten, será conveniente relacionar la información a los cultivos que se realizan en el Distrito y de acuerdo con las exigencias de las plantas, se deberán proyectar las obras necesarias para lograr que el nivel freático se mantenga en torno de una profundidad adecuada.

Como la naturaleza del suelo no es uniforme en el Distrito, indudablemente que las amplia-

ciones de la red de drenaje, serían especiales para cada una de las zonas, y aun habiendo alcanzado su desarrollo completo, siempre habrá que conservar el sistema de observación para conocer el comportamiento del drenaje y hacer todas las modificaciones que sean necesarias.

La conservación de los drenes se reduce a mantener la sección y pendiente de los mismos, para lo cual tiene que vencerse a la vegetación y a los derrumbes que se presentan. Además, las crecientes socavan y provocan derrumbes, para





lo cual será necesario hacer protecciones o reparaciones locales, utilizando materiales muy económicos, generalmente madera rolliza, enramadas y con poca frecuencia enrocamientos acomodados a mano (Mampostería seca).

Para la rectificación de la sección y la conservación de la pendiente, así como las profundizaciones que sea necesario realizar, podrá labrarse, como se muestra en la figura, una escotadura en el fondo del canal, arrojando los materiales a los lados y realizando estas limpiezas a pala, a base de trabajo humano. Durante varias temporadas se repetirá la limpieza, lo que permitirá tener la plantilla al nivel que se necesite.

Después de varios años ya no habrá espacio para colocar el material de las excavaciones y entonces se hará pasar una draga de arrastre que extraerá los productos de la excavación de varios años, que han sido acumulados en esos escalones o especie de bermas. De este modo se obtiene para la extracción de los azolves con draga, un costo unitario bastante bajo y por lo tanto, aceptable. Si cada año se hiciera pasar la draga para extraer los pequeños volúmenes que es necesario mover, se obtendrían gastos uni-

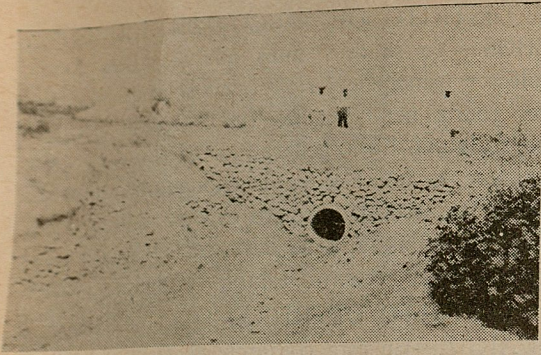
tarios muy altos. Pudiera pensarse que dado que los depósitos son de poca importancia no era necesario extraerlos año con año. Si bien la influencia de los derrumbes no es de importancia dentro del sistema, ya que la primera creciente que se presenta los arrastrará, existe el inconveniente de que en las vecindades de la obturación se eleva el nivel del agua freática por efecto del estancamiento que se produce dentro del dren, lo cual causará daños en los cultivos de las vecindades.

INSERCIONES EN LOS DRENES.—El sitio de mayor ataque en un dren es aquel en que entra una creciente superficial o un lateral del mismo, porque erosiona, deposita azolve o realiza ambos perjuicios.

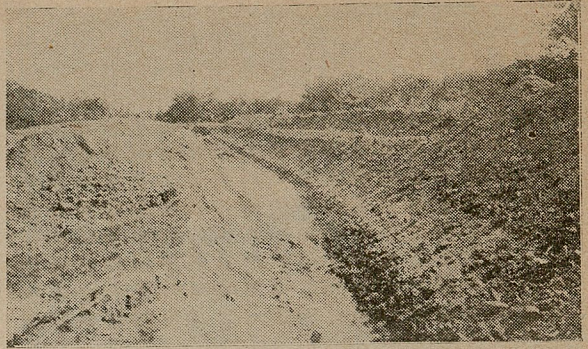
Particularmente cuando lo hace a nivel superior a la plantilla del dren colector.

Como la erosión del fondo no causa daño, si se sostiene la pendiente general y se protege el talud, lo que se debe evitar es el depósito de azolve y la erosión en los taludes. Varias han sido las soluciones:

Si el caudal es bajo, puede hacerse que el es-



Distrito de Riego de Don Martín, Coah. y N. L.
Vistas de una alcantarilla sobre el dren prolongación
"Dos Estados", para dar paso a una acequia de riego.
(km. 20).



Distrito de Riego del Río Mante, Tamps.
Desfogue del canal 34.6 al arroyo que forma un ramal
de la barranca de San Rafael.

currimiento caiga en el centro por medio de un tubo.

Cuando el gasto es mayor, será necesario construir una alcantarilla como la que se muestra en la fotografía, la que tiene un conducto para el gasto sormal, en caso de que presente un caudal extraordinario, puede brincar sobre la estructura sin causar daño.

DRENAJES SUBTERRANEOS

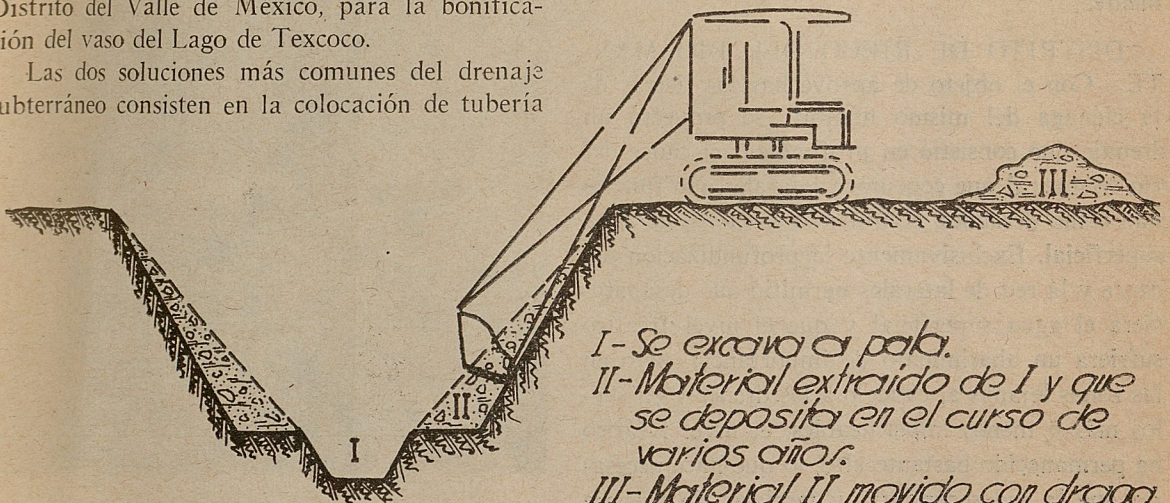
Cuando la alimentación subterránea de cuencas bastante altas y lejos de la zona agrícola, es de importancia, no es posible controlarlas con un drenaje superficial que muchas veces no logra interceptar el escurrimiento; en tal caso, se hace necesario recurrir al drenaje subterráneo que en lo general es muy costoso. También cuando se necesita lavar las tierras, se le aplican elevados tirantes de agua a los que se les da salida por drenaje subterráneo, eliminando el exceso de sales que contiene el suelo. Tal es el caso del Distrito del Valle de México, para la bonificación del vaso del Lago de Texcoco.

Las dos soluciones más comunes del drenaje subterráneo consisten en la colocación de tubería

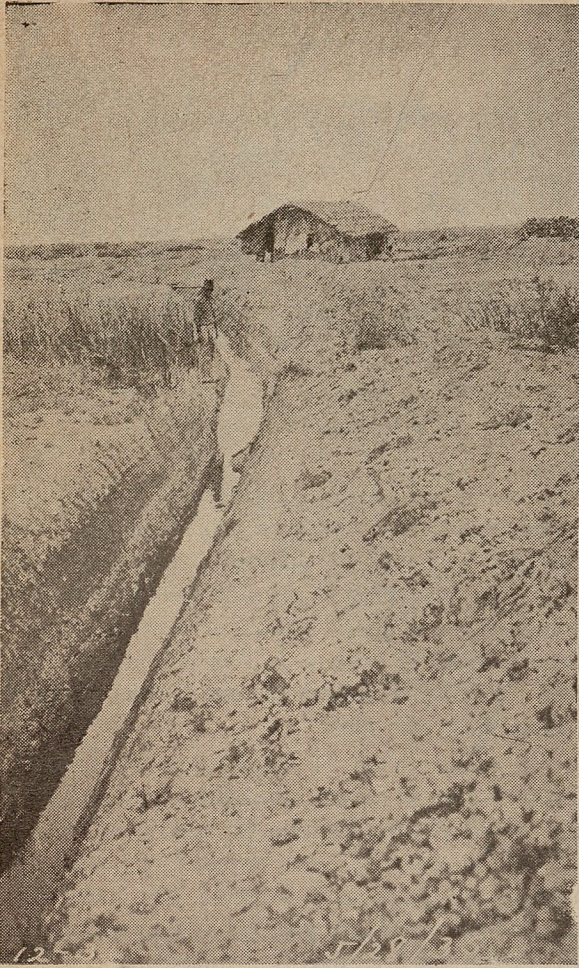
colectora o de bombeo. En términos generales, puede decirse que obras de esta naturaleza con finalidad exclusiva de drenaje, son antieconómicas y que sólo pueden resultar con buenos rendimientos, si el agua extraída se aprovecha para riego o tiene el objeto de bonificar las tierras. Aun esta última aplicación, con frecuencia tiene valores muy elevados.

La conservación de estas obras es bastante difícil y casi se reduce a substituir las porciones que se destruyan. Cuando la tubería se tapa o sufre asentamientos que impiden su funcionamiento, no queda más solución que hacer una excavación que ponga a la vista la tubería y que se substituyan los tubos destruidos o se coloquen en su posición los que se hayan movido.

Respecto al bombeo, la conservación se limita a los cuidados de la maquinaria y a las precauciones necesarias para impedir el arrastre de los materiales sueltos, pudiendo en un momento dado, obturar la alimentación del pozo.



- I - Se excava a pala.
- II - Material extraído de I y que se deposita en el curso de varios años.
- III - Material II movido con draga de rosario o de arrastre.



Distrito de Riego de Don Martín, Coah., y N. L. Construcción de la primera etapa de un dren, que consiste en una excavación inicial para secar el terreno y posteriormente hacer con draga el dren definitivo.

En nuestro país tenemos numerosos casos de drenaje que a continuación se describen sucintamente.

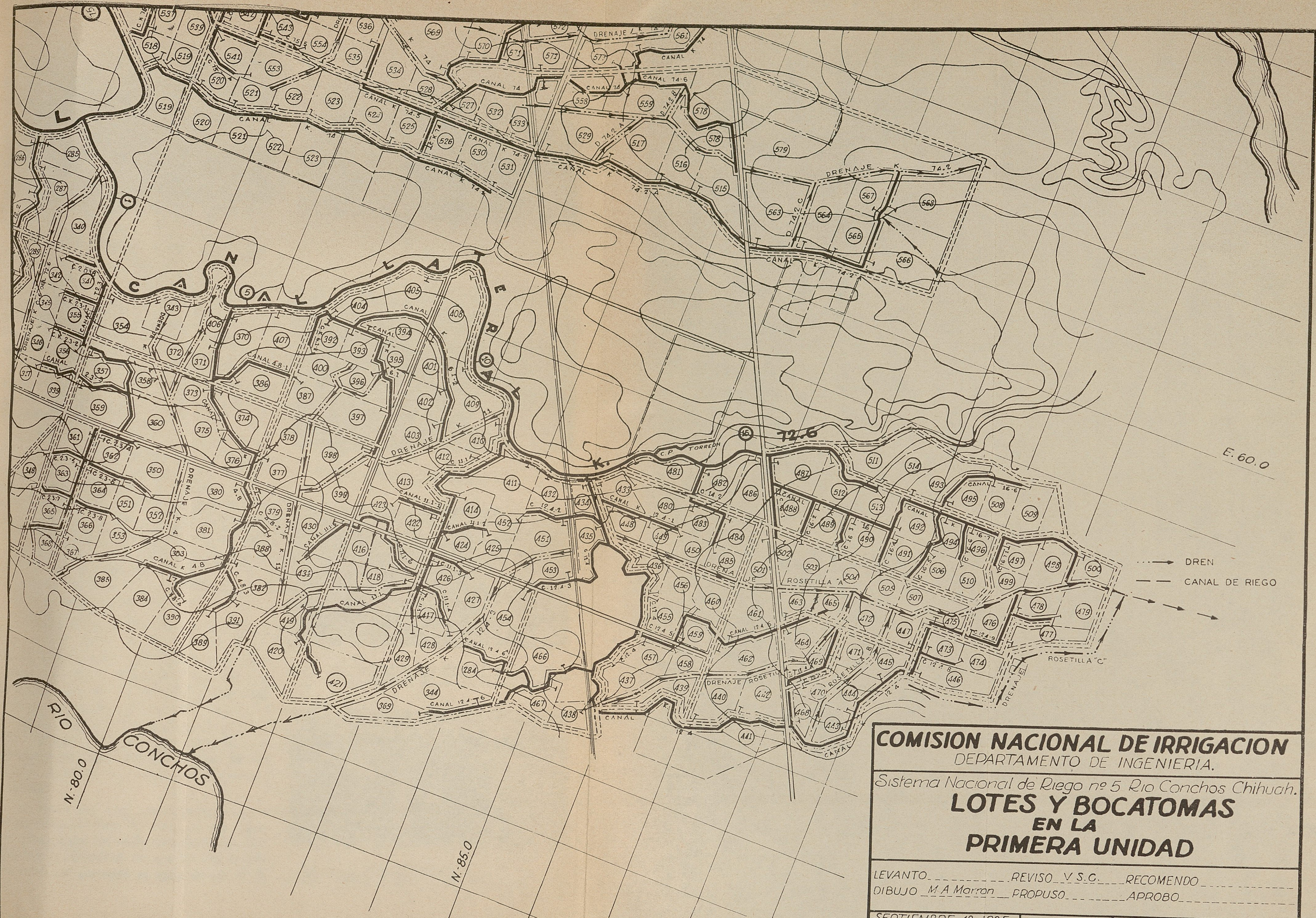
DISTRITO DE RIEGO DEL RIO MANTE.—Con el objeto de aprovechar las tierras de la ciénaga del mismo nombre, se proyectó un drenaje que consistió en profundizar el cauce del río Mante, al que concurren laterales que funcionan como desagües, eliminando el exceso de agua superficial. Exclusivamente la profundización del cauce y la red de laterales permitió que desapareciera el agua superficial y que el nivel freático sufriera un abatimiento de importancia, pero en las zonas lejanas al cauce o a los drenes y en suelos más o menos impermeables, el nivel freático ha permanecido bastante alto, lo que hace necesario que la red secundaria y terciaria de drenaje se haga más densa, como se ha tratado de hacer.

DISTRITO DE RIEGO DEL RIO CONCHOS.—Ya se dijo antes que se utilizó como colector principal el río Conchos, al que por tener fuerte pendiente no fué necesario ejecutar obra alguna. En lo general, la red funciona como desagüe, los laterales han funcionado satisfaciendo todas las necesidades, pero existen algunas zonas bien definidas, aunque de reducida área, en las que se hace necesario establecer algunos drenes.

DISTRITO DE RIEGO DEL VALLE DE JUAREZ.—En esta comarca, el drenaje ha sido necesario establecerlo para evitar las afloraciones de álcali, que son muy frecuentes y que a la larga inutilizan las tierras. Además, por razón de la escasez de agua, resultado del tratado internacional sobre la distribución de aguas del río Bravo, ha sido necesario regar la segunda y tercera unidades con las aguas de drenaje de la primera.



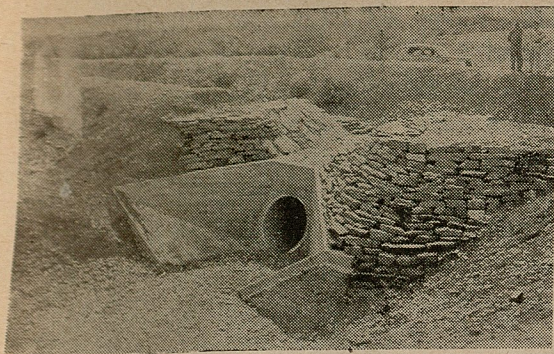
Distrito de Riego de Don Martín, Coah., y N. L. Caída construida de mampostería para permitir el paso de canal al dren.



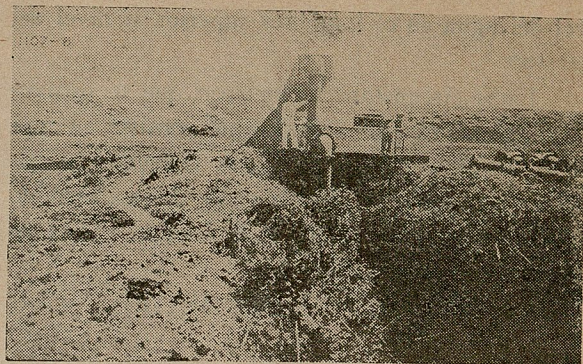
COMISION NACIONAL DE IRRIGACION
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA.
 Sistema Nacional de Riego nº 5 Rio Conchos Chihuahua.
LOTES Y BOCATOMAS
EN LA
PRIMERA UNIDAD

LEVANTO REVISO V.S.C. RECOMENDO
 DIBUJO M.A. Marran PROPUSO APROBO

SEPTIEMBRE-1º-1935. | C.DELICIAS 'CHIH. | R-20-7 | H.-única.



Distrito de Riego de Don Martín, Coah., y N. L. Alcantarilla para descargar en un dren. La estructura tiene una protección en la parte superior, para dar paso a los excedentes del tubo.



Distrito de Riego del Bajo Lerma, Mich., y Jal. Bomba provisional de drenaje en el km. 9.6 del bordo del Río Duero. Abril-1935.

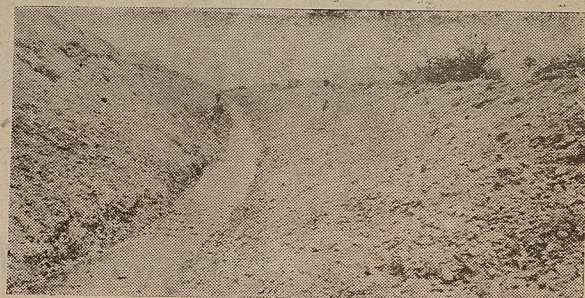
Desgraciadamente las aguas de drenaje, por las condiciones particulares de la comarca, presentan elevadas concentraciones de sales que ya han causado la inutilización de algunas porciones de terreno de la segunda y tercera unidades.

En ese mismo Distrito de Riego se ha establecido una serie de pozos, que si bien orientados a la extracción de agua, han dado por resultado un drenaje bastante intenso.



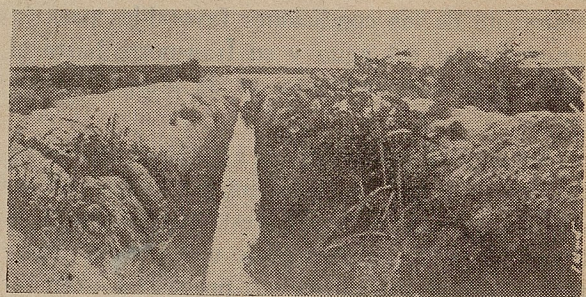
Distrito de Riego de Don Martín, Coah., y N. L. Vista del dren del Nogal en 1935.

DISTRITO DE RIEGO DE LA REGION LAGUNERA.—La naturaleza de los suelos de esta comarca y, sobre todo, el procedimiento de riego a que ha obligado el régimen del río, hacen que un elevado volumen de agua se infiltre año con año a la capa freática. No obstante ello, la gran abundancia de estaciones de bombeo ha hecho que el nivel freático descienda cada vez más y más, por lo que en la región no existe problema de drenaje y sí el encarecimiento creciente del riego por bombeo.



Distrito de Riego de Don Martín, Coah., y N. L. Ramal 3 del dren del Nogal. Vista hacia aguas arriba a los dos meses de su construcción en 1935.

CIENAGA DE CHAPALA.—La región agrícola conocida con el nombre de Ciénaga de Chapala formaba parte de la laguna del mismo nombre, de la que se independizó por medio de los diques construidos a principio de este siglo. Como gran parte del año las tierras quedan a un nivel más bajo que el correspondiente a la superficie del lago, existe un movimiento de agua subterránea del lago hacia la Ciénaga, además del fuerte caudal de los arroyos que concurren a la Ciénaga.



Distrito de Riego de Don Martín, Coah., y N. L. Ramal del dren Las Tablas. Tenía 5 m. de profundidad en 1935 y todavía le falta 1 m. para que funcione bien.

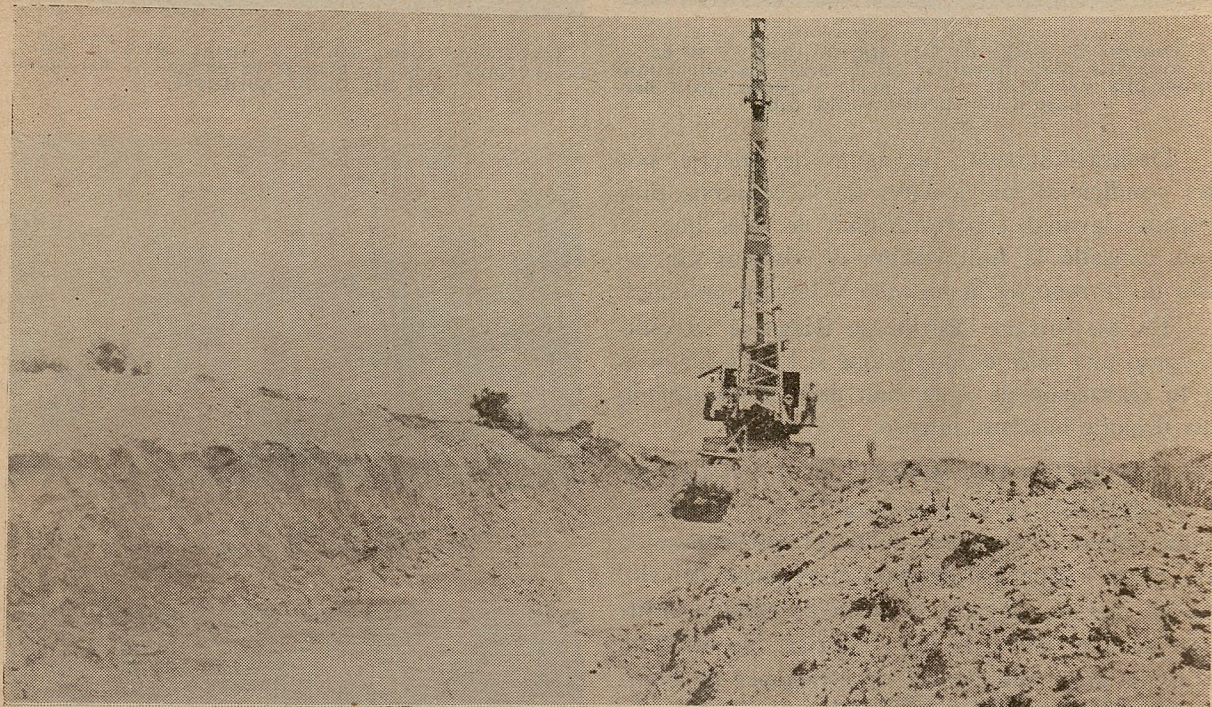
Para lograr que estas tierras pudieran aprovecharse para los fines agrícolas, se hizo necesario extraer todos los volúmenes existentes, presentándose la dificultad de que no era posible eliminarlos por gravedad en vista de que el ni-

vel del agua en el Lago era superior al nivel del terreno.

Estas circunstancias hicieron que se proyectara un sistema de drenaje que consiste en una serie de drenes colectores, que concurren a diversas estaciones de bombeo que las extraen de la Ciénaga y las arrojan a la laguna, y está en proceso de construcción.

DISTRITO DE RIEGO DE DON MAR-

TIN.—Como se trata de una zona plana, con facilidad se hizo el trazo de los drenes equidistantes de los laterales de riego. En su mayor parte actúan como desagües de aguas de lluvias que vienen de las vecindades del Distrito. Paralelo al canal principal se ha construido un dren interceptor para recoger las filtraciones que se presentaban, por estar construido en algunos tramos, en terraplén.



Distrito de Riego de Don Martín, Coah. y N. L.
Draga excavando el dren interceptor de filtraciones en abril de 1938.

Protección de las cuencas

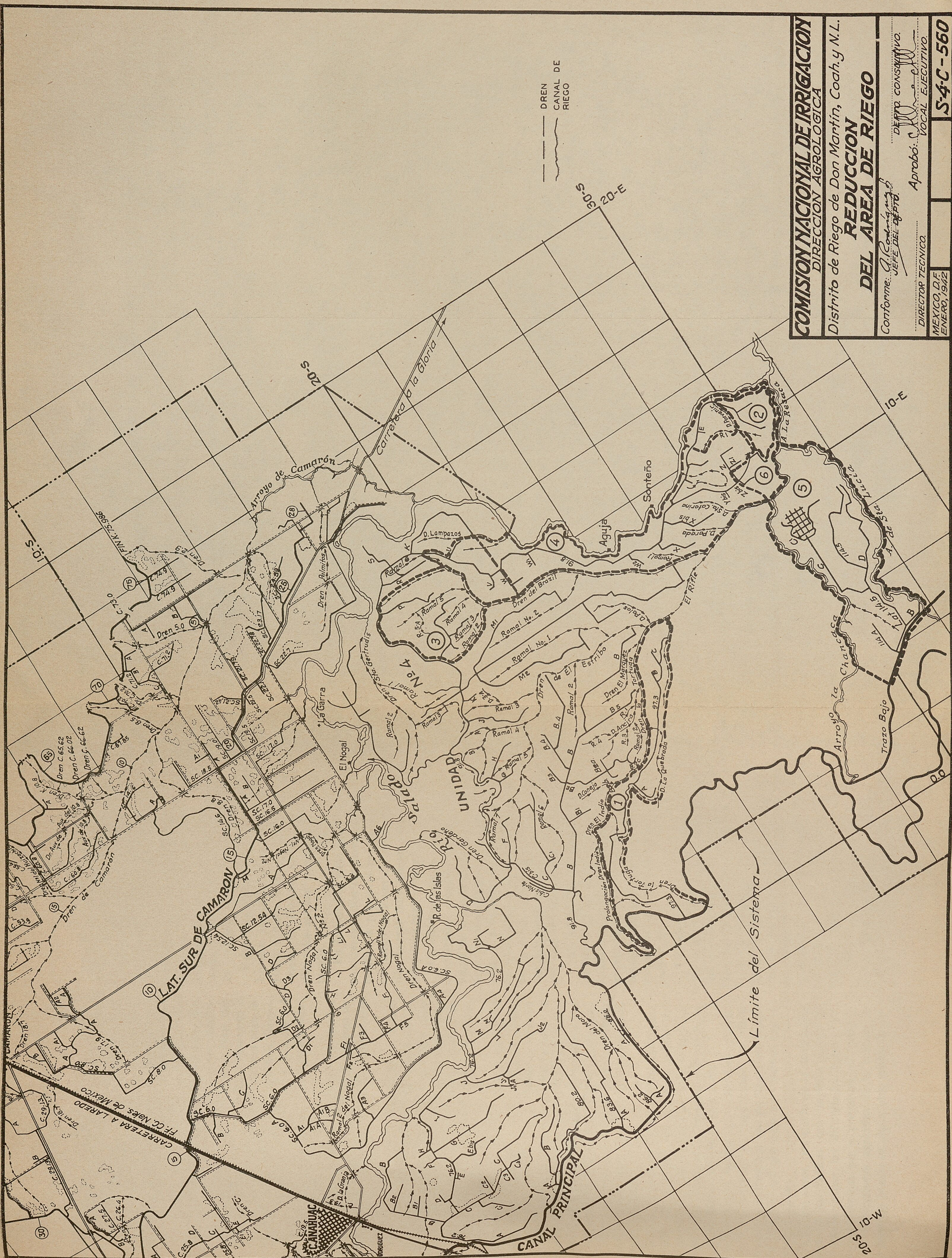
Toda el agua que se utiliza para regadío, ya sea de origen superficial o subterráneo, es recogida en la cuenca de captación, por lo que el mantenimiento de las condiciones favorables para la concentración del agua y su transporte hasta el sitio del aprovechamiento, es de grande importancia.

Desgraciadamente, es un aspecto al que se le ha concedido poca importancia, por la circunstancia de que la zona de riego está muy distante de la cuenca y los habitantes de una y otras regiones no se dan cuenta que sus problemas están relacionados.

Para completar el panorama de la cuestión es

de hacer notar que casi siempre los propietarios de la cuenca son diferentes de las personas que ejercen la propiedad en la zona de riego y que, en ocasiones, las dos regiones se encuentran situadas en entidades federales diferentes, sujetas por lo tanto a diversas autoridades.

No obstante todos éstos inconvenientes, es necesario que la administración de un Distrito de Riego esté informada de las condiciones que se presenten en la cuenca, que procure no se modifiquen si no es para mejorar el régimen hidrológico y que cuando no esté dentro de sus facultades o jurisdicción el impedir desmanes, sugiera a las autoridades superiores las medidas más ade-



COMISION NACIONAL DE IRRIGACION
 DIRECCION AGROLOGICA

Distrito de Riego de Don Martin, Coah. y N.L.

REDUCCION DEL AREA DE RIEGO

Conforme: *A. Rodriguez*
 JEFE DEL DPTO.

Aprobó: *[Signature]*
 VOCAL EJECUTIVO.

DIRECTOR TECNICO
 MEXICO, D.F.
 ENERO, 1942

S-4-C-560

cuadas. Estas pueden concretarse en la conservación de los suelos de la cuenca como factor fundamental, ya sea por medio de la conservación de los bosques, reforestación de los destruidos y fijación de los suelos por medio de obras adecuadas. También se presenta el caso de controlar los aprovechamientos agrícolas que se hagan dentro de la cuenca para evitar que haya deslaves, acarreo de materiales sólidos y, sobre todo, modificación del régimen de escurrimiento. Hay que tener presente que el vaso de almacenamiento o las obras de derivación, así como todo el plan de aprovechamiento de la corriente, se han formulado sobre el régimen observado en ella, de tal suerte que al modificarse se hacen inadecuadas en mayor o menor proporción.

Los peligros más importantes que se pueden presentar, consisten en la variación del régimen de escurrimientos y en la cantidad de azolves que se presentan.

Respecto a cada uno de los problemas, se han hecho diversas publicaciones por parte de la Comisión Nacional de Irrigación y todas ellas concurren a las tres soluciones antes citadas: conservación del bosque y reforestación, control de las explotaciones agrícolas y construcción de obras fluviales de control y protección.

Respecto a la conservación y reforestación del bosque, deberá cooperarse con la policía forestal para lograr estos fines, y cuando se observe que algún afluente presenta modificaciones a causa de alteración de su riqueza forestal, habrá que tomar toda aquella información necesaria para tener seguridad en la causa y efectos observados, lo que se comunicará a las oficinas superiores, proponiendo soluciones concretas para corregir la alteración presentada.

Respecto al control de los aprovechamientos agrícolas, sólo se puede conseguir por medio del convencimiento, propagando y difundiendo los métodos que permiten aprovechar terrenos de fuertes pendientes sin que se erosionen.

Probablemente habría que intervenir proyectando a los terrenos en explotación las obras necesarias, para asegurar que no van a ser erosionados, evitando así que baje un volumen mayor de material sólido.

En muchos casos, por efecto de la denudación absoluta de las laderas, que impiden pensar en reforestación o por las dificultades locales, sociales o económicas que se presenten para controlar las explotaciones agrícolas de la cuenca, se hace necesario pensar en algún otro medio de im-

pedir el arrastre de los azolves y una posible modificación del régimen de la corriente.

Para ello se ha tenido que recurrir a la construcción de obras de control, particularmente en los torrentes o en los sitios en que el río principal atraviesa materiales de relleno fácilmente transportados. Generalmente se han usado diques estabilizadores de mampostería, madera y enramadas, según la importancia de la obra, los materiales de la región y los fondos disponibles.

Estos procedimientos han sido empleados en Europa, particularmente en Francia, Alemania e Italia, y hasta fecha reciente en el valle de Tennessee, en Estados Unidos, pero los resultados obtenidos no han correspondido a lo que se esperaba.

En lo general, estas construcciones requieren una conservación constante y costosa, particularmente las pequeñas presas que son flaqueadas tan luego se llenan de azolve, iniciando una erosión lateral muy intensa, especialmente cuando tienen una planta en arco.

Un motivo más de fracaso en estos diques transversales, consiste en el hecho de que, para lograr un perfil longitudinal de compensación, se hace necesario que la estructura trabaje como caída y es bastante difícil lograr que el colchón de aguas abajo se mantenga siempre en condiciones de evitar la erosión. Casi siempre, después de una temporada de lluvias, el colchón se modifica quedando en situación desfavorable.

Para evitar los derrumbes y defender en lo posible el suelo, de laderas en fuerte pendiente, ha sido frecuente construir diques transversales al sentido de la pendiente, formando terrazas escalonadas. Este procedimiento en algunos casos se ha completado con una reforestación posterior de las terrazas.

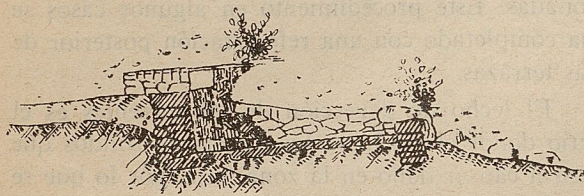
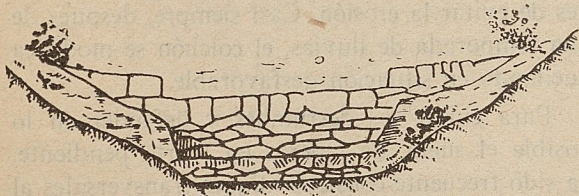
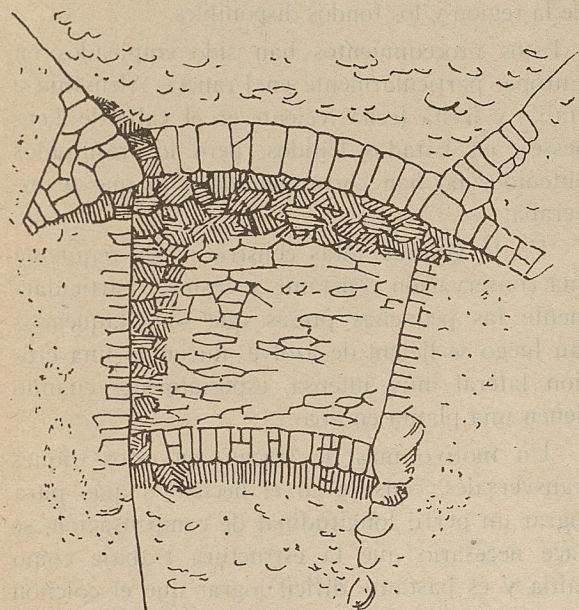
El lecho de deyección de los torrentes es el sitio donde el río toma los materiales sólidos que van a causar daño en la zona baja, por lo que se hace necesario que el agua circule con velocidades bajas y que los depósitos erosionables estén protegidos. Para lograr esto se ha recurrido a la solución de construir espolones de mampostería, de roca suelta, de madera o aun de los llamados permeables que no son sino alambradas que se colocan en la corriente y que facilitan el depósito del material acarreado.

Por el bajo costo que se obtiene se usa con frecuencia la solución de pequeñas estructuras de enramadas, las que fijadas con alambres apoyados

en pilotes son fáciles de construir y en muy corto tiempo.

Cuando se trata de erigir una estructura más estable, se emplea con frecuencia el enrocamiento acomodado a mano también llamado mampostería seca, con lo que se han logrado muy buenos resultados a bajo costo.

Las figuras ilustran las construcciones de este tipo.



Presas de piedra.—(Tipo usado en Europa)
Figuras tomadas de la obra Tratado General de
Construcción.—C. Esselborn

Para vencer a la erosión horizontal, también se emplean los espolones, junto con los diques longitudinales al sentido de la corriente y la solución mixta que consta de diques provistos de espolones.

La experiencia que se ha tenido en el extranjero y la nuestra en los pocos ríos en que se han hecho obras, hacen ver que los procedimientos ya citados tienen el inconveniente de que defienden

la ribera donde se construyen, pero reflejan la acción de la corriente contra la opuesta provocando la socavación, con el transporte posterior hacia aguas abajo del material sólido.

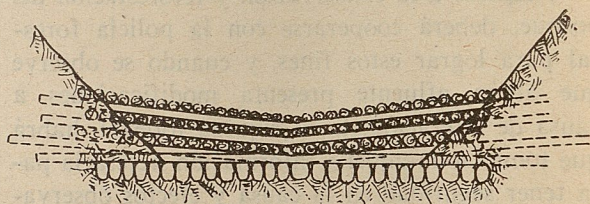
Todas estas obras presentan dificultades técnicas de importancia, además de tener grandes limitaciones por su elevado costo y la falta de seguridad de un funcionamiento correcto.

Para esta circunstancia, se ha generalizado la costumbre de que estos trabajos se hagan en forma rústica, buscando la mayor economía posible y la cooperación de los habitantes de la comarca.

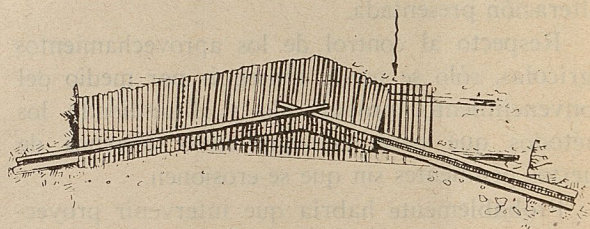
Particularmente este último aspecto es el más importante, se necesita una franca cooperación y una comprensión del problema para construir y conservar estas obras, que no podrán ser definitivas porque constantemente aparecen brotes de ataque que será necesario vencer, para lograr el fin que se propone.



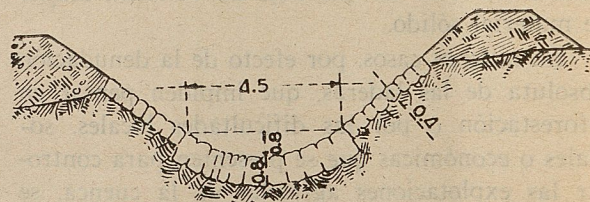
Presas formadas con árboles.



Vista de frente



Presas de madera rolliza.
Planta



Sección.—Cauce revestido en un torrente.

Claramente se ve que todo este plan está fuera de la zona de influencia de un Distrito de Riego, pero es necesario que la administración del mismo esté pendiente de su desarrollo, para lograr el funcionamiento de las obras. La Gerencia en este

caso deberá actuar sugiriendo a las entidades superiores todas las medidas convenientes para lograr que el régimen se mantenga más o menos estable y se reduzca al mínimo la cantidad de azolves en la corriente.

Obras en los ríos

Generalmente los Distrito de Riego se establecen en la ribera de un río o en ambas márgenes por lo que siempre las variaciones del régimen del mismo significan peligro para las cosechas, las obras construidas y muchas veces para los centros de población que se hayan establecido.

Para estas circunstancias casi siempre se incluyen dentro de las obras las construcciones necesarias para establecer las corrientes y evitar que ocasionen algún daño.

Aun suponiendo que se dispusiera de los suficientes datos hidrométricos y meteorológicos, siempre quedarán las obras en forma insegura y sujeta a variaciones por las modificaciones no previstas en el régimen. Desgraciadamente la recopilación de las estadísticas hidrométricas y meteorológicas es reciente, por lo que el margen de inseguridad es mayor, particularmente en nuestro país en que la recopilación de estos datos no excede a un período de quince años.

Por eso el programa de construcciones para evitar los daños de un río tiene que ser continuamente revisado y la administración de un Distrito de Riego se ve obligada a atender la conservación de las construcciones y la ejecución de las ampliaciones y modificaciones necesarias.

En términos generales, puede decirse que los problemas principales que se presentan consisten en las inundaciones, la acción erosiva de la corriente, la tendencia a depositar azolves y la variabilidad del curso en los ríos viejos.

INUNDACIONES

Estas se presentan por la insuficiencia del cauce y se pueden evitar ampliando la sección del mismo o dotándolo de bordes suficientes para evitar la inundación de las riberas. Cuando los ríos son de importancia, es decir, que llevan grandes gastos, el tratar de labrar en el terreno un cauce artificial es sumamente costoso por lo que casi siempre se cae en la solución de construir los bordes laterales.

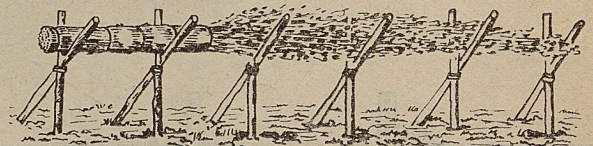
Los bordos tienen el inconveniente de que como se usan durante un corto lapso de tiempo cada año y a veces en intervalos de años, se deterioran fácilmente, son atacados por los animales, particularmente por los roedores y luego es común que las avenidas se presenten en condiciones diferentes a las previstas, erosionando o con caudales mayores de los calculados.

La administración del Distrito de Riego debe estudiar todas las variaciones que se presenten en el comportamiento de un río para prever los probables sitios de ataque, así también para reforzar los puntos débiles en las defensas construidas.

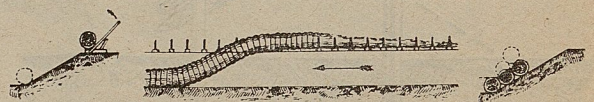
Algunas veces, la insuficiencia de datos o un cambio completo en el régimen del río, hacen que las obras sean inadecuadas, por lo que previo un estudio cuidadoso de las nuevas condiciones, se debe proponer inmediatamente las adaptaciones o la reposición completa cuando sea necesario.

En la mayor parte de los casos, los diques se construyen de tierra con su talud mojado bien protegido cuando son de corta longitud, o defendido únicamente en los puntos más salientes del dique cuando la longitud de los bordos es bastante grande.

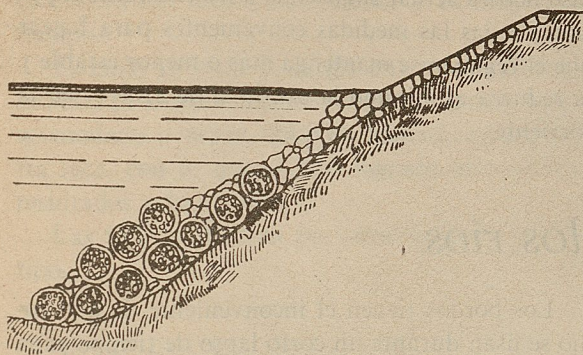
A continuación se presentan los procedimientos de defensa usados con más frecuencia, partiendo desde los rústicos y provisionales, hasta los de carácter definitivo, pero de elevado costo.



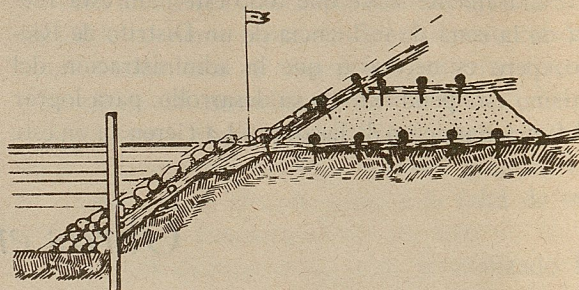
Fabricación de las fajinas



Proceso de colocación

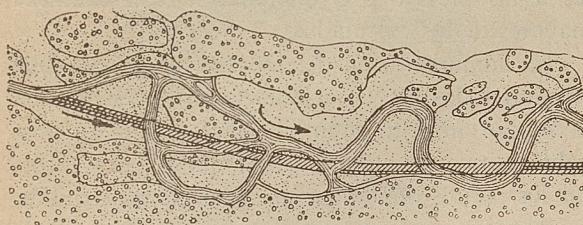


Protección con fajinas y enrocamiento acomodado
Sección protegida.



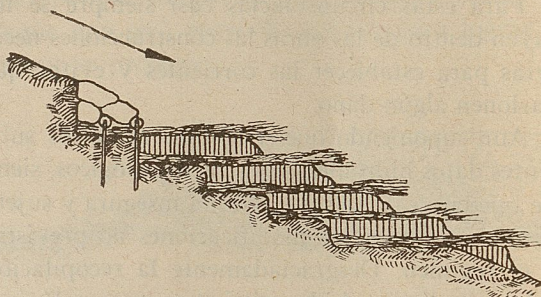
Bordo terminado

Construcción de un bordo con el sistema llamado Wolf, a base de madera rolliza, labrada a hacha y grava con arena.

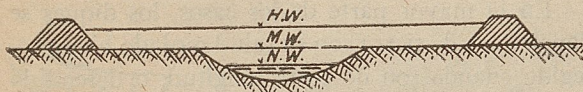


Rectificación de un curso con numerosos meandros.

Esta solución permite aprovechar las tierras vecinas y dejarlas libres de inundaciones.

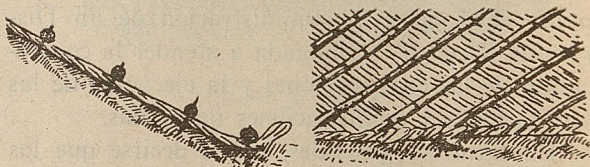


Escamas a base de enramadas y arena.

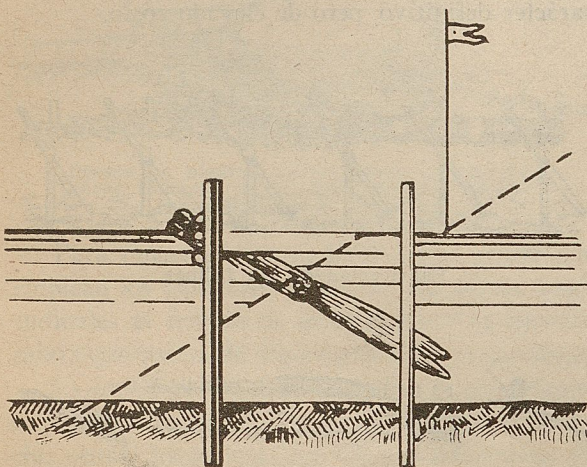


Encauzamiento de un río.

HW.—Nivel en avenidas
MW.—Nivel medio.
NW.—Nivel en estiaje.

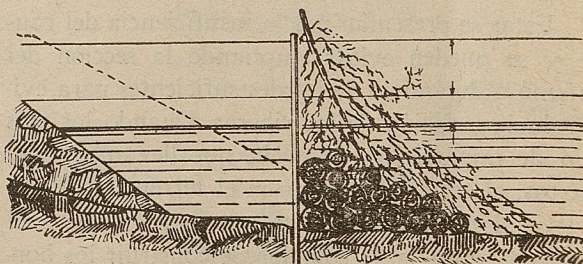


Protección con ramaje y fajinas.

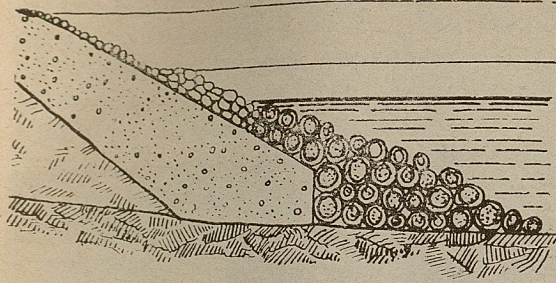


Etapa inicial

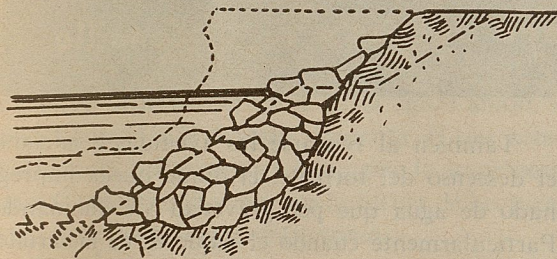
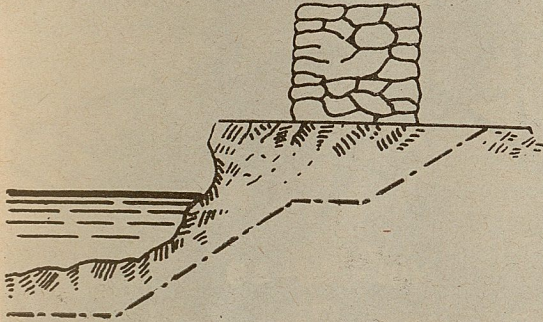
Reforzamiento del bordo por el Sistema Pressel.



1ª Etapa. La enramada provoca sedimentación.



Terraplén concluído.



Protección arrojando piedra a fondo perdido.

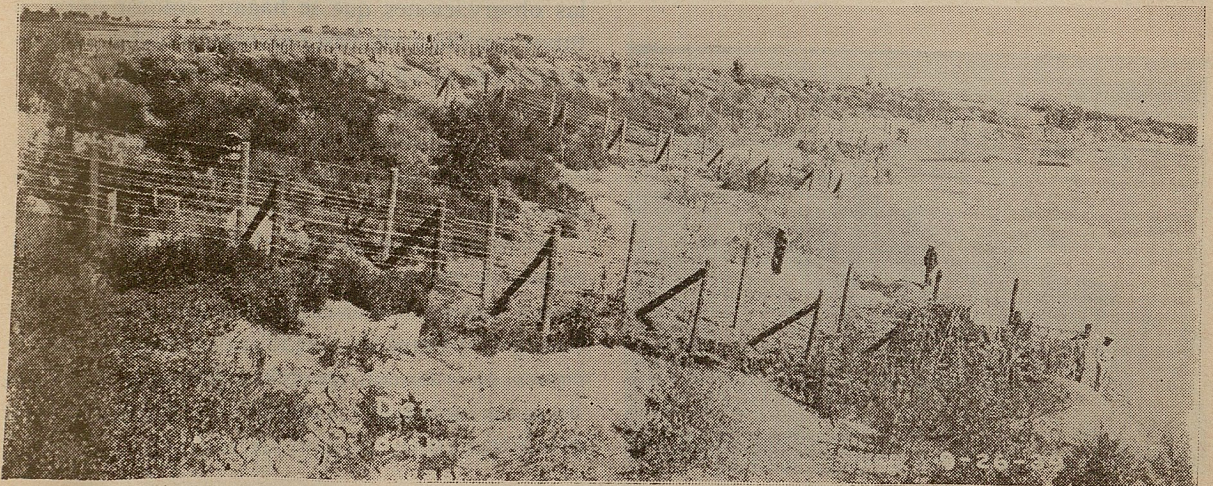
Una de las dificultades que cuesta más trabajo vencer, consiste en el hecho de que los diques permanecen secos gran parte del año, por lo que al modificarse las condiciones de equilibrio se presentan derrumbes a causa de que el talud del material en seco es más tendido que para el mismo

material mojado. Podría pensarse que bastaría con dotar a los bordos de taludes muy tendidos; pero esto, además de ser muy costoso reduce bastante la sección y no resuelve el problema en definitiva, por la falta de uniformidad de los materiales usados en los terraplenes. Por eso es más recomendable diseñar el dique con un talud conservador y estar pendiente de todos aquellos derrumbes que se presenten para corregirlos inmediatamente, evitando su propagación.

Los diques pueden ser atacados en dos temporadas, cuando se presenta la avenida y al avanzar la temporada de secas. Los primeros serán tratados al estudiar la defensa contra la acción erosiva de las corrientes y de los segundos daremos algunas noticias:

Cuando los diques se hayan construido con materiales arcillosos, al secarse se contraen y agrietan, deslizándose algunos bloques de importancia.

Para evitar que se afecte la estabilidad del dique es conveniente clavar estacas que den solidez a las partes desprendidas y hasta algunos autores recomiendan plantar carrizos para formar una trabazón que dé solidez a la capa exterior del dique. Sin embargo, el Ing. Andrew Weiss no simpatiza con esta solución, porque cree que la presencia de vegetación en los bordos evita que el vigilante se dé cuenta de cualquier desperfecto que se presente. Asimismo es muy importante tomar todo género de precauciones a la llegada de las primeras avenidas y sobre todo al aumentar tan rápidamente los torrentes en el río. Como no es el caso de los canales en que no se puede ir graduando el incremento en el torrente, sino que éste se modifica por efecto de las lluvias o cualquier otra circunstancia no controlable, es muy importante que al mojar los diques por primera vez, durante una temporada, se haga una cuidadosa vigi-

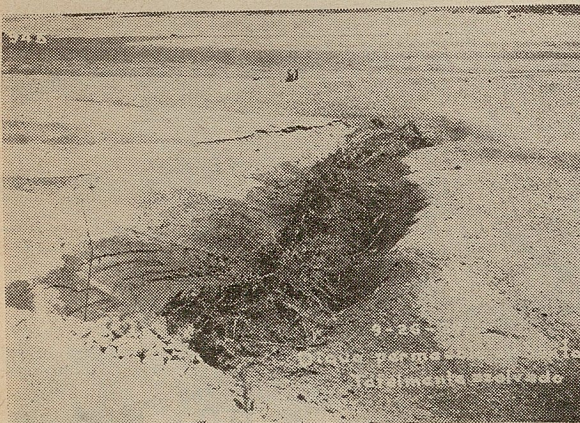




lancia y se tenga el suficiente personal de emergencia para corregir cualquier deterioro que se presente.

En estos casos son muy útiles las enramadas, los sacos de arena y las rocas arrojadas a fondo perdido.

Debe tenerse muy presente que éstas son soluciones temporales, propias de la época de avenidas, pero que al presentarse el verano inmediato se deberán construir muros de sostenimiento, modificaciones de los taludes, sobreelevación de los bordos, etc., para resolver en definitiva las dificultades que se observen.



También al retirarse las avenidas e iniciarse el descenso del torrente, el dique queda impregnado de agua que por gravedad va eliminando. Particularmente cuando el dique es de materiales arcillosos, la expulsión del agua es desigual, formándose algunas bolsas en donde se deposita, rodeándose de una capa de arcilla impregnada que actuando como lubricante, permite resbalamientos.

Por estas circunstancias es muy interesante procurar la completa y al mismo tiempo uniforme extracción del agua interior del dique, y hay que poner un eficiente drenaje y de acuerdo con las observaciones que se hagan, colocar drenes o tubos que llegando hasta el interior del dique, aseguren que se va a sacar uniformemente.

En los cursos bajos de los ríos, existe una marcada tendencia para divagar, socavando las riberas propias o los bordos artificiales que se hayan construido.

Esto generalmente se debe al hecho de que el caudal de verano es muy reducido por lo que sólo ocupa una parte del cauce y origina una socavación local. También puede ocurrir que las condiciones del río, con quiebres violentos y cambios de nivel, provoquen erosiones locales sumamente peligrosas.

En la vertiente del Pacífico, donde las tierras cultivadas tienen poca altura sobre el cauce, están expuestas a frecuentes inundaciones y a que el río vaya haciendo más ancho su cauce, con detrimento de las tierras de labor.

En Los Mochis, a la orilla del río Fuerte se ha ensayado con muy buen éxito una defensa que ha consistido en un recubrimiento de enramadas que a la vez que evitan la erosión, producen un asentamiento de los azolves reforzando así el bordo o el terreno natural que limita el cauce.

Como era necesario anclar esa enramada, se cubría con una red de alambres o tela de alambre apoyada en pilotes anclados en grupos de tres ligeramente separados y a los que las porciones descubiertas se amarraban sólidamente uniendo los cabos, quedando así sólidamente empotrados, en condiciones semejantes a las raíces mismas de las muelas.

El procedimiento se adoptó para las defensas del río Culiacán, obteniéndose buenos resultados.

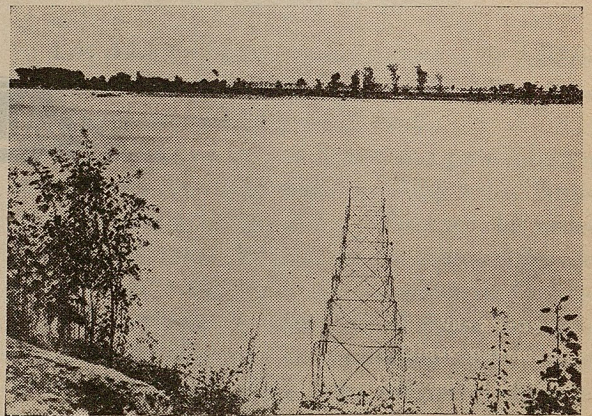
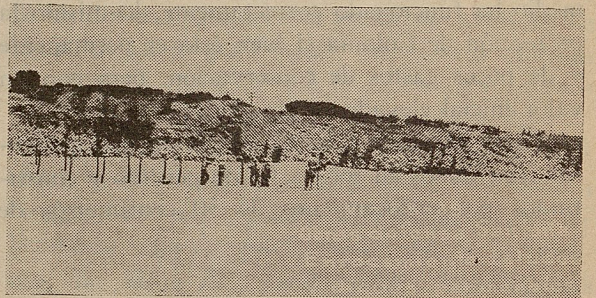
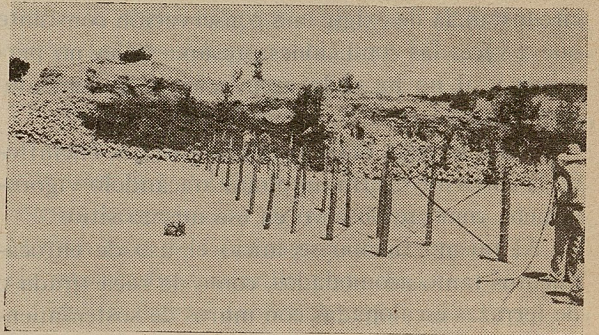
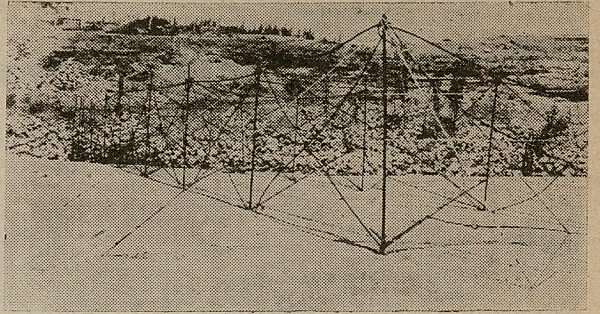
En el Distrito de Riego de la Región Lagunera donde también se presenta el problema, se ha tenido que construir un encauzamiento casi continuado de la presa del Cuije hacia aguas abajo, si bien limitado a la margen izquierda, el que constantemente sufre ataques tanto por la impetuosidad de la corriente, como por la acción de las tuzas y la poca consistencia del terreno.

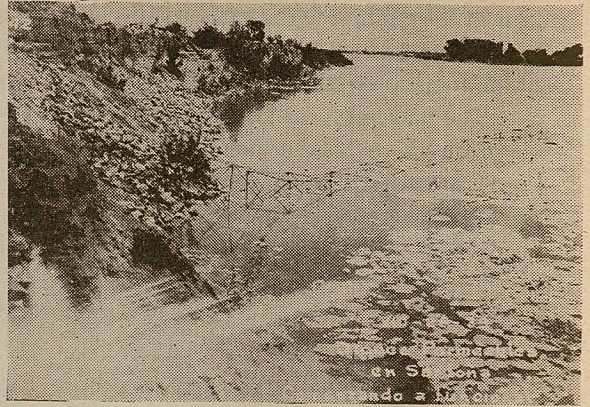
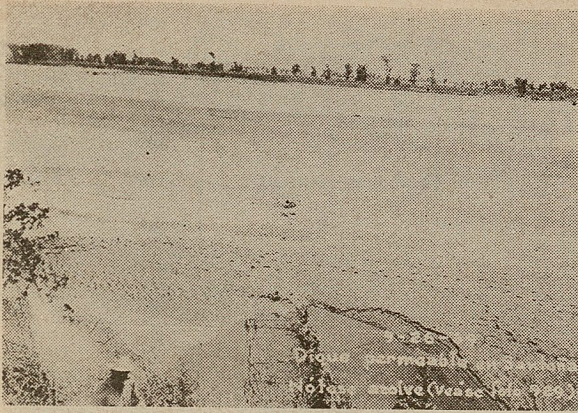
Se han ensayado numerosos procedimientos, los que descubriremos siguiendo el orden cronológico en que se aplicaron.

En un principio la solución más empleada consistió en reforzar los bordos, sobre elevarlos y plantar carrizo. Esto último no dió resultado excepto en el tramo de la margen derecha, aguas arriba de la presa de Guadalupe donde existe un carrizal abundante que no ha sufrido ataques de importancia.

Los espolones de mampostería también se emplearon pero fueron atacados en su inserción a a la ribera, en muchas ocasiones porque equivocadamente se colocaron en sentido contrario. Cuando funcionaron correctamente atacaron la orilla opuesta y facilitaron el depósito de azolve como ocurrió en el espolón colocado aguas arriba de la presa de Trasquila y sobre la margen izquierda.

Al hacerse cargo de la zona, la Comisión Nacional de Irrigación inició el uso de canales pilotes para rectificar algunos tramos, como se hizo en la curva de Marreros. Este procedimiento demasiado costoso no dió los resultados apetecidos por la





circunstancia de exigir una conservación constante que a veces las condiciones presupuestales no permiten y al no hacer la excavación complementaria, fracasa.

Además, tiene el inconveniente de que enchiflona la corriente contra un punto atacándolo vigorosamente como se observó en ese mismo sitio.

Al mismo tiempo se inició el uso de enrocamientos tanto acomodados, como de roca tirada o de terrazas escalonadas con muros de sostenimiento de mampostería seca. Un buen ejemplo de ellos fueron la escollera de Bilbao y la protección en la margen izquierda aguas abajo de la presa de Colonia. El primer caso que resultó con un costo medio ha funcionado correctamente, lo mismo la protección de Colonia si bien ésta es permanente y de pocos gastos de conservación, pero con un valor inicial elevado.

Posteriormente se inició el uso de enrocamientos cimentados en roca a fondo perdido y constituidos por enrocamiento de 50 centímetros de

espesor acomodado a mano, el que con menor costo ha funcionado correctamente.

Estas soluciones se han aplicado donde el cauce es angosto, pero en las partes de sección ancha no queda sino modificar el curso del río, por lo que se han aplicado los diques permeables.

Las fotografías que se acompañan permiten darse idea del procedimiento. Se coloca en el sitio que se desea proteger con una cubierta de azolve, una alambrada bien apoyada con un tejido lo suficientemente cerrado para detener los materiales que generalmente arrastra como ramas, maderos, etcétera, que al acumularse representan un obstáculo que origina el asentamiento de los azolves, cubriendo el dique permeable, porque no hay que rehacerlo y así paso a paso, se consigue constituir un depósito de importancia.

El procedimiento ha resultado muy eficiente, al grado que ha soportado avenidas de importancia sin sufrir daño.

