



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



Acerca de este libro

Esta es una copia digital de un libro que, durante generaciones, se ha conservado en las estanterías de una biblioteca, hasta que Google ha decidido escanearlo como parte de un proyecto que pretende que sea posible descubrir en línea libros de todo el mundo.

Ha sobrevivido tantos años como para que los derechos de autor hayan expirado y el libro pase a ser de dominio público. El que un libro sea de dominio público significa que nunca ha estado protegido por derechos de autor, o bien que el período legal de estos derechos ya ha expirado. Es posible que una misma obra sea de dominio público en unos países y, sin embargo, no lo sea en otros. Los libros de dominio público son nuestras puertas hacia el pasado, suponen un patrimonio histórico, cultural y de conocimientos que, a menudo, resulta difícil de descubrir.

Todas las anotaciones, marcas y otras señales en los márgenes que estén presentes en el volumen original aparecerán también en este archivo como testimonio del largo viaje que el libro ha recorrido desde el editor hasta la biblioteca y, finalmente, hasta usted.

Normas de uso

Google se enorgullece de poder colaborar con distintas bibliotecas para digitalizar los materiales de dominio público a fin de hacerlos accesibles a todo el mundo. Los libros de dominio público son patrimonio de todos, nosotros somos sus humildes guardianes. No obstante, se trata de un trabajo caro. Por este motivo, y para poder ofrecer este recurso, hemos tomado medidas para evitar que se produzca un abuso por parte de terceros con fines comerciales, y hemos incluido restricciones técnicas sobre las solicitudes automatizadas.

Asimismo, le pedimos que:

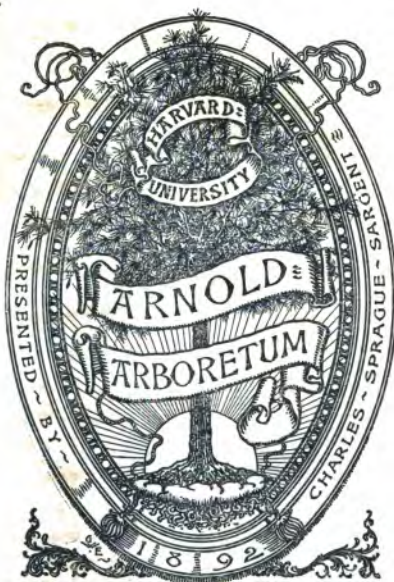
- + *Haga un uso exclusivamente no comercial de estos archivos* Hemos diseñado la Búsqueda de libros de Google para el uso de particulares; como tal, le pedimos que utilice estos archivos con fines personales, y no comerciales.
- + *No envíe solicitudes automatizadas* Por favor, no envíe solicitudes automatizadas de ningún tipo al sistema de Google. Si está llevando a cabo una investigación sobre traducción automática, reconocimiento óptico de caracteres u otros campos para los que resulte útil disfrutar de acceso a una gran cantidad de texto, por favor, envíenos un mensaje. Fomentamos el uso de materiales de dominio público con estos propósitos y seguro que podremos ayudarle.
- + *Conserve la atribución* La filigrana de Google que verá en todos los archivos es fundamental para informar a los usuarios sobre este proyecto y ayudarles a encontrar materiales adicionales en la Búsqueda de libros de Google. Por favor, no la elimine.
- + *Manténgase siempre dentro de la legalidad* Sea cual sea el uso que haga de estos materiales, recuerde que es responsable de asegurarse de que todo lo que hace es legal. No dé por sentado que, por el hecho de que una obra se considere de dominio público para los usuarios de los Estados Unidos, lo será también para los usuarios de otros países. La legislación sobre derechos de autor varía de un país a otro, y no podemos facilitar información sobre si está permitido un uso específico de algún libro. Por favor, no suponga que la aparición de un libro en nuestro programa significa que se puede utilizar de igual manera en todo el mundo. La responsabilidad ante la infracción de los derechos de autor puede ser muy grave.

Acerca de la Búsqueda de libros de Google

El objetivo de Google consiste en organizar información procedente de todo el mundo y hacerla accesible y útil de forma universal. El programa de Búsqueda de libros de Google ayuda a los lectores a descubrir los libros de todo el mundo a la vez que ayuda a autores y editores a llegar a nuevas audiencias. Podrá realizar búsquedas en el texto completo de este libro en la web, en la página <http://books.google.com>

T2df
P58
±

JP



~~DEPOSITED AT THE
HARVARD FOREST
1943~~

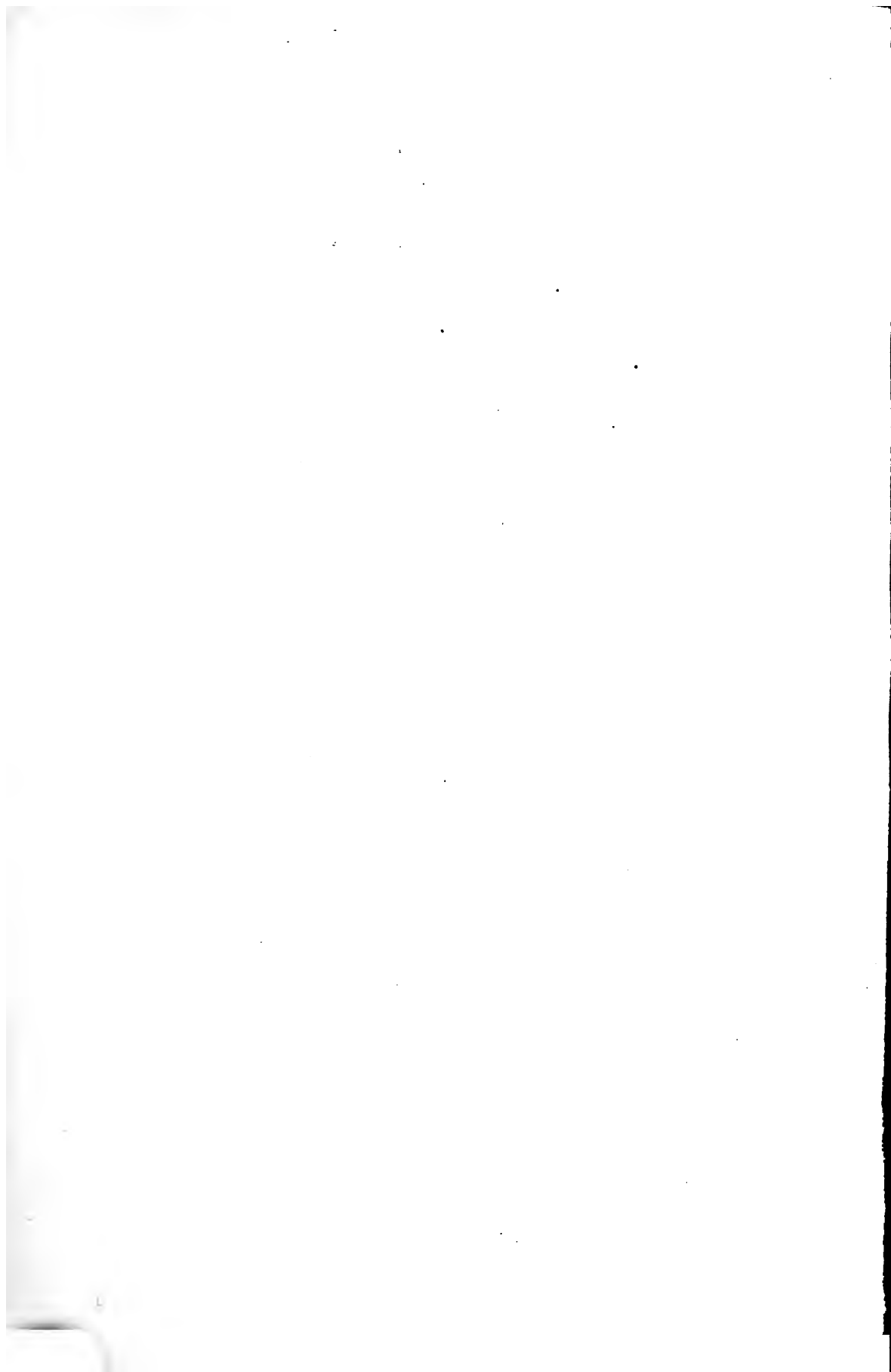
RETURNED TO J. P.
MARCH, 1967





TRABAJOS DE REPOBLACIÓN

PRACTICADOS EN FRANCIA



#

TRABAJOS DE REPOBLACIÓN

PRACTICADOS EN FRANCIA

MEMORIA

ESCRITA POR EL INGENIERO

COMM. FRANCISCO PICCIOLI

DIRECTOR DE LA REAL ESCUELA DE MONTES DE VALLOMBROSA

TRADUCIDA DEL ITALIANO POR

ESTEBAN NAGUSÍA

INGENIERO DE MONTES



MADRID
IMPRENTA DE MORENO Y ROJAS
Calle de Isabel la Católica, núm. 10.

1888

June 1908
18267

PRÓLOGO

La repoblación de los montes es uno de los trabajos más importantes que puede efectuar el Ingeniero, pues que mediante ella se aminoran ó evitan los daños incalculables que las inundaciones causan. Por esto se emprendieron en Francia con poderoso y tenaz impulso, logrando vencer con habilidad suma toda clase de obstáculos. La fama que dichos trabajos han alcanzado hizo que algunas naciones enviaran personas entendidas que los estudiasen. El ilustrado Ingeniero Sr. Piccioli, Director de la Escuela de Montes de Vallombrosa, ha sido una de aquéllas, y fruto de su aprovechada excursión es la Memoria titulada *Sui rimboschimenti eseguiti in Francia*, que á fines del año último se publicó en Florencia.

Cuando la leímos nos ocurrió la idea de traducirla al castellano para que fuese mejor conocida en nuestro país. A facilitar la realización de este propósito ha contribuído en gran parte el Ministerio de Agricultura, Industria y Comercio de Italia, proporcionándonos generosamente los clichés de los numerosos grabados que contiene la obra. Justo es, por lo tanto, que manifestemos nuestra gratitud por tan valioso como desinteresado auxilio, y que

este nuestro testimonio de reconocimiento se dirija muy especialmente al Sr. Piccioli, quien, como autor de la Memoria y como decidido protector y auxiliar de la realización de nuestro pensamiento, nos ha dado repetidas pruebas de una actividad y eficacia que nunca podremos elogiar bastante.

Si en cualquiera ocasión sería útil dar á la estampa un libro en que se describe con exactitud y claridad la inmensa obra brillantemente ejecutada por el Cuerpo de Ingenieros de Montes francés, ofrece hoy mayor interés, si cabe, y sube de punto su oportunidad en España, porque una reciente disposición preceptúa que se proceda en plazo breve á repoblar las cabeceras de las cuencas hidrológicas.

Reconocemos los defectos de que la traducción adolece. Al solicitar, por tanto, benevolencia, sírvanos para disculpar en parte aquéllos la consideración de que, no practicado en nuestro país el servicio de las repoblaciones en la gran escala, difíciles condiciones y diversidad de fines con que lo ha sido en Francia, carecemos realmente de una nomenclatura especial generalmente admitida por el uso.

ESTEBAN NAGUSÍA.

Madrid, Abril de 1888.

INTRODUCCIÓN

El problema de la repoblación y del régimen de las aguas torrenciales se ha presentado en todo tiempo bajo diversos aspectos, pero más especialmente bajo el de la seguridad de las poblaciones y de los campos. Hoy no sólo interesa á la ciencia, porque le ha proporcionado ocasión para muchas y nuevas observaciones respecto á la influencia de los montes sobre el clima y el régimen de las aguas, y el más perfecto conocimiento, por tanto, de las causas que motivan las inundaciones que con frecuencia se repiten, llevando la desolación á los pueblos y á los campos; sino que importa en extremo á la economía y al porvenir de muchos países. Los daños ocasionados por las inundaciones en Francia en estos últimos cincuenta años, sin tener en cuenta los muy recientes, se calculan en más de 600 millones, y se cree que la escasez de montes sea una de sus causas principales. En efecto, muchas comarcas industriales situadas en las vertientes rápidas de las montañas ó en la desembocadura de los torrentes, están casi periódicamente expuestas á catástrofes, ó amenazadas, ya por violentas inundaciones, ya por aludes ó por hundimientos, y aun las llanuras sienten con frecuencia los daños del acarreo hecho por las aguas. Este problema ha sido objeto de muchos estudios, de profundas discusiones, de múltiples y variadas experiencias, y los resultados obtenidos de los trabajos ejecutados en estos últimos años, especialmente en Francia, nos ofrecen gran motivo de estudio y de imitación.

Una Escuela especial como la de Vallombrosa, en la que la ciencia forestal se estudia con tanto detenimiento aun en sus aplicaciones, no podía prescindir, en interés de la enseñanza y de la práctica, de visitar aquellos ingeniosos trabajos que desde hace unos treinta años se ejecutan en Francia con tal perfección, que hoy ya constituyen un arte especial. El Ministerio de Agricultura, Industria y Comercio dispuso que esta visita se efectuase á fines de 1884; pero, desgraciadamente, las condiciones sanitarias de aquel país no permitieron se llevase á cabo antes del mes de Junio de 1886.

El problema en cuestión, en lo que concierne á las pendientes rápidas de las altas montañas, se ha presentado en Francia bajo tan numerosos y diversos aspectos y con tantas dificultades, que los más inteligentes y hábiles Ingenieros y selvicultores han apelado, para resolverlo, á todos los medios imaginables, dando así ocasión á muchas cuestiones. Algunos de estos medios son de índole técnica y se refieren á las condiciones de ejecución de las construcciones más adecuadas para combatir la acción erosiva de las aguas en el lecho de los torrentes; otros se relacionan directamente con la economía forestal, como la repoblación y ordenación de los montes; otros conciernen á la economía agrícola y pecuaria en cuanto éstos pueden influir en la mejora de la agricultura y en el fomento de la ganadería; otros, en fin, se refieren al carácter siempre grave que entrañan los daños de los descuajes y á los beneficios especiales y generales que los bosques pueden prestar á la sociedad; y de aquí que la regularización de los torrentes y la repoblación de las laderas de las montañas hayan alcanzado tal importancia que se las considere como de pública utilidad.

Incumbiendo la conservación de los montes á la administración forestal, era evidente que á ésta debía encomendarse su mejora y la empresa de impedir con todo empeño los peligros que amenazaban y cuyas consecuencias nunca se podían prever bastante. Habiendo debido encontrarse la administración forestal en contacto, y algunas veces en oposición, con los intereses de los particulares y hasta con las tendencias de pueblos

enteros, se hicieron necesarias disposiciones legislativas tutelares del interés general, en conformidad con lo que la ciencia había ya demostrado y lo que la experiencia de estos últimos treinta años ha confirmado y comprobado hasta la evidencia.

Estas cuestiones fueron muy estudiadas también por los italianos, y son numerosas y clásicas las obras que relacionan la repoblación con la hidrología; pero muchas de ellas se limitan á presentar las consecuencias de la devastación de los montes con descripciones bastante vivas, que si carecen de gran valor científico, llenan el propósito de sostener el espíritu de la conservación de tales propiedades, y el de sugerir algunos medios de defensa para aquellos puntos en que los montes destruidos no pueden en poco tiempo regenerarse; otras tratan exclusivamente de las avenidas de los ríos y de los torrentes con relación á los materiales arrastrados en las grandes inundaciones, y no estudian principalmente la causa, sino que proponen, en general, medios que no sirven más que para transportar el mal de un punto á otro sin repararlo.

Estas obras y trabajos parciales contienen un precioso, aunque muy descuidado, material de estudio y en ellos se aconseja la construcción de diques, enfagados, repoblaciones, etc., á que se procedió en muchas localidades: adviértese, no obstante, en los mismos la falta de un estudio más detenido para el mejor éxito en la práctica, y que se han expuesto no pocas ideas erróneas.

Pero en cuanto concierne á los medios para contrarrestar los daños ocasionados por las aguas torrenciales y su ejecución, según un plan sistemático y extensamente aplicado, la obra es completamente francesa, constituyendo esta gloriosa empresa de la Administración forestal, una ciencia destinada á un gran porvenir, y que debería en lo sucesivo formar parte importante de nuestra enseñanza especial. Mientras que los trabajos antiguamente propuestos consistían casi exclusivamente en obras de arte, se aprovechan al presente las fuerzas mismas de la Naturaleza, á las que, si fueron causa de los males, se las obliga á repararlos. Sería, en efecto, absurdo querer combatir

agentes tan formidables con sencillos medios artificiales, y ha sido preciso sustituir éstos con los pequeños, pero numerosos, que la Naturaleza misma ofrece cuando es auxiliada por la ciencia. Estudiando las causas y las propiedades de los torrentes, veremos que estos medios, bastante diferentes de los antiguos, en cuanto á las obras de construcción, se reducen á escaso número y exigen como condición imprescindible la repoblación, que es su complemento natural.

Los resultados obtenidos con los trabajos practicados en Francia en grande escala durante un periodo bastante largo, para apreciar sus efectos, permiten indicar con certeza las medidas necesarias á fin de combatir los daños de las aguas torrenciales, los derrumbamientos, los hundimientos y los aludes, etc., daños tanto más graves cuanto más se demora su remedio, que si se descuida es más difícil y á veces hasta imposible.

Con posterioridad á las leyes de 28 de Julio de 1860 y de 8 de Junio de 1864, puede decirse no se habían dictado en Francia disposiciones de cierta importancia en favor de la mejora de los montes, y sólo, á lo sumo, algunas prescripciones para impedir el progreso de su destrucción. El mismo criterio informaba el Código forestal, que si bien contenía algunas disposiciones para restringir los abusos del pastoreo, ninguna se dirigía á promover las repoblaciones, exceptuando las relativas á la exención, durante veinte años, del pago de tributos, por los terrenos que se sembrasen ó plantasen en las cimas y pendientes de las montañas, exención que fué ampliada hasta el periodo de treinta años.

Mas como las siembras y las plantaciones, especialmente en las montañas, son de más utilidad futura que presente, y de interés más general que particular, las anteriores disposiciones no fueron suficientes, y no se acudió con otras más eficaces, como las que atañen á la intervención directa del Estado, hasta que se promulgaron las leyes de 28 de Julio de 1860 y de 8 de Junio de 1864, que dieron motivo á un estudio profundo del régimen de las aguas y de la repoblación. Para este estudio, la Administración forestal hubo de hacer de nuevo casi todo, y

después de una larga serie de investigaciones y tentativas pudo llegar á establecer las reglas que se han observado en los trabajos objeto de nuestra visita, y cuyo buen éxito es la más explícita confirmación de la exactitud de los principios admitidos. Y ahora que la luz se ha hecho sobre estos asuntos, y que se ha disipado toda incertidumbre, no resta más que afrontar la dificultad con paso seguro, con plena confianza de un resultado favorable y con la firme voluntad de vencer todos los obstáculos.

Para alcanzar, empero, tal resultado, los Ingenieros y los selvicultores que se han dedicado á ello, han tenido que pasar por determinada serie de tentativas, no habiendo considerado sus primeras experiencias tan suficientes y decisivas como fuera preciso para poder establecer los métodos de procedimiento. Un gran error en que comunmente se incurre en selvicultura, es el de pretender fundarse en reglas generales, olvidando que para su adopción es preciso un detenido examen de las condiciones en que se aplican, ya que lo que puede convenir en una localidad puede no convenir en otra. Los fracasos que registraremos en los trabajos de extinción de los torrentes y de repoblación en los montes de Francia, nos deben servir de utilísima enseñanza, porque nos ahorrarán el período de transición por el que han debido pasar necesariamente los selvicultores que en este género de trabajos nos han precedido. En ellos tenemos nosotros una rica mina de experiencia y de métodos adoptados en infinidad de circunstancias, que nos permiten la más acertada elección en los diversos casos que se nos puedan presentar. Si alguna vez mencionamos trabajos no coronados por el éxito, no se entienda que nos guía un espíritu de censura, sino el deseo de que se examinen los métodos que hayan de elegirse antes de aplicarlos en toda su extensión; y si, por el contrario, nuestro juicio en alguna ocasión puede parecer benévolo, no se nos crea influidos por la grata impresión de la cordial acogida que hemos merecido de nuestros colegas los forestales franceses, en la breve excursión que hemos hecho á los Alpes de su país.

Antes de describir y de exponer los métodos seguidos en esta grande obra de la restauración de las montañas denudadas y de la extinción de los torrentes, de los que no es fácil formarse concepto exacto sin haber recorrido aquellas localidades, mencionaremos algunos medios adoptados para dar á conocer estos notables trabajos y para comparar el estado del terreno antes y después de ejecutados. Nos referimos á las aplicaciones de la fotografía á la repoblación. Efectivamente; la claridad y la precisión de los procedimientos fotográficos para reproducir con sencillez y autenticidad, y con todos los detalles, el terreno, las construcciones, los cultivos, etc., llegan á tal punto que no podría esperarse más de los grabados ó de los dibujos hechos con el mayor esmero. Las vistas fotográficas dan el conjunto del terreno señalando el relieve, las partes despobladas, la formación de los torrentes y los daños; las tomadas en cada caso particular son utilísimas para dar á conocer las obras de defensa y de consolidación del lecho y márgenes de un torrente, y para que se comprenda mejor que con cualquiera descripción el sistema de ejecución de las obras, su objeto y los resultados obtenidos.

Fácil es también apreciar las ventajas de la fotografía en los trabajos preparatorios de los proyectos de los perímetros, en el estudio de los torrentes, y en los procedimientos adoptados en las repoblaciones. La fotografía es más clara, más minuciosa y más completa que cualquiera descripción, y puede revelarnos los trabajos ejecutados en una cuenca y las diversas alteraciones producidas por los mismos.

Otro instrumento que permite representar con todos sus detalles el aspecto general de una cadena de montañas con todos sus valles, y con toda exactitud la posición relativa de las poblaciones diseminadas sobre el declive de un monte ó en el fondo de una cuenca, y que auxilia en gran manera al que lo usa, es el teleiconógrafo, que en las manos de un experto artista como M. Sardi, Inspector adjunto en Barcelonette, ha prestado grandes servicios. El diseño tomado con este instrumento pone de relieve, como la fotografía, todos los accidentes natu-

rales del terreno, los cultivos, pastizales, sitios desnudos y poblados, torrentes, barrancos, precipicios y perímetros, y las obras que en ellos se han practicado.

Finalmente, diremos cómo resultados de tal magnitud se han conseguido con medios muy sencillos y con cierta economía, relativamente á la importancia de los beneficios obtenidos, toda vez que los trabajos se extendieron á una superficie de cerca de 100.000 hectáreas con el gasto anual de un millón y medio. Estos trabajos se comenzaron simultáneamente en toda la región montuosa del Mediodía y centro de Francia, sin que en todas las localidades fuesen empero de una misma clase. En efecto; el desmonte y las talas no en todas aquéllas habían producido los mismos resultados, y era preciso, por tanto, dar á los trabajos una dirección particular en relación con los daños que se trataba de combatir. En ciertos parajes era suficiente la repoblación; en otros era preciso recurrir en primer término á obras auxiliares, sin ceñirse solamente á operaciones de selvicultura. Los trabajos ya terminados en algunas secciones de los perímetros no cuestan al presente, por conservación y reposición de marras de las plantaciones, más que algunos cientos de pesetas al año. Así, veremos cómo en un período relativamente breve se contrarrestó la impetuosidad de torrentes temibles y se restableció la vegetación forestal en terrenos y en pendientes que los profanos en la ciencia hubieran creído completamente rebeldes á toda tentativa de repoblación. Cuando después se piensa en las ventajas que estos trabajos reportan á los valles hasta ahora devastados por tantos daños y por continuos y diferentes peligros; los productos que en breve se obtendrán de los nuevos repoblados; los desastres que pueden evitarse y el considerable ahorro conseguido en la conservación de los caminos, se comprende fácilmente cuán módica es la cuantía de los gastos que ocasionaron. La experiencia obtenida en los Bajos Alpes demuestra hasta la evidencia, no sólo la posibilidad de los trabajos de consolidación de los terrenos y de repoblación en ciertos suelos estériles, y la del cálculo—dentro de ciertos límites—de su coste, sino también los

beneficios que pueden reportar á los pueblos de los valles, en los que ha arraigado hace algún tiempo la convicción de la utilidad que prestan.

En un principio, los habitantes de aquellas montañas se creyeron lesionados en sus propios medios de subsistencia al impedirles el ejercicio de sus derechos de propiedad sobre los pastos; pero este error se desvaneció en breve, bien por compensaciones hechas á los que resultaban perjudicados, bien con la aplicación del principio de las subvenciones en grande escala, ó bien, en fin, abriendo al pasto los terrenos ya consolidados y persiguiendo tan sólo el pastoreo abusivo. Otro medio digno de mencionarse, y al que acudió la Administración forestal para aliviar la situación de la clase menesterosa, fué el de emprender trabajos convenientemente retribuidos en momentos en que los braceros no tenían en qué ocuparse. Al efecto se dispuso que algunos de aquéllos empezasen en el invierno y se continuasen hasta la estación más conveniente, asegurándose así el sostenimiento de las familias necesitadas. La repoblación, pues, lejos de imponer restricciones á los habitantes de aquellas montañas, repórtales, al contrario, muchas ventajas, aun sin tener en cuenta las que obtendrán en plazo más ó menos largo como resultado final y directo de todos los trabajos.

Hemos dicho que los medios adoptados para conseguir la consolidación de los terrenos son muy sencillos y que han de concurrir con los que se deben á la misma Naturaleza, mucho más numerosos por lo mismo que la acción de cada uno es más pequeña: la aplicación de tales medios está en la mano del hombre, bastando tan sólo que éste, con su inteligencia, los dirija oportunamente hacia el fin que se propone.

Hemos podido, en efecto, convencernos de que por medio de diques ó presas de contención, palizadas, zócalos, faginas, ramaje esparcido y de otros recursos de importancia relativamente pequeña, pueden contenerse las piedras, tierras y arenas, y cómo arraigando la vegetación en estos depósitos, el torrente, en lugar de seguir una pendiente rápida y uniforme, encuentra obstáculos en los que filtra sus aguas, de suerte que

en vez de tardar determinado tiempo en su descenso desde la cima de un monte, invierte otro diez y hasta veinte veces mayor, reduciéndose su velocidad y los daños, en consecuencia, á menores proporciones.

Con estas construcciones debe coincidir la repoblación, que es su necesario complemento. En los torrentes se empieza en los terrenos ó depósitos producidos por los diques ó presas, zócalos y palizadas, y se extiende poco á poco á todas las vertientes laterales. La que después se practica en las pendientes, no sólo tiene por objeto la absorción de parte del agua, sino también la retención de los materiales que tienden á su caída. Y precisamente en este momento es cuando más eficacia ofrece la tarea del selvicultor, acudiendo á sencillas obras de drenaje, construyendo pequeños muros de faginas, extendiendo el ramaje, etcétera, para recoger las aguas, disminuir su velocidad y contener la tierra desmenuzada, que, detenida entre las faginas y el ramaje, presenta las condiciones necesarias al desarrollo de la vegetación. Una vez que ésta ha prevalecido en una pequeña extensión y alcanzado la altura de poco más de un metro, ha satisfecho su objeto.

Es necesario observar que algunas de estas operaciones deben ejecutarse casi al mismo tiempo, dando en los diversos casos á los trabajos una dirección particular, en relación con los daños que hay que combatir. Unas veces, para arreglar el curso de las aguas, basta la repoblación, difícil por lo demás cuando se emprende en grande escala y en malas condiciones; en otras, al contrario, en que hay que luchar con terrenos de una naturaleza geológica desfavorable y movedizos de suyo, la repoblación por sí sola es ineficaz y deben preferirse las obras conducentes á dar estabilidad á aquéllos. En otras circunstancias de suelo, altitud y clima, podrá conseguirse la mejora de la superficie con solo la prohibición del pastoreo, y entonces las obras de regularización y la repoblación artificial se limitarán á pequeñas superficies y á aquellos terrenos que estén profundamente denudados ó en que sea más urgente remediar la erosión que les amenaza.

Al reseñar la serie de los trabajos visitados, practicados unos y en vías de ejecución otros, los describiremos sucintamente; procuraremos, sin embargo, formarnos de ellos un concepto claro y preciso que nos sirva para el caso práctico de la regularización de un torrente y de la repoblación de una cuenca, y no omitiremos, cuando precisos sean, algunos particulares cuya aplicación podrá hacerse indispensable.

Y ahora, antes de terminar esta breve reseña, cumpliremos el deber de expresar nuestra gratitud al Ministerio de Agricultura y Comercio por haber dado ocasión á los alumnos de la Escuela de Vallombrosa y á varios Subinspectores forestales de visitar aquellos importantes trabajos, y el de significar nuestro reconocimiento á todos aquellos que, con tanto celo, coadyuvaron á hacer más provechosa esta excursión, por la cordial acogida que constantemente les merecimos y que nos hizo fácil, y por extremo grato, el cumplimiento de nuestro cometido. Mencionaremos por tanto:

A M. A. de Beaune de Beaurie, Subprefecto de Barcelonnette, quien, no obstante la cuarentena establecida en el Colle de la Maddalena por la epidemia colérica reinante en Italia, nos permitió entrar en el territorio francés, dándonos pruebas mil de su bondad.

A M. G. Demontzey, Inspector general Jefe del servicio de repoblación, por cuantas disposiciones adoptó á fin de que nuestra excursión fuese provechosa bajo todos aspectos, y por la ilustración que sólo su especial competencia podía suministrarlos.

A M. Darcy, Conservador en Gap.

A M. P. Carrière, Inspector en Digne, quien con gran competencia dirige estos trabajos desde su principio, y que acompañándonos en todas nuestras excursiones nos informó ampliamente acerca de las reglas á que se han ajustado, de su ejecución y de cuantos detalles nos interesaban, ya por lo que facilitó nuestro cometido con todas sus consideraciones, ya también por todos los numerosos datos estadísticos que tuvo la bondad de suministrarnos.

A M. Sardi, Inspector adjunto, por los múltiples trabajos de gabinete, concernientes á la compilación de los proyectos que nos exhibió con las respectivas aclaraciones prácticas, y por las que también nos suministró acerca del uso de los instrumentos generalmente adoptados.

En fin: mencionaremos á MM. F. Benardeau, Jauffred, Vessiot, Haas, Cardot, Perrot, Guyot, Moine, Trotabas, Dol y Surell, que en los trabajos hechos bajo su dirección respectiva nos han suministrado valiosas noticias, indispensables para su mejor inteligencia y ejecución, señalándonos, no sólo los inmensos obstáculos con que han debido luchar por el clima, la naturaleza de los terrenos y los intereses de las respectivas poblaciones, sino cuidando además individualmente de los alumnos y Subinspectores, á quienes el deseo de instruirse obligaba á dirigirse á aquéllos con frecuentes y nuevas preguntas.

PRIMERA PARTE

PRINCIPIOS LEGALES Y ECONÓMICOS — ORGANIZACIÓN DEL SERVICIO DE REPOBLACIONES

CAPÍTULO PRIMERO

Principales disposiciones legales.

Hacia principios de este siglo, la opinión pública en Francia se preocupaba de la destrucción continua de sus montes y de los desastres de inundaciones casi periódicas, cuyos daños se elevaban á veces á algunos millones.

Después de detenidos estudios, se presentó en 1815 á la aprobación del Gobierno el primer proyecto de ley sobre la repoblación de las montañas, y se calculaba entonces la superficie que había de repoblarse y encespedarse, por razón de utilidad pública, en 1.100.000 hectáreas. No obstante, sólo después de las grandes inundaciones de 1856, que además de numerosas víctimas causaron daños valuados en más de 200 millones, el Gobierno se decidió á afrontar todas las dificultades que podía ocasionar una ley de esta naturaleza, y después de larga y laboriosa discusión fué aprobada y promulgada la de 28 de Julio de 1860 sobre repoblaciones.

Esta ley contiene las principales disposiciones para combatir los daños de la denudación de los terrenos montañosos y del pastoreo abusivo, y establece el sistema de ejecución de los trabajos, según la pertenencia de los terrenos es de los Municipios, de Establecimientos públicos ó de propiedad particular. Cuando estos trabajos no eran ejecutados por los particulares, con ó sin el concurso del Estado, po-

dían declararse obligatorios, y en tal caso el Estado asumía el derecho de practicarlos y recurría necesariamente á la expropiación por causa de utilidad pública, que efectuaba conforme á lo dispuesto por la ley de 3 de Mayo de 1841. De esta suerte, el Estado se consideraba propietario de dichos terrenos en los que hacía se ejecutasen los trabajos.

Los terrenos pertenecientes á los pueblos no debían, al contrario, expropiarse, pero el Estado podía impedir su usufructo y fijar la extensión de los que los franceses llaman perímetros (1), en los cuales era necesaria la repoblación, y en que los trabajos se efectuaban. Terminados éstos, los particulares que querían reintegrarse en sus derechos pagaban la indemnización de las expropiaciones y el importe de los trabajos por capital é intereses, ó bien cedían la mitad de sus respectivos terrenos. Los Municipios y los Establecimientos públicos que no querían ó no podían ejecutar la repoblación, ó cedían al Estado los terrenos, ó dejaban á cargo del mismo la ejecución de los trabajos; en este último caso el Estado conservaba la administración y el usufructo de los terrenos repoblados hasta descontar el capital é intereses, gozando el Municipio, sin embargo, del derecho al aprovechamiento de pastos en los terrenos repoblados y por este medio protegidos.

La repoblación, según la citada ley, para no ocasionar de pronto un gasto excesivo y no restringir repentinamente en gran escala el pastoreo, se efectuaba anualmente en solo la vigésima parte de la superficie total en que los trabajos se declaraban obligatorios, no comprendiéndose además entre los terrenos objeto de tal repoblación sino los enteramente improductivos, los cuales, después que el repoblado aseguraba la integridad del suelo, se devolvían al aprovechamiento de pastos. Pero las innumerables dificultades prácticas que la ejecución de esta ley llevaba de suyo, como la toma de posesión de las propiedades de los pueblos por parte del Estado; el con-

(1) Atribuyo en esta Memoria á la palabra *perímetro* el significado que le dan los franceses, esto es, el de denotar la superficie más bien que su contorno, aun cuando las porciones de aquélla estén separadas sin otra relación entre sí que las de hallarse en la misma región y dirigirse en ellas los trabajos al mismo objeto. Estas porciones separadas, de la superficie de un mismo perímetro se llaman por los franceses «*séries*». (N. del A.)

Aparte de su indiscutible propiedad, la palabra *perímetro* tiene que conservarse en esta traducción con el significado á que el autor se refiere, por habersele dado el mismo en el Real decreto de 3 de Febrero último sobre repoblación de las cabeceras de las cuencas hidrológicas. (N. del T.)

trato con los Municipios relativo al pago de los trabajos ó á la cesión de la mitad de sus propiedades; la partición de los terrenos repoblados; la distribución de los gastos, y otras disposiciones de carácter vejatorio, y el pastoreo, que por limitarse á algunos puntos solamente se efectuaba abusivamente en otros, hicieron necesaria una nueva ley que se presentó el 8 de Junio de 1864, y con la cual se concedió á los Municipios la facultad de solicitar la sustitución del encespedamiento á la repoblación cuando la pendiente del terreno lo permitiese. Además, en lugar de retener la mitad del terreno restaurado por medio del encespedamiento, como se habia dispuesto respecto del repoblado para el caso en que el propietario no se aviniese á pagar los gastos, el Estado no retenia ya más que la cuarta parte, y sobre todo esto, la Administración forestal no se reservaba más que la tercera parte de la superficie para el encespedamiento, reconociendo derecho á indemnización á los propietarios que á causa de esta ley no hubiesen podido usufructuar sus terrenos: para esta indemnización, se destinaba la cantidad de cinco millones, que deberían invertirse en diez años.

Así modificada la ley sobre la repoblación de las montañas, y acompañada de otras disposiciones contenidas en el decreto de 10 de Noviembre de 1864, con las que los terrenos encespedados quedaban sujetos á un reglamento especial sobre pastos, y los que en parte estuviesen repoblados por cuenta de los Municipios deberían dividirse proporcionalmente á los gastos originados, parecía que, siendo más favorable á los pueblos ganaderos, desvaneciese aquellos grandes recelos que suscitaban continuas reclamaciones. Pero tanto estas disposiciones como la repoblación y el encespedamiento promovidos por medio de premios ó subvenciones fracasaron del todo, porque bien pocos optaron á ellos, ó si acaso, en proporción menor que la debida.

Prescindiendo también de la exactitud de las cifras de 1.333.000 y 1.248.000 hectáreas objeto de la repoblación y del encespedamiento, y comparándolas con la de 37.609 hectáreas repobladas ó encespedadas en nueve años, desde el de 1860 al de 1870, se obtiene una media de 4.179 hectáreas por año; así es que en esta proporción hubiera sido preciso el transcurso de tres siglos para terminar estos trabajos. Estas dos leyes eran, pues, insuficientes para defender aquellos terrenos y para obtener algún resultado concluyente, y entonces el Gobierno tuvo necesariamente que atemperarse á justas y numerosas reclamaciones y proceder á su revisión.

El 11 de Abril de 1876 se presentó, en efecto, un nuevo proyecto al Congreso de los Diputados, en el que, con poderosas razones, se le excitaba á adoptar providencias en relación á la importancia de los males. Este proyecto contenía disposiciones que diferían de las precedentes en cuanto, extendiendo el campo de los trabajos obligatorios á los terrenos completamente asolados, cuya repoblación era de evidente necesidad, obligaba al Estado á su adquisición, si bien haciendo caso omiso de las consecuencias económicas de tan ardua empresa; pero antes que esta ley fuese definitivamente votada, tuvo que pasar por diversas fases y atravesar por muchas dificultades. Discutida en el Congreso del 15 al 22 de Febrero de 1877 y depositada en el Senado en 1.º de Marzo del mismo año, se retiró en 26 de Mayo siguiente, presentándose por el Gobierno al mismo tiempo un nuevo proyecto.

En este mismo año, la Comisión hidrológica que había entendido acerca del uso y del régimen de las aguas, debió necesariamente cuidar también de la restauración de las montañas, y el proyecto formado por esta Comisión, diferente en muchos puntos del que votó el Congreso, que el Gobierno aceptó, se presentó nueva y respectivamente al Senado y al Congreso para su discusión en 25 de Mayo de 1879 y en 22 de Enero de 1881. Discutido el 29 de Julio de 1881 y aprobado por el Senado en 23 de Marzo de 1882 en las mismas condiciones, se votó definitivamente como ley en sesión del 31 del mismo mes y se promulgó en 4 de Abril de aquel año.

Ya el Gobierno pudo abrigar plena confianza de que la nueva ley fuese de general utilidad al país, merced á los adelantos de la ciencia y á los métodos por ésta y la experiencia conquistados, y con los que podían resolverse los problemas de la extinción de los torrentes y del régimen de las aguas, y el de dar valor á los terrenos movedizos é improductivos.

Los medios prescritos en dicha ley para conseguir estos fines son la restauración y la conservación de los terrenos montañosos. La restauración no puede efectuarse sino cuando el suelo está asolado y los daños que por esta causa se han originado, ó amenazan originarse, exigen necesariamente trabajos que, siendo por tal modo obligatorios, adquieren el carácter de públicos y les es, por tanto, aplicable la ley sobre expropiación por causa de utilidad pública, cualesquiera que sean los propietarios. Los que de éstos quisieran usar de la facultad que se les otorgaba, de practicar por sí mismos los tra-

bajos de restauración que precisos fueren, podían constituirse en sociedad, según las disposiciones de la ley de 21 de Junio de 1865.

La conservación de los terrenos comprende lo que concierne á la defensa de los mismos y á la reglamentación del aprovechamiento de pastos, y para evitar toda duda sobre la mayor ó menor importancia de los trabajos, la ley determina exactamente las condiciones en que los procedimientos de conservación tienen que disponerse, y confía á la Administración forestal el derecho de solicitarlos, dejando al Consejo de Estado la fijación, por decreto, de los terrenos que con tal objeto se hayan de reservar. En cuanto á los pastos, confiere á los Municipios el derecho de presentar un reglamento en el que fijen las condiciones los pueblos; y de esta suerte hizo ceder, en parte al menos, la oposición de las poblaciones ganaderas, que había hasta entonces contrarrestado los esfuerzos de la Administración. En fin, á los Ayuntamientos sujetos á la aplicación de esta ley se les eximió de los gastos de custodia y vigilancia, que constituían un fuerte gravamen y una contribución forzosa no bien justificada.

Un reglamento especial para la aplicación de la ley de 10 de Abril de 1882 establece el sistema que debe seguirse para fijar los perímetros de los terrenos objeto de la restauración, y determina, en cuanto concierne á los trabajos obligatorios, las condiciones con las que los propietarios podrán ejecutar los prescritos en sus propios terrenos; y en cuanto se refiere á los trabajos voluntarios, establece el sistema que debe regular las subvenciones que el Estado concede para promoverlos. El reglamento, en un todo adaptado al orden que en la ley se advierte, prescribe acerca de la conservación de los terrenos montañosos, con mayores detalles para la ejecución, el modo de fijar los perímetros de los que haya que restaurar y el resarcimiento por la privación del goce de dichos terrenos; además dicta las medidas generales para regular el ejercicio del disfrute de pastos en los de los pueblos y las disposiciones transitorias necesarias para facilitar el paso de la antigua ley á la nueva.

CAPÍTULO II

Medios económicos arbitrados para estos trabajos.

Como sumariamente se ha visto, las principales disposiciones de estas leyes tienden á reparar el deterioro del suelo, á impedir que se produzcan nuevos daños y á asegurar la ejecución de los trabajos proyectados y reconocidos como necesarios, así como á arbitrar recursos para su ejecución. Aquéllos consisten, como es sabido, en la fijación ó consolidación de los terrenos, en su repoblación ó encespedamiento y en la regularización del disfrute de pastos, causa para el suelo de tantos daños. Al principio se creía, y se alude á la ley del 28 de Julio de 1860, que bastaba repoblar las pendientes escarpadas y que las subvenciones en premios, plantas ó semillas eran suficientes para animar á los propietarios á la ejecución de los trabajos en sus respectivas propiedades; pero la ley no produjo el esperado efecto, no tanto por su índole aparentemente expoliadora " vejatoria, cuanto por las esperanzas fundadas en la iniciativa particular y en las asociaciones, que la experiencia demostró eran ilusorias.

Estos premios y subvenciones, que debían continuar indefinidamente, imponían al Estado la obligación de pagar á perpetuidad una renta á los particulares. No bastaba que los terrenos deteriorados se pusiesen bajo la tutela de la Administración, sino que se hacían necesarias, al menos, algunas precauciones respecto á los en que la denudación era inminente; además, para que todos los trabajos fuesen bien dirigidos, preciso era que se ejecutasen con sujeción á un plan determinado y con unidad de criterio. Ni esto se consiguió con el sencillo medio de las subvenciones, ni tampoco pudieron los propietarios ponerse de acuerdo para la ejecución de las operaciones prescritas y no obligatorias, no sólo porque el cultivo forestal es el menos lucrativo de todos, sino también porque los trabajos que en las montañas se ejecutan redundan principalmente en beneficio de los habitantes de las llanuras.

No se ocultó que la ejecución de aquéllos exigía grandes recursos pecuniarios, y al efecto la ley de 8 de Junio de 1860 fijó la cantidad de 10 millones que habían de invertirse en diez años, concediéndose por otra de 24 de Mayo de 1864 á la Administración fo-

Terrenos pertenecientes á los pueblos y á los Establecimientos públicos.

Ó sea un gasto medio de 107 pesetas por hectárea.

lo que indica que los trabajos ejecutados en terrenos de propiedad particular costaron, término medio, 108 pesetas por hectárea. .

En resumen: en todo el territorio francés los trabajos voluntarios se extendieron á una superficie total, entre la repoblada y la encespedada, de 51.350 hectáreas, 84 áreas, 47 centiáreas, importando la cantidad de 5.628.408,28 pesetas, de la cual satisfizo el Estado la de 3.042.385,16.

Repoblación y encespedamiento obligatorios.

Número de los perímetros decretados hasta el 31 de Diciembre de 1878	216																
Superficie de los perímetros ...	<table> <tr> <td>Destinada á la repoblación.....</td><td>117.662^h 83^a 81^c</td></tr> <tr> <td>Idem al encespedamiento....</td><td>21.500 76 89</td></tr> <tr> <td>Total.....</td><td>139.163^h 60^a 70^c</td></tr> </table>	Destinada á la repoblación.....	117.662 ^h 83 ^a 81 ^c	Idem al encespedamiento....	21.500 76 89	Total.....	139.163^h 60^a 70^c										
Destinada á la repoblación.....	117.662 ^h 83 ^a 81 ^c																
Idem al encespedamiento....	21.500 76 89																
Total.....	139.163^h 60^a 70^c																
Superficie repoblada ó encespedada.....	<table> <tr> <td>Por los particulares con subvención ..</td><td> <table> <tr> <td>Repoblada</td><td>4.141^h 55^a 06^c</td></tr> <tr> <td>Encespedada ...</td><td>255 19 80</td></tr> </table> </td></tr> <tr> <td>Por el Estado en terrenos de los pueblos</td><td> <table> <tr> <td>Repoblada</td><td>25.378 01 28</td></tr> <tr> <td>Encespedada ...</td><td>1.435 74 46</td></tr> </table> </td></tr> <tr> <td>Repoblada por el Estado en sus terrenos</td><td>4.479 88 58</td></tr> <tr> <td>Total.....</td><td>35.690^h 39^a 18^c</td></tr> </table>	Por los particulares con subvención ..	<table> <tr> <td>Repoblada</td><td>4.141^h 55^a 06^c</td></tr> <tr> <td>Encespedada ...</td><td>255 19 80</td></tr> </table>	Repoblada	4.141 ^h 55 ^a 06 ^c	Encespedada ...	255 19 80	Por el Estado en terrenos de los pueblos	<table> <tr> <td>Repoblada</td><td>25.378 01 28</td></tr> <tr> <td>Encespedada ...</td><td>1.435 74 46</td></tr> </table>	Repoblada	25.378 01 28	Encespedada ...	1.435 74 46	Repoblada por el Estado en sus terrenos	4.479 88 58	Total.....	35.690^h 39^a 18^c
Por los particulares con subvención ..	<table> <tr> <td>Repoblada</td><td>4.141^h 55^a 06^c</td></tr> <tr> <td>Encespedada ...</td><td>255 19 80</td></tr> </table>	Repoblada	4.141 ^h 55 ^a 06 ^c	Encespedada ...	255 19 80												
Repoblada	4.141 ^h 55 ^a 06 ^c																
Encespedada ...	255 19 80																
Por el Estado en terrenos de los pueblos	<table> <tr> <td>Repoblada</td><td>25.378 01 28</td></tr> <tr> <td>Encespedada ...</td><td>1.435 74 46</td></tr> </table>	Repoblada	25.378 01 28	Encespedada ...	1.435 74 46												
Repoblada	25.378 01 28																
Encespedada ...	1.435 74 46																
Repoblada por el Estado en sus terrenos	4.479 88 58																
Total.....	35.690^h 39^a 18^c																

El gasto por estos trabajos, comprendiendo todos los de consolidación, caminos, cabañas, etc., ascendió:

Por repoblación á.....	Pesetas. 10.988.307,06
Por encespedamiento á.....	110.192,88
Total.....	Pesetas. 11.098.499,44

cantidad que se distribuyó según á continuación se expresa:

En subvenciones por repoblaciones ..	Pesetas. 361.765,57
Idem por encespedamientos.....	5.186,95
Total.....	Pesetas. 366.902,52

Por trabajos ejecutados en terrenos de los pueblos y Establecimientos públicos y sujetos á reembolso:

Por repoblaciones	Pesetas. 8.909.644,81
Por encespedamiento	105.055,43
Total	Pesetas. 9.014.700,24

Repoblaciones ejecutadas en terrenos pertenecientes al Estado	<i>Pesetas.</i>	1.716.896,68
Además se invirtieron á título de indemnización por la privación temporal del aprovechamiento de pastos		466.228,30
Y, por tanto, los gastos satisfechos por el Estado por trabajos obligatorios hasta el 31 de Diciembre de 1878 importaron	<i>Pesetas.</i>	11.564.727,74

A consecuencia de las revisiones practicadas con arreglo á lo prescrito por la ley de 4 de Abril de 1882, concerniente á la restauración y conservación de los terrenos montañosos, se obtuvieron los resultados siguientes, que resumimos en números redondos, acerca del estado de los trabajos emprendidos por la Administración forestal hasta la promulgación de dicha ley.

	<u>Hectáreas.</u>
Terrenos comprendidos en los perímetros de utilidad pública...	76.800
Idem repoblados total ó parcialmente, sujetos al régimen forestal.	21.400
Idem entregados al libre disfrute de los { De los pueblos.....	34.400
que á él tienen derecho. { De particulares	7.800
<i>Superficie total de los antiguos perímetros de utilidad pública.</i>	<u>139.900</u>

De estos datos se deduce el espíritu de benevolencia que anima á la Administración forestal y el respeto que le merecen los intereses de la agricultura y de la ganadería. En efecto, la superficie primitiva de los perímetros se redujo á cerca de la mitad.

Se calcula en números redondos la superficie de los terrenos, cuya restauración se consideró en Francia obra de necesidad pública, en 246.800 hectáreas repartidas como sigue:

	<u>Hectáreas.</u>
Terrenos comprendidos en los perímetros de utilidad pública y en los que se ha practicado la revisión	76.800
Terrenos destinados á la restauración pertenecientes al Estado..	36.000
Idem íd. pertenecientes á los pueblos y establecimientos públicos.	93.000
Idem íd. pertenecientes á los particulares.....	41.000
<i>Total de hectáreas</i>	<u>246.800</u>

De esta superficie, cerca de 40.000 hectáreas están ya restauradas, y los 3.000 kilómetros de torrentes más ó menos importantes que en 1882 se proyectaba regularizar, se han reducido á unos 2.400. El siguiente cuadro demuestra en cifras redondas, la situación económica á principio de 1886 de los trabajos emprendidos por y á cuenta del Estado.

Importe de los gastos desde el principio de los trabajos hasta el 1.º de Enero de 1886:

Trabajos forestales.....	<i>Pesetas.</i>	10.295.000
Idem de regularización.....		5.800.000
Obras auxiliares.....		2.454.000
Gastos generales.....		1.934.000
<i>Total.....</i>	<i>Pesetas.</i>	<u>20.483.000</u>

Superficie total restaurada.....	Hectáreas....	39.400
Torrentes regularizados.....	Kilómetros..	600

El gasto medio por hectárea de la repoblación ó del encespedamiento resulta ser de 317 francos en los Alpes, de 190 en la región de los Cevennes y en la meseta central, y de 246 en los Pirineos: el coste por metro lineal en el trabajo de regularización de torrentes es de 10,20 francos en los Alpes, de 2,50 en los Cevennes y de 10 en los Pirineos. Naturalmente, estos gastos aumentan en razón de las dificultades que se encuentran en las diversas operaciones, pero no son exagerados, como se verá, teniendo en cuenta las excepcionales condiciones de los terrenos en que se operó; esto es, pendientes fortísimas, terrenos estériles y en continua disgregación, clima duro, lluvias torrenciales, granizo, heladas, sequías prolongadas, daños por el pastoreo, etc.; terrenos, en fin, en que fué preciso repetir los trabajos varias veces, todo lo cual influye considerablemente en los gastos.

Las repoblaciones voluntarias hasta el 1.º de Enero de 1886 se efectuaron en una superficie de 55.000 hectáreas, importando la cantidad de 6.900.000 francos, distribuida como sigue:

Superficie repoblada por los pueblos y Establecimientos públicos..	<i>Hectáreas.</i>	32.400
Idem por los particulares.....		22.600
<i>Total.....</i>	<i>Hectáreas.</i>	<u>55.000</u>
Gastos.. .. .	{ Del Estado.....	<i>Pesetas.</i> 3.450.000
	{ De los departamentos.....	1.040.000
	{ De los particulares.....	2.410.000
<i>Total.....</i>	<i>Pesetas.</i>	<u>6.900.000</u>
Precio medio por hectárea.....	<i>Pesetas.</i>	125

Como se ve, las subvenciones del Estado por trabajos voluntarios ascienden casi á la mitad del gasto total; pero á esto hay que agregar la cantidad concedida para el fomento de la agricultura y de los pastos, importante 100.000 pesetas en los Alpes y 200.000 en los Pirineos, además de lo gastado por los departamentos, ó sea 12.000 pesetas en los primeros y 60.000 en los segundos.

La Administración forestal francesa se ha esforzado todos los años para reducir á la menor cantidad posible la semilla adquirida en el extranjero, dando á las sequerías del país todo el incremento compatible con sus reglamentos. Éstas son las de Murat (Cantal) de Lla-gonne, cerca de Montlouis en los Pirineos orientales, la de Aubagne (Bocas del Ródano) y la de Fontainebleau; pero gran parte de las semillas se recolecta también por la misma Administración forestal.

Puede calcularse por término medio que el valor de las semillas adquiridas en estos últimos años de especies coníferas asciende á más de 100.000 pesetas y á otro tanto el de la recolectada directamente por la Administración.

Los semilleros y viveros á fines de 1878 comprendían ya una superficie de 144 hectáreas, 51 áreas y 79 centiáreas, y suministraron, por término medio, veintiseis millones de plantas al año para trabajos obligatorios y cinco y medio, poco más ó menos, para los voluntarios (en los tres años de 1876, 1877 y 1878), de modo que, por término medio, proporcionaron anualmente durante este período trienal treinta y un millones y medio de plantas, producción que aun ha aumentado en estos últimos años.

Todas estas cifras, indicadoras, ya de la superficie repoblada ó en via de repoblación, ya de las diversas obras de consolidación de los terrenos, no son aún suficientes para formar concepto exacto de los trabajos encomendados á la Administración forestal, sino que requieren algunas explicaciones que den á conocer, así el fin del importante de la repoblación de las montañas, como los resultados conseguidos y los que se pueden esperar. Veremos que de esta operación depende el porvenir de muchos países montañosos, y que la clave para resolver el problema de los daños ocasionados por las inundaciones se encuentra en gran parte comprendida en el de la repoblación. Estos trabajos no tienen menos importancia desde el punto de vista de la utilidad pública, que los dirigidos á facilitar las comunicaciones, y merecen por ello que se retribuyan con igual liberalidad.

CAPÍTULO III

Organización del servicio forestal y especialmente de los de regularización de los torrentes, repoblación y encespedamiento.

La Administración forestal en Francia se constituyó en Dirección por decreto de 13 de Febrero de 1882, y consta en la actualidad de seis secciones que desempeñan los servicios centrales, hallándose un Inspector al frente de cada una de ellas. Un Consejo, del que es Presidente el Ministro de Agricultura, está encargado del despacho de los asuntos generales y más importantes que á los montes conciernen. El servicio de los departamentos está encomendado á una Inspección general, compuesta de cinco Inspectores generales, y todo el territorio francés se divide en 35 Conservadurías (decreto de 23 de Octubre de 1883), de las que cada una comprende uno ó más departamentos: aquél se subdivide en Inspecciones respectivamente encargadas á Inspectores auxiliados por otros adjuntos que actúan en todo ó en parte del territorio de las mismas. Para la Argelia rige un servicio especial no comprendido en las 35 Conservadurías ya citadas.

Además existen servicios especiales para la ordenación, repoblación y estudio de las mejoras concernientes al aprovechamiento de pastos. Para el cumplimiento de la ley de 4 de Abril de 1882 se creó el de las repoblaciones, al que incumben todos los asuntos pertinentes á la restauración y conservación de los terrenos montañosos. Al frente de este servicio está el Inspector general P. Demontzey, encargado de cuanto se refiere, tanto por lo que interesa á los estudios de campo como de gabinete, de los proyectos de las obras, de la adquisición, del replanteo y de la revisión de los perímetros, de la regularización del aprovechamiento de pastos, y en general de todos los asuntos cuyo examen ó comprobación se le prescriba. Tiene también el derecho de iniciativa para las propuestas conducentes á la buena ejecución de las leyes y de los reglamentos. Las presentadas por los funcionarios encargados de las repoblaciones se remiten á consulta del Inspector general, quien, reuniéndolas y acompañándolas de razonado informe, las somete al Director de Montes, no sin haber dado conocimiento de ello á los Conservadores locales, cuyo parecer debe siempre unirse á dichas propuestas, acerca de las que el Director oye al Consejo de Administración. Las decisiones de este Consejo se noti-

fican después al Inspector general, especialmente encargado de velar por su cumplimiento, quien á su vez, para el desempeño de su misión, tiene á sus órdenes los Inspectores é Inspectores adjuntos que intervienen en la ejecución y en la comprobación de las prescripciones dictadas por el Ministro, á propuesta del Director de Montes.

En el servicio central, el Inspector general, Jefe del servicio de las repoblaciones, tiene á sus órdenes un Inspector, un Inspector adjunto y un auxiliar.

El servicio en los departamentos, de la regularización de torrentes y de las repoblaciones, se desempeña por cierto número de Comisiones que, según la naturaleza del terreno, la extensión y la importancia de los trabajos, se componen de mayor ó menor número de individuos, que generalmente no excede de cinco ó seis. Cada uno de los funcionarios de estas Comisiones percibe, cualquiera que sea su categoría, por razón del movimiento á que se ve obligado, la indemnización anual de 1.000 pesetas. El nombramiento de Presidente de cada Comisión se hace por el Director de Montes, y recae generalmente en un Conservador ó en un Inspector.

El territorio francés está en la actualidad distribuido en dieciocho departamentos (Isère, Loire, Ródano, Ariège y Altos Alpes, Garonnes, Bajos Pirineos, Aude y Pirineos Orientales, Gard, Hérault, Lauzère, Saboya, Ardèche, Drôme, Alto Loire, Alpes marítimos, Altos Alpes y Bajos Alpes) á los que están afectas otras tantas Comisiones, que se componen en totalidad de sesenta funcionarios.

Cuando todos los trabajos de regularización de los torrentes lleguen á terminarse y sea innecesario un cuidado especial en los repoblados conseguidos, obteniéndose de los mismos una producción normal, la Comisión se disolverá, encargándose la Administración forestal del Estado, tanto de la conservación de los caminos, cuanto de la de los artefactos hidráulicos.

Este servicio forestal, al cual dan los franceses la denominación modesta de *Servicio de restauración*, está organizado con tal unidad de concepto, que no sólo asegura el buen resultado en la ejecución de un plan preconcebido, sino que lo lleva á cabo con mucha economía y mejor ciertamente que si los trabajos estuviesen encomendados á dos diferentes cuerpos administrativos.

Los funcionarios forestales reciben al efecto una instrucción especial en orden á la regularización de los torrentes y á las repoblaciones, pues tanto en la Escuela de Nancy como en las subalternas de

Grenoble, Villers-Coterets, Toulouse y Barres, en las que hace sus estudios el personal auxiliar, hay asignaturas especiales para estos trabajos de los torrentes, con todos los ejercicios prácticos necesarios para completar la enseñanza teórica.

Conforme á la ley de 4 de Abril de 1882, se circularon instrucciones (decreto de 12 de Diciembre de 1882 é instrucciones generales de 2 de Febrero de 1885) para los trabajos de restauración y consolidación de las montañas, en las que se indican los elementos más importantes para la redacción de los proyectos y la forma de su ejecución. Ante todo, la Administración forestal designa los terrenos en que considera necesario y de utilidad pública regularizar el curso de las aguas. Para ello se hace un estudio preliminar de todo el territorio, empezando por las últimas ramificaciones de cada torrente, distinguiendo exactamente las superficies en que se pueden ejecutar los trabajos voluntarios de las en que deben practicarse los obligatorios, ó lo que es lo mismo, se determinan los llamados perímetros. Los estudios se hacen sucesivamente Ayuntamiento por Ayuntamiento, de tal modo, que después se obtenga toda la superficie de la cuenca ó parte de ella, que deba ser objeto de los trabajos. Se extiende al efecto un acta de reconocimiento del terreno, á la que acompañan un plano de la localidad y una Memoria preliminar expresiva de las reglas generales á que la ejecución de aquéllos haya de ajustarse.

En el acta de reconocimiento se hace constar la configuración del terreno, superficie, altura media sobre el nivel del mar, condiciones climatológicas y geológicas, estado de denudación de aquél, circunstancias que lo han determinado, los daños ocasionados y los peligros futuros. Se indican además el objeto y la naturaleza de los trabajos, los resultados que se pretende conseguir, la circunscripción administrativa, los límites y la superficie total del término, la distribución de esta superficie por clases de propietarios (Estado, pueblos, corporaciones y particulares), según la clasificación con que los terrenos figuran en el catastro (cultivos diversos, montes, pastos, etc.) y según, en fin, la superficie que deba quedar dentro ó fuera del perímetro.

A esta acta de reconocimiento acompañan además dos estados, de los cuales el primero determina, para cada una de las referidas clases de propietarios, las parcelas ó porciones de parcelas que se comprenden en el perímetro, enumeradas por secciones catastrales, según orden alfabético, y dentro de las mismas por el numérico, la

superficie total y la que queda incluida en el perímetro, el nombre del propietario y la descripción del estado actual de cada parcela. En el segundo estado se consigna el nombre de las parcelas agrupadas para cada uno de los propietarios actuales, según las transmisiones ocurridas y su renta imponible (art. 2.º del decreto de 11 de Julio de 1882).

El plano de la localidad se ajusta al catastro y contiene la indicación de las secciones y el número de las parcelas: la escala para el mismo adoptada es la de $\frac{1}{1,0000}$, que se reduce á $\frac{1}{20,000}$ cuando las dimensiones del papel exceden de 0m,90 por 1m,20, sin perjuicio, no obstante, de acompañarlo, si la claridad lo exige, de planos especiales en la escala de $\frac{1}{5,000}$.

De este plano se sacan dos copias, una de las cuales tiene por objeto el representar con tintas convencionales el estado de los cultivos indicado en el catastro, las parcelas que se han de contener en el perímetro y las de los pueblos que quedan fuera de él; en la otra se representan, también con tintas convencionales, los terrenos pertenecientes á las diversas clases de propietarios.

La Memoria preliminar de los trabajos hace, por último, conocer su naturaleza é importancia, así como el presupuesto aproximado de los gastos, y comprende cuatro capítulos:

a) *Trabajos forestales*, en el que se indica la superficie que ha de repoblarse, las especies leñosas que al efecto hayan de elegirse, el sistema de cultivo, el cálculo del gasto medio por hectárea según cada especie y el método adoptado para la repoblación, aplicándose los precios por unidad á las respectivas superficies. Completa este capítulo un resumen del coste total para las parcelas contenidas en el perímetro.

b) *Trabajos de regularización*: se hace en este capítulo una ligera descripción de los trabajos que hay que ejecutar en los diferentes torrentes y sus ramificaciones, y el cálculo detallado y en conjunto del coste de cada uno de ellos.

c) *Trabajos auxiliares*, en los que se incluyen todos los que se refieren á los caminos, cerramientos, transportes y á todos los gastos que originen.

d) *Gastos generales*, los cuales comprenden cuanto se contrae al campamento, guardería y atenciones diversas. Este capítulo termina con un resumen de los gastos relativos á cada uno de los tres precedentes capítulos.

En fin, á estos documentos, y sin que formen parte de los que hay que someter á la comprobación, se une un presupuesto del gasto aproximado que puede ocasionar la adquisición de terrenos comprendidos en el perímetro, y un estado de los de guardería que la Administración habrá de sufragar á consecuencia del replanteo del mismo perímetro.

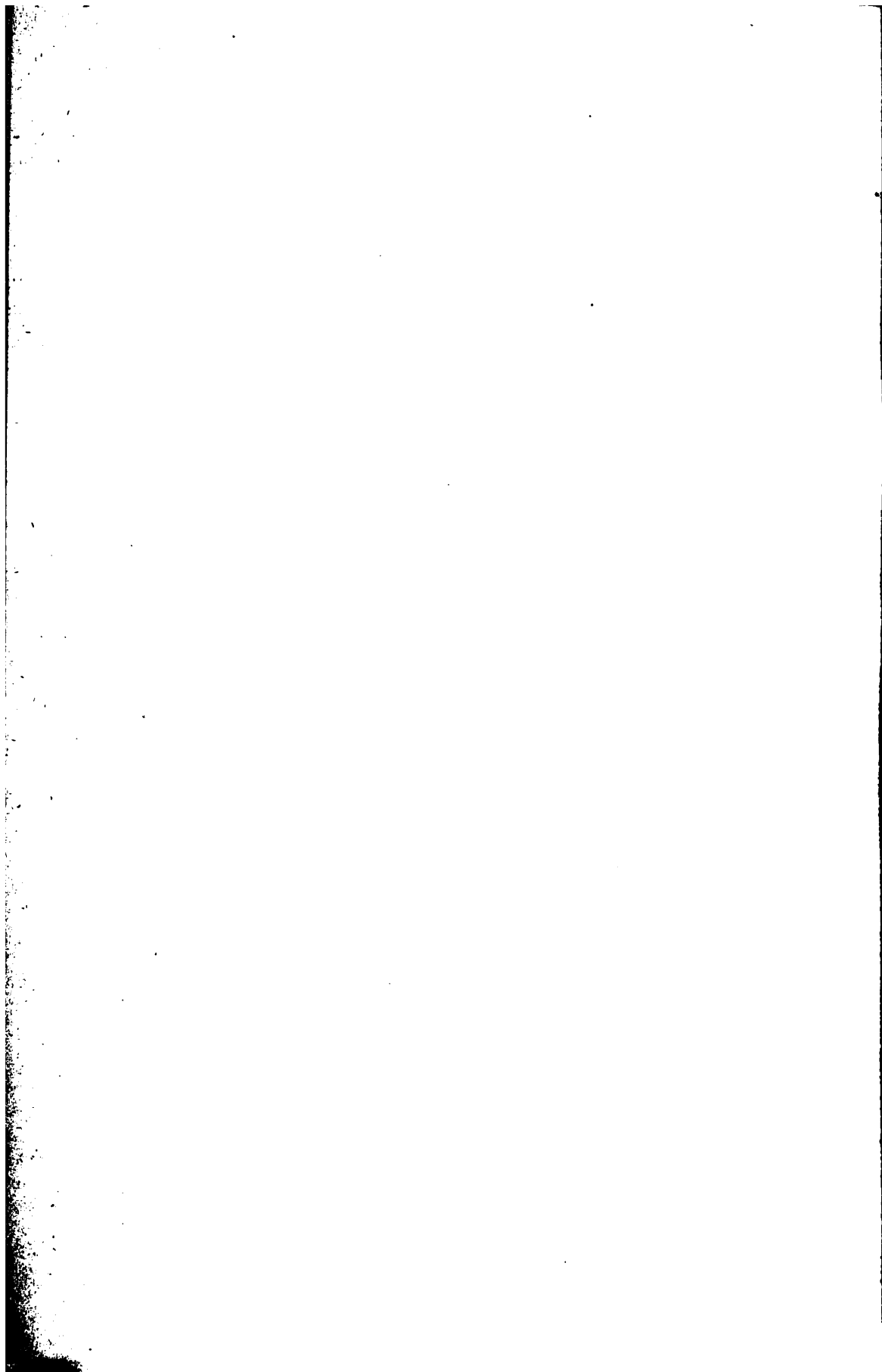
El acta de reconocimiento, el plano de la localidad y la Memoria, después de comprobados sobre el terreno por el Jefe del servicio y por el Conservador, se remiten al Director de Montes para su revisión, y después por la Administración forestal al Prefecto, para que abra en cada uno de los Ayuntamientos interesados la información prescrita por la ley de 4 de Abril de 1882. Todos los documentos quedan depositados durante treinta días en las alcaldías, dando conocimiento de ello á los vecinos por los edictos y avisos oportunos. Pasado este plazo, un Comisario nombrado por el Prefecto admite, durante tres días consecutivos, las manifestaciones de los habitantes acerca de la utilidad pública de los trabajos propuestos, y una vez cerrado y firmado el registro de estas declaraciones, el Comisario lo envía al Prefecto con todo el expediente y con su propio informe. Dentro de los ocho días siguientes al plazo concedido para la información, el Consejo municipal emite su dictamen, que lo eleva al Prefecto, y esta autoridad nombra dos delegados elegidos entre individuos no comprendidos en la lista de propietarios de las parcelas del perímetro, y á los que se confiere la representación del Municipio en la Comisión especial. El Consejo del distrito y el Consejo general nombran cada uno á uno de sus miembros, eligiéndolos entre los extraños al término al que pertenece el perímetro, para que los representen en la Comisión especial. Por último, el Prefecto nombra para formar parte de ésta á un Ingeniero de Caminos ó de Minas, y uno de Montes, y ya así completa, la convoca. Esta Comisión examina separadamente para cada Municipio los trabajos y las declaraciones de los interesados y da su dictamen, tanto acerca de la utilidad pública de aquéllos, como sobre las medidas propuestas en la Memoria para su ejecución. El Prefecto, en su consecuencia, traslada este dictamen con sus observaciones y documentos respectivos al Ministerio de Agricultura, el cual redacta el proyecto de ley conducente á la ejecución de los trabajos, bajo la declaración de su utilidad pública.

A los treinta días de la notificación de la ley, los que quieren ejecutar los trabajos conservando la propiedad de sus terrenos lo hacen

así presente al Conservador de Montes, si son propietarios particulares, y al Prefecto si son Ayuntamientos ó corporaciones administrativas. El Conservador notifica á los particulares todo cuanto deben ejecutar en sus propios terrenos, así como las condiciones de ejecución y la indemnización que podrán obtener del Estado después de terminados por completo los trabajos: en el caso de que éstos no terminen en el plazo fijado ó en el de que su ejecución no se haya ajustado al pliego de condiciones, se llevan á efecto por cuenta de la Administración forestal.

En cuanto al aprovechamiento de pastos, corresponde también á la Administración forestal indicar aquellos terrenos en que por interés público juzgue necesario intervenir, y á este fin levanta un acta de reconocimiento ó Memoria, y un plano de la localidad.

El acta de reconocimiento se redacta del mismo modo que se ha indicado para la formación de los perímetros de repoblación, pero debe además expresarse en ella la naturaleza, la situación, los límites del terreno en que se veda el pastoreo, la duración de esta veda, que no podrá exceder de diez años, y el plazo concedido para presentar las instancias y reclamar el resarcimiento por los daños que se originen de la privación del disfrute. En cuanto á los pastos de los pueblos, los Prefectos notifican á los Ayuntamientos interesados los perímetros en donde los trabajos se han de practicar como obligatorios (artículo 23 del decreto de 11 de Julio de 1886), ó aquellos que requieran la protección determinada por leyes ó decretos. Las condiciones del pastoreo en los terrenos de los pueblos se fijan en un reglamento que debe indicar la naturaleza y los límites de los terrenos, las diversas clases de ganados, el número de cabezas que han de entrar al pasto, las fechas en que empieza y termina el disfrute, y otras condiciones relativas al ejercicio de éste, como los caminos por los que los ganados deben pasar en su ida y retorno, los pastores de los rebaños de los pueblos, etc. El Alcalde de cada pueblo sometido á la ley sobre el disfrute de pastos, transmite anualmente al Prefecto el proyecto de plan para el ordenado ejercicio de este aprovechamiento en los terrenos pertenecientes al Municipio, bien se hallen en el propio territorio municipal, ó en otros diferentes términos, y el Prefecto lo dirige al Conservador para su informe. Publicase después, y dentro del término de un mes, los interesados pueden presentar las oportunas reclamaciones. Transcurrido este término sin ser atendidas, el reglamento, previa la aprobación del Prefecto comunicada al Alcalde, se considera ejecutivo.



SEGUNDA PARTE

PRINCIPIOS TÉCNICOS SOBRE LA REGULARIZACIÓN DE LOS TORRENTES Y SOBRE LA REPOBLACIÓN

CAPÍTULO PRIMERO

Diversas clases de torrentes ; sus partes constitutivas y sus fases ; sus causas y acción de la vegetación ; diversas clases de perfiles ; torrente ideal.

Antes de tratar de las diferentes obras visitadas, y para comprender los principios en que se han fundado, las dificultades vencidas y su importancia, preciso es entrar en algunas consideraciones relativas á las diversas clases de torrentes, á los principios técnicos en que se apoya el sistema de defensa al presente adoptado, y á los resultados hasta ahora obtenidos, y que pueden esperarse para el porvenir.

Las aguas siguen en su curso los diversos accidentes del terreno, producidos por causas geológicas, obedeciendo á la ley constante de correr por las líneas de máxima pendiente que poco á poco van modificando, formando la curva de un lecho más estable llamado comunemente *thalweg*, perteneciente á una formación hidrológica. Surell divide las corrientes de agua en ríos, ríos torrenciales, torrentes y arroyos.

Los ríos son corrientes de agua que tienen gran caudal, que bañan valles muy anchos y cuyas crecidas duran varios días; su pendiente, exceptuando un trecho cercano á su origen, es pequeña, poco más ó menos de $1 \frac{1}{2}$ por 100; la anchura de su cauce es variable, y éste no está enteramente ocupado por las guas sino en las avenidas, caso en el que invaden frecuentemente los campos adyacentes, des-

truyendo los cultivos y acarreando daños gravísimos, cuyas consecuencias se hacen sentir aun después de retiradas aquéllas. Cuando los valles son más estrechos y cortos, la pendiente más rápida, llegando al 6 por 100, y corren las aguas más encauzadas, se llaman los ríos, torrenciales, y son los principales afluentes de los ríos.

No hay quien no haya oído hablar de los desastres que causaron los torrentes, y ahora diremos lo que éstos son. Un torrente es una corriente de agua sujeta á crecidas de poca duración, pero repentinas; su pendiente es muy irregular, y por lo común bastante fuerte; tiene la propiedad característica de socavar continuamente, y depositar materiales en las partes más bajas de su cauce, corriendo sobre estos mismos depósitos. Pero los torrentes no siempre se presentan con los mismos caracteres; antes bien encuéntranse en ellos con frecuencia grandes diferencias, tanto respecto á su origen cuanto á la pendiente de su trayecto, caudal, velocidad y naturaleza de los materiales que transportan y depositan.

Los torrentes son, pues, corrientes de un orden inferior al de los ríos torrenciales; su caudal normal es mucho menor que el de éstos, corren por valles bastante más angostos y más cortos, y su trayecto es en general de pocos kilómetros; ábrense camino entre las depresiones de los contrafuertes de un declive con una pendiente bastante más fuerte que la de los ríos, que bruscamente varía con frecuencia, y socavan las montañas transportando tierras, piedras y masas que depositan en los valles, y sobre las que corren las aguas por consiguiente; sus crecidas son repentinas y de poca duración, y por esta causa algunos los definen, como corrientes de agua susceptibles de rápido aumento ó disminución por la influencia de las lluvias. Proviene los torrentes de una sola cuenca bien determinada, por lo general pequeña, y la curva de sus variaciones de nivel está formada por dos líneas casi rectas reunidas por una curva aguda que puede disminuir hasta cero, por encontrarse seco el torrente durante gran parte del año. Se alimentan de la fusión de las masas de nieve y de los ventisqueros que se encuentran en las altas regiones, y su caudal aumenta con el calor hasta que tales masas desaparecen por completo: tanto aquél como su duración dependen naturalmente de la cantidad de nieve caída en el invierno. La circunstancia de quedar en seco en ciertas épocas del año es la que ha servido á algunos para definir los torrentes; pero hay en esto poca exactitud, puesto que existen verdaderos torrentes en los que, si bien en el verano disminuye el

caudal considerablemente, no llega, sin embargo, á extinguirse. La irregularidad de la pendiente del lecho, y la breve duración de las crecidas, son caracteres de los torrentes, sin que no obstante constituyan sus cualidades distintivas, pues aquéllas también á veces se presentan en los ríos.

La pendiente media de los torrentes siempre excede del 6 por 100, y aunque varía bruscamente, no desciende á menos del 4 por 100. En algunos, las aguas son turbias y con sus avenidas llevan la desolación á las localidades que invaden, destruyen caminos, puentes, poblaciones y cosechas, y esterilizan con sus arrastres los terrenos por donde pasan. Otros, en cambio, acompañados de alarmante apariencia por el estruendo que su corriente hace oír en los valles, conservan sus aguas limpias, en lecho estable encauzadas, y no sólo no originan éstas daño alguno, sino que constituyen el más bello adorno y la delicia de las localidades alpinas: la industria las aprovecha en ciertas épocas del año y la agricultura las utiliza para el riego.

La cuarta división de las corrientes de aguas es la de los arroyos: pueden ser de mayor longitud que los torrentes; pero mientras que éstos se extienden en algunos puntos formando á modo de cuencas, aquéllos ocupan siempre el mismo cauce, que es cada vez más estrecho: además, la velocidad y el caudal de sus aguas son pequeños, hasta el punto de que no pueden ni socavar el terreno ni transportar materiales, conservando sus aguas limpias.

Al establecer estas diferencias se ha procurado poner de relieve, en cuanto es posible, los caracteres que prácticamente son más conducentes á la clasificación de las diversas corrientes de agua; pero muchas veces se encuentran algunas de éstas que participan tanto de los que corresponden á los ríos como de las que pertenecen á los torrentes, y así de los torrentes como de los arroyos. Este caso se presenta en particular cuando, en vez de abarcar todo el curso de una corriente se limita la atención á una parte de la misma, por lo que preciso es, á veces, examinarla desde su origen y seguirla hasta casi su desembocadura. Según los puntos en que se estudie, preséntanse caracteres mixtos resultantes de la unión de dos de las divisiones mencionadas.

Como nuestro trabajo se refiere especialmente á los torrentes, conviene establecer aún otras divisiones. Hay algunos que naciendo y corriendo por terrenos compactos, como granito, areniscas calizas, etc., que difícilmente se disgregan, conservan sus aguas bas-

tante claras. Estos torrentes se encuentran, por lo común, cubiertos de una ligera capa de tierra vegetal, y una vez desnudada la roca, no pudiendo filtrarse las aguas, se precipitan con gran rapidez al fondo de los valles, por lo que, cuando experimentan crecidas repentinas á consecuencia de las lluvias, producen en las vegas efectos desastrosos y demasiado conocidos. Estos torrentes no pueden por lo mismo arrastrar más que los materiales que, desprendiéndose de las laderas de los montes, ó de las rocas que forman su cuenca, se precipitan naturalmente en su trayecto; rara vez socavan el terreno, sino solamente en aquellos sitios en que, habiéndose estrechado el cauce y siendo constante el caudal de aguas, éstas adquieren gran velocidad, llegando á ser su acción fuertemente erosiva. Tales torrentes se denominan claros por la constante transparencia de sus aguas.

Algunos otros, recorriendo un lecho formado por rocas desnudas ó poco menos, cárganse de materiales que, producidos por la erosión del fondo ó desprendidos de las laderas de los montes, quedan en suspensión enturbiando las aguas, y los hay, finalmente, que naciendo en terrenos margosos, arcillosos ó calizo-margosos, etc., de fácil disgregación, transportan materiales que, si bien de pequenísimo tamaño, enturbian las aguas en extremo: este caso es el que ocurre en la mayor parte de los torrentes de los Alpes franceses, donde, por lo expuesto, reciben la denominación de cenagosos y son los que devastan los departamentos del Mediodía.

Surell, fundándose en la situación de las cuencas de recepción, divide los torrentes en tres clases. A la primera pertenecen los que descenden de una garganta y recorren una verdadera cuenca; á la segunda los que bajan de una divisoria y siguen la línea de máxima pendiente, y á la tercera los que nacen bajo la divisoria y en los flancos mismos de la montaña.

Esta clasificación, sobre que no determina bastante los caracteres y la importancia del torrente, presenta en la práctica no pocas dificultades. Costa de Bastelica los divide en dos clases, ó sea en torrentes simples y compuestos. Los primeros son los que se derivan de una sola garganta, á la que concurren cierto número de barrancos, más ó menos grande; son los segundos, los originados por dos ó más gargantas, de las cuales una es la principal.

Comparando estas dos clasificaciones, se observa que los torrentes de la primera clase de Surell son los que Costa de Bastelica llama compuestos, y en los que cada una de las gargantas secundarias son

otros tantos torrentes simples. Los de la clase segunda del primero son los torrentes simples del segundo. En ninguna, sin embargo, de estas dos clasificaciones se toma en cuenta la importancia de los torrentes, en cuanto no sirven sino para dar una idea de su origen y de su forma.

Encuéntrense á veces en las montañas algunas concavidades en las que la garganta del torrente no se presenta sino en una forma muy rudimentaria. Estas simas, que tienen la apariencia de una concha y que se extienden por la base ó la ladera de un monte, están siempre secas, á no ser en tiempo lluvioso: tales depresiones ó concavidades en que concurren varios barrancos que se reunen casi en el mismo punto, se denominan en Francia *combes*, y si bien no arrastran, por lo general, más que el agua que cae en su campo de erosión, algunas veces producen daños aún mayores que los que ocasionan los torrentes antes mencionados.

Demontzey, atendiendo á las condiciones de origen de los materiales que transportan los torrentes, divide éstos en dos clases. La primera comprende aquellos cuyos arrastres se producen únicamente por la erosión de las aguas que caen de las montañas, y los llama torrentes de denudación. Divide la segunda clase en dos subclases. La primera de éstas comprende aquellos torrentes en que, de los materiales que arrastran, parte son debidos á la erosión y la restante al simple efecto de la gravedad, que precipita en su lecho los fragmentos procedentes de la disgregación de las rocas superiores, situadas á mayor altura que la que la vegetación alcanza y sobre las que obran los agentes atmosféricos sin que se les pueda oponer obstáculo alguno. Estos materiales que continuamente se desprenden, acumúlanse de mil diversos modos según la configuración del terreno. Unas veces llenan las depresiones, otras cubren todas las paredes de una especie de círculo y forman como un grande embudo, y otras ofrecen la forma de un cono como el ocasionado por un torrente, con la diferencia de que los materiales se depositan en orden inverso; es decir, que los de mayor tamaño se encuentran en la base de estos conos ó depósitos.

Es evidente que contribuyendo las rocas más altas con su disgregación á ocupar las regiones inferiores, la superficie de estos depósitos, acabará por tomar, como Surell la llama, una *pendiente límite*: ahora bien, producida esta pendiente, y continuando los desprendimientos, éstos llegarán á ocupar los puntos más bajos y á alimentar

los torrentes. Tales depósitos se conocen en los Alpes franceses con los nombres de *clappes* ó *casses* (1), y los torrentes así alimentados toman la misma denominación.

En la segunda subclase se comprenden los torrentes alimentados por los ventisqueros ó glaciares.

En los torrentes de erosión cabe, por medio de obras especiales, llegar á impedir la producción y el transporte de los materiales, y por consiguiente á extinguirlos; pero en cuanto á los *clappes*, preciso es limitarse á contenerlos, ya en las montañas, ya en puntos más bajos, con una sencilla regularización, puesto que otras obras serían de muy dudoso efecto. En las porciones media é inferior los torrentes de la segunda subclase, como los de la primera, se sujetan á los mismos trabajos de consolidación del lecho y de las orillas: tendremos más adelante ocasión de examinar la índole de estos trabajos.

Establecida esta distinción de los torrentes, examinemos las diversas fases por las que pasan desde su origen hasta su completa extinción, así como sus partes constitutivas, que nos suministrarán nuevos caracteres para su mejor conocimiento, y nos demostrarán la fuerza de sus efectos, sugiriéndonos los medios á propósito, si no para impedir, al menos para aminorar sus daños.

Si se observa un torrente cuyo lecho sea actualmente estable y la naturaleza de los depósitos patente en el fondo del valle, se ve que

(1) En la obra de M. Surell titulada *Estudio acerca de los torrentes de los Altos Alpes*, se definen los *casses* en los siguientes términos: «Los *casses* son bloques de montaña formados por una roca dura que se desprende y cae en grandes masas. Las lluvias, las tempestades, el viento y el deshielo favorecen la caída de estos bloques que se amontonan al pie de la roca de que formaban parte, constituyendo depósitos que muchas veces arrastran los torrentes.»

Acaso es oportuno tener en cuenta lo manifestado por el sabio geólogo Sr. Vilanova en su *Manual de geología aplicada*, tomo I, pág. 139, al referirse á la acumulación en diferentes puntos de los ventisqueros de los materiales que se desprenden de las altas montañas. Dice así: «Aunque la palabra *canchal*, sinónima de peñascal, represente más bien el efecto de las aguas corrientes que el de las nieves perpetuas, la prefiero á las de *moraina* y *morena*, mala traducción de la expresión francesa *moraine*, admitidas por otros, pues por lo menos es más castiza.»

Se ve, pues, que es aplicable la palabra *canchal* á los depósitos denominados en Francia *clappes* ó *casses*, ya hayan sido transportados por los torrentes, ya se hayan detenido en los ventisqueros; representación de los primeros, y muy notable, por cierto, son los fragmentos y escombros de roca que se forman al pie y en las laderas de las montañas de caliza y cuarcita que se mencionan en la *Descripción geológica de Asturias*, por D. Guillermo Schulz, y que según sus menores ó mayores proporciones se distinguen en aquella provincia con las denominaciones de *argayos*, *freitas* ó *fanas*. (N. del T.)

ha pasado por diversos períodos de inestabilidad, y que tan pronto sus aguas se extendían dirigiéndose, ya hacia una orilla, ya á la opuesta. A estos torrentes ha dado Surell el nombre de extinguidos, y del empleo de sus aguas obtienen gran beneficio la industria y la agricultura. A los otros puede llamárseles *vivos ó activos*, tanto por la actividad con que socavan ó denudan las montañas y transportan sus materiales á las llanuras, como por no haber encontrado todavía un lecho estable en que descansar.

El tránsito de un torrente en plena actividad al estado de extinción, nunca tiene efecto repentinamente, sino que se verifica siempre por grados, como todos los demás fenómenos naturales en que tampoco se observan soluciones de continuidad ó cambios repentinos. Cuando un torrente empieza á formarse, primero denuda hacia su origen, acumula depósitos más abajo y entra en una fase ascendente, porque su acción va creciendo en vigor hasta un grado en el que se mantiene por un período más ó menos largo. Después, no encontrando materiales en que operar la denudación, la actividad del torrente disminuye, se debilita, y las aguas que continúan corriendo son en general bastante más limpias que al principio: transcurrida está fase decreciente, el torrente puede considerarse extinguido.

La duración de estas fases es variable, y para cada una puede llegar á ser de algunos y acaso de muchos siglos. En el transcurso de estos períodos, á veces se presentan momentos de tregua en que el torrente parece extinguido; pero aun llegando á tal estado, éste es precario, habiendo ocasiones en que despierta y recobra su energía primitiva.

De estas consideraciones surge naturalmente la pregunta de cuáles serán las causas que determinen en un torrente el paso del estado de extinción al de actividad. En el momento que se destruye un monte, el torrente puede despertar, recobrar su fuerza erosiva y transportar materiales, que después deposita en las fértiles llanuras. Este fenómeno se ha repetido muchas veces en la época presente y ante nuestra vista, y basta para persuadirse del hecho haber habitado algún tiempo en nuestros Alpes. Donde las cortas indiscretas, el mal régimen forestal y los abusos de un inmoderado pastoreo han hecho desaparecer la espesura del arbolado, dejando al descubierto el terreno por aquélla protegido, allí se ha reproducido aquella energía de los torrentes, cuya fuerza ya antes había ocasionado desastrosas consecuencias.

La historia de las diversas fases por las que ha pasado un torrente y su formidable empuje, se nos manifiesta en la serie de sus depósitos, que frecuentemente se encuentran en proporciones colosales. También en nuestros montes encontramos con frecuencia torrentes en todas sus fases, y el Ingeniero debe aprender á conocerlos para inquirir los medios que deben adoptarse como más conducentes, ya á la conservación de algunos de aquéllos en su estado de letargo ó extinción, ya al de reducción á este estado de los que se hallan en actividad.

Lo que los franceses llaman *corrección* de un torrente, no es sino el conjunto de trabajos especiales que se practican en su lecho ó en sus vertientes para procurarles cierta fijeza ó estabilidad ó disminuir al menos el acarreo de los materiales, que se verifica independientemente de la denudación producida por las aguas del torrente mismo.

Examinadas las fases por las que pasa un torrente y algunas de las causas que pueden despertar su actividad, analicemos sus diversas partes.

En todo torrente distinguiremos la *cuenca* en que se recogen las aguas, llamada de *recepción*; el *canal de desagüe* y el *lecho de deyección*, el cual no es sino el depósito de los materiales transportados, llamado también *cono*.

La cuenca es una especie de gran embudo oculto en los flancos de una montaña, y en el que las aguas se acumulan y socavan el terreno; es, pues, como el resultado de la acción de las aguas, y tanto su forma como sus dimensiones dependen en gran parte de la resistencia que la naturaleza del terreno opone á la denudación. En su fondo tiene una abertura, en la que se reunen todas las aguas, produciendo efectos tanto más terribles cuanto mayor es la superficie de la cuenca misma. La resistencia de las rocas varía según su naturaleza y la facilidad con que se descomponen por la acción de los agentes atmosféricos; por esta causa las formas de las cuencas son muy diversas, si bien en terrenos de la misma naturaleza tienen cierta analogía.

La cuenca, algunas veces, está formada por varias montañas reunidas en círculo, y el cuello de esta especie de embudo está formado por un barranco, ó más bien una garganta cada vez más estrecha y profundamente encerrada entre sus laderas por la acción de las aguas; así es que tiene la apariencia de una verdadera trin-

chera, cuya longitud es con frecuencia de algunos kilómetros, interrumpida á cada paso por otros torrentes más pequeños que afluyen al principal, aumentando el caudal de aguas y los materiales que consigo arrastran.

Encuéntranse también cuencas que, en lugar de formarlas diversas montañas surcadas por valles más ó menos altos, lo están por una ondulada, que en este caso les da un aspecto más pronunciado de embudo que en el anterior. En otras ocasiones tienen la forma de una depresión, debida á antiguas erosiones de terrenos que se descomponen fácilmente por la influencia de los agentes atmosféricos y que se dejan también corroer por las aguas.

Parecería fácil, á primera vista, clasificar los torrentes según la forma de las cuencas y la naturaleza de los terrenos en que se observan; pero los resultados hasta ahora obtenidos respecto de tal clasificación son bien poco satisfactorios. A la cuenca afluyen también los de las gargantas laterales, los cuales se extienden á la manera de las ramas de un árbol, y suben y se ramifican acercándose hacia la cima de los montes, perdiéndose en otros tantos pequeños barrancos ó depresiones del terreno. Y aquí es oportuno distinguir las gargantas de los barrancos. Las primeras tienen, por lo general, una gran longitud, y el agua corre por ellas en cantidad más ó menos considerable; los segundos, al contrario, tienen menor longitud y están por lo común secos cuando no llueve. Si las pendientes de estas gargantas y barrancos son fuertes y se halla el terreno desprovisto de vegetación, la reunión de las aguas se verifica con mucha rapidez, y tanto más grande resulta su velocidad y su fuerza. Esta es tal, á veces, que arrastra á grandes distancias los pastos, la tierra vegetal, los detritus minerales; que desnuda los terrenos y aumenta repentinamente los torrentes, los cuales á su vez desaguan en los ríos, y éstos, no pudiendo contener en su cauce sus aguas y las que en tal abundancia al mismo concurren, originan catástrofes que destruyen tanta riqueza y ocasionan tanta miseria, y que sólo en parte pueden remediar los sacrificios del presupuesto del Estado y de las provincias, auxiliados por los de la beneficencia privada.

A la cuenca sigue generalmente una estrecha garganta, en la que las aguas adquieren la velocidad máxima, y en la que naturalmente no puede formarse depósito alguno: á causa de tal velocidad, las aguas arrancan á veces de sus flancos masas enormes. La garganta se prolonga en el canal de desagüe, que por lo regular es de corta

longitud y en el que el torrente es inofensivo, no produciendo ni denudación ni depósito.

Fuera ya del canal de desagüe la corriente que, menos encauzada, adquiere más libertad, cambia su trabajo de excavación en el de depósito formando el lecho ó cono de deyección, aglomeración de materiales transportados, y que se extiende sobre una superficie cada vez más grande, cuyo aspecto es el de una gran ruina que revela la fuerza formidable de sus aguas. La forma de este lecho no es accidental, sino que está sujeta á leyes determinadas, por más que su figura pertenezca á un tipo dependiente, como se ha dicho, de la naturaleza de los terrenos, é invariable para una misma localidad. Esta figura es la de un cono aplanado ó comprimido, cuyas generatrices siguen con regularidad la máxima pendiente, que no obstante es siempre suave. De este cono sólo es visible su mitad, y su vértice se halla en el extremo del canal de desagüe; avanza en el valle como un contrafuerte de la montaña ó como un grande abanico abierto y encorvado, y es lo contrario precisamente de la cuenca de recepción, que se asemeja á un abanico abierto con la concavidad vuelta hacia arriba. La anchura de este cono ocupa, en ocasiones, hasta más de dos ó tres kilómetros y una altura de algunas decenas de metros.

No siempre es fácil descubrir el cono de deyección de un torrente; algunas veces es preciso una observación larga y minuciosa por estar cubierto el terreno por árboles, cultivos y hasta edificios, si bien para un observador experto se manifiesta con claridad y precisión.

Se ha notado que el lecho de un torrente, en su conjunto, se presenta como una curva continua cuya concavidad está vuelta hacia arriba, y cuya pendiente es siempre más fuerte del valle al monte, ó de abajo arriba. Tal regularidad se manifiesta de un modo más perfecto en el cono de deyección, y aunque á primera vista no se descubre, y antes bien, se presenta mucha irregularidad, sin embargo, á medida que más atentamente se observa el curso del torrente, esta irregularidad poco á poco desaparece, y la línea que separa el cono del plano horizontal se hace siempre más distinta y regular.

Si se dibuja en una escala cualquiera el perfil longitudinal del lecho de un torrente que haya pasado por todas las fases, se observará que la curva de este lecho desde el origen del torrente desciende rápidamente, y además, que la pendiente disminuye poco á poco, variando, sin embargo, según la naturaleza de los materiales depositados y la de los terrenos que recorre, razón por la que, en una misma

localidad, estas curvas tienen una forma típica determinada y constante. El radio de curvatura de esta línea, que disminuye continuamente hacia su parte superior, da á la misma una forma, que es la que más conviene á una corriente cuyo caudal crece en proporción á la distancia que recorre. Así, en la cuenca, el lecho ocupa una cavidad respecto del terreno que lo circunda, mientras que al salir de la garganta se dirige hacia la arista del cono y se presenta como levantado.

El estudio de la forma del cono constituye la parte principal del torrente, y así como la cuenca representa su causa, el cono representa su efecto. Para comprender hasta qué punto pueden ser eficaces los medios de defensa contra los torrentes, necesario es conocer las causas que los han originado y la defensa que contra ellos puede oponer la vegetación. Estas causas son geológicas, topográficas y meteorológicas, ó el resultado de dos de éstas ó del conjunto de las tres. Las primeras resultan de la naturaleza misma del terreno, puesto que, sin condiciones para la erosión, no podría ser socavado ningún terreno, ni tendría, por consiguiente, efecto el transporte, como tampoco la formación del cono. Siendo imposible cambiar la naturaleza del terreno, contra este hecho no es dable oponer una eficaz resistencia.

También la forma y la configuración de los montes, de las cuales depende la de la cuenca, pueden reunir condiciones tales, que acumulen las aguas con rapidez, dándolas una fuerza de erosión que crezca con el aumento de la pendiente. Éstas constituyen las causas orográficas, resultantes de precedente y prolongada acción de las aguas corrientes sobre un terreno desprovisto de cohesión; motivo por el que este efecto debe considerarse subordinado á la naturaleza del terreno y á su configuración primitiva. No siendo tampoco posible reaccionar eficazmente contra esta causa, se ha de procurar, al menos, impedir la rápida reunión de las aguas y su erosión, y disminuir, por tanto, el transporte de materiales, combatiendo las acciones meteorológicas con los medios naturales de que el arte puede fácilmente y con provecho disponer. Es importante para hacer el estudio de los torrentes, completarlo con el de las acciones geológicas y el de la influencia del terreno y del clima sobre su formación, porque de tal examen dedúcense interesantes datos sobre las causas de esta formación y de los daños, y sobre los medios para evitar éstos. Algunas de aquéllas solamente se modifican por el hombre, como son las que se refieren al suelo y al clima, si bien respecto de este último

la modificación siempre será ligera para una determinada localidad, aun á favor del transcurso de muchos años.

Las operaciones, pues, del selvicultor y del Ingeniero no han de dirigirse á otro fin, que al de impedir la denudación superficial, ya cubriendo el terreno de vegetación, ya con trabajos que preparen á ésta las condiciones indispensables para su existencia.

La influencia de los montes se manifiesta de muchos y diferentes modos, que se estudian especialmente en la selvicultura y en la meteorología forestal; pero esta influencia se ha exagerado por algunos, á pretexto de que alcanza á determinar la distribución de las lluvias. Tal influencia, bajo este aspecto, no es sensible, y ha de considerarse como simplemente opinable. En realidad, la lluvia depende de las grandes corrientes atmosféricas y de los grandes accidentes que éstas encuentran sobre la superficie terrestre, montes y mares; y los pocos metros que los árboles se elevan sobre el suelo, bien poco pueden influir en la corriente de aire húmedo, que tiene una altura de algunas centenas de metros. La observación en que se funda esta influencia es que en algunos países, como por ejemplo, la Argelia, llueve más en los montes que en las regiones que de ellos carecen. En esto evidentemente se confunde la causa con el efecto, porque la lluvia sigue, de modo en realidad sorprendente, los relieves del suelo, y los montes no se crean espontáneamente más que allí donde las lluvias son más frecuentes, resultando, que la acción de los montes en la distribución de aquéllas no es admisible, en el estado actual de la ciencia, sino como un factor de escasa importancia.

Esta acción, pues, solamente merece considerarse en cuanto afecta á la economía de la producción forestal y á la cohesión del suelo. Sin ésta, las aguas denudan el terreno abriendo surcos que poco á poco se ensanchan, convirtiéndose en barrancos ó pequeños valles: lateralmente á éstos, el terreno se resquebraja y grietea nuevamente, produciendo un deterioro que contribuye á aumentar el ímpetu y los daños de las aguas torrenciales.

Ahora que conocemos el modo como se forma un torrente, tratemos de completar lo que se refiere á la figura del perfil de su lecho y de su cono.

En un torrente debemos distinguir dos acciones; una que tiende á socavar, y otra á llenar: éstas no llegan á anularse, predominando á veces, ya la una, ya la otra, según su grado de impetuosidad. Suirell admitía que el perfil longitudinal es siempre cóncavo, y que la

pendiente se presenta siempre más fuerte hacia la parte superior, por lo que el perfil longitudinal del cono no sería sino continuación del de la garganta. Costa de Bastelica, en cambio, poniendo en evidencia las dos acciones, de excavación y relleno, que son esencialmente distintas, demostró que el perfil de un torrente es resultado de la unión de dos perfiles; el de la garganta, que procede únicamente de la primera de estas acciones, y el otro que se manifiesta en el cono y que está combinado con la fuerza que tiende á rollenar.

Cuando un torrente se encuentra en la fase ascendente de su actividad, presenta á la salida de la garganta una convexidad que se extiende hacia abajo, y que es tanto más visible cuanto más grande es su energía. Cuando, al contrario, se encuentra en su fase descendente prevalece la excavación llegando hasta la concavidad, y de ello se deduce que la curvatura convexa ó cóncava es un carácter de la inestabilidad ó estabilidad del torrente. Así, en los que están próximos á extinguirse, ó se han amortiguado, se presenta cóncava, á no ser que por la acción repentina de agentes meteorológicos recobren aquéllos su actividad.

Por cuanto precede se comprende la importancia de la determinación de la curva del perfil, cuyo plano se levanta tomando sobre el cono los puntos más salientes del terreno.

Esta determinación, para comprobar la antedicha ley, no es tan fácil—á causa de la gran irregularidad de la superficie—como á primera vista pudiera creerse. En los depósitos de los ríos, donde en vez de materiales de gran tamaño se encuentra grava y arena, esta superficie es más regular y de más fácil determinación.

La sección transversal del cono tiene la forma de un arco, cuya convexidad se halla en la parte más alta, teniendo sus extremos ligeramente levantados; así que, se puede conceptuar este cono como engendrado por el movimiento de un arco que tiene una curvatura análoga á la de una catenaria y por directriz el perfil longitudinal.

La convexidad del cono es tanto más visible cuanto más grandes son los materiales transportados, y su mayor depresión se observa hacia la desembocadura en los ríos y allí donde los depósitos sólo consisten en arena fina, por lo que los torrentes que proceden de rocas muy friables y de fácil descomposición ó disgregación dan siempre lugar á conos muy rebajados ó comprimidos.

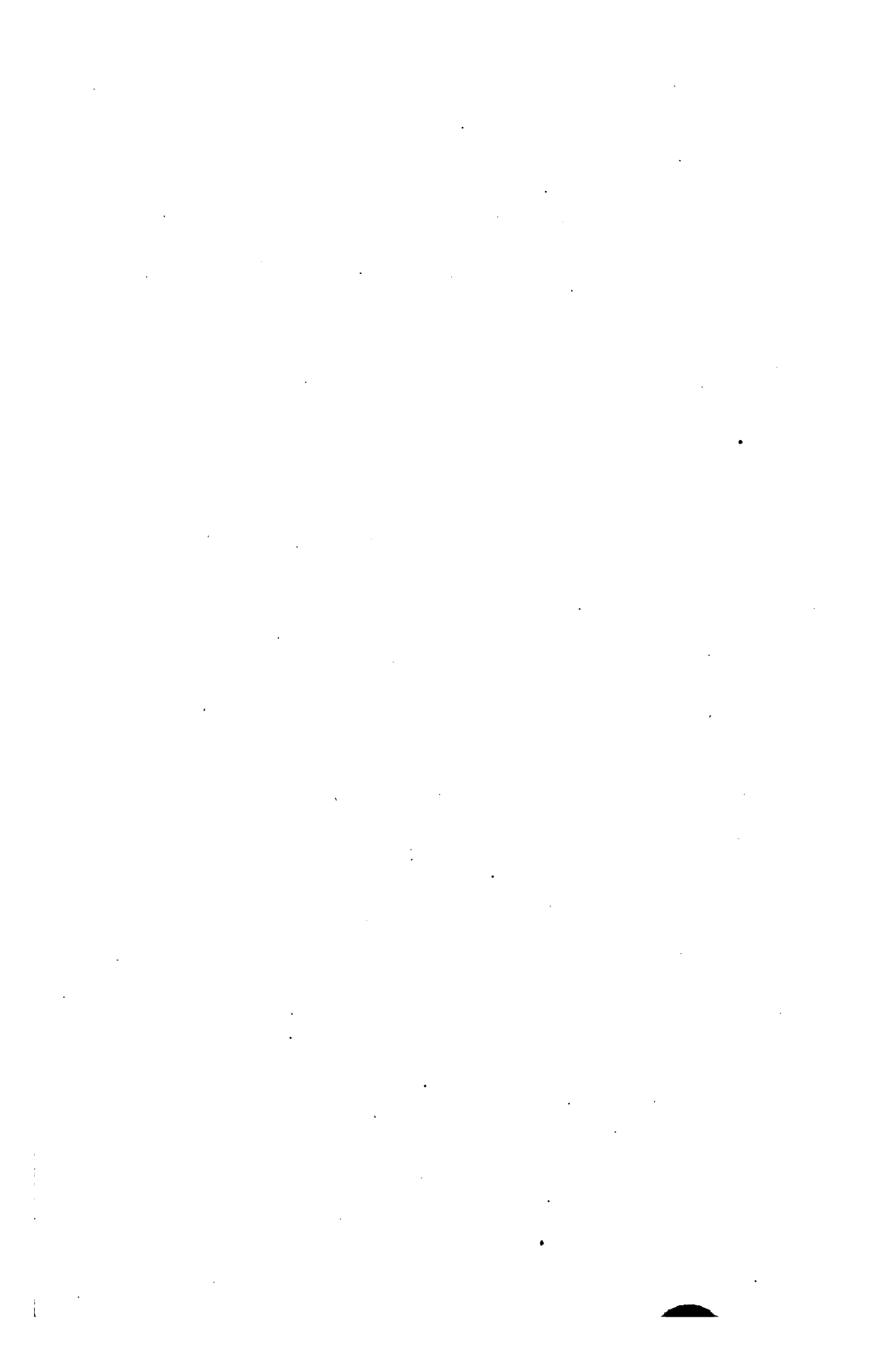
Si ningún obstáculo se opone, el cono crece siempre en todos sentidos, longitud, latitud y altura. Cuando los materiales transportados

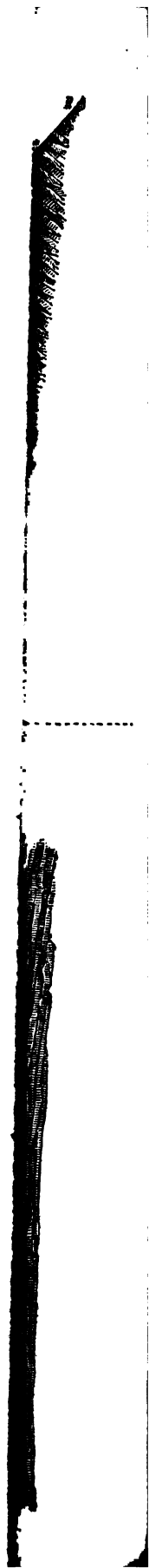
son en mayor cantidad que los que el torrente lleva al río á que afluye, el cono necesariamente aumenta, se alarga y acaba por alejar hasta al mismo río, produciendo una desviación ó una sinuosidad que puede repetirse por la acción de otros torrentes. Sólo cuando el cono se ha introducido en algún río, determinando la referida sinuosidad, y la actividad del torrente ha menguado ó se ha extinguido, el río, continuando su acción sobre las orillas, demolerá parcialmente el cono, que á la vista parecerá incompleto.

Como se ve, el crecimiento del cono en longitud no tiene límite, sino en el río que encuentra, y el crecimiento en altura se verifica de modo, que el vértice sube continuamente hacia el interior de la garganta; la pendiente se hace entonces más suave y se produce un equilibrio entre el transporte y el depósito, de manera que el aumento en altura acaba por cesar. Este estado del lecho se llama por Surell *pendiente límite* y por Bretón *perfil de compensación*, porque no hay ya en él ni denudación ni depósito en el lecho, llegando éste á su estabilidad.

Se comprende, no obstante, que esta estabilidad es precaria, y debe variar con la cantidad y dimensiones de los materiales transportados; así que si el torrente, por una razón cualquiera, no llevase ya más que agua clara, el lecho sufriría, sin embargo, erosiones parecidas á las que ocurren en las vertientes, y su perfil se deprimiría hasta tanto que la fuerza de la corriente se equilibrase con la resistencia del fondo: este último perfil es el que Bretón llama *perfil de equilibrio*.

Un punto importante que debe considerarse en la curva de un torrente, es el que determina el paso entre la acción de denudación y la de depósito; esto es, el punto en que las aguas cambian, respecto á su acción, de signo. Desde este punto del cono la curva va disminuyendo su concavidad, presentando un fenómeno precisamente inverso al que acontece en el perfil cóncavo de la garganta; de suerte que en él se encuentran dos curvas distintas, y que son tangentes cuando la actividad del torrente está próxima á su terminación ó ha terminado ya. Este resultado es, por tanto, contrario á los expuestos por Surell, quien admitía que la concavidad crecía más rápidamente en dirección á la cumbre, y que había continuidad en el punto de paso de la curva del depósito á la garganta, no habiendo observado, que en dicho punto no puede haber más que tangencia entre dos curvas diferentes.





Los fenómenos precedentemente indicados y que se producen en las diversas fases de un torrente, los representa Demontzey con una figura muy á propósito para aclarar cuanto se deja dicho. (Fig. 1.) Sea, en efecto, $M N P Q R$, el perfil transversal de un valle y la vertiente de una montaña, y supongamos que en ésta se haya producido, á consecuencia de una fuerte lluvia ó de una fusión de nieve repentina, un barranco ó surco; éste seguirá la línea de máxima pendiente, ó sea la del perfil $R Q$. El primer barranco estará representado por la curva $a b$, cóncava hacia arriba, y los materiales procedentes del mismo se depositarán abajo, según el perfil $a c$, que será el perfil del depósito. Si dado este estado de cosas no ocurren ya durante algún tiempo lluvias torrenciales, ó una repentina licuación de nieves, el desgaste en el perfil de denudación será escaso y la disposición del mismo, después de cierto período de calma, será la indicada por la curva $A B$, cóncava hacia arriba. En el perfil del depósito, por tanto, las aguas que de ordinario corren no habrán hecho más que destruir el antiguo aluvión que se habrá depositado según la curva $C A$, también cóncava hacia arriba. Estas dos líneas serán evidentemente tangentes en el punto A .

Supongamos ahora que al período de calma siguen lluvias continuadas, y que después de grandes nevadas se presenta una primavera con vientos del Mediodía que produzcan una repentina licuación de las nieves; en tal caso se verificará en la vertiente, por la parte superior al punto B , una nueva y grande excavación, y consiguientemente un depósito en la inferior, por lo que se tendrán dos nuevos perfiles $b' a'$ y $a' c'$, el uno cóncavo hacia arriba, y el otro cóncavo hacia abajo. Si á estos dos perfiles, el uno de excavación y el otro de depósito, sigue un período de algunos años de calma, la acción de las aguas los modificará, y el resultado será la disposición representada en la curva $C' A' B'$, compuesta de otras dos, cóncavas hacia arriba y tangentes en el punto A' .

Esta serie de perfiles continuará indefinidamente mientras que el terreno pueda denudarse, pasando la curva de los depósitos alternativamente de la forma convexa á la cóncava. La primera se presenta solamente en algunos extraordinarios accidentes meteorológicos, mientras que la segunda corresponde á un período de quietud relativa en el trabajo de las aguas, ocasionándola lo que los franceses llaman *trriage* ó *separación* de los materiales.

Supongamos ahora que, á partir del punto R , se encuentra una

roca muy dura, representada en la sección por RS , y que el perfil $C''A''$ sea el de compensación, de modo que cuantos materiales bajen, otros tantos sean los transportados. La denudación de la parte superior no puede ya evidentemente continuar en esas condiciones, y el perfil $A''B''$ será el de la roca misma. En este supuesto, como los materiales que alimentaban el torrente han ido disminuyendo, la fuerza erosiva del agua no podrá más que rebajar el perfil de compensación, por lo que éste tomará las posiciones indicadas en TV , $T'V'$, $T''V''$, líneas que deberán considerarse prolongadas hacia abajo hasta el punto C'' de confluencia con un río. El perfil $C''T''V''$ será, pues, el perfil de equilibrio correspondiente á la naturaleza del terreno y de los materiales del lecho, ó sea la curva definitiva que tomará el torrente.

Examinemos ahora lo que sucede en la sección transversal del torrente (*Fig. 1* y *Fig. 1a*) en sus diversas fases. Al producirse la erosión primera y su correspondiente depósito, la parte superior a b de la curva de denudación se presenta en su sección transversal como un surco profundo de forma triangular, con su base hacia arriba (*Fig. 2*); pero en la parte inferior de esta curva la base del triángulo se ensancha, y en cada una de las orillas de la sección se forma un depósito caótico de materiales de diferentes tamaños dispuestos en taludes, á veces bastante regulares (*Fig. 3*).

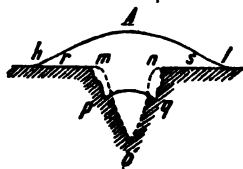
Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.



Cuando la corriente de los materiales llega al punto Q , no encontrándose ya encerrada entre las laderas y cambiando de pronto la pendiente, el aluvión se ensancha y se extiende como un abanico; las piedras más grandes que se oponen á su marcha las arroja á un lado, por la velocidad adquirida en el descenso, la corriente misma, y se mezclan con otras más pequeñas; el transporte en masa cesa, siguiéndose una considerable disminución de velocidad, y se manifiesta en la sección transversal ac del aluvión, tomada esta sección según ZZ' , una depresión hacia el vértice de la curva (*Fig. 7*).

Veamos ahora lo que acontece en las secciones transversales de los puntos A A' A'' del perfil longitudinal, y refirámonos por un momento á la proyección horizontal del lecho del torrente (*Fig. 1 a*). Desde que se ocasiona la primera denudación, la sección en A está formada por dos líneas m o y n o. Esta hendidura ó surco tiende poco á poco á llenarse, y mientras la denudación continúa hacia arriba se produce por debajo el depósito. Al alcanzar el surco la línea A' B' la sección en A (*Fig. 4*) se ha llenado hasta p q á causa del levantamiento del lecho que llega á aquel punto. Al mismo tiempo la sección en A' (*Fig. 5*) se convierte en un triángulo m' o' n' de escarpes m' o' y n' o' más profundos. En este punto se repite el mismo fenómeno que en la sección A : los materiales transportados extienden hacia arriba el depósito ó aluvión y lo cubren poco á poco, y cuando la denudación alcanza al punto B'' , la sección A'' se ha terraplenado hasta la línea h' l' y el aluvión subido hasta A'' (*Fig. 6*) en que se ha-

Fig. 5.

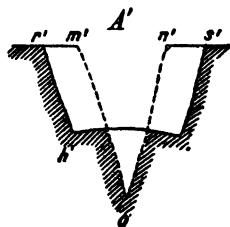
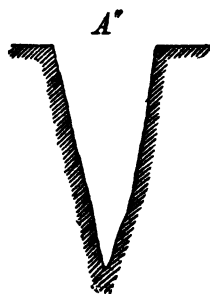
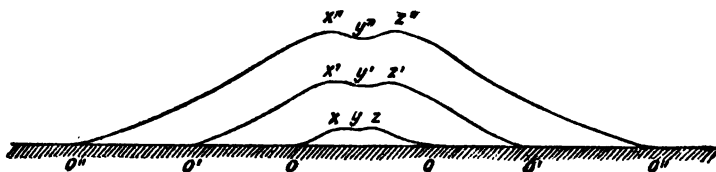


Fig. 6.



brá producido una fuerte erosión. Volviendo ahora á la sección A , ésta se hallará completamente cubierta por depósitos dispuestos, según la línea h l . Tales levantamientos se producen simultáneamente en el cono, cuyos perfiles en proyección horizontal (*Fig. 7*) son suce-

Fig. 7.



sivamente $oxyz$, $o'x'y'z'$, $o''x''y''z''$, y los efectos del transporte combinados con los de la separación (*trriage*) dan después á la proyección horizontal del cono la forma de una porción de elipse. La línea LE resulta con pendiente más fuerte que la de la LC ; así que, si el torrente encuentra en L el más pequeño obstáculo, abandonará el lecho LC para tomar la dirección LE , produciendo el mismo efecto que sobre LC , esto es, prolongando y levantando el cono. Lo mismo puede suceder en cualquier otro punto, y por esto, abandonando el cono la forma elíptica, á consecuencia de esta no interrumpida alteración, tomará la circular y desviará el río tendiendo á dirigirlo de P á N hacia la orilla opuesta, si ésta, por su naturaleza, se presta á la erosión. En el caso opuesto, se extenderá por la llanura en otras direcciones.

CAPÍTULO II

Medios especiales de defensa contra los torrentes.—Formación de los perímetros: trabajos de regularización: diques de contención ó retención y diques de consolidación ó regularización (1).

Las obras de defensa adoptadas hasta estos últimos tiempos contra los torrentes se reducían á algunos muros longitudinales ó transversales, á los caballetes y cajas, á la veda del aprovechamiento de pastos y á la repoblación forestal. La adopción de uno ó de otro de estos medios dependía, no sólo del fin que intentaba conseguirse y de los recursos de que podían disponer los propietarios, sino también de la importancia y de la extensión de las superficies objeto de las mejoras.

(1) La palabra *dique* con que traducimos la italiana *traversa*, equivalente á la francesa *barrage*, no nos satisface por completo, puesto que la primera significa «reparo artificial hecho para contener las aguas,» y con la segunda y tercera, en su acepción especial, se denota una construcción que cumple el triple objeto de detener, más bien que el agua, las tierras y materiales de las montañas desprendidos, regularizar las pendientes y disminuir la velocidad de las aguas que por ellas descienden. Acaso la falta de esta clase de obras, aún desconocidas entre nosotros, y cuyo fin es el de facilitar la repoblación forestal, consolidar ó fijar terrenos movedizos y consiguientemente prestar seguridad y defensa á muchas localidades, contribuye á que no se haya adoptado una denominación que comprendiendo por completo la índole y destino de estas construcciones, no se cifa tan sólo al obstáculo artificial que en una corriente sirve para regularizar su curso. (*N. del T.*)

Tales medios, aun hoy adoptados, se deben considerar como provisionales, porque no oponen contra las causas de los torrentes los recursos que el arte señala como más eficaces. En efecto, en todas aquellas localidades en las que el lecho no ha alcanzado todavía la pendiente límite, es evidente que los materiales han de continuar depositándose, primero los más grandes y pesados, y después los más pequeños y ligeros, y que, por tanto, aquél continuará aumentando con cuanto los obstáculos puestos hayan detenido, elevándose y rebasándolos, sin que á esto pueda aplicarse remedio alguno; así que, con estas obras no se evitarán los depósitos, sino que se transportarán á mayor ó menor distancia.

Todos los Ingenieros, y cuantos han tenido ocasión de construir obras de defensa contra los torrentes, han podido convencerse de que estos medios son insuficientes, frecuentemente inútiles y algunas veces perjudiciales, por cuanto no hacen más que trasladar el daño de un punto á otro sin impedirlo. En efecto, la acción de los murellones ó malecones longitudinales y transversales, es la de aumentar la velocidad de la corriente y evitar los depósitos; mas una vez los materiales en movimiento, como que necesariamente han de acumularse en algún sitio, se verifica ésto más lejos y en puntos á los que más fácilmente pueden adaptarse. Si por una parte resulta ésto ventajoso en razón á que de tal modo los daños acaso disminuyen, por otra no se consigue más que variar su punto de acción, sin evitar para más ó menos tarde nuevas obras y nuevos gastos, sobre que, aun consiguiendo la minoración de los daños, es á costa del aumento de los causados por los ríos y del perjuicio de que los trabajos ejecutados no los han evitado como hubiera sido necesario.

Los *traverse* (1), *espigones* ó *diques*, que significan la misma cosa, obedecen á un principio más racional, en cuanto atacan el mal más cerca de su origen. Sin embargo, son insuficientes por si solos, ya que una vez puestos en movimiento materiales que necesariamente han de descender, tales obstáculos sólo ofrecen una relativa utilidad. La insuficiencia de estos medios ha obligado á acudir contra los daños á su mismo origen, esto es, á la cuenca, y más propiamente, á impedir la denudación en las más pequeñas depresiones ó surcos del

(1) Conservamos de intento la palabra del original *traverse* por lo mismo que el autor la hace sinónima de las de *briglie* (espigones) y *serre* (diques); pero es de advertir que también se designan los últimos, en el mayor número de casos, por las de *diga* y *argine*. (N. del T.)

terreno en que se originan los barrancos y torrentes, fin que no se alcanza sino conservando la vegetación donde existe ó restableciéndola donde falta. Realmente, por más que se consiguiese sujetar y detener las grandes masas que descenden de las montañas, no por ello se evitaría la destrucción de las rocas superiores, que sin la vegetación no tendría límite.

No se trata, por tanto, de acudir á construcciones más ó menos resistentes, aplicables á las diversas circunstancias, pues es obvio que el medio más oportuno será el de reponer los terrenos donde se reúnen las aguas torrenciales en su primitivo estado; esto es, el de tomar por base algunos puntos de más fácil repoblación y procurar reunirlos poco á poco extendiendo ésta, y repitiendo así lo que la Naturaleza misma operó un día lentamente.

La influencia de las plantas sobre las corrientes y la consolidación de los terrenos, proporciona siempre el medio más seguro y eficaz de preservación y aun de extinción contra los daños de las primeras, y si bien los otros medios se han de considerar como provisionales, su estudio es importante, sin embargo, para aplicarlos en su justa medida, tanto más, cuanto que el primero sería por sí solo insuficiente.

Los trabajos hasta ahora llevados á cabo con tanta actividad é inteligencia en Francia, y los resultados de ellos obtenidos, pueden servirnos de ejemplo y de guía segura para los que debemos practicar. Mientras que los efectuados hasta el presente no han hecho más que aplazar los daños á una época más ó menos lejana, con las obras actuales no sólo se provee para siempre contra los mismos, sino que se satisface además un fin económico, empleándose un capital del que las generaciones venideras reportarán el fruto. La obra de la Naturaleza es siempre lenta, y nuestros intereses exigirían que fuese eficaz y breve, obteniéndose pronto provecho del capital empleado; pues bien; utilizando determinadas especies leñosas se puede, hasta cierto punto, satisfacer también esta exigencia y alcanzar del capital, con relativa brevedad, un provecho módico, pero seguro.

Debiendo especialmente combatirse la erosión superficial del terreno con una vegetación herbácea ó leñosa, según los casos, es necesario dar primero á este terreno la conveniente estabilidad, á fin de que la vegetación pueda en él subsistir. Esta estabilidad se obtiene con una serie de trabajos preparatorios, provisionales ó permanentes; pero antes de emprenderlos, preciso es estudiar los límites del campo de las operaciones. Al efecto se determinará la zona sobre la que se

han de extender tales trabajos, que consistirán, en primer lugar, en obras de regularización, y en segundo, dada ya al terreno la necesaria estabilidad, en los de repoblación.

Para señalar la zona, examinado el torrente desde su desembocadura hasta su origen, se trazarán paralelamente á su curso líneas poco más ó menos paralelas, y á una distancia que variará según la naturaleza del terreno y su pendiente, las cuales seguirán sin interrupción, todas las más pequeñas ramificaciones del torrente ó hendiduras del terreno hasta el extremo superior de la cuenca. El espacio comprendido entre estas líneas constituye la que llamaremos zona de defensa, y tendrá una anchura variable que dependerá de la rapidez de la pendiente. Así, en la parte inferior será bastante la anchura de unos 50 metros, mientras que en la cuenca podrá medir más de 100. Claro es que las líneas, dentro ya de ésta, se cruzarán y confundirán de tal manera, que para procurar cierta regularidad á la zona, será preciso darla la mayor anchura posible con relación al terreno que haya que proteger.

Precisamente en los trabajos de esta parte de la cuenca se requiere un estudio más detenido, porque en ellos las dificultades son más grandes por la pendiente, por la aridez del terreno y por la distancia á las poblaciones. El acierto aquí del selvicultor consiste en conquistar primero algunos puntos, y en extender después las plantaciones á toda la cuenca, con un repoblado cuya espesura vaya siempre en aumento. Si se impidiese completamente el pastoreo, la repoblación se operaría en muchos casos por sí sola abandonando el terreno á la Naturaleza; sin embargo, como ésta es lenta en sus manifestaciones, conviene recurrir también á medios artificiales, siempre que los gastos se compensen y no quepa duda acerca de los resultados.

Como, por lo general, las orillas de los torrentes están surcadas por barrancos, preciso es recurrir á medios especiales para regularizar y repoblar la superficie, que si fuese demasiado inestable exigiría obras especiales, que en breve se describirán, y con éstas la plantación.

Al dirigir una mirada sobre aquellas inmensas y desnudas extensiones y sobre ciertas superficies movedizas como las de los Bajos Alpes, es natural sentirse abrumado por la dificultad de que prevalezca la vegetación donde, por lo común, los terrenos son estériles y los gastos que se causan enormes. Reflexionando, sin embargo, á la vista de aquellos restos forestales esparcidos aquí y allí, cuyos árboles viven entre las hendiduras de las rocas, y que si se han salvado

es únicamente porque la mano del hombre no ha podido llegar hasta ellos, á causa de la dificultad del acceso, y pensando en que la Naturaleza, obrando libremente, ha reconquistado muchos de aquellos puntos, cesa el desaliento y llega á entreverse la posibilidad de tal empresa. Requiérese para ella, sin duda alguna, profundo estudio de la localidad, perseverancia á toda prueba, un procedimiento racional, acertada elección de las plantas según la naturaleza del terreno y la de la localidad, y cuidados nunca interrumpidos. Los Ingenieros y selvicultores franceses, con una paciencia sin igual, han conseguido repoblar regiones yermas que antes se habían considerado rebeldes á todo cultivo. A este propósito conviene advertir, que del hecho particular de que una planta prevalezca en una localidad determinada, no debe deducirse, como frecuentemente sucede, una regla general con cuya aplicación podría comprometerse por completo el trabajo y malgastarse grandes sumas.

Experiencias locales y especiales hechas en los Bajos Alpes, han enseñado qué especies leñosas son las más adecuadas, según determinado objeto, para aquella región.

No pudiéndose, por lo general, limitar estos trabajos á una pequeña superficie, porque su índole requiere que sea considerable, son precisos grandes medios proporcionados á su objeto, si se quiere conseguir un resultado concluyente. Deben, pues, comprender cierta extensión de terreno, en la que tan pronto como algunos puntos se hayan cubierto de vegetación, éstos sean otros tantos centros que la protejan. En efecto; como en tales puntos se conserva alguna humedad, las raíces pueden extenderse y las plantas hallarse en condiciones favorables para ganar nuevos terrenos. Aquellos centros poco á poco se reúnen, acabando por formar un solo cuerpo, un solo repoblado; pero como este trabajo si se encomendase tan sólo á la Naturaleza sería demasiado lento, es preciso auxiliárle haciéndole más activo por los medios de que la ciencia dispone.

La Administración forestal francesa, á la que cabe la gloria de haber resuelto el problema de la extinción de los torrentes, ha dado á estos medios de defensa un carácter muy práctico, proveyendo á las necesidades de los pueblos con los disfrutes de pastos y los leñosos, imitando á Suiza, donde los prados y la ganadería constituyen una gran fuente de riqueza: las cercanías de Seyne nos ofrecen cumplido ejemplo de esta feliz combinación, á la que se debe la más pingüe renta en aquel país obtenida. Si en el nuestro se llegase á la sustitu-

ción de los terrenos despoblados por montes alternados con prados, y á la del ganado lanar y cabrio por el vacuno, se obtendría un producto no despreciable en abonos, resolviéndose uno de los más grandes é importantes problemas económicos.

Se ha advertido que en muchas circunstancias la repoblación no es un medio suficiente para el buen régimen de las aguas. En efecto; hay terrenos de tal naturaleza que se descomponen con bastante facilidad al contacto del aire, y entonces las aguas se hacen fangosas y arrastran una enorme cantidad de materiales, caso en el que no se trata ya solamente de una simple cuestión de selvicultura. Estos terrenos de pendientes fortísimas, y bajo un clima donde las lluvias torrenciales son frecuentes, se encuentran á cada instante expuestos á derrumbamientos, y no pueden repoblarse sino procurando antes su estabilidad. Se consigue ésta con ciertas obras de arte conducentes á la disminución de las pendientes rápidas, que son causa de la denudación del fondo y de las orillas. Estas obras consisten en ciertos muros ó cascadas artificiales, llamados diques, que se establecen en determinado número á lo largo del curso de un torrente, de modo que detengan los materiales transportados por las aguas, formando una serie de terrenos cuyo perfil longitudinal corresponda con la pendiente de compensación. Otras veces estas obras consisten en el revestimiento del lecho, ó bien en un verdadero drenage. Se comprende, por tanto, cómo variando la naturaleza de los terrenos que recorre un torrente, y la facilidad con que el fondo y las orillas se denudan, serán también diferentes los trabajos que se requieran y su importancia, circunstancia esta última á la que se subordinarán los gastos.

Estos trabajos se presentan con frecuencia en condiciones tales, que es preciso relacionar su localización y dimensiones, no sólo con el objeto que los determina, sino también con la economía y las dificultades prácticas de su ejecución. Además de los diques se construirán también, como veremos, palizadas longitudinales y transversales, combinándose las más veces éstas con los primeros, obteniendo así un resultado superior al que se podría llegar, sustituyendo al lecho y á las orillas un revestimiento que impidiese su erosión.

Otro género más económico de trabajos, que se aplica especialmente á los barrancos y cañadas, que se pueden considerar como pequeños torrentes, es el de las palizadas y enfaginas, de los que en los capítulos siguientes estudiaremos sus diferencias, construcción y efectos.

Los diques son, como se ha dicho, construcciones destinadas á producir depósitos, y por consiguiente, á disminuir la pendiente del *thalweg* y las orillas. Estos diques se llaman también cierros ó barreras, porque destinados precisamente á acumular obstáculos cerrando el valle y á ensanchar su sección á favor del levantamiento del lecho, en ellos se detienen las grandes masas de materiales y se hacen inofensivas, lo que permite dar estabilidad á los terrenos laterales para proceder después á su repoblación.

Respecto á su duración, se distinguen dos clases de diques. Los contruidos en el lecho de una corriente de agua constantemente alimentada, son obras que requieren gran solidez y duración suma. No se deben construir sino de mampostería, empleando materiales de gran tamaño elegidos entre los mejores. Los de la otra clase, destinados á proveer provisionalmente á la defensa del terreno mientras éste no se halle cubierto con las plantaciones, consisten comunmente en muros de piedra en seco, ó bien en diques de madera y aun de construcción mixta, y se aplican con más frecuencia en los barrancos y en las últimas ramificaciones de los torrentes.

El uso de estas construcciones es tan antiguo como pueden serlo los daños de los torrentes y de los derrumbamientos; y por más que aquéllas sean sencillas y naturales, sin embargo, parece que el primero que nos las ha descrito ha sido Viviani, quien para combatir el levantamiento del lecho del Arno proponía (1), «que (además de restablecer las antiguas disposiciones, y de reducir á su más estricta observancia las prohibiciones de cortas en los montes de los Alpes), empezando por los valles laterales más próximos al Arno, en los que por necesidad se reúnen todas las aguas, en aquellos suelos sueltos y escarpados, cuya consolidación fuese precisa (y cuyo número no es muy grande), principiando desde su pie y siguiendo las vertientes hasta su cumbre, se dispusiesen y fabricasen, á conveniente distancia entre sí, varios muros, ó barreras, ó diques, que con todos estos nombres se designan, de buena mampostería ordinaria, atravesados por varias aberturas, de base ancha sólidamente cimentada, con gran talud al exterior, con sus banquetas ó zampeados á su pie, ó con varios resaltes ó escalones, á fin de elevarlos sucesivamente á mayor altura, una

(1) VINCENZO VIVIANI, *Discorso in torno al difendersi da'riempimenti, e dalle corrosioni dei fiumi applicate ad Arno in vicinanza della città di Firenze*. Firenze, 1684.

vez depositados detrás de ellos los materiales arrastrados por las aguas, no siendo conveniente darles desde un principio aquella á que han de llegar para no exponerlos á ruina, etc.

»La forma de estos diques, por lo demás, debe ser de cuña ó arqueada, con la convexidad dirigida contra la corriente y en figura de cuna, esto es, un poco más bajos en el medio que en los extremos, que deben encajar sólidamente dentro de las orillas. Con tales diques se disminuiría la gran pendiente de aquellos valles y, por consiguiente, la impetuosa caída de las aguas, impidiéndose por tanto la denudación del suelo.

»Construidos y recalzados estos diques, deberían practicarse aguas arriba, en aquellos sitios en que no las hubiese, diversas y espesas plantaciones de especies de monte bajo ó alto apropiadas á la calidad del terreno, en la extensión (á un lado y otro del cauce y diques), la mayor que posible fuese, con el menor perjuicio para los poseedores, pero por lo menos de trescientas brazas por cada lado, teniendo en cuenta las necesidades locales, la superficie de los valles, y sus mayores ó menores pendientes, tanto laterales como en dirección del *thalweg*, proveyéndose además bajo penas á la conservación perpetua de tales repoblados, aunque reconociéndose éstos como del dominio de sus respectivos dueños.»

Los medios sugeridos por Viviani, no son en realidad otros que los que en nuestro país se han aplicado en varias provincias desde los tiempos más remotos, y últimamente, y en grande escala, en Francia.

Para apreciar el mérito de estos trabajos es preciso examinarlos según los diversos fines con que se han realizado, y en los diferentes casos apreciar tanto sus ventajas como sus inconvenientes. Consideraremos, pues, los diques bajo dos aspectos: esto es, ó como medio para la contención ó retención de los materiales acarreados por las aguas, ó como medio inmediato para la consolidación del terreno.

A) En el primer caso sirven de defensa directa de las tierras antes invadidas, y tienen el objeto de concentrar en grandes cuencas, y por más ó menos tiempo, los materiales transportados por los torrentes, los que de este modo quedan inmediatamente detenidos. Estos diques, en un mismo *thalweg*, se construyen siempre más arriba que los de consolidación ó regularización, cuyo objeto es el de evitar la denudación del lecho y hacerlo estable.

Para conseguir, como se ha dicho, un remedio eficaz contra es-

tos acarreos, preciso es acudir al origen mismo de los daños, y detener la tierra y las masas de materiales en el interior de los valles y de las gargantas de las montañas. Por más que los medios imaginados no varíen mucho y consistan siempre en los diques, son diversos respecto del punto y del modo con que se aplican: examinaremos este sistema y las críticas que de él se han hecho, de las que deduciremos las mejores condiciones de su aplicación.

Hemos visto que el ensanche de la sección es uno de los medios más poderosos para disminuir la velocidad y hasta para retener los materiales; por esto los diques situados en la parte superior del depósito que sube hacia el interior de las montañas, y que Escipión Gras llamaba *canal de deyección*, no perjudican los intereses de los propietarios colindantes como los que lo están hacia el cono, encontrándose para su construcción espacio suficiente, que faltaría, por el contrario, más abajo. Predominando en esta clase de diques el principio del ensanche de la sección, es de toda necesidad que sean un tanto anchos y en su parte superior horizontales, no importando que alcancen grande altura, porque así podrán situarse en puntos más bajos. El agua de este modo se extenderá con igualdad por todos sitios, disminuirá su velocidad y producirá un gran depósito sobre la anchura del dique cuando el coronamiento de éste, siendo horizontal y resistente, no pueda destruirse ni aun en parte; el depósito, así obligado, tomará un perfil longitudinal que poco á poco se modificará haciéndose convexo. Si el dique es suficientemente largo, la corriente, después de intentar abrirse paso, acabará por dividirse en dos ramas, dejando en el medio un cono de materiales.

La facilidad con que este aluvión se produce ha sido objeto de severa censura, porque desde el momento que los depósitos han tomado la *pendiente límite*, parece que cesan los efectos de la construcción y, por consiguiente, que no han cambiado las condiciones primitivas; pero si se reflexiona en lo que se debilita la corriente á causa del ensanche de la sección y del depósito que se forma, se comprende que tal censura se funda en apreciaciones inexactas de los fenómenos torrenciales. En efecto, disminuye la tendencia á la erosión y aumenta, al contrario, la de acumulación. Además, aun después de alcanzada la *pendiente límite* el aluvión continúa en movimiento sustituyendo á los materiales de menor los de mayor tamaño, de manera que retenidos éstos, se mejoran las condiciones de las localidades situadas debajo del dique, que no dejará nunca, siquiera llegue á ser

cubierto, de prestar utilidad, siempre que su cimiento sea tal que la actividad excavadora del agua no pueda descalzarlo.

Esta idea de Escipión Gras, que más bien se dirigía á regularizar la corriente de las aguas que á retener los materiales, no dió buen resultado por defecto de construcción del dique que estableció en un importante torrente próximo á Barcelonnette, y que desacreditó el sistema. Por lo demás, bien se comprende que éste sería por sí solo insuficiente si no lo acompañasen trabajos de consolidación indispensables en la cuenca, y sin los que los daños del torrente continuarían en su parte superior.

Escipión Gras aún ideó otro medio, pues mientras el dique descrito debía con el tiempo quedar enteramente recubierto ó sumergido, el que él llamó *laberinto* de retención no es sumergible. Cuando éste es sencillo, consiste en un dique levantado en una garganta estrecha que tiene una abertura ó boca en su parte inferior; aguas arriba, y á corta distancia, se construye un muro sólido que divide la corriente en dos. Varios laberintos sencillos en un mismo torrente, constituyen un *laberinto compuesto*.

Aunque la fuerza de la corriente se disminuye con tales medios, éstos no tuvieron aplicación. Costa de Bastelica, conservando este mismo principio, aconseja la supresión del muro de sección triangular puesto delante de la boca del dique, y pretende que las dimensiones de éste se calculen de suerte que no dé paso más que á una crecida media, con lo que el nivel de la corriente aguas arriba variaría de continuo, si bien la velocidad con que saldría de la abertura y se derramaría del dique sería un tanto diferente de la que tendría al llegar al mismo, obteniéndose así una gran regularidad. Además, aconsejaba que esta abertura se practicase, no en medio, sino á un lado de aquél. Pero si bien es cierto que de tal modo se disminuye la velocidad y aun el depósito, parece muy difícil dar á la sección de desagüe las dimensiones correspondientes á una crecida media, y aun admitido ésto, el abundante acarreo que se verifica en estas circunstancias, especialmente de grandes bloques, obstruiría muy pronto la salida, por lo que tal construcción no produciría diferente resultado que el de un dique ordinario.

Estos diques deben ser una especie de artefacto filtrante hasta tanto que aguas arriba se complete el relleno ó depósito, á fin de que su efecto tenga larga duración: tal condición se satisface por cierto tiempo abriendo en el grueso del muro varios huecos, que poco á

poco se obstruyen, convirtiéndose el dique en un verdadero muro de sostenimiento que resistirá el empuje de las tierras y las aguas. Las dimensiones de estas obras se determinan según la resistencia que después de producido el depósito tengan que oponer; resistencia que será tanto más considerable cuanto mayor sea la altura de aquél.

Hecha una reseña de estos diques haremos la de otros, para que se tenga una idea clara de los medios elegidos con el fin de combatir la acción de algunos terribles torrentes de los Alpes.

B) La necesidad de atacar en su mismo origen la formación de los torrentes y los daños que ocasionan, sugirió la idea de aplicar los diques á la consolidación provisional de los terrenos, mientras el repoblado no adquiría el conveniente desarrollo. Por medio de esta feliz combinación se completa el sistema de defensa y de extinción de los torrentes; mas, no obstante, si los diques de consolidación se redujesen tan sólo á obras de arte, ilusión sería creerlos suficientes, y no menor, juzgar eficaz la repoblación sin antes haber conseguido la consolidación del terreno. Pruebas de esto nos la ofrecen muchas localidades de los Bajos Alpes, en las que los trabajos de repoblación en ellas efectuados fueron materialmente transportados á otros puntos, por no haber dado antes fijeza al terreno: no debe, por lo mismo, olvidarse que la fuerza destructora de las aguas es terrible, que poco á poco demuele cualquier obra, y que sólo la vegetación, auxiliada por los diques, es capaz de resistirla. Mientras éstos todos los años sufren desperfectos que exigen reparaciones, aquélla, por el contrario, con su continuo desarrollo se hace más resistente; y así es que la reunión de ésta y aquéllos suministra el medio más perfecto de defensa.

Por más que el objeto de los diques de consolidación no sea propiamente el de resistir el empuje del terreno, sin embargo, cuando se repiten estas construcciones en suficiente número, disminuyen la velocidad del agua, impiden la denudación en sentido longitudinal, y determinan un depósito de tierras que sirve de punto de apoyo á las laderas escarpadas, apoyo tanto más eficaz cuanto mayor es el levantamiento del lecho. Cuando estas construcciones se hacen de piedra en seco, la parte situada aguas arriba, que constituye una especie de cuenca, se llena de piedras, y los huecos que entre éstas quedan, la misma agua los llena en breve de arena y arcilla, formando una especie de mortero que, con aquéllas, constituye una masa sobre la que se extiende el agua perdiendo con la caída toda su fuerza.

Con este sistema, naturalmente, no se consigue una duración ilimitada, destinado como está tan sólo á producir un intervalo de calma relativa, durante el cual, impedida la erosión en el sentido de la longitud, se defenderán las orillas completando la consolidación con otros trabajos de menos importancia y con la repoblación, que será después la defensa más firme y duradera. Cuando el dique tiene por objeto impedir la excavación longitudinal y ensanchar la sección del lecho, se llena aguas arriba poco después de construído, y en tal caso no tiene que resistir el empuje de las aguas en las fuertes crecidas, sirviendo más bien de defensa contra el choque de los materiales, pues sólo habrá de contrarrestar el empuje de las tierras del depósito formado en su parte interior, que es mucho menor siempre que el de la corriente. Si no se diese el caso de la pronta formación del depósito que lo llena, podría acontecer que en una avenida funcionase propiamente como una presa, y que de no tener el suficiente grueso la corriente lo derribase. Esta construcción obra como un verdadero muro de sostenimiento, y el empuje á que deba resistir será tanto menor cuanto mayores sean las masas de que se forme el depósito que lo llena.

La construcción de piedra en seco no es siempre conveniente; muchas veces los materiales son escasos y carecen de las dimensiones precisas para su buen uso sin la correspondiente cementación, y la violencia de las avenidas hace necesaria una resistencia mayor que la que presenta un muro de tal clase. Este es más económico, pero los de mampostería ordinaria son más duraderos y resistentes; así que es preciso, según los diferentes casos particulares, examinar la conveniencia de unos ú otros bajo todos aspectos. En Francia, en los trabajos efectuados en los torrentes de los Alpes, se prefiere un género de construcción que llaman *mixta* y que ha producido excelentes resultados. Consiste en fabricar el cuerpo del muro de piedra en seco, el paramento inferior (1) de mampostería con cal hidráulica, en un espesor de ochenta centímetros, y la arista exterior del coronamiento, de sillería, uniendo también las piedras con cal hidráulica. Una abertura practicada en medio del muro, que en el espesor de ochenta centímetros alrededor de aquélla se construye de mampostería con cal hidráulica, da salida á la corriente en su caudal ordina-

(1) Por paramento inferior y superior designamos respectivamente los orientados hacia la desembocadura y origen de los torrentes. (*N. del T.*)

rio. De esta suerte, no sólo se consigue una gran economía, sino también una resistencia y duración imposibles de alcanzar con la construcción de piedra en seco. Veremos adoptado este sistema en la mayor parte de las obras de los Bajos Alpes.

Sólo cuando abunde la madera y las construcciones tengan un carácter enteramente provisional, esto es, cuando sólo hayan de durar hasta que la vegetación las sustituya en su objeto, se empleará aquélla en vez de la piedra. Este sistema se sigue especialmente en Suiza y en algunas provincias del Rhin con buen éxito, y de ello mencionaremos en breve algunos casos particulares.

Las obras precedentemente descritas serían relativamente de mucha importancia y coste para las pequeñas ramificaciones de los torrentes, y por esto se tienen que suplir por otras más sencillas y económicas, como faginas, palizadas y canales de desagüe, que son tan útiles, especialmente en los terrenos margosos y en las margas de Oxford. También en los capítulos siguientes nos ocuparemos de la construcción y combinación de esta clase de obras.

CAPÍTULO III

Forma, número, localización y dimensiones de los diques de mampostería.

En todos tiempos, aun en las construcciones puramente empíricas, se ha dado á los diques la forma curva, con la convexidad contra la corriente, y á la corona ó coronamiento una forma un tanto aplanada en el medio, á fin de que el agua corra con facilidad y no choque violentamente contra las orillas. En efecto, el caudal llega al máximo, como se demuestra también por el cálculo, cuando se da á la corona la forma de un arco de círculo. La experiencia, además, prueba, que se tiene una sección suficiente cuando se da al radio OA (*Figura 8*) una longitud igual á la distancia que hay entre las dos orillas en las cuencas más estrechas y de fuertes pendientes, y una longitud doble en las cuencas más grandes y de pendiente suave.

El caudal, no obstante, se modifica algún tanto por la naturaleza de las paredes y del fondo, y para calcularlo podemos hacer uso de las fórmulas dadas por Bazin para los canales.

1.ª Para paredes muy lisas, como las de cemento, madera cepillada, etc.:

$$\frac{RI}{V^2} = 0,00015 \left(1 + \frac{0,03}{R} \right);$$

2.ª Para paredes lisas, como las de sillería, ladrillos, madera sin cepillar, cemento con mezcla de arena:

$$\frac{RI}{V^2} = 0,00019 \left(1 + \frac{0,07}{R} \right);$$

3.ª Para paredes poco lisas:

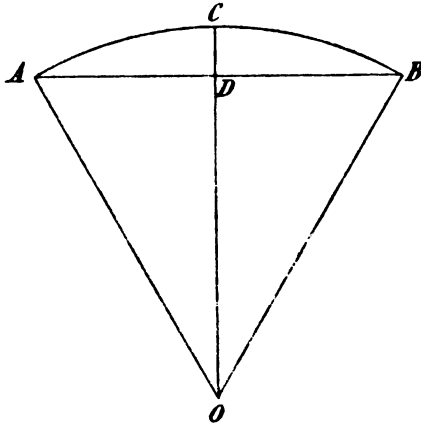
$$\frac{RI}{V^2} = 0,00024 \left(1 + \frac{0,25}{R} \right);$$

4.ª Para paredes de tierra:

$$\frac{RI}{V^2} = 0,00024 \left(1 + \frac{1,25}{R} \right);$$

fórmulas en las que R representa el radio medio de la sección, ó sea el cociente de la sección por el perímetro mojado, I la pendiente por metro del canal, y V la velocidad del agua que hay que determinar para encontrar el caudal.

Fig. 8.



En cuanto á la anchura del arco del coronamiento y á la flecha del mismo, pueden establecerse algunas relaciones con el radio. Sea 2α el ángulo en el centro O (Fig. 8); el área A del segmento ACB

será la diferencia entre la del sector $OACB$ y la del triángulo AOB . Tendremos, pues:

$$A = \frac{1}{2} (R \text{ arco } ACB - AB \cdot OD).$$

Y siendo:

$$AB = c, \text{ arco } ACB = \frac{\pi R \alpha}{90}, OD = \sqrt{R^2 - \frac{c^2}{4}}$$

resulta:

$$(1) \quad A = \frac{1}{2} \left(\frac{\pi R^2 \alpha}{90} - \frac{c}{2} \sqrt{4R^2 - c^2} \right).$$

Haciendo $CD = f$, se tendrá también:

$$(2) \quad f = R - \frac{1}{2} \sqrt{4R^2 - c^2}.$$

Estas dos fórmulas pueden servir para determinar la anchura c y la flecha f de un dique en función del área de la sección de desagüe y del radio del arco. En la práctica, el problema se simplifica más todavía: en efecto, en los torrentes cuyo lecho es estrecho y la pendiente rápida, se da generalmente al radio una longitud igual á la anchura de la sección de desagüe, por lo que

$$R = c, \quad \alpha = 90^\circ.$$

En aquellos otros cuyo lecho es ancho y la pendiente débil, conviene asignar un radio duplo que en el caso precedente, por lo que α se reduce á cerca de la mitad. Así las fórmulas (1) y (2) se convierten, en el primer caso, en las siguientes:

$$R = c, \quad A = 0,090 R^2, \quad f = 0,134 R, \quad R = 7,46 f;$$

y en el segundo:

$$R = 2c, \quad A = 0,304 R^2, \quad f = 0,082 R, \quad R = 31,25 f.$$

De estas fórmulas dedúcense importantes consecuencias, á saber:

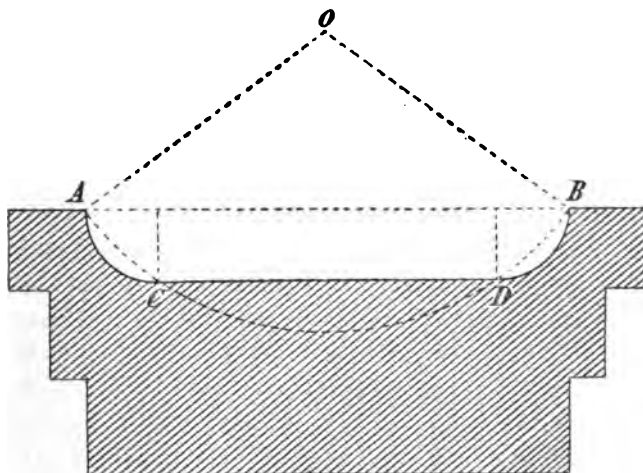
1.ª Cuando el lecho del torrente es estrecho, como se verifica en las partes superiores de la cuenca de recepción y en las cuencas secundarias, el zampeado del dique es también estrecho en proporción, caso en que conviene concentrar las aguas en el medio, adoptando un radio igual á la cuerda para impedir la erosión lateral que se produciría con una masa de agua de demasiada anchura; y como quiera que en este caso, disminuyendo dicha erosión, se aumenta la fuerza en el centro, se remedia este inconveniente reduciendo la altura del dique, con lo que se consigue además mayor estabilidad.

La pendiente media de este coronamiento cuando $R=AB$, resulta de un 27 por 100, mientras que adoptando un radio duplo de la cuerda se reduciría al 13 por 100 y el caudal casi á la mitad.

2.ª Por el contrario, como que la distancia entre las orillas del torrente, en la parte inferior de la cuenca de recepción y en el canal de desagüe es en general bastante mayor, no puede darse al arco del coronamiento una anchura igual al radio sin exagerar las proporciones, porque se obtendría una sección mayor que la necesaria. Además, aumentando la flecha, los extremos del coronamiento resultarían muy levantados, con perjuicio de la estabilidad y de la economía. Para evitar ésto se rebajan aquéllos, disminuyendo en una mitad el volumen del muro, con lo que al mismo tiempo se aumenta la estabilidad y se conserva el caudal, adoptando menor curvatura y haciendo $R=2c$.

3.ª Finalmente, en casos de anchuras extraordinarias ó en que se temiese que á causa de grandes masas ó árboles se obstruyera el centro del dique, se dará á los costados una forma un tanto levantada dejando el resto plano para impedir que las aguas obren demasiado sobre aquéllos. Podrá, pues, inscribirse en el segmento un tra-

Fig. 9.



pecio $ACDB$ (Fig. 9) cuya base CD sea menor que la anchura del fondo del torrente ó del barranco, y se unirán sus extremos con un arco de círculo.

En los diferentes tipos de diques adoptados en Francia se dan diversas formas al coronamiento: á veces éste consiste en un simple arco circular, cuya flecha y cuerda son tales que la capacidad resulte la necesaria para las mayores crecidas (*Fig. 25*); en otras se da á la sección la forma poligonal (*Fig. 27*) construyendo la parte central casi enteramente llana y levantados los costados, de modo que la corriente tenga forzosamente que dirigirse hacia el medio. Esta última forma ofrece el grave inconveniente de presentar resaltos, que con facilidad puede destruir la corriente á causa de la escasa resistencia que oponen.

Una forma especial que además de su agradable aspecto evita el inconveniente que acaba de mencionarse, es la adoptada en el torrente de Vachères en los bajos Alpes, y en algún otro. El coronamiento es casi plano en el medio, y termina lateralmente por arcos de parábola levantando ligera ó fuertemente los extremos, según los casos, de modo que presenta detrás de esos resaltos casi como una segunda abertura muy conveniente y útil en las grandes crecidas, en cuanto de tal modo quedan aquéllos constantemente defendidos. (*Lám. V.*)

Para los diques de mampostería se adoptan en Francia diversos tipos, que se distinguen por la forma del coronamiento, la inclinación de los paramentos y otros particulares de que en breve trataremos.

En cuanto al número de estas construcciones, no es posible fijarlo *a priori*: siendo su objeto disminuir la velocidad de la corriente, y, por tanto, favorecer el depósito de materiales, su número habrá de relacionarse con su altura y con los accidentes del lecho. Una vez fijada esta altura se determinará aquél, si bien teniendo antes en cuenta algunas consideraciones.

Se comprende fácilmente que si las alturas hubiesen de ser tales que determinasen una sección bastante ancha para impedir la erosión del lecho y las orillas, el problema en estos términos planteado no tendría en la práctica solución posible, porque se necesitaría un número de construcciones crecidísimo y se originarían inmensos gastos. En efecto, la suma de las alturas sería igual á la diferencia de nivel entre los dos puntos extremos del perfil longitudinal objeto de la regularización, deducida la pendiente de equilibrio, que después de todo es un tanto pequeña. Pero se ha visto anteriormente que al perfil de equilibrio precede el de compensación, suficientemente estable, al contrario de los que preceden á este último. Las ordenadas del perfil de

compensación son bastante mayores que las del perfil de equilibrio y siempre, por lo menos, hasta el décuplo. Si pues las construcciones se localizan de modo, que desde el coronamiento de una de ellas se alcance con el perfil de compensación el pie de la inmediata situada aguas arriba, su número será mucho menor que si se tomase por base el perfil de equilibrio, y su construcción económica y prácticamente posible, cuando su altura y situación estén en relación con las condiciones de los perfiles longitudinal y transversal.

Hemos visto además, que cuando un torrente ha alcanzado el perfil de compensación, poco á poco las aguas renuevan la erosión hasta que el lecho llega al perfil de equilibrio: para que esto suceda transcurre cierto tiempo, que es necesario aprovechar practicando los trabajos de consolidación por medio de plantaciones, porque si éstos no se ejecutasen, todas las construcciones, perdiendo en eficacia, serían insuficientes para el objeto á que se dirigen. Así, pues, estas construcciones exigen la repoblación como indispensable complemento.

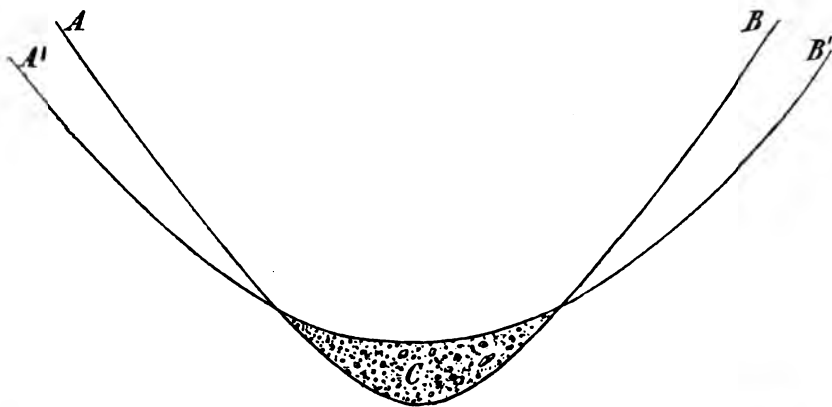
Como se ve, todo el procedimiento consiste en ocasionar un intervalo más ó menos largo de relativo reposo, durante el cual conviene dar gran impulso á la repoblación y á otras operaciones de más modesto orden, disponiendo para ello oportunamente de las palizadas longitudinales y transversales y de las faginas, á fin de contener las tierras, hasta que la repoblación completa sea la barrera más sólida y duradera.

Se ha admitido también en la regularización de los torrentes la llamada *pendiente de extinción*, que no es otra sino la que sería necesario establecer entre dos diques consecutivos de consolidación para retener progresivamente, y en toda la extensión del perfil longitudinal de un torrente, todos los materiales acarreados, transformando su lecho en la pendiente regular de un aterramiento. Por este motivo, dicha pendiente viene dada por la inclinación de éste y debe ser proporcional al tamaño de los materiales que lo forman, que aumenta desde abajo hacia arriba, aumentando también la pendiente de extinción, quedando sin embargo, por bajo de la de equilibrio, materiales de gran tamaño que cubren el canal de desagüe. De esto resulta que la curva de extinción se encorva hacia abajo continuamente, y es cóncava hacia el fondo donde tiene un punto de inflexión. Sin que se discuta acerca de la ecuación de esta curva y de sus propiedades, fácilmente se comprende que adoptándola entre dos construcciones ó

entre dos puntos del perfil longitudinal de un torrente, si no se suprime definitivamente la erosión, se evitará al menos el transporte en masa y el descenso general del lecho, se modificará la marcha del torrente, y se aprovechará este tiempo de quietud relativa, para completar la extinción, con la repoblación ó con otras obras como las palizadas y enfagados.

También la anchura de los diques es muy variable y depende, tanto de la situación que se elige, como del fin á que se los dedica. En general se sitúan debajo de aquellos puntos que se encuentran en disgregación. Así, los en que su emplazamiento está indicado, son aquellos donde la reunión de torrentes hace más considerable la erosión; y en cuanto á si deben construirse empezando por la parte superior ó por la inferior, las opiniones varían. Para los que admiten como único fin de los diques el de acumular y retener los materiales, es natural que su construcción debe empezar abajo, pero esperando que se produzca el aterramiento en el primero antes de construir más arriba el segundo, y así para el tercero y los sucesivos. Este procedimiento tiene la ventaja de defender las localidades subyacentes durante el curso de los trabajos contra los arrastres de las aguas, y es el generalmente adoptado. La sección del torrente que, aguas arriba del dique se representaba primero por el perfil *AB* (Fig. 10), después que

Fig. 10.



aquél ha servido ya para su objeto se transforma en otro *A' B'* formándose un aterramiento *C* con la demolición de sus flancos, haciéndose más suaves tanto la pendiente del lecho cuanto la de sus vertientes.

Otros, al contrario, admitiendo el principio de atacar el mal en el mismo origen del torrente, aseguran primero el terreno en la parte superior, pero esto ofrece el inconveniente de que, abandonando la inferior en que se reúnen las fuertes avenidas, se efectúa un gran acarreo de materiales que ocasiona daños á los campos y pueblos subyacentes.

Como se ve, estos dos sistemas tienen sus ventajas y sus inconvenientes; y sin que de ellos pueda deducirse regla alguna en absoluto, parece oportuno adoptar ambos á la vez, localizando las construcciones, tanto en los puntos altos como en los bajos: en los primeros, para impedir que los materiales adquieran gran velocidad y facilitar la repoblación; en los segundos, para precaver los daños del acarreo de las tierras situadas más abajo; en unos y otros para evitar que las aguas se carguen de materiales y pongan en movimiento los depositados ó existentes en el fondo.

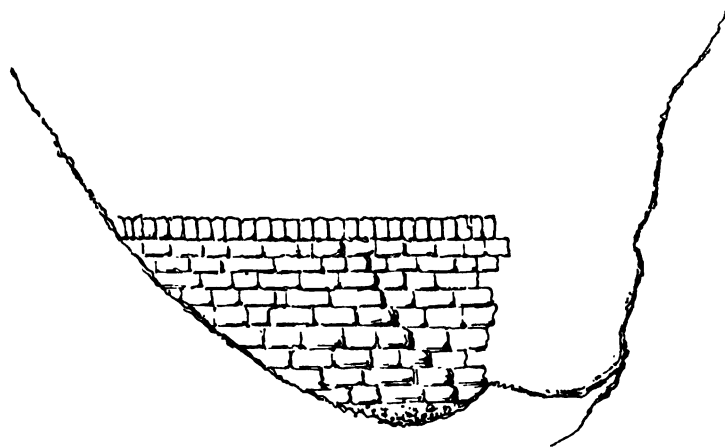
La localización de los diques ha de satisfacer estas tres condiciones: disminuir la velocidad, detener los materiales y defender las localidades subyacentes, conviniendo elegir para la misma, puntos en que las obras exijan el menor volumen de muro y tengan más probabilidades de duración. Estos puntos coinciden con aquellos en que el perfil transversal es más estrecho y se hallan sobre las cascadas naturales, porque permiten suprimir el zameado, y los en que las orillas y el fondo presentan á poca profundidad una resistencia suficiente. Es inútil decir, que los diques de consolidación no se construirán allí donde las orillas y el lecho puedan fácilmente denudarse.

Respecto, por último, á los diques de contención, no es posible establecer reglas fijas, y tanto su situación como su número, altura y eficacia, se determinan por medio del estudio sobre el terreno. Para esta especie de construcciones es preciso, naturalmente, examinar los puntos más convenientes á la producción de los grandes depósitos de materiales que el torrente transportará hasta tanto que se haya conseguido extinguirlo, consolidando el terreno con la repoblación. Estos grandes espacios ó ensanches del lecho, se encuentran siempre y se suceden de trecho en trecho á lo largo del torrente, y su parte más estrecha, que es siempre la inferior, es la más conveniente para la localización de los diques, localización que con el estudio del perfil longitudinal se determina fácilmente.

A pesar de todo, por mucho que sea el cuidado con que se haga el estudio de la localización y de la forma de estas construcciones, á

veces sufren daños que consisten en un desmoronamiento de su pie ó base, ó en una excavación lateral, ó bien en la destrucción del coronamiento, daños que es conveniente conocer para remediarlos desde un principio. El primero se manifiesta en terrenos que fácilmente se descomponen y cuando el cimiento carece de la profundidad necesaria, lo que se remedia construyendo el zampeado con grandes masas ó bloques, ó como precedentemente se ha dicho, dirigiendo, á ser posible, la corriente sobre una peña ó roquedal.

Fig. 11.

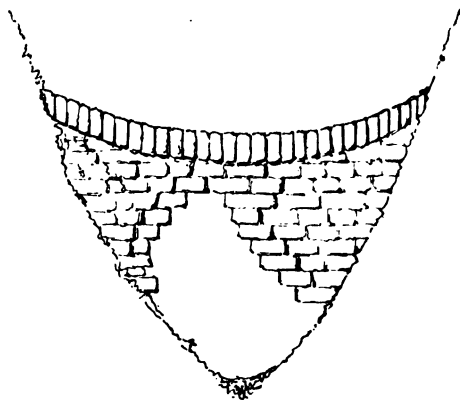


Cuando el agua socava la parte anterior é inferior del muro, poco á poco llega á faltar el apoyo en el centro de la construcción; las piedras más bajas ceden al empuje de los materiales depositados; el pie queda (Fig. 11) al descubierto, y á la primera crecida repentina el dique se derrumba por completo. A veces sucede en las grandes avenidas que el agua roza fuertemente con una gran cantidad de materiales una de las orillas, y si es el terreno de suyo movedizo lo desgasta, deja al descubierto el correspondiente estribo del dique, lo demuele, se abre paso (Fig. 12), y la construcción, en mayor ó menor parte, es arrastrada por la corriente. Es por lo mismo muy importante que las construcciones sean sólidas, y que se adopten las disposiciones indicadas para hacer converger las aguas hacia el centro de las mismas, dando al coronamiento una de las formas descritas, y protegiendo las orillas además, si necesario fuese, con algunos medios especiales, como, por ejemplo, el levantamiento de los estribos

del dique, la construcción de muros laterales, las palizadas longitudinales, etc.

Algunos ven con cierta desconfianza la construcción de los diques, y especialmente de los de contención, porque si cediendo al em-

Fig. 12.



puje que resisten llegan á romperso, ocasionan un daño tan terrible cuanto inesperado. No debe compararse un dique de contención, destinado á detener los materiales sólidos, con los que tienen por objeto detener las aguas, porque la rotura de uno de estos últimos, dando repentina salida á un gran volumen de agua, llega á arrastrar é inundar cuanto encuentra en su paso ocasionando daños enormes, mientras que la de los segundos nunca va seguida de tan terribles consecuencias, ya que por lo mismo que no detienen más que una pequeña cantidad de agua, y su rotura no aumenta por tanto el caudal del torrente, tampoco la corriente arrastra sino lo que su fuerza viva le permite á causa de la mayor velocidad, no siendo de temor desastre alguno, según la experiencia lo ha ya demostrado.

CAPÍTULO IV

**Determinación de la forma y de las dimensiones de los diques,
fundada en la resistencia de los materiales.**

Las operaciones preliminares que hay que ejecutar en el estudio de los proyectos de estas construcciones, consisten:

1.° En un reconocimiento por el que se determinen aproximadamente los sitios en que se deben ejecutar las diferentes obras, tanto en el lecho del torrente y en sus más pequeñas ramificaciones, como en los terrenos que hayan de repoblarse.

2.° En el levantamiento del plano de estas localidades, en el que se expresará la anchura del lecho, la altura de las montañas que lo circundan, las condiciones de las vertientes laterales y las de los terrenos inmediatos.

3.° En el levantamiento altimétrico del lecho del torrente, ó sea de los perfiles longitudinal y transversales, en todos aquellos puntos en que las condiciones de los escarpes laterales merezcan especial atención; y

4.° En el levantamiento del plano de las vertientes de las diversas deyecciones en el cono y de los aluviones que se encuentren en el lecho, los cuales sirven de base al cálculo de la pendiente, que la construcción de los diques determinará en los diversos depósitos.

Hecho ésto, se calculará la altura total de aquéllos conforme á las consideraciones ya precedentemente reseñadas. Supongamos que se trata de un torrente cuya longitud sea de 600 metros, y la diferencia de nivel entre los puntos extremos del perfil de 100, y que por los planos se ha averiguado que la pendiente de los depósitos de materiales que el torrente transporta ó puede transportar, sea del 10 por 100. Se deduce, que en el trayecto de 600 metros se podrán ganar, con los diversos depósitos producidos por los diques $600 \times 0,10 = 60$ metros, los que deducidos de los 100 metros, diferencia de nivel entre los extremos del perfil, darán la altura mínima que sobre el lecho tendrán en conjunto aquéllos; esto es, 40 metros.

Sentados estos principios, se marcarán en el plano los puntos en que aproximadamente parezca conveniente localizar las diversas obras, expresándose en el mismo el mayor número de detalles, tanto

planimétricos como altimétricos, á fin de obtener los suficientes elementos para la formación de los proyectos. Se señalarán además, tanto sobre el perfil longitudinal como sobre los transversales, las alturas que los materiales alcanzarán en los diques, y se examinará si estas alturas corresponden á las condiciones á que con la construcción de estas obras se haya de satisfacer. La suma de las alturas de los diques, por medio de las que se averiguará su situación, dará un número tal de metros para alcanzar el mínimo calculado, que no podrá superarse sin perjuicio de la economía ó sin otras fundadas razones.

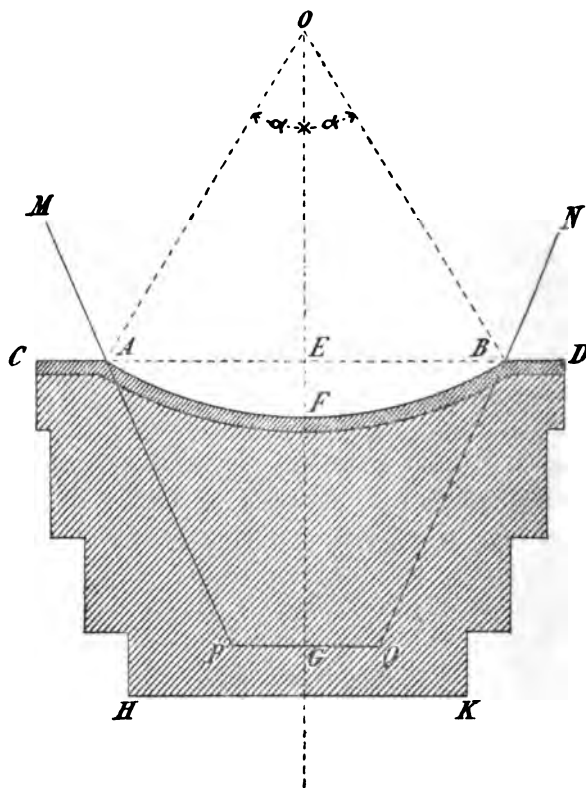
En cuanto á la altura de cada una de las construcciones, no es fácil designar cual será la preferible, teniendo tanto las altas cuanto las bajas sus ventajas y sus inconvenientes. Las muy altas se socavan con más facilidad por su pie, y este peligro aumenta en razón de la altura del salto de agua; las pequeñas, en cambio, requieren un volumen de excavación, una superficie de zampeado y un coronamiento proporcionalmente bastante mayores, y como los materiales de que se componen las diversas partes deben ser de la mejor calidad, y la construcción hecha con gran cuidado, cuando escasean, es más económico construir diques grandes que pequeños. Además, en las pendientes muy rápidas, estos últimos se sucederían en reducido espacio y podría faltar lugar á propósito para su construcción.

Cuando un dique se cimenta en roca, su altura puede exceder de cinco metros, con tal que aguas abajo del mismo el suelo sea de roca viva, ó esté formado de bloques que la corriente no pueda transportar. Por lo demás, esta altura de cinco metros, es siempre un máximo del que en ningún otro caso se ha de pasar. Los bajos, esto es, de dos, tres ó cuatro metros, requieren en proporción menor cantidad de muro, pero no conviene, sin embargo, hacerlos nunca de menos de dos, porque el cálculo y la experiencia demuestran que no son económicos.

Para facilitar la corriente del agua y de los materiales que ésta transporta, se da con frecuencia al coronamiento del dique, como ya se ha visto, la forma de un arco rebajado en el centro, de modo que la superficie *AFB* (*Fig. 13*) sea tal, que su capacidad equivalga á la que requiere el caudal de agua en las mayores crecidas del torrente. Para determinar este caudal, preciso es recurrir á la medida directa, ó bien á medir simplemente el área de la sección transversal, y hacer igual á ella la de *AFB*. Esta área se deduce del perfil

transversal, en cualquier punto del torrente en el cual sea visible la altura alcanzada por una de las mayores avenidas. Si además se encontrase en las inmediaciones algún puente que hubiese resistido las crecidas máximas, esta determinación se haría con mayor facilidad.

Fig. 13.



En caso de faltar completamente estos elementos se recurriría á la tradición, pues nunca faltan personas que recuerden alguna crecida extraordinaria, y señalen la altura que alcanzó; en otro caso, se hará la determinación, según la experiencia adquirida en el estudio de otros torrentes de la misma región, ó de análogas condiciones.

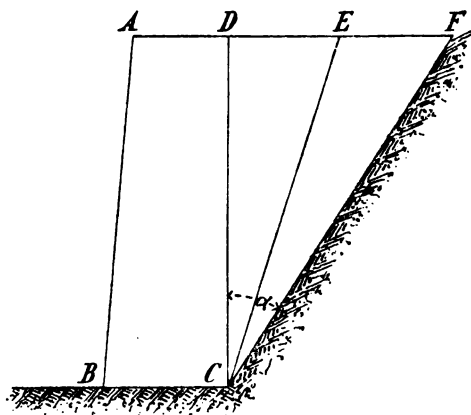
Tratándose de diques de contención, que con el tiempo están destinados á servir de muros de sostenimiento, su resistencia debe ser bastante mayor que la de los de consolidación, puesto que también han de resistir la presión de las aguas. El grueso que ha de darse á

la base de estos muros será, naturalmente, bastante mayor en sus cimientos, é irá disminuyendo hacia el coronamiento. Estas condiciones de resistencia y de economía se satisfacen inclinando los dos paramentos, y disponiendo tal inclinación de modo, que tenga la base una sección suficiente para resistir toda fuerza de destrucción, y una disposición á propósito para evitar su resbalamiento.

Los diques de sostenimiento ó contención, como se ha visto, se construyen generalmente en los puntos en que el perfil transversal del torrente se ensancha mucho hacia arriba, y es un tanto suave la pendiente del lecho. Estas circunstancias se reúnen, por lo general, en los torrentes de trayecto muy largo, algunas veces en la cuenca de recepción ó en el canal de desagüe, y las más, en las partes menos levantadas del lecho y á la salida de la garganta de este canal. En tales puntos, el perfil transversal se presenta frecuentemente bastante más estrecho y el torrente se encuentra, por decirlo así, encerrado ó encauzado, y corre sobre un suelo pedregoso, muchas veces continuado por alguna cascada, circunstancias muy favorables á las construcciones de que se trata, tanto por razón de economía como por la de solidez.

El grueso de los diques de consolidación se determina según el empuje de la tierra que han de sostener, empuje que depende de la

Fig. 14.



altura del talud natural de equilibrio. Supóngase CF (Fig. 14) el talud natural, CD una vertical, y DCE un prisma. Descomponiendo el peso de éste en dos presiones, una horizontal y otra vertical, la pri-

mera producirá un empuje contra la pared vertical DC , y la segunda determinará el rozamiento contra EC , que tenderá á disminuir el resbalamiento del prisma, debiendo además considerarse disminuido el empuje contra DC por la cohesión de las tierras, que en el caso de haber sido recientemente removidas se puede tener por nula. Imaginando á lo largo del paramento DC otro prisma infinitamente delgado, su empuje será bastante pequeño; entre este último prisma y el que tiende á resbalar sobre el talud natural FC , deberá haber uno que ocasionará un empuje máximo. A primera vista parecería, que así como las tierras no llegan á estar en equilibrio sino cuando han alcanzado su talud natural, así también, todo el prisma superior á éste sería aquel en el que la tendencia al resbalamiento fuese la máxima, produciendo por esto mismo el empuje máximo; pero á poco que se reflexione y se tomen en cuenta todas las resistencias, demuéstrase lo erróneo de esta apreciación; además de que el mismo fenómeno del resbalamiento denota, que el prisma limitado por el talud natural no es aquel que produce el máximo empuje. Se prueba fácilmente, pero con una larga serie de cálculos que no consienten los límites de esta Memoria, que el ángulo del talud del prisma del empuje máximo, es igual á la mitad del que el talud natural forma con la pared resistente.

Por lo expuesto, indicando Q_m el empuje máximo horizontal de las tierras contra el paramento interno vertical CD , p el peso del metro cúbico de tierra, h la altura de las tierras detrás de CD , h' la altura máxima á que puede llegar la tierra sin que se desplome y α el ángulo de la vertical CD con la escarpa natural CF , tendremos

$$Q_m = \frac{ph}{2} (h - h') \tan^2 \frac{\alpha}{2},$$

ecuación aplicable á los muros de consolidación.

Suponiendo nula la cohesión, la expresión de este máximo empuje se reduce á

$$Q_m = \frac{ph^2}{2} \tan^2 \frac{\alpha}{2}.$$

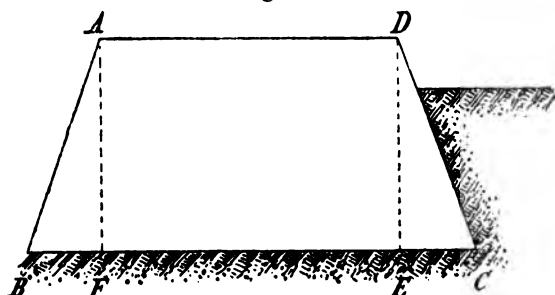
Para el equilibrio estático, el momento de esta fuerza, referido á la arista exterior del muro, debe ser igual al momento del peso del muro, referido á esta misma arista.

En cuanto al punto de aplicación de Q_m , se hallará en el centro de gravedad del triángulo que tiene por altura y por base h , y en el

que paralelas á la base representan otras tantas presiones, es decir á $\frac{1}{3}$ de la altura h : por tanto, el momento de esta fuerza será $\frac{ph^3}{6} \tan^2 \frac{\alpha}{2}$.

Tocante al momento del peso del muro respecto de la arista de rotación, supóngase para el caso más general que el muro sea de paredes inclinadas, así la interior como la exterior (Fig. 15), que p' sea

Fig. 15.



el peso de la unidad de volumen de aquél, suponiéndole homogéneo x el grueso del mismo en la base superior, y n y n' las escarpas exterior é interior por metro de longitud de aquéllas. El momento del peso del muro respecto á la arista que se proyecta en B , será igual al momento del prisma rectangular $AFED$ agregando los momentos de los prismas triangulares FBA y ECD .

El momento del primer prisma es

$$p'hx \left(\frac{x}{2} + nh \right);$$

el del segundo

$$\frac{p'n^2h^2}{2} \cdot \frac{2nh}{3};$$

el del tercero

$$\frac{p'n'h^2}{2} \left(nh + x + \frac{n'h}{3} \right).$$

Igualando la suma de estos tres momentos al del empuje se tiene

$$\frac{ph^3}{6} \tan^2 \frac{\alpha}{2} = \frac{p'h}{2} \left\{ x(x + 2nh) + nh \frac{2nh}{3} + n'h \left(nh + x + \frac{n'h}{3} \right) \right\},$$

en la que despejando x y después de simplificada resulta

$$(1) \quad x = h \left\{ - \left(n + \frac{n'}{2} \right) \pm \sqrt{\frac{p}{3p'} \tan^2 \frac{\alpha}{2} + \frac{n^2}{3} - \frac{n'^2}{12}} \right\}.$$

No se ha tomado en cuenta el prisma de tierra comprendido entre la pared interior y la vertical que pasa por el pie del muro, en razón á que, como esta pared ordinariamente se hace escalonada, el peso de este prisma no sólo no perjudica, sino que aumenta la estabilidad del muro.

Cuando la pared interior del muro es vertical $n'=0$ y

$$(2) \quad x = h \left\{ -n \pm \sqrt{\frac{p}{3p'} \tan^2 \frac{\alpha}{2} + \frac{n^2}{3}} \right\};$$

Si las dos paredes son verticales, será $n=n'=0$ y

$$(3) \quad x = h \tan \frac{\alpha}{2} \sqrt{\frac{p}{3p'}}.$$

Si en las ecuaciones (1), (2) y (3) se hace $\alpha=90^\circ$ será $\tan \frac{\alpha}{2}=1$, y suponiendo $p=1000$, peso del metro cúbico de agua, se obtiene la fórmula para la determinación de los gruesos de los diques en general y por tanto de los de contención.

Fundándose las precedentes fórmulas sobre estrictas condiciones de equilibrio, no son suficientes para dar á los muros la necesaria estabilidad. Las dimensiones que de ellas se deduzcan sólo deben considerarse como límites puramente teóricos, y para obtener gruesos aplicables á la práctica, preciso es multiplicar el segundo miembro de las ecuaciones (1), (2), (3) por un coeficiente K , que se llama coeficiente de estabilidad.

Para determinar el grueso x de un muro de una altura representada por h , Vauban dió la regla empírica expresada en la siguiente fórmula:

$$(4) \quad x = 1,624 + 0,20 h.$$

Los muros calculados por medio de esta regla han resistido perfectamente más de un siglo. Para una altura de 8 metros, como es la del dique más importante construido sobre el torrente Riou-Bourdoux, y que puede tomarse como tipo, da la misma

$$x = 3,224$$

y á aquella construcción se le dió precisamente en el coronamiento el grueso de 3,20 metros.

Para calcular el grueso de los muros de revestimiento de paredes verticales, Poncelet ha dado la fórmula:

$$(5) \quad x = 0,845 (H + h) \tan \frac{\alpha}{2} \sqrt{\frac{p}{p'}}$$

siendo H la altura del muro y h la de la sobrecarga, y conservando las demás letras sus precedentes significados. Esta fórmula es aplicable en los límites de $h=0$ y $H=h$ que corresponden á las sobrecargas ordinarias.

Si el paramento exterior, en lugar de ser vertical, tuviese una inclinación menor de $\frac{1}{6}$ se hallaría el espesor del muro por la fórmula precedente, midiéndole al $\frac{1}{9}$ de la altura á partir de la base.

Esta fórmula, aplicable á los diques de consolidación, lo es también á los de contención, haciendo $\alpha = 90^\circ$, y $p = 1000$.

Però todos los gruesos calculados con estas fórmulas, á excepción de la de Vauban, que da dimensiones un tanto mayores que las precisas, requieren un coeficiente c de corrección dependiente de la naturaleza del muro y de la de sus cimientos; así que indicando e el grueso, en el caso de ser las dos paredes verticales, se tiene

$$(6) \quad e = c + h.$$

Para los diques de consolidación resumiremos los valores de c en los siguientes:

Cimientos en roca.....	0,33
En terreno natural sólido.....	0,40

y para los de contención:

Cimientos en roca.....	0,52
En terreno natural sólido.....	0,63

Para pasar de la estabilidad de los muros verticales á la de los muros con una ó dos paredes inclinadas, puede aplicarse la fórmula de Vauban

$$E' = \sqrt{E^2 + \frac{n^2 h^2}{2}},$$

en la que E indica el grueso del muro vertical, y E' el del inclinado; ó bien esta otra,

$$(7) \quad E' = E + \frac{n h}{2}.$$

que da un grueso en la base mayor que el de la precedente, y, por tanto, preferible á la misma.

En el caso de que las dos paredes sean inclinadas, será

$$(8) \quad E' = E + \frac{n+n'}{2} h.$$

En cuanto al valor del ángulo α equivale

Para la arena fina y seca.....	$\alpha = 60^\circ$
Tierra seca y pulverizada.....	$= 46^\circ, 50$
Tierra húmeda.....	$= 54^\circ$
Tierra fuerte y compacta.....	$= 35^\circ$

Es importante para la estabilidad, que el depósito formado delante de los diques esté constituido por grandes masas que permitan la filtración de las arenas y materiales más tenues. En la práctica se proveerá al caso en que las piedras no fuesen tan abundantes, dando á α el valor de 45° , valor que se considerará como un máximo, teniendo en consideración el modo con que se efectúa el aterramiento ó depósito.

Respecto al valor de p , se observará que varía con la naturaleza de las tierras, como también el de p' con la de los materiales empleados en la construcción: según Poncelet, para la

Arena pura.....	$p = 1.900$ kilogramos.
Idem terrosa.....	$= 1.700$ »
Tierra vegetal ligera.....	$= 1.400$ »
Idem arcillosa.....	$= 1.600$ »
Arcilla.....	$= 1.900$ »
Mampostería de piedra.....	$=$ de 1.700 á 2.300

Prácticamente, para las tierras se podrá admitir como valor máximo $p = 1.800$ kilogramos, y para p' el valor medio de 2.200 kilogramos.

Cuando el empuje de las tierras se sustituye al del agua, como en los diques de contención ó sostenimiento, serán $\alpha = 90^\circ$, $p = 1000$; en tal caso, y conservando $p' = 2200$, las fórmulas (1), (2) y (3) se convertirán en

$$(9) \quad x = h \left\{ - \left(n + \frac{n'}{2} \right) \pm \sqrt{0,1667 + \frac{n^2}{3} - \frac{n'^2}{12}} \right\},$$

$$(10) \quad x = h \left\{ - n \pm \sqrt{0,1667 + \frac{n^2}{2}} \right\},$$

$$(11) \quad x = h \sqrt{0,1667} = 0,40 h.$$

Estas tres fórmulas corresponden á los perfiles indicados en las figuras 16, 17 y 18. Para un perfil como el representado por la fig. 19, en la que se advierten varios retallos ó escalones, la ecuación de

Fig. 16.

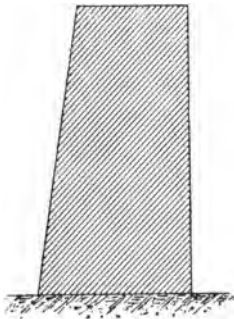
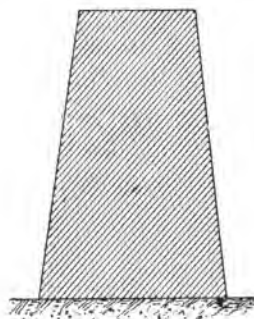


Fig. 17.



equilibrio podría obtenerse de modo análogo al que ha servido para establecer la fórmula general, con la diferencia de que para el momento del peso del muro se tomará la suma de los momentos de las tres partes A , A_1 y A_2 con relación á la arista exterior, y se resolverá

Fig. 18.

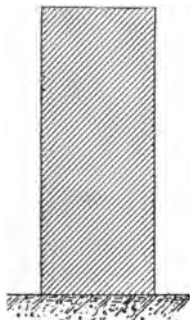
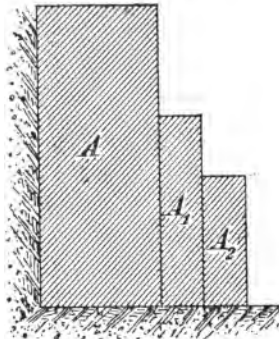


Fig. 19.



como precedentemente la ecuación respecto á x , que representa el espesor en el coronamiento. La fórmula (11) conduce á la conclusión de que el espesor del muro, en el caso de ser las paredes verticales, sería de 0,40 de la altura, pero puede dársele una dimensión un poco mayor.

En los casos ordinarios, los muros presentan la menor resistencia á su derrumbamiento ó caída, pero cuando la masa de tierra sostenida

se eleva considerablemente, la tendencia del muro á resbalar sobre su base puede ser mayor que la necesaria para derruirse girando al rededor de su arista exterior. Es preciso, pues, averiguar si conviene dar al muro mayor grueso que el determinado por las fórmulas precedentes; y se presenta este caso, no en los diques propiamente dichos, sino en los muros de sostenimiento contruidos para impedir algún desprendimiento, ó en las obras auxiliares ó accidentales de defensa.

Para que un muro resista al resbalamiento sobre su base, es necesario que el empuje de las tierras sea menor que el rozamiento aumentado con la cohesión entre el muro y su base. Significando f el coeficiente de rozamiento del muro sobre sí mismo, Q_m el empuje de las tierras, determinado como se ha ya dicho, y c el coeficiente de cohesión, se tiene para la resistencia de rozamiento de los dos lados

$$fp' \left(\frac{nh^2}{2} + hx + \frac{n'h^2}{2} \right);$$

y para la de cohesión que se desarrolla sobre la base por unidad de longitud,

$$c(nh + x + n'h).$$

Igualando la suma de estas dos resistencias al empuje Q_m ya hallado, multiplicado por el coeficiente de estabilidad k' relativo á este caso, se obtiene la ecuación de equilibrio

$$k' \frac{ph^2}{2} \tan^2 \frac{\alpha}{2} = fp' \left(\frac{nh^2}{2} + hx + \frac{n'h^2}{2} \right) + c(nh + x + n'h),$$

de la que se deduce

$$x = \frac{h}{2} \frac{k' p \tan^2 \frac{\alpha}{2} - (n + n') \left(fp' + \frac{2c}{h} \right)}{fp' h + c}.$$

Es admisible en la práctica para el coeficiente de rozamiento $f=0,75$, y conviene, por precaución, hacer caso omiso de la resistencia c de cohesión, fácil por lo demás de tenerse en cuenta; por lo que esta ecuación se reduce á la

$$(12) \quad x = \frac{h}{2} \frac{k' p \tan^2 \frac{\alpha}{2} - 0,75 p (n + n')}{0,75 p' h}.$$

Para determinar k' puede confrontarse el resultado que da la fórmula de Vauban con el obtenido por esta última en el caso par-

ticular del dique de 8 metros del torrente de Riou-Bourdoux, cuya solidez está comprobada. La primera de estas fórmulas da

$$x = 3,220;$$

la segunda, supuestos los valores de

$$h = 8^m, \alpha = 90^\circ, n = n' = 0,20, p = 1000, p' = 2200,$$

da

$$x = \frac{10 k' - 3}{83}.$$

Igualando estos dos resultados, tendremos

$$k' = 10,93.$$

Cuando el muro se prolonga debajo del suelo, según sucede generalmente en la construcción de los diques, como el zampeado se construye al pie del paramento inferior, se comprende fácilmente que aquél llena la condición de oponerse, tanto al derrumbamiento ó caída como al resbalamiento.

En el caso de que los muros se construyan de mampostería en seco, se toma para el grueso $\frac{1}{4}$ más del que se obtendría de las anteriores fórmulas, para un muro de revestimiento de cal y canto de la misma altura y en igualdad de circunstancias.

La discusión de las fórmulas de estabilidad demuestra, que entre todas las formas de revestimiento, la que tenga el talud máximo, tanto inferior como superior, con uno de base por seis de altura, presenta bajo un mismo volumen la resistencia máxima, es decir, la que para un mismo grado de estabilidad exige el volumen mínimo de muro. Pero un talud demasiado inclinado expondría el muro inferior á un rápido deterioro; y la reparación del talud superior lleva consigo dificultades de construcción que importa evitar.

Esta forma asegura, en verdad, la resistencia del muro á su derrumbamiento; pero en cambio favorece el resbalamiento sobre la base, hasta el punto que en diversos casos (en los que ésto no sucedería si la pared interna fuese vertical) llega á ser más bien peligrosa. Se toma, por tanto, como forma típica de estos muros de revestimiento los de paramento interior ó superior vertical, siendo el exterior ó inferior muy poco inclinado.

Vauban señalaba al paramento inferior la inclinación de $\frac{1}{5}$, pero la experiencia ha enseñado que era excesiva, y á la mayor parte de

los recientemente contruídos se les da la pendiente de $\frac{1}{10}$. En cuanto á los diques, veremos que en las diversas construcciones se han adoptado inclinaciones superiores á $\frac{1}{5}$, y que para el espesor del coronamiento nunca se toman dimensiones inferiores á $1^m,20$ que es el mínimo.

En la construcción de los muros de sostenimiento, y aun también en los de los diques, es importantísimo asegurar su estabilidad contra el resbalamiento, y al efecto se aconseja algunas veces disponer las hiladas del muro, no horizontales, sino con una ligera inclinación hacia dentro. En los muros de paramento inclinado, se satisface esta condición fácilmente colocando las hiladas perpendiculares al paramento externo AB (Fig. 20.)

Fig. 20.

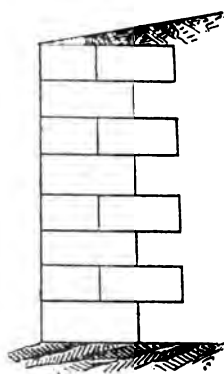
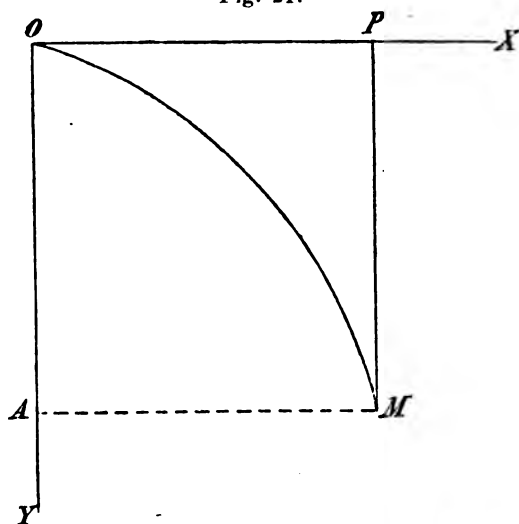


Fig. 21.



Las precedentes consideraciones nos conducirían á hacer vertical el paramento superior de un dique de sostenimiento ó contención é inclinado en $\frac{1}{10}$ el inferior; pero aún hay otra circunstancia que obliga á dar á este último una disposición muy próxima á la vertical. En efecto, cuando las aguas transportan piedras, no conviene que éstas choquen contra el paramento porque lo deteriorarían muy pronto, sino que caigan en el zampeado, que es la parte destinada á resistir estos choques.

Sea x el espacio recorrido por el agua con la velocidad v y con la aceleración g en el tiempo t y según el eje de las x (Fig. 21), y el re-

corrido según el de las y : se tendrá, en virtud de la ley del movimiento de los graves

$$x = vt, \quad y = \frac{1}{2} g t^2.$$

De estas ecuaciones, eliminando t , se tiene la de la trayectoria descrita por el agua y por las piedras que ésta acarrea en su caída de un dique; esto es,

$$(13) \quad y = \frac{1}{2} g \frac{x^2}{v^2},$$

que representa una parábola de segundo grado.

Esta ecuación permite hallar el punto M , en el cual el agua cae sobre el zampeado para una velocidad dada v y para cierta altura h del dique, y se encuentra

$$(14) \quad OP = \sqrt{\frac{2h}{g}} v^2 = v \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

Los valores de $OP = AM$ correspondientes á los mayores y menores de V dan los límites de la longitud del zampeado para una determinada altura h del dique. El valor mínimo, pues, de OP habrá de ser tal, que el agua no encuentre el paramento externo.

Los valores medios de V por segundo, con los que el fondo de los canales empieza á ser atacado por la fuerza erosiva del agua, arrastrando ésta los materiales que lo constituyen, son los siguientes:

Tierras sueltas	$V = 0,08$
Arcilla tierna	$= 0,15$
Arena.... ..	$= 0,30$
Grava.....	$= 0,61$
Cascajo.....	$= 0,64$
Piedra machacada, sílice	$= 1,22$
Morrillos aglomerados y esquistos blandos	$= 1,52$
Rocas estratificadas.....	$= 1,83$
Rocas duras	$= 3,05$

Suponiendo el caso de una velocidad de 0,61, y una altura de 5 metros, se encuentra

$$OP = 0,61 \sqrt{\frac{2,5}{9,81}} = 0,62 \text{ m};$$

ó lo que es lo mismo, que un talud de 0,62 del muro, impediría á piedras de la dimensión media de la grava, que llegasen al paramento

inferior del dique. Este talud corresponde á 12 centímetros por metro, y sería ya superior al de 0,10 anteriormente establecido para los muros de sostenimiento de los diques.

Si se tratase del arrastre de cascajo, á lo que corresponde una velocidad de la corriente de 0,64, para la misma altura se tendría

$$OP = 0,65;$$

esto es, que con una pendiente de 13 centímetros por metro, el cascajo no llegaría ya al pie del dique.

En casos de menor velocidad, como la precisa para los arrastres de arcillas y arenas, correrían estos materiales á lo largo del paramento externo ó inferior, pero sin que su choque perjudicase á estas construcciones.

Los tipos de diques en que el paramento externo es vertical no son aplicables sino á los que se construyen á canto seco.

Tratándose de muros de mampostería común ó mixta, tal paramento es contrario á los principios de estabilidad. Como la inestabilidad en los muros á canto seco, resulta más de la separación de los materiales que lo constituyen, que de la tendencia al desplome de toda la masa, será más conveniente la verticalidad del paramento exterior, como menos perjudicado por el choque de las aguas y de los materiales que éstas acarrean.

Cuando un dique tiene la forma curvilínea algo acentuada, como el empuje se verifica sobre los estribos, es necesario que éstos se apoyen en roca: en este caso el dique podrá resistir tanto la rotación como el resbalamiento, mientras que, al contrario, no podría esperarse buen resultado de un paramento curvilíneo cuando los estribos no descansasen sobre fuertes puntos de apoyo.

El trazado del arco de la curva horizontal no presenta ninguna dificultad. Sea $r = AO$ (Fig. 8) el radio de un arco de círculo O , f la flecha, c la semicuerda, t el ángulo en el centro del triángulo ADO . Tendremos:

$$(15) \quad r = \frac{1}{2f} (f^2 + c^2), \quad \text{sen } \frac{\alpha}{2} = \frac{c}{r}.$$

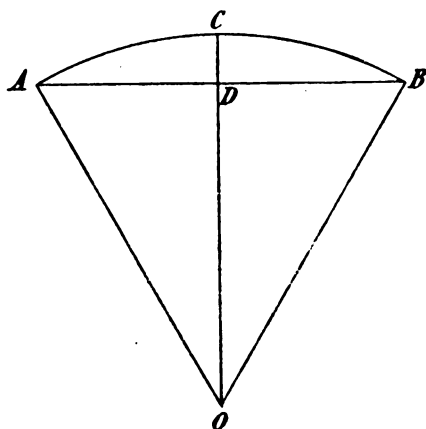
No obstante de que en los arcos de los puentes se toma generalmente en la práctica por flecha $\frac{1}{4}$ de la cuerda y nunca se hace menor de $\frac{1}{8}$, salvo rarísima excepción en que se reduce á $\frac{1}{16}$ de la apertura del arco, teniendo en consideración tanto las circunstancias en

que se da á los diques esta forma, como la estabilidad de los estribos que penetran en la roca, la relación entre la cuerda y la flecha se admite sin dificultad que sea de $\frac{1}{10}$. Introduciendo, pues, el valor de $f = \frac{2c}{10}$ en la ecuación (15) se obtiene

$$r = 2,60 c, \quad \text{sen } \frac{\alpha}{2} = \frac{1}{2,60} = \text{sen } 22^{\circ}, 37', 13'', \quad \alpha = 45^{\circ}, 14', 26'',$$

datos que permiten determinar el radio en función de la cuerda y de la amplitud del arco.

Fig. 8.



También se halla el grueso de un dique considerándolo como una bóveda. El Ingeniero Léveillé ha propuesto para el cálculo del grueso s de las bóvedas de los puentes la fórmula

$$(16) \quad s = \frac{1 + 0,2 c}{3},$$

en la que c expresa igualmente la semicuerda del arco.

De las pruebas hechas en gran número de puentes, resulta que esta fórmula es aplicable aun para aquellos sobre los que pasan convoyes, y que sufren la sobrecarga de un gran espesor de tierra. Aplicada á un dique de la longitud de 10 metros, daría un grueso de

$$s = \frac{1 + 0,2 \cdot 5}{3} = 0,67 m,$$

que sería siempre menor que el necesario para resistir la rotación alrededor de la arista exterior; y así como en este caso tanto la rota-

ción cuanto el resbalamiento se impiden á consecuencia de incrustarse ó encajarse los estribos en la roca, no reduciendo el grueso, se obtiene evidentemente una resistencia mayor que en los diques rectilíneos.

Es de observar, que para la determinación de la curvatura que debe darse á los diques, se sienta un principio casi opuesto al admitido para las bóvedas de las construcciones civiles. En efecto, el principio respecto de éstas es, que su resistencia aumenta en razón de su curvatura, mientras que en los diques situados en puntos en que las orillas del torrente ceden fácilmente á los derrumbamientos, se desarrolla una presión en los estribos dirigida según la longitud del dique, que perjudica á la estabilidad, tanto más cuanto más curvo sea el mismo dique. Ya en este caso, aquélla, por el contrario, será tanto mayor cuanto la dirección del dique sea más perpendicular á las orillas del torrente, deduciéndose de todo, que no puede darse regla alguna fija para el radio de curvatura, porque éste depende de las condiciones de los estribos.

Conocidas ya las formas y dimensiones de los diques y las circunstancias que las modifican, veamos cuáles son las disposiciones que procede adoptar para la cimentación en los diversos casos.

Dividiremos los terrenos respecto á la mayor ó menor resistencia que presentan para su cimentación, en los casos generales, en tres clases principales entre las que hay infinidad de gradaciones intermedias. La primera comprende las rocas, tobas, margas, y en general aquellos terrenos que no pueden trabajarse sino con barrenos, el martillo y el escoplo, terrenos que son los más á propósito para abrir en ellos los cimientos; la segunda comprende los terrenos arenosos y los de acarreo; á la tercera pertenecen todos los demás que ofrecen mayor ó menor dificultad para darles uniforme y suficiente resistencia.

En el primer caso pueden sentarse los cimientos directamente sobre la roca, y en el segundo, si la roca no está á mucha profundidad, se abrirán los cimientos hasta encontrarla. Si ésta se hallase tan profunda que exigiese una cimentación de mayor profundidad que la mitad ó los dos tercios de la altura fuera de tierra, convendría, ó elegir otro punto para la obra, ó bien recurrir á medios auxiliares para dar al terreno la necesaria solidez. Cuando con la excavación se llega á encontrar la roca ó un suelo resistente, ante todo se explana éste con esmero, y hecho así, se empieza el trabajo de cimentación extenden-

diendo una gruesa capa de cal y colocando la primera de piedras, elegidas éstas, á ser posible, de la misma altura y dureza, evitando el empleo de materiales blandos ó de mediana calidad, y continuándose de tal modo hasta el nivel del suelo natural. Estos cimientos pueden ser algo más profundos en el paramento exterior ó inferior, alcanzando el nivel de la explanación por medio de diferentes retallos ó escalones.

Si bien los cimientos quedan ocultos, no deben construirse con menos cuidado que el paramento inferior; al contrario, preciso es redoblarlo para procurarles estabilidad. Cuando descansan sobre un suelo natural incompresible, es suficiente darles un aumento ó resalto en cada una de las caras de 5 ó 10 centímetros, para abrigar la seguridad de que los muros tienen una base sólida, igual al menos á la de aquéllos, y que no obstante cualquier falta de esmero en la construcción de las paredes éstas no se apoyarán en falso: esto es lo que hemos visto, por lo general, practicado en los diques.

Si la roca no apareciese más que en algunos puntos, dejando entre éstos espacios de tierra, se practicará la excavación sobre aquellos puntos para levantar pequeñas bóvedas que se apoyen sobre la roca, llenando además los huecos de mampostería.

Los terrenos de la segunda clase, aún son á propósito para establecer una cimentación, en cuanto tienen la propiedad de ser incompresibles cuando están bien encajados en los que los contienen.

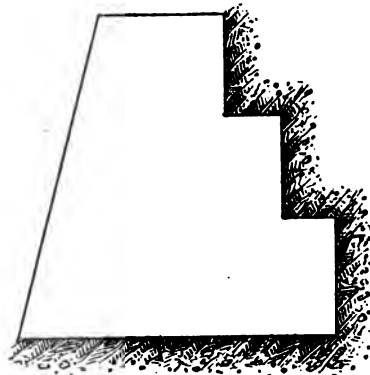
Por último, para la cimentación en terrenos de la tercera clase es preciso acudir á medios especiales, cuya aplicación conviene evitar en los trabajos de que aquí se trata.

Como quiera que el dique se apoya en las orillas que limitan el torrente, cuando éste se halle en roca, naturalmente los cimientos irán ensanchándose hacia arriba. Este ensanche se consigue por medio de retallos que se apoyan horizontalmente en la roca, como indica la fig. 30. Las dimensiones ya calculadas de un dique, son suficientes para la mayor parte de los casos prácticos; sin embargo, algunas veces, á fin de aumentar el momento de estabilidad, se construyen contrafuertes á la pared interna, cuyo objeto es romper el prisma del máximo empuje y dirigir hacia la misma el centro de gravedad del dique. Estos contrafuertes, ó bien forman parte de la obra misma, ó bien son independientes de ella. El modo más racional, tanto para los muros de sostenimiento cuanto para los diques que necesiten refuerzo, es construirlos con retallos interiores (*Fig. 22*).

Así, el peso de la tierra que se apoya sobre cada uno de aquéllos, concurre con el del muro á alejar el centro de gravedad de la arista exterior de la base, alrededor de la cual tiende á verificarse la rotación.

Si se formulase la ecuación de equilibrio para esta clase de diques con contrafuertes de retallos, se hallaría que, teniendo en cuenta el

Fig. 22.



peso de las tierras que cargan sobre aquéllos, se aumenta notablemente el momento de estabilidad, y, por tanto, que podría muy bien disminuirse el espesor.

Se ha visto anteriormente que la caída ó salto de las aguas de un dique se hace sobre un muro especial destinado á proteger su pie de la excavación que aquéllas podrían producir; á recibir el choque de las piedras transportadas por la corriente y á disminuir su velocidad. Esta construcción, que

se llama zampeado, tiene que satisfacer varias condiciones, de las que las principales son: que el perfil longitudinal sea casi horizontal á fin de que las aguas no recobren muy rápidamente su velocidad, y suficientemente larga en la dirección del torrente para que reciba el choque de toda la capa de agua y no sufra erosión ni longitudinal ni lateralmente.

Determinemos ahora la longitud, la anchura y el grueso que hayan de darse al zampeado para que satisfaga las mencionadas condiciones.

Hemos visto que con la ecuación (14) se halla el límite á que pueden llegar los materiales transportados por la corriente. Basta para esto sustituir á h la altura del dique, medida desde el zampeado hasta el nivel de la capa de agua en las mayores crecidas, y á v el valor correspondiente á estas crecidas. Siendo h' la altura de la capa de agua, resultará (Fig. 23):

$$O P' = v \sqrt{\frac{2(h+h')}{g}}.$$

Si es n la pendiente por metro del paramento externo, tendremos:

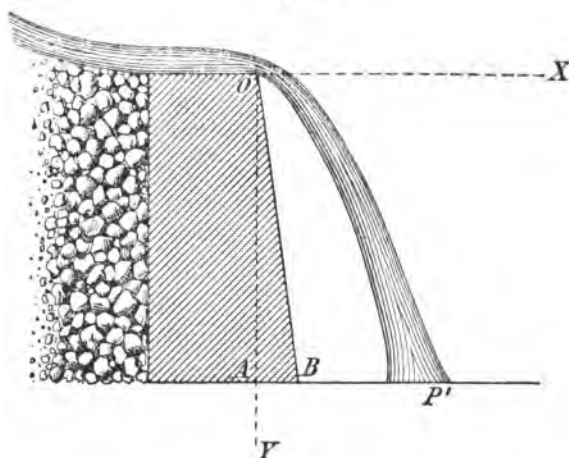
$$A B = n h;$$

y sustrayéndolo del valor precedente OP , se tendrá la longitud l del zampeado, contada desde el pie del dique, esto es:

$$l = v \sqrt{\frac{2}{g} (h + h')} - n h.$$

En la práctica será preciso hacer ésta algo mayor, porque el agua y los materiales que transporta no han perdido en este punto toda su velocidad. Los valores de v y de h' , correspondientes á las máximas crecidas, es preciso determinarlos en cada caso particular.

Fig. 23.



Se han registrado en los torrentes de los Alpes velocidades hasta más de 12 metros por segundo, y alturas de capas de agua de 7 y 8 metros. En realidad, no obstante, no conviene tomar como punto de partida estos datos, casi completamente excepcionales, en los que no resiste construcción alguna, sino en condiciones recíprocamente excepcionales. Suponiendo

$$v = 10 \text{ m}, \quad h = 5 \text{ m}, \quad h' = 3 \text{ m}, \quad n = \frac{1}{10}$$

sería

$$l = 13,77 \text{ m}.$$

En el gran dique núm. 1 del torrente de Riou-Bourdoux, el zampeado, medido desde el pie de aquél hasta el contradique (Figura 82), tiene 17 metros de longitud.

En sentido de su anchura, ó sea en sección transversal, su forma

será de un arco de círculo, á fin de que la capa de agua, al caer sobre él, tenga la mayor anchura posible. Para impedir la excavación del pie del dique, constituirá un solo cuerpo con el mismo introduciéndose lateralmente en las orillas, que se defenderán además con grandes piedras, ó con vigas fuertemente aseguradas, por medio de pilotes clavados en el terreno.

Los materiales del zampeado han de ser del mayor tamaño posible, colocados de plano, y la forma de esta construcción análoga á la del coronamiento, de modo que tenga una sección superior á la correspondiente al caudal de agua, á causa del remolino que se produce por la pequeña pendiente que se le da en sentido de su longitud. Esta pendiente, en efecto, no debe exceder de dos ó tres centímetros por metro, y aun conviene á veces suprimirla por completo.

El espesor del zampeado depende de la altura del dique y la profundidad de sus cimientos. Algunas veces, si las circunstancias locales lo permiten, se cambia la corriente, dirigiéndola sobre algún peñasal en que se produzca naturalmente una cascada del mayor salto posible, recurso que producirá gran economía á consecuencia de la supresión del zampeado.

Si no se pudiera hacer caer el agua como queda dicho, y el terreno, aguas abajo del dique, tuviese gran pendiente, aquélla en tal caso concluiría por producir una excavación en el extremo del zampeado: para impedirlo se termina éste con una especie de contradique (*Figuras 67 y 68*) que, según los casos, es curvo ó rectilíneo, de cimiento profundo, y que se construye á una distancia del dique siempre mayor que la del salto de agua.

Si el terreno es de tal naturaleza que se denuda con facilidad, el zampeado se construye, ó bien de mampostería con cal hidráulica, ó bien á canto seco, empleando materiales ó piedras del mayor tamaño posible. Las orillas del torrente en la distancia del dique al contradique se refuerzan frecuentemente por medio de muros de revestimiento, con el fin de evitar los daños que podría producir el remolino de las aguas. Aguas abajo del contradique, en una distancia casi igual á su longitud, y con el objeto de evitar cualquiera erosión de las orillas, se levantan palizadas longitudinales, y en caso de ser necesario impedir también la del fondo en mayor longitud, se continúan aquéllas uniéndolas con otras transversales (*Figuras 57, 58, 59, 60, 61 y 62.*)

Cuando la altura del salto de agua del dique es grande, el contra-

dique se eleva sobre el zampeado unos 50 centímetros, de modo que al caer el agua sobre una capa líquida de este grueso, se disminuye el efecto del choque y sale por el contradique después de haber perdido toda su velocidad para empezar de nuevo á recobrarla.

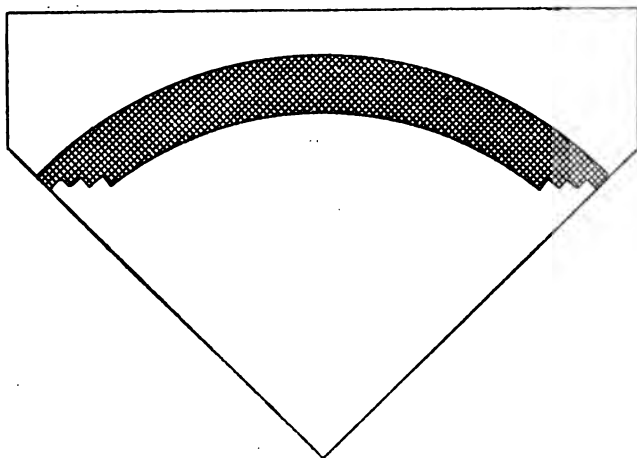
Si el fondo del torrente no se prestase á la erosión, el zampeado entre el dique y el contradique se construiría simplemente con grandes losas colocadas de plano, sin proceder á una labor tan esmerada como la que anteriormente se deja referida.

CAPÍTULO V

Tipos de diques; su construcción, obras de madera.

En los trabajos de regularización de los torrentes, el servicio de las repoblaciones en Francia ha adoptado algunos tipos, el primero de los cuales presenta la siguiente forma. El paramento superior es rectilíneo y perpendicular al eje del torrente; el inferior tiene una pe-

Fig. 24.

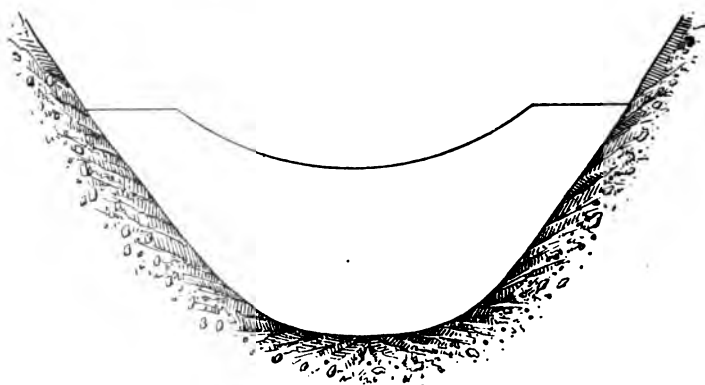


Modelo núm. 1. Planta.

queña curvatura y un talud del 20 al 30 por 100, y presenta una superficie cónica, cuya directriz es una recta inclinada según el talud adoptado, y el eje, la vertical que pasa por el centro de la curva.

El coronamiento es una curva regular de la que la cuerda y flecha son las adecuadas para obtener una sección proporcionada al caudal del torrente. Este tipo se adoptó especialmente para los diques de canto seco, modificando, según las circunstancias, la forma del coro-

Fig. 25.

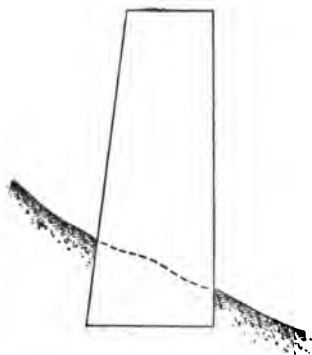


Modelo núm. 1. Alzado.

namiento y de los estribos que algunas veces están levantados; en otras se construye el paramento inferior perfectamente vertical, y el superior, al contrario, en talud. Las figuras 24, 25 y 26 representan

el modelo núm. 1 del primer tipo, y las 27 y 28 los modelos números 2 y 3 del mismo.

Fig. 26.



Este primer tipo ofrece el grave inconveniente de que si se quiere dar una gran curvatura al dique, se aumenta considerablemente el volumen ó cubo de fábrica en los estribos, y por consiguiente los gastos. A este tipo pertenece el señalado al núm. 2, del torrente de Bourget, construido todo él de mampostería con cal hidráulica, y que debía servir de base á otras once construcciones; pero se

desistió de adoptarlo en los trabajos sucesivos, como también todos los demás que tienen el paramento inferior completamente vertical, y por tanto, contrario á las reglas de estabilidad, cuales son los modelos

que llevan los números 3, 5 y 8, de que en breve nos ocuparemos. En efecto, el paramento inferior vertical no es aplicable más que á los diques de canto seco, que no tienen que oponer gran resistencia al derrumbamiento; las alas del modelo núm. 2 de este tipo también se abandonaron, á causa de su poca resistencia á las grandes lavas que fácilmente las destruyen.

El segundo tipo tiene la forma de una bóveda horizontal con mayor curvatura que en el primero; el paramento inferior presenta una

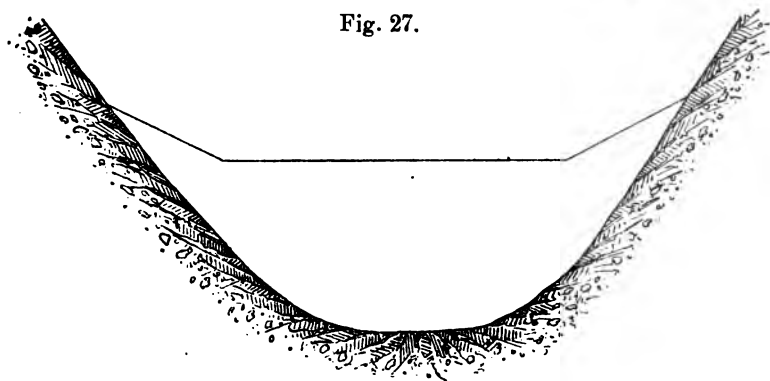


Fig. 27.

Modelo núm. 2. Alzado.

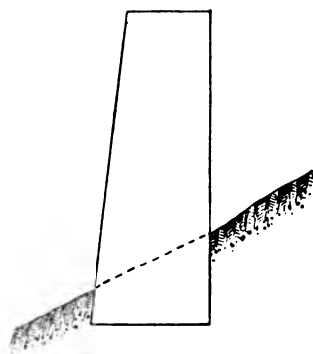
superficie cónica que tiene por directriz una recta inclinada según el talud exterior, y por eje la vertical que pasa por el centro de la curva del paramento superior, constituido por una superficie cilíndrica vertical de radio dado. Este tipo puede modificarse invirtiendo los dos paramentos como antes se ha dicho. El coronamiento, por lo demás, es semejante al del primer tipo. La figura 33 representa el modelo núm. 4 segundo tipo, y se obtiene el modelo núm. 5 cambiando al paramento superior el talud del inferior. La forma del coronamiento, semejante en estos dos modelos, es una curva regular con la cuerda horizontal.

El tercer tipo de diques (*Fig. 34. Modelo núm. 6*), es una bóveda horizontal con el paramento superior de forma cilíndrica, y el inferior de forma cónica, que en lugar de prolongarse hasta las orillas se apoya sobre muros rectilíneos tangentes al arco adoptado. El coronamiento tiene la forma de una curva prolongada en los extremos, según la dirección de la tangente al arco.

Alguna vez se suprimen las curvas de los dos paramentos, hacién-

dose el superior vertical y perpendicular al eje del torrente, y el inferior inclinado con el talud correspondiente, y afectando el coronamiento una forma curva regular, cuya cuerda es horizontal (Fig. 29,

Fig. 28.



Modelo núm. 3. Sección transversal.

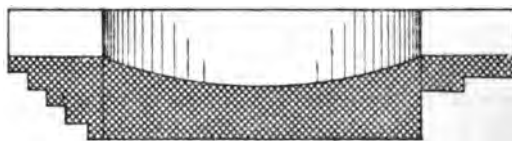
4.º tipo, modelo núm. 7). Si se cambia el talud para el paramento superior y se construye vertical el inferior, se obtiene el modelo núm. 8, que es uno de los que en la práctica deben excluirse.

Con la presente serie de consideraciones sobre el cálculo de las construcciones de que se trata, y en relación al objeto á que éstas se dirigen, á la resistencia que deben oponer, y al cubo de fábrica, y por tanto á la economía, se elegirán entre los tipos ya descritos aquellas que más convengan según las diferentes circunstancias.

Las que en la práctica pueden adoptarse se reducen á los modelos números 4, 6 y 7.

El primero de estos modelos se adoptará en el caso en que los apoyos de los estribos sean muy sólidos, empleándose cualquiera

Fig. 29.



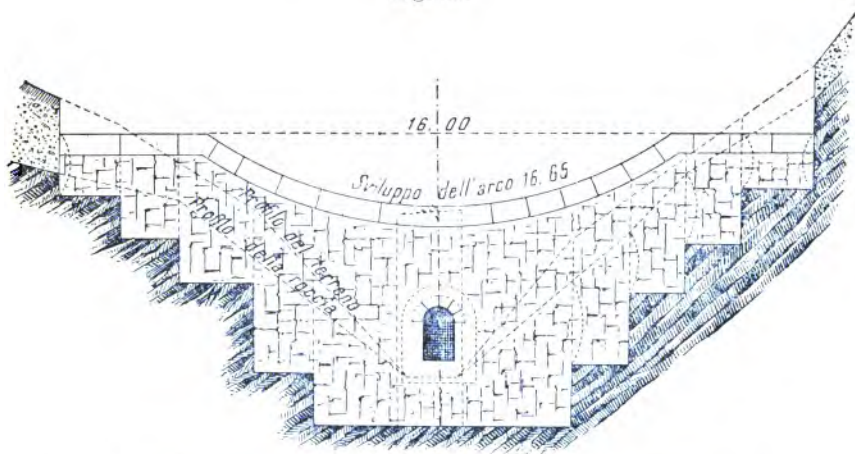
Modelo núm. 7. Planta.

clase de fábrica con tal de no usarse—al menos exclusivamente—la cal hidráulica, ya que serian innecesarios tanta resistencia y el consiguiente gasto. En la construcción á canto seco se da al paramento inferior un talud del 25 por 100, y respecto del grueso se procede de modo que en la mitad del coronamiento sea igual á la mitad de la altura sobre el lecho, medida en el paramento superior: la flecha del arco del paramento será $\frac{1}{10}$ de la cuerda. En caso de que se emplee el sistema de mampostería mixta, se procederá de manera que

á la mitad de la altura del dique, contada desde el lecho, el grueso sea la mitad de esta altura.

El segundo de estos últimos tipos, ó sea el núm. 6, si bien no se ha adoptado para construcciones de gran importancia, es aplicable, no obstante, á otras de menor, y que consisten en obras á canto seco que se hacen hacia el origen de los torrentes y de los barrancos. Empleándose este tipo con el sistema llamado de construcción mixta, precedentemente descrito, se conseguirá una resistencia extraordinaria.

Fig. 30.



Alzado del dique núm. 6, de mampostería mixta, construido sobre el torrente de Bourget.

El tercero de estos tipos, ó sea el núm. 7, que se denomina también dique rectilíneo, se construye generalmente de mampostería mixta cuando las orillas no ofrecen grave peligro de movimiento; en caso contrario, se empleará en toda la fábrica la cal hidráulica. Las figuras 30, 31, 32, 33, 34 y 35 representan un dibujo del dique número 6 de esta última mampostería, construido sobre el torrente de Bourget, uno de los más terribles de los Bajos Alpes, y que, por efecto de las obras que en esta Memoria se mencionan, puede considerársele ya como extinguido.

En cuanto á la especie de mampostería, depende, no sólo de la resistencia y de la duración que se desea de las construcciones, sino también de la mayor ó menor abundancia del material necesario para aquélla y de la economía. En general, la mampostería á canto

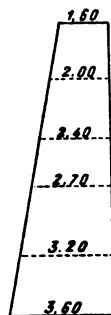
seco se reserva solamente para aquellas localidades en que la altura y otras dificultades del transporte de la cal y arena, hacen subir excesivamente el coste del metro cúbico de muro. En efecto; la resistencia de la mampostería común no tiene comparación con la que ofrece una construcción á canto seco; pero su coste es mayor, y para remediar en parte este inconveniente, se ha adoptado en Francia el sistema mixto de construcción, que es excelente, como lo prueban los resultados en el largo tiempo ya transcurrido y la resistencia

Fig. 31.



Sección por el lado derecho.

Fig. 32.



Sección por el lado izquierdo.

opuesta á las pruebas más decisivas, todo lo que obliga á formar juicio muy favorable sobre el particular.

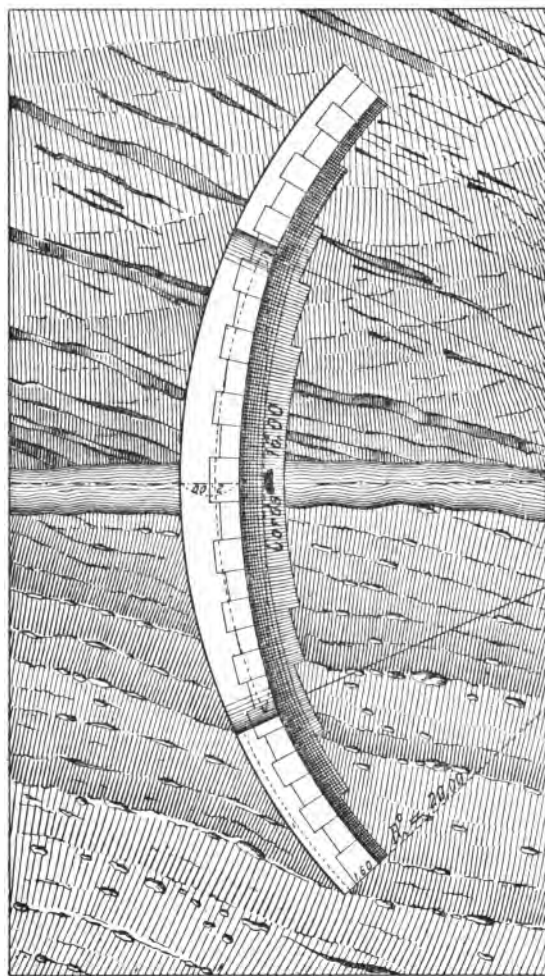
Este sistema consiste en construir el cuerpo del muro de piedra en seco, el paramento inferior de mampostería con cal hidráulica, dándole un espesor de 80 centímetros; el coronamiento, también con cal hidráulica, con la arista exterior de sillería, tomada con la misma cal; y, en fin, en practicar una abertura en la parte inferior, suficiente para dar salida á las aguas en su caudal ordinario. La parte de muro que circunda esta abertura se construye también con cal hidráulica, en una extensión de 80 centímetros alrededor de la misma.

Las partes del dique más expuestas á cualquier deterioro forman con esta disposición un solo cuerpo, y oponen una resistencia bastante mayor que la que se obtendría con una construcción á canto seco, en la que, por separarse ó desprenderse alguna piedra, sufriría un desperfecto, una parte considerable ó el todo de la obra. Cuando ésta se construye de mampostería, nunca llega á destruirse por com-

pleto, y todo lo que puede suceder, cuando más, es que, á causa de una avenida, se abra una brecha en el coronamiento.

El conseguir una buena trabazón, aun en los muros á canto seco,

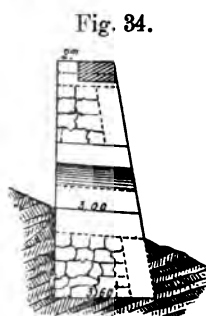
Fig. 33.



Plano del dique sin las tierras.

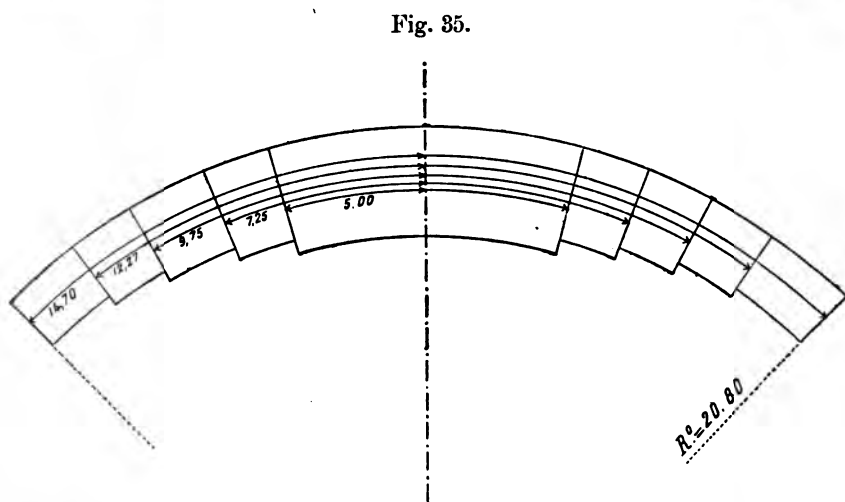
es siempre operación algo costosa, por tener que labrar las piedras con algún cuidado, al menos en sus cuatro caras, y tratarse de una superficie de paramento un tanto grande. Esta construcción mixta es también muy conveniente desde el punto de vista económico, y en particular cuando las piedras son muy duras y no tienen superficies planas de fácil desbaste. La mampostería con cal hidráulica en el

coronamiento, evita el empleo de grapas á que muchas veces se acude en las construcciones á canto seco, y permite reducir el espesor con ventaja, no sólo de la economía, sino de la de utilizar materiales de menor tamaño, y de facilitarse la ejecución de las obras, especialmente en las localidades donde los de mayor escasean.



Sección á lo largo
del eje.

Otra importante ventaja de este sistema respecto al de construcción á canto seco, es el de establecer un acueducto, aguas arriba del cual se encuentra una especie de verja formada por estacas de alerce de 10 centímetros de diámetro, la cual, al par que detiene los materiales de mayor volumen, da paso al agua y la arena, facilitando de este modo la formación de un depósito compacto formado de materiales de todos tamaños. Podría suceder que tal acueducto se obturase antes de haberse el aterramiento verificado por completo, pero nada sería más sencillo que dejarlo expedito, mientras que el dique á canto seco, obrando como una



Plano de las longitudes desarrolladas.

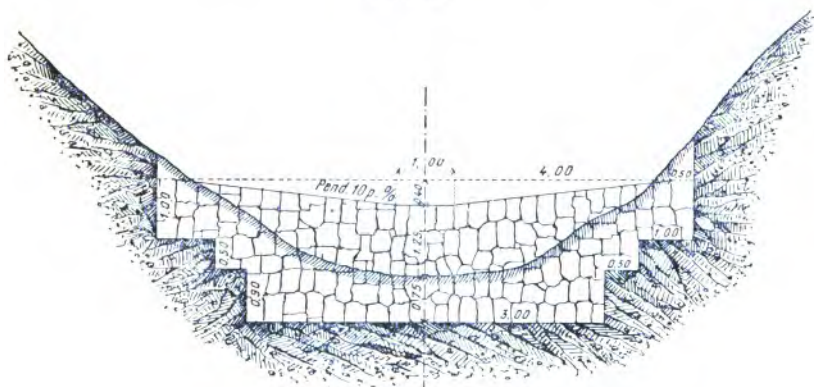
criba se obtura fácilmente, y las aguas, estancándose hacia arriba antes de lograrse dicho aterramiento, le convierten en una presa, haciendo preciso para tal caso darle mayores dimensiones. Otra ven-

taja, por último, que debe citarse de esta construcción mixta, es la de que si durante su ejecución sobreviniese una avenida, sólo la parte construída en los dos ó tres días anteriores podría á lo sumo destruirse, mientras que en la construcción á canto seco lo sería ésta en su totalidad.

En algunos casos excepcionales convendrá usar en toda la construcción la cal hidráulica, como por ejemplo, cuando se trata de un lecho accesible á la denudación y de orillas poco estables, en el que la mampostería debe formar una gran masa compacta, homogénea y que ofrezca la mayor resistencia posible, tanto á la fuerza que tienda á derribarla como á las presiones laterales.

Los diques de canto seco sólo tienen, por tanto, aplicación en las obras que se ejecutan hacia el origen de los torrentes, y respecto de ellos no se cree necesario determinar una forma que sirva de modelo especial. Llámense rústicos, y tienen gran importancia porque en las alturas en que se emplean llenan el mismo objeto que las palizadas y enfagínados á que se recurre en los terrenos esquistosos donde falta la piedra. Las figuras 36, 37 y 38 representan el alzado, planta y sec-

Fig. 36.



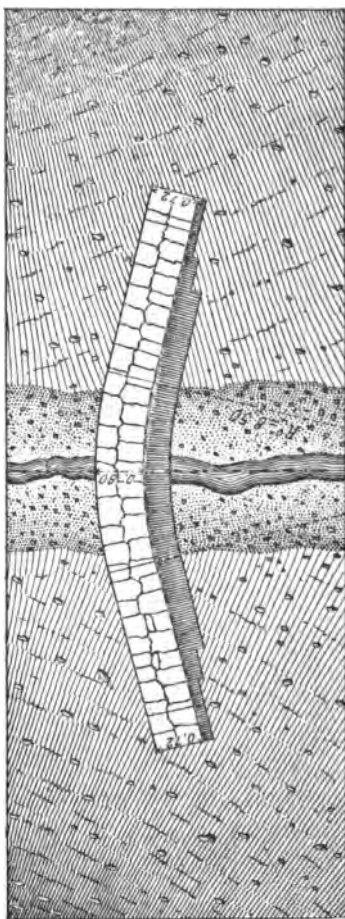
Dique rústico.

ción de un dique rústico que, salvo la forma de su planta, es el que está más en uso entre nosotros, especialmente en la Valtellina.

Cuando la piedra escasea mucho y abunda la madera, y los trabajos tienen un caracter provisional, por no ser precisos sino hasta que la repoblación de las orillas de la cuenca esté ya asegurada, se emplea

la segunda bajo diversas formas, tanto en grandes piezas como en faginadas, según el fin y la duración relativa que se espere de las obras. Evidentemente, si éstas además de ofrecer cierta resistencia han de tener larga duración, es preferible la construcción de mampostería. En

Fig. 37.



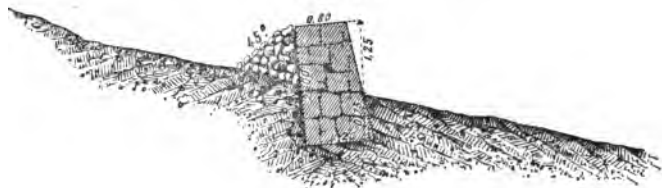
Planta de un dique rústico sin las tierras.

efecto, si los trabajos se localizasen en puntos expuestos al Mediodía en que las alternativas de sequía y humedad favoreciesen la putrefacción, los diques de madera, después de algún tiempo, cederían á la presión de los depósitos ó aterramientos y al continuo rozamiento de los materiales de acarreo, se abrirían, y concluirían por derruirse á la primera avenida un tanto impetuosa.

No obstante su fácil corruptibilidad, la madera se emplea con frecuencia para sujetar los materiales del zampeado, y la figura 39 representa una de las disposiciones adoptadas.

Aunque en los Bajos Alpes es de poco uso en los diques y en las demás obras de consolidación, excepto en las de palizadas y faginadas,

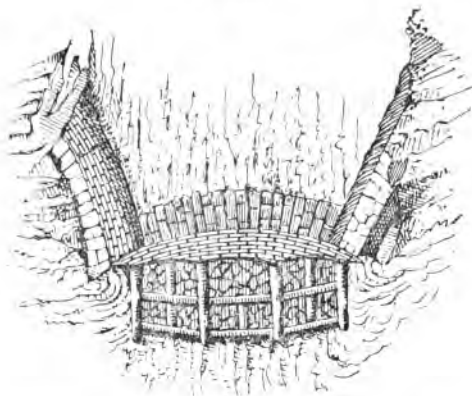
Fig. 38.



Sección según el eje.

nos parece útil, sin embargo, dar á conocer cómo se ha empleado en algunas otras localidades de Francia, tanto porque podríamos nosotros utilizarla con ventaja en ciertos casos, cuanto porque se comprenderá mejor el sistema de defensa adoptado en las regiones visitadas.

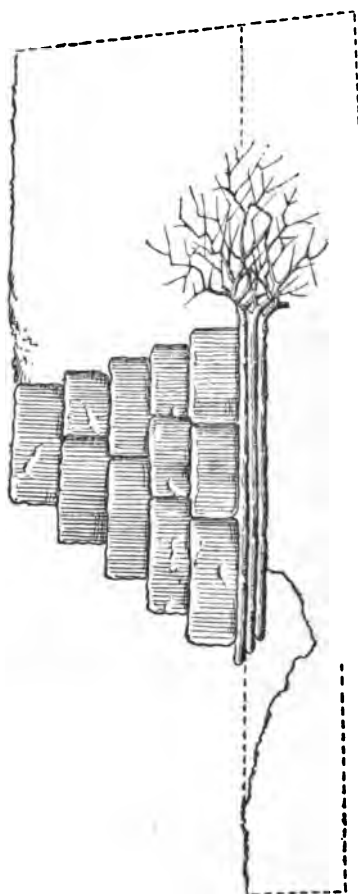
Fig. 39.



Un procedimiento admitido en la construcción de los diques consiste en preparar el lecho con árboles enteros, generalmente alerces, dirigidos en sentido de la corriente, dejando que todas sus ramas se cubran por los depósitos (Fig 40). Los cimientos del muro se apoyan sobre los troncos, y esta disposición, que ha surtido buen efecto, resiste por largo tiempo aun después de haber sufrido el zampeado una

excavación considerable, lo que no dispensa, sin embargo, de que éste se construya con mucho esmero. Es cierto que la duración de los troncos es más ó menos larga y que el dique se derrumbará en el momento en que le falte el apoyo, por lo que, á fin de evitar el incon-

Fig. 40.



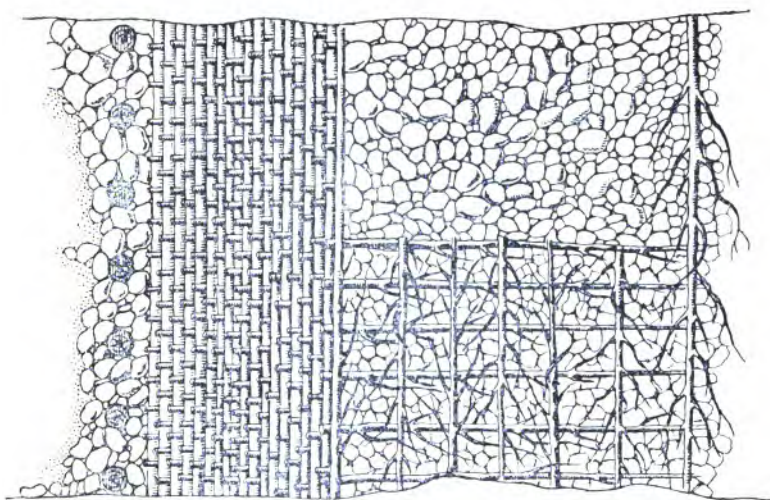
veniente de la excavación, se acude también á colocar delante del dique estacas sujetas por otras piezas horizontales. Este material bien enterrado resiste largo tiempo, pero acaba por encontrarse en las mismas condiciones del caso precedente.

Otro sistema se debe al entendido Ingeniero francés Rohr, quien, estudiando los perfiles de las excavaciones producidas por las aguas torrenciales, observó eran bastante regulares, correspondiendo á la

ley del movimiento de las aguas en su caída, y le ocurrió la idea de alterar la regularidad de esta línea de excavación, construyendo hacia abajo del dique otro mucho más pequeño de que precedentemente nos hemos ocupado, designándole con la denominación de contradique, formado por una sola hilada de piedras y situado sobre la orilla de la curva de excavación que abre el torrente.

Aún citaremos otra disposición usada donde abunda la madera, y en la que ésta se emplea con la piedra, disposición que es la representada en las figuras 41 y 42. En los diques pequeños y de poca du-

Fig. 41.

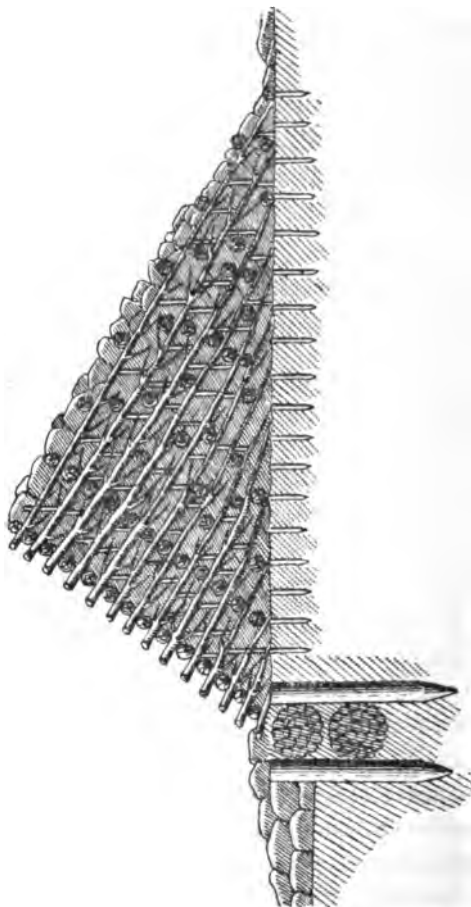


ración son suficientes haces de aliso y sauce, y en los de tamaño y duración mayores se emplean troncos de abeto rojo ó de pinabete, en los que, á veces se dejan sus ramas. La construcción se compone en tal caso de varias capas alternadas de madera y piedra, asegurándose cada una de ellas por tarugos redondos, transversalmente colocados y llenándose los huecos de piedras, antes de construir la capa siguiente: la unión de las diversas capas entre sí se logra mediante estacas clavadas de tal modo, que atraviesen al menos dos de aquéllas.

Este sistema ofrece la ventaja de conseguirse con él cierta duración, porque la putrefacción del material leñoso se produce solamente en su extremo superior, mientras que la parte restante, llena de tierra y piedras y al abrigo del aire, se conserva bastante tiempo.

Al paramento inferior de este dique se da un talud al menos de $\frac{1}{3}$, ó $\frac{1}{2}$, de la altura; á su pie se colocan dos hileras de estacas clavadas verticalmente, y de 10 á 15 centímetros de grueso, que sobresalen de la tierra unos 50. El espacio entre dos hileras, que puede ser de 1 á 1,50

Fig. 42.



metros, se llena de faginas hasta la altura de un metro. Delante de la primera hilera se construye un zampeado, eligiendo para ello piedras del mayor tamaño posible.

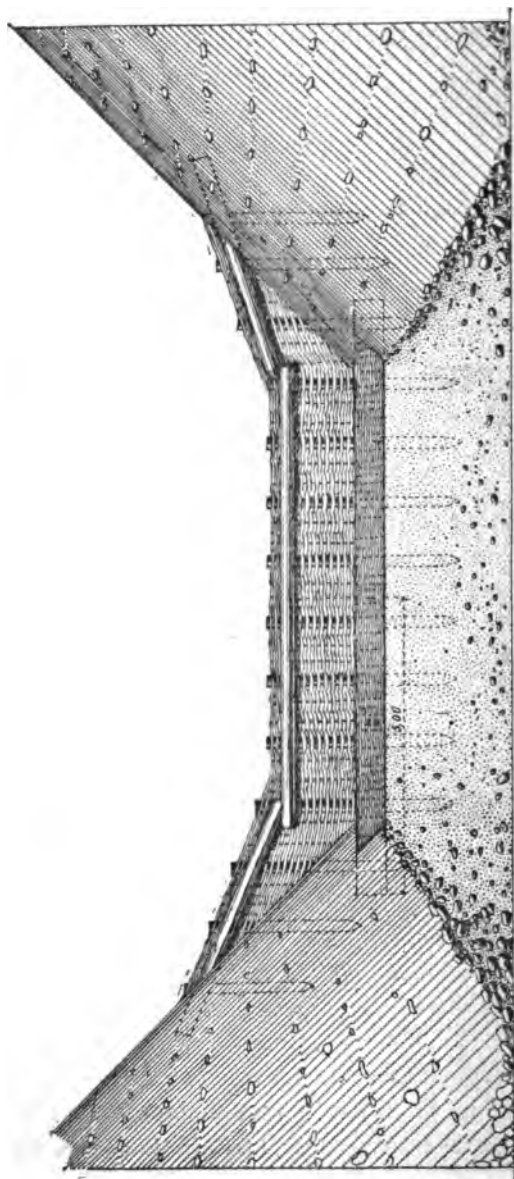
Es muy importante determinar la diferencia entre el fin y efecto á que se debe aspirar con la construcción de los diques de fábrica y los de madera. Aquéllos ensanchan notablemente la sección del torrente en virtud de su misma construcción, forman aguas arriba

grandes depósitos y producen la elevación del lecho, mientras que los últimos están más bien destinados á conservar la anchura y la elevación de los aterramientos ya existentes, moderando también la velocidad del agua. Las dimensiones que se dan á éstos son siempre menores que las de aquéllos, y como poco más ó menos unos y otros se fundan en el mismo principio, se les da naturalmente la misma forma. Los primeros, no obstante, se construyen en los torrentes y en los grandes barrancos; los segundos, al contrario, en las ramificaciones menos importantes, que en general tienen pendientes más fuertes y en las que no sería económico construirlos de piedra.

Las obras de madera usadas en Francia y especialmente en los Bajos Alpes, consisten en palizadas y faginadas, y se designan colectivamente con la denominación de diques vivos, porque los materiales de que se forman llegan en gran parte á recuperar su fuerza vegetativa: se sustituyen á las obras á canto seco, cuando éste falta ó escasea ó es de mala calidad; por lo demás, fácilmente se comprende, que en los grandes diques destinados á alcanzar cierta duración es preciso proscribir la madera por completo, bien se emplee sola ó con la piedra, usándose únicamente en condiciones tales que su aplicación sea tan oportuna cuanto durable su efecto, según acontece en los diques vivos.

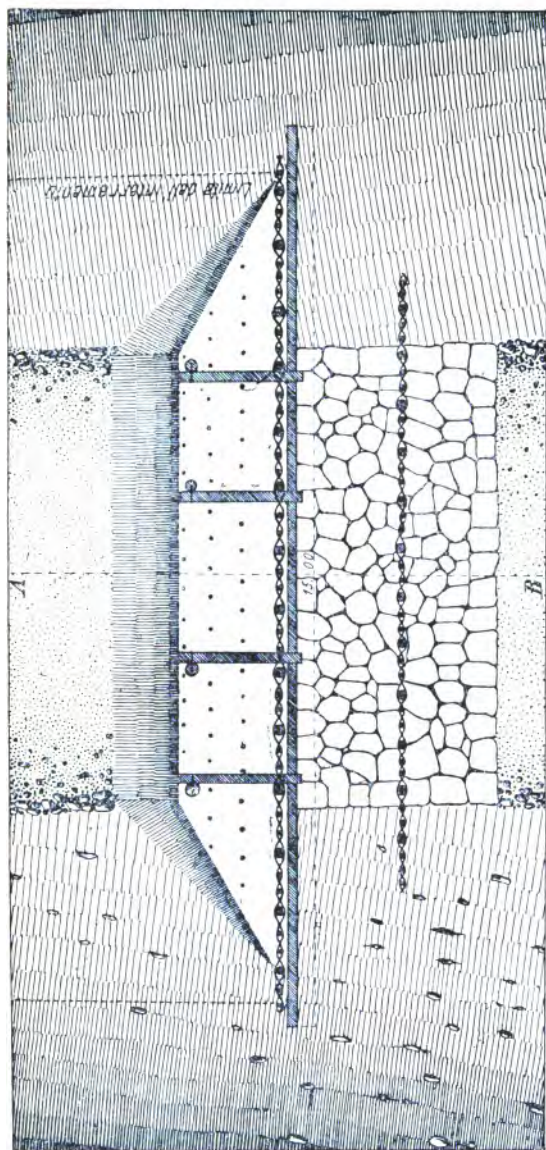
Entre estos últimos, las palizadas constituyen las obras de primer orden y tienen una longitud mayor á veces de 25 metros, aunque su altura no excede de 1,50 sobre el lecho del torrente: se construyen según dos diferentes tipos, llamado el primero de tirantes y el segundo de larguero empotrado, que no constan sino de un sólo paramento entretejido. Las figuras 43, 44 y 45 dan idea de este sistema. El tejido ó trenzado se forma con gruesas ramas de sauce enlazadas ó tejidas alternativamente delante y detrás de piquetes equidistantes dispuestos verticalmente, y que son de dos clases: unos, de la madera más dura que se encuentra en la misma localidad, generalmente de alerce, carbohizados en su extremo más grueso en la longitud, poco más ó menos, de 1,50 metros, y otros que son plantones que deben continuar vegetando. Los piquetes de esta primera fila distan entre sí un metro, poco más ó menos, y están unidos con los de la siguiente por medio de piezas transversales, también de alerce, y paralelas á la corriente. Estas piezas se colocan á unos 20 centímetros debajo del extremo superior de aquéllos, fijándolas á los mismos con pernos de 23 centímetros de largo, y á las piezas, á su vez, se las da mayor segu-

Fig. 48.



Alzado de una palizada de primer orden con larguero.

Fig. 44.



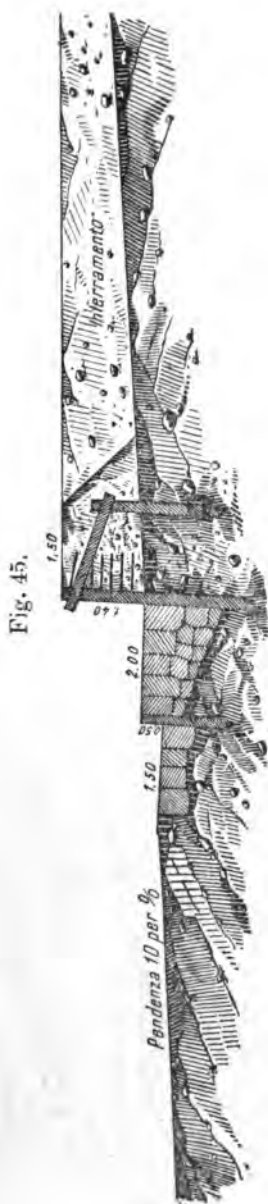
Planta de una palizada de primer orden con larguero.

ridad, sujetándolas con tirantes fuertemente clavados. En el intervalo de dos de aquellos piquetes, se fijan en la hilera superior dos plan-tones de sauce con corteza, más delgados y destinados con el tiempo á vegetar: así contruidos, los diques se llaman vivos.

Los piquetes de esta fila anterior se unen además entre sí por otras piezas de alerce, de suerte que forman una especie de enverjado, hecho aún más consistente por un tejido de ra-maje que se trenza ó teje alternativa-mente alrededor de aquéllos. Las va-rillas de este ramaje son de 2 metros por lo menos de longitud, y cuando aquel tejido llega á la altura de 30 cen-tímetros, se aprieta fuertemente y se llena aguas arriba de piedra y tierra, formando un lecho sobre el que se ex-tiende otro de ramas (*estacas*) de 80 centímetros de logitud, colocadas per-pendicularmente á la palizada, separa-das entre sí de 5 á 6 centímetros, y que sobresalgan 3 ó 4 del tejido ó tren-zado.

El zampeado se prolonga un poco y se interrumpe con una fila de piquetes con los que se forma una segunda pa-lizada, no uniéndose aquéllos con otras piezas; desde allí el agua, con un salto de unos 50 centímetros, cae sobre otro zampeado más pequeño, de losas colo-cadas de plano.

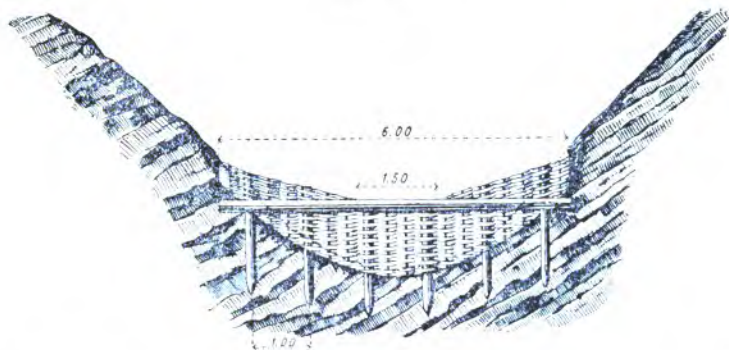
Aguas arriba de toda la construc-ción se levanta un terraplén de 1,50 metros de ancho en su parte superior, al que se da un talud de uno de base por uno de altura. Sobre este terraplén se hacen otras plantaciones de sauce por medio de ramas ó estacas de cuatro



ó cinco años á lo más, que se introducen en parte horizontalmente en la misma palizada.

Los diques vivos ó palizadas de segundo orden son también rectilíneos, tienen un solo paramento y se construyen del siguiente modo

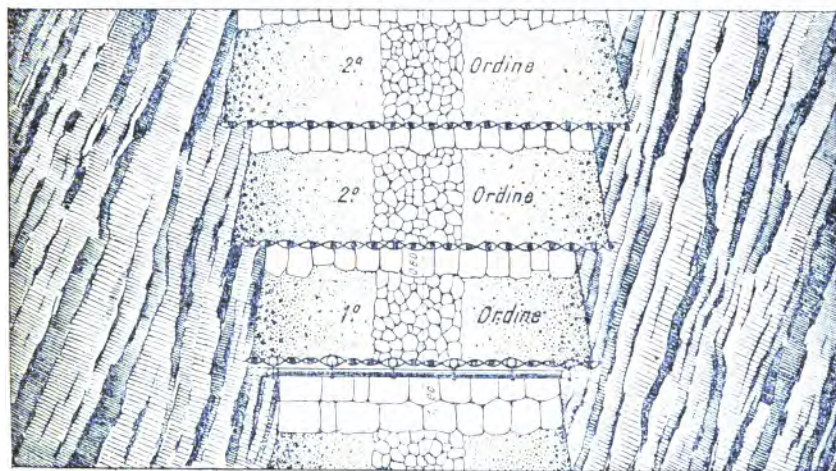
Fig. 46.



Alzado de una palizada de primer orden con un solo paramento (2.º tipo).

(Figuras 46, 47 y 48). Se cava primero una zanja profunda para encontrar la roca ó un terreno muy consistente, y sobre una línea transversal á la corriente se abren agujeros de unos 14 centímetros de diá-

Fig. 47.



Planta.

metro y de la profundidad de 80, y en ellos se fijan estacas de dos metros de largo, por lo que sobresaldrán 1,20 metros, que es la altura que se da á esta pa-

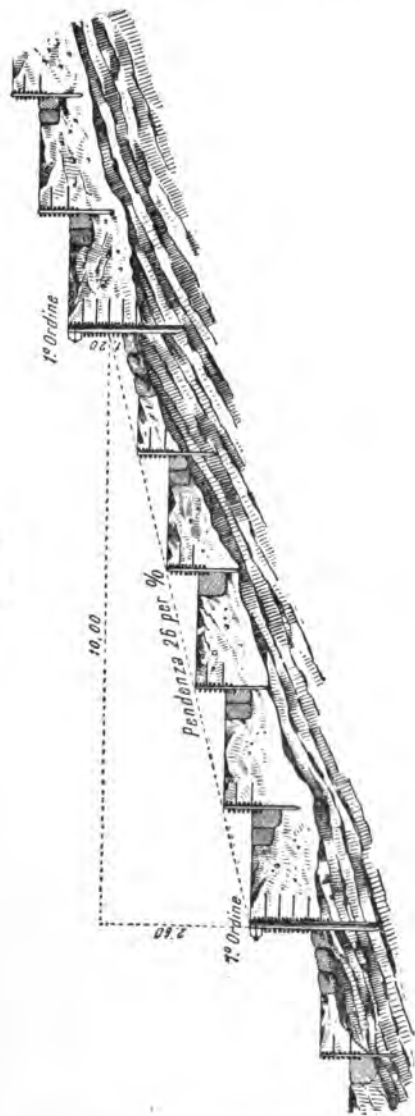
lizada. Las estacas son, generalmente, de alerce, adelgazadas y carbonizadas en el extremo que entra en la tierra ó roca, y unidas entre sí por el superior por medio de pernos, con otra pieza transversal que se hace entrar lateralmente en la roca unos 80 centímetros, para aumentar la estabilidad de la obra. Entre dos de estas grandes estacas de alerce distantes una de otra un metro, se plantan otras dos de sauce más pequeñas, de 1,30 metros de longitud y de unos cinco centímetros de grueso, y se empieza el trenzado desde el suelo empleando ramas de sauce de dos metros lo menos de longitud, y procurando que el agua no pase por debajo del mismo.

Sección según el eje de la planta.

Como antes se ha dicho, á cada 30 centímetros de altura del trenzado se levanta un terraplén aguas arriba con

piedra y tierra, y se dispone horizontalmente una capa de ramas ó estacas de sauce que sobresalen de aquél algunos centímetros; así se continúa en toda la altura del dicho trenzado que hacia las dos ori-

Fig. 48.



llas se eleva con una inclinación del 25 por 100. El zampeado se forma, como de costumbre, con grandes piedras y se extiende en la longitud de un metro poco más ó menos. Cuando estas palizadas se construyen en la primavera, se encuentran soterradas en la inmediata y entonces se da principio á las de segundo orden, que tienen la altura de 50 ó 60 centímetros.

Las estacas alrededor de las que se practica el trenzado son de sauce y se fijan en el aluvión á un metro de profundidad, pero sin unir las transversalmente como se hace en las de primer orden. El zampeado (*Fig. 48*) no tiene más que 60 centímetros de longitud. La parte del lecho del torrente ó barranco que no está cubierta por el zampeado y todas las orillas se plantan de especies frondosas, como fresno, olmo, arce, etc.

Cuando el aterramiento de una palizada de primer orden se ha efectuado por completo, cosa que, según se deja dicho, puede suceder en el período de un año, se construye aguas arriba de la misma una de segundo orden, y así se continúa hasta llegar á otra de primero y á la consolidación completa del barranco.

Para la construcción de las palizadas se emplean generalmente ramas y arbolillos de sauce, avellano, codesos, etc., y también las del abeto rojo, pinabete, pino y alerce; pero estas últimas, como demasiado quebradizas, no son tan á propósito, y no conviene recurrir á ellas sino en casos de gran necesidad. Parte de este ramaje y arbolillos, como también de los piquetes ó estacas grandes, pueden suministrarla las plantaciones ya hechas anteriormente á fin de consolidar el terreno.

La formación de estas palizadas se facilita mucho empleando un material muy flexible, y por tanto se excluirán, á ser posible, las ramas de pino ó alerce que se rompen con facilidad; el extremo más grueso de estas ramas no debe exceder de tres centímetros. Las estacas ó piquetes se eligen de un diámetro de unos 10 centímetros, y se colocan á la distancia media de 1,5 clavándolos hasta el tercio de su longitud, que por lo general, es poco más de un metro. El trenzado se empieza desde el mismo suelo y se termina á los 5 ó 6 centímetros debajo del extremo superior de aquéllos.

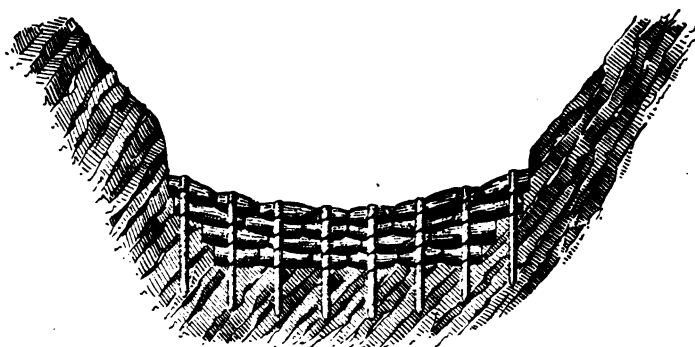
Generalmente se emplean en la ejecución de estos trabajos cuatro peones: uno, el más capaz é inteligente, y que es el jefe de una especie de brigada, traza las líneas en que se deben ejecutar las construcciones por medio de una azada; otros dos le siguen colocando las

estacas, y el cuarto ejecuta el trenzado ó tejido de los materiales ya preparados. Éste toma dos pequeños haces de tres ó cuatro ramas, si son gruesas, ó de más si delgadas; los introduce oblicuamente en tierra y los arrolla contra cada lado de la primera estaca; después los tuerce á la vez, dándoles media vuelta, y los enlaza en el poste próximo, de modo que se forme una especie de cuerda compuesta de dos haces, que en cada vuelta completa quede atravesada por una estaca. Si por empezar el trenzado con las ramas más gruesas de los haces fuera perdiendo en resistencia, se remediaría este inconveniente añadiendo otras ramas de la segunda á la tercera estaca, con el fin de que aquélla fuese siempre igual, y cuando por razón de economía se empleasen ramas de especies quebradizas, impropias para la torsión, bastaría alternarlas sencillamente de estaca á estaca: tal sistema, en verdad, no ofrece la solidez del precedente.

Tratándose de trenzados de más altura, se usa un método mixto; esto es, en la parte inferior que debe oponer más resistencia, el primer método, y en la superior el segundo que es de más rápida ejecución, teniendo cuidado de terminar el trabajo con cualquier clase de ramaje retorcido, para hacerle de este modo más duradero.

Las faginadas no son sino palizadas más sencillas y no se aplican más que á los perfiles transversales que no exceden de siete á ocho metros (*Figuras 49, 50 y 51*). Se dividen también en dos órdenes:

Fig. 49.

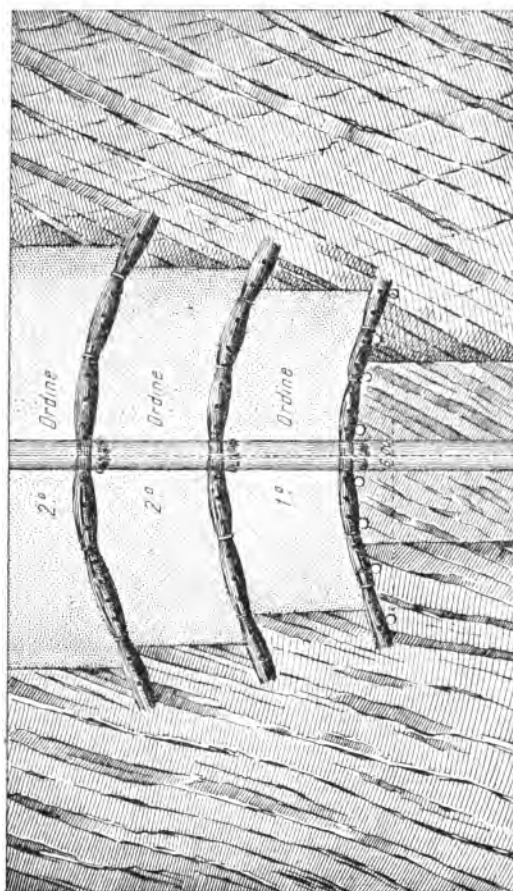


Alzado de una faginada de primer orden.

las del primero consisten en una hilera de grandes estacas, que forman una curva convexa aguas arriba y levantada hacia las orillas como en los diques ordinarios, y se forman del modo siguiente: en

el fondo, nivelado del barranco ó ramificación del torrente, se fijan ramas (*estacas*) de sauce, equidistantes, de modo que sobresalgan de las paredes de esta especie de dique como se ha hecho anteriormente, y después se extiende una primera hilada de faginas, cuyos extremos

Fig. 50.



Planta.

se introducen en las orillas ó laderas. Aguas arriba se levanta un terraplén de piedra y tierra, sobre el que se dispone otra capa de ramas, que se cubre de tierra á la altura de las faginas, y así se continúa colocando generalmente tres capas de éstas, aunque pueden aumentarse hasta cinco, llegando en tal caso á 1,50 metros de altura.

Las faginas de segundo orden se forman del mismo modo, y las estacas, ya atraviesan las faginas, ya se colocan delante de ellas:

tanto éstas como las ramas de sauce han de conservar su corteza y haberse cortado recientemente, puesto que tienen que seguir vege-

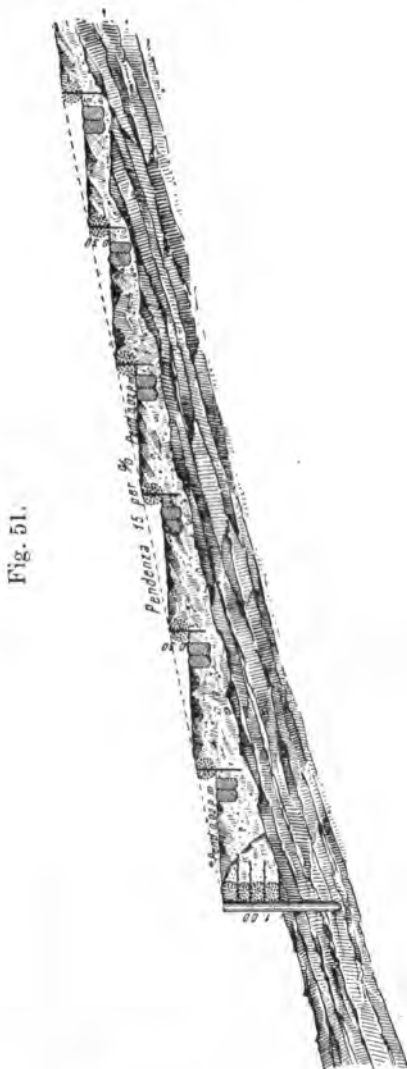


Fig. 51.

Sección según el eje del torrente después de construídas las faginasadas.

tando; una capa ó dos de faginas forman generalmente esta especie de diques; aguas abajo de los mismos no se construye un verdadero zampeado, sino que solamente se recoge la piedra que alrededor se encuentra para colocarla en más regular disposición, á fin de evitar la excavación del agua y dar á la que penetre libre salida.

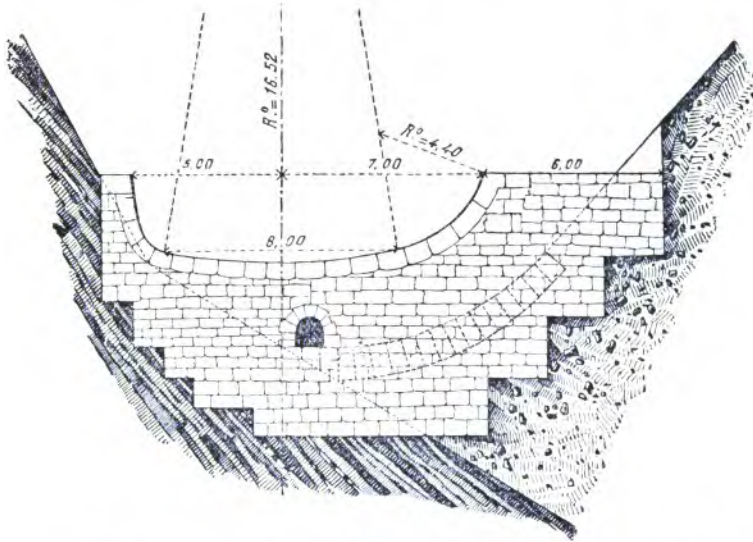
Las faginasadas se construyen en las ramificaciones de los torrentes y barrancos de cierta importancia. En algunos casos se terminan en dos estaciones, esto es, se construyen, por ejemplo, en primavera las faginasadas de primer orden y en otoño las de segundo, porque esta estación es bastante favorable para tales trabajos: ocurre, sin embargo, que á veces transcurren varios años antes de terminarlas.

Otro sistema aún más económico y sencillo que los precedentes aplicable á pequeñas depresiones del

terreno que poco á poco pueden transformarse en pequeñas cuencas ó verdaderos barrancos ó en importantes tributarios de los torrentes, muy usado en los Bajos Alpes y de un efecto ya comprobado, es el de colocar horizontalmente faginas que se sujetan aguas abajo por

medio de piquetes de 10 centímetros de diámetro que se clavan en el terreno. Estos espigones ó zarzos (*briglie*) han de acompañarse indefectiblemente de la repoblación, y suministran al descomponerse, cuando ya quedan soterrados, un excelente abono á las plantas vivas. Sin aquélla, pronto faltaría apoyo á la tierra contenida, y ésta sería arrastrada en masa por las primeras aguas torrenciales.

Fig. 52.



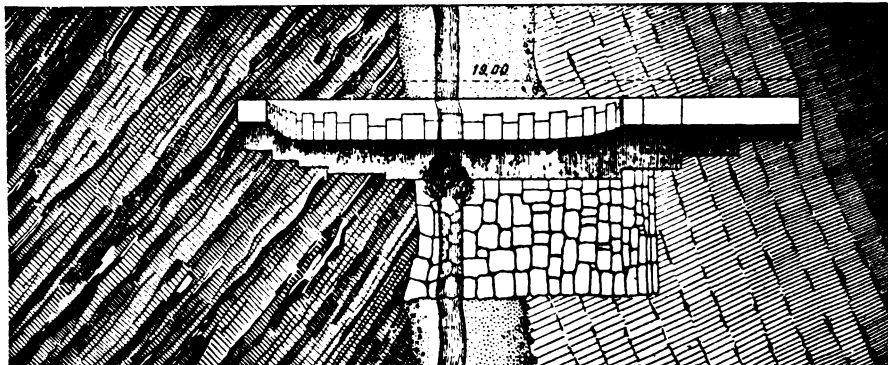
Alzado del dique núm. 8 del torrente de Bourget considerando suprimidas las tierras.

Otro sistema de zarzos idéntico al anterior, también sencillo y bastante económico, consiste en el empleo de haces de plantas vivas como arbustos y arbolillos; estos haces se distribuyen por el barranco ó cuenca, se cubren con tierra las raíces de las plantas, y se sujetan por medio de piquetes que los atraviesan y se clavan en el terreno, con lo que las tierras contenidas facilitan el desarrollo de numerosas raíces. Si bien este sistema es expuesto á un fracaso tratándose de localidades muy áridas, en otras será de utilidad, y conviene por lo mismo intentar su aplicación.

Citaremos, por fin, otro que la tiene en gran escala en los Bajos Alpes, y que responde al principio de combatir la formación y los daños de los torrentes con pequeños pero multiplicados medios, obrando

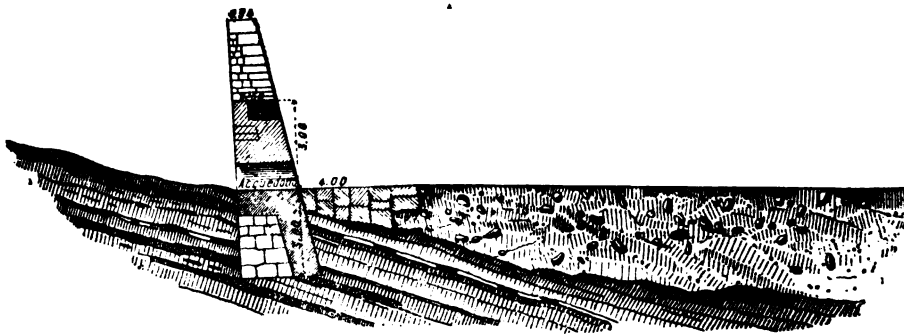
como la misma Naturaleza. Consiste simplemente en esparcir ó distribuir ramaje de tal modo que la parte más gruesa de las ramas se dirija hacia abajo, sujetándolas al terreno por medio de algunos piquetes. Así verticalmente colocadas, todas estas ramas son de gran utili-

Fig. 53.



Planta.

Fig. 54



Sección según el eje del torrente.

dad para disminuir la velocidad de las piedras que se desprenden, y detener las tierras. Forman de esta suerte una capa de tierra menuda y ramaje sobre la que prevalece fácilmente la plantación.

A veces ocurre que las orillas ó laderas de los torrentes ó de los harrancos están expuestas al derrumbamiento ó á la erosión, ó que una sola de ellas se encuentra en tales condiciones. Si una ladera está for-

mada por una roca dura, se construye el dique no simétrico, y se levanta uno de sus estribos respecto del otro, de modo que la masa de agua se dirija á la parte de la orilla más resistente, como en el dique número 8 del torrente de Bourget (*Figuras 52, 53 y 54*). El ensanche de la sección y la mayor altura dada al dique es el medio más común de defensa de las orillas, pero á veces convendrá recurrir á obras especiales que serán las antiguamente adoptadas, ó bien consistirán en palizadas y faginadas longitudinales, construcciones que en este caso tienen un solo paramento, y cuya altura queda sobre la de la palizada transversal, por ambos extremos, cerca de 60 centímetros (*Figuras 57, 58, 59 y 60*).

CAPÍTULO VI

Obras complementarias.

No basta que el lecho de un torrente y sus ramificaciones se regularicen y que el perfil tome la forma que se deseara darle, ya que cuando está surcado por numerosas corrientes procedentes de la parte superior de la cuenca y de gran caudal, éstas, si denudan el terreno, abren nuevos surcos que se convierten en verdaderos barrancos, ó causan el movimiento de grandes masas de terreno. En este caso es preciso remediar la inestabilidad del suelo para que su repoblación y consolidación sean definitivas.

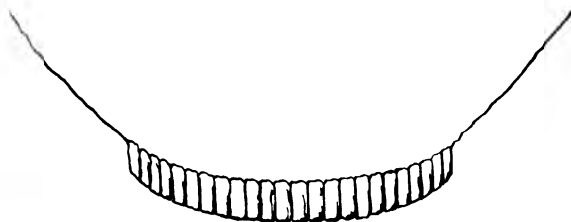
Los trabajos á tal resultado conducentes consistirán, en primer lugar, en separar del lecho del torrente las masas que, arrastradas hacia abajo, podrían destruir parte de las obras ó desviar las aguas empujándolas hacia las orillas, perjudicando á éstas. Estas masas se utilizan en las obras de fábrica y del zampeado del dique.

En segundo lugar, encuéntranse con frecuencia terrenos permeables que, apoyándose sobre roca y con una gran inclinación, se ponen fácilmente en movimiento por la acción prolongada de las aguas, por la licuación de las nieves ó por los manantiales: es indispensable en tales casos conseguir por medio del drenaje un desagüe fácil y regular. Este método se aplica en grande escala, y muy oportunamente, en diversos torrentes de los Bajos Alpes, como en breve veremos. Consiste en la apertura de zanjás de profundidad variable, según las circunstancias, y que comunican por medio de un canal prin-

cial con el lecho de un torrente ó de un barranco, en cuyo fondo se extienden grandes piedras colocadas de plano ó de canto; encima de ellas una capa de cascajo grueso; sobre ésta otra de más menudo, y, por último, se cubre todo con grava y tierra (*Figuras 75 y 76*).

A veces, y cuando las aguas son superficiales, es muy eficaz la simple construcción de un empedrado: las dimensiones de las piedras dependen del caudal de aguas que baja del barranco ó derrumbadero. El perfil transversal de este canal es generalmente un arco de círculo (*Fig. 55*), de profundidad de 0,30 á 0,40 en el medio, y una anchura que puede llegar hasta dos metros.

Fig. 55.



Los materiales que en esta construcción se empleen han de tener el mayor grueso y longitud posibles: esta última condición es esencial para la solidez.

La construcción de estos empedrados y drenaje se empieza por la parte inferior del barranco, procurándoles una base muy sólida, que consiste, por lo común, en la roca misma ó en los depósitos formados por los diques de fábrica. Tal sistema se aconseja tan sólo como eficaz para contrarrestar los torrentes cuando éstos llevan agua clara; mas no sería ciertamente admisible para los que acarrean materiales en cierta cantidad, porque no los detendrían y no se conseguiría, por tanto, el fin de las obras de regularización. Sin embargo, contra los derrumbamientos debidos á la filtración de las aguas, son de incontestable eficacia.

TERCERA PARTE

DESCRIPCIÓN ESPECIAL DEL DEPARTAMENTO DE LOS BAJOS ALPES Y DE ALGUNOS PERÍMETROS DE LOS ALTOS ALPES

CAPÍTULO PRIMERO

Breve descripción de los Bajos Alpes respecto á sus condiciones geognósticas y á la formación de los torrentes.

En la segunda parte de esta Memoria hemos reseñado los principios sobre que se fundan las construcciones y los diversos trabajos de regularización y de repoblación de los terrenos torrenciales, porque nos eran indispensables para comprender el modo de ejecución de las diferentes obras, su importancia y las dificultades que han tenido que vencerse para dar estabilidad á ciertos terrenos, inestables por la acción erosiva de las aguas. Para completar ahora aquellas nociones, y antes de describir el resultado de los trabajos emprendidos por la administración forestal francesa en cada uno de los perímetros de la región que hemos visitado, nos es necesario aún dar á conocer las tristes condiciones en que aquellos terrenos se encontraban.

El departamento de los Bajos Alpes debe este nombre á las numerosas montañas que de los Alpes forman parte, y, no obstante su denominación, sus montes tienen muchas cimas que exceden de 2.000 metros, habiendo varias de 2.500 y llegando alguna á los 3.000. Se encuentra al SE. de Francia, en la frontera del Piamonte. El departamento de los Alpes marítimos lo separa del Mediterráneo; al S. confina con el del Var y el de las Bocas del Ródano; al O. con el de

Vaucluse y el de la Drôme, y al NO. y al N. con el de los Altos Alpes. Tiene una extensión de 695.418 hectáreas, y no sólo es uno de los más montañosos de Francia, sino que sus montañas, como las de los Altos Alpes, á la vez que topográficamente consideradas presentan relieves y confusión extraordinarios, forestalmente son las más asoladas. Sus cumbres más altas se encuentran en el ángulo NE. en las cercanías de Barcelonnette; conforme se camina al S. y SO., aquéllas son más bajas, y donde la Durance y el Verdon dejan los Bajos Alpes, se convierten en verdaderas colinas.

Partiendo del NE. al S. y al SE., varía la altura de las montañas, y con ella cambia también su aspecto y su constitución geognóstica. Al NE. se encuentran cadenas de calizas, areniscas ó pizarras, que con frecuencia están cubiertas por nieves perpetuas y aun por algunos glaciares; y por más que hoy carezcan de arbolado, todo indica que algún día debieron sustentar montes frondosos, no faltando en algunos puntos árboles que así lo comprueban. Al S. y al SO. desaparecen los glaciares y las nieves perpetuas, los montes son más escasos y falta también la tierra vegetal de regular espesor. Es ésta una de las regiones más devastadas por los torrentes, á causa de las escarpadas pendientes de aquellos terrenos, de su naturaleza y de la destrucción del arbolado, y ya sin la trabazón con que éste las contenía, las tierras de la superficie se han precipitado por las pendientes, y las montañas perdido casi totalmente la parte con que podía contarse para conseguirse en lo futuro una nueva vegetación: la roca ha quedado descarnada y expuesta á todos los cambios meteorológicos, que continuamente la denudan, hienden y hacen friable, y las aguas corren continuamente sobre materiales desnudados que transportan á los valles, depositándolos, ora en unos puntos, ora en otros, ya desviando el curso de un río, ya cubriendo y esterilizando fértiles campiñas. El efecto inmediato de la desaparición de los montes ha sido el de la desaparición de los manantiales, y así, los numerosos torrentes que á cada paso surcan aquel territorio llevan poquísima ó ninguna agua, á no ser en la época de la li-cuación de las nieves ó en tiempo lluvioso. En cada lluvia torrencial—y son bastante frecuentes—muchos torrentes, cargándose de aquella tierra negra, parecen verdaderas corrientes de fango, y en todas ellas arrancan de sus márgenes algún trozo de terreno que no esté defendido por el arbolado. Aquel país encantador, que es una de las más deliciosas moradas en el verano por su fresco ambiente,

sus amenos paseos, sus numerosos y pintorescos paisajes, entre los cuales no faltan los llamados hórridos, abandonado á sí mismo, no tardaría en convertirse en un verdadero desierto casi inhabitable. El alpinista y el pintor, además de sitios amenos, encuentran en él curiosidades naturales, picos elevados, vastos panoramas, praderas que se extienden por montes enteros, rocas que sorprenden por sus extrañas formas, profundas gargantas, hermosas cascadas, abundantes manantiales, lagos, grutas, abismos, etc. ¡Lástima que aquel país no sea más visitado por los admiradores de las bellezas naturales, porque ninguna, en verdad, le falta! Esta región tan deliciosa es al presente, relativamente á la extensión del territorio, la ménos poblada de Francia. La actividad con que hoy se provee á la regularización de aquellos torrentes y á la repoblación, y á la que se debe que los daños de las lluvias torrenciales hayan disminuido un tanto, permite creer no lejano el día en que aquella comarca, si no recobrará toda su fertilidad primitiva, mejorará seguramente sus propias condiciones. Hoy ya aquellos pueblos conocen los beneficios de los trabajos que se ejecutan, no tan sólo por las cantidades invertidas en la localidad, sino también por el terreno que cada año se gana para la vegetación, por la protección de los terrenos subyacentes y por la de las comunicaciones, que quedaban muchas veces por largo tiempo interrumpidas.

Los ríos torrenciales y los principales torrentes de los Bajos Alpes, son la Durance y el Ubaye. El primero es uno de los más considerables; su cuenca es de 1.340.000 hectáreas y su trayecto de 380 kilómetros, con un caudal mínimo de 30 á 40 metros cúbicos por segundo. Nace en el monte Janus, á unos 2.500 metros de altitud. Hasta Briançon corre por un valle estrecho de fortísimas pendientes, pero, por fortuna, sobre rocas constituidas por calizas compactas. En Briançon el valle se ensancha y continúan los mismos terrenos hasta Saint-Crepin. Después se encuentra flanqueado por montañas con enormes bancos de marga negra, de fácil denudación, de grandísima inestabilidad y perjudiciales sobremanera respecto á los torrentes; por esto puede considerarse como la tierra clásica de éstos todo el territorio de Embrun.

El Ubaye nace en la garganta de Longet, en la gran divisoria de los Alpes, al O. y á algunos kilómetros del monte Viso. Su trayecto es de unos 80 kilómetros y su caudal mínimo de 7 metros cúbicos; sus principales afluentes son el Ubayette, ó pequeño Ubaye, formado

por los torrentes Lauzannier, Oronaye, Parpaillon, Versan y Bachelard; la Blanche, afluente por la orilla izquierda y que en su parte inferior toma el nombre de Rabious; la Jasse, también afluente por la misma orilla, y los llamados Buech, Jabron, Vançon, Asse y el Largue. Hay además un gran número de torrentes menos importantes, afluentes de estos principales, en muchos de los que se han localizado los trabajos de restauración, de que en breve trataremos. En unos 40 kilómetros el valle es muy estrecho, y las diferentes montañas que lo cierran están formadas por rocas metamórficas, serpentinas, calizas compactas y el *flisch*. Tales rocas son, en general, puras, y los pocos torrentes que se encuentran en esta región nacen en los depósitos de los glaciares que cubren en muchos puntos aquellos terrenos. A la altura del pueblo de Jausiers el valle se ensancha de pronto, y se presentan las margas negras que se elevan hasta la altitud de 2.400 metros, interrumpidas sólo por algún banco de calizas de poco espesor. En la distancia de Jausiers á Revel, que es sólo de 25 kilómetros, se reúnen los mayores torrentes, en los que á condiciones geognósticas favorables se agregan á veces las de los depósitos antes mencionados, que son perjudiciales. Desde Revel hasta la confluencia con la Durance, el Ubaye corre entre montes formados únicamente por margas negras, cubiertas en muchos puntos por los referidos depósitos, motivo por el que á derecha é izquierda las laderas se hallan surcadas por gran número de torrentes más ó menos importantes y expuestas á continuos derrumbamientos.

Como se deduce de cuanto precede, el gran número de los torrentes y el peligro que ofrecen, están íntimamente relacionados con la configuración de los terrenos y su constitución geognóstica. Cuanto más se prestan éstos por su naturaleza á la denudación, tanto más numerosos é impetuosos son aquéllos.

Para hacer comprender por completo las condiciones de los Bajos Alpes respecto á la formación de los torrentes, y á los medios que se pueden emplear para disminuir sus daños, sería preciso extenderse en varios y minuciosos detalles que no consienten los límites esta sucinta Memoria. En la redactada por Schlumberger y Bénardeau, que acompañaba al mapa geológico de los terrenos de la Alta Durance y del Ubaye, presentada en la Exposición universal de París, se hace un análisis bastante detallado de las condiciones geognósticas de aquel país; de aquella Memoria resumimos á grandes rasgos lo que se refiere á la distribución parcial de las diversas especies de roca,

con las observaciones que la visita á la localidad nos ha sugerido sobre hechos dignos de especial mención.

Las rocas que constituyen la masa principal de la cuenca de la Durance y del Ubaye pueden dividirse en tres grandes clases, á saber: primera, calizas y areniscas pizarreñas; segunda, calizas compactas, y tercera, margas negras. En superficies de menor importancia se encuentran cuarcitas, pizarras metamórficas y serpentinadas.

Estos terrenos antiguos están, además, en muchos puntos cubiertos por depósitos de origen más moderno, y formados algunos por morenas de antiguos glaciares, otros por conos de deyección de los torrentes y por aluviones de los ríos y de antiguos lagos.

Calizas y areniscas pizarreñas.—Este terreno, que forma parte del grupo terciario pertenece al período eoceno, y se le conoce con el nombre de *flisch*. Sin embargo, son raros en él los fósiles, á excepción de algunas impresiones de fucoides y algunas trazas de mirianites que abundan en algunos bancos. En ciertos sitios alcanzan estos terrenos enorme espesor, que excede de 1.600 metros. En general están poco dislocados, y las estratificaciones aparentes son casi horizontales.

Considerados mineralógicamente, están formados por pizarras de color gris; á veces alternan con estratos de arenisca dura de grano fino, y los atraviesan algunos bancos más ó menos margosos de color, ya rojo, negro, pardo ó verde.

En algunos puntos, y especialmente en la parte Sur del distrito de Embrun, este terreno se halla formado casi totalmente por areniscas cuya textura nunca es laminar. Así sucede en la parte superior de las cuencas del mayor número de los torrentes. Las montañas tienen pendientes regulares, pero fortísimas, y sus cimas son bastante agudas; durante las lluvias y la licuación de las nieves, las aguas se precipitan con una rapidez extraordinaria: por esto, la repoblación no es tan sólo el medio más eficaz, sino el único é indispensable para reconstituir aquellos terrenos.

Donde la pendiente es menos rápida se encuentra casi siempre una capa de tierra vegetal procedente, ya de los aludes de nieve, bastante frecuentes, ya de antiguos glaciares, y en tales sitios la vegetación adquiere un gran desarrollo; pero una vez descubierto el terreno, los derrumbamientos se producen con gran facilidad, en particular cuando carece aquél de apoyo y el agua puede penetrar entre el mis-

mo y la roca, que es casi lisa. Los torrentes, por lo tanto, encuentran en estos puntos una enorme cantidad de materiales que alimentan su transporte.

Calizas compactas.—Éstas comprenden una serie de rocas calizas pertenecientes á diversos períodos geológicos; pero consideradas mineralógicamente, ofrecen muchas propiedades comunes. En ciertos puntos forman la base del sistema terciario y se presentan bajo aspectos muy diversos; ya son casi blancas, sacaroides, ya tienen un color gris ó negruzco. Las cimas de estas montañas tienen generalmente mesetas fuertemente onduladas, separadas entre sí en algunos puntos; sus vertientes son comunmente escarpadas é interrumpidas á veces por otras más suaves.

Las cuencas formadas por esta clase de rocas carecen de torrentes que causen grandes daños, porque las mesetas se hallan en general cubiertas de montes ó de una vegetación herbácea. Es común encontrar debajo de pendientes escarpadas grandes derrumbaderos de notable espesor formados de piedras de diferentes tamaños. Estos depósitos, que sellaman en los Alpes franceses *casses* ó *clappes*, están cubiertos, según su permeabilidad, por una delgada capa de tierra vegetal, y constituyen uno de los mejores terrenos forestales de los Alpes; pero no bien desaparece de ellos el arbolado, cuando la tierra vegetal y el mantillo se introducen entre los infinitos huecos de las piedras, siendo muy difícil repoblar aquéllos: la conservación, por tanto, de todo repoblado es de gran importancia, no sólo respecto del régimen de las aguas, sino por la inmensa dificultad de conseguirla.

Hemos tenido ocasión de ver en nuestra visita que estos enormes depósitos miden tan extensa superficie que podría creerse imposible su repoblación: no obstante, se han repoblado por medio de plantaciones de pino y con el más brillante resultado, como ha sucedido en el perímetro de Seyne.

Margas negras.—Son muy comunes en los departamentos de los Altos y Bajos Alpes, y consideradas geológicamente pertenecen á diversas épocas. En algunas localidades se encuentran en las mismas, fósiles, especialmente belemnites y ammonites; en otras faltan por completo. Considerados mineralógicamente, estos terrenos están formados por margas negras, algunas veces grises, si han estado mucho tiempo expuestas al aire. Por lo general, son pizarreñas y de naturaleza bas-

tante homogénea, y están atravesadas por algunas vetas de carbonato de cal. Después de las lluvias se encuentra frecuentemente en su superficie una esflorescencia que parece una mezcla de sulfato de magnesia y de cloruro de magnesia, siendo las aguas que corren por estas rocas bastante purgantes. También se encuentran á veces esflorescencias de yeso.

En las localidades más altas las margas negras son á veces más duras y menos pizarreñas, y contienen diseminadas, masas de arenisca dura de grano bastante fino. Cuando constituyen las cimas de las montañas (caso que es bastante raro), aquéllas son redondeadas, y en las vertientes forman una especie de mesetas resultantes de resbalamientos sucesivos que en tales terrenos son muy frecuentes. Los torrentes son terribles en estas localidades, puesto que socavando y descarnando el pie de las laderas, producen enormes derrumbamientos.

La repoblación de estas pendientes escarpadas no puede prevalecer, sino después de impedir los derrumbamientos, por medio de los aterramientos ó depósitos resultantes de la construcción de los diques. Hemos podido convencernos de que allí donde se ha recurrido á la mera repoblación, como en algún punto del perímetro de Sainte-Marthe y otros, todo en masa resbalaba por falta del conveniente apoyo del terreno. Estos terrenos se descomponen fácilmente al aire, por lo que siempre se presenta terrosa su superficie y con la más pequeña lluvia la tierra es arrastrada, quedando la roca á descubierto y entrando en nueva descomposición. Fácilmente se comprende que los torrentes de estos terrenos deben saturarse de semejantes tierras negras en cantidad tal, que convierten en fangosas las aguas pluviales, dando luego lugar á las llamadas lavas, que caracterizan los torrentes de estas regiones.

En las mesetas y en los puntos no muy escarpados, donde la acción de las aguas no es muy potente, estas tierras presentan un color gris amarillento á consecuencia del contacto prolongado del aire, y se encuentran cubiertas de vegetación. La repoblación de las mismas es muy difícil, pero muy necesaria, y la posibilidad de practicarla se vislumbra por los pocos árboles y troncos viejos que han escapado de la avidez con que han procurado los pastores extender el aprovechamiento de pastos. Los diques, las palizadas y las faginas son indispensables para contener estas tierras; pero no deben considerarse todos estos medios sino como provisionales, hasta que la

vegetación, único medio eficaz para conseguir á perpetuidad aquel resultado, haya cubierto toda la extensión de las cuencas formadas por aquéllas.

Depósito de los glaciares.—Mientras las pizarras metamórficas, las cuarcitas y las serpentinas, por su pequeña extensión, tienen poca importancia en el estudio de los torrentes de esta región, merecen algunas palabras los depósitos de los glaciares, que están formados por tierra gris ó amarilla, mezclada con piedras de toda naturaleza, forma y dimensiones. Se elevan á veces á alturas considerables sobre el fondo del valle de la Durance, y parece que han constituido las morenas ó canchales laterales de glaciares inmensos que habían encontrado poquísimas rocas duras, por lo que se comprende cómo no contienen sino rarísimas masas estriadas.

Los terrenos formados por estas morenas ó canchales se denu-
dan fácilmente por el agua, y por esto presentan lechos muy profun-
dos y estrechos y vertientes escarpadas. No están sujetos á resba-
lamientos, y en ellos se encuentran con frecuencia cierta especie de
obeliscos con una piedra sobrepuesta, que en aquel país se llaman
dames, nonnes ó *demoiselles*, según varias veces hemos tenido oca-
sión de observarlo. El repoblado prevalece perfectamente en estos
terrenos y su creación y conservación son indispensables para impe-
dir que los torrentes arrastren enormes bloques ó cantos que destru-
yen la mayor parte de las obras que á su paso encuentran.

Conos de deyección. Aluviones modernos.—Mencionaremos por
último los conos de deyección de los torrentes y los aluviones de las
corrientes, que ocupan en el fondo de los valles gran superficie.
Como estos conos y aluviones están formados de una mezcla de tie-
rra y piedra de todas dimensiones, tienen mucha analogía con las
morenas ó canchales de los glaciares; pero se distinguen fácilmente
de éstos porque sus piedras son más redondeadas y nunca estriadas,
y no proceden sino de las rocas de la cuenca.

La grande extensión de los mencionados conos demuestra la po-
tencia de estos torrentes y cuán terribles deben ser sus efectos: cier-
tamente, muchos de estos depósitos remóntanse á épocas prehistóri-
cas, en que la Naturaleza aún no había cubierto tales terrenos de ve-
getación. Considerando, sin embargo, lo que ha sucedido en épocas
más recientes, todo concurre á demostrar que aquellos torrentes

han atravesado un gran período de calma y entrado en actividad á causa de la desaparición del arbolado, porque los pueblos no hubieran elegido para establecerse localidades y puntos tanto y tan continuamente amenazados, y porque, según la tradición, dichos torrentes corrieron otro tiempo encauzados en sus respectivos conos por entre los cultivos, y sus aguas eran completamente claras. Los continuos daños y peligros á que quedan expuestos los campos y viviendas, y que cada vez serían mayores, han hecho de todo punto necesarios trabajos de repoblación y de regularización de los torrentes.

Schlumberger y Bénardeau calculan la extensión de estas diferentes rocas, aproximadamente, como sigue:

Calizas pizarreñas (<i>fisch</i>).....	Hectáreas.	54.000
Idem compactas		87.000
Margas negras.....		45.000
Terrenos procedentes de los glaciares.....		11.000
Cuarcitas		5.000
Pizarras metamórficas.....		8.000
Aluviones de río.....		7.000
Aluviones modernos, yeso y terrenos diversos.....		3.000

CAPÍTULO II

Observaciones preliminares; diversos perímetros visitados.

Ninguna región es tan importante como la de los Bajos Alpes respecto de la formación de los torrentes, de los daños que éstos causan, de los trabajos, ya de regularización, ya de repoblación en ella ejecutados, y muy particularmente respecto de las dificultades que se han superado y los resultados conseguidos, que son un verdadero prodigio de la ciencia forestal. Los trabajos, en efecto, han tenido que practicarse en terrenos completamente desprovistos de toda vegetación, áridos, sin cohesión alguna, sin condiciones de estabilidad, y, por tanto, expuestos y sujetos á derrumbamientos, ya de grandes y unidas masas, ya de enormes bloques, y al acarreo por las aguas, bajo la forma de lavas de colores diversos, de las tierras y materiales arrancados por las corrientes. Si tan triste aspecto presentan aquellas montañas, quebrantadas por enormes surcos de cientos de metros de profundidad, aún superan á los que la imaginación puede concebir los desastres de las avenidas, tan repentinas como

frecuentes, de los torrentes que de ellas descienden, justificándose los temores de ciertas poblaciones constantemente amenazadas de nuevas calamidades. La administración forestal francesa dió principio naturalmente á sus trabajos de regularización de los torrentes y de repoblación en estas regiones de los Altos y Bajos Alpes, y á ellos han coadyuvado ilustres patricios en ocasiones varias, y especialmente al ocurrir las más desastrosas inundaciones.

Por más que sea preciso el transcurso de muchos años para hacer variar el aspecto de una localidad con trabajos como los de que nos ocupamos, sin embargo, en el periodo, relativamente breve, contado desde que se emprendieron, se hacen ya notar lozanas pimpolladas allí donde ni sombra de vegetación había, corrientes casi cristalinas las que antes transportaban lavas, caminos en todo tiempo transitables los que se deterioraban é interrumpían con la crecida más insignificante. Son también dignos de notarse ciertos terrenos por demás movedizos, áridos, con pendientes escarpadas, que alimentaban de materiales de transporte los torrentes, que al presente son completamente estables, y algunos otros aridísimos, casi de roca viva, ocupados por la vegetación en las más pequeñas depresiones, allí donde ha sido posible conservar un poco de humedad y en que la tierra procedente de afiladas crestas, que la Naturaleza ó el arte poco á poco desgastan y redondean, suministran á las localidades más bajas un punto de apoyo para la vegetación misma. Esto se hará patente por la descripción de algunos entre los diversos perímetros y torrentes que hemos visitado, en el orden siguiente: torrente de Gaudissart (término municipal de Barcelonnette), torrente de Bourget (del de Faucon), torrente de Sanières (del de Jausiers), de Riou-Chanal (del de Uvernet), de Riou-Bourdoux (del de Saint-Pons), de la Bérarde (del de Thuiles), de Sainte-Marthe (del de Embrun), de Vachères (de los de Saint-Sarveur y Baratier), de las vertientes del Travers-de-la-Colle (del de Seyne), de Aucher (del de Vernet) y de Labouret (del de Beaujeu). Hemos seguido en estas excursiones un orden tal que, principiando el examen de los trabajos por las más sencillas faginas y las primeras plantaciones, gradualmente lo hemos llevado á los más importantes y grandiosos, á las repoblaciones más completas y á los resultados finales más concluyentes. Estas excursiones completaron la visita hecha á las dependencias encargadas del servicio de la repoblación, y en las que todo se hallaba preparado de modo que nuestro estudio resultase altamente fructuoso.

Los perímetros situados entre Barcelonnette y Digne nos suministran inmenso y precioso material de estudio respecto de la selvicultura, y una reunión de circunstancias favorables nos dió ocasión de tener por guías en el nuestro á un gran número de personas, bajo la dirección de las que se han practicado los trabajos, y de oír las explicaciones de inteligentes funcionarios y del mismo ilustre director de los de repoblación, M. Demontzey.

CAPÍTULO III

Perimetro de Faucon (1).

Este perimetro, situado en gran parte en el término municipal de Faucon, distrito (2) de Barcelonnette, está formado por las cuencas de los torrentes de Faucon y de Bourget, y por los barrancos Buriane y la Marquise, que se encuentran en la alta cadena de montañas divisoria de los valles del Ubaye y de la Durance; sus aguas afluyen al Ubaye. Las rocas que constituyen estos montes se elevan á una altitud de 2.800 metros, llegando algunas á 3.000. Las vertientes son de pendientes muy escarpadas, que varían del 60 al 90 por 100; el fondo del valle se encuentra á la altitud de unos 1.200 metros.

Un ramal casi perpendicular á la divisoria principal y al curso del Ubaye se destaca con grandísimas pendientes, formando por una parte la cuenca del torrente de Faucon, y por la otra la del de Bourget, que descienden, según las líneas de máxima pendiente, en el trayecto de cinco kilómetros escasos. Los puntos más elevados de estas cuencas están en la una á 2.984 metros y en la otra á 2.937,

(1) Los datos relativos á este perimetro están, en gran parte, tomados de la nota *H* de la obra clásica sobre repoblaciones de P. Demontzey, *Traité pratique du reboisement et du gazonnement des montagnes*, deuxième édition, 1882, París. (*N. del A.*)

(2) Las palabras *comune* y *circondario* las hemos traducido respectivamente por *término municipal* y *distrito*: el distrito (*arrondissement*) es en Francia una circunscripción administrativa de las en que se divide el *departamento*, y que, así como éste se halla á cargo del Prefecto, lo está al del Subprefecto: no existe en España término de comparación respecto de lo que en la Nación vecina representa, dentro del orden administrativo, una agrupación intermedia entre los Ayuntamientos y las Diputaciones provinciales y los Gobiernos de provincia. (*N. del T.*)

mientras que el punto de confluencia en el Ubaye está para aquélla á 1.165 y para ésta á 1.174 metros.

La superficie de estas dos cuencas, asperísima especialmente en la parte superior, es de más de 800 hectáreas, y al principio de los trabajos se hallaba completamente rasa. Los terrenos que forman estas montañas son pizarras terciarias pertenecientes á la época eocénica; pero hacia el fondo del valle estas pizarras son arcilloso-calizas, duras y compactas, sin que hasta ahora estén geológicamente bien determinadas.

Los dos torrentes, tanto por sus enormes pendientes como por su exposición completamente al S. y por la naturaleza de los terrenos que recorren, se encuentran en las más desfavorables condiciones. Sus conos de deyección están atravesados, en la distancia de tres kilómetros, por la carretera nacional núm. 100 que de Montpellier va á Cuneo, y ésta se veía continuamente amenazada y cubierta á veces por los materiales transportados, ya por los torrentes mencionados, ya por sus afluentes, interrumpiéndose con tal motivo las comunicaciones.

El torrente de Bourget pertenece á los del segundo género de la clasificación de Surell y se distinguen en su perfil longitudinal tres secciones bien determinadas. La primera, más baja, representada por el perfil del cono, es un poco cóncava hacia arriba y con pequeñas pendientes que varían del 7 al 11 por 100, tiene una longitud de unos 1.220 metros y el vértice del cono se encuentra á una altura de 1.282,75, esto es, 115,20 metros sobre el fondo del valle, cuya pendiente media es del 9 por 100 aproximadamente. La segunda sección, formada por el canal de desagüe, tiene de longitud 1.764 metros con pendientes más fuertes que las precedentes é interrumpidas por algunas cascadas. La diferencia de nivel de los extremos de esta porción es de 475,14, lo que da una pendiente de 26 por 100, poco más ó menos, y de aquí proceden las lavas, á veces formidables, causadas por los desprendimientos de las laderas. La tercera sección comprende la parte que forma el *thalweg* de la cuenca, cuya superficie no excede de 460 hectáreas y que tiene una longitud de 2.150 metros con la diferencia de nivel de 1.172,11 metros, esto es, una pendiente media de 54 por 100. El fondo del lecho y las laderas están formados por las rocas conocidas por el nombre de *flisch*, y se hallan á cada paso interrumpidos por cascadas. En esta sección el torrente es inofensivo, por lo que hace á las lavas, y no arrastra sino piedras

procedentes de las rocas más altas cuando éstas se disgregan y descomponen bajo la influencia de los agentes atmosféricos: estas piedras á veces son de dimensiones colosales.

Los dos principales afluentes del torrente de Bourget son los barrancos de Rata y de Chasse-Lièvre, que desaguan los dos por la orilla derecha, y que profundamente encauzados en tierras negras y en terrenos de aluvión, tienen el carácter de verdaderos torrentes, siendo muy dañosas sus crecidas. El Rata es notable ejemplo de la extraordinaria rapidez con que se forma un barranco. Existen todavía ancianos, que se acuerdan de haberlo salvado de un salto por algunos puntos en que al presente sus laderas tienen por lo menos 30 metros de altura y una anchura de 80 entre las mismas.

El torrente de Bourget recibe además en su parte alta las aguas de un gran número de barrancos de menos importancia: algunos atraviesan las margas negras, los restantes corren sobre el *flisch*, estos, sobre calizas y areniscas pizarreñas, y son, por consiguiente, poco dañosos.

El segundo de los torrentes más importantes de este perimetro es el de Faucon. Los terrenos más elevados, situados entre 2.984 y 1.900 metros de altura están formados por pizarras, ya denudadas, ya cubiertas por una delgada capa de tierra casi sin vegetación leñosa ni aun herbácea. Los barrancos que afluyen á este torrente son poco profundos y sus derrumbamientos muy raros. El único obstáculo que encuentra la vegetación leñosa consiste en los aludes de nieve que generalmente todos los años se desprenden. Más abajo, no obstante, el torrente se presenta terrible porque pasa entre tierras margosas negras y terrenos de transporte sin consistencia, formados por materiales de todos tamaños. Las desnudas vertientes que en ciertos puntos alcanzan una altura de más de 80 metros, están completamente devastadas y surcadas por varios barrancos secundarios. En todos estos puntos, donde la pendiente varía del 20 al 40 por 100, el torrente ahonda su lecho en cada avenida y produce enormes derrumbamientos, que repercuten á uno y otro de sus lados en longitud de más de un kilómetro. Esta parte del torrente es la que suministra los principales materiales de las grandes lavas. Sigue luego el cono, que es un gran triángulo de unas 180 hectáreas de superficie, sobre el que se encuentra el pueblo de Faucon y las casas de Chastelaret; 60 hectáreas están incultas, cubiertas de grava, y el resto forma la mejor parte del territorio cultivable del término, que va siempre en dismi-

nución, puesto que en cada temporal desaparece siempre alguna parte del mismo.

El torrente de Faucon tiene varios afluentes, entre éstos el de Champerousse, que contribuye en gran parte al acarreo de materiales al valle; los barrancos de la Marquise y de Buriane, que se manifiestan por las grandes trincheras abiertas en las tierras negras completamente denudadas y de fortísimas pendientes, y en fin, los de Ville-Vieille y Pisse-Vin.

El torrente de Faucon era un peligro constante para el pueblo del mismo nombre, que, edificado en la vertiente O. del cono primitivo no estaba defendido más que por un dique insuficiente por completo. El de Bourget no era menos temible para las casas de este mismo nombre.

Las tierras cultivadas que se extienden por el fondo del valle representan un valor de más de un millón, y se hallaban amenazadas por el continuado progreso de un azote, que en los temporales arrastraba ó cubría alguna porción de tan ricos terrenos. En la región media de la montaña, las casas de Saint-Flavy, de Bouzoulières, de Granges y de Maisonnettes, estaban siempre expuestas, y los cultivos que las circundaban, arrastrados en los derrumbamientos, disminuían en superficie constantemente á consecuencia de las tempestades.

Los materiales así transportados hacia el Ubaye tendían á levantar cada vez más el lecho de éste y á poner en peligro la población de Barcelonnette, situada más abajo del dique construido para protegerla; era, pues, imperiosa la necesidad de formar un perímetro de utilidad pública, puesto que con la denudación, siempre creciente de las cuencas, concurrían las condiciones más desfavorables de suelo, clima, pendiente y exposición.

La administración forestal estudió este perímetro á fin de 1861, esto es, al principio de la ejecución de la ley de 28 de Julio de 1860, y se decretó en Marzo de 1863 para una superficie de 706 hectáreas, proyectando ejecutar la repoblación completa en todos aquellos puntos en que pudiese prevalecer la vegetación forestal. Este proyecto no luchó con grandes obstáculos al principio de su tramitación, ni el Consejo municipal le negó su voto, limitándose á desvanecer las dudas que abrigaba acerca del resultado de esta empresa.

Los dos primeros años se emplearon en fijar los límites de este perímetro, en siembras y construcción de pequeños diques á canto seco y en la repoblación de siete hectáreas en la parte baja. En 1864

estos trabajos se vieron expuestos á diferentes contratiempos, y se quebrantó un tanto la fe que se tenía en el buen éxito de la repoblación, á consecuencia de tentativas poco afortunadas, aunque en verdad, éstas se habían hecho en muy breve tiempo para que se pudiese formar juicio, y no en las más oportunas condiciones, puesto que en aquella fecha, en que todo era nuevo, se carecía de datos experimentales y de tradición en que basarse con seguridad. Se deseaban resultados pronto, inmediatos, y ante las exigencias del tiempo y de la vegetación, que llevan consigo lentitud inevitable, se perdía demasiado pronto la paciencia, y se pretendía aplicar, también antes de tiempo, la ley sobre el encespedamiento de las montañas de 8 de Junio de 1864.

En este estado de cosas, el perímetro de que se trata no podía librarse de una revisión. Por decreto de 19 de Octubre de 1864 se prescribió la sustitución de la repoblación por el encespedamiento en 68 hectáreas de las 706 que comprendía el perímetro, según el decreto sobre declaración de utilidad pública. Poco después, en 1866, se formaron aún nuevos proyectos conducentes á aumentar en 584 hectáreas la zona de encespedamiento, lo que habría reducido á 54 hectáreas las destinadas á la repoblación. No aceptó el Consejo municipal estas modificaciones, no ya por simpatía á la repoblación decretada anteriormente, sino por la esperanza de sustraer estos terrenos á la acción de la ley forestal y de anular el decreto sobre declaración de utilidad pública. Así, persistiendo en un error, el Consejo municipal salvó 584 hectáreas de la aplicación de la ley sobre el encespedamiento, conservándolas, al contrario, para la repoblación.

En 1866, la administración forestal se convenció de que la causa principal de las deyecciones del torrente de Bourget no se hallaba dentro del perímetro, y estudió un proyecto adicional que se decretó en 10 de Agosto de 1868, bajo el título de perímetro de Bourget, comprensivo de 28 hectáreas, 26 áreas, 30 centiáreas, también de la pertenencia de los pueblos.

En todos estos períodos, la administración forestal, que por primera vez se dedicaba á trabajos de este género, se propuso no suscitar pretextos de descontento; se abstuvo de la determinación ya tomada de apropiarse la ley sobre propiedades particulares de las márgenes de los torrentes, y excluyó también de su acción otros terrenos, bien que fueran comunales y de poco satisfactorias condiciones.

Después de diez años de trabajos, de estudios y experiencias, las

cosas se presentaron bajo diferente aspecto; se comprendió lo que realmente debía hacerse; se adoptaron con decisión los medios más eficaces, y cesó aquel período de tentativas que tantas dificultades y descrédito suscitaba contra estos trabajos. A fin de 1872 se hizo una nueva revisión de este perímetro, que originó un decreto de declaración de utilidad pública, aprobado en 28 de Junio de 1874, con el cual la superficie se amplió á 872 hectáreas, de las que 786 pertenecían á los pueblos de Faucon y Barcelonnette y 86 á propietarios particulares. Al presente, el perímetro de Faucon mide 828 hectáreas, 30 áreas, 65 centiáreas. En un principio los trabajos consistieron en la construcción de diques de pequeñas dimensiones y en el encespedamiento; y la repoblación, que se practicaba con los pinos laricio y silvestre (1) se limitó á la superficie de sólo 10 hectáreas, porque se esperaba aún la aquiescencia del Consejo municipal, cuando el 17 de Julio de 1868 sobrevino un violento huracán que destruyó todas las obras á canto seco y de madera, demostrando, por una parte, la insuficiencia del encespedamiento en la defensa de los torrentes, y por otra, que para asegurar la extinción de éstos es preciso consolidar antes los terrenos, impedir los derrumbamientos, disminuir la velocidad de las aguas y quebrar su corriente, á fin de combatir así su acción. En estos trabajos la administración forestal se distinguió sobremanera al crear un sistema fundamentalmente eficaz, dedicando preferentemente su atención á las obras hidráulicas y concentrando después sus fuerzas en la repoblación y en determinadas cuencas. Se eligió el torrente de Bourget, y tal fué la intensidad de los trabajos, que hay actualmente en aquel perímetro 569 hectáreas, 68 áreas, 25 centiáreas perfecta-

(1) Las especies arbóreas con cuyo mayor número se han efectuado las repoblaciones en los Alpes, y que repetidamente se citan, entre otras, por el autor, son las que á continuación se expresan por sus nombres vulgares y sistemáticos, para evitar toda duda acerca de su designación:

Abeto rojo.....	<i>Abies excelsa</i> , DC.
Pinabete.....	<i>Abies pectinata</i> , DC.
Alerce.....	<i>Larix Europæa</i> , DC.
Pino silvestre.....	<i>Pinus sylvestris</i> , L.
Pino negro.....	<i>Pinus montana</i> , Duroi.
Pino cembro.....	<i>Pinus cembra</i> , L.
Pino laricio ó pudio.....	<i>Pinus laricio</i> , Poir.
Pino de Alepo.....	<i>Pinus halepensis</i> , Mill.
Pino marítimo.....	<i>Pinus maritima</i> , Soland.
Pino piñonero.....	<i>Pinus pinea</i> , L.
Cirolero de Briançon.....	<i>Prunus Brigantia</i> , Vill.
Serbal de cazadores.....	<i>Sorbus aucuparia</i> , L.

(N. del T.)

mente repobladas en un terreno consolidado por 26 diques grandes de mampostería, 728 diques rústicos, 968 metros de los de faginas, 5.854 palizadas de primero y segundo orden, 3.567 metros de drenaje, 43.087 metros de caminos y sendas de tránsito y de comunicación con la carretera principal, 4.232 metros de cercado, casas, barreras, etc.

A consecuencia de todos estos trabajos, el torrente de Bourget puede considerarse como completamente regularizado; y al ver hoy correr sus aguas sin que arrastren piedras ni tierra, apenas parecería creíble que en algún tiempo haya sido tan destructor á no dar testimonio de ello su cono de deyección. Los terrenos subyacentes de su cuenca, ya libres de todo daño, lo estarán aún más cuando la vegetación, adquiriendo mayor desarrollo, tome estable posesión en aquel suelo.

A) Del torrente Bourget en particular.

Toda la cuenca de este torrente tiene la superficie de unas 360 hectáreas, de las que 80, que forman su parte superior, consisten en rocas; la inferior se encuentra á una altura de 2.500 metros. En aquélla se sembró el pino cembro en cuantos puntos pudieron abrirse agujeros y encontrar alguna tierra, importando en extremo la conservación y defensa de esta preciosa especie de pino, y además se sembraron con la misma otras herbáceas. En la parte inferior que sigue inmediatamente á las rocas, y en dirección perpendicular á la máxima pendiente, se trazaron líneas, y paralelamente á éstas se cultivaron fajas de seis metros de longitud, y distante tres metros entre sí, colocadas de modo que una faja horizontal alternase con los huecos de la inferior (*Fig. 86*). Estas fajas se cavaron hasta la profundidad de 40 centímetros, dándoles la anchura de 50 centímetros, y á fin de que tuviesen cierta estabilidad, se cuidó constantemente de colocar las piedras procedentes de las excavaciones, ó que se encontraban á su inmediación, sobre el borde inferior de las fajas, levantando así la superficie cultivada y dándole una inclinación contraria á la del terreno.

En cuantos barrancos y depresiones podían las aguas reunirse para correr en masa, se construyeron diques rústicos destinados á contener los materiales en los diversos perfiles longitudinales y á disminuir la velocidad de aquéllas. Transcurridos unos diez años desde la aprobación de la ley sobre repoblación de las montañas, la

región superior de esta cuenca se encuentra ya bastante bien defendida por las plantaciones y por otros trabajos en ella practicados: en el mismo período, la región inferior, que, como se ha dicho, toda ella está formada de margas negras, se ha protegido con fuertes faginas, con plantaciones de especies coníferas y con siembras de plantas herbáceas. En la parte inferior, á la altura de unos 1.600 metros, se empleó sólo el pino laricio ó pudio: á la de 1.800 metros esta especie se mezcló con el pino negro en las exposiciones del S. y del O., y con el abeto rojo y el alerce en la del E. A los 2.000 metros, ó sea en la base de las rocas superiores, las siembras fueron sólo de alerce.

Para resguardar estas siembras de los calores del verano, de las sequías y de las heladas que grietea el terreno, se recurrió á siembras de plantas herbáceas hechas en las fajas ya citadas; además, se plantaron en las localidades altas especies frondosas, y especialmente codesos, el serbal de cazadores y el cirolero de Briançon, que es una especie sumamente útil en las repoblaciones en Francia, porque se desarrolla perfectamente en las pendientes ásperas. Con todas estas especies se obtuvo excelente resultado, y como en algunos puntos nacieron en gran espesura, parte de ellas se trasplantó y empleó, juntamente con otras plantas procedentes de los semilleros provisionales, en reponer las marras que en distintos puntos se advirtieron.

En los años sucesivos se practicaron siembras de asiento de alerce y de abeto rojo en los sitios mejor encespedados y en pequeños hoyos hechos con el pico fuera de las fajas antes mencionadas. Las plantaciones de pino cembro se completaron con plantas de la misma especie y se continuaron las obras de diques rústicos en los barrancos y en las sinuosidades ó depresiones en que podían reunirse las aguas y causar algún daño.

Al presente, siquiera para dar por terminados estos trabajos sea preciso esperar que la vegetación cubra el terreno por completo, puede tenerse por conseguida la extinción de este torrente, no quedando otros cuidados que el de las reparaciones que exijan las obras de fábrica y el de la reposición de marras de las plantaciones, que son inevitables cuando se trata de trabajos efectuados á alturas de más de 2.500 metros, y donde múltiples circunstancias concurren á aumentar las dificultades.

Para facilitar la repoblación y relacionar el número y la importancia de los trabajos con la economía, se establecieron semilleros volantes ó provisionales de especies coníferas en diversos puntos de

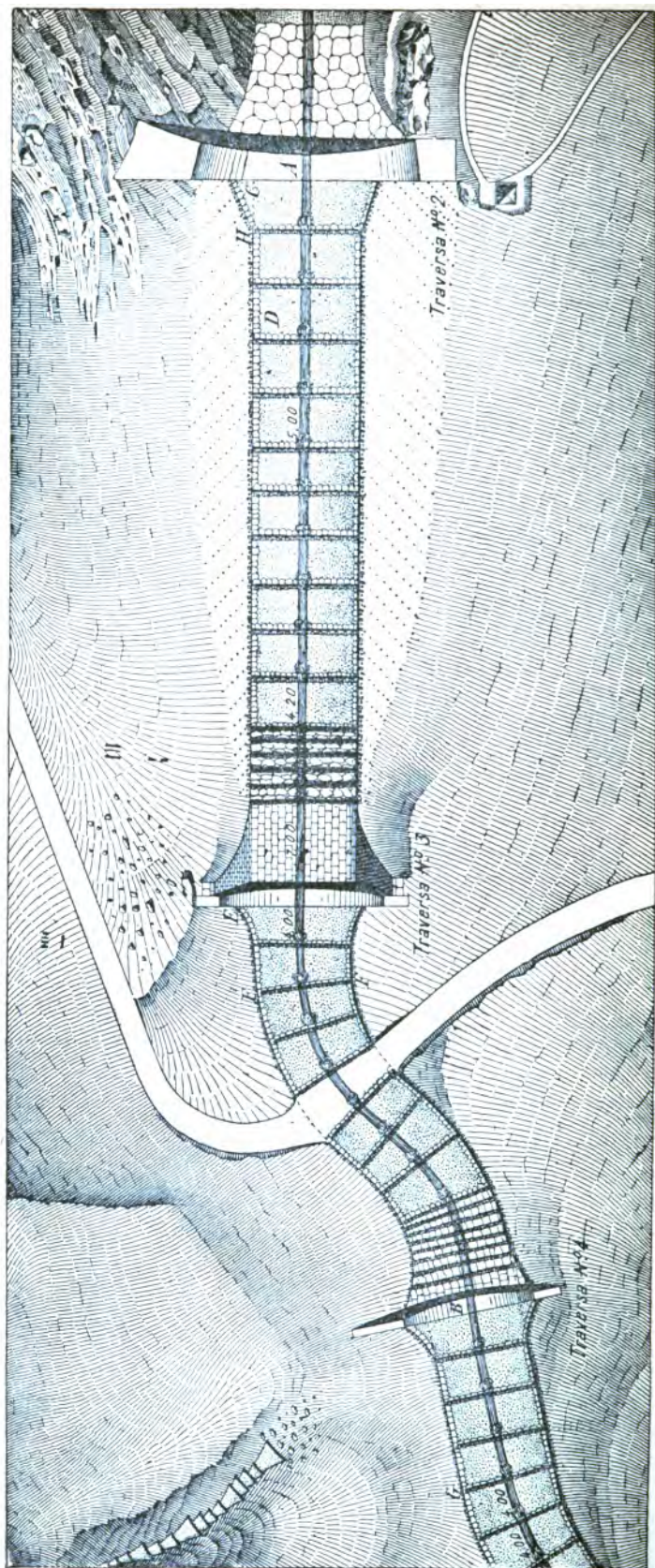
la cuenca, se abrieron caminos y se construyó una casa bastante capaz, á fin de atender á la subsistencia y hospedaje de los operarios en la época de los trabajos.

Tal fué el modo con el que se efectuaron la repoblación y las de más obras en la región superior de la cuenca. Simultáneamente, en 1870 se estudió el sistema de regularización que había de adoptarse para la defensa de la región inferior y se empezó la construcción de un dique de grandes dimensiones, á canto seco, en el punto más alto de la misma, destinado á contener las grandes masas que en su descenso podrían comprometer la seguridad de las obras que ulteriormente se ejecutasen en los puntos subyacentes. Al mismo tiempo, sobre el plano del terreno, su planta, perfiles y sobre el terreno mismo se estudió y determinó la localización de las demás obras, relacionando el efecto que pretendía conseguirse con los recursos de que se podía disponer. En estos estudios se emplearon, en verdad, cerca de dos años; pero merced á ellos se procedió con el mayor acierto y economía, hasta el punto de que al constructor más inteligente le podría parecer imposible que con gasto tan exiguo se hubiesen efectuado obras casi ciclópeas: otra de las ventajas de los mismos fué la de poder adjudicarse las obras en subasta pública, llevándose á cabo con mayor prontitud y economía, y estableciendo como condición indispensable su buena ejecución, asegurada por la asidua vigilancia de inteligentes y activos funcionarios forestales.

En esta ocasión se construyó el primer dique de mampostería con cal hidráulica, obra que se emprendió en las mejores condiciones de emplazamiento y ejecución, y es de observar que casi todas las obras de fábrica en los torrentes de los Bajos Alpes se contratan por italianos, los que tanto se han ejercitado y adquirido tal destreza, que nadie puede hacerles competencia, ni respecto del coste ni de la bondad del trabajo. Este dique, que tiene el núm 2, considerado como base del sistema de extinción del torrente de Bourget, es una de las obras más importantes hechas en los Bajos Alpes hasta fin de 1880 (*Figuras 56 á 66*): tiene las siguientes dimensiones:

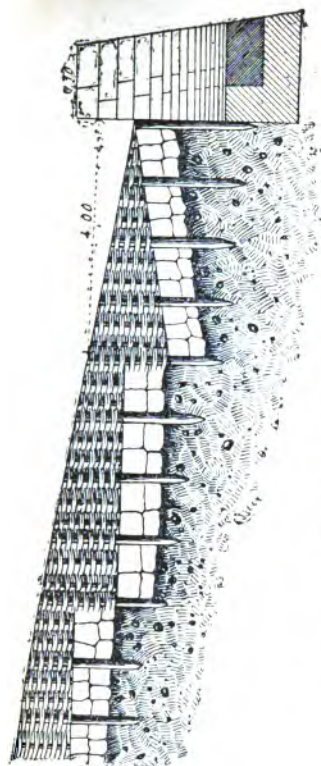
Longitud en el coronamiento	Metros. 30
Espesor en el mismo	2,80
Altura sobre el lecho.. ..	7
Altura, comprendidos los cimientos....	11,35
Paramento superior rectilíneo y vertical.	
Paramento inferior circular con talud del 20 por 100.	

Fig. 56.



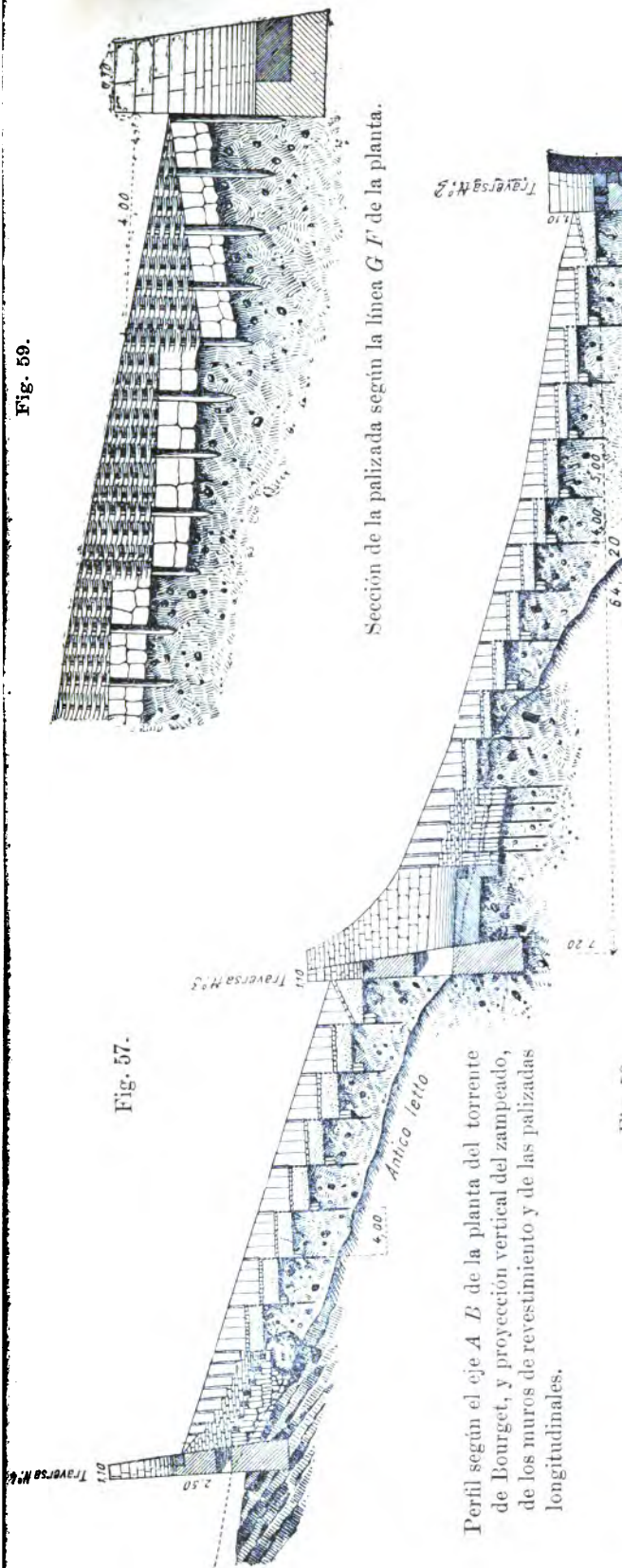
Planta del torrente de Pourget desde el dique núm. 2 al dique núm. 4 después de la ejecución de las obras de defensa.

Fig. 59.



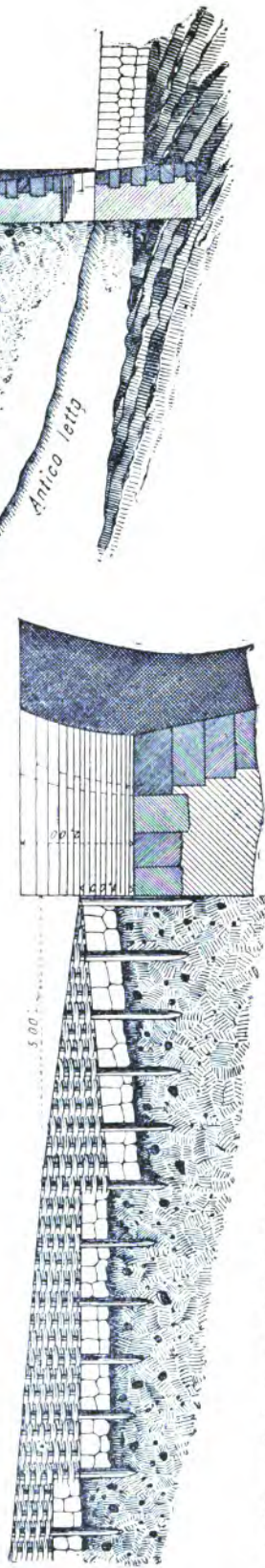
Sección de la palizada según la línea *G F* de la planta.

Fig. 57.



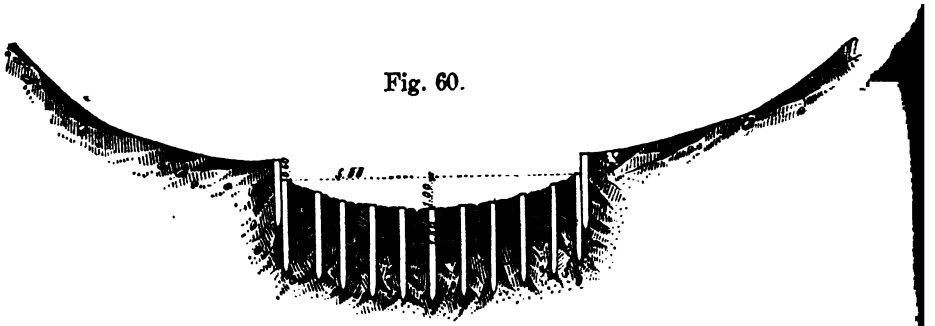
Perfil según el eje *A B* de la planta del torrente de Bourget, y proyección vertical del zampado, de los muros de revestimiento y de las palizadas longitudinales.

Fig. 58.



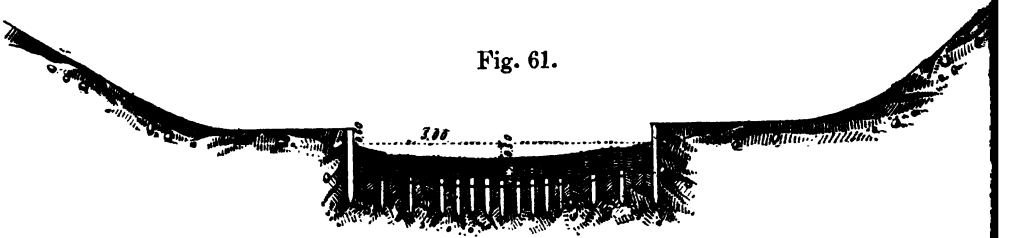
Sección según la línea *C D* de la planta, y detalles de la construcción de una palizada longitudinal.

Fig. 60.



Sección de una palizada transversal de un metro de altura.

Fig. 61.



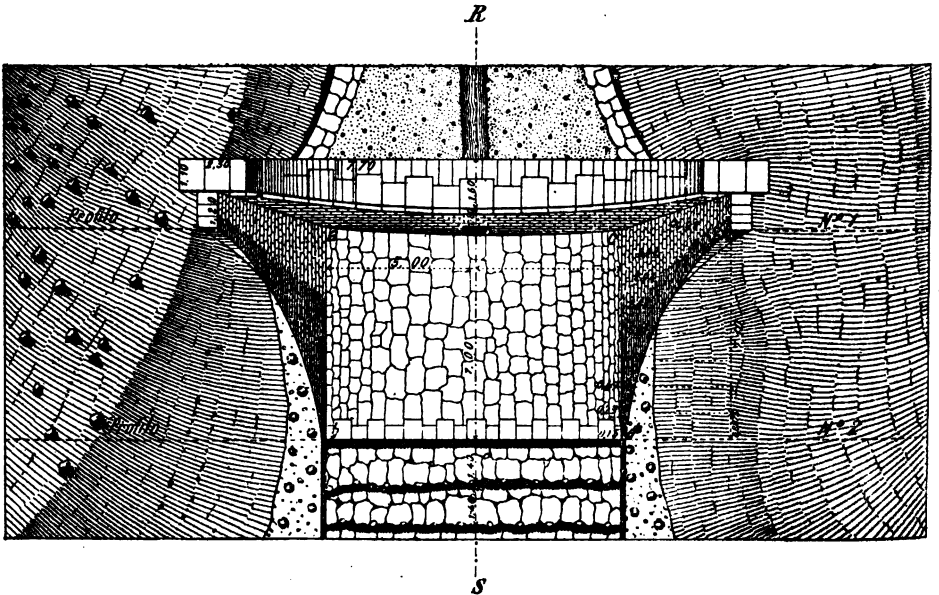
Sección de una palizada transversal de 0^m,70 de altura.

Fig. 62.



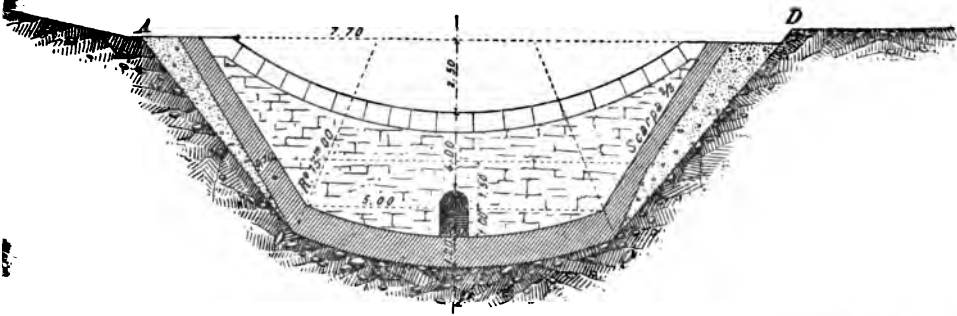
Sección de una palizada transversal de 0^m,50 de altura.

Fig. 63.



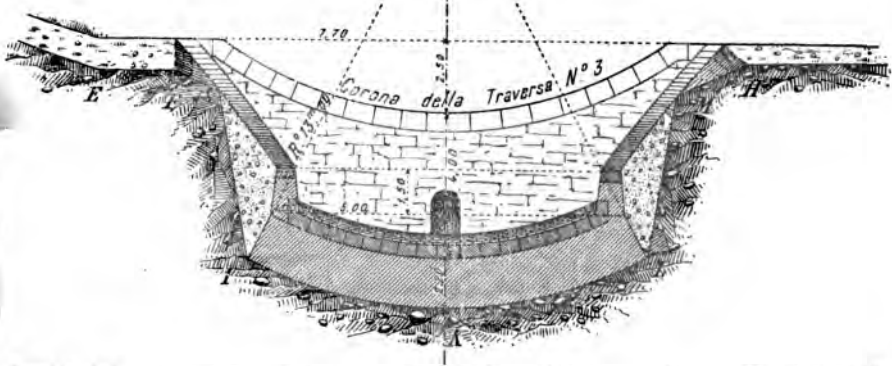
Planta del dique núm. 3, del zampeado, de los muros de revestimiento de superficie gaucha y de una porción de la escollera.

Fig. 64.



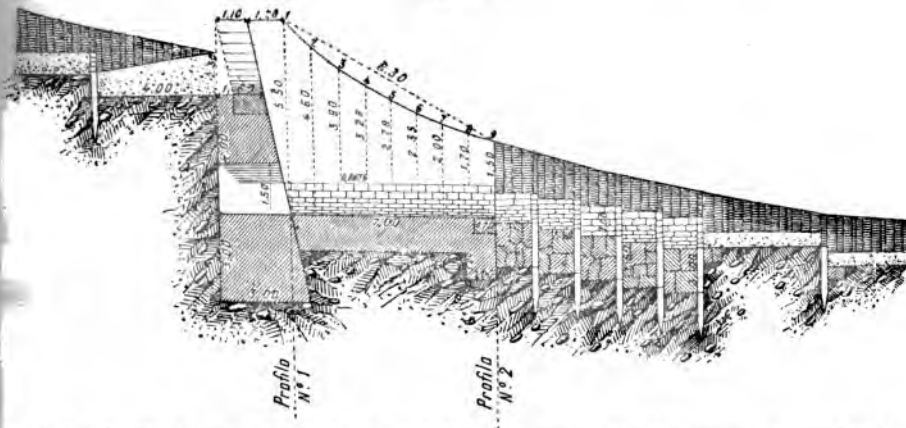
Proyección vertical del dique núm. 3, sección del zameado y de los muros y sus alas según el perfil transversal núm. 1 de la planta (Fig. 63).

Fig. 65.



Sección del contradique y de los muros según el perfil transversal núm. 2 de la fig. 63.

Fig. 66.



Sección longitudinal según *RS* de la planta (Fig. 63): proyección del coronamiento del dique número 3, del zameado, de los muros, de la escollera y de las palizadas longitudinales.

La flecha del coronamiento es de dos metros, con una cuerda de 20 metros, ó sea $\frac{1}{10}$; la flecha de la curvatura del paramento inferior es de 0,97.

Se practicó al nivel del lecho una abertura de un metro de ancho por 1,50 de alto. El paramento inferior se construyó de mampuestos picados; el coronamiento de sillería, y toda la fábrica con cal hidráulica, en las siguientes proporciones:

Mampostería ordinaria.....	M. c.	548,71
Idem de mampuestos picados.....		191,74
Sillería.....		43,86

Volumen total M. c. 784,31

La obra costó 13.697,28 pesetas por cuenta de la empresa, y 1.793,27 por los trabajos ejecutados por administración: en totalidad, 15.490,55.

En los diques posteriormente construidos se introdujeron algunas importantes modificaciones, conducentes á obtener mayor economía. Así se cambió el paramento superior de rectilíneo en circular, dando de este modo al dique la forma anular y ahorrando en los estribos un volumen considerable: además se introdujo el sistema mixto de mampostería de que precedentemente se ha tratado (*Figuras 30, 31 y 32, páginas 101 y 102*).

El conjunto de las obras es de veinte diques en el torrente de Bourget, propiamente dicho, y de tres en su afluente Rata: según las circunstancias, se adoptó para ellos diferentes tipos; así, donde las vertientes eran poco estables se prefirió la forma rectilínea á la circular, por las razones expuestas al tratar de la forma y de las dimensiones de estas construcciones, y donde los terrenos presentaban poca resistencia se construyó el zampeado de mampostería levantándolo en sus extremos por dos muros en ala destinados á proteger aquéllas. En general se ha dado la preferencia á la mampostería mixta.

En todas estas construcciones se verificó el aterramiento ó depósito, para las primeras muy rápidamente, para las restantes con más lentitud, á consecuencia de los trabajos practicados en la región superior, que dejaban sentir en la inferior sus favorables efectos; pero para que éstos fuesen completos era necesario impedir la erosión, tanto longitudinal como lateral, del lecho que las aguas habían formado después de producidos los depósitos aguas arriba de los diques,

Al efecto se construyeron en cada uno de aquéllos dos palizadas longitudinales paralelas con objeto de encauzar el torrente, y una serie de otras transversales de coronamiento cóncavo y á la altura ó nivel del aterramiento. Estas palizadas transversales equidistan 5 metros mientras las longitudinales se hallan á distancia, ya de 9, ya de 10 metros. A estos trabajos siguieron inmediatamente plantaciones de especies coníferas ó frondosas, según los casos.

Al mismo tiempo que se practicaban estas grandes construcciones, en la parte baja del torrente se activaba la regularización de los barrancos y de sus ramificaciones en las tierras negras por medio de palizadas y faginas; y tan pronto como se producían los aterramientos se efectuaban plantaciones en sus orillas, empedrando la parte interior para impedir la erosión ulterior del lecho.

En 1879, á consecuencia de grandes nevadas, se notó algún resbalamiento en las laderas del torrente, y se recurrió al drenaje, que se hizo poco profundo, recogiendo las aguas en pequeñas cunetas ó atarjeas descubiertas formadas de piedra ó lastre, que se extendieron por las más pequeñas ramificaciones, de modo que impidiesen toda filtración. De esta suerte las aguas aún descienden actualmente sin producir daño alguno, no obstante su abundancia en los años bastante lluviosos.

Hemos manifestado que este torrente puede considerarse como inofensivo, ó según dicen los franceses, extinguido. En comprobación de ello citaremos otro género importante de observaciones, conducentes á demostrar la eficacia de los trabajos emprendidos y tener una prueba, por decirlo así, expresada en números, de su efecto progresivo. Se ha levantado anualmente una serie de perfiles tal, que dé la representación exacta de las alteraciones sucesivas de la superficie del terreno, y referidos estos perfiles á puntos fijos, se ha comprobado que los movimientos del suelo se hacen cada vez menos sensibles y frecuentes: al presente han cesado por completo, y sólo algún violento huracán podría ligeramente despertar el torrente en cuestión.

B) *Del torrente Faucon en particular.*

Empezaron los trabajos en el torrente de Faucon en 1875, y consistieron en la repoblación de todos los puntos de la cuenca en que el terreno era estable; en cuanto á los demás fué preciso esperar que los de regularización hubiesen proporcionado la necesaria estabili-

dad. La repoblación se hizo por siembra y plantación. Se adoptó la primera solamente en aquellas escasas localidades en que había alguna vegetación herbácea y en la parte superior de la cuenca entre los intersticios de las rocas, empleando semillas de pino cembro y de alerce. En toda la restante extensión de la cuenca se practicaron plantaciones de pino cembro, alerce, abeto rojo, pino laricio y pino negro, con plantas obtenidas en viveros provisionales. Al mismo tiempo se construyó un sistema completo de diques rústicos, ó sea á canto seco, en todas las ramificaciones de los torrentes y en los barrancos.

Ejecutados estos trabajos con un éxito que superó al que se había esperado, toda vez que se logró repoblar la mayor parte de la cuenca, se construyeron en la región más alta (de 2.300 á 2.500 metros) tres grandes diques de contención, á canto seco, de 1.129 metros cúbicos que costaron 14.033 pesetas, destinados á contener todos los materiales procedentes de la descomposición de las rocas superiores y de la erosión y acarreo producido por las aguas. Después se continuaron los trabajos de regularización construyendo seis diques, también á canto seco, por la dificultad de obtener el mortero á tanta altura, y otros diez de mampostería mixta que se localizaron debajo de aquéllos. Por último, la regularización de los torrentes de la Marquise y de Buriane, que tienen la forma de *combes* abiertas en las margas negras y surcadas por innumerables barrancos, se llevó á efecto por medio de palizadas faginadas y pequeños diques rústicos, pudiéndose decir que estos trabajos se han terminado por completo.

En todos estos trabajos, hasta el 31 de Diciembre de 1885, se construyeron 8.077.171 metros cúbicos de mampostería en las obras más notables de regularización y en otras accesorias, invirtiéndose pesetas 106.605,22; los metros cúbicos de mampostería á canto seco para los diques rústicos ascendieron á 2.656.297, y costaron 14.975,69 pesetas.

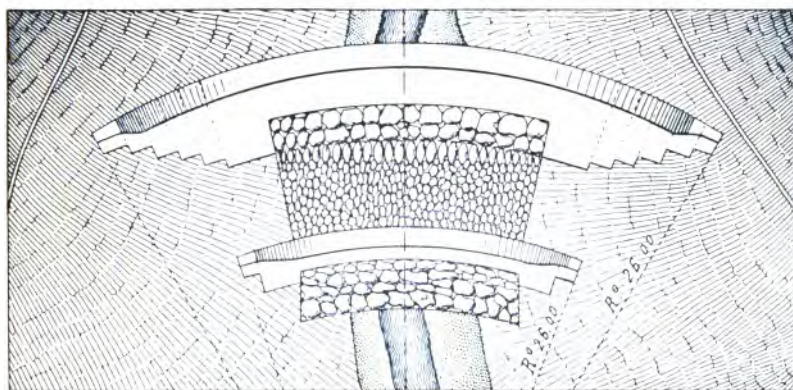
Es digna de notarse entre los trabajos ejecutados en este torrente la disposición adoptada en la construcción del zampeado en una socción en que faltaban piedras de gran tamaño, puesto que la escasa que pudo recogerse debía reservarse para el coronamiento y el contradique. Como era preciso evitar la construcción de diques demasiado elevados porque hubiera exigido gran cantidad de materiales, se adoptó el partido de construir el señalado con el núm. 1 (*Fig. 67, 68, 69 y 70*) con su zampeado y contradique. Cuando en esta construcción se encuentre ya producido el aterramiento consiguiente, se

construirá con economía el dique núm. 2, porque podrán utilizarse los materiales transportados á la localidad por el mismo torrente. Las referidas figuras detallan esta construcción con la que se satisfacen las condiciones de resistencia y economía.

C) *Resumen de los trabajos ejecutados en el perímetro de Faucon.*

El conjunto de los trabajos ejecutados en el perímetro de Faucon nos suministra importantes datos, tanto acerca de su economía como de los resultados conseguidos.

Fig. 67.



Planta del dique escalonado.

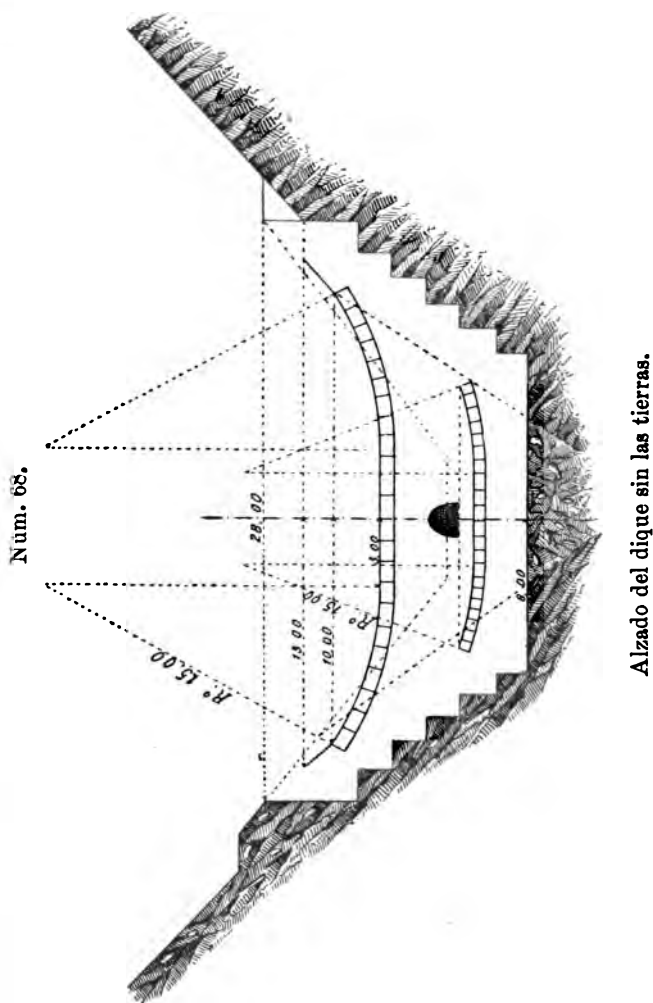
Puede computarse que las repoblaciones absorbieron hasta fin de 1883 el 29 por 100 de la suma total invertida; los trabajos de regularización el 56 por 100, y que el resto, ó sea el 15 por 100, se empleó en diversos gastos. Estas cifras no son más que aproximadas, y se calcula que una vez terminados por completo los trabajos, se sustituirán poco más ó menos por las siguientes:

Trabajos de repoblación el.....	27 por 100.
Idem de regularización	60 —
Idem diversos.....	13 —

y en conjunto 660.000 francos.

Como quiera que los mayores torrentes y sus respectivas cuencas se encuentran en los Bajos Alpes en iguales condiciones poco más ó

menos que el de Faucon, y que la partida «trabajos diversos» es en su mayor parte aplicable á la de los de regularización, resulta que aproximadamente puede establecerse que los trabajos para repa-



rar los daños de los torrentes importan el triple de los necesarios para evitarlos.

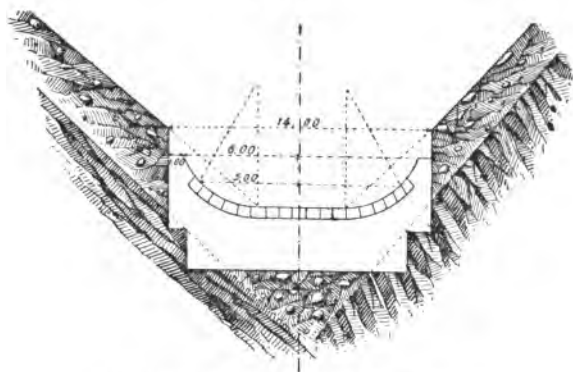
Este hecho tiene también para Italia especial importancia por ser bien pocos en este país los terrenos de condiciones tan desfavorables como las de los Alpes franceses; por término medio las de los nues-

tros son más ventajosas, y, por tanto, si tomamos oportunamente medidas preventivas, se ahorrarán en lo sucesivo grandes gastos, se evitarán peligros y se dará valor á terrenos que en la actualidad no lo tienen ó es muy escaso.

Se emplearon hasta el 31 de Diciembre de 1885 en este perímetro 10.831 kilogramos de semillas de coníferas y 396 de especies frondosas, repoblando la superficie de 414 hectáreas, 35 áreas y 90 centiáreas.

El pino cembro y el alerce entraron cada uno por una tercera parte de las semillas de coníferas, componiendo el resto las de abeto rojo, pino negro y pino silvestre. Se emplearon además 38.829,2 kilogramos de semillas de plantas herbáceas para el encespedamiento, y 1.334 de semillas de céspedes, 5.865.030 plantas de especies coníferas, 1.993.205 de frondosas y 4.455 ramas ó estacas. El cultivo por fajas horizontales se efectuó en la longitud de 5.900 metros.

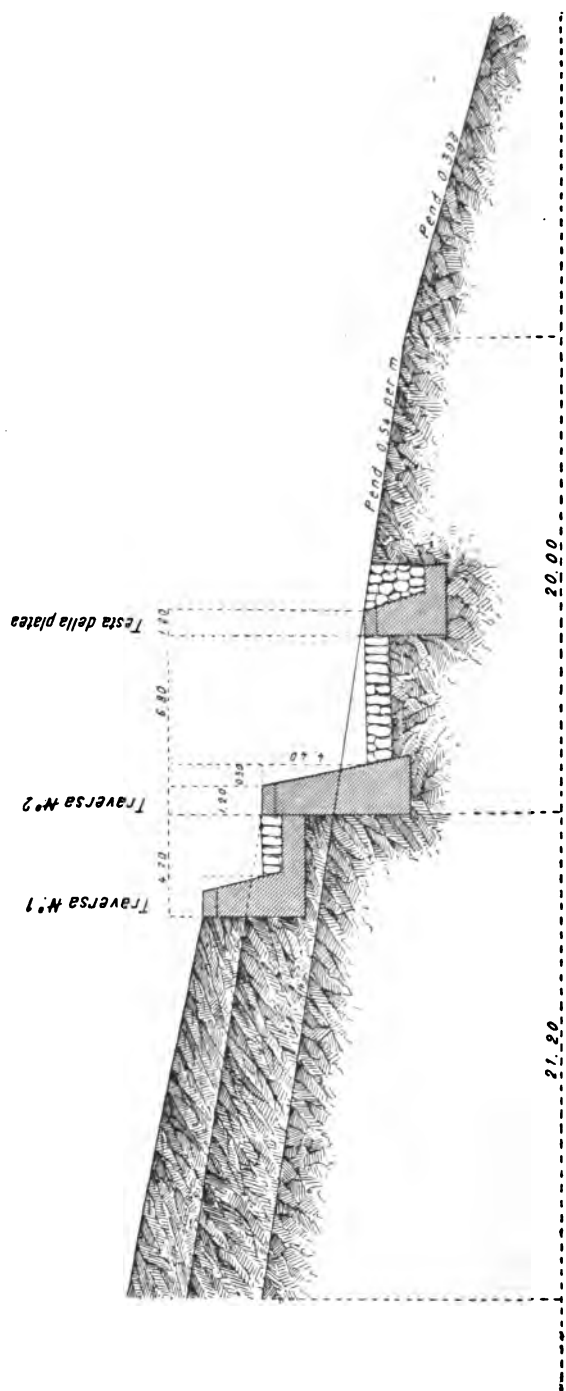
Fig. 69.



Alzado del contradique sin las tierras.

Por lo expuesto parecerá la cantidad de semilla empleada un tanto excesiva respecto á la superficie de la cuenca; pero es preciso tener en cuenta las diversas circunstancias que obligaron á repetir las siembras. Se operaba, en efecto, en alturas que exceden de 2.000 metros y llegan hasta 3.000, donde las heladas tardías sobrevienen frecuentemente después de la germinación, y en que las granizadas, fortísimas á veces, destruyen gran parte de las siembras que no están suficientemente defendidas: estos accidentes meteorológicos se combaten con gran dificultad.

Fig. 70.



Sección transversal del dique escalonado del torrente de Faucon.

En los terrenos estables se hicieron las plantaciones con coníferas y por hacecillos, empleándose de cinco á seis mil por hectárea; pero donde las pendientes eran muy escarpadas se llegaron á invertir hasta 15.000. Las especies frondosas se emplearon con preferencia en los aterramientos, en las laderas de los torrentes, en las depresiones del terreno, y, en general, en cuantos puntos había alguna humedad, haciéndose su plantación mucho más espesa que la de las coníferas. Las estacas empleadas fueron en gran número, ascendiendo á las tres cuartas partes del total de las especies frondosas.

Para formar concepto exacto del resultado obtenido y de la utilidad de estos trabajos de repoblación diremos, que se llevó una estadística de las avenidas ocurridas hasta fin de 1873, y se establecieron tres pluviómetros á diversas alturas en cada una de las dos cuencas de los torrentes de Bourget y de Faucon, y cada uno de aquéllos en el centro de una zona de superficie conocida. El límite superior de la zona más alta se encuentra á 3.000 metros y el inferior á 2.300; la zona media está comprendida entre 2.300 y 1.700 metros, y la inferior entre 1.700 y 1.300 metros. Se eligieron estas tres zonas porque la cantidad de lluvia varía, como es sabido, con la altura, y resultó que la que acusó el pluviómetro de la zona superior fué casi doble de la acusada por el de la zona más baja. Conociendo la cantidad de agua caída en los pluviómetros, la duración de la lluvia, la superficie de aquéllos y la de la cuenca, se determina fácilmente la cantidad total de agua que cae en la misma durante una lluvia. Los pluviómetros que se emplearon en las cuencas de los torrentes son los de la Asociación científica de Francia, descritos en una instrucción especial en 1872. Constan de dos partes principales: el recipiente ó embudo, que tiene una forma circular con un diámetro de 22,6 centímetros, y cuya superficie es de cuatro decímetros cuadrados, y la probeta de cristal, graduada, de un cuarto de litro de capacidad.

Falta ahora comparar el agua caída con la que llevan los torrentes, y aquí es donde se presentan grandes dificultades. El caudal de un torrente, especialmente en una crecida, no puede medirse sino con alguna aproximación, y otro tanto puede decirse respecto de los materiales que transporta. Preciso fué limitarse á la obtención de datos aproximados, y al efecto se trazó una escala limnimétrica en el coronamiento del dique más grande del torrente de Bourget, y en la que sus divisiones distan entre sí 10 centímetros. En una de las orillas se construyó una garita para un guarda encargado de anotar en cada

avenida su duración y la altura del agua. Con tales elementos y con la velocidad de ésta, que puede medirse aproximadamente cuando ya no arrastre el torrente materiales, se determina, puesto que es conocida la sección del coronamiento, el caudal de cada avenida. Mientras tanto, se toman todos los datos relativos á la naturaleza de éstas y sus efectos en el canal de desagüe y en el cono, valuando aproximadamente el volumen de los materiales transportados.

Estos elementos se determinan de un modo análogo para los demás torrentes, y cuando los datos se hayan recogido en suficiente número, será más exacta la apreciación del efecto de los trabajos de repoblación, llegándose á obtener la cantidad precisa del agua absorbida por el terreno y cuanto pueda ser útil al cultivo del monte alto en las montañas.

Hoy ya se conocen muchos hechos que permiten juzgar los resultados de los trabajos de regularización y de repoblación, y entre ellos citaremos el siguiente: en 13 de Agosto de 1876 se desencadenó un terrible huracán que invadió las dos cuencas de Bourget y de Faucon; la lluvia duró veinticinco minutos, y cayeron en la región superior 42 milímetros de agua y en la inferior 12. El torrente de Faucon se encontró súbitamente lleno de lavas, cuyo volumen se valuó en 234.000 metros cúbicos, el de los materiales en 139.000 y en 65.000 el de las aguas, invirtiéndose una hora en el paso de éstas, mientras que en el torrente de Bourget, en el que hasta entonces se habían únicamente concentrado los trabajos, la avenida se convirtió en una simple crecida de agua ligeramente turbia, que en la escala limnimétrica alcanzó la altura de 45 centímetros y duró cerca de cuatro horas.

Tan pronto como las plantaciones se hayan desarrollado y estén pobladas todas aquellas pendientes, en lugar de las referidas y enormes masas de agua y de lavas que rápidamente se reunen, precipitándose en el canal de desagüe, se tendrán arroyos de agua clara que correrán inofensivos por el lecho actual del torrente. La vegetación después completará la consolidación de aquellos terrenos move-dizos, y detendrá también una parte de las aguas que, penetrando en el suelo, aumentará los manantiales.

En el cono se observarán resultados opuestos: á través de los materiales que el mismo torrente ha depositado, el arroyo se abrirá un lecho definitivo y estable; fértiles terrenos, al presente ocupados por las deyecciones del torrente, se restituirán, poco á poco, á la

agricultura, y las tierras adyacentes estarán protegidas contra toda nueva invasión de materiales. El pueblo de Bourget, el de Faucon y las aldeas de la región montañosa se encontrarán á salvo de los peligros á que su situación les exponía, y la circulación por la carretera nacional se asegurará para lo sucesivo, en cuanto que el servicio de obras públicas podrá emprender la construcción de puentes, que hasta ahora los torrentes hacían imposible ó muy peligrosa por lo menos.

He aquí cómo M. Demontzey valúa las ventajas obtenidas en la localidad:

1. ^a	Cultivo obtenido en el cono del torrente de Bourget en la extensión de 25 hectáreas.....	<i>Pesetas.</i>	50.000
2. ^a	Defensa de la parte cultivada del cono, 35 hectáreas.....		105.000
3. ^a	Cultivo de 60 hectáreas en el torrente de Faucon.....		120.000
4. ^a	Defensa de la parte cultivada del cono.....		360.000
5. ^a	Defensa de los pueblos de Faucon y Bourget.....		350.000
6. ^a	Defensa de los cultivos y de las aldeas en la montaña.....		220.000
TOTAL..... <i>Pesetas.</i>			<u>1.205.000</u>

Así, sin tener en cuenta ni los rendimientos y utilidades que se han creado, ni las importantes mejoras relativas al régimen del Uba-ye, ni la mayor seguridad obtenida en beneficio de la ciudad de Barcelonnette y de la carretera nacional, la repoblación del perímetro de Faucon devolverá á la agricultura y protegerá terrenos tasados en más de 1.200.000 pesetas, suma en la que no se comprende el valor de unas 800 hectáreas que constituyen la superficie de las dos cuencas repobladas, y en las que hasta fin de 1885 se había gastado la cantidad de 732.013,73 pesetas.

En resumen; así respecto á la defensa de los terrenos montuosos, á la de los pueblos subyacentes á las cuencas, y á la de los campos del valle, como respecto á la producción leñosa, la repoblación y la regularización de los torrentes han producido en favor de los intereses generales y de los locales del distrito en este perímetro, no sólo resultados valiosos para la ciencia, sino ventajas económicas que, en no lejano porvenir, alcanzarán completo desarrollo.

CAPÍTULO IV

Perímetro de Sanières.

Este perímetro toma el nombre del torrente Sanières, uno de los más terribles que se encuentran en el valle del Ubaye. Nace este torrente en las escarpadas pendientes de la montaña llamada Cougnet de Maurel, cuya cima se eleva á 3.000 metros, y á poca distancia de los puntos en que empieza á formarse el Bourget, del que está separado por una cresta con dos declives muy fuertes. Bajando de la cima de una montaña, según una línea de máxima pendiente, pertenece á los torrentes del segundo género de Surell, y encauzado en medio de vertientes ásperas, profundas y descarnadas, cuya base socava en las grandes crecidas, produce derrumbamientos que suministran á las aguas enorme cantidad de materiales para el acarreo.

A unos 500 metros del pueblo de Jausiers desemboca en el Ubaye, y casi en el mismo punto desembocan también en la orilla opuesta dos torrentes análogos, el de Abriès y el de Terres-Plaines, de modo que cuando estos tres torrentes sufren crecidas simultáneas, el Ubaye, detenido en su curso, amenaza gravemente á aquel pueblo. A la salida del canal de desagüe el torrente se ensancha en un gran cono por el que se extienden sus aguas con perjuicio, ya de los cultivos, ya de las más cercanas viviendas de Jausiers. La carretera nacional número 100 atraviesa este cono en sentido de su mayor anchura y en distancia de uno y medio kilómetros, de modo que durante los temporales se hace imposible el tránsito á causa de la gran cantidad de lavas, quedando á veces las comunicaciones interrumpidas durante varios días.

La superficie de la cuenca de este torrente es de unas 420 hectáreas y se encuentra en condiciones sumamente desfavorables. Las cimas tienen una altura de 3.000 metros: están circundadas por la parte alta por filones de arenisca de los terrenos cretáceos; la zona media y la inferior están formadas por pizarras margosas de los terrenos jurásicos. Esta cuenca, expuesta al Mediodía y abandonada al pastoreo del ganado cabrío, no presentaba ni señal de vegetación antes de la repoblación efectuada en los últimos veinte años. Mientras sus pun-

tos más altos se elevan á 3.000 metros, la garganta no está más que á 1.400, y como quiera que el trayecto del torrente es de unos cinco kilómetros, se comprende cómo tal diferencia de nivel da por resultado un lecho que desciende entre vertiginosos precipicios.

Estudiado en 1861 el perímetro de Sanières, se declaró obligatoria su repoblación en 25 de Marzo de 1863, pero en virtud de la ley de 8 de Junio de 1864, se substituyó aquélla en la superficie de 353 hectáreas, por el encespedamiento, que en 1866 quedó ultimado. La repoblación se limitó á la superficie de 25 hectáreas, y se construyeron en el lecho del torrente 43 diques pequeños á canto seco. Cuando en el encespedamiento, llevado á cabo con el mejor éxito, se cifraban las más lisonjeras esperanzas, un espantoso temporal ocurrido el 24 de Julio de 1868 destruyó en gran parte aquellas construcciones y una gran cantidad de lavas cubrió el cono de deyección, desvaneciendo toda idea acerca de la eficacia del encespedamiento respecto á la regularización de los torrentes.

Los trabajos practicados en el torrente Sanières nos suministran la mejor enseñanza acerca de las cuestiones que estudiamos. El encespedamiento, si bien alcanzó el más completo desarrollo, resultó del todo insuficiente en las obras de consolidación de los terrenos y de extinción de los torrentes, en cuanto no subdividiendo bastante las aguas ni disminuyendo cuanto es preciso su velocidad, éstas, reuniéndose casi instantáneamente en el lecho del torrente, descarnan sus vertientes, producen derrumbamientos, reunión de grandes lavas, y á veces también la rotura de las obras de construcción.

Los diques, por más que no se encontrasen en las condiciones con que hoy se construyen, se fabricaron, sin embargo, con esmero; en muchos ya se habían producido los aterramientos y durante dos años dieron pruebas de su solidez resistiendo contra masas de lava considerables. Con corta diferencia iguales accidentes dejaron sentir su acción en los demás perímetros de los Bajos Alpes; y el encespedamiento, si bien no había producido el efecto que la repoblación en cuanto al régimen de las aguas, produjo y produce siempre todo el que cabe esperar de la vegetación herbácea.

La relación entre la superficie objeto de la repoblación y el encespedamiento, ha variado notable y continuamente en este perímetro desde su constitución hasta el día. En 31 de Diciembre de 1873, la primera era de unas 50 hectáreas, y la segunda de 353. En 1874 comenzó otro período, esto es, el de la regularización del torrente en

su parte inferior, á la que siguió la de la parte superior de la cuenca, como se verá en breve.

Para comprender los trabajos ejecutados en este torrente, preciso es conocer cómo éste se halla constituido, porque los caracteres diferentes de sus diversos puntos aconsejaron la adopción de medios también diversos. Este torrente se considera dividido en tres secciones bien distintas, separadas entre sí por grandes cascadas sobre rocas muy compactas.

La primera sección, ó inferior, se estudió en 1874 y los estudios preparatorios demostraron la necesidad de cuatro grandes diques que se construyeron en 1875, de mampostería mixta, y uno de ellos con contradique.

La segunda sección presenta en sus dos vertientes condiciones muy diversas. La izquierda y el lecho están formados por estratos de rocas bastante regulares, correspondientes al *flisch*, y que se dirigen hacia el NE., mientras el torrente lo hace de NNO. á SSE.; de aquí resulta que las aguas han cortado las rocas casi á pico. En la vertiente derecha, por el contrario, no se manifiesta la roca sino en algunos puntos, y su perfil es algo ensanchado por el resbalamiento de las capas, ocurrido á medida que el lecho se ha ido ahondando y les ha faltado el punto de apoyo, razón por la que se producen enormes derrumbamientos de materiales de todas clases. En esta vertiente se observa una serie de resaltos producidos por los resbalamientos sucesivos, y la superficie, aunque surcada por muchas hendiduras que aumentan la inestabilidad del terreno, está bien cubierta de vegetación herbácea.

He aquí lo que sucede en este torrente cuando sobreviene una avenida extraordinaria. Como el lecho excavado en la orilla izquierda, hacia la que se dirigen las aguas por la inclinación de los estratos, no tiene capacidad para las mismas, se arrojan éstas sobre la derecha, socavan su pie y producen resbalamientos que originan la formación de inmensas masas de lava y que son el terror del pueblo de Sanières. Para dar idea de tales movimientos de tierra diremos, que una lluvia de hora y media de duración y en la que la altura del agua en los pluviómetros fué tan sólo de 20,4 milímetros, ocasionó una lava de 30.000 metros cúbicos; de aquí puede deducirse cuáles serán los efectos de una lluvia torrencial.

En esta segunda sección, y en la vertiente derecha del torrente, se observan seis grandes resbalamientos, independientes entre sí y sepa-

rados por bancos de rocas bastante duras que han resistido la acción de las aguas. Sobre estos bancos precisamente se construyeron otros seis diques de mampostería mixta, destinados á conseguir, mediante grandes aterramientos ó depósitos, un ensanche de la sección y á evitar, por medio de otros trabajos, la erosión lateral y los resbalamientos.

Tan temibles son éstos y ocurren en condiciones tan extrañas, que no pueden imaginarse. Los terrenos impermeables, durante la licuación de las nieves, se saturan de agua, y cuando el pie de una vertiente se ha poco á poco minado por las repetidas avenidas, la porción permeable de las tierras se transforma en barro, poniéndose acaso en movimiento cuando el cielo y la atmósfera acusan un tiempo perfectamente sereno; aquella masa, tan sólo anunciada por su terrible estruendo, invade repentinamente el cono de deyección, destruye los campos y las viviendas, interrumpe las comunicaciones y lleva á todas partes la desolación y el terror.

Las construcciones de mampostería mixta llevadas á cabo en el torrente de Sanières han dado gran muestra de su eficacia resistiendo perfectamente las lavas del 8 de Agosto de 1876, fecha memorable en los anales de los torrentes de aquella región. Se valuó la cantidad de agua que en aquel día y en una hora cayó en la cuenca de Sanières, sobre la superficie de 480 hectáreas, en 87.600 metros cúbicos; sin embargo, no se produgeron los grandes desperfectos que hubieran podido temerse, máxime no habiéndose terminado los trabajos de la región superior ni la repoblación. En el mismo día, el torrente de Bourget, cuya cuenca tiene una superficie de 270 hectáreas, se calcula que recibió 85.630 metros cúbicos de agua, habiendo durado la avenida cinco veces más que la de Sanières. Esta es una de las pruebas más concluyentes de la importancia y de los beneficios de los trabajos de regularización de los torrentes, y de repoblación.

Los practicados en el torrente de Sanières, y en estas dos primeras secciones, además de demostrarnos su utilidad respecto al régimen de las aguas, la hacen resaltar por la comparación con lo ocurrido al mismo tiempo en los torrentes inmediatos, dándonos la más evidente prueba de la exactitud de los principios establecidos por la administración forestal francesa en el sistema de construcción mixta, que satisface tanto á las condiciones de resistencia como de economía, con la circunstancia de que las obras en lugar de deteriorarse

se consolidan con el tiempo, en cuanto protegido constantemente el terreno por las plantaciones, están menos expuestas á los peligros de la caída en masa de los materiales.

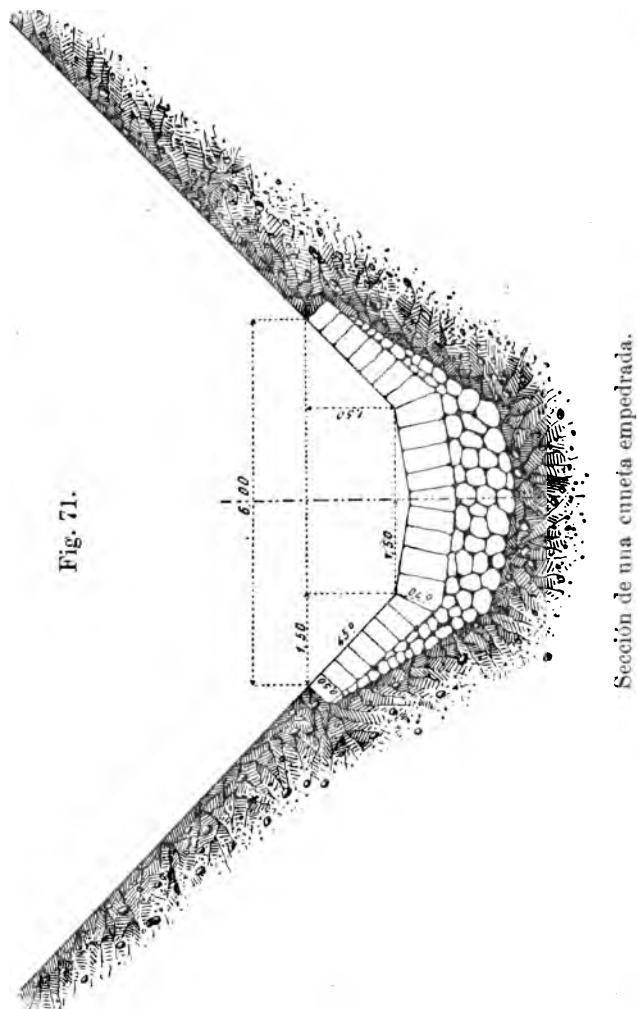
La tercera sección se presenta en condiciones muy diferentes de las otras dos: en la parte superior la roca ocupa el fondo ó lecho y el pie de la vertiente derecha, mientras que la izquierda se halla sobre terrenos de acarreo; gran número de barrancos y hendiduras surcan la roca que tiene pendientes fortísimas. Allí no se encuentran sino derrumbamientos y precipicios, y los trabajos de repoblación se dirigen simplemente á contener la poca tierra que aún queda en aquellas escarpadas pendientes y á disminuir la velocidad de las aguas. En la orilla izquierda hay una meseta en buen estado, denominada Coste-Belle, de la que se desprende el afluente Couarpe, el más importante entre todos los del torrente Sanières. La vertiente derecha del mismo no tiene pendientes tan fuertes como en la parte superior y próxima á la cima; la parte inferior, que forma la cuesta de Fumet, está bien cubierta de vegetación herbácea, pero es la más peligrosa del perímetro, á causa de estar formado el terreno de una mezcla de tierra y piedras que le hacen movedizo y denudable, exponiéndole de continuo á enormes reebalamientos. Por estas condiciones, y en particular por las fuertes pendientes del perfil longitudinal, la construcción de diques era allí casi imposible, y en todo caso por demás dispendiosa. La administración francesa ideó, pues, llenar el lecho levantándolo hasta cierta altura por medio de bloques y de piedras de todas clases y dimensiones, y construyendo sobre él un empedrado sólido en forma de cuneta con dos alas laterales á 45° (*Fig. 71*). Este empedrado se refuerza de 10 en 10 metros (*Fig. 72*) por un zócalo sólidamente cimentado, que, á la vez que impide la excavación, disminuye la pendiente. El espesor del empedrado es de 70 centímetros, su anchura de tres metros en el fondo y seis metros en las alas, y la pendiente de 11 por 100: el resalto en el pie de este zócalo es de 1,80 metros. Las figuras 71, 72 y 73 representan la disposición de este empedrado y sus principales dimensiones.

Con estas obras, construidas á canto seco, á excepción del último zócalo que lo fué con cal hidráulica, la pendiente primitiva se redujo en un 17 por 100 por una serie de saltos y de planos inclinados, en que la máxima era de 1,11 por 100.

De esta suerte se evitó la denudación del lecho y de las orillas, y conseguida su conveniente estabilidad, so practicaron en éstas los

correspondientes trabajos de repoblación, haciéndose por tal medio inofensiva una importante parte de la cuenca.

En conjunto se encuentran en este perímetro un dique, cons-



truido todo él de mampostería con cal hidráulica; 12 de mampostería mixta, con el coronamiento y acueductos de sillería, y 487 de menor importancia y rústicos. Los primeros tienen en totalidad un volumen de 6,521,099 metros cúbicos y costaron 105.331,91 pesetas, lo que da por término medio para el metro cúbico 16,15 pesetas,

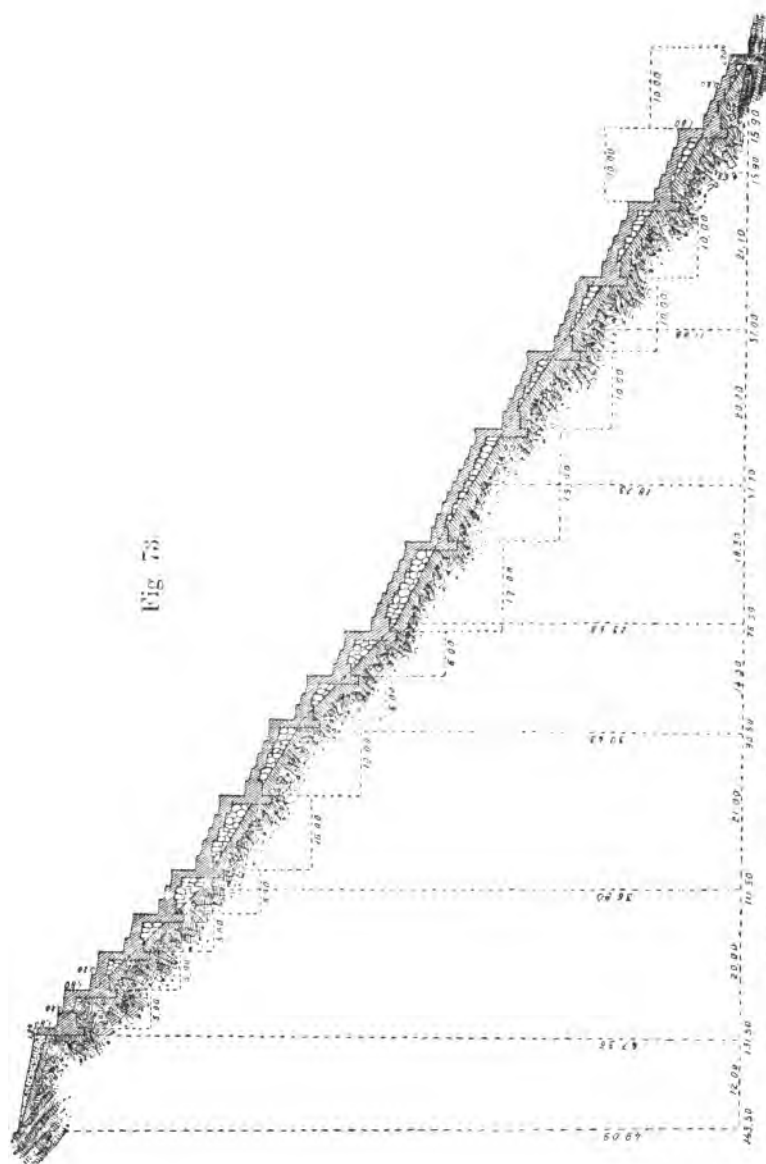
mientras los diques rústicos, que miden 10.206,288 metros cúbicos y costaron 56.591,01 pesetas, resultaron para el mismo término medio á 5,54.

Fig. 72.



Detalles de un perfil longitudinal entre dos zócalos.

Para evitar, en fin, los resbalamientos producidos por la filtración de las aguas, que al licuarse las nieves son abundantes, se abrieron cuatro grandes zanjas de drenaje ó atarjeas, paralelas (Fi-

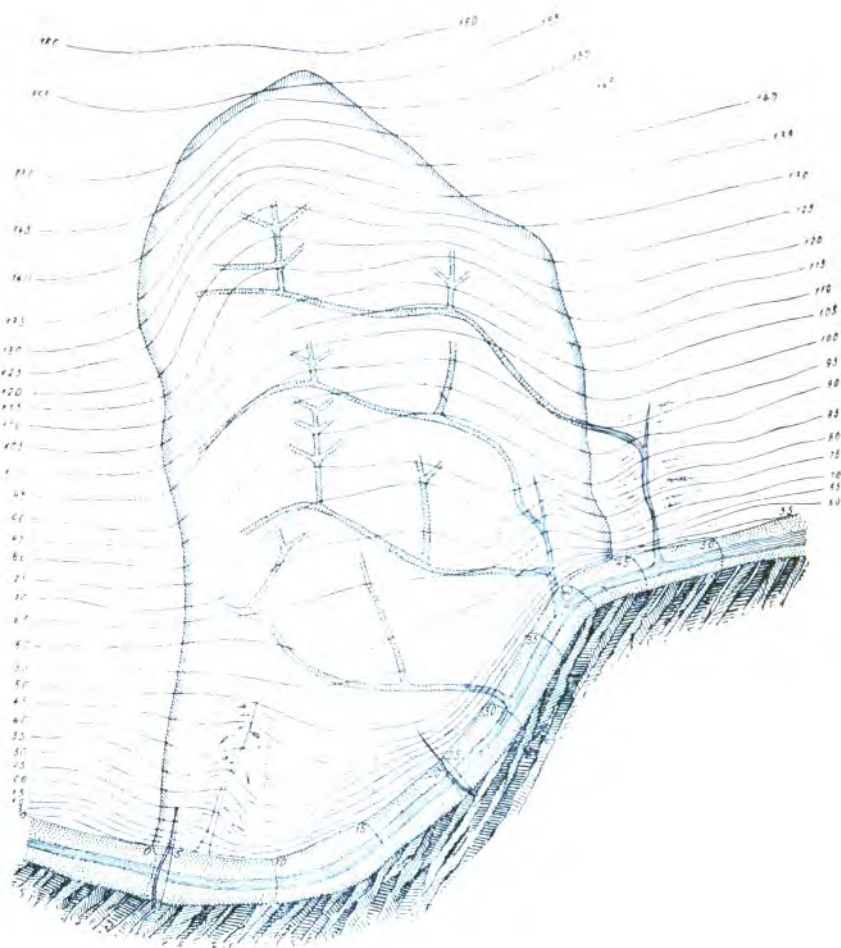


Perfil longitudinal de los zócalos construidos en el torrente de Sanieres.

gura 74), con una pendiente del 15 por 100, un metro de profundidad y una anchura en el fondo de 60 centímetros (*Figuras 75 y 76*).

Estas zanjás se revistieron de un empedrado sobre el que se echa-

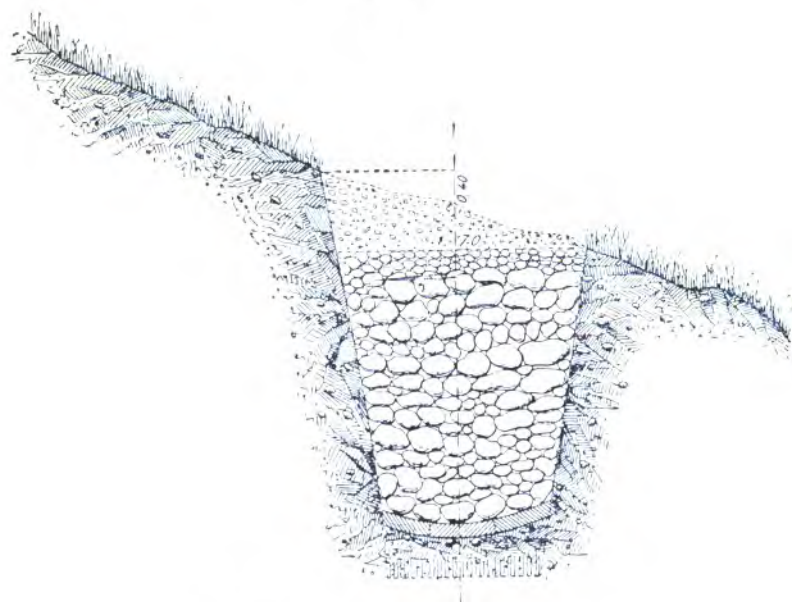
Fig. 74.



Drenaje en la cuenca de Sanieres.

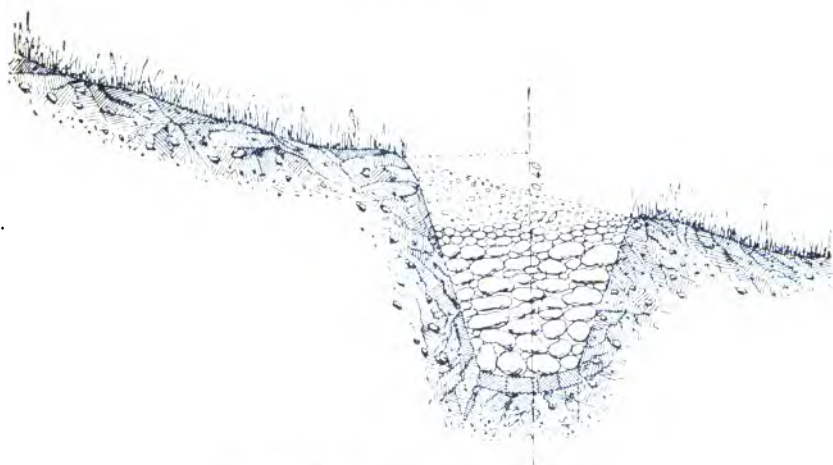
ron piedras de gran tamaño, de modo que el agua pudiera filtrarse en las mismas, y se pusieron en comunicación con otras de segundo orden cuyas aguas recibían, dirigiéndose, por último, todo el caudal de éstas sobre peñascales en que no causan daño alguno.

Fig. 75.



Sección de una zanja de primer orden.

Fig. 76.



Sección de una zanja de segundo orden.

Por tal medio se ha obtenido casi la completa inmovilidad del terreno, indispensable para la repoblación, la que se llevó á cabo en cuantos puntos se encontraba algo de tierra ó césped por siembra en hoyos, prefiriendo el abeto rojo al alerce y al pino cembro. En cambio, donde faltó la vegetación herbácea y las pendientes eran grandes se prefirió la plantación del pino laricio en las localidades bajas, y del pino negro, el alerce y el abeto rojo en las altas, especies todas que prevalecieron de modo tal, que puede abrigarse la esperanza de que su eficacia se haga palpable dentro de breve plazo.

Se plantaron y sembraron, á la vez que se efectuaban los referidos trabajos, diversas especies frondosas; de suerte, que en este perimetro se emplearon 3.225 kilogramos de semillas de coníferas y 54 de especies frondosas, repoblando completamente una superficie de 339^h 83^a 89^c. En la de 216^h 19^a se procedió á la plantación, dedicándose la parte restante también á la siembra. Se emplearon 2.765.070 plantitas de coníferas y 552.390 de especies frondosas, ó sea por término medio 9.730 plantas por hectárea y 9,1 kilogramos de semilla.

Las atarjeas principales ocuparon la longitud de 535,50 metros, y las secundarias la de 799,40, importando en las primeras 4,20 el metro lineal y en las segundas 1,54, ó sea en conjunto 3.479,34 pesetas.

Hasta fin de 1885 se invirtieron en este perimetro 380.961,85 pesetas, cantidad que se distribuyó en las siguientes partidas:

Caminos y sendas.....	Pesetas.	23.052,10
Viveros		20.676,75
Diques		197.347,65
Encespedamiento.....		15.116,34
Siembras y plantaciones.....		66.744,06
Trabajos hidráulicos.		27.363,65
Atenciones diversas, como reparaciones, transportes, barracas, guardería, etc.....		30.661,30
TOTAL.....	Pesetas.	<u>380.961,85</u>

Los beneficios que este perímetro ha reportado, y que van en aumento á medida que se desarrolla el repoblado, consisten principalmente en la defensa de los cultivos en el cono de deyección, en la posibilidad de extenderlos á otras localidades que antes se veían continuamente invadidas, en la protección dada al pueblo de Sanières, y á los trabajos de repoblación en la montaña contra los derrumba-

mientos, y en la viabilidad de la carretera nacional que atraviesa el cono, en la que se interrumpían frecuentemente las comunicaciones ocasionándose gastos de consideración casi anuales. A esto debe agregarse que se ha dado valor á terrenos que antes no lo tenían, y que no está lejano el día en que los habitantes de Sanières usufructuarán no sólo los productos leñosos, al presente muy escasos, sino también fértiles praderas que comienzan á extenderse á la sombra de los alerces. Además de las especies leñosas actualmente cultivadas con el fin de proteger el terreno, vegetarán en breve otras más apreciadas y lucrativas.

CAPÍTULO V

Perímetro de Riou-Chanal.

De la montaña Petite-Cayolle, á una altitud de unos 2.600 metros y de la vertiente opuesta á la on que tiene origen el Var, baja un río torrencial de alguna importancia llamado Bachelard, que después de un trayecto de 26 kilómetros desemboca en el Ubaye debajo y á poca distancia de Barcelonnette. El curso de este río torrencial, los dos promontorios que se destacan, uno en el punto culminante llamando Tête-d'Aulan, vulgarmente Chapeau-de-Gendarme, el otro en la punta denominada Pain-de-Sucre, y la cima del monte Aulan, forman una especie de trapecio, situado en termino de Uvernet que está atravesado por otros cuatro afluentes al Bachelard, que son la Combe, el Faudari, el Pichoun y el Riou-Chanal.

Las cuencas de los tres primeros torrentes tienen la forma de una gran concavidad abierta en pizarras negras jurásicas; están completamente rasas y surcadas por un gran número de barrancos y precipicios, cuyos canales de desagüe son profundos y angostos. El cuarto, el de Riou-Chanal, parte de la cima del monte Tête-d'Aulan (2.688 metros) y forma á la altura media de 2.000 metros una gran concavidad, desde la que descende, ya con pendientes suaves, ya con caídas casi verticales.

La parte superior de la cuenca de este torrente hasta 2.000 metros, la forman margas compactas llamadas *flisch*; debajo de éstas se encuentran margas negras é inmensos depósitos ó canchales procedentes de glaciares. Ya en el canal de desagüe, bastante estrecho,

pero muy profundo, se precipita con una serie de saltos en el río torrencial de Bachelard, en el mismo punto en que se encuentra el pueblo de Uvernet (1.180 metros) situado en el mismo cono de este torrente. Su trayecto es de unos 4 kilómetros, y tiene una diferencia de nivel entre sus puntos de origen y desembocadura de 1.360 metros, que da una pendiente media del $3\frac{1}{4}$ por 100.

El torrente se ha abierto en el espesor del cono un canal capaz de contener las aguas de una crecida ordinaria; pero cuando por cualquier accidente meteorológico éstas adquieren un volumen excepcional, se desborda por ambas orillas que son bajas, y especialmente por la izquierda; por este motivo, y con el fin de precaver todo daño, los vecinos de Uvernet construyeron un gran dique á canto seco que, aunque muy sólido, podría un día u otro socavarse ó destruirse, ó dejar pasar sobre él las aguas en alguna avenida, con lo que la ruina del pueblo era inminente. No sólo las viviendas, sino también los caminos y los campos estaban, por tanto, amenazados, y de aquí que los trabajos de repoblación de esta cuenca se consideraran como de verdadera necesidad pública.

Se instituyó este perímetro por decreto de 25 de Agosto de 1863 asignándole la superficie de 229^h, 57^a; pero habiéndosele después por el de 11 de Enero de 1876, agregado otra porción de terreno, ascendió aquélla á 384^h, 01^a, 05^c. Empezaron los trabajos estableciendo una red de caminos que hiciera todos los puntos accesibles, red que en la actualidad alcanza la extensión de 17.464 metros. Se establecieron semilleros volantes ó provisionales en los que se invirtieron, hasta fin de Diciembre de 1885, 2.235 kilogramos de semilla. Al constituirse el perímetro se practicaron también siembras de alerce bajo la nieve, prefiriendo al efecto las localidades ya encespedadas, en que las nuevas plantas podían estar más resguardadas. El abeto rojo y el pino cembro se sembraron en hoyos y se emplearon hasta fin del indicado año 6.906 kilogramos de semilla, recurriéndose algunas veces á la plantación por hacecillos. De plantas frondosas se emplearon 460 kilogramos de semilla en las siembras de asiento y 569 en las de los viveros.

En las plantaciones se invirtieron 2.939.273 plantas de coníferas y 1.413.530 de especies frondosas, todas procedentes de semilleros de aquellas localidades, practicándose además algunas por fajas horizontales con estacas de sauce, chopo y cirolero de Briançon, en la longitud de 12.080 metros. El resultado de estas plantaciones ha sido por

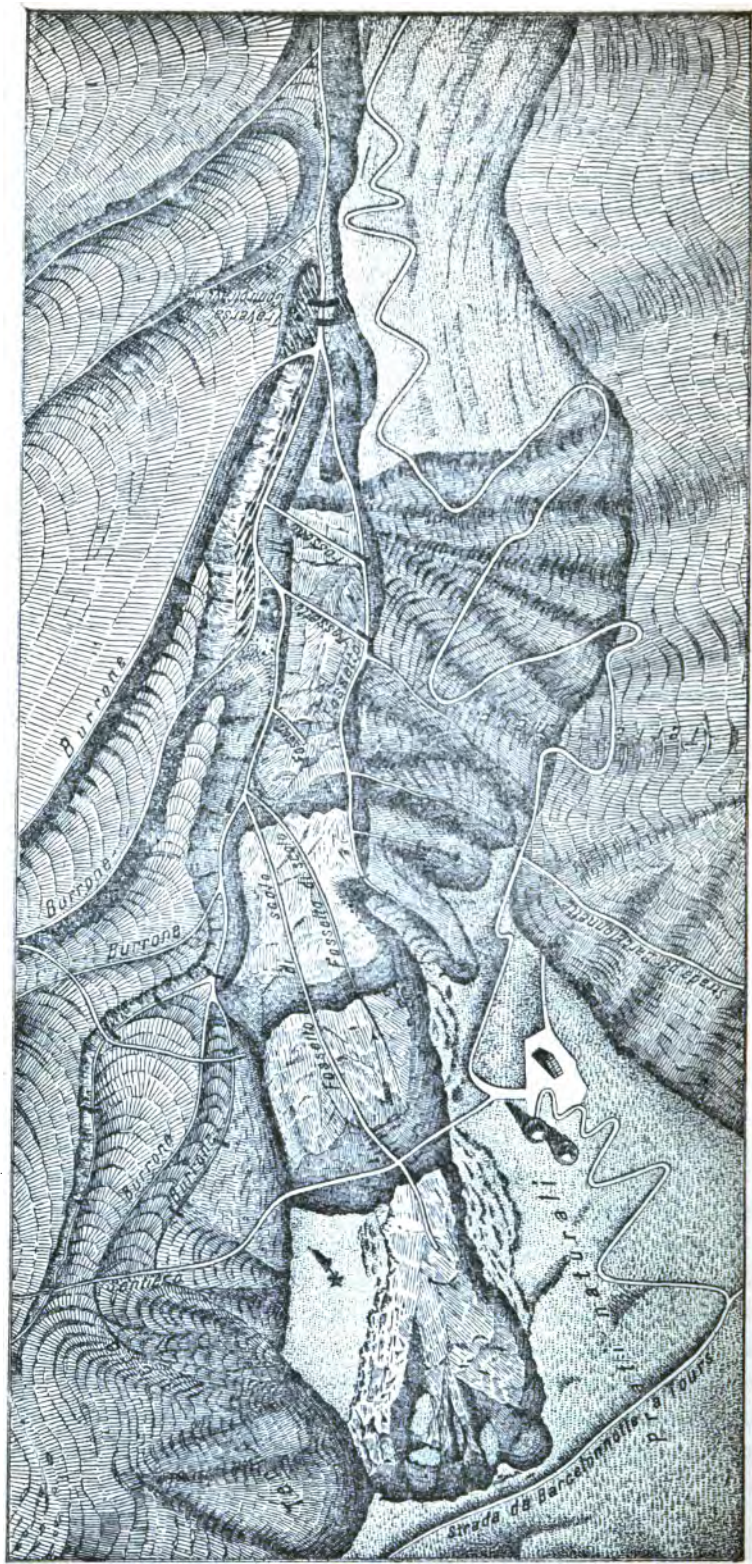
demás satisfactorio, sobre todo el de la de alerces en la parte O. del perímetro y á una altura de 2.080 metros: en otra superficie de unas 15 hectáreas se ostenta también un hermoso repoblado de la misma especie, que vegeta lozanamente, no obstante que las nieves alcanzan una altura enorme y el terreno sufre, por tanto, continuos estragos. En el resto la repoblación se ha verificado por completo en unas 128 hectáreas, y en otra superficie de 111 sólo falta reponer algunas marras para completarla.

Los trabajos de consolidación del terreno consistieron en seis grandes diques de mampostería, 386 rústicos de pequeñas dimensiones, 1.279 palizadas y 1.135 faginadas, esparcidos por todas las cañadas y depresiones de la región media y superior del torrente. En todos los puntos en que eran inminentes los derrumbamientos se replantó un sistema completo de drenaje; la longitud de éste fué de 4.223 metros. Aunque entre tales construcciones no se encuentren las obras colosales y numerosas que con tanta frecuencia se han ejecutado en otros perímetros, procede citar, sin embargo, un gran dique de mampostería mixta construido en la región superior del torrente en 1874, con su correspondiente contradique. Con este motivo importa dar á conocer las circunstancias determinantes de esta construcción, que ha resistido á toda clase de accidentes demostrando hasta qué punto es eficaz el referido género de mampostería, al menos en el paramento inferior, y cuál es el verdadero objeto de estas obras.

El perímetro comprende terrenos que anteriormente pertenecían á propietarios particulares; su superficie, cubierta por una hermosa pradera circundada por tierras negras, se extendía por barrancos profundos y de fortísimas pendientes. El subsuelo de estas praderas consiste en un depósito de tierra y piedras procedentes de las rocas más altas (*flisch*) mezcladas con detritus de tierras negras y con canchales. Desde 1867 á 1872 en todos los barrancos y derrumbaderos que circundaban estas praderas se practicaron trabajos de regularización y plantaciones: en la misma pradera se plantaron alerces, y se esperaba que aquellos terrenos, después de algunos años, dejarían de suministrar materiales de transporte al torrente.

En el invierno de 1872 á 1873, esta parte del perímetro, en forma de circo ó gran concavidad, se encontró, á causa de abundantes nevadas, completamente llena, hasta el punto de que desapareciendo aparentemente la sima, no se presentaba á la vista más que un plano inclinado. En los primeros días de Junio de 1873 los vientos cálidos

Fig. 77.

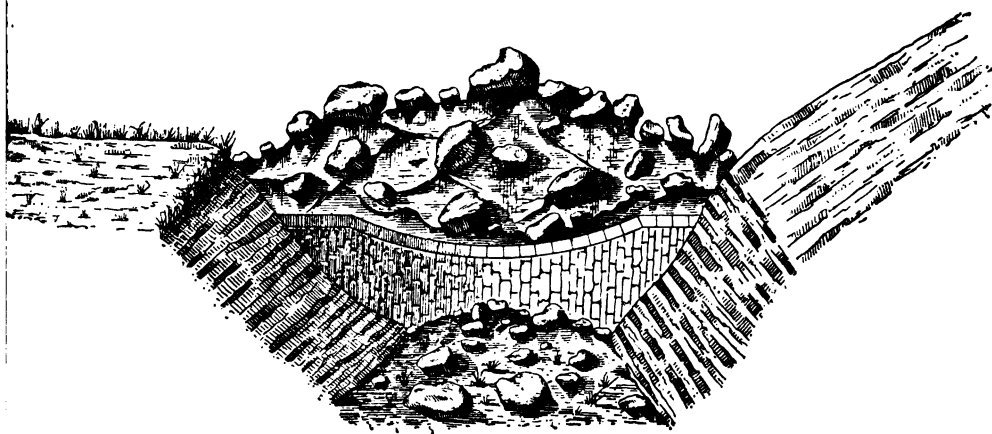


Handimiento ocurrido en 1873 en el perímtero de Riou-Chanal.

empezaron á licuar aquella enorme masa de nieve, que saturó el subsuelo no estratificado y lo reblandeció hasta el punto de producirse un hundimiento, mientras que las tierras, convertidas en barro, resbalaron sobre el plano inclinado que presenta la roca impermeable, compuesta de margas negras liásicas.

Para remediar este estado de cosas y precaver ulteriores peligros, se abrieron zanjás en los puntos más bajos de esta especie de concavidad con el fin de que corriese el agua, y en el otoño se

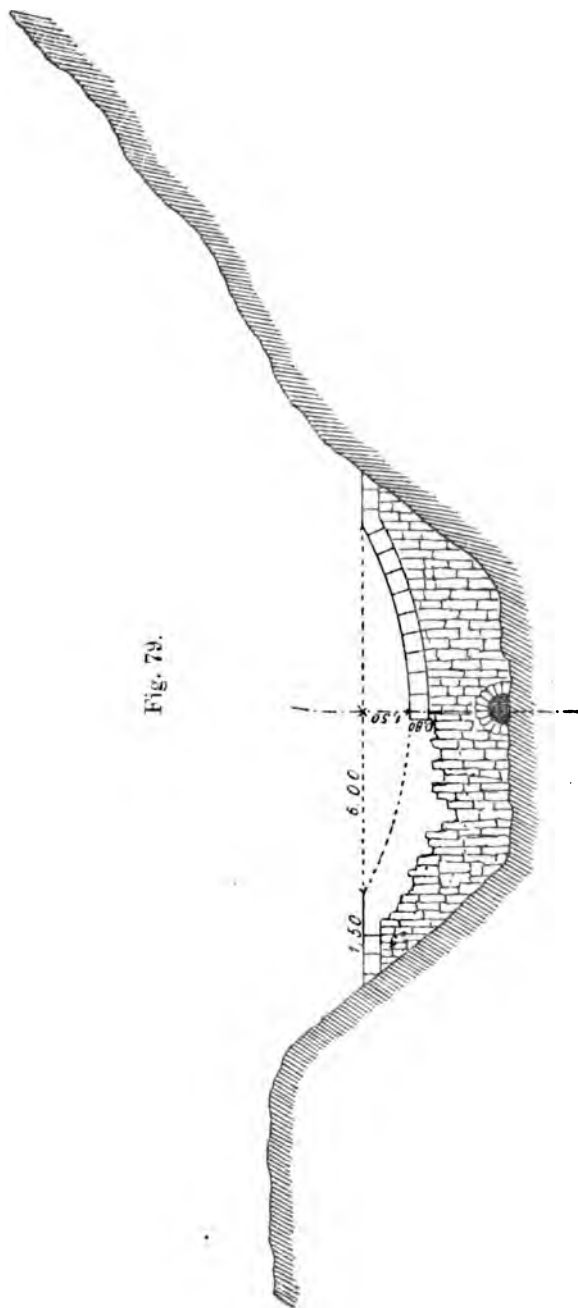
Fig 78.



Aspecto de la lava sobre el dique.

plantaron algunos miles de robustas estacas de sauce; en el verano siguiente (1874) se construyó aguas abajo de esta sima el dique á que nos referimos, representado en la fig. 77, y destinado á contener en la montaña aquella masa inmensa, cuyo derrumbamiento era inminente, y que indudablemente hubiera destruído el pueblo de Uvernet.

Las condiciones de emplazamiento fueron en extremo favorables, puesto que el dique por todos lados podía apoyarse sobre roca. El cuerpo de la obra se construyó de mampostería en seco; el paramento inferior y el coronamiento se revistieron de una capa de mampostería con cal hidráulica de 80 centímetros de grueso, como también la abertura de la parte inferior; el coronamiento es de sillería. Diez metros más abajo se encuentra el contradique, sólidamente ci-



Brecha abierta por la lava en el dique.

mentado, construido con piedra tomada con cal hidráulica y con su coronamiento también de sillería.

El dique tiene 322^{mc},884 de volumen, y el contradique 15^{mc},900: costaron ambos 7.470,82 pesetas.

En 1876, á consecuencia de las grandes nevadas de aquel invierno, ocurrió un segundo hundimiento: gran cantidad de barro, tierra y piedras, con masas enormes de hielo, pasaron por encima del dique, y un bloque de piedra, descendiendo rápidamente por la escarpa que aguas arriba de aquél produjeron los materiales transportados, sólo causó un pequeño desperfecto (*Figuras 78 y 79*), que se reparó en el verano siguiente. Este hecho, y el buen estado en que se encuentra aquel dique, prueban la utilidad y la resistencia del sistema de construcción mixta de que varias veces nos hemos ocupado, y que ha adoptado la administración francesa en la regularización de los torrentes. El contradique permanece intacto, no obstante los repetidos choques de las corrientes de lava y piedras.

Los trabajos de este perímetro importaron en totalidad, hasta el 31 de Diciembre de 1885, un gasto de 339.638,76 pesetas, distribuido como sigue:

Caminos y sendas	<i>Pesetas.</i>	14.534,65
Viveros		12.065,25
Diques		98.998,24
Palizadas		41.506,37
Faginas		11.891,53
Encespedamiento		20.116,42
Siembras y plantaciones		86.121,58
Trabajos hidráulicos		22.306,50
Trabajos diversos, transportes, vigilancia, cabañas, etc.		32.098,22
TOTAL.....	<i>Pesetas.</i>	<u>339.638,76</u>

CAPÍTULO VI

Perímetro de Saint-Pons.

El perímetro de repoblación y de regularización más extenso de los Bajos Alpes es indudablemente el de Saint-Pons, que tiene una superficie de 1.811 hectáreas, 41 áreas, situado todo en el término de Saint-Pons. Este término se encuentra al O. de Barcelonnette, en la

orilla derecha del Ubaye, y en la vertiente meridional de la gran cadena de montañas que separa la cuenca de este río de la de la Durance. La carretera nacional núm. 100, de Montpellier á Cuneo, atraviesa en sólo este territorio cuatro grandes conos de deyección formados por los cuatro torrentes de la Vallette, de Saint-Pons, del Riou-Bourdoux y de la Bérarde.

El torrente de la Vallette nace muy por debajo de la cima de la montaña, en el flanco de un contrafuerte poco elevado, y su trayecto es tan sólo de dos kilómetros.

El de Saint-Pons desciende, al contrario, casi directamente y en línea casi recta de la divisoria principal, y está separado del anterior por una cresta aguda y estrecha también en su base, de modo que los conos de estos dos torrentes se tocan. El trayecto del de Saint-Pons es de cinco kilómetros; aunque su cuenca es pequeña causa bastantes daños, porque se encuentra sobre margas negras y tiene pendientes fortísimas. El pueblo de este nombre se halla en continuo peligro puesto que se levanta sobre el mismo cono.

El Riou-Bourdoux es el torrente más importante, así como el más renombrado por los daños que causa, y se encuentra en plena actividad. Nace á una altura de cerca de 2.800 metros, y después de un curso de seis kilómetros desemboca en el Ubaye á 1.103 metros de altura sobre el nivel del mar: su pendiente media es, por tanto, de 28 por 100. Puede considerarse como perteneciente al tipo de los torrentes compuestos, mientras, por el contrario, el de Saint-Pons y el de la Bérarde pertenecen al de los torrentes simples.

El cuarto torrente es el de la Bérarde que tiene un cono unido por un lado al del Riou-Bourdoux, más alto aunque menos extendido. Se halla también en plena actividad, y su cuenca es muy pequeña.

Además de estos cuatro grandes torrentes, hay en las distancias que los separan otros tres de un curso más corto, de 600 á 1.000 metros, excavados en margas negras liásicas y que ofrecen gran peligro para las campiñas y viviendas del valle: se denominan Saint-Bernard la Lauze y el Peissier.

No nos ocuparemos sino de los trabajos practicados en el más importante de estos torrentes, el Riou-Bourdoux, en el cual se han concentrado por ahora todos los esfuerzos, y haremos caso omiso de los que han de ejecutarse en la Bérarde, para los que está en curso una propuesta especial de repoblación y regularización.

Torrente de Riou-Bourdoux.

La cuenca de recepción de este torrente llega á la altitud de 2.400 metros, en la que se encuentran, pero sólo en aquella localidad, terrenos pertenecientes á la formación terciaria. Tan pronto como este torrente empieza á formarse se encauza profundamente, recibiendo en su trayecto gran número de afluentes que todos corren entre vertientes cortadas casi á pico, cuya altura á veces llega á 100 metros, y la mayor parto de los cuales por sí solos serían ya muy temibles.

Está el de Riou-Bourdoux en plena actividad, y en la parte central de su trayecto socava continuamente sus laderas. Como el terreno se encuentra ya muy quebrantado por muchos y profundos surcos, penetrando en el mismo las aguas resultantes de la licuación de las nieves, prodúcense derrumbamientos que algunas veces alcanzan enormes proporciones. Este fenómeno se presenta en una y otra orilla y con frecuencia en ambas á la vez; por esto las aguas que abren su lecho en medio de estas tierras, se enturbian y adquieren tal densidad, que tanto por el modo con que avanzan cuanto por el color, parecen lava de los volcanes.

La carretera nacional núm. 100 atraviesa el cono de este torrente en una distancia de tres kilómetros. La superficie del cono es de 240 hectáreas, de las que sólo 80 están cultivadas ú ocupadas por edificios. El resto, en que no hay ni señal de vegetación, se distingue por su desolación y tristeza, debidas á que las lavas á cada avenida se extienden ya sobre una, ya sobre otra parte, destruyendo é interrumpiendo las comunicaciones que, para restablecerse, exigen siempre gastos no pequeños.

Los perjuicios producidos por el torrente de Riou-Bourdoux son aún de mayor consideración cuando sus crecidas coinciden con las del torrente Bachelard, que desagua en la orilla opuesta del Ubaye. Entonces, las aguas y los materiales por este río transportados tienden á detener aquellos torrentes, produciéndose aguas arriba una contracorriente que pone á veces en peligro hasta la población de Barcelonnette.

El estudio del torrente de Riou-Bourdoux se emprendió, así como el de todo el perímetro, á fin de 1866, año en que la experiencia adquirida en otras localidades había dado á conocer los inconvenientes de la formación de un perímetro demasiado pequeño, esto es, que no

comprendiese todos los pastos de un mismo término. La propuesta respecto á este punto fué pues completa y no había encontrado gran oposición; pero el 16 de Agosto de 1868, á consecuencia de un terrible huracán, el Riou-Bourdoux destruyó 15 hectáreas de terrenos cubiertos de valiosas mieses, y los vecinos de Saint-Pons presentaron al Conservador de Montes, una instancia en la que solicitaban la inmediata ejecución de los trabajos proyectados dos años antes. En 1.º de Septiembre siguiente se aprobó el decreto, con impaciencia esperado, declarando de utilidad pública los trabajos del perímetro.

Comprende éste 1.702^h, 44^a, 99^c, de las que parte son antiguos pastaderos, otra la forman terrenos pizarreños completamente rasos, y 46 hectáreas se ocupan por el lecho del torrente. Para facilitar el tránsito se empezó haciendo accesibles todos los puntos del perímetro por caminos y sendas que hoy tienen la longitud de 67.897 metros, y se establecieron semilleros provisionales de los que se obtuvieron y se obtienen anualmente, las plantas necesarias para la repoblación.

Los trabajos de consolidación del terreno consistieron: 1.º en la construcción de 16 diques principales de mampostería mixta; 2.º, en 386 diques rústicos; 3.º, en la ejecución de 1.279 palizadas y 1.135 faginadas, diseminadas en una gran extensión del perímetro, y 4.º, en la construcción de una red de zanjas de drenaje ó atarjeas de 8.592 metros entre las principales y secundarias.

Con el fin de obtener el material necesario para la construcción de las palizadas y faginadas, la administración forestal, durante varios años, dedicó al cultivo de sauces la superficie de 26 hectáreas, en el terreno inundado por el Ubaye, practicando en el mismo importantes trabajos para levantar y fertilizar su suelo.

En la repoblación se plantaron de asiento 5.896.490 plantitas de especies resinosas, 2.491.613 de especies frondosas y un grandísimo número de estacas; se emplearon 5.880 kilogramos de semilla de alerce, abeto rojo, pino cembro y pino negro, y en los semilleros provisionales 10.900 kilogramos de semillas de coníferas y 9.366 de especies frondosas.

Los trabajos que quedan por realizar en este perímetro, consisten en la repoblación de 675^h, 54^a, 95^c, y la reposición de marras en 318 hectáreas.

Los practicados hasta fin de 1885 inclusive, costaron \$68.768,76 pesetas, invertidas como á continuación se expresa:

Camino y sendas.....	<i>Pesetas.</i>	41.566,00
Viveros.....		88.897,71
Diques.....		290 129,80
Palizadas.....		97.113,41
Faginas.....		20.589,75
Encespedamiento.....		51.982,69
Siembras y plantaciones.....		154.872,99
Trabajos hidráulicos.....		51.869,02
Trabajos diversos, transportes, vigilancia, cabañas, etc.....		71.747,89
TOTAL..... <i>Pesetas.</i>		<u>868.768,76</u>

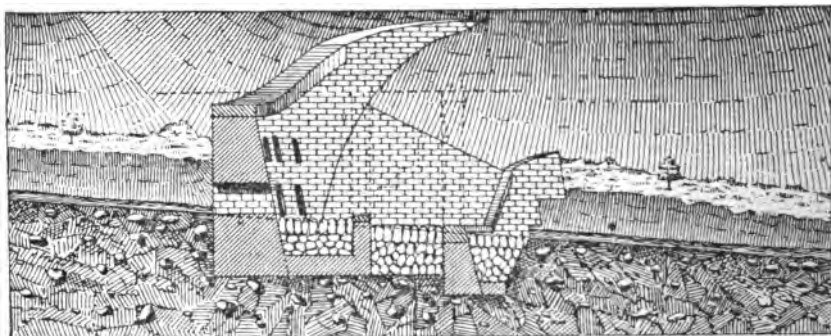
Los trabajos llevados á cabo en este perímetro son de alguna importancia; pero como se encuentran distribuidos en tan gran superficie, preciso es que aún transcurran varios años para obtener resultados perfectamente apreciables. No obstante, ya hoy se observan terrenos casi estables; pendientes que se han hecho más suaves; barrancos en los que su lecho se ha levantado; se ha conseguido disminuir la velocidad de las corrientes, y un tanto también el acarreo de materiales. Cuando los trabajos lleguen á terminarse, esto es, dentro de ocho ó diez años, se habrá ganado en beneficio de la agricultura el cono de deyección, que tiene una superficie de 400 hectáreas; quedarán protegidos los labrados y praderas, antes amenazados y expuestos, en una superficie de 250 hectáreas; muchas viviendas, tanto de los montes como del mismo cono, alcanzarán la seguridad de que hoy carecen; se devolverán varios terrenos al aprovechamiento bien ordenado de pastos y á la selvicultura; no se interrumpirán las comunicaciones; se disminuirán los gastos de conservación de los caminos, y la población de Barcelonnette se verá libre de peligros que de tiempo en tiempo amenazaban su existencia. Todos estos beneficios, aunque los trabajos importen á su fin más de un millón de pesetas, tendrán una compensación que puede valuarse sin exageración alguna, atendiendo tan sólo á los terrenos conquistados para la agricultura ó consolidados, en más de dos millones; á esto hay que agregar las inmensas ventajas de la defensa de las poblaciones y muchas otras en el orden económico.

Antes de terminar este breve resumen acerca de las circunstancias en que se han practicado los trabajos en el torrente de Riou-Bourdoux, reseñaremos una de las obras más interesantes, ó sea el dique núm. 1 construido en 1882, y que se describe en una nota de la segunda edición de la ya citada obra de M. Demontzey. Este dique

sirve de base á todo el sistema de regularización de aquel torrente y está destinado á producir un grande aterramiento en la longitud de 1.200 metros, que por medio de sucesivas obras secundarias podrá ser mayor, ensanchando la sección del lecho y consolidando las escarpas. Tan colosal obra, construida en medio de la garganta del torrente, y toda ella con cal hidráulica, tiene 8 metros de altura sobre el lecho, una longitud desarrollada de 83,50, y 3,20 de grueso en el coronamiento: los cimientos tienen la profundidad de 4,50 y el talud del paramento inferior es de $\frac{1}{2}$.

Esta construcción, representada en las figuras 80, 81, 82 y 83,

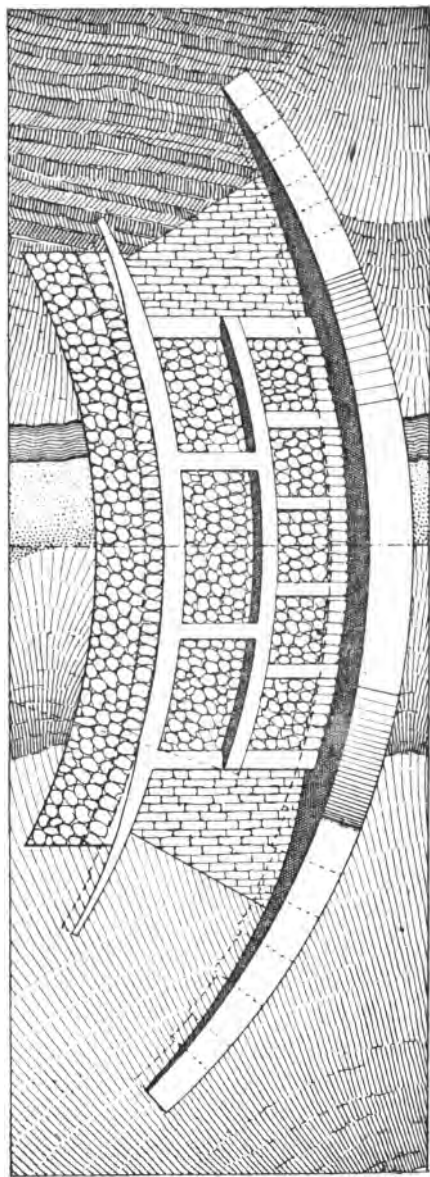
Fig. 80.



Dique núm. 1 construido en el torrente de Riou-Bourdoux:
sección dada por su eje.

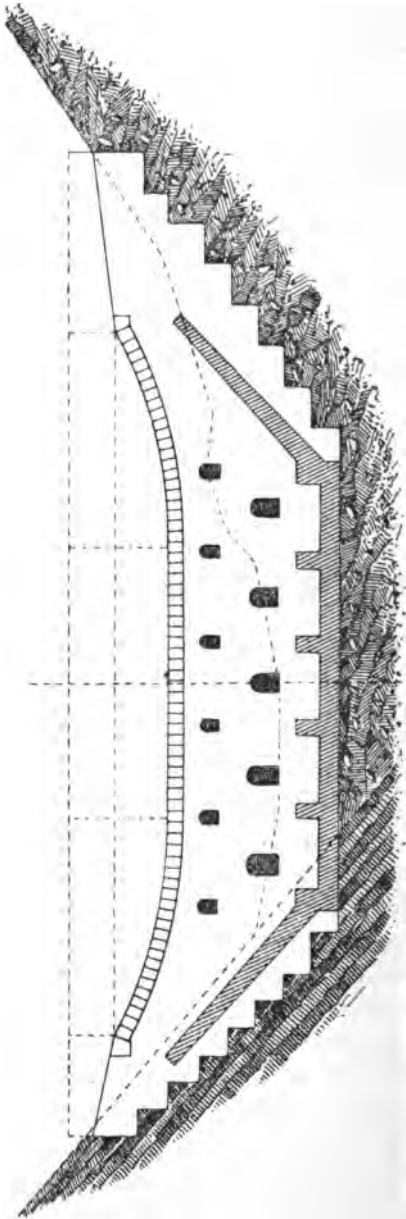
está como dividida en dos pisos: en el superior hay seis grandes aberturas ó acueductos, y en el inferior cinco, que dejan pasar solamente el agua y los materiales que lleva en suspensión ó son de muy pequeño tamaño; para esto, aguas arriba de los mismos se han colocado grandes barras de hierro que forman una especie de reja y que detienen los materiales de más volumen. En obra tan importante como ésta se debieron naturalmente tomar, y se tomaron, las debidas precauciones para impedir la excavación del zampeado, una vez que el aterramiento ó depósito se hubiese por completo producido, puesto que el salto de agua sería en tal caso de ocho metros. Al efecto, se construyó un contradique en el extremo del zampeado y á 17 metros del paramento superior del dique. Como se ve en la fig. 83, el centro del coronamiento es plano, y se halla un metro más bajo

Fig. 81.



Planta del conjunto de las obras del dique núm. 1 en el torrente de Riou-Bourdoux.

Fig. 82.

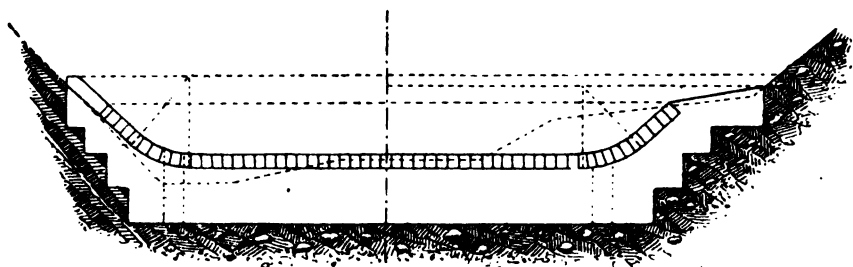


Alzado del dique sin las tierras.

que la base de la abertura central. El zampeado está dividido en su mitad y paralelamente al dique y contradique por un muro ó anillo, cuyo coronamiento de sillería se halla 40 centímetros más bajo que la base ya citada. La zona del zampeado contigua al dique se subdivide en cinco partes iguales, correspondientes á los cinco acueductos, por medio de muros paralelos al eje, y que tienen un metro de grueso; la segunda zona lo está en tres partes iguales.

Los muros de división, incluyendo su coronamiento, se hallan al mismo nivel que la altura del contradique, así que, solamente el anillo está elevado 60 centímetros sobre éste. El espacio entre estos

Fig. 83.



Alzado del contradique sin las tierras.

muros, que dividen el zampeado en ocho compartimientos, lo llenan grandes bloques colocados hasta el nivel del muro ó anillo, unidos de modo que forman un solo cuerpo, y que en la primera zona están cimentados sobre mampostería. En la segunda zona, estos bloques no tienen dicho cimiento como en la primera, pero el plano que forman está un poco más alto que el coronamiento del contradique, aunque algo más bajo que el del muro ó anillo.

Para dar la mayor solidez al contradique se prolongó su cimiento con un muro de dos metros de anchura y uno de grueso, que sostiene una escollera (*Figuras 80-82*) encajada en una zanja cuyas paredes están inclinadas á 45°. A derecha é izquierda se construyeron muros de revestimiento con inclinación al 90 por 100 (*Figuras 80 y 81*).

La disposición y dimensiones de las diversas partes de esta obra importante, ofrecen las condiciones necesarias para su duración, y en todo caso para su fácil conservación, y así ha sido preciso tratándose de un trabajo que sirve de base á todo el sistema de regula-

rización de este torrente tan temible. Agregaremos algunos otros datos que aclararán aún más el fin de las disposiciones adoptadas.

Al hablar en general de la forma del coronamiento, hemos hecho referencia á la que precisamente se ha adoptado en el torrente de Riou-Bourdoux. Es horizontal en su parte central, en la que tiene 20 metros de longitud, y termina en sus extremos por dos arcos de círculo simétricos, tangentes á aquella parte. Esta forma se ha adoptado con el fin de extender las aguas por la mayor superficie posible y disminuir así su fuerza. El zampeado, al efecto, forma dos gradas ó escalones planos, cuya anchura hasta los muros de revestimiento es de 33 metros, y de este modo las aguas, al caer de la altura de ocho metros por un espacio de 20 de ancho, encuentran el suficiente para extenderse y disminuir su velocidad. Por último, al derramarse por el coronamiento del anillo, cayendo de una altura de 60 centímetros, llegan al segundo plano ó grada perdiendo el resto de su velocidad, y así abandonan el contradique, adquiriendo después la que corresponde á la pendiente del lecho que recorren. Con estas disposiciones el remolino producido en el salto no puede causar absolutamente perjuicio alguno.

Examinemos ahora lo que podría suceder en una avenida extraordinaria, aún mayor que la que haya servido para determinar la sección de desagüe del dique. Su primer efecto sería el de separar ó arrancar los bloques de la escollera; pero teniendo ésta un grueso de 5,50 metros, no es posible que todos fuesen arrastrados, ya que la corriente llega á los mismos después de haber perdido gran parte de su velocidad: suponiendo, sin embargo, lo contrario, todavía quedarían el muro del cimientó en la primera zona del zampeado y el de prolongación del cimientó del contradique; y aun en el caso más desfavorable de que los bloques de éstos fuesen á su vez destruídos, no obstante hallarse encajonados entre los muros, no por ello quedaría expuesta á peligro alguno la parte principal de la obra, pues todo lo que podría suceder sería que hubiera que reparar el pavimento del zampeado.

El coste presupuesto para este inmenso dique fué de 121.656 pesetas, pero la cantidad invertida fué de 100.974, obteniéndose una economía de cerca de 17 por 100. Los precios medios que sirvieron de base para la formación del presupuesto, fueron los siguientes:

Sillería.....	M. c.	210	á 51,00	pesetas.
Mampostería ordinaria.....		4.477,5	á 20,00	—
Empedrado de bloques desbastados.....		1.023	á 8,00	—
Desmonte en tierra.....		5.172	á 1,30	—
Idem en roca.....		909	á 3,80	—
Mampostería de hormigón.....		52	á 20,00	—
Cadenas de hierro para sujeción.....	M.	74	á 12,50	—

CAPÍTULO VII

Perimetro de Seyne.

Al E. de la pequeña ciudad de Seyne hay un núcleo de montañas de cimas un tanto elevadas y ásperas, que no es sino la ramificación NO. de la cadena principal de los Alpes que separa la cuenca del Ubaye de las de la Timée, el Var, el Verdon, la Bléone y la Blanche. Tanto la Blanche como el Ubaye son dos afluentes de la Durance, pero el segundo desemboca cinco kilómetros más arriba que el primero, por la orilla izquierda de este río.

La vertiente que se levanta en la cuenca de la Blanche y que se encuentra entre el pico de Aiguillette (2.610 metros) y el de Dormeilloux (2.510 metros), donde termina la cadena, se denomina *Travers-de-la-Colle*. Esta extensión, situada en su totalidad en territorio de Seyne, que estaba casi completamente rasa, presenta diversas ondulaciones y se halla atravesada en diferentes puntos por profundos barrancos. Constituye un conjunto de cuencas de gran número de torrentes, que todos se reúnen formando dos ramas principales, la del de la Vallette y la del de la Petite-Blanche, el primero de los cuales afluye á la Blanche cuatro kilómetros más abajo, y el segundo dos kilómetros más arriba de Seyne. La superficie de este terreno y perimetro es de 1.311^h, 33^a, 59^c; pertenecía en las tres cuartas partes al Municipio de Seyne y el resto á propietarios particulares, á los que se expropió mediante la indemnización de 22.000 pesetas: actualmente pertenece en totalidad al Estado.

La parte superior de la cuenca de la Petite-Blanche, en la que en algún tiempo hubo hermosos pastaderos, poco antes de los actuales trabajos apenas señal de ellos conservaba. Sus terrenos, profundamente movidos, forman en su parte superior é inferior respectivamente, grandes circos y gargantas estrechas y profundas; sus po-

cos torrentes siempre llevan agua; sus desnudas vertientes son escarpadas, especialmente donde las forman las tierras negras.

En la región de la Vallette faltaba por completo la vegetación herbácea, y abundaban, al contrario, los depósitos de piedra, que hemos manifestado se llaman *clappes*; el terreno, poco ondulado en la parte superior, es muy quebrado en la inferior con gran número de barrancos y derrumbaderos, que casi siempre se encuentran secos.

Ya antes de la promulgación de la ley de 8 de Julio de 1860, el Municipio de Seyne prevía el peligro que le amenazaba por la falta de montes y de pastos, reconociendo la necesidad de repoblar aquellas vastas vertientes. Siguiendo el ejemplo de algunos Municipios del mismo departamento, á fin de 1845 había solicitado someter tales terrenos al régimen forestal y dejado que se acometiese un principio de repoblación, esperando que en breve se ampliaría la grande obra de cubrir de arbolado sus montañas, completamente desnudas; pero estas esperanzas se desvanecieron muy pronto, porque aquéllas se segregaron del patrimonio forestal á excepción de la pequeña superficie de 94 hectáreas, que dió ocasión, por decirlo así, á un ensayo de repoblación, practicado por un funcionario local.

El proyecto de repoblación formado en 1861 por cuenta de la administración forestal para la aplicación de la ley de 1860, se aceptó por la mayoría del Consejo municipal de Seyne y se declaró de utilidad pública por decreto de 2 de Abril de 1862. El Ayuntamiento dejó, por tanto, al Estado la ejecución de los trabajos, y éste expropió además 517 hectáreas de terrenos pertenecientes á particulares, que tasó en 22.000 pesetas. Al presente se encuentran repobladas 1.300 hectáreas, entre ellas las 94 ya referidas, así como casi totalmente los torrentes, anteriormente tan dañosos, de la Petite-Blanche y de la Vallete.

Antes de describir los importantísimos trabajos ejecutados en este perímetro, daremos algunas noticias sobre su situación geográfica, calidad del terreno y clima, noticias que son indispensables para juzgar del método de cultivo adoptado por la administración forestal francesa y las dificultades que se la presentaron.

La altura de estos montes está comprendida entre 1.500 y 2.700 metros; el terreno pertenece á la formación jurásica, y se encuentran aquéllos sobre bancos de areniscas compactas, mezcladas con calizas que descansan sobre margas negras liásicas; estas rocas se manifiestan en todos los numerosos surcos abiertos por las aguas.

El Travers-de-la-Colle puede considerarse dividido en tres zonas bien distintas. La primera, ó zona superior, que corresponde á la vegetación del pino cembro, mide unas 445 hectáreas, y á partir de la cima (á más de 2.100 metros) sus pendientes escarpadas y casi uniformes están cubiertas por materiales de todas dimensiones, procedentes de la disgregación de las rocas superiores.

La segunda zona, ó media, se encuentra entre los 1.900 y 1.700 metros, y es especialmente favorable á la vegetación del alerce; sus pendientes son menos ásperas y el terreno menos estéril.

La tercera zona, ó inferior, comprendida entre 1.700 y 1.400 metros, ocupa toda la parte baja del perímetro; sus pendientes son aún menos ásperas y su suelo de mejor calidad, prosperando en él, según los casos, los pinos y abeto rojo; el terreno es ondulado, con vertientes expuestas tanto al N. como al S.

Esta región se encuentra especialmente combatida por vientos impetuosos, por no resguardarla en modo alguno las próximas montañas; su clima es duro, y los cambios de temperatura tan bruscos como frecuentes; en el terreno predomina la caliza y el suelo se halla completamente desnudo. Tales condiciones, extremadamente desfavorables á la vegetación, y en particular á las plantas jóvenes, debieron imponer á la administración forestal el mayor cuidado y perseverancia, tanto más, cuanto que no se tenían experiencias locales sobre la repoblación, salvo la de una siembra á hecho de pino silvestre, hecha en 1846 por un funcionario local, y que había obtenido el más satisfactorio resultado. Sobre la base de esta única experiencia, en los años de 1862 y 1863 se sembró, también á hecho, todo el perímetro, y en el de 1864 ya se consideraba como completamente repoblado. No tardó la administración en advertir su error, pues pocos años después (1867), distinguiéndose mejor los puntos en que había prevalecido ó malográdose la siembra, se procedió de nuevo á la repoblación, por medio de plantaciones hechas en las marras.

Este fracaso no fué estéril en enseñanza, pues demostró que la siembra no podía tener buen éxito sino allí donde el terreno sostenía una vegetación herbácea, y que, por el contrario, cuando carecía de ésta no daría satisfactorio resultado; comprendióse entonces cómo la acción del hielo y del deshielo, seguida de la de la sequía del verano, debieron ser muy perjudiciales á aquellas plantitas procedentes de la siembra. Por el contrario, las plantaciones hechas en diversas localidades, aunque pocas, dieron un resultado excelente. Se desis-

tió, pues, de la siembra á hecho, que razones de economía habían hasta entonces hecho preferirla, y aun de las de hoyos ó en fajas, á que también se había acudido, para atenerse exclusivamente á la plantación.

Desde 1862 á 1865 la siembra constituyó la regla y las plantaciones la excepción, y las construcciones se redujeron á bien modesta escala. En 1867 empezó otro período, en el que se aplicó el método hasta ahora seguido. En efecto, se crearon en el mismo sitio en que la repoblación se efectuaba un gran número de semilleros; se hicieron numerosas plantaciones en terrenos preparados y sembrados de plantas herbáceas; se abrieron caminos y senderos que facilitasen el acceso á los diversos puntos del perímetro, y se construyeron cabañas para albergar los peones, y diques, palizadas y faginadas.

La apertura de vías, á la vez que hace más cómodos y fáciles los transportes, produce más economía en el replanteo y más eficacia en la vigilancia. Las cabañas ofrecen albergue á los operarios y ahorran la fatiga de largos trayectos, después de los cuales no se puede trabajar con grande ahinco. También la utilidad que se obtiene del monte por medio de limpias que suministran materiales para la construcción de palizadas y demás obras de esta clase, depende en gran parte de las buenas condiciones del transporte, por lo que nunca se podrá recomendar bastante el estudio de una buena y cómoda distribución de los caminos. Éstos, en el perímetro de que se trata, se desarrollan al presente en una longitud de 57.967 metros, y se han replanteado de modo, que en su día puedan utilizarse en la saca de productos de las cortas.

Los trabajos de regularización ejecutados hasta ahora consisten en 928 diques rústicos, 2.309 palizadas, 5.317 faginadas, 5.095 metros lineales de atarjeas y 4.822 metros de cercado.

En conjunto, estos trabajos hasta el presente han importado la cantidad de 688.463,20 pesetas, esto es, 99.591 por caminos y sendas, ó sea, 1,71 pesetas por metro lineal; 46.749,93 por semilleros; 56.112 por encespedamiento; 124.429,35 por semillas y 179.764,20 por plantaciones, mientras que en la construcción de diques se invirtieron solamente 38.482,74; en la de palizadas 42.441,76; en trabajos hidráulicos 10.984,28 y en cabañas, gastos de transporte, adquisición de instrumentos y útiles, y cercados 53.833,96. El resto de 36.074,01 se invirtió en trabajos de selvicultura, vigilancia y otros varios de menor importancia. Los á que aún hay que proceder para completar

la regularización y repoblación de este perímetro, no ascienden á gran cantidad relativamente á los beneficios que han de reportar.

No hay duda que en el total expresado parece un tanto excesivo el coste de la repoblación; pero no debe olvidarse que fué preciso pasar por un periodo de pruebas, por no haber todavía datos suficientes y seguros sobre el valor relativo de los diferentes métodos de cultivo; al contrario, desaparece el aparente exceso mencionado teniendo en cuenta, tanto esta circunstancia, como las dificultades encontradas y debidas á circunstancias completamente fortuítas. Más que nunca, pues, débense apreciar resultados que confirman las previsiones hechas sobre la utilidad de los trabajos emprendidos.

Para dar una idea de los resultados que se obtienen de la repoblación cuando la especie leñosa es la más conveniente al terreno, altura y clima de una localidad, nos referiremos á una vista fotográfica (*Lám. I*) tomada en 1877 por Gayffier. En ella se distinguen con claridad en el primer término y sobre una superficie considerable, desde la base hasta la cumbre de la pendiente, las plantaciones de pino negro hechas en 1867 por fajas horizontales, y repetidas en 1869. Estas constituyen al presente un repoblado completo sin solución de continuidad.

Atraviesa este monte un camino carretero destinado á facilitar en su día la saca de productos. En el talud del mismo se esparcieron semillas de plantas herbáceas, y después que éstas se posesionaron del terreno, se plantaron en hacecillos pinos de dos ó tres años. En la segunda vuelta, siguiendo el camino á la izquierda, se halla una zona larga y estrecha de tinta blanquizca, que baja según una línea de máxima pendiente, y que es el extremo inferior de un depósito de rocas y piedras (*clappes*) entre las que se plantaron en aquel tiempo pinos de tres ó cuatro años.

Al lado opuesto de las plantaciones del primer término se levantan las montañas de la cuenca del torrente de Faut dominadas por una cresta aguda á modo de triángulo denominada l'Aiguillette (2.610^m). La vertiente de esta cuenca expuesta al N. está en parte poblada de alerces. En el término que se extiende á la espalda de esta montaña se levanta otro grupo de montañas cubiertas en distintos puntos de nieve: es la Roche-Close (2.763^m) llamada la Grande-Montagne. La cuenca comprendida entre la pendiente repoblada de Faut, y que tiene su origen entre la Grande-Montagne, y l'Aiguillette, es la de la Petite-Blanche.

La fotografía representada en la lámina II se tomó en 1885 en el mismo punto de estación en que lo fué la precedente de Gayffier, y es muy oportuna para demostrar el excelente resultado de los trabajos ejecutados en una parte del perímetro de Seyne. Como se ve, el aspecto de esta región ha cambiado por completo; á las rocas desnudas y á los depósitos de piedra ha sustituido un floreciente bosque.

No dejará de ser importante el conocer, siquiera sea sucintamente, el método seguido en las siembras y plantaciones de este perímetro, y que es el que se ha adoptado en gran escala para todas las restantes repoblaciones, como sancionado por la experiencia de estos últimos treinta años.

En las localidades en que es necesaria la preparación del terreno, ésta varía según la naturaleza del mismo y del clima en que se opera. La práctica ha demostrado que tal labor preparatoria es tanto más necesaria cuanto más seco es el clima, y al terreno, ya por sus propiedades como por su exposición, perjudica la sequía. En cuanto á la naturaleza del terreno, los calizos conservan menos que otros la humedad, y por esto no sólo exigen la labor de que se trata, sino también que sea más profunda.

Mas como cualquiera que sea esta profundidad, siempre la labor es útil en alto grado al desarrollo de las plantas, resta examinar cuáles de los medios usados en selvicultura conviene adoptar; esto es, si la labor de todo el terreno ó parte del mismo, y si por medio del arado ó del trabajo del hombre. No cabe dudar que en las localidades de que se trata, el trabajo del hombre, dadas las condiciones del terreno, es el más conveniente, y el zapapico, como el representado en las figuras 84 y 85, es el útil ó herramienta que satisface todas las necesidades de la preparación

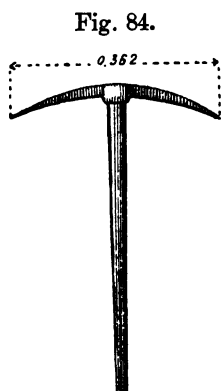


Fig. 85.



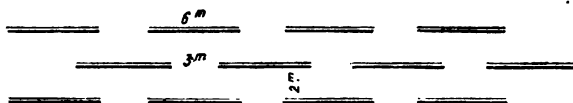
del terreno y de la plantación, y el que ha dado los mejores resultados. Su peso con el mango es de cuatro kilogramos.

Siendo un tanto crecido el gasto del cultivo á brazo, es necesario disminuir todo lo posible la superficie por hectárea á que haya de aplicarse. El método por fajas alternas ú horizontales parece á primera vista el mejor por su regularidad y por la certeza de que las

aguas pluviales se recogerán en beneficio de las nuevas plantas; pero tanto por ser difícil conservarlas perfectamente horizontales, á no ser con un aumento de gasto, cuanto por evitar el peligro de que las aguas se acumulen en algunos puntos y se abran paso por el terreno, se prefiere interrumpir las fajas en trozos de cinco ó seis metros de longitud, separados entre sí en el sentido de esta misma longitud horizontal de 1,50 á 2 y aun 3 metros, disponiéndolas de modo que la línea superior coincida con el centro del espacio vacío de la inferior.

La distancia de las fajas tomada normalmente á su longitud, es por término medio de 2 metros. Su anchura depende de la inclinación del terreno; en las pendientes ordinarias se hacen de 50 á 60 centímetros y en las más fuertes de 40 y aun de 30, dándoles la profundidad de 40 á 50 centímetros. Así preparado, el terreno presenta la disposición indicada en la figura 86, en la que los números corres-

Fig. 86.



ponden á las dimensiones generalmente adoptadas y reconocidas como más ventajosas.

Esta disposición en fajas interrumpidas y alternas, si bien es conveniente porque proporciona la menor superficie por hectárea, por la regularidad de su distribución, por su fácil replanteo, y porque quiebra la corriente de las aguas pluviales, etc., no debe adoptarse, sin embargo, sino en los casos en que la preparación del suelo tenga por objeto producir también un efecto mecánico en el curso de las aguas. En general se prefiere la preparación por hoyos, y para tal caso la experiencia ha demostrado, que su longitud mínima no puede ser de menos de un metro, mientras su anchura puede fijarse, como para las fajas, de 40 á 30 centímetros, según la menor ó mayor pendiente, y su profundidad de 40 á 50 centímetros.

La principal ventaja del cultivo por hoyos, tratándose de la plantación, consiste en la economía del trabajo, así que, mientras en las fajas continuas se cultiva el 50 por 100 de la superficie total, en las interrumpidas se cultiva el 41 $\frac{1}{2}$, por 100 con corta diferencia, y por medio de hoyos tan sólo el 25 por 100.

Ya se abran las fajas, ya los hoyos, el terreno se prepara algunos

meses antes, por lo menos, de la siembra ó plantación, y si ésta ha de practicarse en la primavera, aquéllos se preparan en el otoño. Se comprende por lo demás que en ciertas pizarras margosas y sin cohesión, la preparación del terreno no es necesaria, por lo que la labor se verifica en el momento mismo de las operaciones, mientras que en las margas compactas es preciso dedicarse á ella con mucha antelación y aun repetidamente, porque falta casi por completo la tierra vegetal y es necesario sacar partido de la facilidad con que estas rocas se descomponen. Al efecto, hacia el fin del invierno, y cuando por estar saturadas de agua pueden trabajarse mejor con el zapapico, se abren los hoyos y se colocan con cuidado todas las piedras en la orilla de los mismos contigua á la pendiente, dejándolos así expuestos por todo un año á la acción atmosférica: á fines del siguiente invierno se vuelve á profundizar los hoyos, siendo suficientes, por lo general, dos estaciones para dar á éstos la necesaria profundidad.

Para obtener con seguridad de buen éxito y en las convenientes condiciones las plantas con que se ha de efectuar la repoblación, se acude al auxilio de semilleros provisionales y permanentes. En la mayor parte de los perímetros, á causa de su situación y altitud, se prefieren los primeros, que ofrecen la ventaja de no necesitar cuidados especiales para su conservación, puesto que sólo se utilizan pocas veces, y la de que las plantas hayan vegetado en la misma localidad y en las mismas condiciones de clima y terreno en que se han de hallar en adelante: la seguridad de que tan pronto se saquen del semillero han de colocarse de asiento, ofrece también gran economía en los gastos.

Los semilleros provisionales se destinan con especialidad á la obtención de plantas resinosas, las que está probado que tienen tanta mayor probabilidad de buen desarrollo cuanto más jóvenes se colocan de asiento, caso en que presentan las necesarias condiciones de vitalidad y conformación. Estas condiciones son diferentes según las especies. Así el pino de Alepo, el marítimo y el piñonero, desde la edad de un año pueden vegetar de asiento; el pino laricio y el pino silvestre también pueden plantarse de asiento á la edad de un año, pero en condiciones especiales, trasplantándose generalmente á los dos años; el pino negro no se trasplanta antes de dos ni después de tres; el pino cembro y el abeto rojo han de tener por lo menos tres años, aunque también se trasplantan sin inconveniente á los cuatro

ó cinco, y el alerce, por la rapidez de su crecimiento, no se trasplanta después de los tres años sin peligro de mal resultado.

El trasplante de las plantas resinosas no se usa sino en casos excepcionales, no sólo por los mayores gastos que ocasiona, sino también porque la experiencia ha demostrado se pueden obtener lozanas y robustas plantas sin necesidad de recurrir á aquella operación. Los semilleros provisionales son, por tanto, los que suministran el material de repoblación, y el obtenido en los permanentes no se considera sino como reserva que tiene su aplicación, en caso necesario, en la repoblación de las marras.

En los terrenos donde la labor preparatoria es innecesaria, se colocan las plantas de asiento, en hacecillos de dos á cuatro, en hoyos estrechos y de 25 ó 30 centímetros de profundidad; y si el terreno hubiese sido preparado por fajas ú hoyos, se procedería del mismo modo, bastando tan sólo, por estar blando aquél, dar un golpe con el zapapico para abrir el agujero. Este modo de plantación es el más económico y seguro y se practica del modo siguiente. Se emplean veintiocho peones, de los que ocho cavan, cuatro reparten y dieciseis plantan. Los primeros guardan entre sí una distancia constante correspondiente á la de los hoyos; los segundos arreglan las plantas en hacecillos y colocan éstos en los respectivos hoyos, y los terceros se dirigen dos á dos á cada uno de éstos, los llenan de tierra, recogen las piedras que se encuentran en el sitio mismo de los trabajos y colocan alrededor de las plantas las más grandes, de modo que hacia la pendiente la capa que estas formen sea más gruesa: en la superficie de los hoyos se extienden las piedras más pequeñas, cuidando de que las plantas sobresalgan del nivel de éstas.

En los sitios en que no se encuentran piedras, se procura por lo menos proteger las plantas colocándolas de asiento, á ser posible, en los cepellones que en ellos haya, y si el terreno está cubierto en algunos puntos de zarzas y maleza, se plantan por la parte superior de los mismos uno ó dos hacecillos, según las dimensiones de aquéllas lo permitan: finalmente, si en el terreno no se encontrasen ni piedras ni matas con que proteger las plantas, y si el encespedamiento (1) de toda la superficie no fuese indispensable, se procede-

(1) La palabra *encespedamiento* no corresponde ciertamente á la del original *inverbamento*, pero la venimos usando constantemente por dos razones: en una, la de que el autor se vale de esta última al referirse á disposiciones dic-

ría á la siembra de la esparceta ú otras especies del género *Hedisarum* en pequeños surcos horizontales abiertos á 10 centímetros más abajo de los hoyos y de unos 40 de longitud, siembra que sirve para fijar el terreno de cada hoyo. En un día de trabajo y en un terreno no preparado, los veintiocho peones referidos pueden abrir los hoyos y practicar la plantación, calculándose los gastos ocasionados en la cantidad de 9,70 por 1.000 hoyos, y en 11 pesetas, agregando á la anterior cifra la que supone el coste de las plantas.

Es evidente, por tanto, que en los terrenos ya preparados, la proporción entre los operarios dedicados á la cava y á la plantación será diferente: de todos modos, no conviene que un mismo peón abra los agujeros y plante, por ser siempre preferible observar el principio de la división del trabajo.

La estación más favorable para la plantación de especies de hoja perenne es la primavera, en la que el terreno tiene condiciones suficientes de humedad, habiéndose observado que no han producido tan buen resultado las practicadas en otoño. Éstas deben ejecutarse únicamente en regiones en que al principio de esta estación sea el clima bastante húmedo y las plantas desarrollen fácilmente sus raíces, posesionándose del terreno antes que los hielos retrasen la vegetación.

Además de la plantación de especies resinosas se efectuará muchas veces la de frondosas, especialmente en ciertas pendientes, en

tadas en Francia sobre el encespedamiento (*gazonnement*); y es otra, la de que justifica este proceder las consideraciones expuestas por M. Demontzey en su *Traité pratique du reboisement et du gazonnement des montagnes*, ya anteriormente citado; consideraciones que resume en la pág. 306, en las dos siguientes conclusiones: 1.ª En orden á los trabajos obligatorios, el encespedamiento (*gazonnement*) no puede considerarse sino como un término genérico, indicador de toda operación que tenga por objeto provocar en los perímetros declarados de utilidad pública la producción de una vegetación herbácea, arbustiva, de brozas ó maleza etc.; en una palabra, una vegetación cualquiera diferente de la de las especies arbóreas que únicamente pueden constituir el verdadero monte alto. 2.ª Sólo en cuanto concierne á los trabajos voluntarios puede caber el objeto, ya de la creación, ya de la mejora de pastaderos *destinados á un aprovechamiento periódico ulterior*.

En la misma obra, páginas 241 y 242, se establecen con toda claridad las diferencias entre las palabras de que se trata, definiendo el encespedamiento como operación destinada á la creación de una vegetación herbácea susceptible de suministrar recursos periódicos y constantes al pastoreo, y el *enherbement* como dirigida á la obtención de una vegetación herbácea cuyo fin es el de prestar una protección transitoria, prescindiendo por completo de toda producción de pastos: se agrega, que para fijar precisamente la diferencia que separa esta operación de la del encespedamiento, ha habido que recurrir á un verdadero *neologisme* adoptando la palabra *enherbement*, aplicable tan sólo á la vegetación herbácea empleada como auxiliar de las repoblaciones. (*N. del T.*)

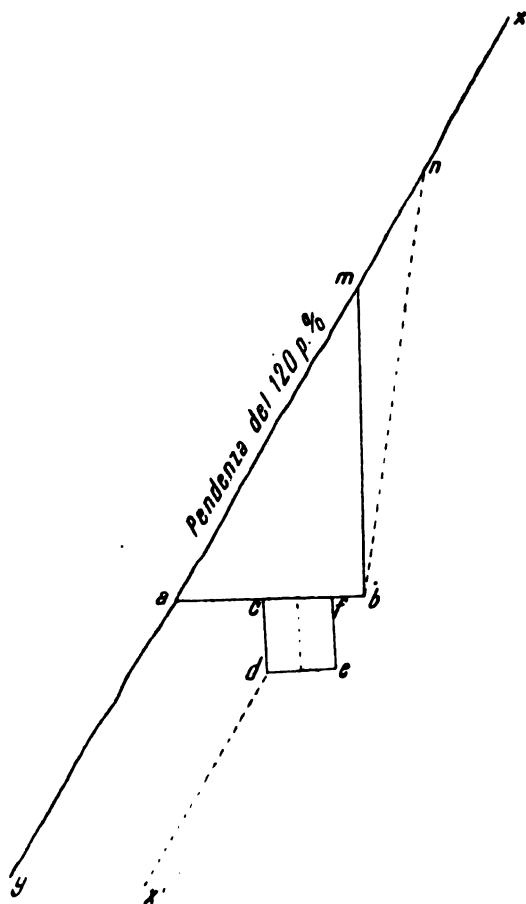
el fondo de los derrumbaderos, de los barrancos, de los torrentes, y en los aterramientos producidos por los diques. Si la plantación tiene por objeto la obtención de una masa de arbolado, en tal caso se verifica por hacecillos en hoyos, como se ha dicho respecto de las especies coníferas; pero si el terreno no tuviese la conveniente estabilidad preciso sería hacer la plantación muy espesa para producir inmediatamente cierto efecto mecánico sobre las aguas, y tanto más, cuanto que muchas veces se trata de pendientes que llegan hasta el 120 por 100 y en las que es imposible que los peones trabajen con seguridad; para ésto se abren senderos ó bancales á cierta distancia entre sí, según la naturaleza del terreno y la pendiente.

Ya determinada la distancia entre los bancales, veamos cómo se hace la plantación. Cuando el terreno es duro y compacto, y ofrece, por tanto, resistencia al desarrollo de las raíces, se abre un hoyo, dejando entre éste y el talud una pequeña porción, que permanece intacta con el fin de que la tierra removida no caiga por aquél. En este hoyo se colocan las plantas bastante espesas, y el resto se siembra de especies herbáceas. En la fig. 87, x y representa el perfil del terreno, a b el bancal, un poco inclinado hacia arriba, y c d e f la sección del hoyo. Después de haber abierto con el zapapico este bancal (operación que no se practica sino en circunstancias excepcionales por su gran coste), se echa la tierra hacia la parte inferior del mismo, y ejecutada la plantación que se hace de especies frondosas, se demuele la porción m b n para llenar el hoyo c d e f . En este estado, la sección a b n queda abierta y expuesta á la acción atmosférica, y las tierras que poco á poco desciendan por el talud b n llegarían á cubrir la plantación; además, las aguas, acumulándose en el bancal, lo podrían desmoronar por algunos puntos ó producir un derrumbamiento parcial, cuya sección tuviese la forma y a c d x ¹: para evitar todo esto y que la plantación de cada bancal llegue á quedar completamente enterrada por los desprendimientos de la vertiente, se protegen estos bancales por las correspondientes palizadas.

Es necesario un gran cuidado al abrir estos bancales, especialmente en las margas negras, porque ocasionan un gasto exorbitante: cuando, sin embargo, no pueda prescindirse de abrirlos, debe preferirse el sistema del Inspector Coutourier, que consiste en practicarlos según el perfil a b c (Fig. 88), echando hacia la parte inferior los materiales de la excavación, y de modo que a b tenga una contrapendiente del 20 al 30 por 100 y b c sea vertical. Un peón coloca

las plantas sobre $a b$, perpendicularmente á la dirección del bancal, de modo que el cuello de las raíces quede á 10 centímetros hacia dentro del punto a , y las asegura con un poco de tierra sacada de la porción $c e d$ de la vertiente. Otro peón abre en M' el segundo bancal,

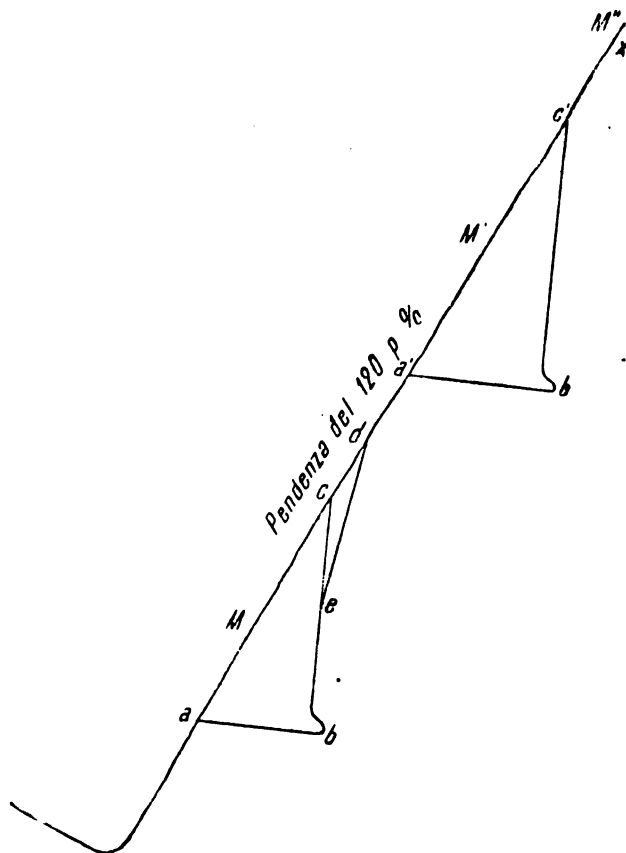
Fig. 87.



teniendo cuidado de que el situado en M haya colocado ya las plantas que á éste corresponden, y entonces arroja hacia abajo los materiales de la excavación que practica, y que, cayendo por la pendiente $a'd$, van á llenar el bancal inferior, acabando por cubrir las plantas. El colocado en M'' procede del mismo modo, de suerte que la excavación de este tercer bancal sirve para rellenar y cubrir las plantas del segundo, y así sucesivamente.

Por este medio se consigue una gran economía, no sólo por ser menor el movimiento de tierras, sino por evitarse la construcción de palizadas, ya que las tierras, al caer de un bancal en otro, no producen más efecto que el de levantar éstos y formar una especie de cor-

Fig. 88.



dón sobre el que, dos ó tres años después, se pueden plantar pinos ó abetos que encontrarán todas las condiciones necesarias para su vegetación; entre estas plantaciones se siembran después especies herbáceas que contribuyen á la consolidación del terreno. Las figuras 89, 90, 91 y 92 representan el resultado de estas siembras y plantaciones uno, dos, tres y cuatro años después de verificadas.

Este método es bastante ventajoso con relación á la economía que

proporciona en las pendientes fuertes y en terrenos movedizos, y aun respecto de su buen éxito en los suelos más pobres. Las especies que se prefieren en las plantaciones de los bancales son la acacia, el olmo, el arce, el aveilano, el espinillo blanco y el ciruelero de Brian-

Fig. 89.

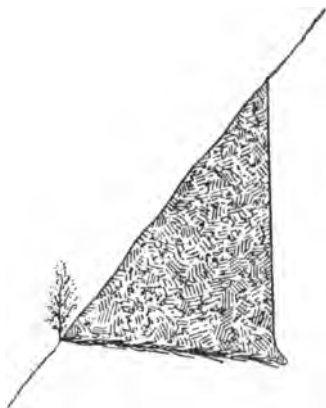


Fig. 90.

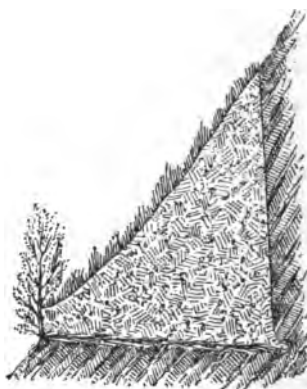


Fig. 91.



Fig. 92.



çon, que se plantan de dos años, empleando generalmente pies no trasplantados anteriormente. También los sauces se emplean con frecuencia en estacas que excedan en unos 10 centímetros á la anchura del bancal, fijándolas á la distancia de tres ó cuatro centímetros una de otra.

El gasto de la plantación en estos bancales se valúa en 8,75 pe-

setas por 100 metros lineales, sin entrar en esta cifra la correspondiente al transporte de las plantas en las condiciones necesarias para la plantación.

Las plantaciones de especies frondosas se practican también, y aun con preferencia, en el fondo de los barrancos y en las más pequeñas depresiones del terreno donde se pueden recoger la tierra suelta y las aguas que bajan por las pendientes. Tales sitios son precisamente los en que deben crearse como centros de vegetación, que conviene multiplicar por todos los medios posibles. También en los terraplenes producidos por los diques y en las márgenes de los torrentes tienen gran aplicación las especies frondosas, ya para consolidar el terreno, ya por la utilidad inmediata y futura que pueden proporcionar; y como quiera que en tales sitios se encuentran en las condiciones más favorables para su vegetación, se prefieren aquellas que suministran maderas de bastante valor, como el olmo, el fresno y el arce: se emplean al efecto plantones procedentes de viveros, y que en éstos hayan sido trasplantados y tengan cierta altura. Se colocan á la distancia de 1,50 metros, y en los intervalos se utilizan especies de más rápido crecimiento, como estacas de álamo ó de sauce que al fin del primer año pueden contener las tierras, y que cortándose de dos en dos, ó de tres en tres años, suministran productos de gran aplicación á las obras que en los torrentes se ejecutan. Las estacas más gruesas de cuatro ó cinco años sirven también, como anteriormente se ha manifestado, para usos especiales en las obras de defensa.

Hecha esta reseña acerca del sistema de plantación empleado, veamos cómo se ha aplicado al perímetro de Seyne. En un principio los trabajos de repoblación se practicaron con siembras de coníferas á hecho y también en hoyos, empleándose muy rara vez la plantación. Las siembras ejecutadas posteriormente tuvieron por objeto la creación de semilleros provisionales, y las plantaciones, á las que se dió gran amplitud, el de repoblar el terreno con especies también coníferas.

Se observó que tanto las siembras como las plantaciones llevadas á cabo entre los sitios encespedados se hallaban eficazmente protegidas, por cuanto las plantas jóvenes gozaban en el verano del fresco que exigían, y en el invierno y primavera se libraban de los daños de los hielos. Por esta razón se sembraron especies herbáceas al mismo tiempo que se plantaban coníferas, plantación que tuvo éxito exce-

lonte, confirmado por la lozana vegetación que hoy se ostenta en todo su vigor.

Este método se aplicó además á otros perímetros de análogas condiciones de terreno y clima. La zona inferior del perímetro de Seyne se dedicó al cultivo de pinos, y en ella se propagó especialmente el laricio con un resultado inmejorable; en menos cantidad se sembró el pino silvestre, que ha mostrado menos resistencia á la acción de las nieves; el alerce, que sufre más el frío, pero que se da mejor en las localidades algo abrigadas, y, en fin, el pino negro. En la segunda zona se cultivó especialmente el alerce, que allí nace admirablemente y que parece destinado á ir sustituyendo á los pinos en la parte baja de la zona superior, en la que al presente domina el pino cembro, especie también preciosa y que merece extenderse más.

Muy poco falta para completar la repoblación del perímetro de Seyne, y cuando se hayan terminado otros menos importantes trabajos, llegará á su apogeo uno de los timbres de gloria de la administración forestal francesa, ya que la creación de montes en aquella localidad se reputaba casi imposible.

Réstanos dedicar algunas palabras á la repoblación de aquellos depósitos de piedras, llamados *clappes* ó *casses*. Estos depósitos toman la pendiente que es natural en su descenso, y cuando llegan á quedar en cierto reposo, poco á poco sus intersticios se llenan de tierra, que se forma mediante la descomposición de los mismos por la acción de los agentes atmosféricos. Pasado algún tiempo adquieren mayor estabilidad, y la vegetación herbácea empieza á posesionarse de aquellos huecos y aun á extenderse. En ellos se da bien la acederilla (*Rumex Acetosella*, L.), que es muy apreciada por sus robustas raíces que invaden pronto el terreno, planta á la que siguen en importancia la chopera (*Rhamnus pumila*, L.), el grosellero (*Ribes uva crispa*, L.), el codeso (*Cytissus sessilifolius*, L.), y otros arbustos que preparan el terreno para implantar en el mismo el cultivo forestal. El arte de repoblar estos depósitos de piedra consiste esencialmente en favorecer la obra de la Naturaleza, y en propagar poco á poco las especies forestales. A veces bajo las piedras se encuentra un terreno un tanto á propósito para las plantaciones, y en tal caso se abre un hoyo bastante profundo, colocando lateralmente las piedras de modo que no rueden por la pendiente, hasta llegar á aquella capa de tierra que las aguas han ido formando por debajo, y en la que se ejecuta la plantación con plantas de tres, cuatro ó cinco años, procurando transportar-

las con su respectivo cepellón ó circundarlas de tierra llevada de otros puntos. Conviene colocar estas plantas á suficiente distancia entre sí; bajo las mismas la vegetación herbácea se desarrolla fácilmente y va apoderándose del terreno, sigue á ésta la de los arbolillos y aquél se prepara para el cultivo de especies más valiosas.

Los montes de Seyne son ya un hecho: aquellos inmensos y desnudos pedregales están hoy convertidos en frondosos bosques que satisfacen importantes fines económicos y de los que los pueblos ya han empezado á gozar los frutos. Los labradíos que antes se hallaban constantemente amenazados, y los pastaderos que de año en año disminuían, hoy están á cubierto de todo daño y son causa de legítimo orgullo para aquellos habitantes. El lecho de los torrentes se ha levantado, se han hecho estables sus orillas y suavizado las pendientes; las aguas que, precipitadas arrastraban continuamente materiales, corren ahora limpias é inofensivas por múltiples cascadas, y el beneficio que este cambio de condiciones ha reportado se calcula en más de tres millones de pesetas, sin tener en cuenta que el capital invertido lo ha sido casi totalmente en provecho directo de los vecinos, y que en adelante podrá obtenerse de aquellos montes una renta no despreciable.

CAPÍTULO VIII

Perímetro de Labouret.

Este perímetro está situado en la cuenca de la Bléone, afluente por la orilla izquierda á la Durance, á 23 kilómetros al NE. de Digne. Todo el torrente quedó comprendido en el perímetro, y ya era antes de 1860 bastante conocido por sus lavas, por los frecuentes derrumbamientos que en él se producían interrumpiendo el tránsito por la carretera nacional de Montpellier á Cuneo, y por la inmensa extensión de margas liásicas separadas en distintos puntos por bancos de arcilla y yeso: es uno de los últimos perímetros visitados, y el orden que en la reseña de éstos hemos seguido representa, por decirlo así, la historia del desarrollo de cada uno de los trabajos: se presenta el de que ahora se trata como acabado modelo del estudio de regularización de un torrente y de la repoblación de una cuenca, porque ofrece en su pequeña superficie los mayores obstáculos con que puede luchar el selvicultor.

El torrente de Labouret nace en la garganta del mismo nombre, formada por dos crestas de montañas que descienden hasta encontrarse: su cuenca no es más que de 113^h, 28^a, 10^c, y se declaró de utilidad pública en Junio de 1862. En cada temporal, en cada lluvia un tanto impetuosa se desbordaba por la carretera nacional, interrumpía las comunicaciones, y aquellas escarpadas vertientes ponían en continuo y grave peligro á los transeúntes, que se veían precisados á recorrerla en la distancia de 2.500 metros por entre enormes declives abruptamente surcados por varios barrancos.

También en la localidad de que se trata tuvo que sufrir la administración francesa algunos desengaños. Apenas el perímetro se declaró de utilidad pública, se empezaron los trabajos en hoyos tan pronto abiertos como sembrados de cedro y pinos laricio y silvestre, y en las exposiciones al N. de haya y de pinabete. De los cedros (*Pinus cedrus*, L.) y pinos no se conservaron sino pocos ejemplares, que aún vegetan prósperamente; las hayas y los pinabetes se perdieron por completo. Tan deplorable resultado no fué debido á la elección de especies, que son las indicadas tanto por la altitud (de 1.000 á 14.000^m), cuanto por la exposición de la cuenca que está resguardada de la impetuosidad de los vientos del NO. allí reinantes, sino, en gran parte, á la poca estabilidad del terreno. En efecto, formado éste por detritus de las margas negras y sin cohesión alguna, no puede sostenerse sobre aquellas ásperas pendientes, donde la lluvia más insignificante lo pone en movimiento. Las plantaciones de haya y de pinabete se malograron, pues, porque el terreno no estaba convenientemente preparado para su cultivo.

También se intentó, al propio tiempo que la siembra de coníferas, la de plantas herbáceas, y entre éstas alcanzó el mejor éxito la *Calamagrostis Argentea*, DC. (*Lasiagrostis calamagrostis*. Link.), especie que, si bien no forma un no interrumpido tapete de verdura, osténtase, sin embargo, en espesos grupos que conservan compacto y fijo el terreno, y que es, por tanto, muy útil en las margas negras. Se construyeron además muchos diques rústicos que no tardaron en quedar enterrados por sus respectivos depósitos; en éstos se hicieron las correspondientes plantaciones, y se levantaron muchas faginadas de ramas de pino firmemente aseguradas por fuertes piquetes de la misma especie. A los pocos años las faginadas se habían podrido y los diques sufrido graves desperfectos; las coníferas se veían en escaso número, y las plantas de especies frondosas quedaban reducidas

á las que había en el aterramiento ó relleno del torrente principal, habiendo sólo prevalecido las siembras de plantas herbáceas.

Tales resultados fueron poco favorables en la apariencia, y si los mencionamos no es con el fin de patentizar algunos errores, sino con el de dar á comprender que en trabajos de este género es necesario proceder con método, y que éste tiene que ser consecuencia de un detenido estudio de la localidad y de alguna experiencia. Por lo demás, si se toma en cuenta la dificultad de la empresa, no dejan de tener bastante valor los escasos resultados obtenidos.

Este estado de cosas duró hasta 1867, en el que á las siembras de asiento de los pinos se substituyó el cultivo en fajas ó zonas abiertas en los puntos más favorables, que se sembraron de pino laricio. Al mismo tiempo se construyeron en las últimas ramificaciones muchas faginadas de sauce, y en el torrente principal y en sus principales afluentes grandes diques de piedra, así como en los aterramientos en éstas producidos, palizadas transversales que unieron los diques entre sí con una serie de pequeños saltos de agua. A medida que las palizadas transversales iban quedando cubiertas, se cuidaba de ejecutar en el aluvión y en las orillas la plantación de varias especies frondosas, procediendo de modo que los fresnos, olmos y arces lleguen en adelante á constituir las dominantes y las demás las subordinadas.

A la vez que á estos trabajos, procedíase en las vertientes á plantaciones de acacias, codesos, avellanos, olmos, fresnos, etc., que se practicaban en líneas horizontales equidistantes 1,50 metros, y entre éstas á otra muy espesa de especies herbáceas. Entre tanto, se preparaba el trasplante por hacecillos del pino laricio de las fajas, y ya á fines de 1871 esta especie era la dominante del Labouret, considerándose la repoblación asegurada.

Las faginadas, construídas en gran número hacia el origen de los barrancos y derrumbaderos, y en las más insignificantes depresiones del terreno en que las aguas podían reunirse, hicieron bien pronto visibles sus efectos; las tierras quedaron contenidas, y las aguas, como si se hubiesen filtrado, se reunían limpias en el torrente, en donde tendían á abrirse en cada aterramiento, en el intervalo de los diques, un lecho estable y correspondiente al perfil de equilibrio de los materiales. Entre el pie de una de estas construcciones y el coronamiento de la inmediata inferior, la diferencia de nivel era de seis metros: ésta hubiera podido ocasionar que al abrir su lecho

las aguas excavaran las orillas, con perjuicio de su estabilidad, y para evitar tal peligro se construyeron otros diques más pequeños en los aterramientos de los grandes; se quitaron del lecho todas las piedras que podían desviar las aguas hacia las orillas y socavarlas, y se aseguró el pie de éstas por medio de palizadas longitudinales y la plantación en gran escala por estacas, lográndose así, á la vez que la completa consolidación, el curso de las aguas por un lecho permanente.

Un hecho digno de atención, y que se manifiesta al observador muy visible en el torrente de Labouret, es que los aterramientos obtenidos con las pendientes del 10, del 15 y aun del 30 por 100, según la naturaleza y el tamaño de los materiales transportados, tienden con el tiempo á desaparecer.

Es sabido que estos aterramientos se producen siempre bajo la forma de conos, que en el perfil transversal presentan la convexidad hacia arriba, de suerte que las aguas se dirigen, ya hacia una, ya hacia otra orilla, amenazando su estabilidad: si esta acción no se contrarrestase, el perfil longitudinal de una sección del torrente comprendida entre dos diques se iría levantando hacia el superior y rebajando hacia el inferior, dando por resultado una excavación del lecho al pie del dique superior, equivalente á la diferencia de nivel entre el dicho pie y el coronamiento del inferior, ó lo que es lo mismo; que el lecho, por la acción de las aguas, llegaría á tomar la pendiente de equilibrio, como sucede en los ríos.

Este hecho, que la teoría prevé, indica no debe olvidarse, que una vez emprendida la regularización de un torrente, los materiales de transporte van poco á poco disminuyendo, merced á la obra de la repoblación que debe consolidar definitivamente el terreno é impedir que las corrientes sean sino tan sólo de agua. Con esto se evidencia muy especialmente la necesidad del empleo simultáneo de los dos medios de extinción de los torrentes, regularización y repoblación, uno de los cuales es complemento del otro, mientras que separados son de escasa duración y eficacia. Para que el servicio que prestan los diques se perpetúe, es preciso pues, que se mantenga invariable el perfil longitudinal determinado por los aterramientos, y que se obligue á las aguas á un curso regular, atacando la forma cónica de los depósitos, mediante aquellos trabajos de que nos hemos ocupado al tratar de las palizadas longitudinales y transversales.

Tales son los trabajos efectuados en el antiguo torrente de La-

bouret; y decimos antiguo, porque el torrente ya ha desaparecido, convertido como está en una corriente de agua cristalina que se desliza por una alternada serie de pequeños saltos y suaves pendientes. Sus orillas están sostenidas por los aterramientos, libres á su vez de toda erosión, porque las aguas corren encauzadas en un lecho estable, formado por materiales antiguamente transportados. Aquel perímetro, en el que otro tiempo no se veían sino tierras negras, desnudas y movedizas, se halla al presente cubierto por hermosa y floreciente vegetación de plantas de todo género, desde las más humildes matas y hierbecillas hasta los más soberbios pinos y abetos, en distintos puntos distribuidos, según las necesidades que satisfacen y las condiciones que para su vegetación requieren. Aquellos barrancos, derrumbaderos y sinuosidades más ó menos profundas que alimentaban de aguas turbias y materiales de toda forma y dimensiones al torrente principal, y que se repararon con faginas, ostentan hoy un manto de arbolado en monte alto, y han transformado el torrente en una corriente de agua completamente inofensiva.

A los beneficios debidos á los nuevos montes en el régimen de las aguas torrenciales, y que aumentarán á medida que aquéllos crezcan y se desarrollen, debemos agregar otros importantísimos desde el punto de vista económico, que dentro de pocos años se obtendrán en aquel perímetro, contándose con maderas en una región donde, no obstante su montuoso suelo, este producto era tan escaso. Se economizará también la reconstrucción de la carretera nacional, obra que hubiera costado 400.000 pesetas; pues en verdad, hallándose esta vía por lo común continuamente expuesta, exigía un gasto medio anual, sin contar el de vigilancia, de cerca de 800 pesetas; y dejando las cosas como estaban, habría debido reconstruirse en condiciones que la diesen más seguridad.

Para la obtención de estos resultados, y para facilitar el acceso y la custodia en los diversos puntos del perímetro, se trazaron caminos y sendas en la longitud de 3.450 metros; se construyeron en todo el año 1885, 6.320 metros de cercados, 260 diques rústicos, 149 palizadas y 4.861 faginas, y se repoblaron 57^h, 21^a y 30^c, empleándose 6.296 kilogramos de semillas de coníferas, 817 de especies frondosas y 172.429 plantas de las primeras. Los gastos hasta fin del citado año fueron, según las diferentes partidas, los siguientes:

Camino y sendas	<i>Pesetas.</i>	1.709,55
Semilleros.....		1.695,35
Diques		9.741,70
Palizadas.....		4.524,62
Faginadas.....		15.124,05
Siembras y plantaciones.....		55.075,26
Encespedamiento		8.770,18
Trabajos diversos, reparaciones, reformas en el lecho de los torren- tes, transportes, cerramientos, etc		13.897,50

TOTAL *Pesetas.* 110.538,21

El gasto anual por conservación, que consiste en la reposición de marras por medio de plantaciones y en alguna obra de escasa importancia en los diques y faginadas, se limita al presente á alguna mano de obra, é importa poco más de unas 100 pesetas.

La extinción completa del torrente de Labouret es ya un hecho consumado, y ofrece uno de los más satisfactorios resultados que pueden esperarse de los trabajos de regularización y de repoblación de un torrente.

CAPÍTULO IX

Perímetro de Curusquet.

El perímetro de Curusquet, situado en los términos municipales de Marcoux y de Brusquet, radica en la parte central del departamento de los Bajos Alpes, al NE. del distrito de Digne. Fué el último de los perímetros visitados, y no nos ofreció menos interés que los restantes, en cuanto, entre otras particularidades, vimos aplicado en el mismo con gran fruto y en gran escala, un método para la repoblación de algunos terrenos completamente desnudos, digno de especial mención.

Recorriendo la carretera general núm. 100 de Barcelonnette hacia Digne, y poco antes de abandonar la cuenca de la Bléone, se sube un pequeño collado del que luego se baja en la distancia de unos cuatro kilómetros á lo largo de un torrente llamado Mille-Solles, afluente al Buinenc y que bordea la base de una serie de colinas bajas, que forman los últimos contrafuertes de la alta cadena divisoria de la cuenca

de la Bléone y la del Aiso. La vertiente y esta colina, expuesta al NO., forma el territorio denominado de Curusquet, y continuando por la referida carretera se atraviesa el pueblo de Brusquet, y después, á ocho kilómetros de Digne, se pasa el torrente ya citado de Buinenc, afluente á la Bléone.

El torrente de Mille-Solles nace en el territorio de Curusquet y recibe en su curso gran número de afluentes; así que, durante las lluvias torrenciales, se reunía en el mismo gran cantidad de agua, y ésta, descendiendo por entre enormes pendientes de terrenos completamente desnudos y surcados por innumerables barrancos formados de pizarras margosas de disgregación y descomposición muy fácil, se precipitaba con gran velocidad dando al torrente el carácter fangoso propio de otros muchos de los Bajos Alpes. Estas aguas, extendiéndose por los terrenos más bajos, causaban graves daños á los cultivos y á la carretera.

Era, pues, necesario impedir la denudación siempre creciente que las aguas producían en el terreno y asegurar definitivamente las comunicaciones á cada paso interrumpidas, que exigían por parte del Estado frecuentes y grandes gastos. Por decreto de 2 de Diciembre de 1875 se constituyó este perímetro, con la superficie de 392^h, 05^a y 53^c, comprendiendo en el mismo todos los puntos en que tenían origen los barrancos que alimentan el torrente de Mille-Solles, por lo que dicho perímetro se extiende desde 750 hasta 1.265 metros de altura. Empezó la repoblación en 1876 y se llevaron al mismo tiempo á efecto los trabajos de regularización y los de consolidación; la superficie se halla aumentada en la actualidad hasta 471^h, 42^a, 91^c.

Para facilitar los transportes, la vigilancia de los trabajos y la comodidad en las operaciones abriéronse caminos y sendas en todo el perímetro, que se redujeron al principio á la longitud de 1.800 metros y hoy se extienden á 22.373. En previsión de las necesidades de la repoblación, á la que más tarde había que proceder, se crearon varios semilleros provisionales, sembrándolos de pino laricio y silvestre. Estos semilleros, como ya se ha visto, son en Francia de gran utilidad; casi todas las especies resinosas destinadas á la repoblación de las pendientes más fuertes, y algunas frondosas, como la acacia y el espino blanco, se cultivan en ellos, mientras las más valiosas de las últimas, que se emplean en las plantaciones del lecho de los barrancos y torrentes, se extraen de los viveros permanentes. Alguna faja de terreno, algún pequeño trozo encharcado se dedicó á la produc-

ción del material necesario para el cultivo forestal ó utilizó en los experimentales. De este modo los gastos de obtención de las plantas fueron muy reducidos, economizándose los cerramientos y abonos, ya que aquellas superficies sólo por una vez se utilizan. Es además innegable que las probabilidades de buen éxito son mayores respecto de las plantas que proceden de semilleros provisionales que de los permanentes, porque en el primer caso se encuentran en el mismo terreno y en las mismas condiciones climatológicas, y á esta ventaja van unidas las de economizarse los gastos de transporte y embalaje, evitar el peligro de que durante aquél lleguen las plantas á secarse, poder dejarlas por más tiempo en las eras, ya que siendo el terreno de éstas menos fértil el crecimiento es más lento que en los viveros permanentes que están bien abonados, y, por fin, la de que puede hacerse el trasplante en la proporción que las necesidades lo requieran, y siempre que la bondad del tiempo aconseje aprovecharlo. Ciertamente, este método supone que no se causen daños por el pastoreo, pero no puede haber cuestión en Francia sobre el particular estando el disfrute de pastos absolutamente prohibido en los perímetros: el mayor gasto ocasionado por los semilleros provisionales consiste en el de la preparación del terreno, que no sólo debe cavarse, sino que á veces es preciso defenderlo de la erosión por medio de muros, estacadas ó cepellones.

En la obra de M. Demontzey se calcula, que el gasto medio de la siembra de una área de semillero provisional es de 4 pesetas, y la experiencia enseña, que la plantación de una hectárea con hacecillos de dos ó tres plantas por hoyo, exige un área de dichos semilleros; dato que permite determinar la superficie que haya de cultivarse del modo expuesto para la repoblación de un perímetro.

A fin de proporcionar á las plantas en los viveros el abrigo necesario contra la intemperie, se hace preceder á la siembra otra de plantas herbáceas, y especialmente de esparceta, que se verifica un año antes.

Respecto á las construcciones en este perímetro, diremos que se procuró evitar la denudación de las orillas y disminuir la velocidad de las aguas por medio de diques, faginas y palizadas. En los tres años siguientes á la declaración de utilidad pública del mismo, se edificaron 26 diques y 480 zócalos á canto seco, del género de los contruidos en el torrente de Sanières (*Figuras 72 y 73*) con materiales procedentes de los bancos calizos de la región superior del perí-

metro. Los diques propiamente dichos son rectilíneos, y su coronamiento muy rebajado en el medio, está un tanto levantado en las alas; su longitud varía de 3 á 10 metros; la altura de 1 á 2; el grueso es de un metro y el talud de $\frac{1}{5}$. No se encuentran en este, como en otros perímetros, obras de importancia; pero las rústicas ascienden á 2.391.

Las palizadas que se construyeron y que satisfacen las mismas necesidades que los diques, pertenecen al segundo tipo de los diques vivos, y tienen un solo paramento formado por estacas de roble y sauce unidas con largueros longitudinales y sujetas entre sí con otros colocados oblicuamente aguas arriba del dique: su altura es de un metro y la anchura varía en los mismos límites que en los diques rústicos; desde que empezaron los trabajos hasta el 31 de Diciembre de 1885 se construyeron en número de 887.

En los barrancos del perímetro de Curusquet, así el fondo del lecho como las laderas están formados por rocas margosas, á veces duras, que se separan en hojuelas y disgregan fácilmente al aire. Para regularizar estos barrancos y conseguir su extinción, era preciso librar tanto el primero como las segundas de la acción atmosférica, y después repoblarlos. Al efecto se estableció una serie de faginas, sobre cuyos respectivos depósitos se hicieron diferentes plantaciones.

Este método resultó lento y costoso, por lo que se substituyó con el siguiente: desmontando y aprovechando la parte menos resistente de las margas que forman las cimas, y se encuentra en su superficie, se echó en los barrancos hasta que el fondo de éstos se elevó á la altura conveniente, teniendo la precaución de levantar pequeños muros para detener las tierras. Hecho esto, y á conveniente distancia, se levantaron faginadas de un solo orden de faginas (*Lám. III*). Todos los intervalos entre estas faginadas se cubrieron de plantación, y en 31 de Diciembre de 1885 su número era de 1.716. Así, mientras los materiales de mayor tamaño, quedando cubiertos por los más pequeños, no sufrían la acción de los agentes atmosféricos y formaban un fondo estable, los de la superficie, disgregándose y subdividiéndose hasta lo infinito, prestaban apoyo y alimento á la vegetación forestal, la que, á su vez, completaba la repoblación del terreno.

Las especies empleadas para la repoblación del perímetro de Curusquet fueron especialmente el roble, el pino laricio y el silvestre. La parte superior, que era la que se presentaba en condiciones menos desfavorables, se sembró de roble en hoyos, sin operación alguna

preparatoria, pero con la precaución de colocar las bellotas al abrigo de las escasas matas que se encontraron y que las formaban especialmente el serbal y el boj. En la región inferior se efectuó la plantación del pino laricio en hacecillos, con plantas de dos años y sin operación alguna preparatoria, bastando abrir con el pico algunos hoyos en líneas horizontales, distantes entre sí de 1 á 1,50 metros.

Estos trabajos en 31 de Diciembre de 1885 cubrían la superficie de 330^h, 06^a, 80^c, que al presente se hallan perfectamente repobladas: teniendo en consideración las condiciones muy desfavorables en que se practicaron las plantaciones, los resultados conseguidos son bastante más satisfactorios que los que hubieran podido esperarse. Se invirtieron 2.734.222 plantas resinosas, 1.665.705 frondosas y 319.775 estacas, ascendiendo el gasto á 69.939 pesetas, y siendo además el del encespedamiento de 5.873.

El conjunto de los trabajos practicados en el perímetro de Curusquet hasta el 31 de Diciembre de 1885, importó la suma de pesetas 235.029,61, que se invirtió en las siguientes partidas:

Caminos y sendas	Pesetas.	17.806,10
Viveros		15.011,52
Diques		8.459,19
Palizadas		28.812,79
Faginadas		31.337,50
Encespedamiento		5 873,39
Siembras y plantaciones		79.816,46
Trabajos hidráulicos en el lecho del torrente		33.337,95
Gastos diversos, como transportes, cerramientos, cabañas, guardería, etc.....		14.574,71
TOTAL		<u>Pesetas. 235.027,61</u>

Los resultados conseguidos en este perímetro demuestran no sólo la utilidad del pino laricio en la repoblación de las tierras ó margas negras descarnadas y estériles, sino también que los diques vivos acompañados de la plantación por estacas en fajas horizontales, son el mejor medio de regularización y extinción de los torrentes, y que la repoblación es el medio complementario para regularizar la corriente de las aguas, y prevenir y remediar los daños causados por su rápida acumulación.

La lámina III es reproducción en fototipia de una vista tomada por el inspector Gayffier en 1877, y representa los detalles de los tra-

bajos hechos para descantillar las crestas agudas de las tierras ó margas negras. Estos trabajos han tenido, como ya se ha dicho, por objeto, el de regularizar en su mismo origen los barrancos que surcan el terreno, echando las tierras resultantes de estos desmontes en el fondo de los barrancos mismos, que de este modo se levanta y ensancha. Para sostener estas tierras se construyen zócalos á canto seco, completando todos estos trabajos con faginadas vivas.

La lámina IV representa la misma vista, tomada en 1886 y en el mismo punto que lo fué la anterior. Su diferencia nos demuestra evidentemente el efecto de los trabajos de los diques vivos y del descantillado de las agudas crestas que separan las diversas sinuosidades en que empiezan á formarse los barrancos y torrentes. Los diques vivos se encuentran en plena vegetación y se han apoderado de las depresiones, y es fácil apreciar, no obstante el corto tiempo transcurrido, los valiosos efectos que de tales obras deben esperarse. Por de pronto, unas 20 hectáreas de terrenos que ningún valor tenían, se pondrán en cultivo sin riesgo de daño alguno; el tránsito por la carretera del Estado se ha hecho seguro en todo el trayecto comprendido en el lecho del torrente, y cuando el repoblado adquiera el conveniente desarrollo para los debidos aprovechamientos, además de contribuir á la estabilidad del terreno, suministrará productos cuyo valor hará aumentar la proximidad del perímetro á la citada carretera y á los centros de consumo, donde la demanda de aquéllos es mayor que la oferta.

Los trabajos que todavía hay que practicar consisten en la repoblación de marras en unas 160 hectáreas, y en la repoblación de otras 80 con robles y pinos, trabajos que se llevarán á cabo á medida que el terreno se consolide y prepare convenientemente.

CAPÍTULO X

Perímetro de Sainte-Marthe (Altos Alpes).

Abandonemos ahora los Bajos Alpes para dirigirnos á visitar las cuencas de algunos afluentes á la Durance en los Altos Alpes. En éstos, una feliz reunión de diversas circunstancias nos dió ocasión de efectuar esta visita con el Inspector general encargado de las repoblaciones, M. Demontzey, y de oír las explicaciones de profesor tan emi-

nente, á quien ya conocíamos por sus clásicas obras sobre repoblación y sobre regularización de los torrentes.

El primer perimetro visitado en los Altos Alpes es el del torrente de Sainte-Marthe, afluente por la orilla derecha á la Durance, cuyos manantiales surgen á 2.500 metros en el monte Guillaume, una de las más importantes ramificaciones de la cadena que separa la cuenca de la Durance de la del Drac. Este torrente, después de un trayecto de cerca de siete kilómetros, longitud en la que desciende de una altura de 783 metros, afluye á la Durance, á dos kilómetros de Embrun.

La región superior de su cuenca está formada por terrenos resultantes de la disgregación de toda especie de rocas, cuyos materiales están unidos entre sí por una especie de cemento que se desprende fácilmente con la humedad; la región media y la inferior se hallan sobre margas negras, que al contacto del aire se separan en hojuelas, y como resultado de esto y de la gran pendiente, al sobrevenir un temporal, las aguas se reúnen en muy breve tiempo y transportan enormes cantidades de piedra y tierra que invaden campos y prados, interrumpen comunicaciones, ponen en peligro las obras, etc.

El cono de Sainte-Marthe, que es un tanto ancho y ligeramente levantado, está encajonado entre dos diques laterales que quedaron cubiertos por los materiales sucesivamente transportados, y el lecho, por tanto, se ha ido elevando de continuo; así que, se levanta sobre todas las fincas contiguas, con el consiguiente peligro de invadirlas. Se practicaron varias obras á fin de disminuir la velocidad de las aguas y el arrastre de materiales; pero como los trabajos más eficaces tenían que consistir en los de repoblación, fué de verdadera necesidad declarar este perimetro de utilidad pública, lo que se verificó por decreto de 28 de Octubre de 1864. Su superficie es al presente de 468^h, 45^a, 27^c: se dió principio á los trabajos en 1865 con la construcción de 800 metros de caminos para completar la red de las vías de comunicación que dan acceso á las diversas localidades del perimetro, y con la creación de dos semilleros para la obtención de plantas, que habían de necesitarse en gran cantidad.

En este perimetro se comprobó la ineficacia de los trabajos de repoblación en las margas negras, cuando no van acompañados de las necesarias obras de arte para consolidar las vertientes escarpadas, disminuir la velocidad de las aguas y neutralizar su acción destructora. Se construyó á este fin un gran dique de piedra seca, con

bloques de grandes dimensiones, cimentado en roca é incrustado lateralmente en la misma. Este dique tiene 37 metros de longitud, 7 de altura sobre los cimientos, 3 de grueso en el centro del coronamiento y 3,70 en la base: está destinado á servir de base á otros de alguna importancia y á varios de menor, llamados rústicos, levantados en el torrente principal, y especialmente en los barrancos y últimas ramificaciones del torrente mismo.

Desde el principio de la formación del perímetro hasta el 31 de Diciembre de 1885 se construyeron, además de la importante obra referida, 108 diques rústicos y 27 zócalos, y para completar el sistema de defensa 363 palizadas, 600 metros de faginada asegurada con estacas de alerce, y 2.988 de conductos ó atarjeas destinados á recoger las aguas filtradas y á darles pronto é inofensivo curso hasta el lecho del torrente.

En las vertientes menos abruptas se hicieron siembras en hoyos, de robles, nogales y castaños, plantándose arces, codesos, olmos, fresnos, acacias y otras especies frondosas. Estas plantaciones se hicieron en bancales abiertos horizontalmente, de 30 á 40 centímetros de anchura y sostenidos, cuando era necesario, por palizadas. El intervalo entre los bancales se sembró á surcos con esparceta y otras plantas herbáceas, que prestan á las semillas y plantas jóvenes el abrigo necesario, y las preservan de los perniciosos efectos de las alternativas de las heladas y el deshielo.

Otra operación á que se acudió con gran ventaja fué la de descantillar las cimas demasiado agudas de los terrenos, llenando en cambio con las tierras resultantes una parte de las depresiones inmediatas y subyacentes; de este modo, y merced al apoyo que en estas tierras halla, puede la vegetación tapizar las escarpas y extenderse continuamente.

La región superior se sembró de alerce y pino silvestre y la repoblación se ha logrado por completo en la superficie de 153^h, 51^a, 24^c; de suerte, que algunos terrenos que antes se encontraban completamente desnudos y profundamente abarrancados, están actualmente cubiertos de hierbas y atravesados por fajas donde crecen lozanos álamos y sauces; las depresiones en que se arrojaban las tierras resultantes del descantillado de los picos de las cimas, están pobladas de codesos y acacias; en los sitios donde antes ocurrieran los derrumbamientos vegetan los fresnos, y el pino laricio, el silvestre y el alerce se encuentran diseminados por todo el terreno. Los caminos y sendas

han alcanzado en el perímetro la longitud de 19.100 metros, haciendo cómodas y económicas las operaciones del selvicultor.

En todos estos trabajos se invirtió hasta el 31 de Diciembre de 1885 la cantidad de 333.246,64 pesetas que se distribuyó en las siguientes parciales:

Camino y sendas.....	16.578,80
Semilleros	10.893,99
Diques	15.510,13
Faginas	624,26
Palizadas	27.094,90
Drenaje	5.514,30
Encespedamiento.....	1.288,87
Siembras y plantaciones.....	22.588,45
Trabajos diversos, adquisición de material, etc ...	233.147,94

TOTAL..... Pesetas. 333.246,64

El beneficio reportado de estos trabajos para librar de todo daño los terrenos cultivados puede estimarse en 300.000 pesetas, sin contar con que las aguas del torrente, que antes corrían turbias y fangosas, son al presente bastante claras para utilizarse en los riegos; que los arrastres en el cono han cesado por completo, de modo que el torrente corre en la actualidad por un lecho que se ha abierto y puede considerarse estable, no necesitándose diques ó presas que lo contengan, y que el trozo de la carretera del Estado de Pont-Saint-Esprit á Briançon, que atraviesa el cono, y el importante puente de la Clapière, han quedado á cubierto de todo desperfecto.

Para completar los resultados obtenidos, sólo falta practicar algunas siembras y plantaciones y algún trabajo secundario con el fin de asegurar la consolidación de los terrenos, lo que no exigirá un gasto de consideración habiéndose ya proveído á lo principal, es decir, á la fijación de aquéllos. Así, pues, dentro de pocos años se contará con montes que suministrarán una renta no despreciable en maderas y leñas, y que aumentarán considerablemente el valor de terrenos que hasta ahora ninguno tenían: quedará, por tanto, demostrado, que los recursos que en estos trabajos ha el Estado invertido pueden considerarse como base de una operación financiera no despreciable.

CAPÍTULO XI

Perímetro de Vachères.

Las cuencas de la Durance y del Ubaye están separadas por una línea de montañas, en las que existen dos colinas llamadas el Grand-Vallon y el Opillon; en éstas, y á una altura de 2.850 metros, tiene su origen el torrente de Vachères, que propiamente podría calificarse de río torrencial. En su curso recibe las aguas de tres importantes barrancos ó torrentes más pequeños, el Eyssalottes, la Grande-Combe y la Combe-de-l'Homme, y después de recorrida la distancia de 20 kilómetros desemboca en la Durance, á 1.500 metros más abajo de Embrun.

Atraviesa los tres términos municipales de Orres, Saint-Sauveur y Baratier, en donde algunas viviendas han sufrido por los desprendimientos daños tales, que ha habido por precisión que abandonarlas, y otras están siempre amenazadas de ruina: por todo esto se considera el torrente en cuestión como el más temible de los Altos Alpes. A los daños causados en las poblaciones hay que agregar los sufridos en el campo: en Baratier, á pesar de los dos diques ó presas que lo defendían, el camino vecinal de Orres estaba á cada momento interceptado; el castillo de Duvernois y las huertas de Baratier, aunque defendidos con el antiguo sistema de cajones de madera, se veían continuamente invadidos; el puente, si bien estaba sólidamente construido, sufría frecuentes desperfectos, y la única vía cómoda de comunicación entre Embrun, Mont-Dauphin y Briançon, y que enlaza la importante región de que se trata con la Provenza, se interrumpía á cada momento. El acarreo de materiales al río principal, la Durance, llegaba á alcanzar tan grandes proporciones, que aquéllos formaban verdaderos diques y producían un levantamiento que superaba la altura de los del mismo río, rompiéndolos é inundando toda la llanura de Roc-d'Embrun.

Para remediar daños de tanta importancia no había otro medio que el de reponer los terrenos de la cuenca de Vachères en su primitivo estado, del qué habían salido á causa, principalmente, de la inmensa extensión y de los abusos cometidos en el ejercicio del aprovechamiento de pastos, á todo lo cual se agregó la naturaleza geológica del suelo.

De la superficie de esta cuenca, tan sólo la décima parte, ó sea 963^h, 84^a y 40^c, se declaró de utilidad pública por decreto de 28 de Marzo de 1863, y posteriormente se redujo el perímetro á 216^h, 87^a y 68^c. La parte superior de aquélla está formada por calizas y areniscas bastante compactas, y expuesta al N. En ella durante el invierno se acumula la nieve en gran cantidad, y cuando en la primavera, á consecuencia de los vientos cálidos, se licúa con cierta prontitud, el torrente aumenta mucho su caudal, y entonces especialmente causa grandes destrozos. Atraviesa por terrenos movedizos y arcillas muy solubles; se carga de barro, arena, cascajo y piedras de todas dimensiones; en él desagua uno de los más dañosos afluentes, la Grande-Combe, y después el de Combe-de-l'Homme, poco menos impetuoso. En estas condiciones, y con un lecho un tanto reducido, denuda las orillas y ocasiona enormes derrumbamientos, y cuando aquél se ensancha deposita gran cantidad de los referidos materiales.

El centro de la cuenca está ocupado por una montaña regularmente conservada, cuya altura es de 1.222 á 2.926 metros, que es el extremo de la gran línea de las crestas próximas al Opillon, y que separa el torrente de Vachères del de Eyssalettes. La ladera del torrente expuesta al SO. comprende terrenos calizos y areniscos muy friables, que han formado poco á poco inmensos depósitos y que reúnen todas las cualidades más á propósito para los derrumbamientos. En esta ladera de la derecha nace el torrente de la Grande-Combe, cuyo lecho, abierto en un banco de arcilla muy soluble, está á la profundidad de 100 metros, siendo de 200 la anchura en la parte superior de sus vertientes. De éstas en las grandes lluvias descienden ciertas lavas negruzcas que arrastran grandes masas de cinco á seis metros cúbicos que precipitan con espantoso estruendo en el mismo fondo del lecho. Además, las aguas que en el terreno se filtran arrastran la arcilla, y sacudido aquél por el paso de masas tan considerables, se grietea, rompe y resbala. Estos desprendimientos son visibles, á veces desde gran distancia, y tal extensión alcanzan, que uno de ellos circunscribe unas 70 hectáreas de superficie.

La mayor parte de la orilla izquierda de este torrente está formada por terrenos de la misma naturaleza que la derecha, pero plantada de alerces, no presenta hasta cierta altura sino pocas sinuosidades; más abajo, la corriente, abandonando su antiguo lecho, ha causado una excavación cuya altura vertical llega á cerca de 60 metros. A los terrenos arcillosos suceden las margas negras jurásicas,

y pizarras sin consistencia que se separan en hojuelas y se disgregan al aire con extrema facilidad; allí las aguas han abierto una infinidad de estrechos y profundos barrancos, uno de los cuales, la Combe-de-l'Homme, tiene la pendiente media de 35 por 100, si bien en algunos puntos llega al 60 por 100.

Para remediar los destrozos de este terrible torrente, fué preciso, ante todo, prohibir en absoluto el aprovechamiento de pastos, y después cubrir el terreno con una vegetación que disminuyese la velocidad de las aguas superficiales y su acción erosiva, contener las tierras y, por último, sostener las orillas inestables del mismo torrente y de los barrancos.

Los trabajos dirigidos á este objeto empezaron en 1864 y consistieron en las obras de costumbre convenientemente distribuidas, tanto en orden á su número como á su importancia. Se construyó un dique á la altura de la Grande-Combe, con un muro inclinado á 45° y de dos metros de altura sobre él, que impedía el paso de las aguas por dicha obra en las grandes avenidas. Para conducir aquéllas se abrió en la prolongación del eje del barranco un canal de mampostería de 30 metros de longitud y de 6 metros cuadrados de sección, y que atravesara á la orilla opuesta del torrente: de este canal de derivación las aguas se precipitan en uno de los brazos del Vachères, donde se encuentra un dique de piedra en seco, de 36 metros de longitud y 6 de altura. Setenta metros debajo de este punto la Grande-Combe desagua en el Vachères, y 230 más adelante los dos torrentes reunidos encuentran la ladera inestable llamada de los Alemanes, que requería inmediata defensa; y como tratándose de una vertiente cuya altura es de 70 metros no hubiera un dique sido suficiente, hubo que recurrir á una derivación de las aguas como en el caso anterior. Para ésto, se construyó un dique de mampostería en seco, de un espesor de 8 metros, y se abrió un canal de 10 metros de anchura en la orilla derecha y en la dirección que seguía al fin el torrente. La pendiente de este canal era del 12 al 18 por 100, su fondo de mampostería, su orilla izquierda se hallaba defendida por un muro de mampostería mixta, de mortero, y la derecha por un contramuro más delgado, pero todo de cal hidráulica.

El torrente principal de Vachères, en su parte inferior, desagaba en un depósito de piedras de 30 metros de anchura y 12 de altura; este canal tenía 330 metros de longitud, y con el fin de evitar toda erosión en su pie, se construyó la más grande de las obras llevadas á

cabo hasta entonces en los torrentes de los Alpes. Consiste en un dique de 56 metros de longitud, 9,50 de altura, y de ellos 6,50 fuera de cimientos, 5 metros de espesor en el coronamiento, 13,50 de mismo en los cimientos, 3 metros altura de las alas, y talud del 10 por 100. El coronamiento está formado de enormes bloques unidos con el mayor cuidado y enlazados por grapones en forma de S que atraviesan por completo todo el muro. El zampeado lo constituyen tres compartimientos de bloques sujetos por troncos de alerce de más de 50 centímetros de diámetro. Las márgenes, aguas abajo, se protegieron por muros de revestimiento que impedían al torrente dirigirse hacia el camino de Salettes.

Todas estas obras llenaron su objeto hasta 1867, año en el que una avenida excepcional del torrente, que alcanzó un caudal estimado en 60 metros cúbicos por segundo, rompió el canal dejando únicamente intacto el dique. El torrente se abrió entonces otro lecho debajo del depósito ya citado, y se le ha mantenido con facilidad en el mismo, mediante obras de poca importancia. En el lecho principal se levantaron varios diques, y hoy su número asciende á 57.

En los barrancos ó torrentes laterales del perimetro, reducidos á unas 217 hectáreas, se construyeron hasta fin de 1865, 17 diques de grandes dimensiones, 40 ídem rústicos, 433 metros de palizadas, 143 metros de zanjás para el drenaje, y varios muros de sostenimiento.

La vista en fototipia (*Lám. V*) tomada de una fotografía sacada en el estiaje del torrente de Vachères representa el dique número 6 y 7, y por ella se comprende cuál y cuánto es el caudal de este terrible torrente. Dicha lámina indica además la forma del coronamiento de que ya nos hemos ocupado (pág. 70), la sujeción con grapones igualmente citada, y el gran depósito por el dique producido.

Respecto á cultivos, se sembraron robles, nogales y castaño común, y se plantaron acacias, arces, fresnos y algún pino laricio. Para proteger debidamente estas plantaciones se sembraron plantas herbáceas, que dieron los mejores resultados, puesto que las superficies de fuertes pendientes se cubrieron en diversos puntos de un tapete de verdura altamente favorable para el cultivo de los árboles; sólo las plantaciones de especies frondosas no tuvieron el buen éxito que se esperaba.

En cuanto á las precauciones tomadas para asegurar el de los trabajos de repoblación, fueron las mismas que se han reseñado al tratar de otros perímetros y produjeron el mismo buen efecto. Se

procedió á una especie de nivelación, es decir, se descantillaron las crestas y picos más salientes, y con las tierras resultantes de este desmonte se llenaron las pequeñas depresiones del terreno, levantando éste y consiguiendo por tal medio el suficiente fondo en que las raíces pudieran penetrar y extenderse. Debe advertirse, que esta operación no se limita tan sólo á un mero movimiento de tierras, sino que se practica después de haber removido superficialmente éstas y de distribuir por los barrancos ó depresiones del terreno haces de ramaje, ó ramaje simplemente, que se fija y sostiene por estacas de alerce, todo lo que luego contribuye á sostener la tierra que cae de las cimas. Por medio de estos trabajos se desmenuzan las tierras, se distribuye uniformemente el agua en toda la superficie cultivada, y puede esperarse que los árboles encuentren las condiciones necesarias para su vegetación. Las tierras que después van cayendo por efecto de la disgregación de las rocas y la acción sucesiva de las aguas, se retienen por las faginas ó el ramaje, y favorecen al repoblado, que poco á poco se extiende, apoderándose de las pendientes cultivadas en fajas ó surcos.

Las tentativas del cultivo del pino laricio, tanto por medio de siembras como por el de plantación en los puntos ya estables, y las del pino silvestre mezclado con aquél, han tenido un éxito satisfactorio, y la repoblación puede creerse ya asegurada.

Los gastos hechos hasta ahora en el perímetro, en una superficie de 217 hectáreas, ascienden á 600.496 pesetas, distribuidas en las siguientes partidas:

Caminos y sendas	Pesetas.	7.597,99
Semilleros.....		9.149,93
Diques.....		225.124,02
Palizadas		12.662,02
Faginas		888,06
Trabajos hidráulicos, drenaje, etc.....		15.234,79
Encespedamiento.		1.914,50
Siembras y plantaciones.....		31.765,11
Trabajos diversos, adquisición de material, etc ...		296.209,52

TOTAL.....	Pesetas.	600.495,94
------------	----------	------------

Hasta completar los trabajos de repoblación aún falta mucho, y es necesario continuarlos, no sólo para conseguir nuevos y tan útiles resultados, sino para hacer más seguros y eficaces los ya obtenidos,

tan valiosos ciertamente que merecen proseguirse, porque redundan en inapreciable beneficio de los viñedos y cultivos protegidos, de las viviendas antes tan expuestas, y de nuevos terrenos que en adelante se destinarán al cultivo agrario ó forestal. Hoy ya, los afluentes por la orilla derecha del torrente de la Combe-de-l'Homme están casi extinguidos; la vegetación ha hecho suyo el fondo de los barrancos y quebradas del terreno, y los materiales todos han tomado posición estable; el cono de deyección está estacionario; el lecho se encauza cada vez más y tiende también á su estabilidad, y ha disminuido la violencia con que se desviaba el torrente principal de Vachères sobre los hermosos viñedos de Saint-Sauveur. También la Grande-Combe ha sufrido favorable transformación, pues los materiales que transporta son en menor cantidad, y los cultivos y edificios se encuentran casi á cubierto de los peligros que antes les amenazaban, y que uno ú otro día podían convertirse en una segura calamidad. De este modo, uno de los barrancos más importantes por la enorme cantidad de materiales que llevaba al torrente de Vachères, es al presente inofensivo, y la inminencia de un hundimiento de las tierras de la posesión llamada de los Alemanes y de las casas de Touisses, ha disminuído un tanto.

La utilidad de los trabajos de regularización y de repoblación del perímetro de Vachères es tan evidente que excusa todo comentario; tan sólo diremos que la administración forestal la valúa en más de 800.000 pesetas.

Con esta breve reseña de los trabajos visitados en los Altos Alpes en compañía del Inspector general de las repoblaciones, M. Demontzey, á quien se debe la gloria de su dirección y desarrollo, terminamos la más importante é instructiva excursión que podían hacer y han hecho los alumnos de la Escuela de Vallombrosa, para aprender teórica y apreciar prácticamente, el efecto de los trabajos de regularización de los torrentes y de la repoblación de las montañas.

INDICE

	Páginas.
PRÓLOGO.....	5
INTRODUCCIÓN.....	7

PRIMERA PARTE

Principios legales y económicos.—Organización del servicio de repoblaciones.

<i>Capítulo I.</i> —Principales disposiciones legales	19
<i>Cap. II.</i> —Medios económicos arbitrados para estos trabajos	24
<i>Cap. III.</i> —Organización del servicio forestal y especialmente de los de regularización de los torrentes, repoblación y encespeda- miento.....	30

SEGUNDA PARTE

Principios técnicos sobre la regularización de los torrentes y sobre la repoblación.

<i>Capítulo I.</i> —Diversas clases de torrentes; sus partes constitutivas y sus fases; sus causas y acción de la vegetación; diversas cla- ses de perfiles; torrente ideal	37
<i>Cap. II.</i> —Medios especiales de defensa contra los torrentes.—For- mación de los perímetros: trabajos de regularización: diques de contención ó retención y diques de consolidación ó regu- larización.....	54
<i>Cap. III.</i> —Forma, número, localización y dimensiones de los diques de mampostería.....	66
<i>Cap. IV.</i> —Determinación de la forma y de las dimensiones de los diques, fundada en la resistencia de los materiales	76
<i>Cap. V.</i> —Tipos de diques; su construcción; obras de madera.....	97
<i>Cap. VI.</i> —Obras complementarias.....	123

TERCERA PARTE

**Descripción especial del departamento de los Bajos Alpes
y de algunos perímetros de los Altos Alpes.**

<i>Capítulo I.</i> —Breve descripción de los Bajos Alpes respecto á sus condiciones geognósticas y á la formación de los torrentes	125
<i>Cap. II.</i> —Observaciones preliminares; diversos perímetros visitados.	133
<i>Cap. III.</i> —Perímetro de Faucon	135
<i>A)</i> Del torrente Bourget en particular.	141
<i>B)</i> Del torrente Faucon en particular.....	149
<i>C)</i> Resumen de los trabajos ejecutados en el perímetro de Faucon.....	151
<i>Cap. IV.</i> —Perímetro de Sanières.....	158
<i>Cap. V.</i> —Perímetro de Rion-Chanal.....	169
<i>Cap. VI.</i> —Perímetro de Saint-Pons.....	175
Torrente de Riou-Bourdoux	177
<i>Cap. VII.</i> —Perímetro de Seyne.....	185
<i>Cap. VIII.</i> —Perímetro de Labouret.....	201
<i>Cap. IX.</i> —Perímetro de Curusquet.	206
<i>Cap. X.</i> —Perímetro de Sainte-Marthe (Altos Alpes).....	211
<i>Cap. XI.</i> —Perímetro de Vachères.....	215

LÁMINA I.—Perímetro de Seyne en 1877.

LÁMINA II.—Perímetro de Seyne en 1886.

LÁMINA III.—Perímetro de Curusquet en 1877.

LÁMINA IV.—Perímetro de Curusquet en 1886.

LÁMINA V.—Torrente de Vachères.

LAM. I.



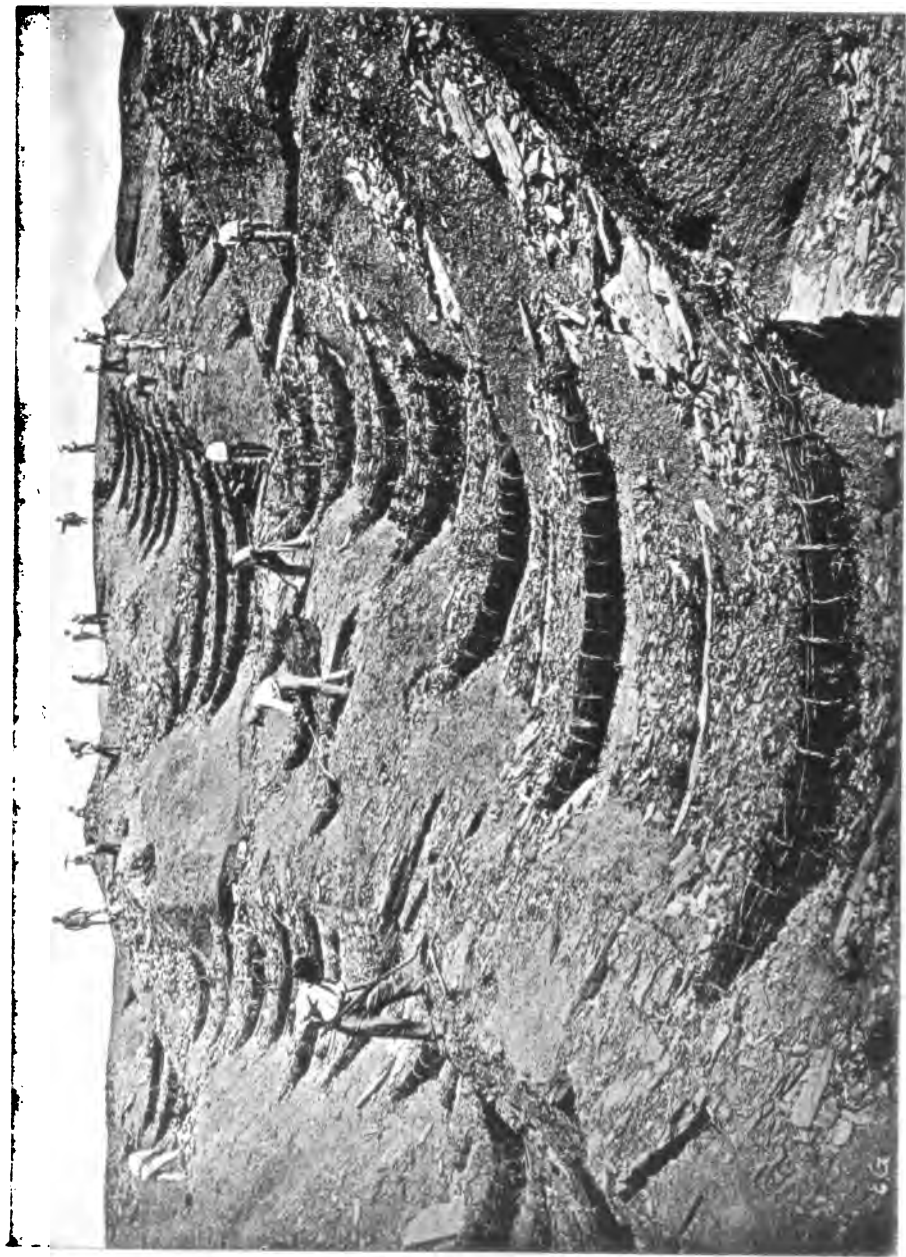
PERÍMETRO DE SEYNE EN 1877

LAM. II.



PERÍMETRO DE SEYNE EN 1886





PERÍMETRO DE CURUSQUET EN 1877

LAM. IV.



PERÍMETRO DE CURUSQUET EN 1886





3 2044 102 825

