

EL PROBLEMA DEL MEJORAMIENTO DE LOS RIOS

ANTE LOS ULTIMOS CONGRESOS DE NAVEGACION

(Conferencia leida en el Instituto de Ingenieros de Chile, por el señor Eduardo Reyes Cox).

Tratándose de un problema de suyo interesante, i que sólo hoy comienza a tener aplicacion entre nosotros, en vista de los estudios que se han hecho en los rios Maule i Valdivia, hemos creido conveniente traer al Instituto su discusion, basándose en las ideas dominantes en esta materia en los últimos Congresos de Navegacion celebrados en Paris en 1900 i en Milan en 1905.

No estará demas recordar que han sido colaboradores i miembros de esos Congresos los ingenieros mas distinguidos, i que han tenido ocasion de adquirir larga experiencia en esta clase de trabajos, dirijiendo las obras de mejoramiento de los principales rios europeos i americanos.

Primeramente, espondremos a la lijera las líneas jenerales del problema.

NECESIDAD DEL MEJORAMIENTO

Obedece a dos casos principales: la primera, es la necesidad de evitar los efectos desastrosos de las creces en rios que inundan grandes estensiones de terrenos utilizables, i la segunda, la de aumentar las profundidades en las partes bajas, para facilitar la navegacion.

En jeneral, puede decirse que en Europa los principales trabajos de mejoramiento se han iniciado obedeciendo a la 1.ª causa citada, perfeccionándose aquéllos despues para satisfacer a las necesidades de la navegacion.

ESTUDIOS NECESARIOS

La base de todo proyecto de mejoramiento de un rio debe ser el conocimiento completo de su régimen sea fluvial o marítimo, a fin de poder modificarlo si es necesario i prever con seguridad las variaciones que resulten.

Para conseguirlo se necesita una observacion atenta i concienzuda durante años, a fin de abarcar todas las variaciones del régimen, algunas de las cuales tienen periodos de varios años.

No de otro modo se han conseguido satisfactorios resultados en el mejoramiento de los rios europeos.

Así, por ejemplo, en Alemania en el rio Elba se ha estudiado su régimen desde 1820, para iniciar a mediados del siglo pasado algunos trabajos preliminares.

En el Memel se iniciaron estudios i trabajos preliminares en 1840, pero no se adoptó un plan definitivo hasta 1872, quedando terminados los trabajos en 1892.

En Bélgica, en L'Escaut se iniciaron los estudios por el ingeniero Wolters en 1841, i en 1872 se nombró una nueva comision que consultó el programa de trabajos que ha venido a realizarse en muchos años.

En Francia se ha procedido de igual manera.

En el Garona los estudios se iniciaron en 1828, año en que se confeccionó un proyecto por el ingeniero de Baudre i que ha sido la base de los trabajos ejecutados despues.

En el Loira desde 1825 se han ensayado diversos sistemas i hasta la fecha puede decirse que es un problema sin solucion el mejoramiento de este rio.

Lo espuesto manifiesta claramente la necesidad de practicar estudios mui detenidos ántes de proceder a ejecutar obras de mejoramiento.

A este respecto dice el sabio ingeniero Wolters, antiguo director de los primeros trabajos de mejoramiento del Escaut;

«Conviene marchar paso a paso, *hacer i observar*, despues volver a hacer i observar de nuevo, en una palabra, como lo aconseja Dubuat, «interrogar continuamente a la naturaleza».

Un ejemplo digno de imitarse en materia de estudios metódicos es el de la Hungría, país donde se ha hecho talvez mas que en ninguno otro en esta materia.

Se emprendieron estudios sistemáticos para constatar las pendientes, perfiles i gasto de los rios desde principios del siglo pasado, se establecieron escalas fluviales i se nivelaron los terrenos de inundacion. De 1850 a 1879, por diversas causas se interrumpieron para reanudarse en esa última fecha, continuándose hasta hoi dia, en que se han realizado ya una enorme cantidad de estas obras.

§ I

Obras de mejoramiento para evitar inundaciones

Su fin primordial debe ser conseguir un descenso del eje hidráulico en las creces, i para conseguirlo se tratará de suprimir los obstáculos opuestos al libre escurrimiento de las aguas, como los altos fondos, los bancos i curvas bruscas. Tambien se ha recurrido a menudo al enderezamiento de grandes trozos, rectificando partes sinuo-

sas i acortando así, en proporciones a veces considerables, la longitud del cauce, i ganando, por consiguiente, en pendiente i con ella en facilidad de escurrimiento.

Como complemento de estos trabajos se construyen defensas de las riberas a un nivel conveniente para proteger los terrenos ribeños en las creces.

Vamos a examinar algunos ejemplos de los trabajos realizados en este sentido:

REGULARIZACION DEL ESCAUT

El Escant corre por un valle de poca pendiente en terrenos arcillosos, i, por consiguiente, con poca velocidad.

En las creces se producía un desborde jeneral inundando los campos ribeños.

En 1841 se encargó al ingeniero Wolters el estudio del rio.

Como resultado de su estudio se hicieron una serie de cortes (caupures) para enderezar el trazado entre Gante i Tournai, reduciendo su largo de 101 a 86 kilómetros.

Se canalizó el rio, adoptando como perfil transversal el perfil medio del Escant, con una seccion mojada de 75 metros ².

Posteriormente, en 1872, se nombró una comision de tres ingenieros que formuló un nuevo programa de trabajos, de ensanchamiento, profundizacion i rectificacion del rio, i se construyeron esclusas para hacerlo navegable.

RIOS HOLANDESES

Como es sabido una gran parte del territorio holandés es muy bajo, i quedaba, por consiguiente espuesta a tremendas inundaciones por desbordes de los rios.

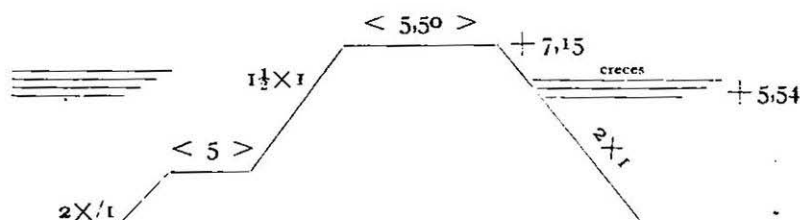
Para evitarlas se han hecho notables trabajos de mejoramiento, principalmente en el Rhin i en el Lek.

Se han construido diques en ambas riberas, cuya cresta sobrepasa el nivel de las creces de 0,50 metros en el Rhin.

Los diques del Lek tienen gran importancia por defender a Amsterdam, Rotterdam i La Haya, las cuales serian inundadas al romperse aquéllos.

La altura de estos diques se ha ido aumentando paulatinamente desde 0,50 sobre el nivel de las creces, hasta 1,60.

El perfil de estos diques es el siguiente:



Trabajos en Hungría

Hemos visto ya cómo se procedió al estudio metódico durante muchos años del régimen de los ríos húngaros i fruto de esos estudios ha sido el enorme desarrollo dado a esta clase de trabajos.

Hasta 1879 se habían invertido 356 millones de francos en estas obras, por la llamada «Sociedad de Aguas». En ese año se reorganizó este servicio tomándolo el Estado a su cargo, i hasta el año 1898 el Estado húngaro ha gastado 172 millones de francos en él. Para los trabajos de 1899 a 1907, el Parlamento votó un primer crédito de 87½ millones de francos.

Los ríos navegables en este país tienen 4,000 kilómetros de estension i se distinguen por su escasa pendiente i por el escaso acarreo de materias sólidas.

Es en Hungría donde talvez se han hecho las modificaciones mas trascendentales en el curso de los ríos, habiendo algunos que han acortado su curso a $\frac{1}{2}$ o $\frac{1}{3}$ del primitivo.

Examinaremos los principales trabajos realizados:

EL DANUBIO

Atraviesa la Hungría de extremo a extremo, con una longitud de 1,000 kilómetros. Bajo el punto de vista físico i de las obras ejecutadas puede dividirse en cinco trozos:

1.ª De 88,5 kilómetros, es el alto Danubio, aquí el río cambia constantemente de lecho i tiene carácter torrencial.

Está regularizado en todo su curso, con un ancho de 300 metros que va aumentando hasta 380 metros. La pendiente varía de 0,408 metros por kilómetro hasta 0,054 metros.

2.ª Sección de 201,5 kilómetros, hasta Paks.

El lecho principal es constante i empieza la formación de islas i bancos de arena, el cascajo disminuye de tamaño i desaparece aguas abajo de Paks.

En esta sección se ha regularizado el río en una estension de 51 kilómetros en un ancho de 420 a 450 metros, i otro trozo de 67 kilómetros, desde Budapest, con un ancho de 450 a 500 metros.

3.ª Sección de 181 kilómetros, hasta la afluencia del Drave. En esta sección el río hace innumerables vueltas i se han hecho 17 enderezamientos que reducen en 120 kilómetros el recorrido primitivo. Las riberas que son atacables se han consolidado. El ancho medio es de 450 metros con pendiente de 0,057 metros por kilómetro.

4.ª Sección de 347 kilómetros, hasta Moldova.

Aquí empiezan algunas obras para la navegación. Se han regularizado dos sec-

ciones mui desfavorables de 10 kilómetros cada una con anchos variables de 450 a 700 metros i pendientes de 0,044 metros por kilómetro.

5.ª Seccion, hasta el límite, va encajonado entre cerros i no cambia de curso. Se han hecho algunos trabajos de derrocamiento i enderezamiento.

TRABAJOS EN EL TISZA O THEISS

Este rio que nace en Hungría i desemboca en el Danubio, dentro de ella, tenia 1,200 kilómetros de largo, i con 112 enderezamientos o rectificaciones hechos, se ha reducido su largo a 453 kilómetros.

El total de diques construidos en el Danubio es de 2,388 kilómetros, i de 3,342 en el Theiss.

Puede decirse que en Hungría los trabajos han correspondido a su fin principal que ha sido el evitar inundaciones desastrosas.

§ II

Obras de mejoramiento en cuanto a la navegabilidad de los rios

En esta clase de trabajos se trata de obtener las mayores profundidades posibles para la navegacion, naturalmente sin provocar una elevacion notable del nivel de las aguas que puede acarrear perjuicios a los terrenos riberaños.

Pueden presentarse dos casos principales:

- 1) Rios con poca profundidad jeneral.
- 2) Rios de gran profundidad con bajos aislados.

En el primer caso se recurre a la construccion de esclusas, por ejemplo, que permiten elevar el nivel de las aguas, protejiendo convenientemente las riberas.

Nos ocuparemos solamente del 2.º caso que es de mayor aplicacion.

2) RIOS DE GRAN PROFUNDIDAD CON BAJOS AISLADOS

Pueden distinguirse dos casos:

1) Que la formacion de los bancos sea debida a causas accidentales, como árboles acumulados, o bancos de piedra sumerjidos, pero en que el agua no arrastra sedimentos, o si los lleva, su velocidad no permite su depósito.

En este caso el problema es sencillo: bastará remover las causas de formacion de

esos bancos, estrayendo los árboles o derrocando el fondo, i se tendrá la seguridad de que el banco no se formará nuevamente.

2) La formacion de los bancos es debida a causas permanentes; el rio arrastra sedimentos i los deposita en aquellas secciones donde la velocidad del agua es incapaz de arrastrarlos, como ser en los ensanchamientos excesivos, o en la parte convexa de las curvas.

Es este el caso del verdadero problema i es precisamente el de los rios Maule i Valdivia, que hoi se estudian.

Para solucionarlo hai tres caminos:

- 1) Por medio de dragajes.
- 2) Por diques que estrechen el cauce.
- 3) Por una combinacion de ambas soluciones.

DRAGAJES

Los dragajes no pueden ser en ningun caso sino un remedio transitorio, ya que la causa de los embancamientos no desaparece; quedando subsistente el arrastre de sedimentos i la poca velocidad del agua en las secciones dragadas, será inevitable el nuevo embancamiento.

Para mantener un canal navegable por simple dragajes, se hace necesario tener un servicio permanente que resulta bastante oneroso, ya que despues de cada crece el canal dragado desaparece i debe abrirse de nuevo.

A este respecto, el eminente ingeniero Partiot, en su obra *Etude sur les rivières a marée*, dice, página 63:

«Fuera de casos especiales, sucede que se trata mui a menudo de quitar con dragajes los bancos ó depósitos que tienen causas que los reproducen indefinidamente.

«Se arriesga entónces, o de ver las escavaciones o canales hechos, rellenarse de nuevo i perder las sumas empleadas en su ejecucion, o estar obligados a mantener continuamente las profundidades obtenidas, por nuestros dragajes. En este último caso, es preciso recomenzar indefinidamente el mismo trabajo i sólo esperar verlo terminado cuando haya que abandonarlo por los continuos gastos».

I dice mas adelante:

«Se nota fácilmente que existe una relacion entre la velocidad de la corriente del fondo i la resistencia de las arenas a la accion de las aguas. Si la velocidad aumenta, el estado inestable que existia se modifica, la arena que resistia a la corriente es arrastrada, i el lecho se profundiza; las arenas que entran en movimiento descubren las de mas abajo, i éstas son arrastradas a su vez. Si por el contrario, la velocidad disminuye, las arenas que ruedan por el fondo del rio se detienen, i las materias en suspension en el agua se depositan, peraltándose así el fondo».

Al dragar el fondo de un rio, sin aumentar el gasto o cantidad de agua, se aumenta la seccion de escurrimiento, i, por consiguiente, disminuirá la velocidad, i el rio

rellenará las partes dragadas con una rapidez que depende de la cantidad de materias arrastradas, i no se restablecerá el equilibrio miéntras el rio no forme de nuevo su accion primitiva.

Es indudable, pues, que la accion del dragaje es sólo transitoria, i la práctica lo ha confirmado plenamente, tratándose del caso que estudiamos.

A este respecto Mr. Roloff, director de los trabajos de mejoramiento del Elba, dice en un trabajo presentado al Congreso de Milán, en 1905, que:

«en la práctica se ve que es imposible evitar que una seccion dragada, despues de una fuerte crece, no se embanque de nuevo».

I agrega:

«No conviene perder de vista que en los cursos de agua que acarrear importantes masas de materias ténues en suspension, principalmente arenas que son arrastradas con suma facilidad, los efectos útiles del dragado no pueden persistir si no se ejecutan al mismo tiempo otros trabajos de mejoramiento».

El delegado italiano Sassi, dice en su memoria al Congreso ya citado;

«El dragaje solo constituye una medida que es útil, pero temporal.

Al formarse un alto fondo en una línea de navegacion permanente, se recurre al dragaje; abierto el canal, una nueva crece o una modificacion hidrográfica cualquiera puede interrumpirlo»,

i agrega despues:

«es de efectos poco durables, i en todo caso mui dispendioso, si ella es exclusiva».

Creemos que con lo espuesto, basta para dejar plenamente comprobada la ineficacia del dragaje solo, como medida de mejoramiento, siendo indispensable la realizacion de obras permanentes de regularizacion, para las cuales puede ser un auxiliar valiosísimo el dragaje.

Sin embargo, hai casos en que se justifica el empleo del simple dragado, i es cuando la realizacion de obras permanentes sea mui costosa o dificil.

Tal caso sucede en el rio Mississipi, en los Estados Unidos de Norte América.

Este rio, con un largo de 4,700 kilómetros, tiene sus últimos 1,900 kilómetros navegables, gracias a un trabajo de dragaje permanente, realizado por una flota de dragas de gran poder.

El enorme costo de ejecucion de obras permanentes, ha impedido su realizacion i se ha optado por el dragaje permanente.

En el trozo citado, desde el Ohio hasta el rio Colorado, en una estension de 1,300 kilómetros, se mantiene con el dragaje constante una profundidad mínima de 4,00 metros. Los 600 kilómetros restantes entre el rio Colorado i la desembocadura en el golfo de Méjico es naturalmente profunda, salvo en la boca, donde se han construido obras permanentes de mejoramiento por medio de diques.

Aguas arriba del Ohio, hasta Missouri, pasando por San Luis, se tienen pro-

fundidades mínimas de 2 metros, pero se ha recurrido en algunos trozos al estrechamiento del cauce combinado con dragajes.

En el trozo que sigue aguas arriba entre Missouri i el rio Minnesota, con una longitud de 1,300 kilómetros, ha sido necesario estrechar el cauce, pues el dragaje no ha bastado para mantener la profundidad mínima de 1,20 metros.

DRAGAS DE SUCCION

Creemos de interes dar algunos detalles sobre las dragas de succion mas modernas que hoy tienden a reemplazar casi por completo a las antiguas de capachos, aun en terrenos consistentes.

La draga de succion se compone esencialmente de una bomba centrífuga de grandes dimensiones cuyo órgano de succion está provisto de agitadores mecánicos o de tubos con inyeccion de agua en presion, que remueven el terreno, desagregándolo i mezclándolo con agua antes de ser estraido. El material dragado i mezclado con bastante agua, es descargado por un tubo de largo suficiente que va a la ribera o a un barco depósito.

El tubo tiene flotadores o bien se coloca sobre pontones.

La draga se traslada remolcándola, o por sus propias máquinas si las tiene. En el trabajo se traslada a lo largo de la línea por dragar por medio de cables de acero, amarrados a dos pilotes enterrados en el rio con presion de agua.

Las dragas de succion han tenido su mayor aplicacion en los Estados Unidos de Norte América, en el rio Mississippi, i, por consiguiente, ahí es donde se ha recojido la mayor experiencia i hecho ensayos mas interesantes.

Las primeras dragas del año 1892 fueron modificadas, aconsejados por la experiencia adquirida. La draga modificada tiene un casco de fierro, material que se ha preferido al acero, de 64,50 metros de largo por 17,70 metros de ancho, i 2 metros de profundidad.

Cada draga tiene dos sistemas completos de bombas ligadas directamente al árbol de los motores que son verticales de triple expansion i condensacion. Cada máquina tiene como promedio 925 caballos indicados. Cada bomba es capaz de extraer 1,600 yardas cúbicas de arena por hora.

El vapor es dado por cuatro calderas a tubos de agua de 575 caballos cada uno.

La arena es desagregada en la cabeza del aparejo por chorros de agua inyectados bajo presion por 18 pitones de 25 milímetros de diámetro; la presion es de 40 a 100 libras segun el terreno.

Las bombas de inyeccion son de triple expansion i condensacion.

Los tubos de descarga son formados por palastros de acero, de 0,80 centímetros de diámetro.

En 1898 la Comision de Mejoramiento del rio Mississippi efectuó una serie de interesantes ensayos con dragas de succion que tenian diversos tipos de bombas, cargadores, tubos de descarga, etc.

Los resultados obtenidos en estas esperiencias se publicaron en 1903 i 1904 por Mr. B. Maltby, i son los siguientes:

1) La bomba centrifuga para dragaje de arena, debe tener una velocidad circunferencial de 15 metros por segundo (50').

Deberá tener 6 álabes encerrados en palastros laterales reemplazables, para los efectos del desgaste.

2) Se puede obtener un aumento de efecto inútil, aumentando la velocidad indicada, pero a costa del rendimiento mecánico.

3) El empleo de una doble boca de aspiracion en la bomba, no da lugar a ninguna objecion, i al contrario, bajo el punto de vista mecánico, este dispositivo contribuye a aumentar el rendimiento.

4) Ninguna diferencia notable se constató con las diversas formas de crêpines adoptados, siempre que su seccion libre sea igual a la del tubo.

5) Los codos bruscos en los tubos de aspiracion, aunque facilita su construccion, deben evitarse. Se ha encontrado que la pérdida de carga en estos codos llega a 25% de la total.

6) La proporcion de arena evacuada varía entre 10 i 30% del volúmen del líquido espulsado, i la velocidad varía de 4 a 6,70 metros por segundo en la descarga.

7) Las bombas centrifugas de cámara que sirven para desagregar el material por dragar tiene ventajas sobre las alternativas.

8) Para accionar las bombas se prefieren máquinas horizontales Compound a condensacion.

9) Los ensayos de calderas manifiestan un mayor rendimiento en las tubulares aunque a veces se prefieren otras de más fácil limpieza.

RENDIMIENTO

De los ensayos hechos con las dragas Delta i Gama, resulta un volúmen estraido por hora de 1,225 i 1,008 yardas cúbicas respectivamente, con un gasto por yarda de \$ 0,0073 i \$ 0,0089 oro.

Las dragas de succion han sido tambien últimamente motivo de interesantes ensayos en Italia, habiéndose obtenido resultados mui satisfactorios en el rio Pó.

Se hace una descripcion detallada de ellas en la Memoria presentada al Congreso de Milan por el ingeniero Sassi.

Pasamos a ocuparnos ahora de los medios de mejoramiento permanente.

2) ESTRECHAMIENTO DEL CAUCE

Puede realizarse ya sea por medio de diques longitudinales o por espigones transversales al río. El primer método es el más usado, habiéndose empleado espigones transversales en el río Loira, por ejemplo, pero con éxito mediano.

Conocido el régimen de un río, puede calcularse una nueva sección en sus partes ensanchadas, que provoque una velocidad capaz de arrastrar los sedimentos, evitándose así nuevos depósitos y procurando el arrastre de los ya formados.

No nos ocuparemos de la manera cómo debe realizarse el trazado en planta, ni del cálculo de las secciones sucesivas, por no ser ese nuestro objeto.

3) COMBINACION DE DRAGAJES Y DIQUES

Esta combinación facilita la remoción de los depósitos existentes: el dragaje suprime los bancos, y los diques evitan nuevos depósitos, ya que aumentan la velocidad de escurrimiento de las aguas.

INFLUENCIA DEL ESTRECHAMIENTO EN EL RÉJIMEN DEL RÍO

En general puede decirse que, hecho el estrechamiento, se produce, como es natural, una elevación del nivel de las aguas que desaparece una vez profundizado el nuevo canal, sea por la sola acción de las aguas o ayudado por el dragaje.

De ordinario se observa un descenso del nivel de estiaje, y a veces pequeñas elevaciones en las creces.

Así por ejemplo en el río Elba, en el que existen observaciones desde 1820, mucho antes de sus trabajos de regularización, se ha constatado un descenso pequeño en el nivel de las aguas bajas, después de ejecutados.

En el río Memel se ha constatado un descenso de 25 centímetros en el nivel de aguas bajas después de su mejoramiento.

En cuanto al nivel de las creces no sufre variaciones apreciables.

Así Hamburgo y Brême nada han sufrido después de las obras de regularización del Elba y Weser.

En el Garona se ha estudiado prolijamente este punto, y se ha llegado a la conclusión de que los trabajos de regularización no han acarreado modificaciones apreciables en el régimen de aguas altas.

En los trabajos hechos en el Danubio en Hungría se ha constatado después de efectuados una elevación en el nivel de las creces de 40 á 60 centímetros.

EFICACIA DEL ESTRECHAMIENTO DEL CAUCE, EN EL MEJORAMIENTO PARA LA NAVEGACION

Contrariamente a lo que sucede con los dragajes, el estrechamiento del cauce por sí sólo o combinado con dragajes, constituye obras permanentes capaces de producir un mejoramiento definitivo en las condiciones de navegacion de un rio.

Como ya lo hemos manifestado, la teoría nos indica claramente el por qué de este resultado: estrechado el cauce, se aumentan las velocidades, puesto que quedando el mismo el gasto del rio, se disminuye la seccion, i aumentadas las velocidades son arrastradas las materias del fondo, hasta que un nuevo equilibrio se produzca entre las velocidades del fondo (que irán disminuyendo a medida que el canal se profundice) i la resistencia del lecho.

Este estado de equilibrio se produce, como hemos ya dicho, por la accion natural de las aguas, o bien por el dragaje, llevado hasta la profundidad calculada de antemano, en que se produce el nuevo equilibrio de fondo.

La práctica ha confirmado plenamente estas presunciones teóricas.

Veamos algunos ejemplos:

Rio Mississippi

Habíamos citado de paso el mejoramiento de la boca de este rio,

En la boca sur se han construido dos diques paralelos que llegan hasta la barra que obstruía su entrada i avanzan delante de ella hasta la profundidad de 9 metros.

En el año 1875, ántes de realizar estos trabajos había 2,45 metros de agua sobre la barra i en 1880, despues de realizados, la profundidad subió a 9,40, i esto puede decirse que sin dragajes, pues apénas se dragó 1,100 del total que fué arrastrado por la corriente.

En 1892 se rompió uno de los diques i comenzó a embancarse de nuevo, i hubo necesidad de repararlo prontamente.

Rio Panuco (Méjico)

La desembocadura de este rio en el puerto de Tampico se mejoró por medio de dos diques paralelos, sin dragaje alguno.

Antes de los trabajos se tenía 1,80 metros de agua i en 1893, despues de terminados, se tuvo 5,50 metros por la sola accion de las aguas, i esa profundidad se ha mantenido.

Rio l'Herault (Francia)

En los siglos XVII i XVIII se realizaron trabajos de mejoramiento entre Agde, situado a 5 kilómetros de su desembocadura, i el mar.

Se construyeron dos diques paralelos i se prolongaron normalmente a la costa, en la desembocadura hasta la línea de 4 metros de profundidad.

Estas obras han bastado hasta hoy día para mantener una profundidad de 3,50 en la barra que antes existía, i de 3 metros en el río, sin dragaje alguno.

El Sena

En la parte marítima del Sena, entre Rouen i el mar, los diques contruidos han producido resultados de mejoramiento innegables.

Con el estrechamiento del cauce frente a Rouen de 300 a 175 metros se ha conseguido una profundidad media de 10 metros.

Los diques longitudinales entre Villequier i Quillebeuf en el mismo río, hicieron descender el banco de 0,40 centímetros en baja mar a 3,50 metros, acarreando la sola corriente 8 millones de metros cúbicos de arena fangosa; i este resultado notable se ha perfeccionado, ayudándolo con dragajes i hoy día entran hasta Rouen buques que calan hasta 7 metros.

Regularización del Garona.

La longitud canalizada del río es de 185 kilómetros. Su ancho primitivo era muy irregular, variando de 170 a 350 metros en aguas medias. Las riberas eran muy socavables, i ocasionaban continuos cambios de lecho.

La canalización primitiva segun el proyecto de Boudre, confeccionado en 1828, era constituida por diques paralelos con un ancho de 150 a 175 metros hacia aguas abajo.

Después de los notables estudios de Mr. Fargue sobre trazado de las canalizaciones, se modificó el trabajo hecho, adoptándolo en lo posible a las conclusiones de ese ingeniero.

Con estas obras se han producido escavaciones hasta de 5 metros de profundidad en el lecho, i han tenido éxito completo.

Podríamos citar todavía otros ejemplos, como el mejoramiento de la boca Souline del Danubio, pero creemos que basta con los citados para dejar establecida la eficacia del estrechamiento del cauce para el aumento permanente de profundidad en los rios.

Naturalmente, como en todo problema de la ingeniería, en la práctica ha habido fracasos que se deben achacar no a defectos del sistema, sino a falta de estudio o conocimiento del régimen del río, o bien a la falta de un plan jeneral de trabajo que haga que cada obra construida, aunque sea aislada, venga a contribuir al mejoramiento jeneral i no a perturbarlo, como ha sucedido en algunas obras fracasadas.

Tenemos un ejemplo de este último caso en el

Rio Loira.

En este río no existe un verdadero conjunto de obras de mejoramiento, que obedezcan a cierto plan, son mas bien trabajos aislados. Desde 1825 a 1850 se ensayaron diversos sistemas que luego después eran abandonados. Hai en este río ejemplos de canalización continua i discontinua.

En jeneral, puede decirse que los resultados han sido mediocres, i no han correspondido a lo que se preveia.

La canalizacion discontinua es constituida por espigones transversales de coronamiento horizontal, situados primitivamente a grandes distancias: 1,300 metros unos de otros, distancia que despues fué reducida, terminándose por unir casi todos estos espigones con diques longitudinales.

Todos estos diques son de enrocados i su coronamiento está a 0,50 centímetros sobre el nivel de estiaje.

Respecto de estos trabajos dice Mr. Robert en su memoria al Congreso de Milan:

«A pesar de graves defectos de concepcion, las obras han dado algunos buenos resultados, á pesar de ser discutibles sus efectos sobre las creces. Si hai malos resultados se deberán a vicios de concepción i a la discontinuidad de su accion, a causa de su espaciamento excesivo. No hai sino una coordinación mui imperfecta entre los grupos sucesivos de obras; i el trazado que ellas siguen no tienen ninguna concordan-
cia con el canal natural de aguas medias i altas. Las obras constituyen así, en cierto modo, obstáculos aislados en plena seccion del canal i su accion puede desde luego ser mui distinta de la que debia ejercer, si hubiesen pertenecido a un sistema bien concebido i coordinado.»

Otro ejemplo que se cita como prueba de la ineficacia de las obras de estrechamiento son los

Trabajos en la boca del Ródano.

En 1856 se cerraron algunos brazos secundarios i se encauzó el rio con diques paralelos insumerjibles hasta su desembocadura. Delante de la boca la barra obstruia la entrada, i a pesar de los diques construidos, la barra no mejoró. De aquí se ha pretendido deducir la inutilidad de estos trabajos, pero en realidad la no desaparicion de la barra se ha debido a que el estremo de los molos quedó a gran distancia de ella i el aumento de velocidad producido por ellos no alcanza a hacerse sentir ya en la barra misma.

A este respecto dice Mr. Joly, ocupándose de estas obras, en *Les Annales de P. et Ch.* (t. I, de 1907, pág. 31):

«Los diques longitudinales insumerjibles cuya estremidad queda a 700 metros de distancia de la barra, no la han mejorado en nada. Pero de este fracaso no se deduce ningun argumento contra el método de los diques,... demuestra solamente, contrariamente a lo que pensaba Surell, promotor del proyecto concluido en 1856, que una canalizacion con diques que no llegan a la barra, no mejora la desembocadura, verdad reconocida i proclamada en las conclusiones que han sido adoptadas en el Congreso de 1892 i confirmada en el de Milan, se ha declarado en efecto, que los diques deben ser prolongados «hasta fuera de la barra.»

Para terminar diremos que nuestro principal objeto ha sido llamar la atencion hácia la necesidad de proceder con suma cautela i discrecion en esta clase de trabajos i no hacer nada que tienda a modificar el régimen de un rio antes de conocerlo perfectamente por medio de un estudio largo i paciente i de haberse dado cuenta cabal de las causas que han producido su embancamiento a fin de hacerlas desaparecer.

Hemos visto como en años anteriores se ha prescindido entre nosotros de estas reglas elementales i se ha procedido a efectuar dragajes para remover bancos de arena sin tener conocimiento alguno del régimen del rio ni de las causas de formacion de esos bancos, estimándose que bastaba con el dragaje para considerar el paso mejorado. Tal es el caso sucedido en el rio Valdivia: en el año 1885 se dragó el banco «Simon Reyes», situado en su desembocadura, i tambien el de «Alcones», que sigue hácia agnas arriba, sin mas estudio previo que los sondajes de escandallo que demostraron su existencia. Se escavó un canal de 5 metros de profundidad. Al poco tiempo despues ese canal habia desaparecido, rellenándose de nuevo.

Posteriormente, el año 1900, se recurrió otra vez al dragaje para escavar un canal a través del banco situado en la punta sud del «Islote», en el mismo rio Valdivia. Terminado el trabajo e invertida una gruesa suma en su realizacion (creo que como 200,000 pesos), al año siguiente no habia rastro del canal ejecutado, i por el contrario habia ménos fondo que ántes.

Es indudable que si ántes de emprender esos trabajos de dragaje, se hubiese estudiado el rio, se habria visto que sus bancos principales no son debidos a causas accidentales, que los hagan entrar en la primera categoría que hemos señalado, sino por el contrario que entran de lleno en la segunda, pues sus causas de formacion son permanentes, debidas a los enormes ensanchamientos del rio en las partes embancadas, que producen la disminucion de velocidad i depósitos consiguientes. I conocido esto, no se habrian realizado los dragajes, sabiéndose de antemano su inutilidad.

Esperamos, pues, que se evitarán en lo sucesivo estas tentativas infructuosas de mejoramiento de nuestros rios i que se procederá para todos como se ha hecho últimamente con los rios Maule i Valdivia, es decir, empezando por formarse un plan completo de trabajo deducido de un estudio completo en lo posible de su régimen.

EDUARDO REYES COX,

Ingeniero jefe de la comision de estudio del
rio Valdivia i puerto de Corral.

Santiago, agosto 27 de 1908.

