

La hidrología forestal: Corrección de torrentes y de ramblas

Ignacio Pérez-Soba Diez del Corral

Doctor Ingeniero de Montes

Jefe de la Sección de Defensa de la Propiedad de Zaragoza

Gobierno de Aragón



**Ciclo de Conferencias “Gestión forestal sostenible”
Actividad formativa “Conocimiento Abierto. Espacio de Encuentro”
Escuela Politécnica Superior de Huesca, 16 de noviembre de 2016**

1. ASPECTOS GENERALES DEL FENÓMENO TORRENCIAL Y DE SU CORRECCIÓN

1.1. Tipos y morfología de los cursos torrenciales en España

1.2. Necesidad de la corrección del fenómeno torrencial

1.3. Principios generales de la corrección torrencial

2. LAS ACTUACIONES DE CORRECCIÓN EN LA CUENCA

2.1. Actuaciones de mejora de la vegetación de la cuenca (“trabajos biológicos” o “biotecnias”)

2.2. Obras en las laderas para el control de la esorrentía

3. LAS ACTUACIONES DE CORRECCIÓN EN LOS CAUCES (HIDROTECNIAS).

3.1. Obras transversales (perpendiculares al eje del cauce)

3.2. Obras longitudinales (paralelas al eje del cauce)

4. UN EJEMPLO EXTRAORDINARIO, ANTIGUO, ARAGONÉS Y POCO CONOCIDO: LA DEFENSA DE LA ESTACIÓN DE CANFRANC

1. ASPECTOS GENERALES DEL FENÓMENO TORRENCIAL Y DE SU CORRECCIÓN

1.1. Tipos y morfología de los cursos torrenciales en España

¿Qué es un curso torrencial?

Grupo de Ordenación de cuencas de montaña de la FAO (1981): torrente es una pequeña corriente de agua, temporal o permanente, de fuertes pendientes, de crecidas violentas y repentinas y de caudal líquido y sólido muy variable.

Diccionario forestal español (2005): corriente natural de aguas cuyas crecidas son súbitas y violentas; sus pendientes fuertes e irregulares, y que, por regla general, deposita en ciertas partes de su lecho los materiales acarreados por las aguas, lo cual es causa de que éstas divaguen en el momento de las crecidas.

Dos características: **la irregularidad del régimen y la presencia de un caudal sólido.**



- **Irregularidad del caudal:** por la irregularidad de las precipitaciones, propia del clima de las zonas con fenómenos erosivos.

Se retroalimenta: las lluvias irregulares disminuyen la infiltración en el terreno.

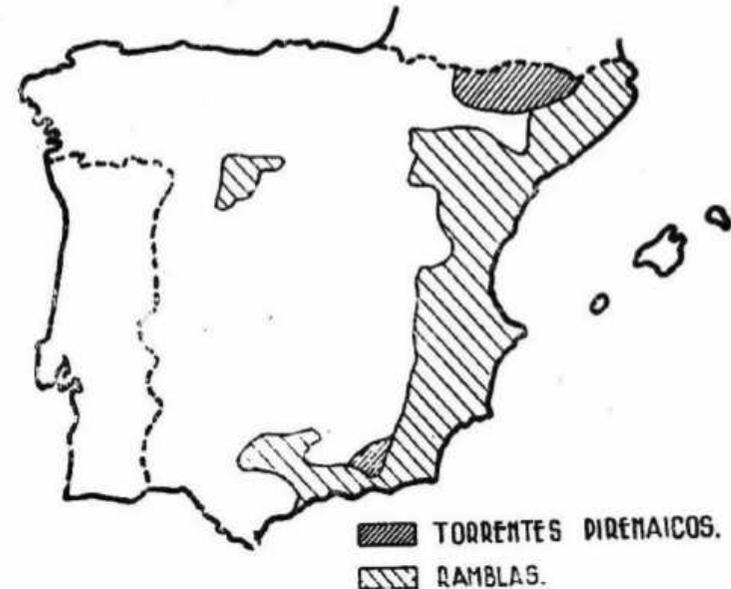


- **Caudales sólidos:** los fenómenos torrenciales son las típicas etapas finales de la degradación erosiva de una cuenca. La tensión tractiva de los caudales líquidos es mucho mayor que la resistencia de los materiales a dejarse arrancar o transportar (tensión crítica).

El caudal sólido es transportado por suspensión y sobre todo acarreo, hasta su depósito y sedimentación.

Tipología del fenómeno torrencial en España: torrentes y ramblas.

- De características geológicas, climas y relieves tan distintos como los que se dan en España, se obtendrán fenómenos torrenciales distintos y muy variados.
- Resulta muy importante comprender adecuadamente cada problema torrencial concreto.



En España hay **dos clases de torrentes**:

De alta montaña (alpinos o pirenaicos): mayores cotas, climas húmedos y subhúmedos, caudal a menudo permanente con concentraciones masivas en tormentas fuertes. Parte de su cuenca por encima del arbolado, regímenes pluvio-nivales y cauces de gran pendiente con erosión lineal.

Ramblas y torrentes-rambla: menores altitudes (hasta cotas muy bajas), clima árido y semiárido, regímenes de lluvias y de caudales muy irregulares y con concentraciones masivas en forma de tormentas MUY fuertes.

La presencia de los torrentes de alta montaña en España se limita a los Pirineos y Sierra Nevada.

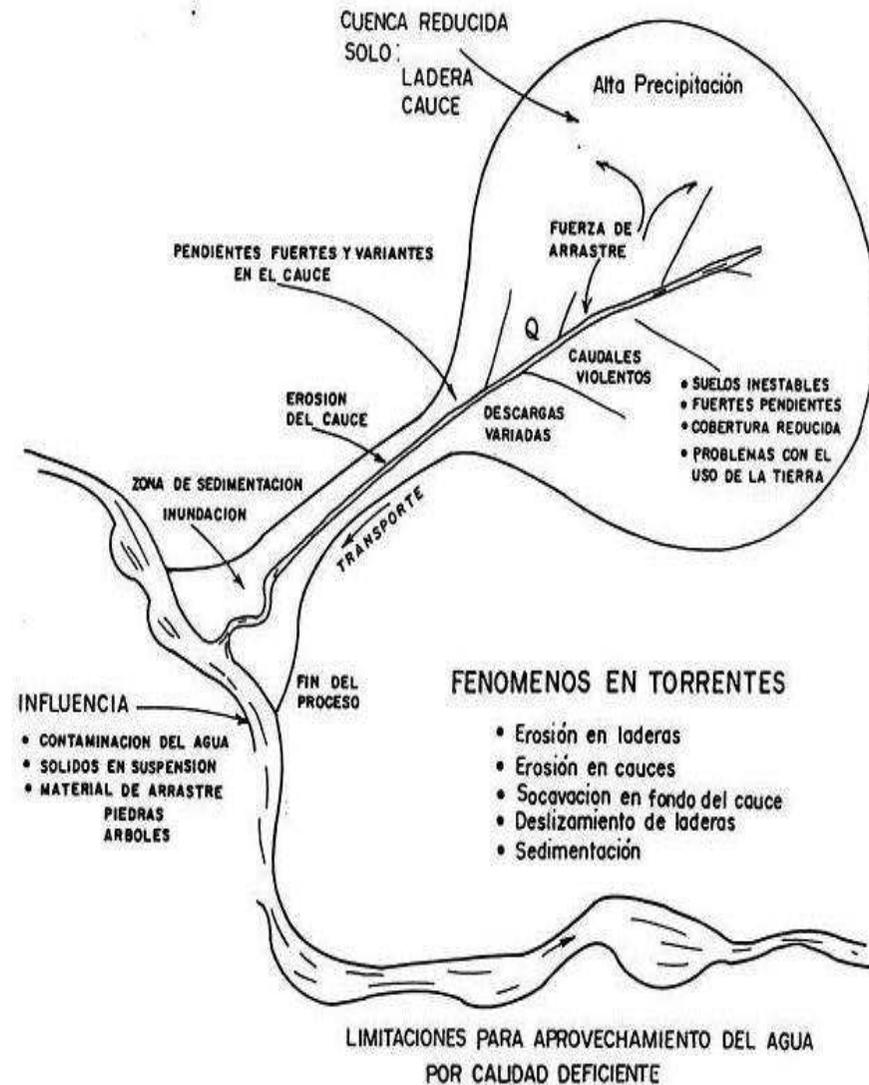
Morfología de los torrentes de alta montaña

1. **Cabecera:** cauce digitado, álveo con perfil transversal en U y el lecho incrustándose. Incorporación de materiales.

2. **Curso medio (garganta):** cauce muy estrecho con perfil en V. Transporte de materiales.

3. **“Cono”** (en realidad, pirámide) **de deyección:** ensanchamiento del cauce con aguas divagantes sobre los propios materiales sólidos aportados. Deposición de materiales. El torrente desemboca en una plana aluvial de un cauce principal, al que afecta seriamente si la plana es estrecha.

4. En planas anchas, existe un cuarto tramo: **“canal de desagüe”**, con carácter fluvial, tras haber descargado la carga sólida en el cono.



Ramblas y torrentes-rambla: morfología (1)

Torrente-rambla: dos zonas separadas por un punto de inflexión geomorfológico.

- Zona alta: fuertes pendientes y poca anchura.
- Zona baja (“rambla en sentido estricto”) ancha o muy ancha, con sedimentación incluso lejos del cono, haciendo depósitos que sólo se mueven en grandes avenidas (“onda de avenida”).



Barranco de Carrabijuesca
(Torrijo de la Cañada, Zaragoza)

Ramblas y torrentes-rambla: morfología (2)

Rambla: falta la zona de torrente en cabecera (la erosión ha alcanzado el sustrato rocoso, o se ha desmantelado la cuenca de cabecera). La anomalía entre las dimensiones del cauce y las aguas circulantes alcanza niveles extremos.

EXCEPCIÓN a la definición de torrente: ni las ramblas ni sus cuencas tienen “fuertes pendientes”... pero tienen variabilidad extrema de caudal líquido y sólido, y las ondas de avenida más repentinas y violentas.

Cuando se produce la precipitación extraordinaria, la descarga de caudales resulta anárquica e incontrolada.

Rambla de Cuevas del Almanzora (Almería)
Foto: E. Pérez Aguilar



1.2. Necesidad de la corrección del fenómeno torrencial

Síntesis del impacto de las precipitaciones extremas en una cuenca torrencial



Fuente: Mintegui y Robredo (2008)

Repercusión en las actividades humanas

1) **Pérdidas de suelo fértil y daños en infraestructuras** por la erosión en la cuenca.

2) Y sobre todo **inundaciones periódicas** que arruinan campos de cultivo, poblaciones e infraestructuras, y que suponen un **factor de riesgo importante para vidas humanas**, porque:

-Las avenidas torrenciales (a diferencia de las fluviales) son súbitas y difícilmente predecibles, al menos en su momento exacto.

-Las actividades humanas ocupan con mucha frecuencia zonas ya no inundables, sino del DPH.



1.3. Principios generales de la corrección torrencial

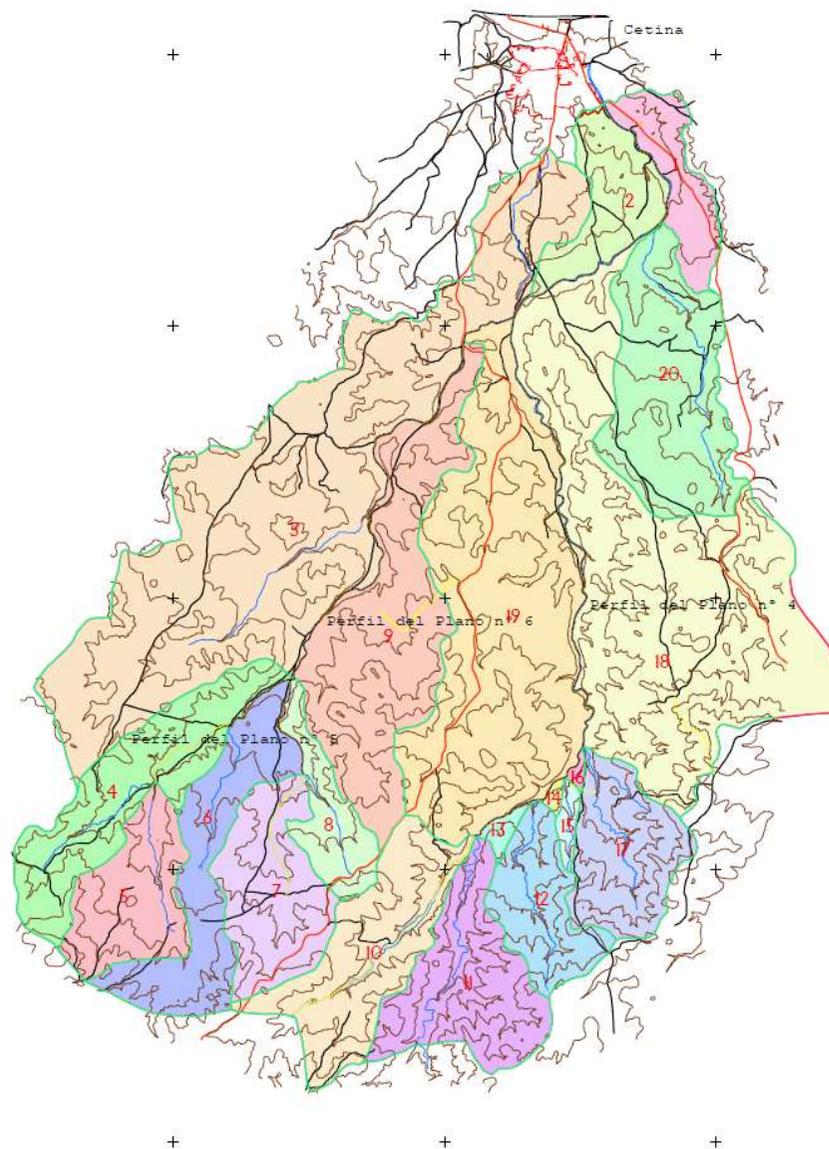
1º) La restauración hidrológico-forestal debe ser fruto del análisis de la cuenca, e incluir actuaciones en ella

Salvo en casos muy concretos de torrentes de alta montaña, **la actuación aislada sobre el cauce es insuficiente para la corrección.**

Porque:

- Las suspensiones proceden de la erosión superficial de las laderas.
- La fuerza tractiva de los caudales depende del volumen y velocidad de traslación **en la cuenca** de la lámina de escurrimiento.

La restauración hidrológico-forestal es un conjunto de actuaciones armónicamente distribuidas: entre cauces y cuencas, entre ingeniería hidráulica e ingeniería forestal. Un trabajo de **INGENIERÍA DE MONTES.**

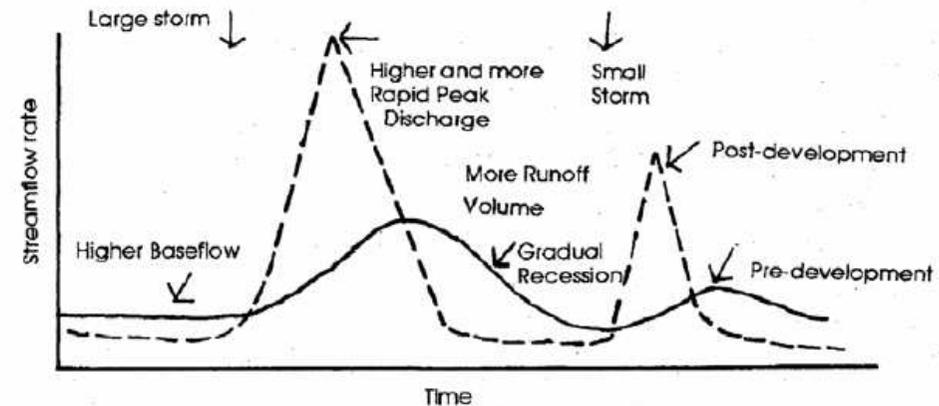


2º) La corrección exige mantener en buen estado de unas cubiertas arboladas permanentes **al menos** en los lugares estratégicos de la cuenca

Hay un creciente interés por **el balance que las cuencas forestales ofrecen entre “agua azul”** (agua líquida total) y **“agua verde”** (retenida por la masa, o devuelta por intercepción, evaporación y transpiración). **PERO SIN AGUA VERDE NO HAY AGUA AZUL**, sino agua marrón o sólo barro.

Hay gran evidencia científica de que **el bosque bien conservado es siempre beneficioso para el conjunto del ciclo del agua.**

Pero **ADEMÁS**: esta capacidad reguladora **del bosque** es espectacular en el control de las avenidas, para el que parece que todos los elementos del bosque están especialmente diseñados: las copas, las capas húmicas, los troncos, los sistemas radicales...



3º) La corrección torrencial no es absoluta ni eterna

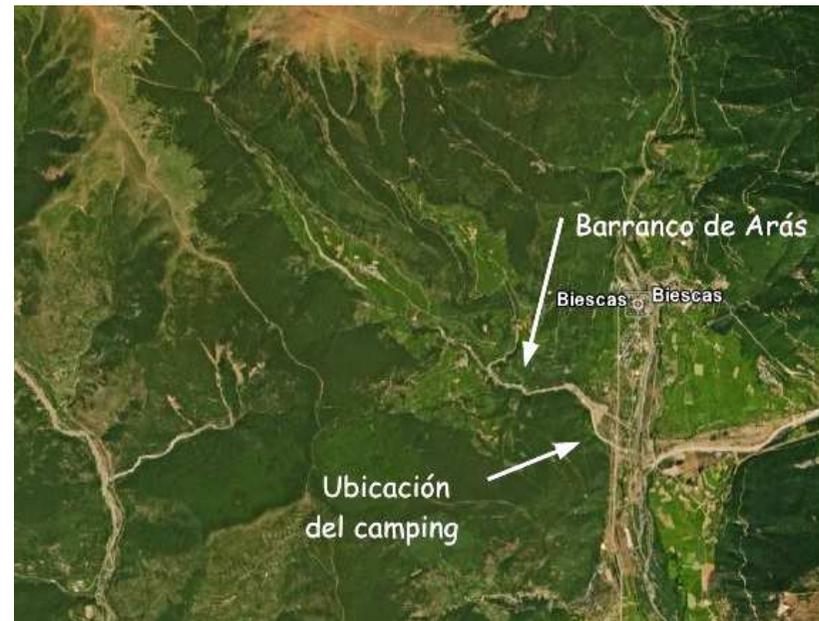
La intervención hidrológico-forestal siempre reduce la magnitud de la avenida, pero **no puede considerarse una solución absoluta ni eterna a los riesgos de inundación.**

En circunstancias extremas, que antes o después se producirán, la corrección puede ser sobrepasada, lo cual ha de ser tenido en cuenta para la seguridad de bienes y personas, y más en las zonas de descarga del cauce.

El caso del **torrente de Arás (Biescas):**

- El 7 de agosto de 1996, murieron 87 personas (27, niños) y hubo muy graves daños en el cámping Las Nieves, **sito en el mismo cono de deyección.**

- Informe del Ingeniero de Montes Emilio Pérez Bujarrabal (abril de 1987): *“No es un lugar adecuado (...) Existe un riesgo para las instalaciones y un peligro para las personas”*.



2. LAS ACTUACIONES DE CORRECCIÓN EN LA CUENCA

2.1. Actuaciones de mejora de la vegetación de la cuenca (“trabajos biológicos” o “biotecnias”)

Repoblación forestal protectora (1)

Elección de especie:

-Recomendación de favorecer el nivel de madurez vegetal, que conlleva más estabilidad y resiliencia. PERO en medios muy degradados, sobre todo mediterráneos, ES IMPOSIBLE ese óptimo.

- Alternativa: “facilitación”, introducir cubierta pionera que mejore las condiciones del medio (Connell y Slatyer, 1977). **El más valioso género arbóreo de especies pioneras son los pinos:** heliófilos, xerófilos y frugales.

- Ello se puede conjugar muy fácilmente con el mantenimiento de la vegetación espontánea del estrato arbustivo, de matorral o herbáceas: *“integrar en la masa creada todo el potencial biológico disponible a todos los niveles, desde los musgos con su excepcional capacidad de retención de agua, hasta el árbol dominante”* (Pérez-Soba, 1982)



Dehesa del Moncayo (Tarazona)



“Pinar Grande” (Teruel)
Fotos: A. Hernández

Repoblación forestal protectora (2)

Preparación del terreno:

Los **métodos lineales en curva de nivel** (terrazas, fajas o banquetas, gradas, subsolados lineales) son muy eficaces para evitar las pérdidas de suelo y aumentar el aporte del agua a las plantas.

Problemas históricos de las terrazas: su ejecución defectuosa causa efectos contraproducentes; y los desmontes excesivos, tienen notable impacto sobre el paisaje y la vegetación espontánea y comprometen la estabilidad del suelo.

La evolución de la maquinaria hoy permite:

- El uso de retroexcavadoras sobre orugas o retroarañas en pendientes antes inasumibles.
- **Métodos de preparación del terreno de carácter puntual con gran eficacia hidrológica**, como las banquetas con microcuenca o los hoyos de retroexcavadora al tresbolillo.

La Sierra (Ateca)



Cubiertas herbáceas y pastizales

Eficaces contra la erosión superficial

Poco eficaces para control de caudales:
influye en la porosidad en una profundidad muy escasa, no intercepta ni retarda caudales.

Utilidad para la restauración de zonas en las que la repoblación arbórea no es aplicable:

- Extrema degradación (“badlands”, cárcavas, suelos raquíuticos).
- Difícil acceso.
- Altitudes superiores al límite del arbolado.

Técnicas:

- Siembra, hidrosiembra, “tepes”, geotextiles.
- Acolchado (“mulching”) con residuos vegetales para formar una cubierta protectora artificial en la que arraigue el césped.

Gestión del pastoreo:

- Para mantenimiento de herbáceas, pastoreo extensivo y bien regulado.
- Introducción de especies leñosas (más enraizamiento e interceptación): acotamiento.



Tratamientos selvícolas

“**Selvicultura hidrológica**” (Molina, 2011): modificar la estructura de la vegetación de acuerdo con criterios hidrológicos y con la “selvicultura adaptativa” (al cambio climático). EN REALIDAD: **la buena selvicultura es siempre multifuncional** y conllevará mejoras en todas las funciones que presta la masa.

Las masas con densidad excesiva son ecosistemas frágiles (catástrofes masivas: incendios, sequías, agotamiento) y emplean sus recursos en competencia intraespecífica.

Por eso, aun cuando todo tratamiento selvícola incrementa a corto plazo la escorrentía, en un plazo muy breve **la reacción de los pies mejores mejora bruscamente la eficiencia hídrica**: intercepta, infiltra y transpira mejor.

Por supuesto, la intervención debe **respetar los mejores ejemplares**; y **no sobrepasar los límites** en los que la capacidad de reacción no compensa la extracción.





Tratamiento selvícola (clareo) de regenerado explosivo post-incendio de *Pinus halepensis*

Prácticas agrícolas adecuadas

Es muy frecuente que haya tierras agrícolas en las cuencas torrenciales que no puedan ser dedicadas al uso forestal por motivos económicos o sociales: **realización de adecuadas prácticas y tipos de cultivo.**

Elección de cultivo: tablas de alternativas de cultivos para control torrencial (Wischmeier y Smith, 1978). Pero: “no es el tipo de cultivo el que es o no esquilante, sino el sistema de explotación” (Hudson, 1982).

Prácticas agrícolas (reducción de escorrentía de hasta el 50%):

- Principio de **mínimo laboreo**, con barbechos periódicos.
- **Labores a nivel** (“contour farming”).
- Alternar zonas cultivadas con otras no cultivadas (**cultivo en fajas**).
- **Respetar o crear vegetación forestal** intercalada (setos, bosquetes o árboles aislados).
- **Conservación de los ribazos**, márgenes, o muretes.



2.2. Obras en las laderas para el control de la escorrentía

Obstáculos físicos para la escorrentía

Estructuras rústicas, de escasa altura (hasta 2 m), en laderas o pequeños barrancos: retener los sólidos y acortar los movimientos del agua. Son típicas de actuaciones de emergencia post-incendio.

En laderas:

- **Fajinas (o fajinadas):** en las laderas. Cordones de pequeños residuos vegetales (ramaje o arbustos) sujetos mediante estacas.
- **Empalizadas:** troncos o palos anclados en tocones.

Ambos son sistemas TRANSITORIOS.

En pequeños cauces:

- **Albarradas:** pequeños diques, o simples obstáculos transversales (materias vegetales si hay buen anclaje, piedra en seco, mampostería hidráulica, hormigón, etc.). Incrementar su efecto corrector con plantación de especies ripícolas en los aterramientos
- **“Fajinas armadas”** (Canarias), albarradas mixtas de mampostería y biomasa residual.

Fotos: A. Hernández





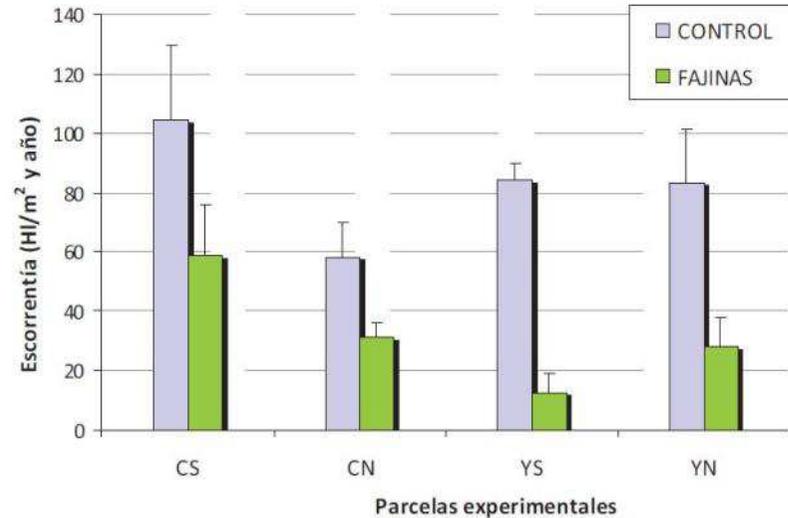
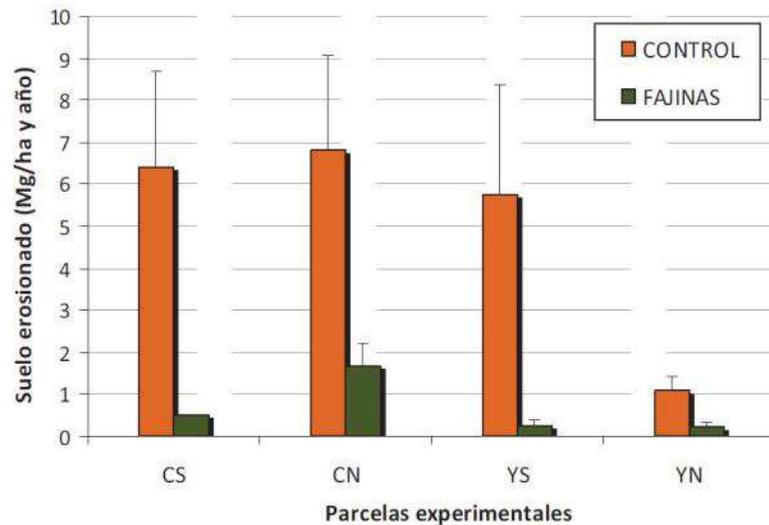
Albarrada (Foto: A. Hernández)



“Fajina armada” (Tardío y Caballero, 2008)

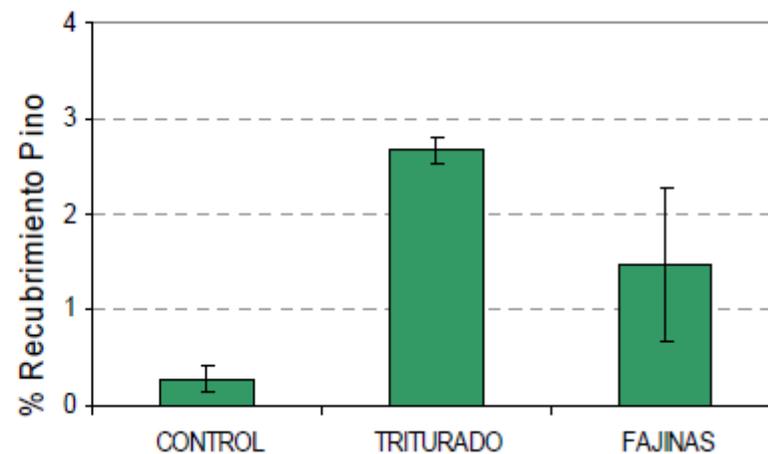
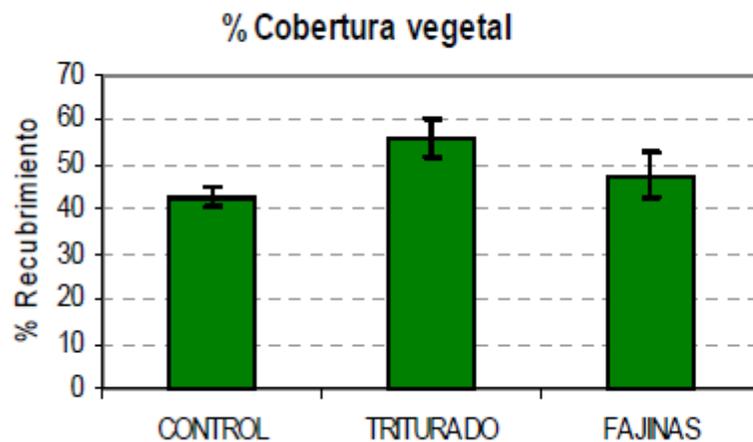


Foto: A. Hernández



**Disminución de la emisión de sedimentos y de escorrentía debida a las fajinas (Tauste, Zaragoza).
Sánchez et al., 2013.**

Redujeron la emisión de sedimentos hasta en un 75% en litología caliza y hasta en un 64% en zonas de yesos, y la escorrentía en un 50% en calizas y hasta en un 80% en yesos



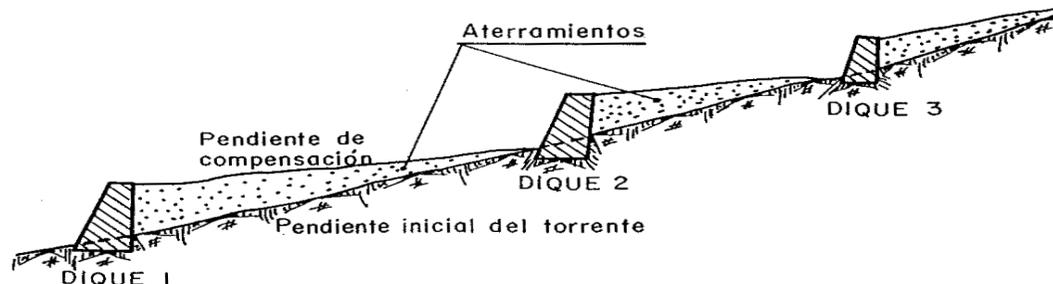
**Incremento de cobertura vegetal y de *Pinus halepensis* debida a las fajinas (L'Alcalatén, Castellón).
Gimeno et al., 2010.**

3. LAS ACTUACIONES DE CORRECCIÓN EN LOS CAUCES (HIDROTECNIAS)

3.1. Obras transversales (perpendiculares al eje del cauce)

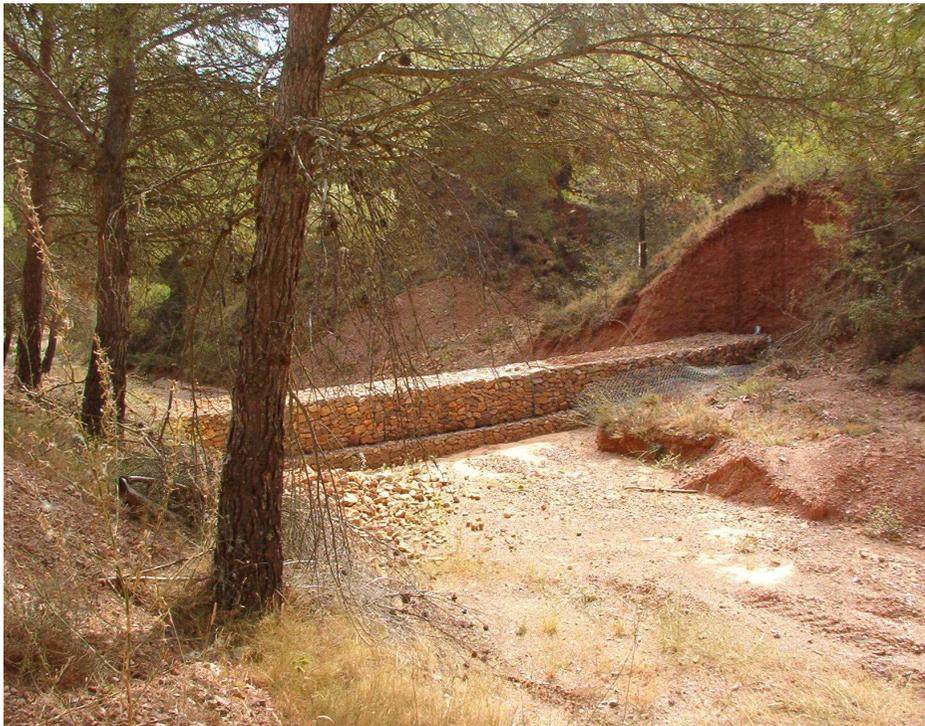
Efectos de las obras transversales (diques)

- 1) **Primera fase: el vaso de embalse ESTÁ VACÍO de sedimentos. Efecto de presa o embalse** (“damming effect”). Las aguas se frenan, pierden energía tractiva y **depositan los sedimentos**, en especial los más gruesos. Podemos forzar más o menos la retención de agua, creando **pequeños embalses**, de gran interés para la fauna y para la recarga de acuíferos, en especial en las zonas áridas, donde la torrencialidad es frecuente.
- 2) **Segunda fase: el vaso SE VA LLENANDO de sedimentos.** Se sigue reteniendo agua (cada vez menos), pero el aterramiento aguas arriba eleva el cauce hasta alcanzar una pendiente **MENOR** que la original (“**pendiente de compensación**”), por lo que las aguas **se frenan más**: por menor pendiente y por mayor anchura del cauce.
- 3) **Tercera fase: el vaso SE HA LLENADO de sedimentos.** No se retiene agua, pero el efecto de frenado se maximiza, porque los sedimentos se pueblan de vegetación (espontánea o plantada). Además, la cuña de sedimentos ejerce una función consolidadora de las laderas: sirve de **apoyo no erosionable** (hay equilibrio dinámico entre la cuña y los caudales sólidos circulantes), y los materiales que caigan de las laderas estarán alejados del cauce y formarán un nuevo terraplén natural de equilibrio





Las tres fases de la acción correctora de un dique transversal



Tipos de diques transversales (1)

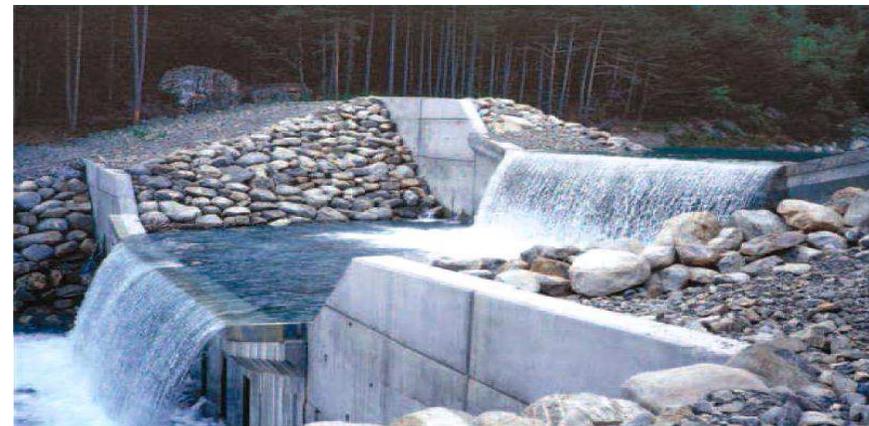
- 1) **Diques de mampostería:** Usan mampuesto: fragmentos de piedra preparada, pero sin labrar (=cantería), colocados con cierto orden, y con aglomerante o no.
 - **Hidráulica:** usa el **mortero** para la unión dotando de **impermeabilidad**, ofreciendo una excelente **integración en el paisaje**. Por escasez de mano de obra especializada, tiende a ser sustituida por hormigón en masa revestido de mampuesto, o por encofrado perdido de mampostería hidráulica relleno con hormigón ciclópeo (a cuya masa, una vez vertida, se incorporan bloques). Precisan de **empotramientos rígidos e impermeables**.
 - **Gavionada:** jaulas metálicas cosidas y atirantadas (“gaviones”). Ventajas (además de economía): Relativa elasticidad que soporta deformaciones en cimientos y en empotramientos poco rígidos; Permeabilidad parcial (hasta que se satura internamente de sedimentos), que disminuye el empuje del agua.



Tipos de diques transversales (2)

2) **Diques de hormigón:** construcción sensiblemente más sencilla que en la mampostería. Precisa empotramientos rígidos, excepto el armado.

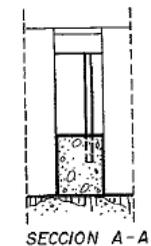
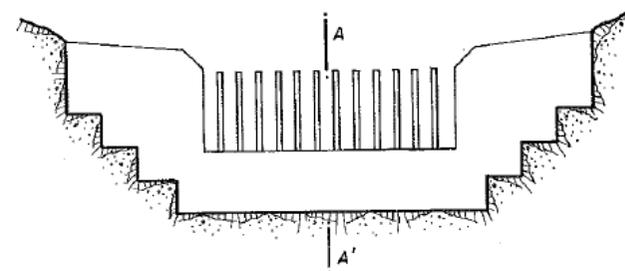
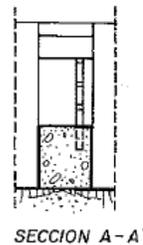
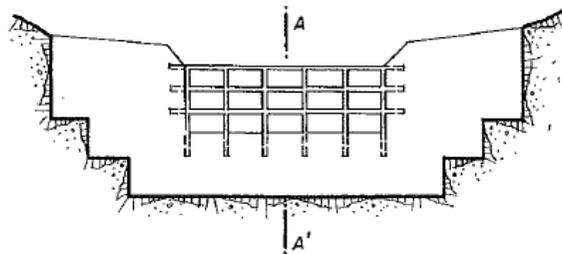
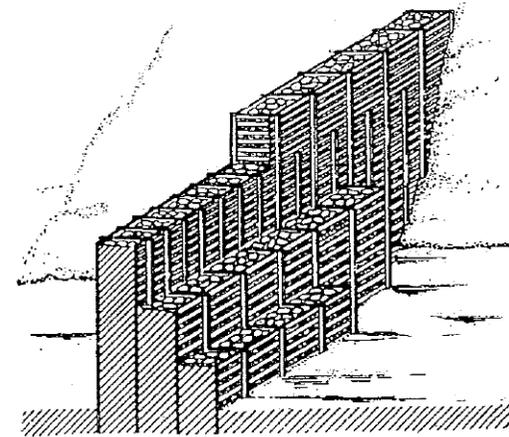
- **En masa:** ejecución muy sencilla, pero el agua se infiltra con facilidad en su interior, y puede causar tensiones intersticiales.
- **Ciclópeo:** cuidado de que el reparto de los bloques sea homogéneo, y no deje huecos.
- **Armado:** poca tradición en la Ingeniería de Montes española, porque permite regular peor la descarga de los caudales líquidos aguas abajo. Ventaja: no precisa empotramientos rocosos y su volumen de obra es mucho menor.



Tipos de diques transversales (3)

3) **De materiales sueltos:** tierra compactada, tierra armada o escollera. Muy poco usados en corrección torrencial: problemas para evacuación del agua; imposibilidad de troneras; necesitan mucha anchura; peligro de deslizamiento en masa de los de escollera. O tienen pantallas o macizos impermeables; o son complementarios de diques de otro tipo.

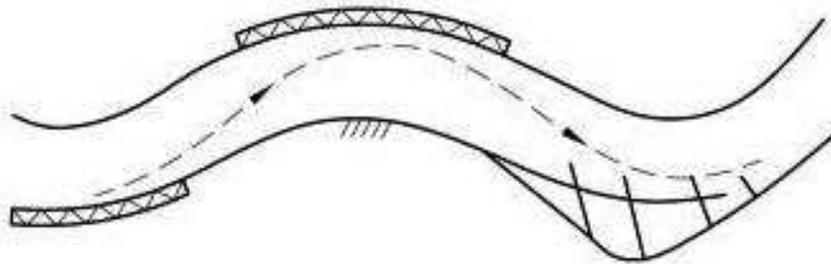
4) **De materiales mixtos:** de fábrica celular con armazón de vigas enlazadas, reticular; de rastrillo; filtrante de bloque de hormigón prefabricado, etc.



3.2. Obras longitudinales (paralelas al eje del cauce)

Efectos de las obras longitudinales

- 1) La corrección de un torrente **PARECE** reclamar **intuitivamente** obras longitudinales (“encauzamientos”) en la parte baja de la cuenca, PERO:
 - El torrente canalizado alcanza **velocidades muy superiores** a las anteriores: **agrava el problema erosivo aguas abajo**; y puede producir erosiones fuertes junto a los muros.
 - Las canalizaciones en los conos de deyección se colmatan de sedimentos en su parte baja.
 - Algunas actuaciones típicamente fluviales son inútiles: el dragado (la excavación para ampliar la sección transversal) sólo tiene en los torrentes efectos muy limitados en el tiempo.
- 2) Conclusión: Las obras longitudinales son **COMPLEMENTARIAS** de las transversales para:
 - Prevenir los deslizamientos de laderas (obras de contención): no se suelen usar en corrección torrencial porque los diques transversales ya cumplen esta función.
 - **Evitar la erosión lateral** (obras de protección o de defensa contra la erosión).
 - **Defender las orillas y márgenes** del cauce contra las inundaciones, **SÓLO** para protección de bienes y personas (obras de adecuación de cauces, en particular encauzamientos)



Obras longitudinales contra la erosión lateral (1): técnicas pasivas

No modifican el régimen de la corriente.

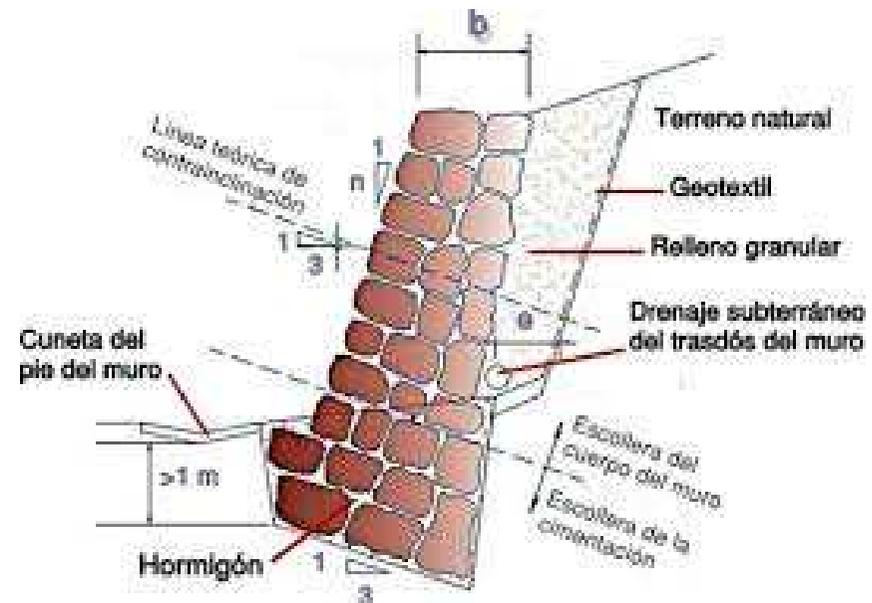
Malecones (muros, o diques longitudinales):
barreras continuas de fábricas no erosionables.

- Rígidas o deformables (gaviones).
- Insumergibles (restringen la inundación), o sumergibles (definen un cauce de avenidas ordinarias, pero permiten la inundación sobre ellos).

Escolleras: revestir las márgenes de materiales sueltos de mayor diámetro que los del lecho.

Exigen construir un sistema de drenaje de la cuenca adyacente hacia el cauce.

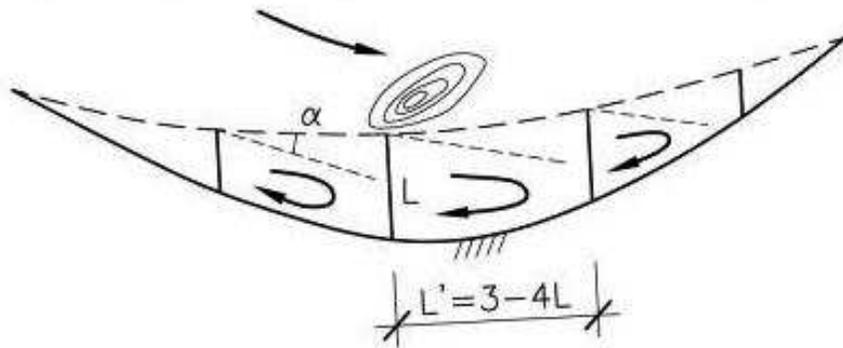
Las **replantaciones o recubrimientos vegetales de márgenes** pueden ser complementarias o incluso sustitutivas de malecones o escolleras.



Obras longitudinales contra la erosión lateral (2): técnicas activas

Modifican el régimen de la corriente.

Espigones transversales: exigen un adecuado estudio, porque pueden causar recirculación y erosión local. Reducen la sección útil del cauce, luego incrementan la erosión del centro del cauce, y causan torbellinos junto a las cabezas de los espigones.



Obras longitudinales contra inundación de márgenes

Encauzamiento: conseguir que una sección transversal pequeña evacue un caudal grande, **reduciendo la rugosidad y aumentando la pendiente** longitudinal del cauce. Es útil:

- Si hay personas o bienes relevantes en peligro, en especial **cascos urbanos**.
- Para encauzar las descargas en el cono de deyección, **sabiendo que el cono sigue siendo peligroso**.

Partes:

- Muros longitudinales para delimitar el cauce en espacios relativamente reducidos; a veces con otras obras de protección localizada –máscaras, refuerzos, espigones, etc.–

- Lecho:

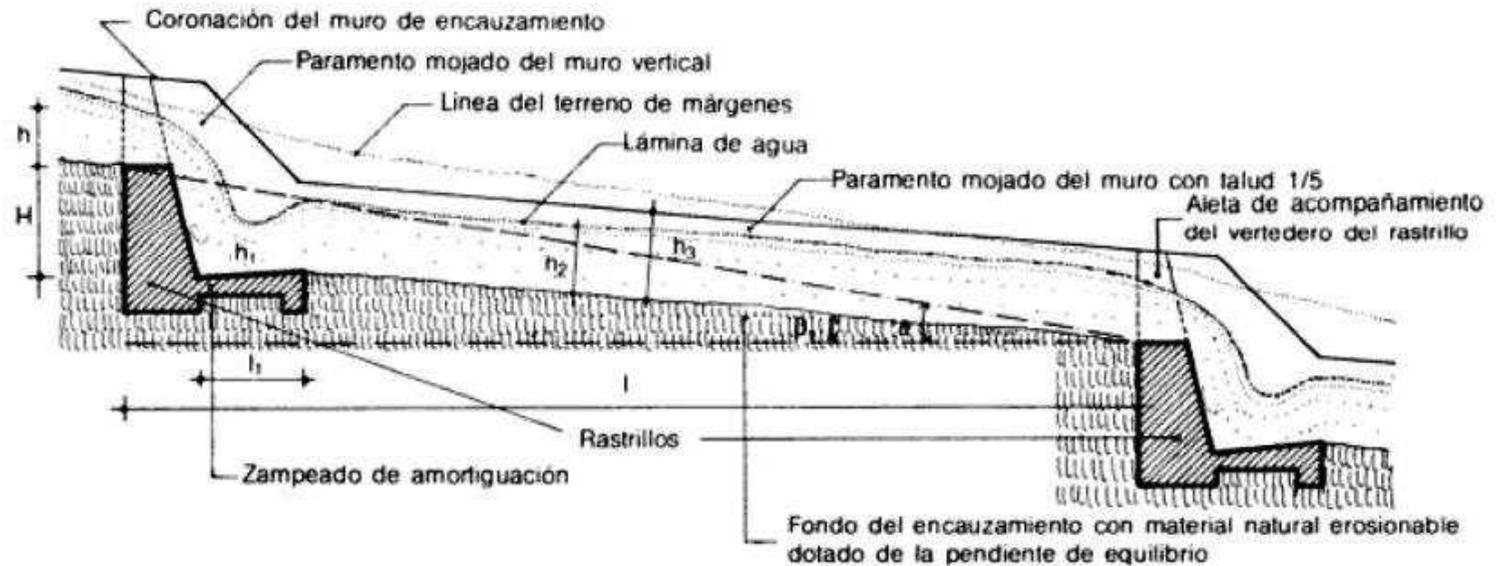
No erosionable: solera resistente continua (hormigón ciclópeo, mampostería hidráulica o escollera con mortero).

“Encauzamiento naturalizado”: materiales de revestimiento del lecho que resistan la tensión tractiva.

Encauzamientos escalonados de tramos erosionables (**obras mixtas**): canal escalonado por rastrillos entre los cuales se dota al lecho de la pendiente de compensación. Obra bastante naturalizada. PERO los materiales que transporte el torrente han de ser de diámetro pequeño (como máximo, gravas).



Torrente de Arás (Biescas):
encauzamiento con canal rápido
y solera resistente



Encauzamiento con
tramos erosionables



**Canalización de un curso torrencial
con planteamiento hidrológico-forestal
y ecológico: la defensa del casco
urbano del Pont de Suert, Lérida
(1972-1978)**



**Autor: Ingeniero de
Montes D. Antonio Pérez-
Soba Baró (1931-1985)**



Obras complementarias o sustitutivas de las longitudinales clásicas

- **Biotecnias:** tratamientos selvícolas en la vegetación de los márgenes (desbrozado de malezas, poda, retirada de pies secos o decrepitos, claras selectivas).



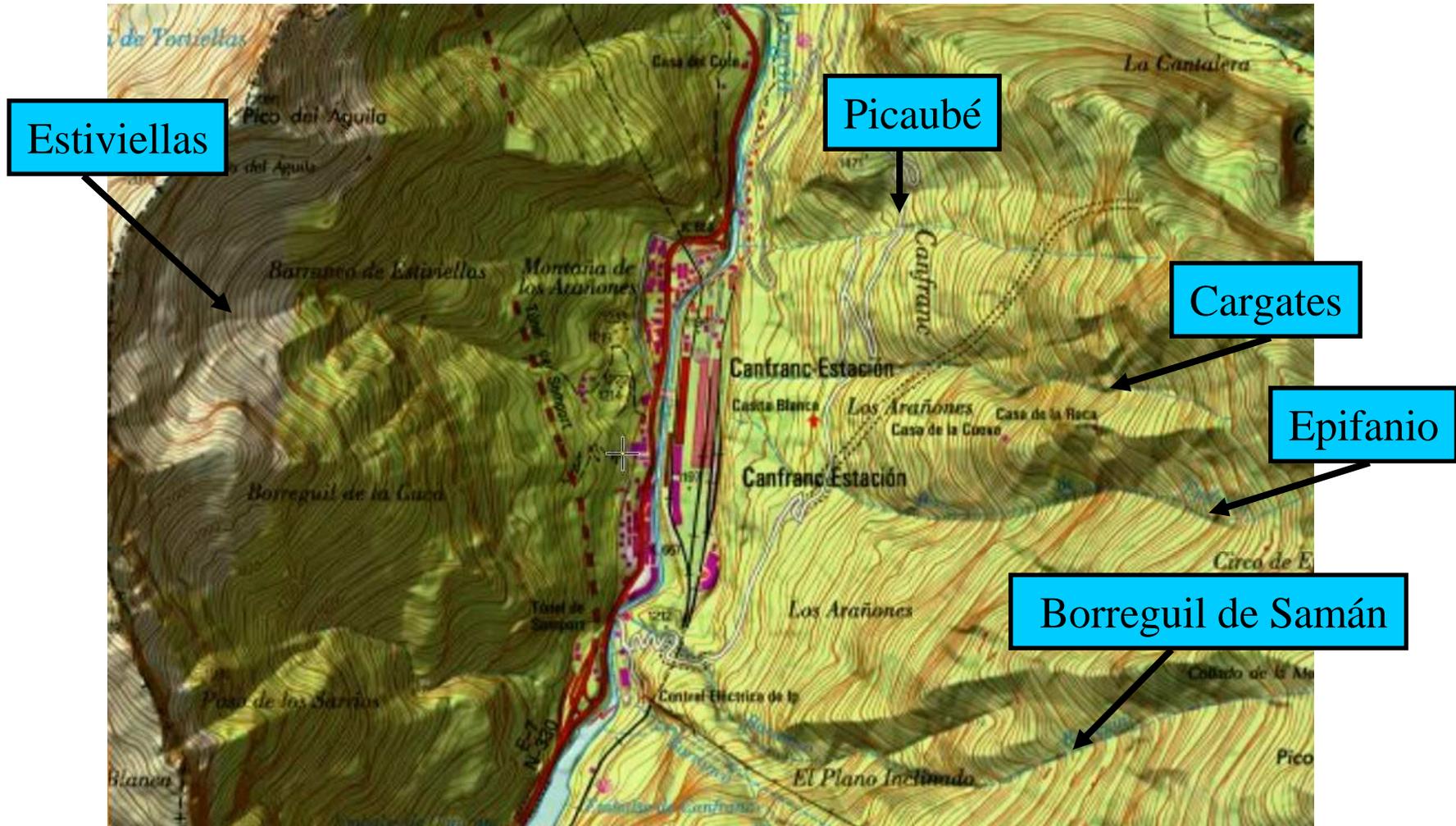
- **Creación de cauces alternativos:** en crecidas por encima de la de cálculo evacuan los excedentes de caudal

4. UN EJEMPLO EXTRAORDINARIO, ANTIGUO, ARAGONÉS Y POCO CONOCIDO: LA DEFENSA DE LA ESTACIÓN DE CANFRANC

Valga como ejemplo de cuanto se lleva expuesto el somero análisis de una de las más impresionantes obras hidrológico-forestales de España, y aun de Europa entera: la ingente, asombrosa, obra realizada por la Sexta División Hidrológico-Forestal para la defensa contra aludes y torrentes de la estación internacional de Canfranc.



En el Convenio hispano-francés de 1880 para la línea férrea transpirenaica Zuera-Olorón se preveía una Estación Internacional en Villanúa. Pero el Ministerio español de Guerra reclamaba una ubicación que pudiera ser batida, en caso de invasión, por la artillería del collado de los Ladrones. En 1890 se propone el llano de los Arañones, que se aprueba en un Convenio de 1908.



La estación se hallaba justo en la desembocadura de cuatro torrentes por la izquierda del Aragón y de uno por la derecha, todos con gran actividad torrencial: Estiviellas tenía una pendiente media del 52%, con un desnivel de 1.300 m, y en Epifanio la pendiente era del 55% y el desnivel de 1.450 m. Por todos se desprendían importantes aludes que llegaban hasta el fondo del valle.

“Cuando pudieron ser estudiados de cerca estos puntos, origen de tan serias amenazas, el problema se agrandó súbitamente hasta adquirir proporciones gigantescas, y quizá pueda afirmarse que hoy día, entre sus similares, no lo hay de tal magnitud en Europa”.

¡Y las obras para la estación ya habían empezado!



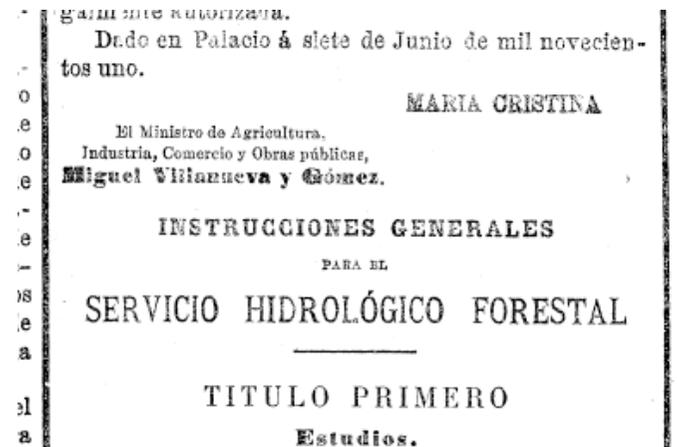
La Sexta División Hidrológico-forestal

Desde el inicio había estado muy presente, dentro del Cuerpo de Ingenieros de Montes, la necesidad de restaurar las cuencas torrenciales (*Memoria sobre la inundación del Júcar en 1864*, de Miguel Bosch).

No obstante, no es hasta 1888 cuando se crean las Comisiones de Repoblación de Lozoya, Júcar, Segura y dunas del SO.

En 1901, dentro de un importante conjunto de reformas forestales, se crean las Divisiones Hidrológico-Forestales (RD de 7-6-1901). Serán servicio independiente hasta 1952, en que se integran como “Servicios Hidrológico-Forestales” en el Patrimonio Forestal del Estado. Desparecen definitivamente en 1971.

La Sexta División Hidrológico-Forestal (“Cuenca media del Ebro”) se encargó de las cuencas de los ríos Aragón, Gállego (pirenaicos) y Jalón (ibérico).



Principales Ingenieros de Montes autores de los proyectos de defensa de la Estación internacional de Canfranc



*Benito Ayerbe Aísa
(1872-1917)*

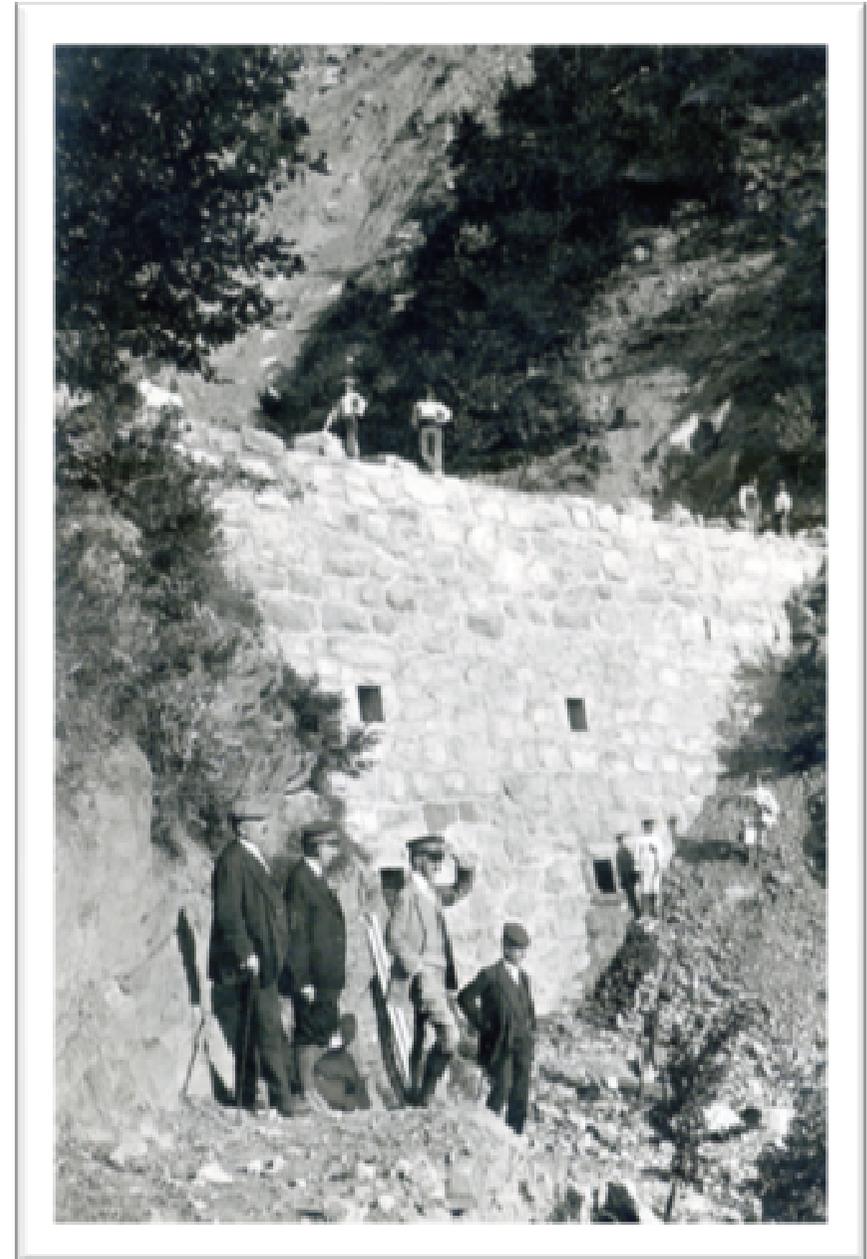


*Florentino Azpeitia Florén
(1891-1969)*



*José María Ayerbe Vallés
(1902-1972)*

“Benito Ayerbe, observador como pocos, y enamorado de su obra como ninguno, me decía siempre: En estos torrentes no hay proyecto posible de corrección a priori; hay que corregirlos como ellos indiquen; hay que estudiarlos constantemente, porque cada año, con el deslizamiento de la nieve, varían por completo las características. Yo pensaba emplazar aquí un dique de tal clase, y al bajar el alud me descarnó la ladera, dejándome al descubierto variaciones en el perfil, y he tenido que variar mi propósito. Si hago el año pasado tal obra, como me proponía, hubiera sido completamente ineficaz” (Bernad, 1919).



1915-1916: Los aludes destruyen varios edificios en la explanada, pero ninguno procedió del Epifanio, donde se habían iniciado las obras de defensa.

1916: Se designa al joven Ingeniero de Montes Florentino Azpeitia Florén, para ayudar a Ayerbe en la elaboración del proyecto definitivo.

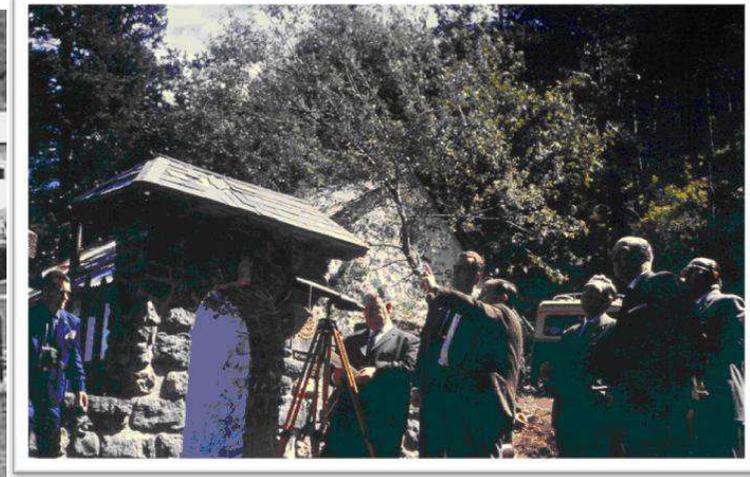
1917: Benito Ayerbe fallece repentinamente.

1919: Azpeitia, auxiliado por Miguel Ganuza del Riego, termina el proyecto definitivo a partir de las ideas de Ayerbe. Aprobado por RO de 19-9-1919.

Presupuesto: 6,16 MPta (50% España-Francia). Partida de 1920: 1,0 MPta. RD de 18-6-1920 permitió que las obras se ejecutaran por administración.

Junio de 1925: La ejecución del proyecto de 1919 está muy avanzada. Inversión de 6,0 MPta.





18 de julio de 1928: La estación se inaugura con la presencia de Alfonso XIII y el presidente de la República francesa. Pedro Ayerbe presenta las obras al Rey.

1930: El proyecto queda finalizado. Inversión de 8,2 MPta.

4-6-1932: O.M. que ordena redactar un Proyecto de obras complementarias.

1936: Proyecto elaborado por el Ingeniero de Montes Herminio Estéfano Barrón.

1947: Nuevo Proyecto de José María Ayerbe.

1970: La SNCF cierra unilateralmente el tránsito internacional, hasta hoy.

1972-actualidad: Obras complementarias hasta 1985, y de conservación desde entonces. José María Ruiz-Tapiador Martínez y Carlos Revuelta Salinas.

Repoblaciones 1908-1930

290 ha restauradas por regeneración natural y acotamiento al pastoreo.

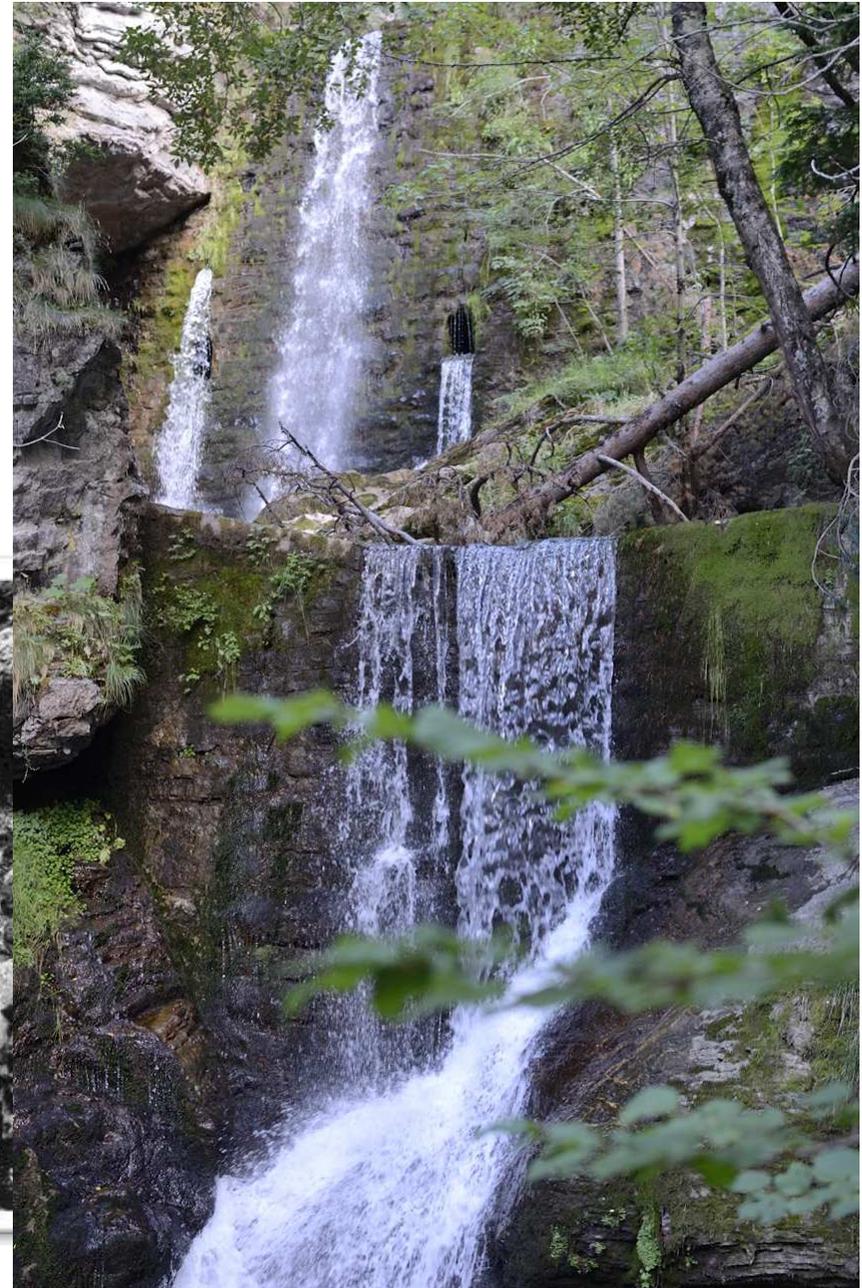
Plantaciones: en 350 ha de laderas, cauces, aterramientos, taludes, etc. **Casi 7 millones de plantas**, 10 viveros “volantes”.

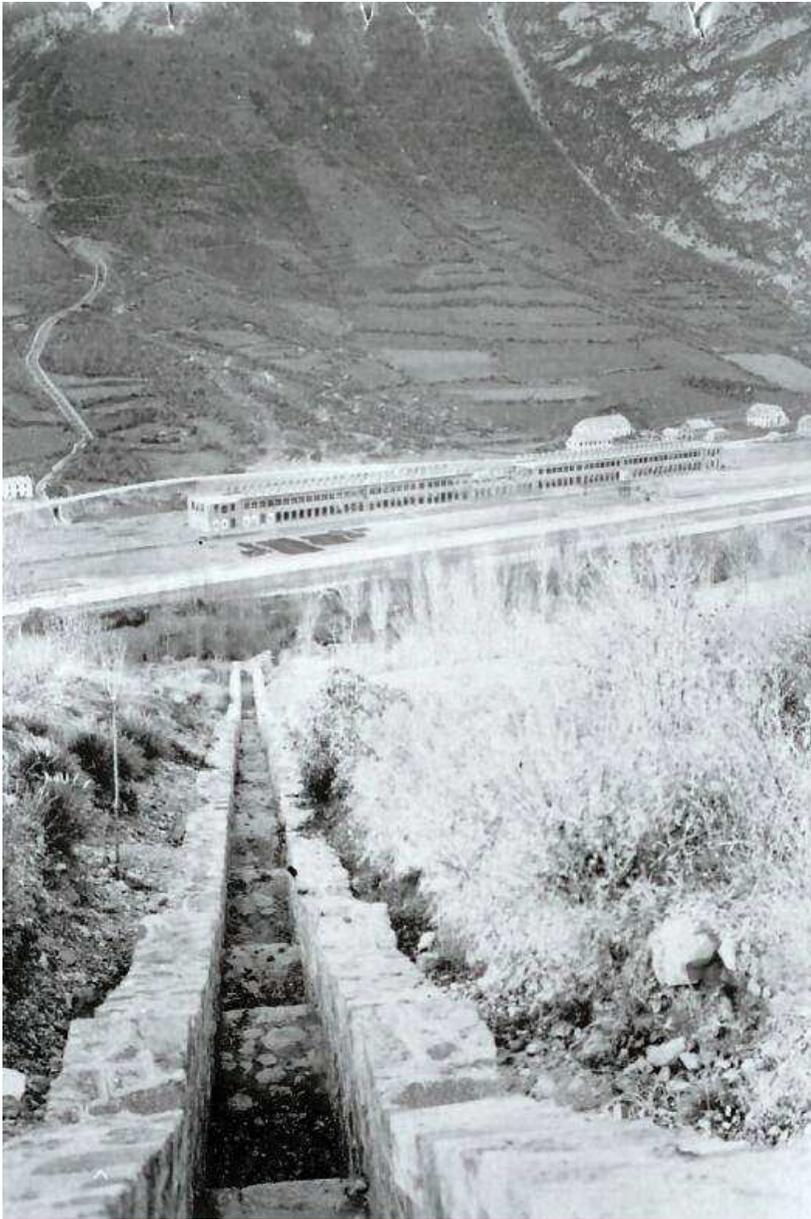
Pinus uncinata y *Pinus sylvestris*... y 23 especies más (sin contar las “varias”):
hayas, avellanos, arces, chopo temblón, sauces, olmos, abetos, alisos, serbales...



Diques proyecto 1919

71 diques, entre 3 y 15 m: 22 en Picaubé, 12 en Cargates, 14 en Epifanio, 13 en Borreguil de Samán y 10 en Estiviellas.





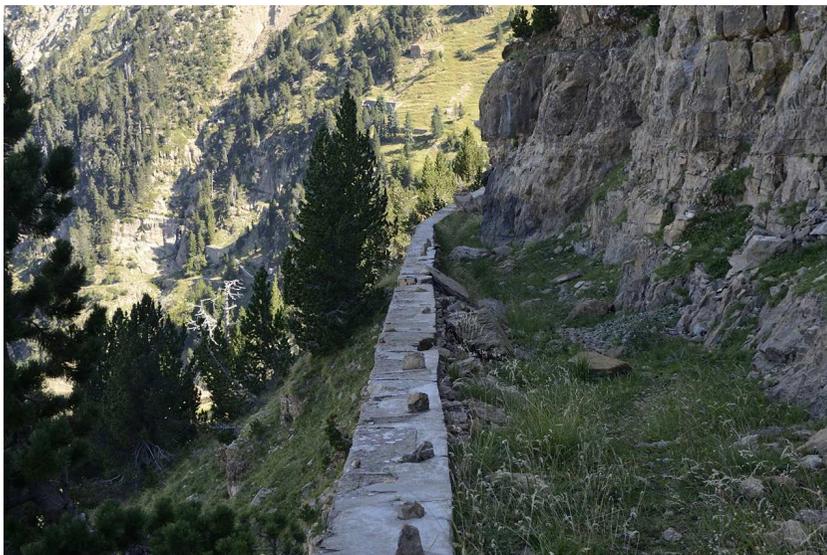
Canalizaciones proyecto 1919

Cuatro canalizaciones en Estiviellas, Epifanio, Cargates y Borreguil de Samán, de 4 a 4,5 m de anchura, con diques transversales para salvar el desnivel. Dos canales en la torrentera Abós y en la Fuente del Besque. L=1.281 m; D= 325 m.

Trabajos de corrección de aludes en su cuenca de formación.

Cientos de banquetas, terrazas o puentes de nieve, muros de sujeción, diques rústicos, redes...

Diseños originales: banquetas continuas o banquetas-caminos, banquetas de césped.

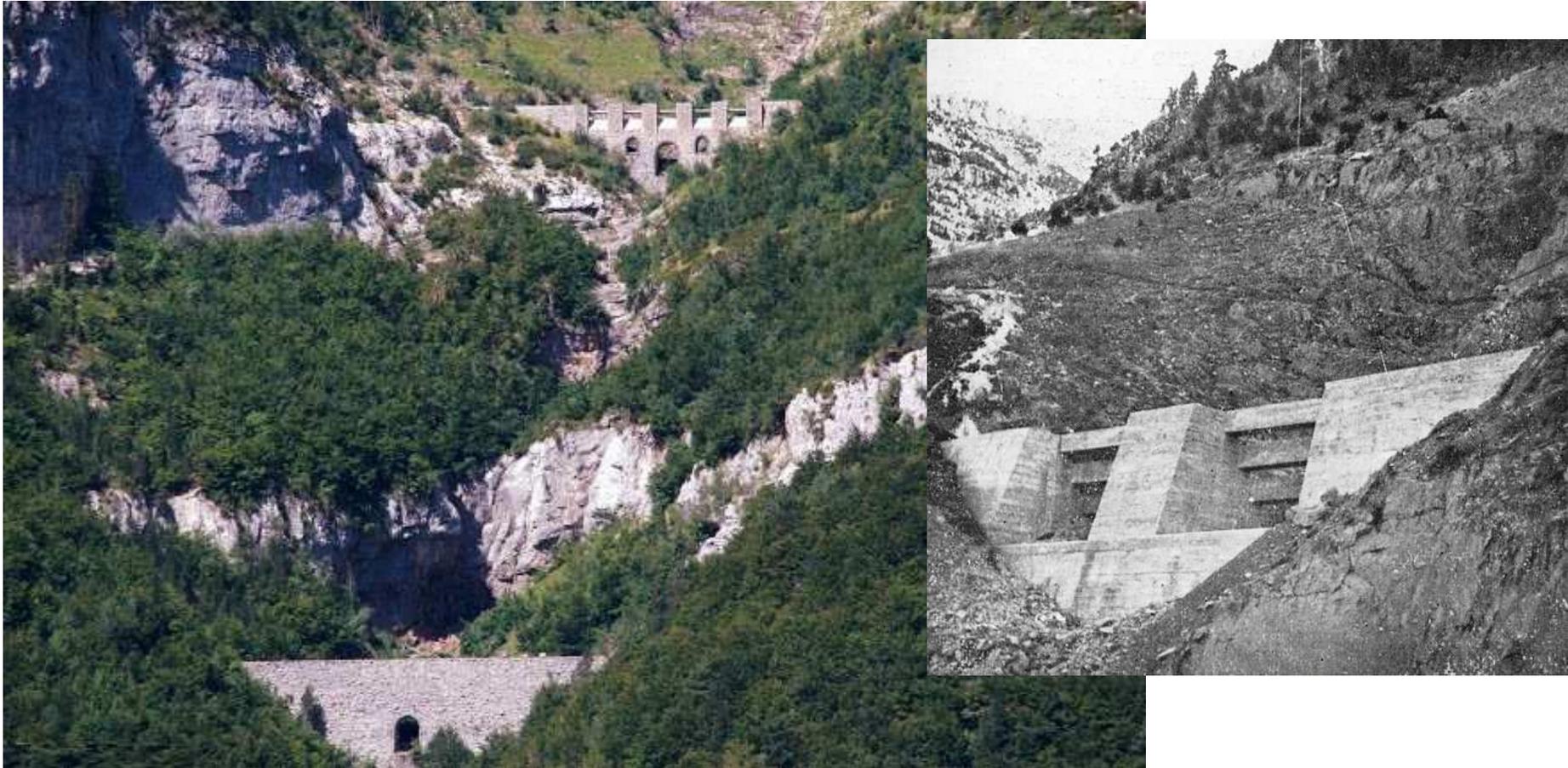


La invención del dique vacío

Benito Ayerbe inventó en Canfranc, en torno a 1915, el “dique vacío”: muy resistente y alto pero con una alcantarilla muy grande, que retiene el alud pero deja pasar los arrastres que lo acompañan, sin forzar la estructura.



El año 1914 ó el 1915 desarraigó el viento dos grandes pinabetes en el Epifanio. Llegó la primavera, y el alud se deslizó, llevando los pinabetes. Bajó unos 200 metros y se detuvo sin causa aparente. A los pocos días la parte baja del alud se desprendió, y la parte alta, de 25 ó 30.000 metros cúbicos, quedó detenida por los pinabetes, que se habían empotrado atravesados en el cauce. Siguió el deshielo, y allí licuaron poco á poco las masas de nieve detenidas. Benito Ayerbe se dijo á si mismo: Si dos pinabetes cruzados me producen este efecto, un robusto dique, con un gran mechinal en el centro, debe ser muchísimo mejor. Propuso uno, con el temor natural de todas las innovaciones, y el resultado fue sencillamente maravilloso. (Bernad, 1919).



Trabajos de detención de aludes en las gargantas.

12 diques vacíos: 3 en Cargates, 5 en Epifanio y 4 en Estiviellas, de 13-25 m. Además, 2 diques de tierra o de césped, a la entrada de los conos de deyección de Estiviellas y Epifanio. A partir de 1947, se complementaron con los diques-rastrillo de J.M. Ayerbe.

Obras “auxiliares”

Cinco grandes albergues para alojar a los trabajadores en cotas superiores a los 2.000 m.

21 almacenes pequeños a pie de obra. 5 almacenes centrales.

2 garajes.

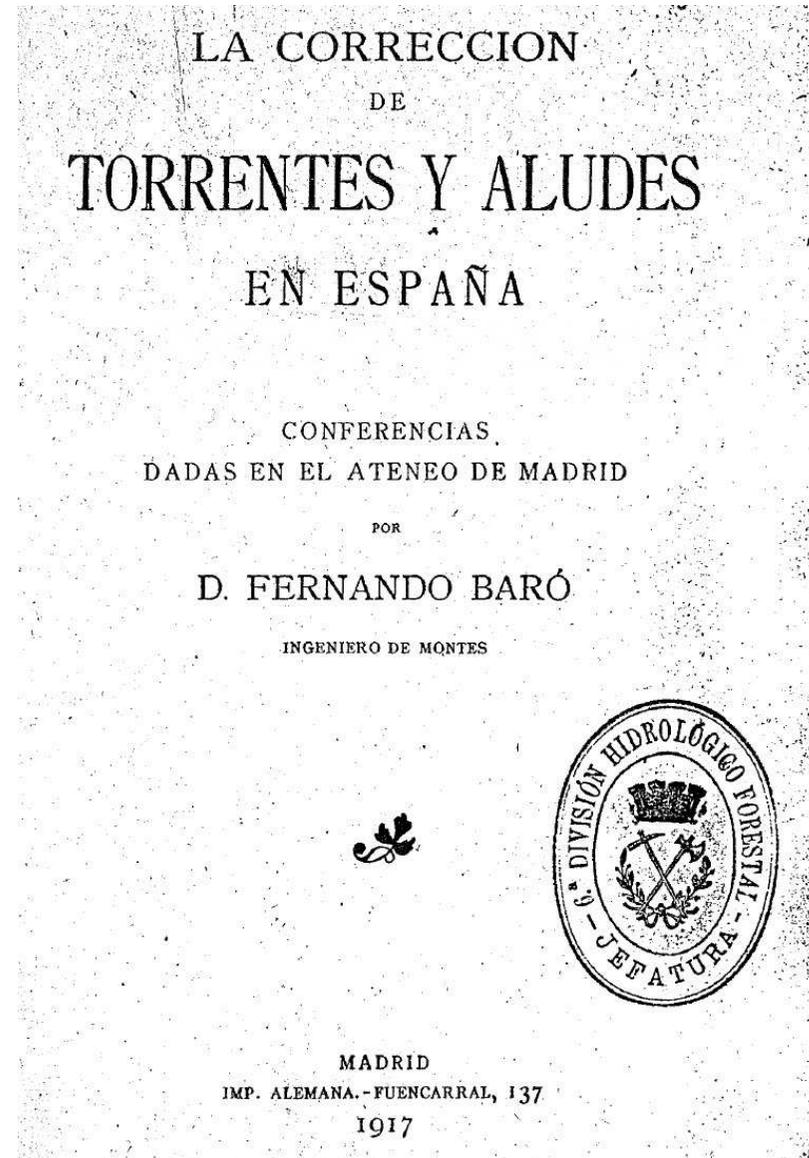
2 cuadras.

3 km de carretera y más de 85 km de caminos



“Seguid el ejemplo de esos dignísimos Ingenieros cuya obra os he mostrado (...) han luchado con el torrente y lo han vencido, faltos de recursos materiales muchas veces, faltos del aura popular cuya enemiga han soportado con esa heroica resignación que da la fe en la causa y en la ciencia, y ni aun siquiera han recibido el justo aplauso de quienes debieran reconocer la utilísima labor que han realizado”.

Fernando Baró Zorrilla
Conferencia en el Ateneo de
Madrid, 17 de marzo de 1917.





**Gracias por su atención...
y por su paciencia**

Correo electrónico: iperezs@aragon.es