

SESIÓN DEL 8 DE JUNIO DE 1919

---

## LOS TORRENTES DE EROSIÓN ARAGONESES

---

DISCURSO LEÍDO POR EL ACADÉMICO

**D. N. RICARDO GARCÍA CAÑADA**

EN EL ACTO DE SU RECEPCIÓN EN LA

ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICO-QUÍMICAS Y NATURALES

DE ZARAGOZA

---

SEÑORES:

Sean mis primeras palabras para dirigir un afectuoso saludo a cuantos constituyen esta ilustre y docta Corporación y para manifestar mi más profundo agradecimiento a los que, bondadosamente, me habéis nombrado académico de número; honor que recompensa con creces mis muy escasos merecimientos científicos.

Y cumplido este deber de cortesía, y sobre todo de gratitud, y ya sin preámbulo, porque creo que, en la generalidad de los casos, sólo sirve para justificar una modestia, quizás tan inmodesta como la inmodestia misma, contando con vuestra benevolencia, voy a dar comienzo a desarrollar el tema objeto de este discurso.

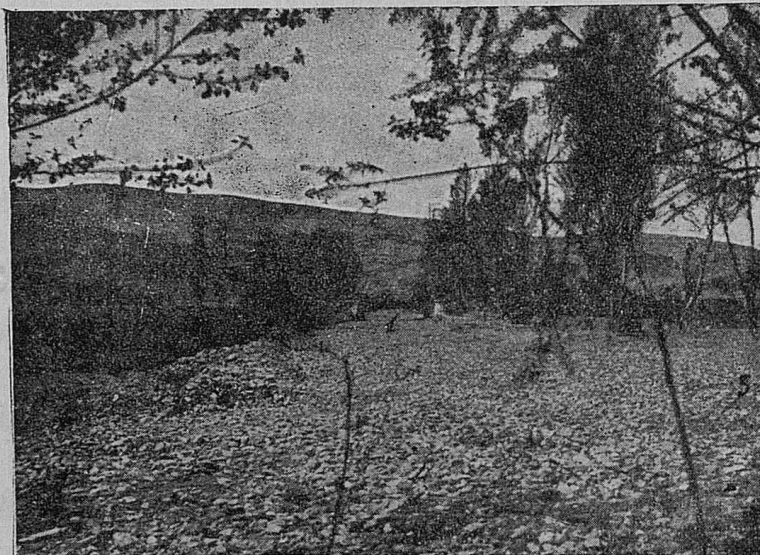
### I

LOS TORRENTES DE EROSIÓN ARAGONESES.

JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN DEL TEMA.

Todos sabéis que la mayor parte de los Ingenieros de las distintas especialidades, preferimos el estudio de las ciencias aplicadas, al de las ciencias puras; y si además tenéis en cuenta que mi principal labor como Ingeniero se ha realizado en la





1. Rambla de Valdeatea y Puente del ferrocarril; 2-3, curso del río Jiloca, obstruido por los arrastres; 4, desembocadura de la rambla en el río y depósito de materiales que lo interceptaron.

lucha contra los torrentes aragoneses,—que tantos y tan grandes daños causan durante sus frecuentes avenidas—, y consideraréis que, si bien es cierto que en los trabajos de corrección de estos cursos de agua, se hace aplicación muy frecuente a la Topografía, de la Hidráulica, de la Meteorología y de la Construcción, lo principal, en la mayoría de los casos, y lo que queda permanente de estos trabajos, es la repoblación forestal, parte importante de la Selvicultura cuya ciencia tiene sus fundamentos esenciales en la Botánica y en la Geología, las dos ciencias genuinamente naturales, comprenderéis perfectamente mi predilección por el tema enunciado, y veréis también que éste encaja por completo, entre los que deben ser estudiados con verdadero detenimiento por esta Academia, y muy especialmente por su Sección de Ciencias Naturales, de la que voy a formar parte.

Ahora bien; creo muy conveniente hacer observar que no está en mi ánimo entrar en este discurso en el fondo del estudio de la corrección de los torrentes aragoneses; de pretenderlo, tendría que ser este trabajo demasiado extensa su lectura; con razón sobrada, acabaría con vuestra paciencia. Mi propósito es solamente llamar vuestra atención acerca del gran interés que tiene para nuestra región este estudio y dar una ligera



idea de los procedimientos y de los trabajos hidrológico-forestales empleados en la corrección de algunos de los torrentes que, en la actualidad, se hallan en tratamiento en las provincias de Zaragoza y Huesca; varios de los cuales están ya completamente dominados.

## II

### IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE LOS TORRENTES ARAGONESES Y NECESIDAD DE SU CORRECCIÓN

La importancia del estudio de los torrentes aragoneses y la necesidad de su corrección, son, indudablemente, una consecuencia lógica del gran número de torrentes que surcan nuestro territorio y de la intensidad y frecuencia de los daños que estos cursos de agua causan en todos los sitios que caen dentro del radio de acción de sus impetuosas avenidas.

Recorriendo con algún detenimiento las tres provincias aragonesas, se ven por muchas partes torrentes que, en la época de la fusión de las nieves, y sobre todo en la de las fuertes tormen-



1-1 Casas de Torrijo en las dos márgenes del río Manubles. 2-2 Carretera de Ateca a Bijuesca y calle principal del pueblo. 3 Iglesia de S. Juan, con pavimento bastante alto sobre el río, y, a pesar de esto, han subido en su interior las aguas de avenida del barranco del Val y del Manubles 0'90 m., causando grandes desperfectos. 4-4 Casas emplazadas en el ángulo de confluencia del barranco del val y del Manubles (5-5 y 6-6), afectadas por las avenidas de los dos cursos de agua. 7 Iglesia de la Purísima, en cuyo interior subió el agua 1'40 metros. 8 Sacristía destruída.





Casas 1-1 y huertos 2-2 destruidos por el barranco del Val en Torrijo. 3 Sacristía de la iglesia de la Purísima destruída por este torrente. 4 Desembocadura del barranco del Val en el río Manubles 5-5. 6 Casas en ruína inminente ocasionada por el barranco del Val.

tas, experimentan avenidas muy rápidas, que, primeramente, producen grandes daños en las fincas y caminos próximos a sus márgenes, y, después, un aumento muy considerable de caudal y el peraltamiento del lecho en los ríos torrenciales confluentes, originándose, como consecuencia de estos efectos, las grandes inundaciones de nuestras mejores vegas y de importantes vías de comunicación y pueblos situados en sus valles; azote que cuesta muchos años a los ribereños, y al Estado, una pérdida de bastantes millones de pesetas, que viene acompañada, algunas veces, de buen número de desgracias personales.

En Aragón carecemos de una estadística de los daños que causan los cursos de agua torrenciales, y, por lo tanto, no es posible expresar en números el promedio anual de la totalidad de estos daños. Sin embargo, podréis formaros siquiera una sucinta idea de su importancia, por los datos que voy a exponeros, tomados todos de trabajos oficiales, redactados por nosotros y por varios Ingenieros muy honorables y competentes.

En Septiembre del año 1902, una tormenta muy fuerte que descargó en la cuenca del río Jalón, originó grandes avenidas en los ríos torrenciales, denominados Nágima, Deza, Manubles, Ji-



loca, Grío y Peregiles, tributarios de aquel río, produciendo, primeramente, el desbordamiento de estos cursos de agua y después, como consecuencia de este efecto, la inundación y el entarquinamiento de los poblados, vías de comunicación y cultivos próximos a sus márgenes, sufriendo también daños y perjuicios muy grandes los pueblos de Ateca, Alhama, Torrijo, Calatayud, Murero y Villanueva de Jiloca, y sobre todos este último, en el que se derrumbaron sesenta casas.

Las pérdidas originadas por esta inundación, fueron tasadas, aproximadamente, en 10.000.000 de pesetas, siendo también muy grandes los perjuicios causados por la misma crecida.

Otra catástrofe importante de la misma índole, la sufrieron los ribereños del Huecha el año 1910.

Una tormenta de poca duración, pero de gran intensidad, que descargó el 1.º de Junio en la cuenca de este río, produjo una avenida rapidísima en sus torrentes tributarios, cuyas aguas y materiales sólidos, dieron lugar a una crecida extraordinaria del río Huecha, que inundó, engravó y entarquinó, las mejores fincas de las vegas correspondientes a los términos municipales de Borja, Ainzón, Bureta, Agón y demás pueblos situados en el



1-1 Huertos de Torrijo, destruidos por las avenidas del barranco del Val y del río Manubles.  
2 Casa de la misma villa destruída por estos cursos de agua





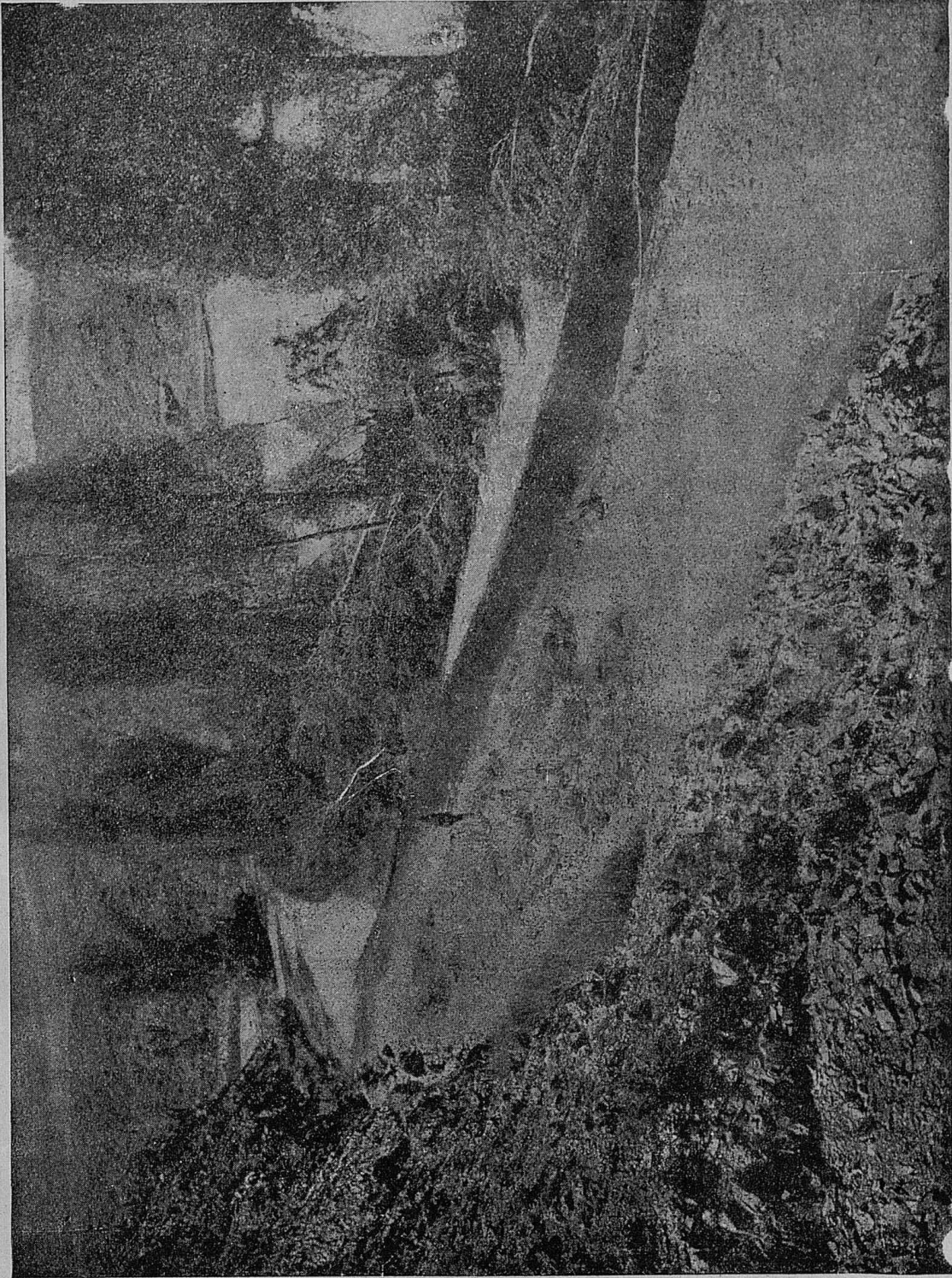
Iglesia parroquial inundada y entarquinada por las avenidas del río Manubles. 1-1 Nivel del agua en la fachada principal. 2-2 Bancos, confesionarios y otros objetos del culto arrastrados por las aguas. 3 Tarquín y piedras depositadas en la calle de la carretera de Torrijo; algunos de estos productos fueron sacados de esta iglesia.

valle de este río, arrasando casi todas las cosechas; destruyó algunos trozos de vía de comunicación en los que, durante varios días, quedó interrumpido el tránsito; originó la gran catástrofe de Agón, en cuyo pueblo quedaron destruidas sesenta casas y muchos corrales, con la pérdida consiguiente de víveres, herramientas, muebles y muchos animales domésticos; y estuvo a punto de ocurrir otra catástrofe mayor, por haber sorprendido la avenida, en su período máximo, a un tren de viajeros de la línea de Zaragoza a Alsasua, siendo un verdadero milagro que no ocurriera un descarrilamiento de funestas consecuencias para las personas que ocupaban este tren.

Para que comprendáis la importancia de esta avenida, os diré que, sólo los daños que afectaron a la propiedad rústica, fueron tasados por los Ingenieros Agrónomos del Estado, en 750.000 pesetas; habiendo concedido las Cortes, para indemnizar en parte a los perjudicados, un crédito de 50.000 pesetas.

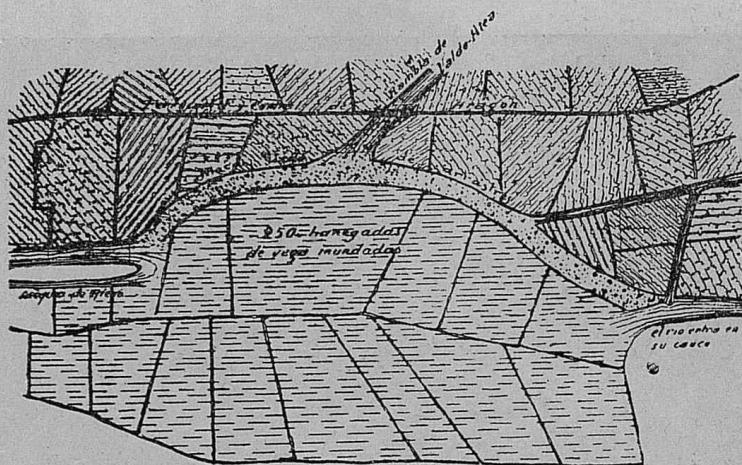
En el año 1915, descargaron en el valle del río Jiloca varias tormentas, que dieron origen a grandes avenidas en los torrentes ramblas afluentes a aquel río, produciendo el desbordamiento de éste y de aquellos cursos de agua, daños tasados, por peritos competentes, en cerca de 2.000.000 de pesetas; sufriendo





Chopos y sauces plantados para defensa de las márgenes del río Carabantes, en la veguilla de Torrijó, derribados por la avenida de este río.





1. Desastre ocurrido en la vega de Montón (Zaragoza), por una avenida del torrente «Rambla de Val de Atea» afluente del río Jiloca

también muchas vegas perjuicios enormes, como los originados por las ramblas de Val de Atea en el término de Montón.

Este torrente rambla, en una avenida, de Agosto de aquél año, arrastró tal cantidad de tierras y de gravas, que llegaron a cegar por completo estos materiales el río Jiloca, en unos 300 metros de su curso; extendiéndose las aguas de este río, como consecuencia de la obstrucción de su cauce, por unas 25 hectáreas de las mejores de su vega, en las que quedaron arrasadas todas las cosechas.

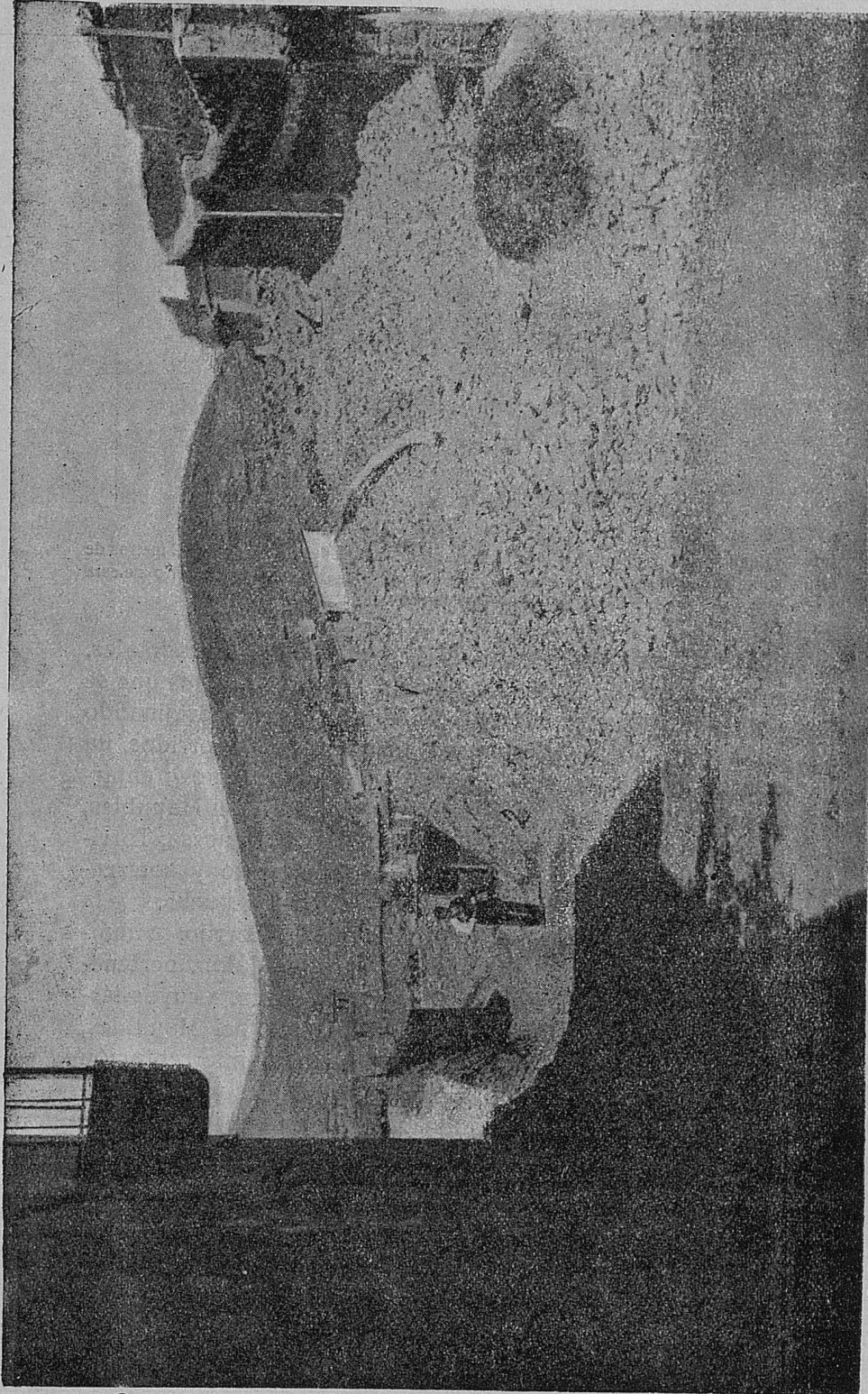
Y no fué esto lo peor; lo verdaderamente lamentable, es que esa superficie no puede ponerse en cultivo mientras no se corrija el torrente Val de Atea, lo que ha determinado la ruína de una gran parte de los habitantes de Montón.

El croquis número 1, da una ligera idea de este desastre.

Otra inundación notable, que seguramente recordaréis por ser muy reciente, es la que ocurrió en la cuenca del río Manubles, la noche del 23 de Julio de 1916, como consecuencia de una tormenta—de poco más de una hora—que descargó en los términos de Bijuesca y de Torrijo de la Cañada, produciendo los efectos siguientes:

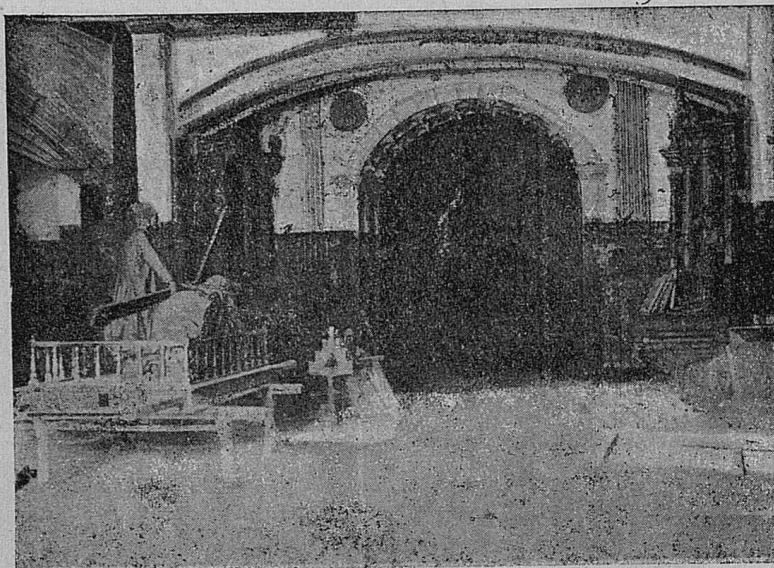
La muerte de diez personas en Torrijo y dos en Ateca; el derrumbamiento parcial o total, en estos dos pueblos, de cincuenta casas y el estado de ruína inminente de más de otras tantas; la destrucción en Atea y Torrijo de todas la defensas contra las





1-1 Materiales sólidos depositados en la carretera de Torrijo, dentro del pueblo. 2-2 Trinchera abierta en los productos depositados, con el fin de dejar paso expedito en esta carretera





Interior de la iglesia parroquial, donde alcanzaron las aguas del río Manubles 2 metros de altura sobre el pavimento de la misma. 1-1 Nivel al que llegaron las aguas dentro de esta iglesia (Torrijo).

avenidas del Manubles; la pérdida de gran número de animales, muebles, enseres y víveres de muchas casas, entre las que se hallaban destinadas al comercio de Ateca y Torrijo, originando esto en los dos pueblos, hasta que pudieron ser socorridos, un verdadero conflicto de subsistencias; el arrasamiento o entarquinado de las más valiosas cosechas de la vega del Manubles, correspondiente a los términos municipales de Bijuesca, Torrijo, Villalengua, Moros y Ateca; el abarrancamiento y soterramiento de muchas fincas pertenecientes a estos pueblos y la destrucción de casi todos los huertos de Ateca y Torrijo; la inundación y el entarquinamiento de las vegas del Jalón, pertenecientes a los pueblos de Calatayud, Terrer y Ateca, a cuyos términos municipales afectó también la avenida del Manubles, aguas abajo de su confluencia con aquel río; la interceptación de dos carreteras y de varios caminos importantes y la destrucción de algunos de sus pastos de agua; y hasta la suspensión del culto católico en Torrijo, durante algunos días, por haberse llevado las aguas los altares, imágenes, bancos, confesonarios, etc., de las tres iglesias del pueblo. En fin: una verdadera catástrofe, que llevó el luto, la desolación, la ruína y la miseria, a cientos de hogares aragoneses, que se creían felices al ver en



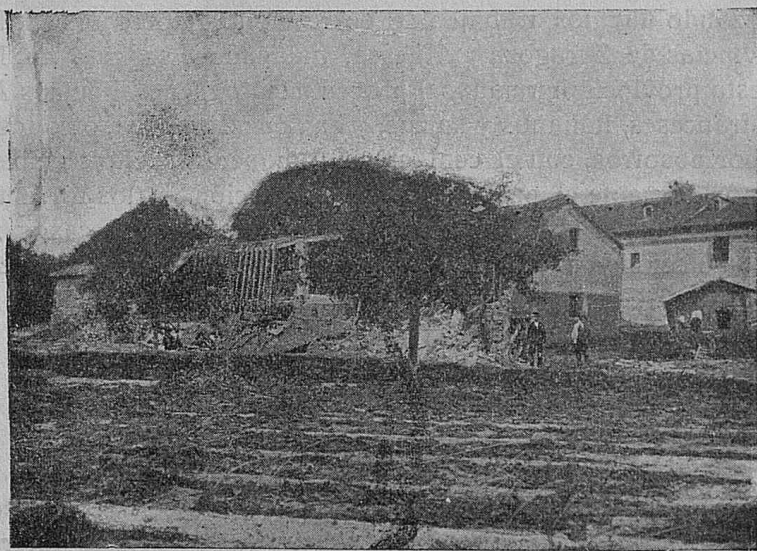
sus campos, casi criada, una cosecha espléndida, que tenían seguridad de vender a precios más que remuneradores.

Los daños originados por esta avenida los tasaron los peritos en 3.619.470 pesetas.

Por último, seguramente habréis leído en la Prensa de Zaragoza, que el 4 del actual descargó una tormenta en la cuenca del río Huerva, que produjo la inundación y el soterramiento de las fincas de gran parte de su vega, causando las aguas y los materiales sólidos acarreados por la avenida, daños grandísimos en las cosechas de los términos de Vistabella, Tosos, Villanueva del Huerva y otros, habiéndose tasado, sólo los del segundo de los pueblos citados, en 250.000 pesetas. Los perjuicios producidos por esta crecida, son también enormes por haber quedado convertidas en ramblas algunas vegas.

Para que podáis formaros siquiera una sucinta idea de los daños causados por nuestros torrentes y ríos torrenciales, vamos a proyectar algunas fotografías que tuvimos ocasión de tomar en los sitios de la catástrofe. (Fot. 1 a 17).

Por estos ejemplos, podéis comprender perfectamente la pérdida anual que supone para nuestra región este azote de los ribereños, de los torrentes y de los ríos torrenciales, y también



Posada de Samper, en Ateca, derribada por el río Manubles. En esta posada se ahogaron varias caballerías y otros muchos animales de bastante valor.





1-1 Huertos de las proximidades de Ateca destruidos por el río Manubles; las tapias que los cercaban fueron derribadas en su totalidad.

la necesidad de proceder al estudio y a la corrección de estos cursos de agua.

Así lo comprendió el Cuerpo de Ingenieros de Montes, al que me honro en pertenecer, y merced a su iniciativa se vienen realizando algunos trabajos de corrección de torrentes en las provincias de Zaragoza y Huesca, habiéndose seguido en los de esta provincia hermana, el procedimiento general de los Alpes franceses, italianos y suizos, y en la de Zaragoza, otro ideado por nosotros, con el cual creemos haber resuelto técnica y económicamente el problema de la corrección de los torrentes ramblas, que, hasta ahora, en la mayor parte de los casos, no tenía solución económica. De uno y otro voy a daros una ligera idea.

### III

#### PROCEDIMIENTO EMPLEADO EN LA CORRECCIÓN DE LOS TORRENTES DE EROSIÓN ARAGONESES; SU FUNDAMENTO.

Los torrentes que surcan el territorio de nuestra región, son de dos clases: alpinos y ramblas; y como sus caracteres difieren notablemente, es muy lógico que sean también distintos los procedimientos que se empleen en su corrección.



## TORRENTES ALPINOS

En el Pirineo aragonés dominan tres clases de torrentes alpinos: de erosión, de canchales y mixtos. Pero en este trabajo sólo nos ocuparemos de los primeros; porque habiendo sido y siendo estos actualmente los más peligrosos, fué por ellos por los que se comenzó el estudio y la corrección de los torrentes aragoneses alpinos, hallándose, por esto, los más avanzados en su tratamiento.



a. Nivel del agua de la avenida de 1870, del torrente «Rambla de la Mina» en una casa de la calle Mayor de Daroca.





Casa del pueblo de Manchones destruída en 1908 por el torrentillo «El Sebo» después de tirar la tapia del corral de la misma.

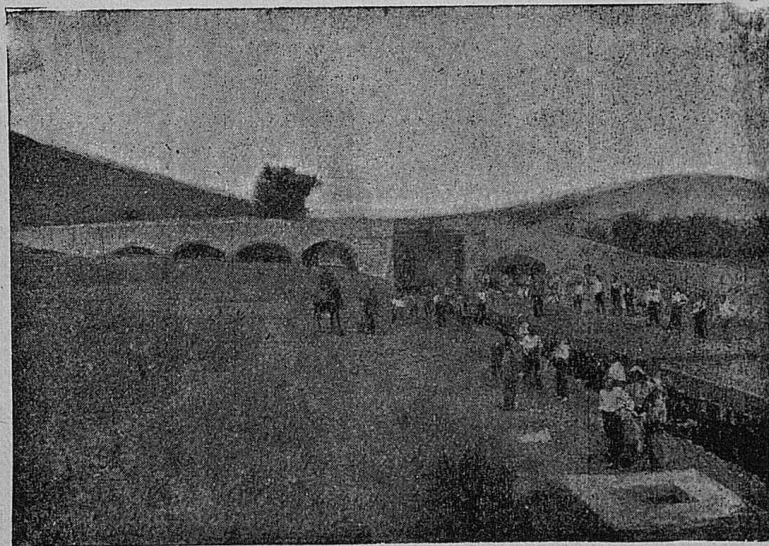
Sus caracteres esenciales son los siguientes: Los terrenos de su cuenca pertenecen, en su mayor parte, a los períodos secundario y terciario, abundando en ellos, sobre todo, las margas; las cuales contienen en su seno grandes bloques de diversas rocas de varios tamaños y formas, y soportan, en muchos sitios, maciños de fucoides y conglomerados poco consistentes. El suelo suele estar formado de los restos de las rocas superiores acumuladas al pie de los escarpes en grandes masas, que contienen, interiormente, bloques de muchas dimensiones en mezcla con los materiales terrosos, semejando, en muchos sitios, montones de escombros. La cuenca es bastante extensa en los torrentes compuestos y de 150 a 200 hectáreas en los sencillos. Las pendientes del lecho y de las márgenes son muy grandes e irregulares. El clima es, en general, muy frío; hiela mucho y nieva en abundancia en otoño e invierno. Las tormentas suelen ser frecuentes e intensas. El estado forestal es muy deficiente, escaseando los montes altos bien poblados. Su suelo está cubierto, en algunos sitios de las partes altas, por canchales que se hallan detenidos, casi siempre, por la vegetación arbustiva.

Ex puestas las características principales de estos torrentes, veámos lo que sucede en su cuenca, a continuación de una vio-



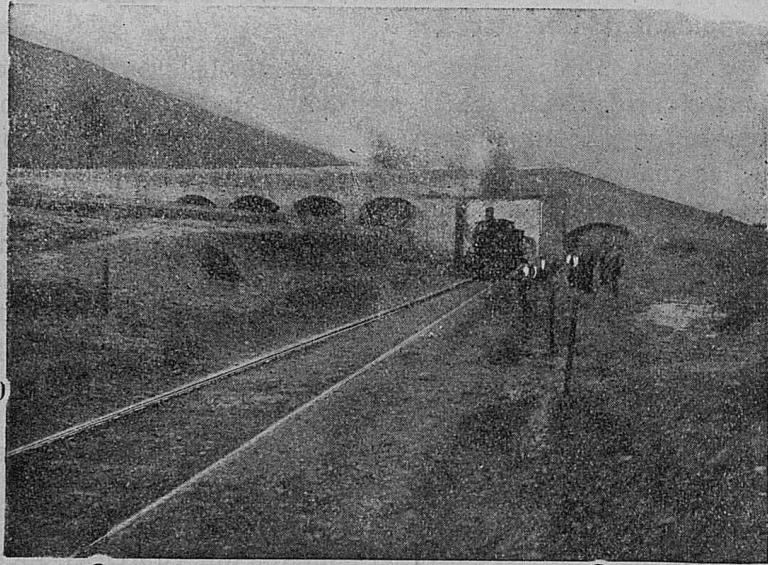
lenta tempestad, muy especialmente si ésta va acompañada de una rápida fusión de nieves.

Las aguas, libres de obstáculos sobre las laderas de pendientes excesivas de los torrentes, se reúnen en el menor surco y arrastran los elementos terrosos que sirven de apoyo a las piedras, las cuales descienden hacia cada pequeña depresión. Si además de agua cae granizo, este agente opera un descalzamiento repentino al rededor de los materiales pétreos, los cuales, perdiendo su asiento simultáneamente, caen, casi al mismo tiempo, en el thalweg de cada barranco. Una vez puestos en movimiento estos materiales, empujados por las aguas, se precipitan en el fondo de los barrancos de orden inmediato superior, donde la masa líquida no tarda en adquirir una potencia considerable, ruedan en mezcla con ella y muchas veces la preceden, en virtud de la velocidad adquirida. Su razonamiento sobre las márgenes primero, y sobre el lecho después, facilita singularmente el arrastre de los materiales sueltos que cubren el suelo; y si el fondo del cauce está compuesto de rocas blandas, éste queda socavado bajo la influencia del trabajo enérgico producido por el arrastre de los materiales mezclados con el agua. Todos los barrancos funcionan de la misma manera y rápida y simultáneamente, originando esto una avalancha líquida y sólida.



Tren destinado a conducir los materiales sólidos depositados en la vía férrea del ferrocarril «Central de Aragón», por el torrente rambla de Val de Molinos, en una de sus avenidas de 1915, los cuales interceptaron el paso de los trenes durante dos días.





La vía después de abrir en los materiales depositados por la misma avenida, la trinchera necesaria para el paso de los trenes. A la izquierda, se ven depósitos de materiales de otras avenidas, que van cegando los arcos del puente acueducto; importante y costosa obra, que se construyó para dar paso a las avenidas del torrente, pero que no sirve para este objeto, por cegarse la embocadura del canal con dichos materiales.

da, cuya potencia destructora es función de la solidez de su lecho y márgenes y también de la anchura y de la magnitud e irregularidad de las pendientes de su lecho. El menor obstáculo que encuentra la masa líquida, la desvía del eje del thalweg y la precipita sobre una margen, causando este choque el derrumbamiento de los terrenos superiores; efectos que, repetidos sucesivamente, producen una serie de hundimientos, cuyos materiales, unidos a los que provienen de las partes superiores, forman esas *debaeles* denominadas por los franceses *lavas*; corrientes en las que la cantidad de materiales sólidos es mayor que la del elemento líquido.

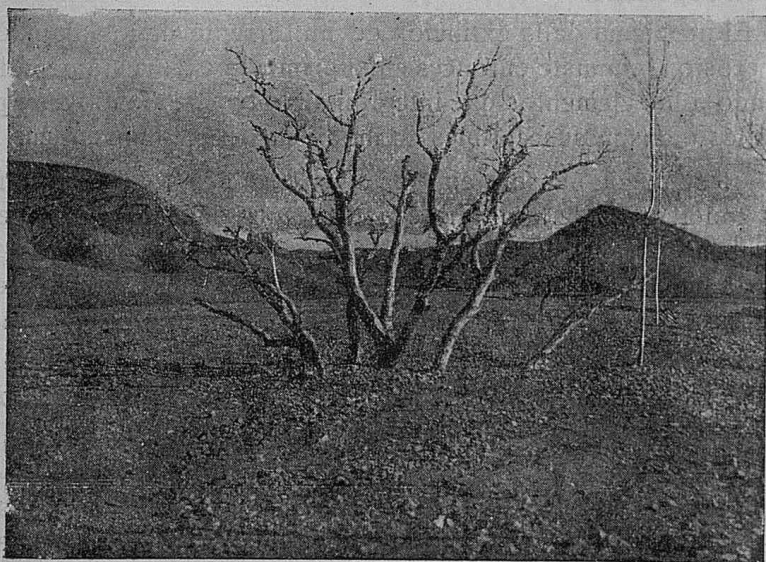
Además, sucede con frecuencia que por encima de los márgenes se manifiestan, en una o en las dos laderas, deslizamientos de trozos de montaña, que ocupan algunas veces superficies extensas, ocurriendo lo mismo en la totalidad de los afluentes, si se trata de un torrente compuesto.

Por otra parte, la erosión del lecho en el sentido del perfil longitudinal, tiende a aumentar la altura de las márgenes, precisamente en las partes donde el suelo es más susceptible de ser erosionado. Y la socavación producida al pie de las márgenes



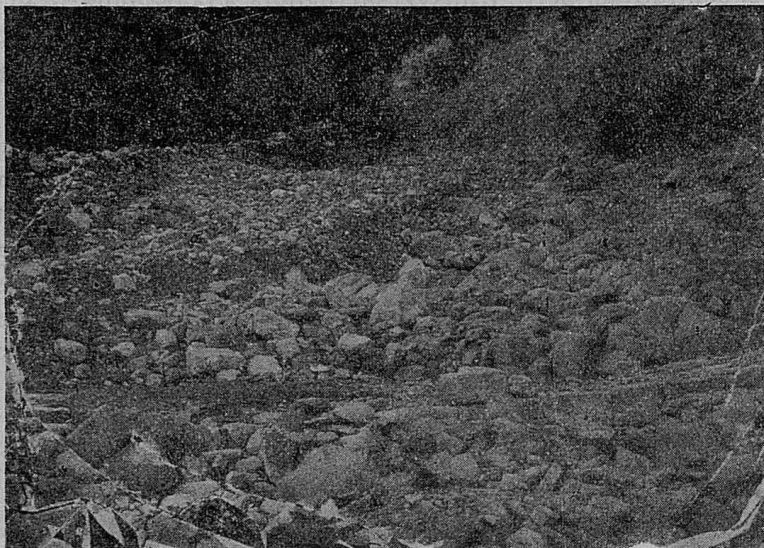
en el sentido del perfil transversal, debida a la irregularidad del curso de agua y a la violencia de las crecidas, preparando al principio y provocando después, en un momento dado, el derrumbamiento de una porción de las márgenes, determina un ensanchamiento del perfil transversal. Una vez destruído este trozo, que servía de apoyo a la lámina de terreno que reposa sobre el plano de deslizamiento, formado por rocas o por terrenos impermeables, los terrenos permeables, influenciados por las aguas sobrantes que discurren subterráneamente sobre este plano, no tardan a entrar en movimiento, deteniéndose éste cuando la parte que resbala llega a apoyarse sobre el fondo del lecho o contra la margen opuesta; estrechándose entonces el cauce, que se mantiene así hasta que una nueva crecida vuelva a ensancharlo y a permitir que se realice un nuevo deslizamiento, y así sucesivamente; dando esto lugar a que se formen esa serie de gradas escalonadas, según un perfil transversal dado, que se encuentra siempre en esta clase de terrenos.

Ahora bien; de la observación y del análisis de los fenómenos que acabamos de describir, se desprende que su causa única se resume en la erosión; cuya potencia depende, indudablemente, de las condiciones que presenta un lugar dado, bajo los



Nogal aterrado hasta las ramas por las avenidas del torrente «Rambla de Valdeguaren» en una finca de D. Augusto Rañoy en término de Villanueva de Jiloca (Zaragoza)





a-a Depósito de materiales sólidos transportados por una avenida del torrente «Arratiecho» en el baden de la carretera de Biescas a Gavín, en término de Biescas (Huesca), antes de la corrección de este torrente.

diversos puntos de su clima especial, de su situación topográfica y de la naturaleza geológica del terreno y también del estado de su superficie.

El problema de la extinción de un torrente de los llamados de erosión, consiste entonces en suprimir la excavación combatiendo a los elementos que integran su potencia, siendo muy pocos los que son susceptibles en modificaciones importantes.

No se puede pensar, en efecto, en cambiar lo más mínimo las condiciones de la naturaleza geológica del terreno. Sucede lo mismo para el clima general; a lo más, podrían hacerse algunas pequeñas modificaciones en el clima local. Quedan entonces, las condiciones que presentan la topografía y el estado de la superficie del suelo.

Es entonces exclusivamente en estas dos condiciones, donde debemos buscar los elementos de combate y la certidumbre de la victoria.

Ahora bien; según lo que hemos dicho respecto a las causas de la erosión superficial, es evidente que el único medio de suprimirla consiste en cubrir el suelo con una coraza protectora, que sólo se encuentra en la creación de una vegetación leñosa



y algunas veces herbácea, que, por su cubierta, protegerá el suelo contra el efecto mecánico del agua y del granizo; por sus hojas, sus raíces y su mantillo, retendrá una buena parte de las aguas o las hará penetrar en la tierra; y, en fin, por los innumerables obstáculos de sus tallos y raíces, dividirá y hará más lento el desagüe del resto de las aguas y retardará su concentración. De donde resulta que, cuanto más erosionable sea un terreno, más poderosa debe ser la cubierta vegetal.

Mr. Surell, Ingeniero de Puentes y Calzadas de Francia, después de hacer un acabado estudio, sobre el terreno, de los mayores torrentes de los Alpes, sentó en su obra inmortal «Étude sur les torrents des Hautes Alpes» los dos principios siguientes: (1).

«La creación de un monte provoca la extinción de los torrentes.

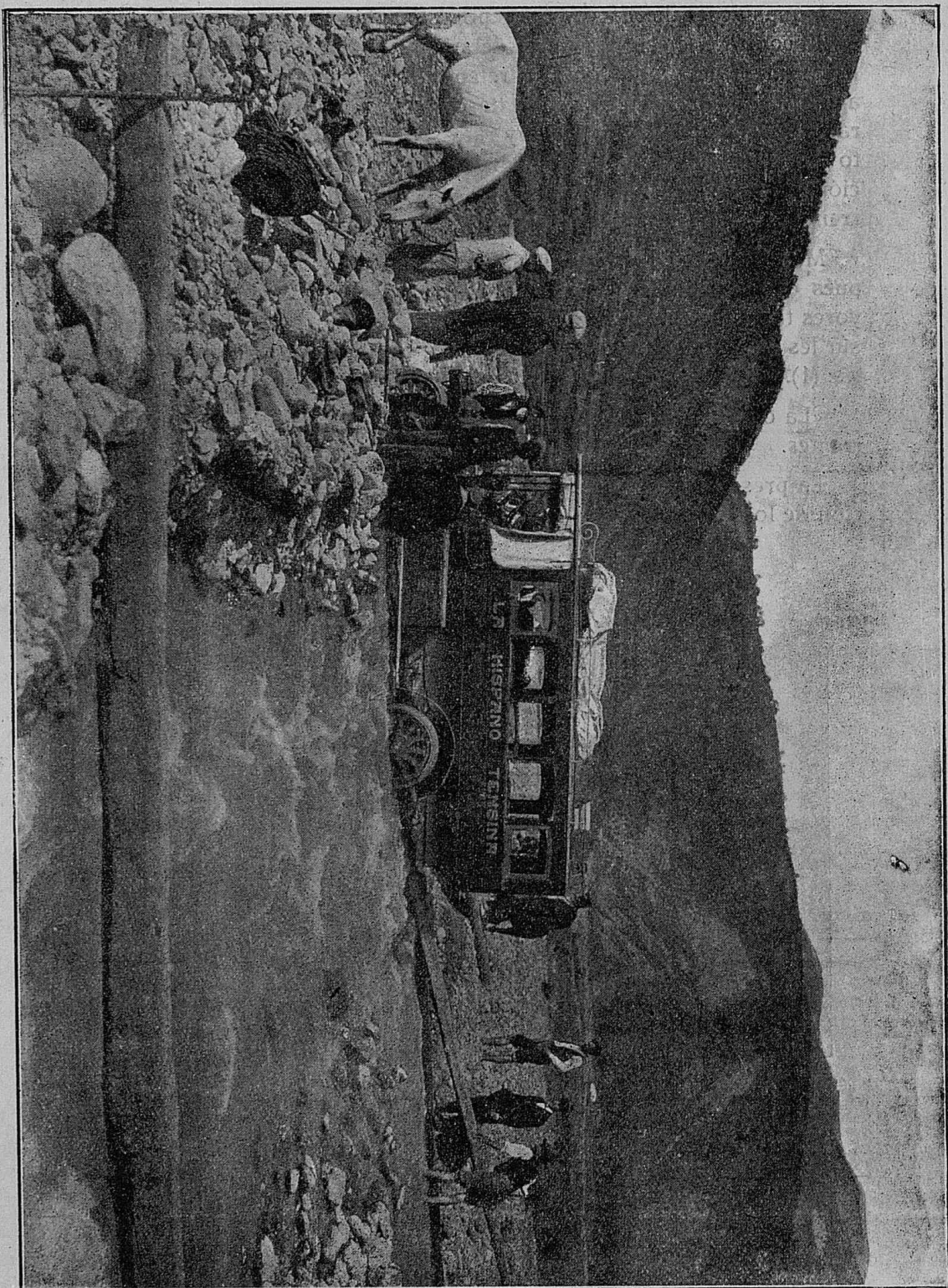
La presencia de un monte sobre un suelo, impide la formación de los torrentes».



a-a Lecho de deyección del torrente «Arratiecho». b-b Fincas que se inundaban y aterraban antes de la corrección de este torrente.

(1) Páginas 155 y 161 de la segunda edición, 1870.





Automóvil de la Hispano Tensina sorprendido por una avenida del torrente «Arás» al pasar por el camino habilitado que atraviesa el lecho de deyección del torrente. Este camino no se podrá convertir en carretera definitiva mientras no se corrija el torrente «Arás» ocasionando mientras tanto éste grandes perjuicios al tránsito de viajeros y mercancías de Sabinánigo a Bescas, a los baños de Pantitosa y a Francia.

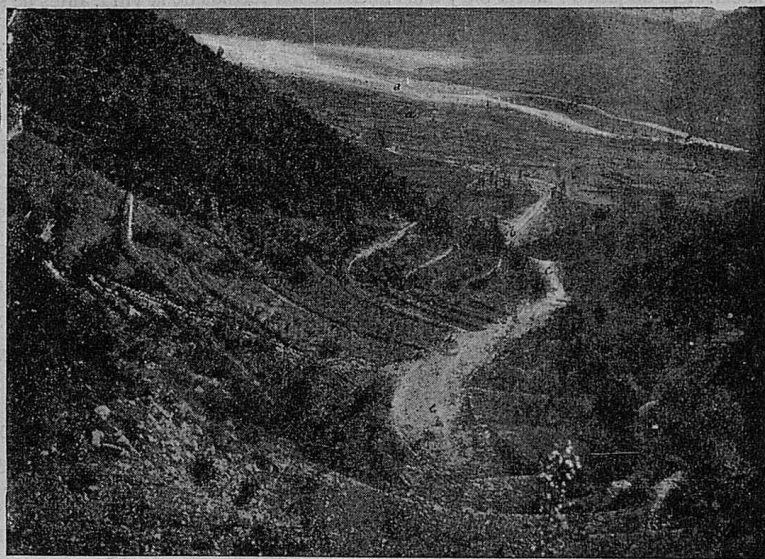


Mr. Foster (1) dedujo de sus experiencias en laderas de condiciones análogas de suelo y clima, que en los montes poblados, no se forman barrancos; y que en la ladera que había operado, bastaba una faja de monte que ocupaba una cuarta parte de su altura, para reducir a la mitad la sección de sus barrancos.

En Alemania, el Dr. Wolny (2) ha hecho experiencias para conocer las cantidades de tierra que lleva en suspensión el agua de las lluvias de tempestad que se desliza por las laderas; y ha deducido que son de gran importancia, en el suelo descubierto, que aumentan con la pendiente y disminuyen con la cubierta viva, sentando las conclusiones que siguen:

1.<sup>a</sup> El arrastre de tierras y fragmentos de rocas en superficies inclinadas, se halla, por regla general, extraordinariamente disminuída por las diversas cubiertas vegetales; y

2.<sup>a</sup> El monte arbolado es el que ejerce, respecto a este particular, mayor influencia y después la tienen las plantas herbáceas en gran espesura y los vegetales forrageros perennes.

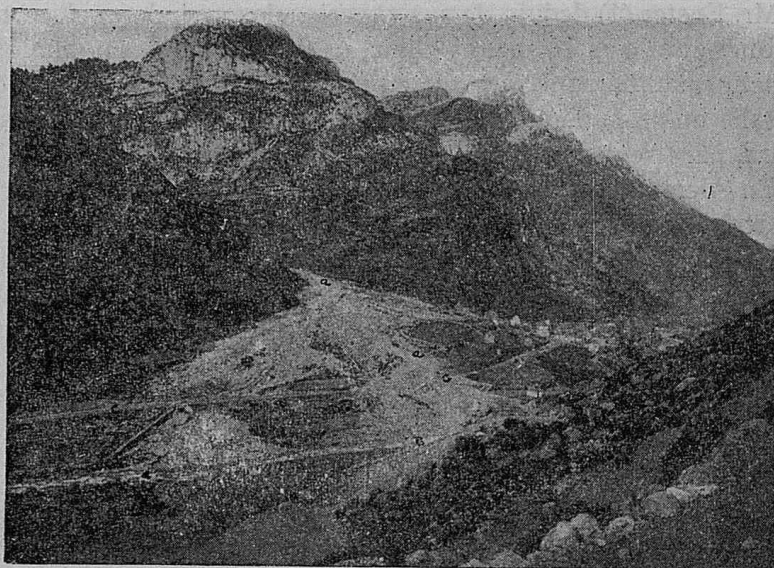


a-a Fincas a que alcanzaba el radio de acción de las avenidas del torrente «Arratiecho» antes de su corrección y que están salvadas después de la ejecución de esta. b-b Canalización del cono de deyección. c-c Canalización de la parte inferior de la garganta del torrente. d-d Muretes y paredillas construídas para la restauración de erosiones en la ladera izquierda del torrente «Arratiecho». e-e Río Gállego.

(1) Véase mi folleto «La conservación de las obras hidráulicas por los trabajos hidrológico-forestales».

(2) Influencia de la cubierta forestal en el régimen de los ríos, por E. Wolny, 1909.





a-a Torrente «Los Meses», cuyas avenidas inundaban y soterraban a la villa de Canfranc b-b, a la carretera de Jaca a Francia c-c y a las fincas de los vecinos de la villa, antes de su corrección. e-e Río Aragón, aun sin estar terminados los trabajos de este torrente, sus avenidas no causan daños.

Por último, en las comunicaciones que tuvimos el honor de presentar al primer Congreso de riegos, celebrado en Zaragoza en 1913, con el título «Los montes y la regularización de las corrientes de agua», y al segundo de Sevilla, en 1918, con el de «Conservación de las obras hidráulicas por los trabajos hidro-lógico-forestales» (1), creemos haber probado suficientemente el por qué de todas estas beneficiosas influencias de los montes, habiendo expuesto también, en estos trabajos, los resultados experimentales que las confirman.

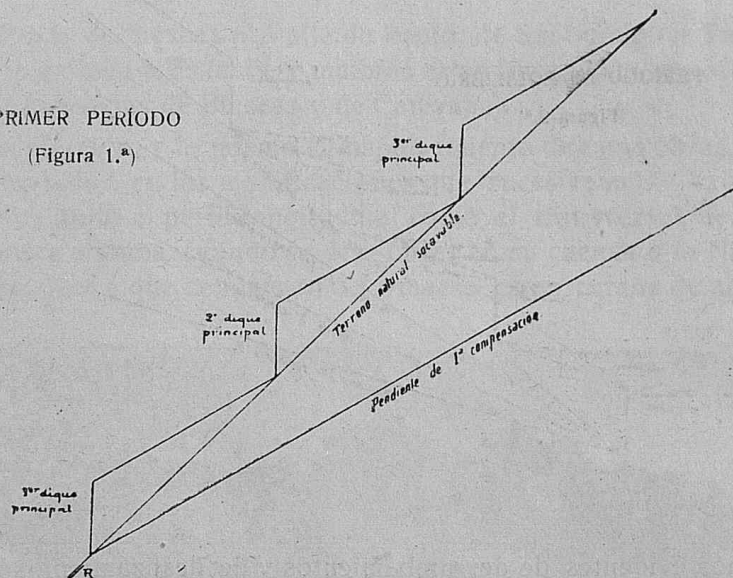
Ahora bien; conocidas estas influencias por los Ingenieros encargados de la corrección de los torrentes alpinos aragoneses, era muy lógico que su primer cuidado fuese proceder a la repoblación forestal en todos aquellos terrenos que pudieran influir favorablemente en el régimen perturbado de dichos cursos de agua.

Pero como, por una parte, las avenidas de los torrentes más peligrosos, como los denominados «Arratiecho» y «Arás» en el término de Biescas, y «Los Meses» en el de Canfranc, afectaban

(1) Véanse los dos folletos publicados en 1914 y 1918, con los mismos títulos.

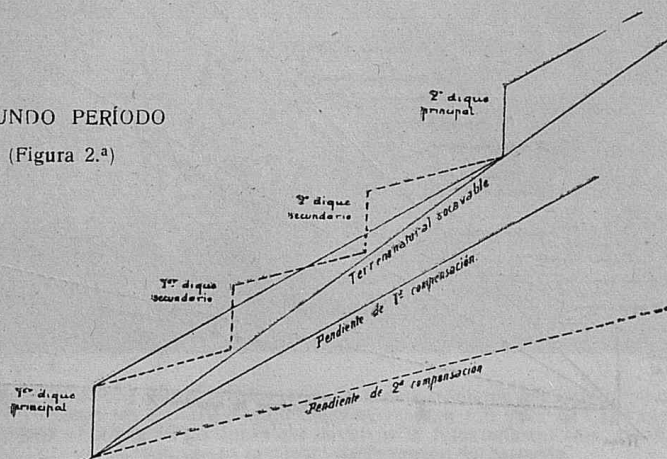


## PRIMER PERÍODO

(Figura 1.<sup>a</sup>)

a estos dos pueblos y a la propiedad rústica más valiosa de sus pobladores y también a carreteras como la de Biescas al Valle de Broto y a las muy importantes de Sabiñánigo a los Baños de Panticosa y de Jaca a Francia, siendo por esto muy urgente conseguir efectos inmediatos que impidieran o anulasen los grandes daños que producían; como por otra, en la cuenca de algunos torrentes hay superficies que no pueden repoblarse por ser necesario dedicarlas al cultivo agrario permanente, ni acotarse por ser indispensables para el pastoreo; y, por último, había en las laderas y a lo largo del cauce de estos cursos de agua

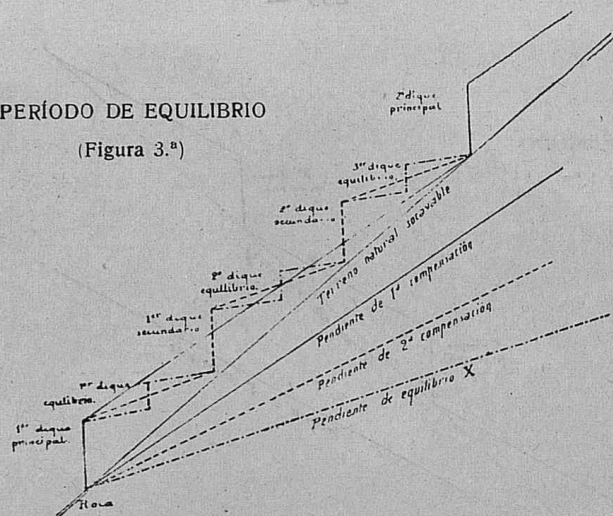
## SEGUNDO PERÍODO

(Figura 2.<sup>a</sup>)



PERÍODO DE EQUILIBRIO

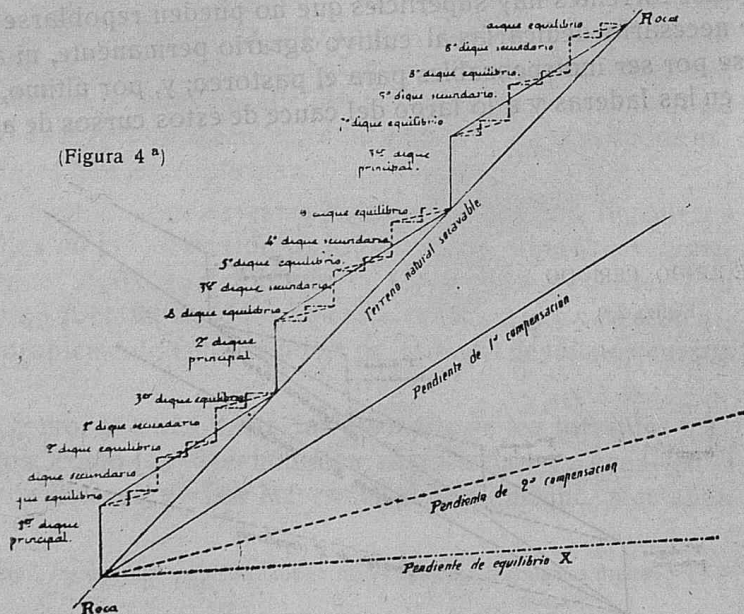
(Figura 3.<sup>a</sup>)



signos evidentes de derrumbamientos y de deslizamientos próximos de superficie y de fondo, sólo ha podido introducirse la vegetación forestal, en una extensión muy limitada de la cuenca, habiendo tenido que construirse en el resto, varias obras de arte, de piedra y de madera, de las que se emplean en la corrección de los torrentes.

(En las fotografías que ponemos puede verse cómo afectan los torrentes «Arratiecho», «Arás» y «Los Meses» a las

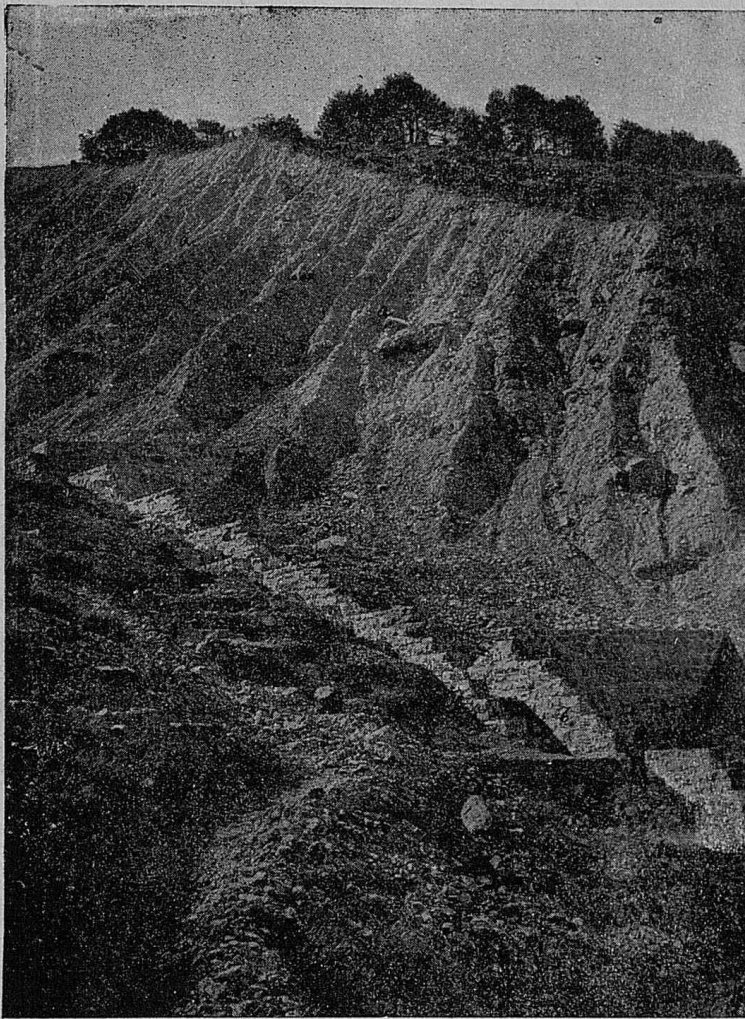
(Figura 4.<sup>a</sup>)





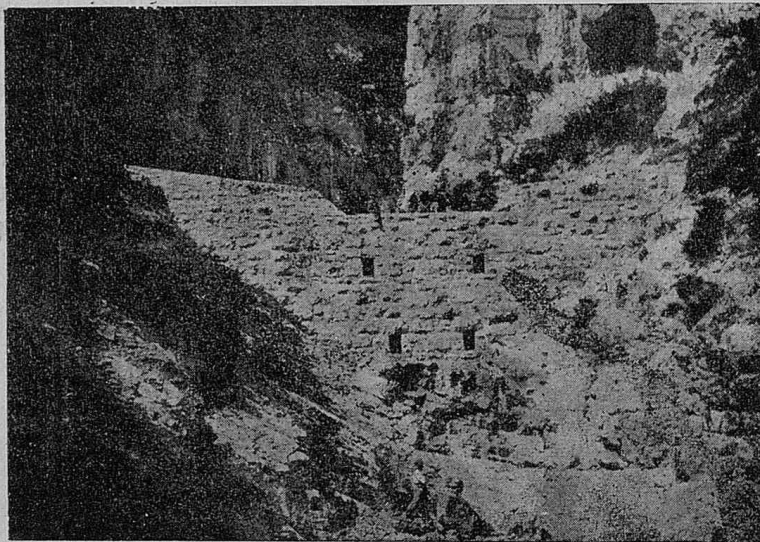
carreteras de Biescas al Valle de Broto, de Sabiñánigo a Panticosa y de Jaca a Francia, y también a las fincas más importantes de las vegas de Biescas y de Canfranc).

La elección, y lo mismo el emplazamiento de estas obras, están fundados en las modificaciones que sucesivamente experimentan, tanto el perfil longitudinal como el transversal, de los torrentes alpinos, cuando se deja obrar en su cuenca a la Naturaleza, desde que comienzan a formarse estos cursos de agua,



a-a-a Cresteras de una de las erosiones de la ladera izquierda del torrente «Los Meses», que proporcionaban los materiales sólidos que soterraban a la villa de Canfranc, a la carretera de Jaca a Francia y a las fincas que se ven en la fotografía anterior. b-b-b Un tramo canalizado en la cuenca de recepción del torrente.





Uno de los diques principales construidos en el cauce del torrente «Los Meses» para la corrección de su lecho y fijación de sus márgenes

hasta su completa extinción; estudio que no hacemos aquí, por no alargar con exceso este trabajo. Sólo diremos que, abandonado un torrente a sus propias fuerzas, el perfil longitudinal, merced a los efectos expuestos de excavación y de depósito, llega a tener la pendiente de equilibrio (que como sabéis es aquella, en la cual, la resistencia del lecho, en todas sus partes, hace equilibrio a la fuerza de arrastre de la corriente); y también que para que llegue dicho perfil a alcanzar esta pendiente, tiene que pasar antes por otra a la que denominó Mr. Surell pendiente límite y Mr. Breton pendiente de compensación; con la que el perfil longitudinal es también fijo, mientras no cambian las condiciones de torrencialidad del torrente; a causa de que, entonces, hay en todas partes compensación] entre el material que transporta y el que deposita la corriente.

Esta pendiente de compensación tiene la forma:

$$p = \frac{W^2}{K^2 B^2 R} \quad (1) \text{ siendo } K = \frac{\pi}{\pi + \varphi} \frac{d - \pi}{d} \quad \text{y } R = m H \quad (3)$$

en cuyas fórmulas,  $p$  es igual a la pendiente de compensación;  $W$  es la velocidad límite de los más gruesos materiales acarreados;  $K$  es el coeficiente torrencial;  $\varphi$  es el coeficiente mayor o



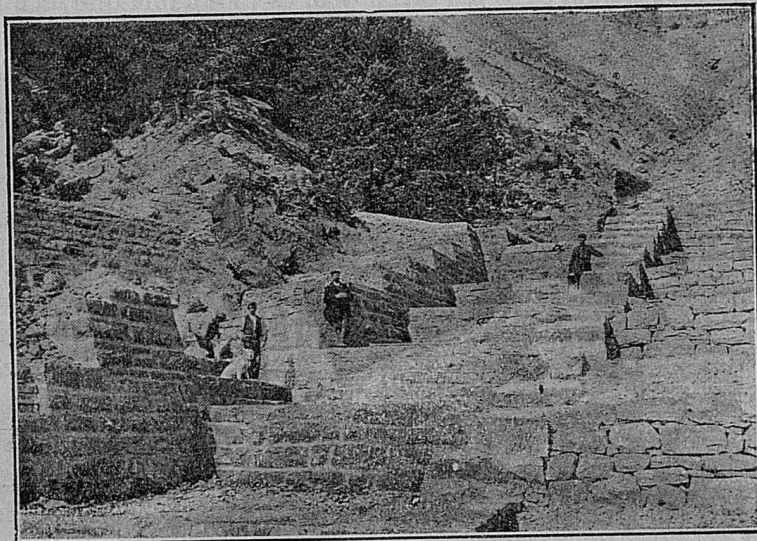
menor que la unidad, que expresa la relación entre el elemento sólido y el líquido de la corriente;  $\pi$  es igual al peso del metro cúbico del líquido;  $d$  representa el peso del metro cúbico de guijarros;  $B$  es el factor de la velocidad;  $R$  el radio medio;  $m$  el coeficiente de forma y  $H$  la altura del agua.

En cuanto al perfil transversal que toma el torrente abandonado a la acción de la Naturaleza, diremos que, el que pudiéramos llamar *perfil de estabilidad*, tiene la forma cóncava y una anchura total, que las márgenes no pueden llegar a ser socavadas por las aguas de las mayores avenidas del torrente.

#### TRABAJOS DE CORRECCIÓN EN LOS TORRENTES DE EROSIÓN ALPINA

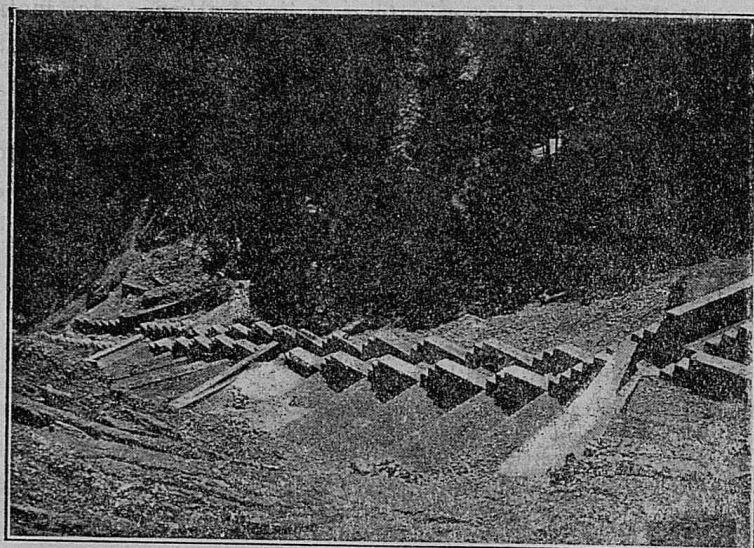
Con lo que llevamos dicho, tenemos ya conocido lo suficiente para proceder con toda seguridad en la corrección de los torrentes de erosión alpinos.

En efecto: sabemos que, en estos torrentes, hay que considerar dos clases de erosiones: la que se manifiesta en el sentido del perfil longitudinal y la que se efectúa en el del perfil transversal; y también que, la potencia de la erosión longitudinal, es función de la pendiente y de la solidez del lecho y de la masa de agua que se precipita en un lugar dado.



a-a-a Trozo de un tramo de la canalización en la cuenca de recepción del torrente. b-b-b Erosión que aún se halla sin corregir.





a-a-a El mismo trozo del torrente visto de arriba a abajo. b-b-b Paredillas para el abanqueamiento y plantación de las laderas del torrente.

Para combatirla es necesario, entonces, disminuir la pendiente, consolidar el nuevo lecho y reducir considerablemente el caudal de avenidas. Este es uno de los efectos que se consiguen con la repoblación, pero los otros dos, es indudable que incumben a los de corrección.

Por otra parte, siendo producida la erosión lateral por las divagaciones de la corriente que va a minar el pie de las márgenes, no puede ser corregida más que por la disminución del caudal, combinada con un ensanchamiento y un encauzamiento del lecho, que permita poner a las márgenes al abrigo de todo ataque, hasta en las mayores crecidas del torrente.

De todo esto resulta que los trabajos de corrección deben tener el triple objeto de disminuir la pendiente del perfil longitudinal, consolidar el nuevo lecho y ensanchar la sección en todas las partes del torrente, susceptibles de ser erosionadas.

Ahora bien; si suponemos que en un tramo socavable se puede construir económicamente un sólido pavimento de piedras gruesas que recubra el lecho y el pie de las márgenes hasta la altura del nivel de las mayores avenidas, es evidente que la estabilidad del lecho y de las márgenes estará asegurada y los derrumbamientos y los deslizamientos dejarán de producirse.

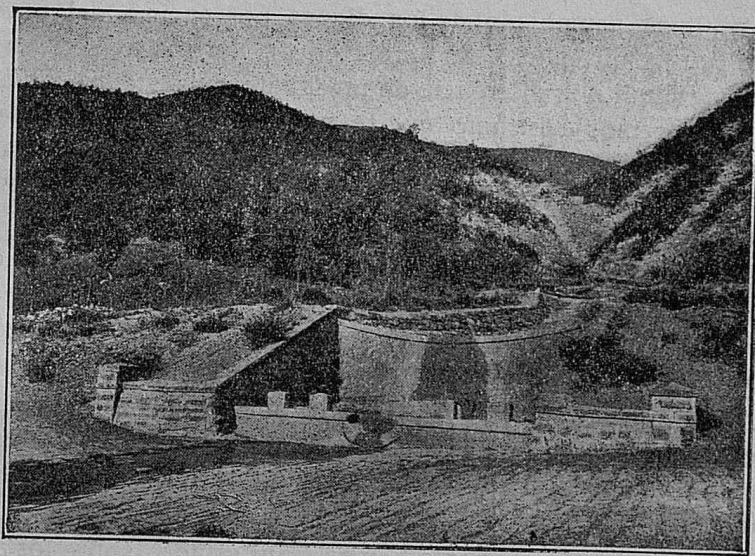


Pero no se puede pensar en tal trabajo; no sólo por la carestía del sistema, sino porque habría casos en los que hasta faltarían para las obras materiales pétreos.

Los Ingenieros de Montes franceses dominaron esta dificultad, con la construcción de diques combinados con otros trabajos complementarios.

Supongamos, en efecto, que en la sección que se va a tratar, se construyen una serie de diques emplazados de tal manera que, entre cada dos de ellos, la línea que une el pie del superior con la coronación del inferior, determine la pendiente de equilibrio.

Es indudable que los materiales acarreados por la corriente, irán a depositarse aguas arriba de estos diques para formar una serie de aterramientos insocavables. Si además admitimos que la altura de los diques sea la suficiente, para que los aterramientos hayan dado al lecho una sección bastante ancha para obligar a las aguas a seguir el medio del cauce e impedir todo ataque a las márgenes, el problema estará evidentemente resuelto; puesto que la pendiente del perfil longitudinal habrá sido disminuída en el grado querido y el nuevo lecho será inexcavable, así como el pie de las márgenes.



Vertedero construído aguas arriba del badén de la carretera de Biescas a Gavín sobre los depósitos que hemos mostrado en la fotografía núm. 18. a-a Erosiones que daban los materiales que producían la interrupción del tránsito en dicha carretera.





Dique curvilíneo hidráulico núm. 3, de 9'20 metros de altura sobre cimientos con su zampado y contradique y un trozo de encauzamiento empedrado entre los diques de primer orden, números 2 y 3.

Pero este sistema aún resultaría muy caro, por ser muy grande el número de diques que habría que construir.

La altura acumulada de los diques por encima del nuevo lecho (no comprendidas las fundaciones), llegaría a ser sensiblemente igual a la diferencia de nivel que existe entre los dos puntos extremos del tramo que se va a tratar; porque la pendiente de equilibrio, que casi siempre es muy débil, multiplicada por la distancia horizontal entre ellos, daría una cantidad muy pequeña.

Por otra parte, en los torrentes peligrosos, las pendientes del lecho son casi siempre muy grandes y, por lo tanto, la distancia entre los diques tiene que ser muy pequeña y corren el riesgo de amontonarse unos a otros.

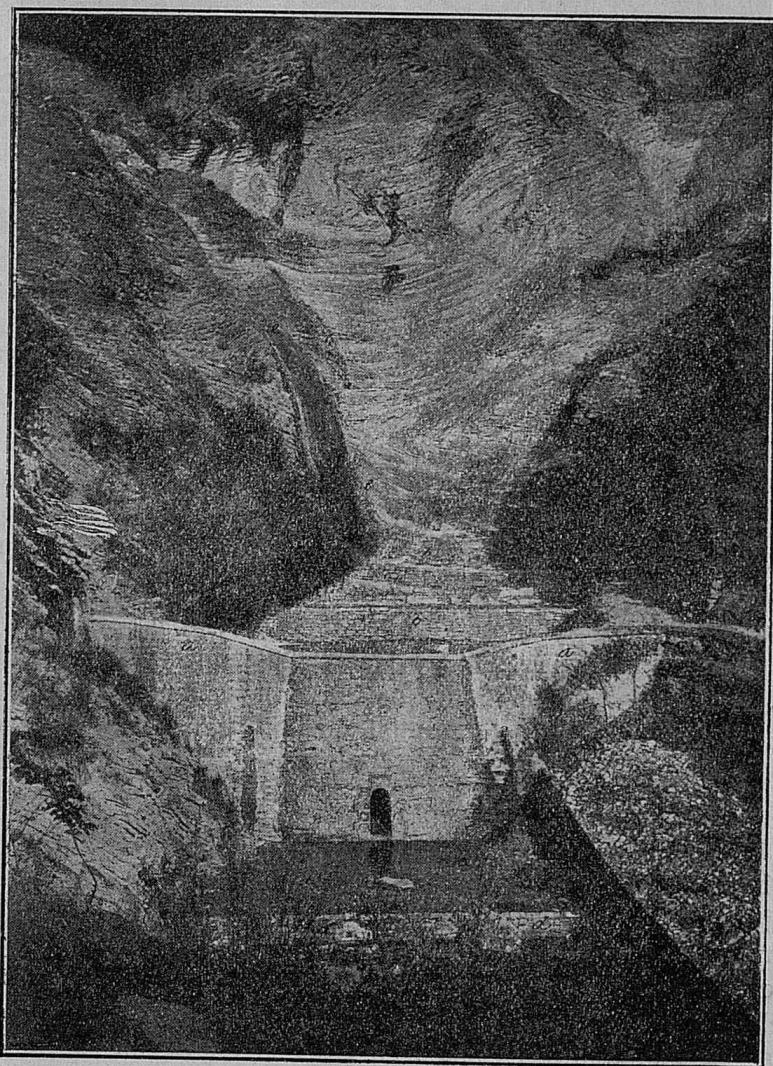
Tenemos que renunciar entonces, a obtener así directamente y de primera intención por el empleo de grandes diques transversales, una serie de aterramientos, cuya pendiente no pase de la de equilibrio.

Pero como anteriormente hemos manifestado, sobre los aterramientos o depósitos producidos por un torrente abandonado a sí mismo, el perfil de equilibrio es posterior al de compensa-



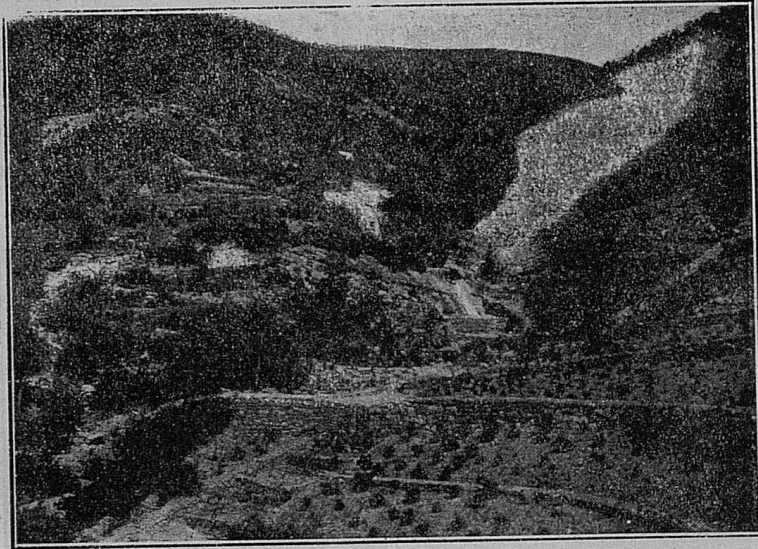
ción, que da la mayor ordenada constante, mientras el torrente acarrea materiales sólidos.

Además; si tenemos en cuenta que en todos los torrentes la pendiente de compensación es más de diez veces mayor que la de equilibrio, y disponemos en la sección o en el tramo que vaya a tratarse, un cierto número de diques tales, que el aterramiento



a-a Dique hidráulico núm. 1. b-b Diquecillos contruidos sobre los aterramientos dejados por las las avenidas del torrente «Arratiecho» para conseguir la pendiente de 2.<sup>a</sup> compensación. c-c Zampeado y d-d contradique contruidos al pie del dique núm. 1. e-e Cascada de 11 metros de altura.





a-a Trabajos de restauración de la parte inferior de la erosión media del torrente «Arratiecho». b-b Encauzamiento de parte de la garganta. c-c Erosión todavía sin corregir.

producido por el inferior tenga la pendiente de compensación y llegue por la parte de aguas arriba al pie del inmediato superior, el número de obras, a igualdad de altura, habrá disminuído considerablemente, consiguiéndose además la ventaja de que no habrá peligro de que falten para su construcción materiales pétreos.

De lo que precede resulta, evidentemente, que la altura de los diques debe estar combinada con su aplazamiento, según las condiciones del perfil longitudinal y de los transversales necesarios, siendo por esto muy importante poseer un plano detallado de uno y otro.

He aquí cómo debe procederse, y se ha hecho en nuestros trabajos del Pirineo, insertando las figuras que siguen para la mejor y más fácil comprensión del procedimiento. En ellas hemos considerado un tramo socavable, en los tres períodos de la corrección: el de los diques principales, el de los secundarios y el de equilibrio.

*1.º período* (figura 1.ª, pág. 235). Dividido el torrente en tramos excavables e inexcavables, y suponiendo que actuamos en uno de los primeros, comprendido entre dos de estos últimos, y, además que la pendiente general del tramo excavable es superior a la de



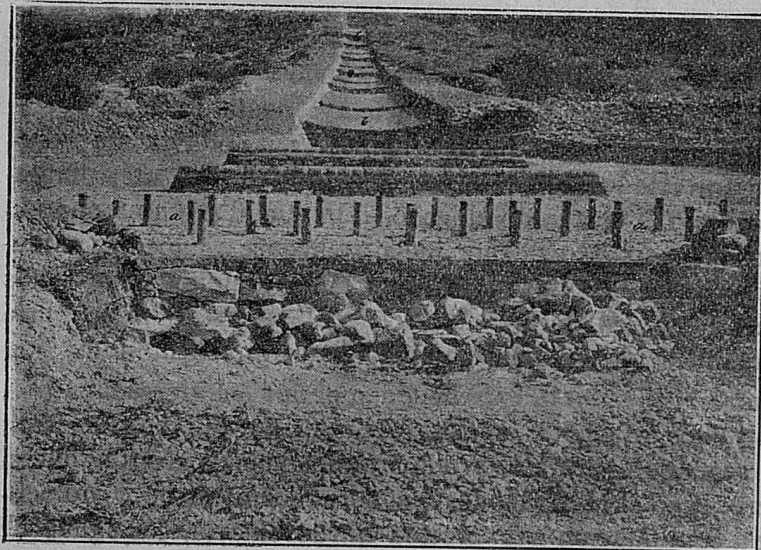
compensación y que ocurre una crecida muy fuerte en este tramo, el lecho podrá ahuecarse, hasta que la pendiente general esté próxima a la de primera compensación.

Como consecuencia de esto, se debilitarían las márgenes y perderían su asiento. Pero si antes de la crecida, construimos en la parte más alta del tramo inexcavable inferior, un dique de piedra de las dimensiones necesarias, esta obra provocará un depósito A, que tendrá la pendiente de compensación y estará formado de materiales de diversos tamaños.

Pero las crecidas moderadas que sucederán a las avenidas, arrastrarán las partículas más tenues y no quedarán detrás del dique más que los materiales gruesos, es decir: los más propios para obtener la estabilidad del lecho.

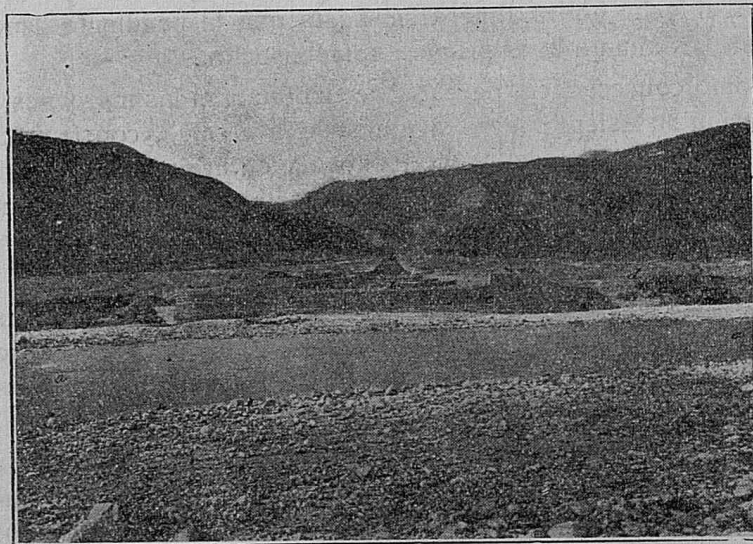
Así por la creación del primer dique, obligamos al torrente a producir su pendiente de compensación, no por erosiones que debilitan las márgenes y producen derrumbamientos, sino por depósitos que las consolidan; no teniendo que temer, por el momento, de la erosión longitudinal.

Queda la erosión lateral; y como según se demuestra al hacer el estudio de la formación de los perfiles transversales de equi-



a-a Plazoleta de depósitos en el cono de deyección del torrente «Arratiecho». b-b. Canalización del cono del mismo torrente.



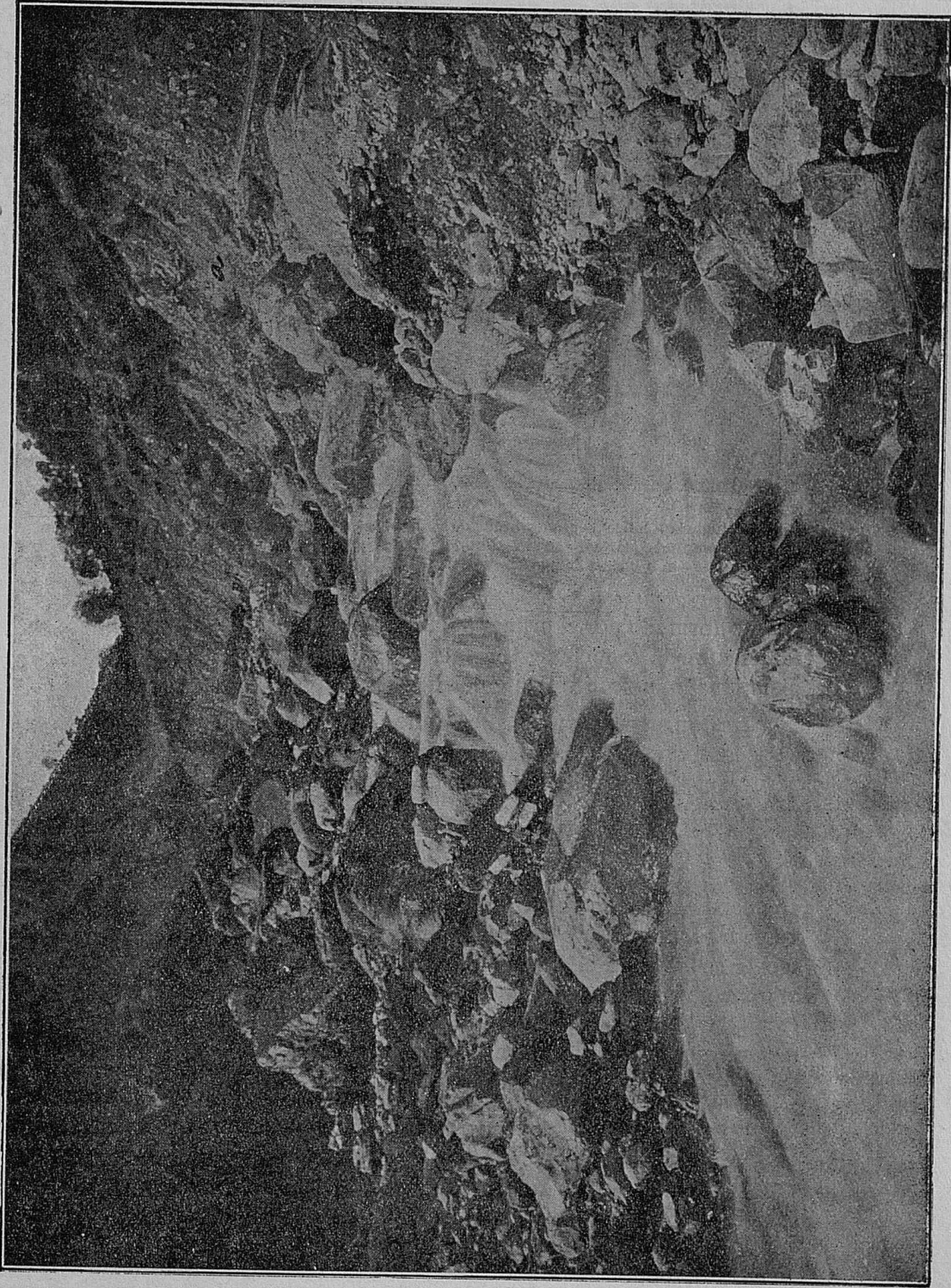


a-a Río Gállego. b-b Canalización del lecho de deyección del torrente «Arás». c-c Vertedero del torrente en el río Gállego. d-d Camino habilitado de la carretera de Sabiñánigo a Panticosa que atraviesa el lecho de deyección del torrente.

librio, los depósitos que acaban de formarse son convexos, las aguas tenderán a dirigirse hacia las márgenes. Para evitarlo, habrá necesidad de restablecer la concavidad, lo que se logra, arrojando hacia las márgenes los materiales de mayor tamaño, trabajo que generalmente cuesta muy poco y da, casi siempre, muy buenos resultados. Las márgenes consolidadas ya por el levantamiento del lecho del torrente, estarán todavía más protegidas por este trabajo; tanto más, cuanto que los aterramientos no sólo han levantado el lecho, sino que al mismo tiempo lo han ensanchado. Es evidente que si se llegase a impedir, al menos durante las crecidas moderadas, la incursión de las aguas en las márgenes, la permanencia del lecho se mantendría mientras fuesen iguales las condiciones de torrencialidad.

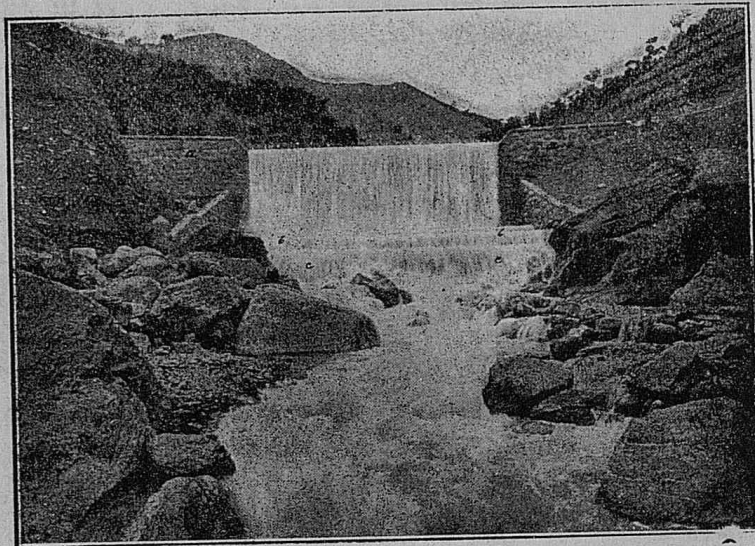
Ahora bien; si en la extremidad superior del aterramiento A encontramos un emplazamiento favorable para la construcción de un segundo dique, éste produciría los mismos efectos que el primero. Pero por las razones que antes hemos dicho, si no ocurriese a continuación una crecida extraordinaria, las aguas de otra moderada, después de haber depositado los materiales que acarrear, volverán a tomar sus propiedades excavantes, y tenderán a dar una pendiente más pequeña al perfil del aterra-





Aspecto del cauce del torrente «Arás» en el vértice del lecho de deyección, en el que se halla construido el dique de 1.º orden núm. 1.





a-a Gran dique hidráulico de primer orden de 7'20 metros de altura sobre cimientos y 43 metros de longitud construido en el vertice del lecho de deyección del torrente «Arás» en el sitio a-a. b-b y c-c Zampeado y contradique construídos al piedel dique.

miento formado por el primer dique. En otros términos: viniendo a aumentar el coeficiente torrencial  $K$ , fórmula (2) resultará una disminución en la pendiente de compensación  $p$ , fórmula (1).

Si entonces no se tuviera cuidado, el segundo dique podría ser destruído y, como consecuencia, los taludes de las márgenes perderían el apoyo de los depósitos que se habían primitivamente formado.

Para evitarlo, es necesario mantener la pendiente que existe entre los diques, lo que se ha conseguido en nuestros torrentes, en casos excepcionales, recubriendo el lecho con una especie de empedrado. Pero este procedimiento es muy caro; frecuentemente se obtiene el mismo resultado, trasladando bloques a sitios convenientes, con algunos enfagados, &. Lo importante es vigilar e impedir que se agranden las pequeñas degradaciones, obrando según las circunstancias.

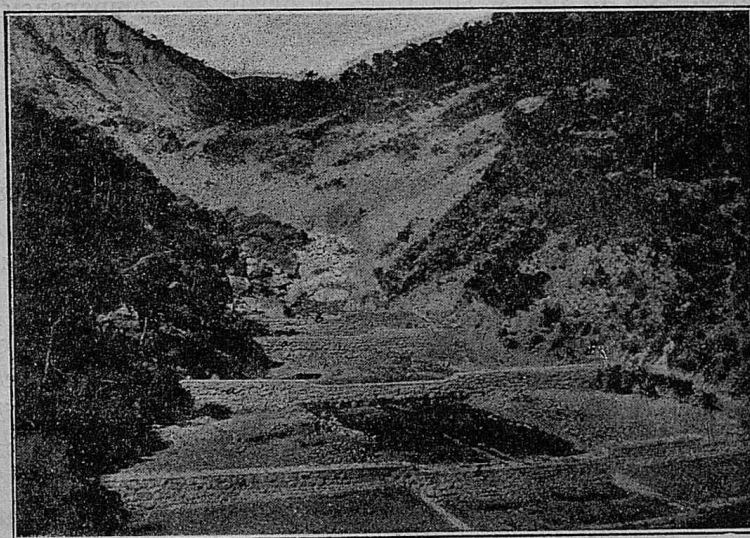
Hechas estas observaciones y suponiendo que se atenderá a la conservación de las primeras obras, fundaremos en la extremidad del segundo aterramiento un tercer dique, y así sucesivamente, hasta que hayamos llegado a la extremidad del tramo inexcavable.



El lecho presentará entonces la forma de una inmensa escalera, en la que los diques serán las contrahuellas, estando dirigidas las huellas según el perfil de compensación. En cada salto de agua, la velocidad de ésta vendrá a quebrarse contra las gruesas escolleras que defenderán el pie de los diques y, por consiguiente, no podrá tomar valores muy grandes. La fuerza de erosión se hallará entonces disminuída y su acción sobre las márgenes se debilitará mnchísimo. Además, el ensanchamiento de la sección disminuirá también esta velocidad. En resumen, con estos trabajos se consigue la consolidación del lecho y de las márgenes, que era lo que deseábamos. Una vez que estas hayan tomado el talud de equilibrio, se las repoblará convenientemente.

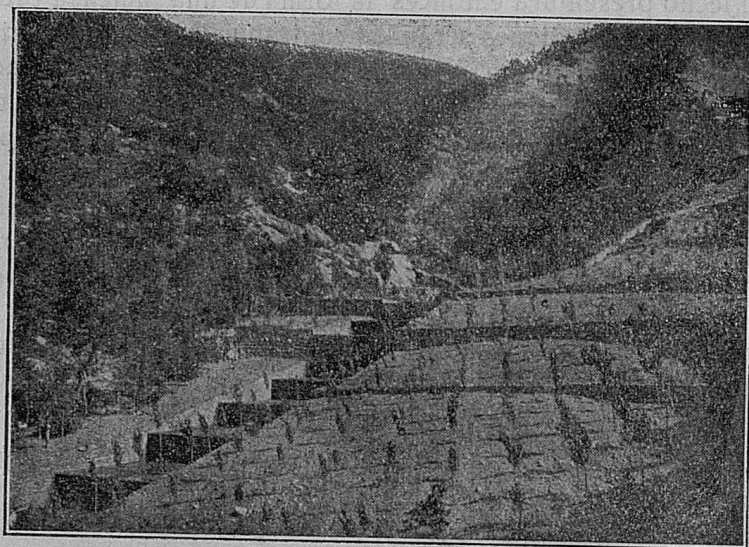
Los diques principales deben ser construídos con el mayor cuidado, por ser en ellos donde se apoya todo el trabajo de consolidación.

2.º período (figura 2.<sup>a</sup>, pág. 235). Una vez terminada la construcción de los diques principales, los materiales gruesos arrastrados por las aguas se detendrán en los aterramientos producidos por aquellos; las aguas no arrastrarán más que piedras pequeñas; y como su potencia de arrastre no habrá variado, si para entonces



a-a Diques de 2.º orden construídos sobre el aterramiento del dique núm. 1 del torrente «Arás». b-b Encauzamiento del lecho del torrente. c-c Erosiones sin corregir de las que proceden muchos de los materiales sólidos que acarrea el torrente durante sus avenidas





Trozo corregido de la garganta del torrente «Arratiecho» en el que los diques a-a han producido la pendiente de equilibrio del lecho del torrente. b-b Muretes para la restauración de erosiones en las laderas c-c Repoblación en estas laderas.

no se halla avanzada la repoblación de la cuenca, aumentará su velocidad y con ello la tendencia a la erosión de los aterramientos; con lo que se suavizará el perfil de compensación, siendo la consecuencia de todo esto, la destrucción de los diques.

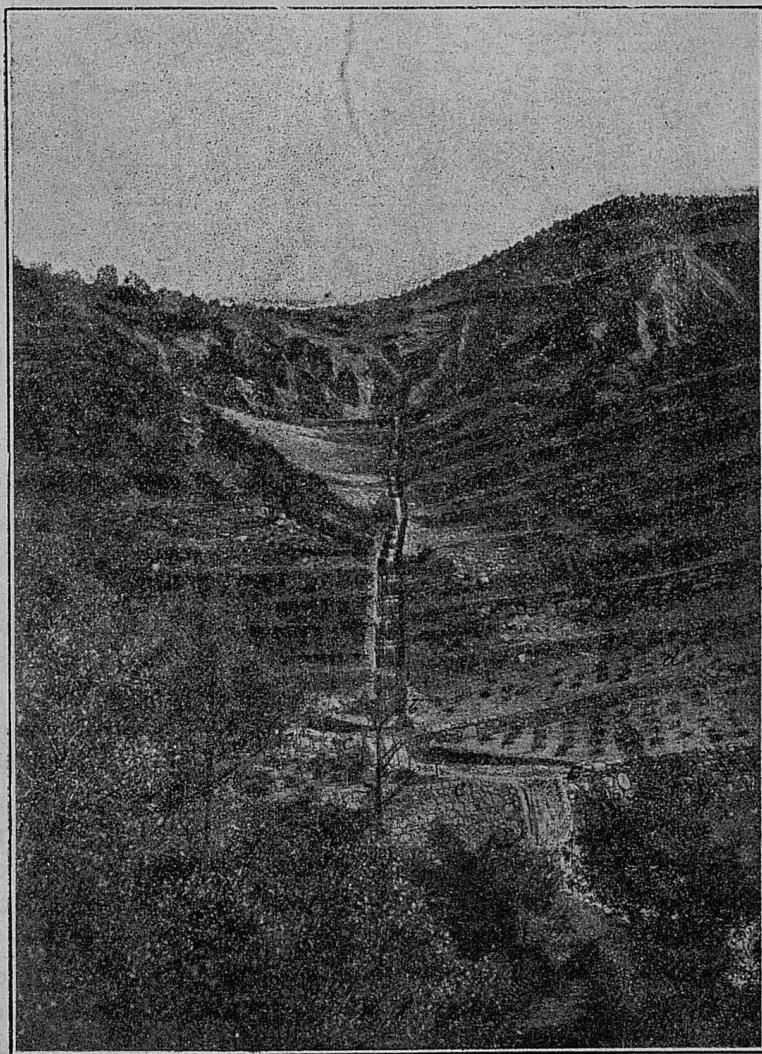
Si se manifestase esta destrucción, no bastarían ya sencillos trabajos de entretenimiento para mantener la pendiente que existe entre cada dos diques principales; es necesario, entonces, establecer, entre estas obras, nuevos escalones, cuyas huellas estarán dirigidas según el nuevo perfil de compensación, el cual lo habrá indicado el mismo trabajo del torrente.

Estos escalones producidos por diques menos importantes, se construirán sobre los aterramientos de los primeros. Las coronaciones de estos muros, llamados por los franceses *seuils*, deberán estar por encima de la línea de la primera compensación, eligiendo sus alturas y sus espacios de tal manera, que la recta que una la coronación de uno de ellos al pie del inmediato superior, esté dirigida según la pendiente de la nueva compensación. Es claro que las aguas del torrente excavarán en la parte superior a de cada uno de los aterramientos; pero como



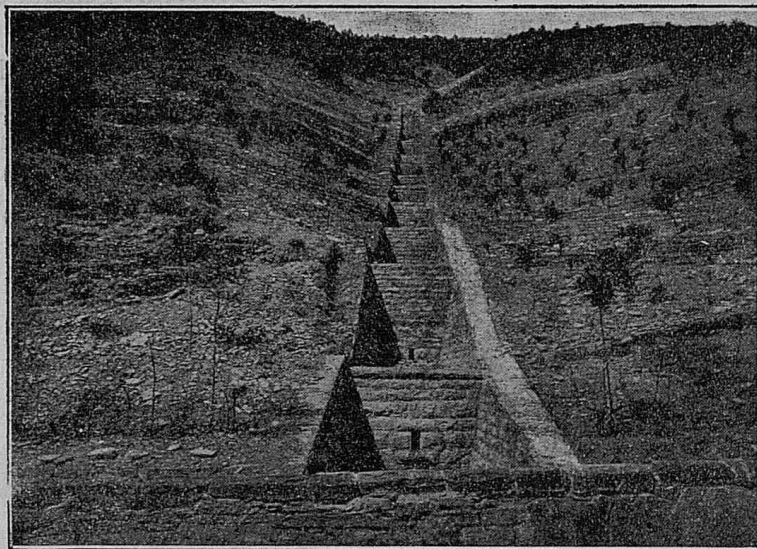
sus materiales rellenarán la inferior *b*, la pendiente general del lecho quedará la misma.

*Período de equilibrio.* (figura 3.<sup>a</sup>, pág. 236). Cuando los taludes estén ya garantidos contra toda clase de movimientos, el torrente arrastrará sólo materiales muy pequeños; y como las aguas tendrán entonces toda su fuerza de erosión, tenderán a dar al



Restauración de erosiones en el torrente «Arratiecho». a-a Muretes y paredillas construídas para impedir la erosión de las laderas del torrente. b-b Torrentillo afluente del torrente «Arratiecho» corregido. c-c Diques de 2.º orden construídos en la garganta del torrente. d-d Plantaciones ejecutadas en los bancales hechos en las laderas del torrente.





Torrentillo de la «Cabañera» corregido y repoblado. Antes de la corrección los materiales sólidos que arrastraba durante sus avenidas interceptaban el paso por la carretera de Sabiánigo a Panticosa y Francia a-a-a.

lecho la pendiente de equilibrio, es decir: aquella para la cual la resistencia de los materiales más sueltos, haga equilibrio a la fuerza de arrastre. Los diques, entonces, tenderán a ser erosionados y es preciso hacer nuevos trabajos complementarios, procediéndose, en general, del modo siguiente:

Paralelamente al eje del torrente y limitando al nuevo lecho, se construyen, a derecha e izquierda, unas pequeñas estacadas consistentes en pilotes clavados en el suelo, entre los que se entrelazan ramas de sauce. Después se construye una serie de estacadas transversales equidistantes, cuyas coronaciones pasen un poco por encima de la línea de la última compensación, emplazándolas entre cada dos muretes como estos lo están entre los diques principales. Las aguas, ya claras, no tardarán en socavar la parte de aguas abajo de cada estacada y en colocar los materiales según la pendiente de equilibrio.

De modo es que, en definitiva, el perfil longitudinal del torrente corregido, presentará una serie de escalones cuyas huellas tendrán la pendiente de equilibrio, estando la coronación de las contrahuellas sobre una línea colocada un poco por encima del último perfil de compensación (figura 4.<sup>a</sup>, pág. 236). En esta figura se ve, con toda claridad, el enorme desmonte que hubiera



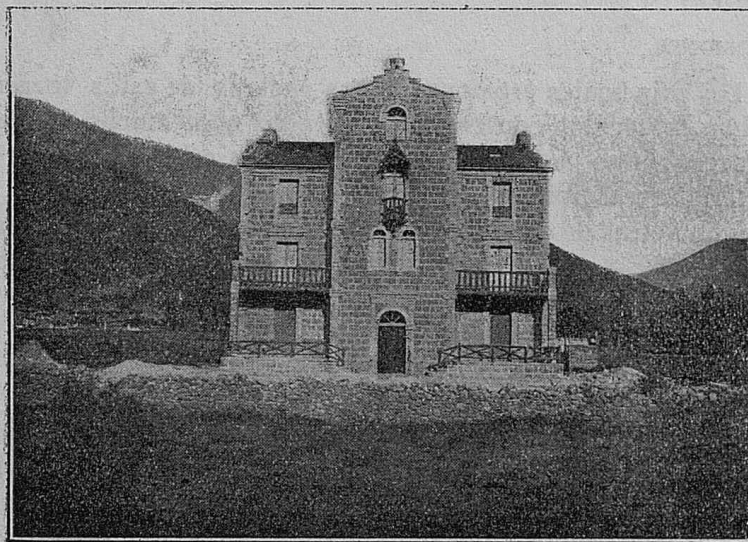
realizado en su lecho las aguas del torrente, hasta llegar al perfil de equilibrio *X*, de haber dejado a este curso de agua abandonado a sus propias fuerzas. Un sencillo escalonamiento del lecho, además de consolidar el cauce, ha evitado este desmonte, impidiendo, como consecuencia, el derrumbamiento de las márgenes y tal vez deslizamientos de fondo en una o en las dos laderas.

Conseguido esto, se taludan las márgenes detrás de cada estacada longitudinal y se colocan plantones de sauce, en líneas inclinadas  $45^\circ$ , con el fin de dirigir las aguas al centro del cauce, introduciendo, en seguida, vegetación arbórea, arbustiva y hasta herbácea, en todas las partes estables.

Debemos advertir que, en los casos en que sea más económico el empleo de la piedra que la madera, se deben substituir las palizadas por muretes de piedra; y también, que se puede llegar a suprimir las estacadas longitudinales, bien acentuando las alas de los muretes o ya haciendo rodar grandes bloques que se colocan a lo largo de las márgenes. En nuestros torrentes de los Pirineos se ha hecho, con gran frecuencia, esta substitución.

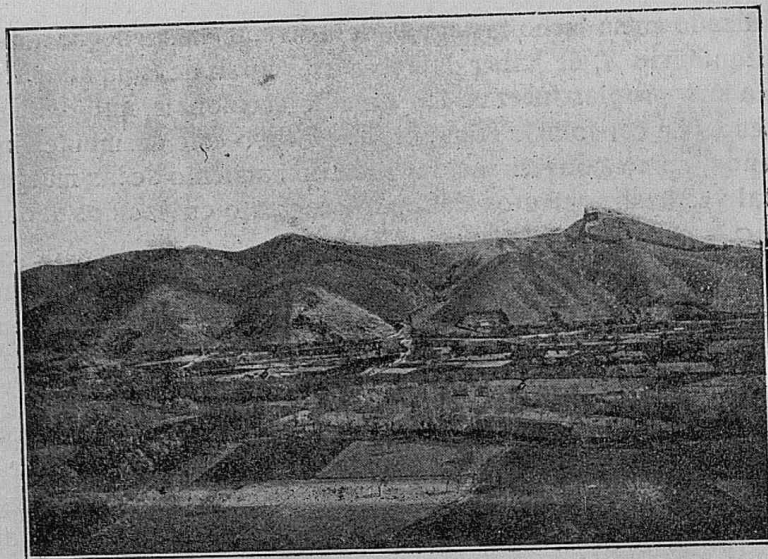
#### CANALES EMPEDRADOS

En algunos casos en los que las pendientes son muy rápidas y el aterramiento y el ensanchamiento del cauce son inútiles,



Casa forestal de Jefe de Sección construida en Biescas (Huesca) para el personal facultativo de la 1.<sup>a</sup> Sección de la cuenca del río Gállego.





a-a Torrente rambla del «Punzón» que desemboca en las fincas b-b mucho antes de llegar al río Jiloca. c-c Antes de su corrección, sus avenidas inundaban y soterraban estas fincas y muchas de las proximidades, originando daños y perjuicios muy grandes. Hoy se coge, todos los años, la cosecha de esas fincas.

se han construído en nuestros torrentes alpinos, canales empedrados; reduciendo la pendiente, con algunos muretes de piedra en seco y de poca altura, y elevando el lecho con escolleras construídas con piedras sueltas de éste y con las que se hacen caer por las laderas.

#### EROSIONES

Las principales erosiones de las laderas de estos torrentes se han corregido, construyendo en ellas unos muros de piedra en seco de uno a dos metros de altura y rellenando, con los materiales resultantes del descrestamiento, los espacios que quedan detrás de estos muretes; formándose de este modo unos bancales, que se plantan con acacias y chopos y otras muchas plantas de rápido crecimiento.

#### DESLIZAMIENTOS

Para la corrección de los deslizamientos superficiales, hay proyectados avenamientos, consistentes en canales de varios sistemas, zanjas con lecho de ramaje o rellenas con hacecillos de este material; surcos enlosados o simplemente empizarrados, canales construídos colocando una losa en el fondo y dos laterales inclinadas para proteger el pie del talud de la zanja, llenando el resto de ésta con piedras de grandes dimensiones, &

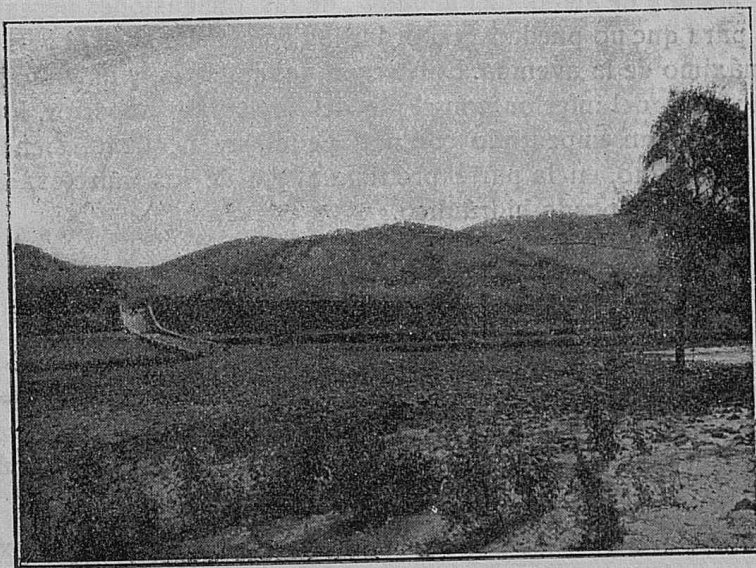


Los deslizamientos de fondos se han corregido, acuñando su base por medio de una serie de diques que levantan el fondo del lecho; emplazándolos y dándoles una altura tal, que la línea que pase por las coronaciones de todos ellos, tenga la pendiente general del levantamiento que se ha creído necesario en ese sitio, para detener el movimiento de una o de las dos laderas.

Los aterramientos se vigilan constantemente, para evitar que la erosión en la parte inferior de los diques, determine la destrucción de estas obras; tratándose estos aterramientos—cuando es necesario,—como se ha dicho al hablar del escalonamiento del lecho, para evitar la erosión longitudinal de los torrentes alpinos.

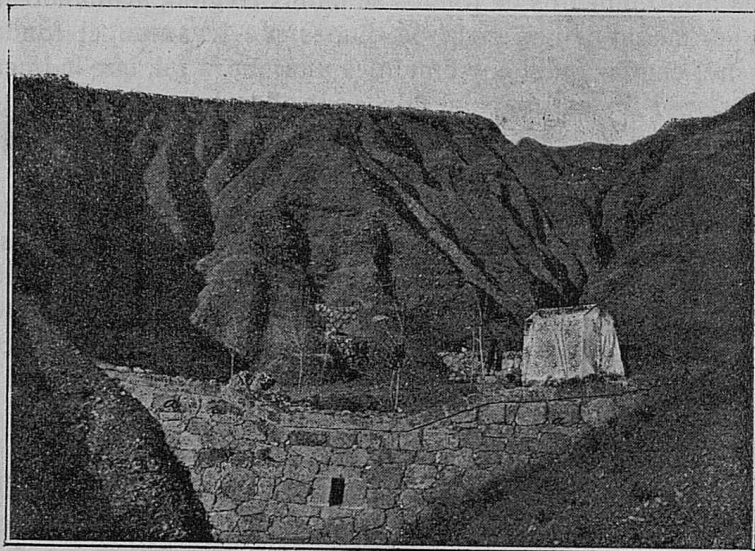
#### CANALIZACIÓN EN LOS LECHOS DE DEYECCIÓN.

Con el fin de hacer posible la construcción definitiva de la explanación de algunas carreteras, se han construído en los lechos de deyección de los torrentes que las atraviesan, canales de encauzamiento, siendo de todos ellos el más importante el del torrente «Arás», que consiste en una serie de muretes de mampostería, colocados a distancias variables, (entre 17 y 25



Torrente rambla de «Val-Martín» (Daroca) que el año 1915 a pesar del encauzamiento b-b construído por el dueño de las fincas c-c las inundó y soterró, quedando destruídas las cosechas por valor de muchos miles de pesetas. Este torrente está en corrección por el procedimiento de laderas cortadas por fajas en contra pendiente y sin estar terminados los trabajos, las fuertes tormentas ocurridas en el otoño próximo pasado, no han ocasionado daños.





Una erosión de la cabecera del torrente rambla del «Reventón» (Daroca) antes de estar corregido. a-a Dique base de la corrección

metros) según la inclinación del tramo, con una cubeta—de so- lera plana y de aletas inclinadas—, de las dimensiones neces- rias para que no puedan desbordar las aguas ni aun en el perío- do máximo de la avenida. Entre cada dos muretes, y uniendo la coronación del inferior con el pie del inmediato superior, hay establecido un empedrado con una pendiente pequeña, siendo este pavimento, en la parte próxima al pie de los muretes, un verdadero zampeado hidráulico.

#### BARRANCOS

Los barrancos tributarios de los torrentes se han corregido, siguiendo el mismo procedimiento que en el curso de agua principal, pero con obras menos importantes de madera y piedra; habiéndose tratado las erosiones de su cabecera, en forma aná- loga a la dicha para las laderas del torrente principal.

En cuanto al resultado de los trabajos que acabamos de ex- poner, puedo aseguraros que han sido muy satisfactorios.

Por la corrección de los torrentes «Arratiecho» y «Arás», se han evitado las inundaciones de la villa de Biescas y de gran número de fincas situadas en las proximidades de estos cursos



de agua, y también la interrupción del tránsito en la carretera de Biescas al valle de Broto; faltando ya muy poco para terminar la canalización del lecho de deyecciones del torrente «Arás», en cuyo caso, se podrá construir el puente sobre este curso de agua y convertir en carretera definitiva el actual camino habilitado que atraviesa el lecho de deyección del mismo. La corrección del torrente «Los Meses» ha salvado ya de las inundaciones a la villa de Canfranc, estando también asegurado el tránsito en esta parte de la carretera de Jaca a Francia.

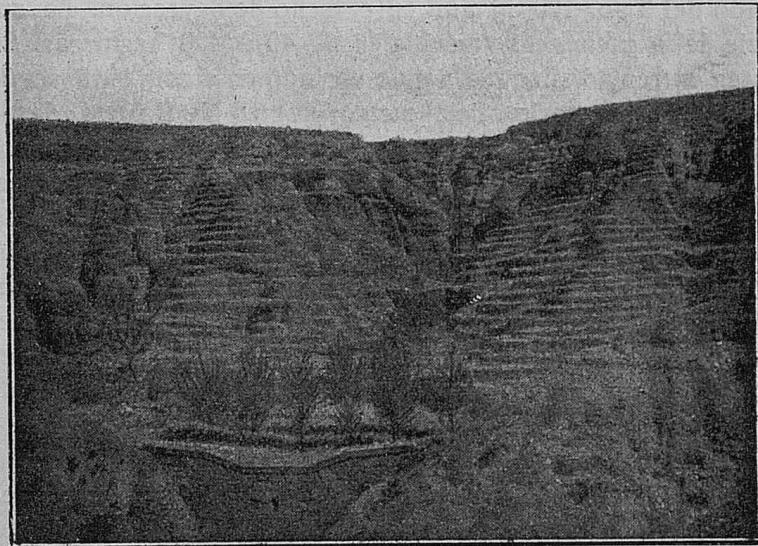
Con lo expuesto, hay lo suficiente para que os forméis una ligera idea del procedimiento empleado en la corrección de nuestros torrentes del Pirineo, así como de su fundamento.

Voy a tratar ahora del ideado por nosotros, para la corrección de los torrentes-ramblas.

#### TORRENTES-RAMBLAS

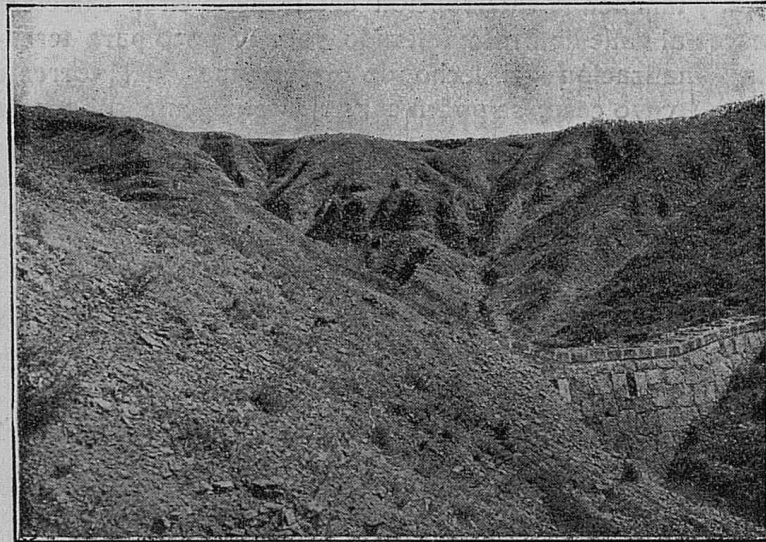
Las características de los torrentes-ramblas que se hallan en corrección en la región aragonesa, son los siguientes:

El terreno de la cuenca es bastante quebrado y pertenece a los sistemas cambriano y diluvial; estando compuesto el primero por filadíos, calizas dolomíticas, que algunas veces toman aspecto terroso, y pizarras arcillosas, fácilmente desagregables por la acción de los agentes atmosféricos. El segundo se com-



La misma erosión de la fotografía anterior, después de descrestada, abancalada y plantada





Una erosión de la cabecera del torrente rambla de la «Paridera» antes de la corrección.

pone de gredas rojas, que a veces pasan a arcillas casi puras, a las que suelen asociarse algunas capas discontinuas de conglomerados poco consistentes, estando cubierto, en muchos sitios, por una capa de gravas y de cantos rodados. El suelo es, generalmente, arcilloso, seco y de poco fondo. Las pendientes del lecho varían, en casi todo su curso, del 6 al 12 por 100, no bajando del 2 por 100 ni aun en el lecho de deyección. La superficie de la cuenca es variable desde 40 a 400 hectáreas. Su clima es extremadísimo, habiendo variado en el año 1918, según datos del Observatorio oficial meteorológico de Daroca, desde 25° C, bajo cero, hasta 40° C, a la sombra; nieva bastante algunos años, y otros muy poco; las altitudes de los torrentes en corrección, varían desde 722 metros a 966 metros; la cantidad media de lluvia anual, viene a ser de 250 milímetros; habiendo años que no se han recogido en el pluviómetro más que 145 milímetros, y bastantes veranos, en los que apenas llueve desde mediados de Junio a fines de Octubre. Las crecidas de los torrentes son generalmente muy rápidas e intensas, a causa, más que de la pendiente y de la cantidad de agua caída en la cuenca, de la impermeabilidad y deleznablez de los terrenos que la constituyen; debiéndose a esta última, el gran número de erosiones (conchas) de las laderas, y de torrentillos y barrancos tributarios que desembocan en la cabecera y en la garganta del torrente. El cauce es en general de bastante anchura, siendo su



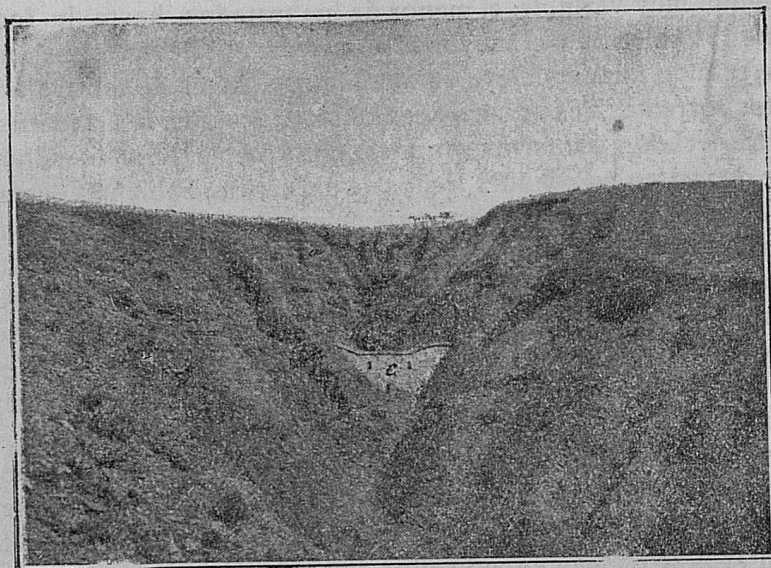
longitud muy variable: el menor de los tratados hasta la fecha tiene 1319 metros y el mayor 2791 metros; no llevan agua, más que cuando llueve o nieva en abundancia. Antes de ser tratados estos torrentes, las aguas excavan muchísimo en las laderas y en los lechos y arrastran gran cantidad de materiales sólidos, que depositan en grandes lechos de deyección; habiendo después divagaciones, como consecuencia de estos depósitos. El estado forestal de la cuenca, no puede ser más desastroso; no hay arbolado, y, en general, tampoco matas, maleza ni apenas hierba. Los lechos de deyección están en su mayor parte cultivados, recogiendo el agua de avenidas, en canales construidos por los propietarios para la defensa de sus fincas, o mejor dicho, con la pretensión de defenderlas; porque basta una lluvia de mediana intensidad y duración, para que se produzca el desbordamiento de los cauces y con él, la inundación y el soterramiento de las propiedades próximas a sus márgenes. Algunos torrentes desembocan en poblados importantes y otros directamente en caminos y en las mismas fincas de la vega del Jiloca.

Puedo asegurarnos que al conocer por el estudio de estos torrentes-ramblas (que a juzgar por las pendientes y la anchura de su lecho parecían a primera vista inofensivos) las características apuntadas, y más aún, al observar *in situ* el año 1908 sus primeras avenidas, temí que no pudiera llegar a resolverse económicamente el problema de la corrección de estos cursos de agua.



La misma erosión después de descrestada y abancalada por diquecillos de piedra a-a y estacadas. b-b. c-c Dique base de la corrección de esta concha.





a-a Concha de un barranco afluente al torrente rambla de la «Paridera» antes de su corrección b Dique base de la corrección de la concha. c Dique de embalse construido en el cauce del barranco.

El único procedimiento de corrección que se conocía, y que estudiamos al hacer la carrera, era el general de los torrentes alpinos, de que anteriormente os he hablado.

Pero qué cantidad de obra de mampostería había que construir y cuánto habría que gastar, empleando este procedimiento, para escalonar el cauce de un torrente según la pendiente de compensación, con diques principales de 20 a 40 metros de longitud en la coronación y para construir después los diques de segundo y tercer orden y los demás trabajos complementarios indispensables para llegar a la pendiente de equilibrio, mucho más cuando la cata de cimientos nos dió, casi siempre, para estas alturas comprendidas entre 4 y 6 metros y que por lo tanto era necesario hacer grandes contradiques y zampeados al pie de los grandes diques, para evitar la destrucción de estas obras, no habiendo piedra en las cuencas de los torrentes o encontrándose sólo en la parte inferior de la garganta.

Por otra parte ¿qué dificultades no debían esperarse para la repoblación de las laderas de estos torrentes en un clima tan extremado, con lluvias tan escasas y con un suelo arcilloso muy fuerte y muy poco profundo? ¿Cómo introducir en los lechos de los torrentes la vegetación de hoja plana, sin obras relativamente grandes, que la defendieran al principio del empuje de las avenidas?

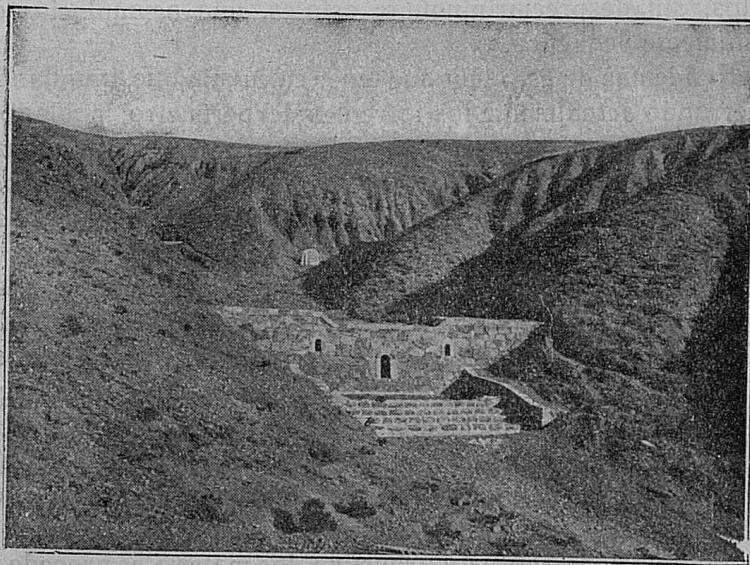


Además, aun suponiendo que se llegase a conseguir la repoblación de las laderas y de los cauces ¿no afectaría al prestigio de nuestro Cuerpo la tardanza en tocar los ribereños de los torrentes y de los ríos torrenciales los beneficios de nuestros trabajos?

Yo os agradecería muchísimo, que no vierais en estas interrogaciones motivo alguno para demostrar que en la resolución del problema he puesto un caudal enorme de conocimientos de Hidráulica y de Selvicultura: unas ideas elementalísimas de estas dos ciencias y una voluntad firme de vencer en la lucha contra los torrentes-ramblas, es lo que ha resuelto técnica y económicamente el problema de la corrección de estos cursos de agua, en la cuenca del río Jiloca. Lo que sí creemos conviene advertir, es que este procedimiento es también aplicable a la corrección de todos los torrentes-ramblas aragoneses y de las regiones de Cataluña, Valencia, Murcia y Andalucía, en las que tanto abundan y dañan estos cursos de agua.

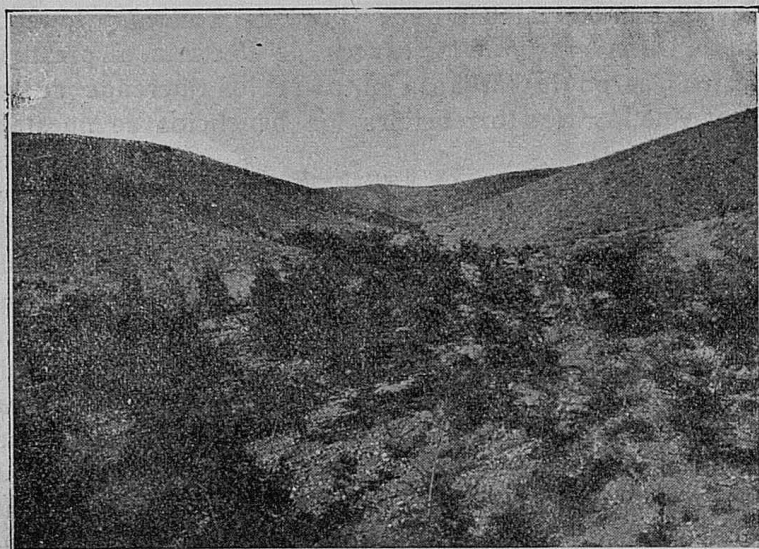
#### PLAN DE CORRECCIÓN

Ahora bien; el plan de corrección de todos los torrentes-ramblas de la provincia de Zaragoza que se van tratando, varía según el estado de descomposición del terreno y de la pendiente de las laderas, y también con la urgencia en la evitación de los



Diique de embalse con su zampeado a-a y contradique b-b construido en la cabecera del torrente rambla «El Reventón».





Replantaciones de frondosas en el lecho del torrente rambla «El Reventón».

daños que originan estos cursos de agua; pero, en general, hemos planteado el problema en los términos siguientes:

Siendo la violencia de los torrentes-ramblas una integral formada de una infinidad de elementos casi imperceptibles, el sistema de corrección debe consistir en la extinción de cada uno de ellos, sin despreciar ninguno; esto es, una acumulación de infinitamente pequeños.

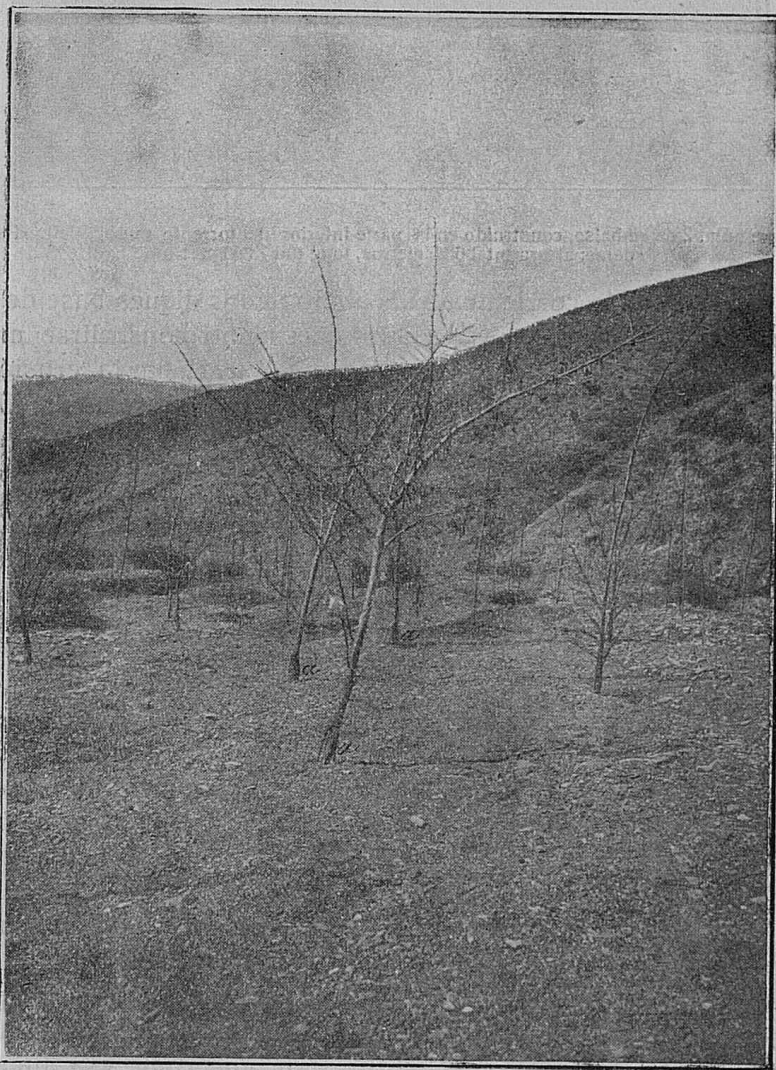
Pero además de esto hay que tener en cuenta que, inundando y soterrando actualmente los torrentes del perímetro, poblados, vías importantes de comunicación y fincas de gran valor, y, más aún, teniendo muchos de ellos su desembocadura en estos poblados, caminos y fincas, es de necesidad, para evitar desgracias en los pueblos, la interrupción del tránsito en los caminos y la pérdida de las cosechas y propiedades, impedir que alcancen las avenidas a unos y otras, y de no conseguirse esto por completo, que las aguas, a su llegada a los lechos de deyección, tengan poca velocidad y que su caudal y los aluviones que arrastran, hayan disminuído notablemente.

He aquí en síntesis cómo hemos conseguido todo esto. Primeramente se detienen, en las cabeceras del torrente-rambla y de los torrentillos afluentes, por medio de diques, muretes, estacadas y repoblación arbórea y arbustiva, los materiales procedentes del descrestamiento y del escalonamiento de las conchas.



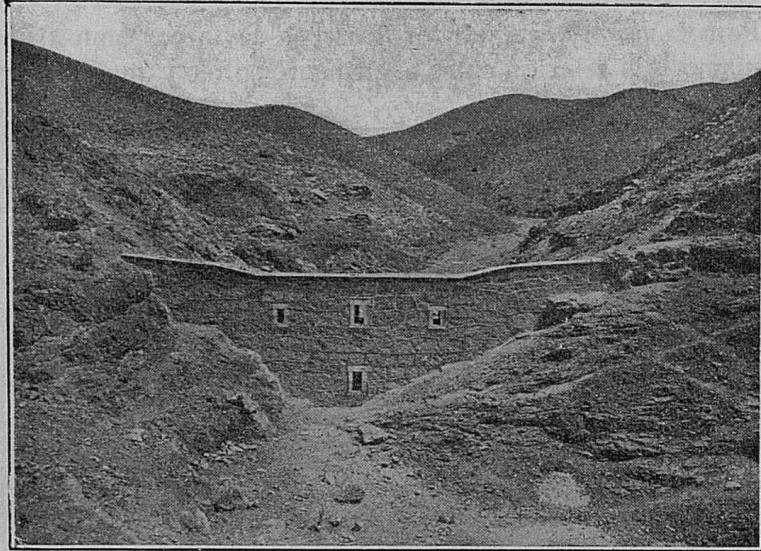
Pero como al disminuir los acarreo de la corriente, sucede lo mismo a la relación entre el elemento sólido y líquido de esta, o sea a  $\varphi$  de la fórmula  $K = \frac{\pi}{\pi + \varphi (d - \pi)}$  (2) y como consecuencia de esto aumenta el coeficiente torrencial  $K$  y con este aumento, disminuye la pendiente de compensación

$$p = \frac{W^2}{K^2 B^2 R} \quad (1) \text{ o lo que es lo mismo: aumenta la fuerza de}$$



a-a-a Descortezamientos producidos por una avenida del torrente rambla de la Paridera en los árboles plantados en el lecho de este torrente





Dique núm. 2 de embalse, construido en la parte inferior del torrente rambla de la «Paridera»; altura total 6'25 metros, longitud 23'50 metros.

socavación de la corriente aguas abajo de los diques base de la corrección de las conchas, es claro que, de no construirse más obras, no habríamos hecho otra cosa que trasladar la erosión, desde las conchas al lecho del torrente, y no evitaríamos la llegada de materiales al lecho de deyección.

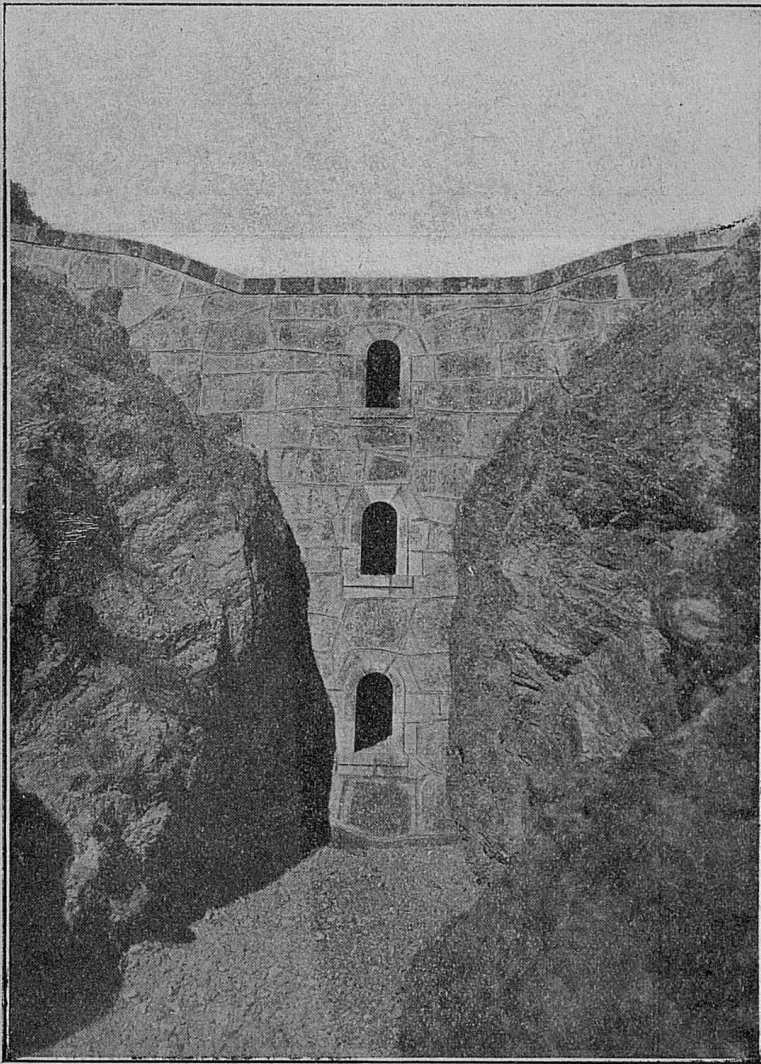
Para conseguir el aumento de la pendiente de conservación, lo único que se puede hacer, según la fórmula (1), es disminuir el radio medio  $R$ , y esto se logra alargando la duración del desagüe, o sea disminuyendo la altura del agua, ya que  $R = mH$  (3).

Para conseguir la disminución de esta altura, se construyen embalses en la parte superior de los torrentes y torrentillos y en la desembocadura de estos pequeños cursos de agua; y como el aumentar la pendiente de compensación, por la disminución del radio medio, viene la fijeza de muchas partes del lecho, se va introduciendo en ellas poco a poco vegetación de hoja plana, que, según vaya arraigando, contribuirá a su vez ensanchando la corriente a la disminución de dicho radio.

La acción benéfica de estas plantaciones no puede ser más patente; la mayor parte de estos arbolitos tienen su parte inferior descortezada por la parte de aguas arriba; cuyo efecto no puede ser producido sin disminuir la fuerza viva de la corriente, pérdida que llega a ser muy grande, por *quebrarse* esa fuerza

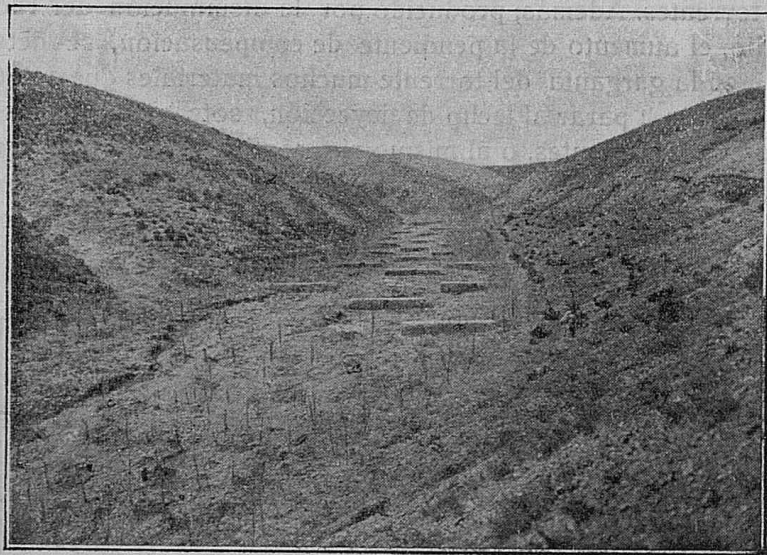


en cada uno de los arbolitos que hay plantados en los lechos de los torrentes. Además; producido por la disminución del radio medio, el aumento de la pendiente de compensación, se detendrán en la garganta del torrente muchos materiales que de otro modo irían a parar al lecho de deyección, soterrando fincas y caminos importantes, o al mismo río confluente. Claro es que, esta misma pérdida de velocidad por la disminución de la altura del agua, favorece la filtración de esta en el cauce, en provecho de la vegetación misma.



Dique núm. 2 de embalse construido en la parte inferior del torrente rambla del «Punzón»  
altura total 7'65 metros.





a-a Espigones, y b-b banquetas construídas en el lecho del torrente-rambla del «Reventón»  
c-c Plantaciones con plántones de hoja plana, en el lecho del torrente d-d Repoblaciones  
con especies resinosas, en las laderas del torrente.

Pero aun así, debido a la impermeabilidad y gran pendiente de las laderas que vierten directamente en el cauce del torrente-rambla y a que la vegetación que se coloca en ellas simultáneamente con las obras de corrección, tarda unos años en ejercer su acción reguladora en las avenidas, no es posible evitar que se acumulen rápidamente las aguas de las grandes tormentas, en las partes media e inferior de la garganta de los torrentes; y como en la cuenca de recepción ha aumentado el coeficiente torrencial al retener los materiales, necesariamente habría en aquellas partes socavación y aguas abajo inundaciones y soterramientos.

Para evitar esto, se construyen en la parte inferior de la garganta del torrente unos embalses, donde se depositan las aguas, cuya salida se regula por medio de las alcantarillas que llevan estas obras.

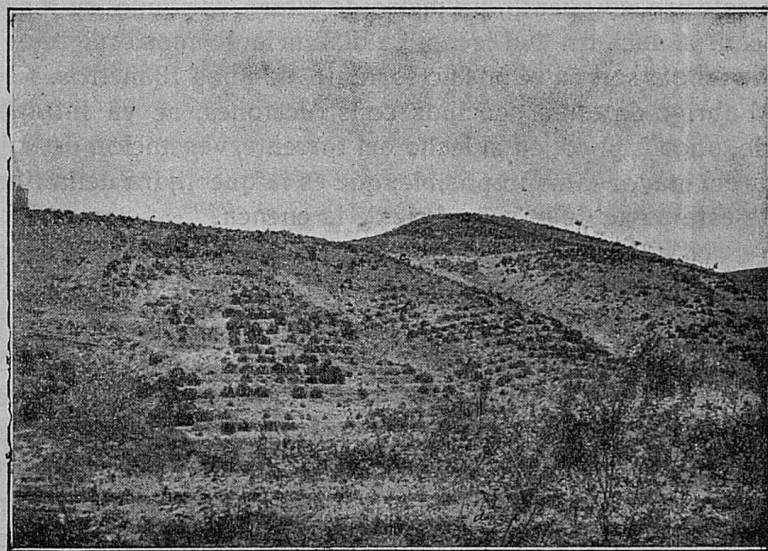
Sólo ha ocurrido un caso, el del torrente-rambla del «Reventón» (Daroca), donde no se han podido establecer estos embalses, por pasar el terreno firme en los sondeos de 5 metros de profundidad y tener que ser los diques que habría que construir en la garganta, de gran cubicación y coste; y entonces, para evitar la socavación del lecho en la parte inferior de la garganta del torrente y regular en esta el desagüe de las avenidas, hemos empleado otro sistema.



Consiste este, en construir en las orillas del lecho del torrente y perpendicularmente a su dirección, unos espigones de mampostería ordinaria o de hormigón, los cuales dirigen la corriente hacia la parte media de su lecho, donde se colocan unas banquetas, de la misma clase de fábrica, que dividen y dirigen la corriente, por cada uno de los lados de aquellas, hacia los dos espigones de las orillas situados más abajo, cuyos obstáculos vuelven a funcionar como el par análogo superior y llevan la corriente a la segunda banqueta de las construídas en medio del lecho y así sucesivamente.

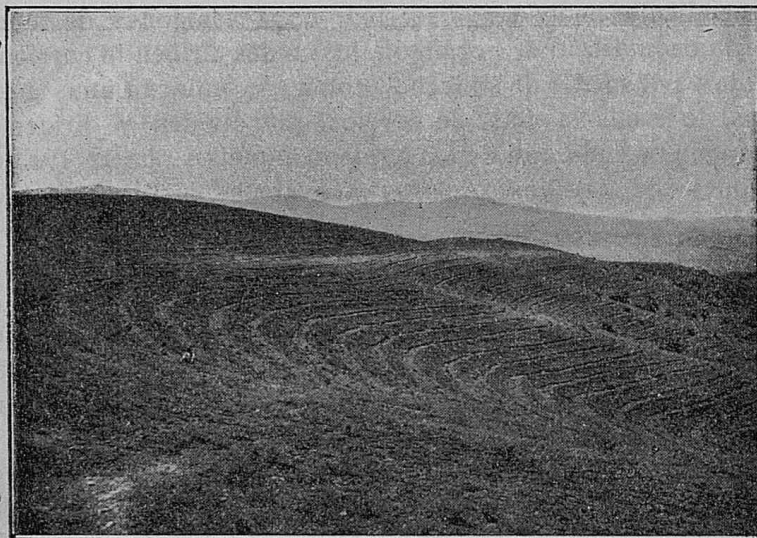
Este procedimiento está basado, en que dependiendo la potencia de excavación principalmente de la velocidad de las aguas, todo cuanto tienda a disminuir esta velocidad, aminorará también el trabajo de la fuerza de erosión.

La disminución de la velocidad se consigue, por este procedimiento, de dos modos: reduciendo a la mitad la altura del agua y aumentando en más de un doble su recorrido; y como la fuerza viva varía en razón directa de la masa y del cuadrado de la velocidad y el trabajo de la fuerza de socavación viene a ser la mitad de la fuerza viva, es indudable la influencia de las pequeñas construcciones descritas para disminuir las erosiones del lecho y de las márgenes; quedando estas además al abrigo de la socavación, por impedir los espigones a la corriente que



Detalle de las repoblaciones ejecutadas en el lecho a y en la ladera derecha b del torrente.  
c. c. Camino forestal carretero, construído en esta ladera.





Ladera izquierda del torrente-rambla de «Val-Martín» cortada por planos en contrapendiente ya repoblados con planta de dos años.

siga la dirección de una de ellas, como necesariamente tenía que suceder faltando estas obras, obedeciendo la corriente a las leyes de la Hidráulica torrencial.

Los espigones vienen a tener, en la rambla en que hemos aplicado este procedimiento, un metro de altura, variando su longitud con la anchura del lecho. La distancia de unos espigones a otros viene a ser, en el mismo torrente, de unos 10 metros.

Al abrigo de estas sencillas construcciones, se va introduciendo, poco a poco, en el lecho del torrente, vegetación de hoja plana del mayor tamaño posible; que es la que fijará definitivamente esta parte de la superficie de la cuenca.

#### REPOBLACIONES EN LAS LADERAS DE LOS TORRENTES.

La dificultad de las repoblaciones en las laderas de los torrentes, la hemos salvado, en lo posible, dando al suelo, al prepararlo para las siembras o las plantaciones, labores relativamente profundas; entreteniéndolo mullido la capa superficial por medio de binas, a fin de evitar, lo que se pueda, las pérdidas por capilaridad, que en estos terrenos son muy grandes, y favorecer la filtración, dando las escardas convenientes; colocando sombreros de piedra, para evitar la acción directa de los rayos solares y del viento sobre las plantas, disminuyendo así la trans-



piración; cubriendo la superficie de los hoyos con piedras de las que se encuentran en las proximidades, para evitar el caldeamiento del suelo; haciendo los hoyos de manera especial para que recojan la mayor cantidad posible del agua de lluvia; y también, empleando el procedimiento que denominamos, *de laderas cortadas por fajas en contrapendiente*. Este es parecido al de fajas alternas usado comunmente en las repoblaciones, y sirve para repoblar y corregir al mismo tiempo el torrente; lográndose este beneficio sin necesidad de hacer los grandes gastos que lleva consigo el abancalamiento de laderas.

Consiste este procedimiento en cortar las laderas de los torrentes, por una serie de planos de unos cincuenta centímetros de anchura, en contrapendiente, formando fajas, que se dividen en trozos de unos diez metros de longitud, por caballones colocados en el sentido de la máxima pendiente, construyéndose estos con los céspedes que resultan al hacer la roturación del terreno o con la misma tierra.

Los planos en contrapendiente se hacen, abriendo con el arado dos o tres surcos, que siguen aproximadamente las líneas de nivel del terreno; y ensanchando a continuación la faja hasta llegar aproximadamente a los cincuenta centímetros: después se arreglan las tierras para la siembra, teniendo cuidado de colocar las piedras y céspedes, si los hubiese, en la parte inferior del plano en contrapendiente, el que, por tener poca anchura, da lugar a sólo un pequeño terraplén en este sitio, que es por este motivo poco erosionable.

Preparada la faja, se procede a la siembra en líneas o a golpes y, en casos convenientes, a la plantación.

Con este procedimiento, cuyo ensayo hemos hecho en los torrentes «Rambla de la Falcona» y «Rambla de Valmartín», se consigue recoger en las fajas cultivadas, no sólo el agua que cae directamente en ellas, sino también gran parte de la que se vierte en los planos inclinados de las incultas; resultando de todo esto un beneficio muy grande para el nacimiento y desarrollo de las plantas y una gran disminución del caudal de avenidas y por lo tanto de la potencia de excavación y de arrastre de las aguas en la garganta del torrente.

Como veis, en nuestro sistema de corrección de los torrentes-ramblas damos la preferencia, sobre los demás trabajos, a los de repoblación; haciendo esto, no sólo por el ahorro de las grandes obras de regularización del cauce, sino porque, como



antes hemos dicho, la gravedad del problema torrencial en la cuenca de estos torrentes, está, sobre todo, en el abarrancamiento de las laderas, debido a la deleznablez de los terrenos que entran en su constitución; y no hay nada que defienda mejor el suelo contra el abarrancamiento, que la vegetación arbórea y arbustiva, según han probado las experiencias de Mr. Foster, Wollny y otros, de las que anteriormente hemos hablado.

#### RESULTADOS OBTENIDOS CON ESTOS TRABAJOS

El resultado obtenido con el empleo de nuestro procedimiento en los torrentes-ramblas que hemos tratado en los términos de Daroca y de Manchones, podemos calificarlo de satisfactorio. A pesar de haber descargado fuertes tormentas en los términos de estos pueblos, muy especialmente los años 1915 y 1918, nuestros torrentes-ramblas (así los llamamos siempre), no han hecho el menor daño en poblados, en fincas ni en caminos, al paso que los próximos y, más aún, unos torrentillos muy pequeños, que hemos dejado como testigos entre otros tres importantes que hay en corrección, han tenido grandes avenidas y ocasionado daños muy considerables; pudiendo desde luego afirmarse, que los torrentes Rambla del Reventón, Rambla de Matachicas, Rambla del Punzón, Rambla de la Paridera y Rambla de la Falcona, aun no estando por completo corregidos, no ocasionarán ya daños en la ciudad de Daroca (1) ni a los caminos ni a las fincas de su hermosa vega.

Yo os ruego encarecidamente que no veáis en esta afirmación nuestra el menor asomo de vanidad, que no sentimos. Lo que no he de negaros, es la satisfacción que tengo por haber podido pagar, en buena moneda, una deuda de gratitud que tenía con la ciudad de Daroca, que a poco de recoger los primeros beneficios de los trabajos hidrológico-forestales ejecutados en su término, me hizo su hijo adoptivo; y también por haber contribuído, en lo que me ha sido posible, a evitar que nuestros torrentes y ríos lleven flotando, con gran frecuencia, pedazos de la patria, que perdemos para siempre en los abismos del mar.

---

(1) A pesar de estos trabajos, Daroca está expuesta a sufrir grandes inundaciones, como las ha sufrido en otras épocas por el torrente Rambla de la Mina, que no se ha corregido por haberse opuesto algunos vecinos a la expropiación de sus fincas.



Y ya no quiero molestar más vuestra benévola atención; pero no he de terminar sin dar las gracias más expresivas a los señores Académicos y a cuantos me habéis honrado con vuestra presencia a este acto, que quedará para siempre grabado en mi alma.

Y a vosotras os diré, que he tenido una gran satisfacción, al ver que también tomáis parte en nuestras festividades. Yo creo tenéis en ellas, por derecho propio, un puesto de honor, y mucho más, en las que, como en esta, se estudian cuestiones que se relacionan con la repoblación forestal.

Habrà muy pocas que por su especial condición se presten más a las delicadezas femeninas que la causa forestal, por la razón sencilla de que, es muy raro, que el que siembra o planta un árbol de monte llegue a recoger sus productos. Y crear una riqueza importante para que otro la aproveche, no me negaréis que es una obra de abnegación, una manifestación tan pura y desinteresada de amor a la humanidad, que parece ha de encontrar mejor eco en el corazón de la mujer que en la inteligencia del hombre; siendo para mí indudable, que si en actos de esta índole os llegáis a convencer de que la repoblación de la montaña es la seguridad del valle, la regularización de nuestros cursos de agua, la belleza del paisaje y la frescura y la pureza del ambiente: que es freno que sujeta a los torrentes peligrosos y dique que contiene la inundación, vosotras que siempre otorgáis apoyo a todo lo que redunde en bien de la humanidad, aunque os cueste los mayores sacrificios, estoy seguro de que no negaréis vuestro apoyo moral y de propaganda, a la que los Ingenieros de Montes llamamos nuestra *santa causa*. Si educáis a vuestros hijos desde la niñez en el amor al árbol y al monte, tened seguridad completa de que la noble causa forestal estará salvada y, por ello, tendréis, muy justamente, el recuerdo imperecedero y la bendición de las generaciones futuras.

HE DICHO.