

EL PAPEL DEL BOSQUE EN LA REGULACIÓN DE LOS CICLOS DEL AGUA Y DE LOS SEDIMENTOS EN CUENCAS DE CURSOS TORRENCIALES, ANTE LA INCIDENCIA EN ELLAS DE EVENTOS METEOROLÓGICOS EXTRAORDINARIOS: ASPECTOS PRÁCTICOS.

Juan Ángel Mintegui Aguirre

Unidad de Hidráulica e Hidrología. Departamento de Ingeniería Forestal.

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes

Universidad Politécnica de Madrid.

e-mail: juanangel.mintegui@upm.es

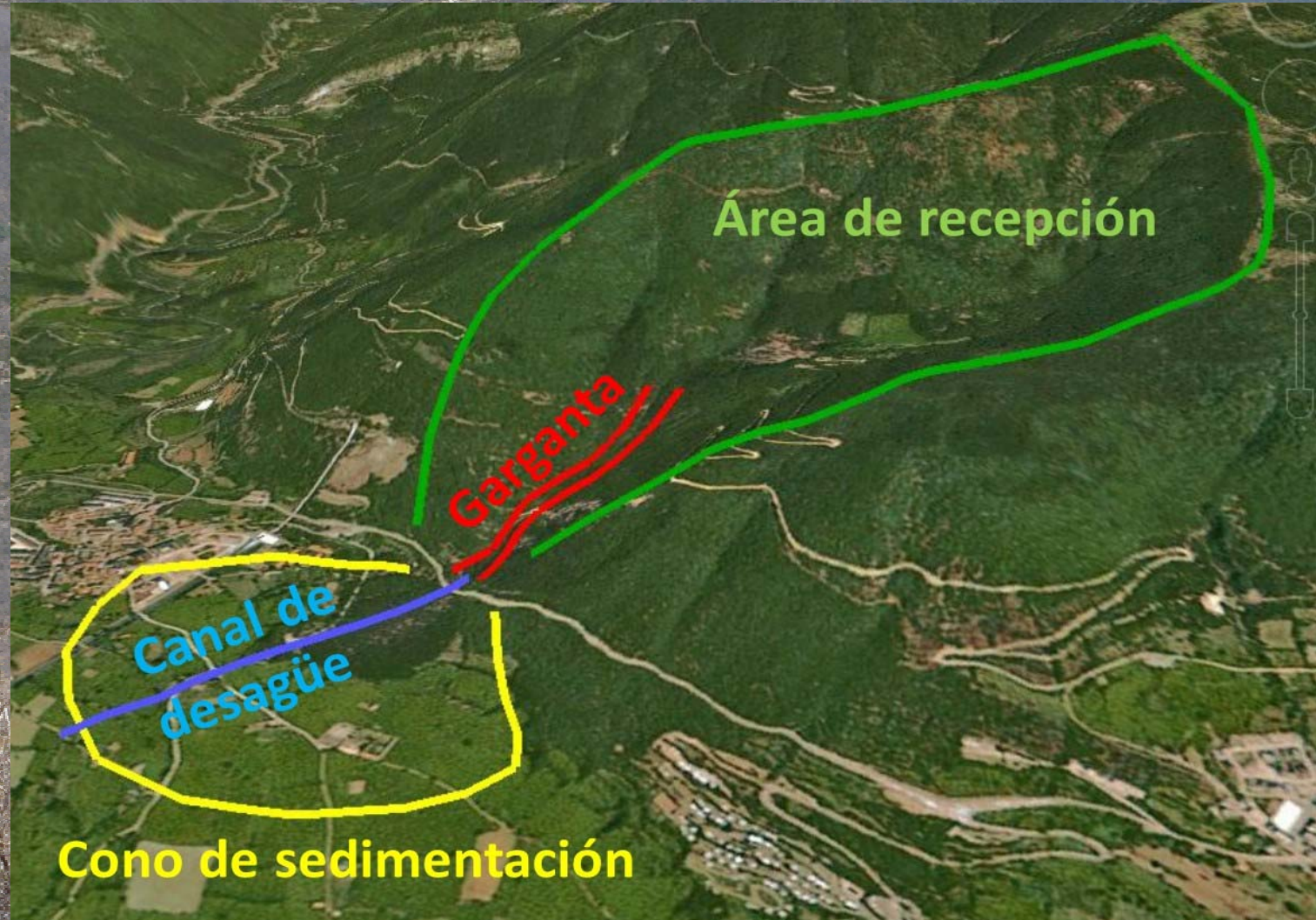
RELACIÓN AGUA-BOSQUE: EL ARBOLADO COMO MEDIO PARA FRENAR EL GEO- DINAMISMO TORRENCIAL EN LAS CUENCAS DE MONTAÑA

- a) Recordar el Geo-dinamismo torrencial y morfología las cuencas de montaña;
- b) Repasar la evolución del modo de entender la protección del bosque a las cuencas de montaña;
- c) Análisis de la incidencia del bosque en los ciclos del agua y de los sedimentos dentro la cuenca;
- d) Tipos de reforestaciones atendiendo a los objetivos que se pretenden con ellas y
- e) Ejemplo: Corrección del torrente de Arratiecho y restauración hidrológico-forestal de su cuenca.

Los efectos del geo-dinamismo torrencial en la cuenca hidrográfica



Diferentes partes de una cuenca torrencial de montaña (cuenca del torrente de Arratiecho, en el Pirineo de Huesca)



Repasar la evolución del modo de entender la protección del bosque a las cuencas de montaña

- **Andréassian (2004)**
- **Surrell (1841)**
- **Becquerel (1853) Surrell & Belgrand (1853)**
- **Thiery (1891)**
- **García Nájera (1943)**
- **Meunier (1991)**
- **López Cadenas de Llano (1988)**
- **Mintegui & López Unzu 1990; Mintegui *et al* 1993**
- **Lenzi *et al.* (2000)**

La incidencia del bosque en los ciclos del agua y de los sedimentos dentro de la cuenca vertiente

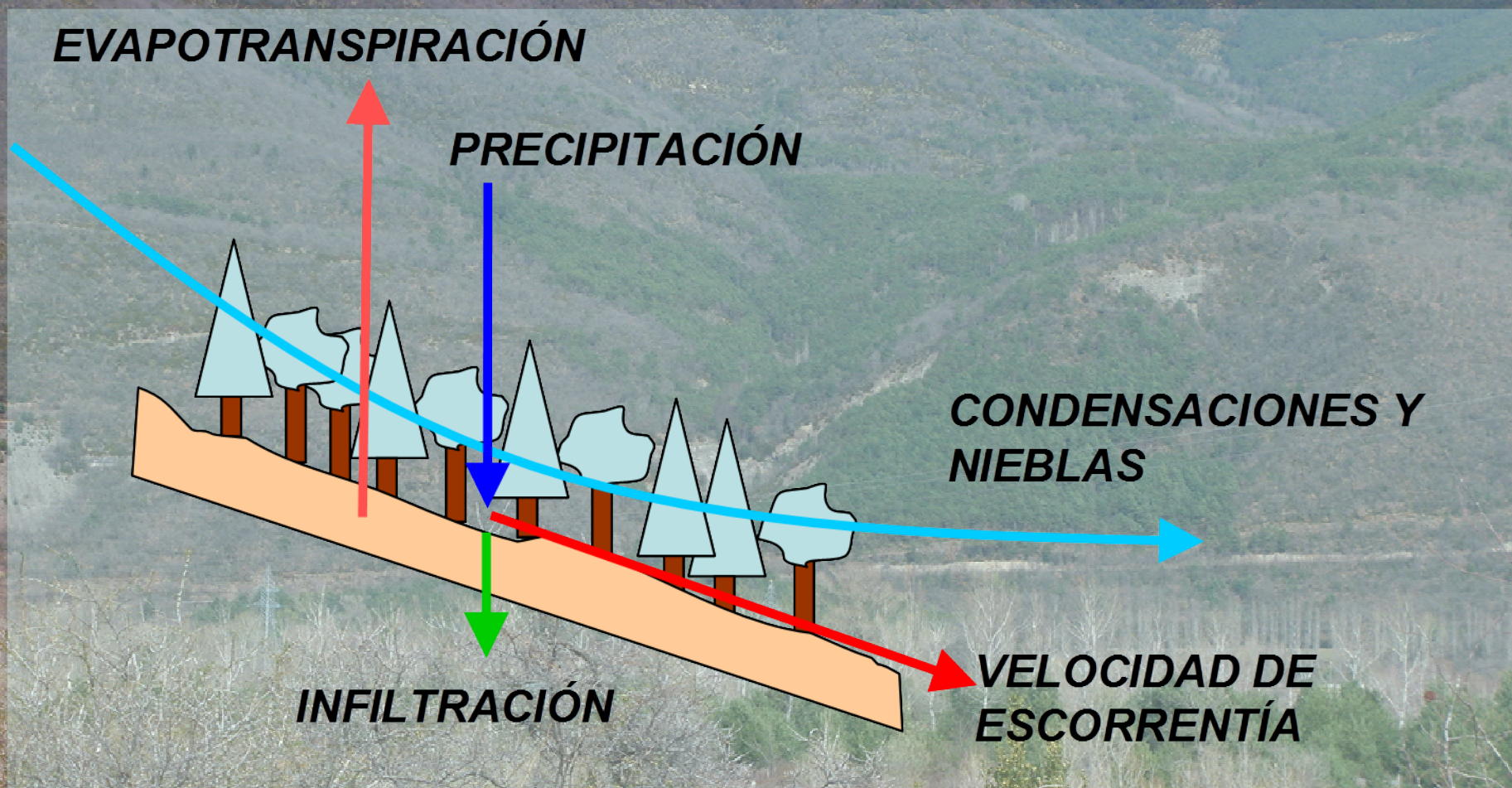
- Cuestiones previas:
 - a) El agua como elemento cumple con la ecuación de continuidad;***
 - b) El agua en su recorrido por la cuenca verifica la ecuación de la dinámica;***
 - c) En la práctica no se puede entender el ciclo del agua de un modo atemporal, sino ligado al periodo analizado;***
 - d) El bosque existe de forma natural y estable donde se dan las condiciones climáticas y edáficas para instalarse y tiende a una formación climax que es la más estable***

La incidencia del bosque en los ciclos del agua y de los sedimentos dentro de la cuenca vertiente

- 1. La protección de la cuenca ante los efectos que le puedan causar los eventos torrenciales**
 - El bosque en la laminación de las avenidas e inundaciones***
 - El bosque en el control del geo-dinamismo torrencial***

- 2 Las necesidades hídricas del bosque y su repercusión en las disponibilidades de agua en la cuenca**
 - La repercusión de las superficies arboladas en las disponibilidades hídricas de la cuenca vertiente***
 - El bosque en el origen de las precipitaciones***

Síntesis de los efectos del bosque en el ciclo del agua



La incidencia del bosque en el ciclo del agua dentro de la cuenca vertiente:

A) Cuestión previa a considerar; diferenciar:

- 1) Los cortos pero intensos intervalos en los que suceden los eventos torrenciales y**
- 2) Los prolongados periodos que discurren entre eventos torrenciales consecutivos.**

B) Pregunta: ¿En que medida contribuye el bosque a laminar las avenidas e inundaciones?

- 1) Cuestiones a considerar: Diferenciar las grandes cuencas fluviales de las pequeñas cuencas de montaña.**
- 2) Máximas: a) que en las cuencas hidrográficas, cualquiera que sea su tamaño, ocurren multitud de eventos torrenciales ordinarios, para los que el bosque tiene efectos beneficiosos. b) que los eventos torrenciales ordinarios son mucho más frecuentes que los extremos.**

La incidencia del bosque en el ciclo de los sedimentos dentro de la cuenca vertiente:

- A) Cuestión previa a considerar:** la misma que en la diapositiva anterior (intervalos torrenciales y periodos entre ellos)
- B) Pregunta: ¿En que medida contribuye el bosque a controlar el ciclo de los sedimentos?**
 - 1) Cuestiones a considerar:** Diferenciar las grandes cuencas fluviales de las pequeñas cuencas de montaña.
 - 2) El bosque incide:** **a)** El control de la erosión del suelo en la cuenca; **b)** La reducción de la carga sólida en suspensión que transportan los cursos que drenan por la misma; **c)** La disminución de la tensión cortante de la corriente que circula por ellos; **d)** La reducción del transporte sólido de fondo; **e)** Todo ello incide en la protección de las áreas dominadas de la cuenca.

La incidencia del bosque en el ciclo de los sedimentos dentro de la cuenca vertiente:

Un esquema básico de ordenación de los usos del suelo para protegerlos de la erosión hídrica es el siguiente:

- 1) En pendientes del terreno $p < 12\%$ se trata de suelos agrícolas, sujetos a buenas prácticas de cultivo y a la conservación de su productividad;**
- 2) Entre $12\% < p < 30\%$, los suelos pueden mantener su vocación agrícola, pero con trabajos importantes de conservación de suelos. También se pueden utilizar como pastizales;**
- 3) Los pastizales bien conservados aseguran la protección al suelo ante la erosión hasta $p < 30\%$, disminuyendo a partir de este valor con el gradiente del terreno;**
- 4) A partir de $p > 30\%$ la protección solo lo asegura el bosque (vegetación leñosa densa), pero las restantes cubiertas permanentes también protegen al suelo ante la erosión hídrica, aunque en menor medida.**

Todo lo expuesto es cierto y se fundamenta en los múltiples ensayos realizados por la USDA-Soil Conservation Service y sus ramificaciones por todo el mundo; pero es preciso considerar que en el contexto de los ensayos en ocasiones se les somete a las parcelas a una precipitación importante

Necesidades hídricas del bosque y su repercusión en las disponibilidades de agua en la cuenca

- **Pinchot (1905) Cuencas comparadas**
 - a) El efecto de la deforestación en cuencas vertientes: 1) En los años siguientes a la tala del bosque aumentan las escorrentías; 2) La sustitución del bosque por cubiertas vegetales de menor porte (ej., pastizales) pone a disposición del usuario unas aportaciones hídricas; 3) Pero, al incrementar las escorrentías, se activa junto con el ciclo del agua, el ciclo de los sedimentos y se incrementa el geo-dinamismo torrencial*
 - b) El efecto de la recuperación de la cubierta arbolada en la cuenca tras su deforestación 1) Salvo en cuencas degradadas, el bosque tiende a colonizar de nuevo la cuenca que ha sido deforestada, si no se toman las medidas para evitarlo. **Hibbert (1967); Vertessy et al. (2001)***

El bosque en el origen de las precipitaciones

- La precipitación precisa vapor de agua en la atmósfera y que éste alcance el punto de condensación. El bosque influye en ambos procesos, pero no siempre de forma simultánea y con la intensidad suficiente para que surta efecto.
- Los únicos bosques que pueden tener una influencia decisiva en el incremento de recursos hídricos de la cuenca vertiente, son los conocidos bosques nubosos, que contribuyen con su porte aéreo a la formación de las *precipitaciones horizontales* o *nieblas*, **Bruijnzeel et al. (2005)** ; **Ceballos & Ortuño (1952)**; **Ingwersen (1985)**

Tipos de reforestaciones atendiendo a los objetivos

- *En las **repoblaciones productivas**, especies de crecimiento rápido y buenas condiciones de acogida del medio, las características fisiológicas de la planta son un factor determinante en la elección de especie, para asegurar la producción. Tiene pleno sentido contemplar el balance hídrico*
- *Las **repoblaciones protectoras**, con especies de crecimiento lento, planteadas para controlar la erosión del suelo en las superficies a repoblar y para proteger a la cuenca vertiente de los efectos del geo-dinamismo torrencial. Normalmente se realizan en situaciones límites, extremando las medidas en la elección de especie (criterios climáticos) y en la preparación del suelo, para aprovechar el escaso perfil edáfico y de capacidad de recogida del agua disponible.*



1902



1910

La corrección del torrente se Arratiecho y la restauración hidrológico-forestal de su cuenca vertiente (1901-05) y su estado 107 años después

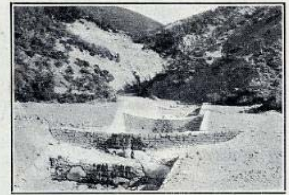
(Fotografías procedentes del archivo del INIA, 2004).



Corrección del Torrente Arratiecho en Huesca



Paso del torrente por la ladera de la carretera Ce Biescas a Gabín antes de realizarse las obras



El mismo paso del torrente Arratiecho después de realizadas las obras de corrección

El torrente Arratiecho, de la cuenca del Gállego, amenazaba seriamente destruir el pueblo de Biescas, próximo al cual corre, pues formando un obstáculo la creciente masa de arrastres, las aguas hubieran buscado el sitio más bajo y por la carretera de Biescas a Gabín hubieran invadido el pueblo.
Para evitar todo esto se han construido dos diques grandes y veintidós rústicos intermedios, y además un canal de desagüe que atraviesa el enorme cono de arrastres. Próximamente quedarán terminados otros dos diques. Con estas obras una extensa zona de la vega de Biescas, antes verdadero mar de pedregalías—como se ve en las adjuntas fotografías—podrá ser destinada a huertos, prados y cultivos, lo que aumentará la riqueza general de la zona.

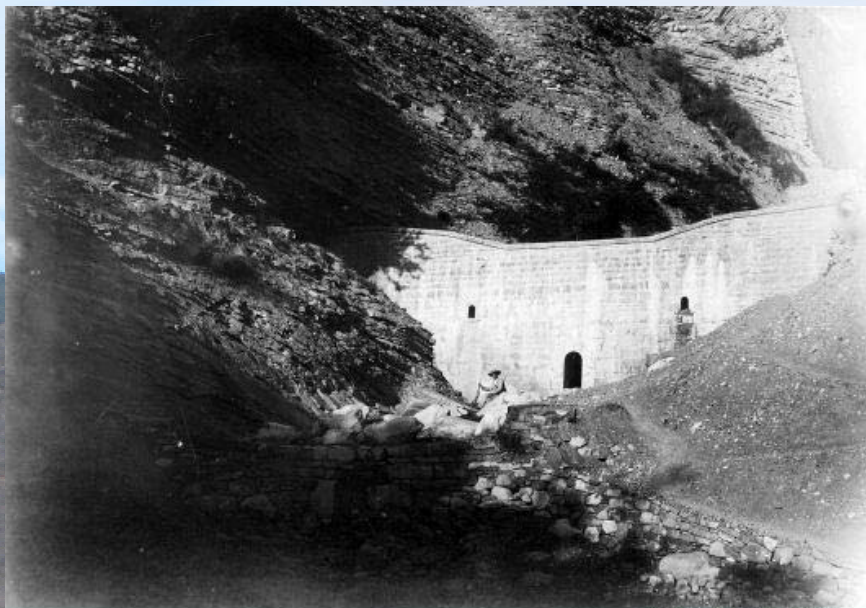
EJEMPLO: CORRECCIÓN Y RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO-FORESTAL DEL TORRENTE DE ARRATIECHO Y DE SU CUENCA VERTIENTE EN EL PIRINEO ARAGONÉS

- La cuenca vertiente al torrente de Arratiecho está situada en el Pirineo oscense en el término municipal de Bisecas, cerca de su núcleo de población y tiene una superficie de 1,6 Km².
- Morfológicamente es una típica cuenca torrencial de montaña, en la que se diferencian su área de recepción, su garganta y su cono de sedimentación.
- Su cota máxima y mínima son 1667 m y 860 m y su pendiente media 52,81 %. La longitud del torrente es de 2,74 Km, con una pendiente media 0,30 m·m⁻¹.
- En sus suelos predominan los Flysch coluviales, pero en su vertiente noreste presenta un pequeño manto de depósitos morrénicos que ocupa unos 0,06 Km².
- Su área dominada le atraviesa la carretera N-260

***Cuenca del torrente de Arratiecho (1910).
Obras de corrección del torrente y medidas de
rehabilitación de su cuenca, que iniciaban a atemperarse***

(Fotografías procedentes del archivo del INIA, 2004).





© 2004 DGB-INIA



© 2004 DGB-INIA

(Fotografías procedentes del archivo del INIA, 2004).

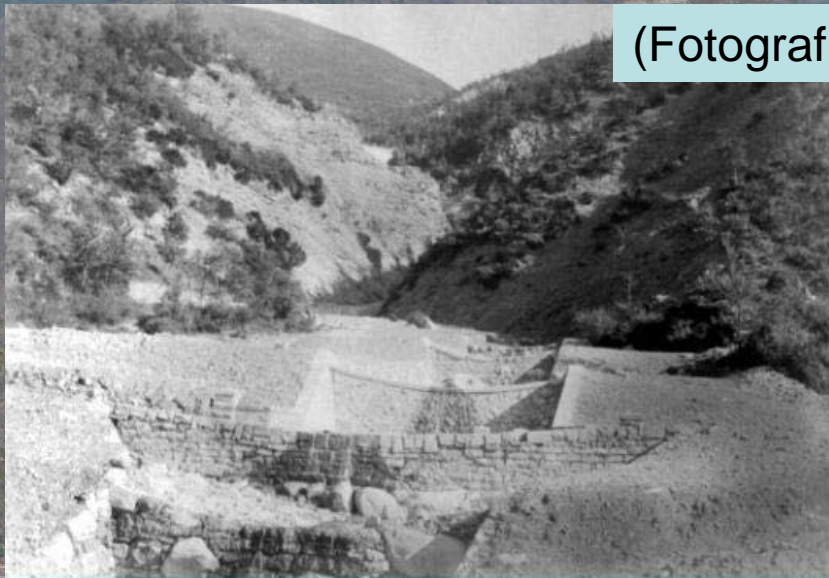


© 2004 DGB-INIA

*Diques de mampostería
hidráulica en la garganta
del torrente de
Arratiecho en 1904.*

Canal escalonado que atraviesa el cono de sedimentación del torrente de Arratiecho en 1904. (Fotografías procedentes del archivo del INIA, 2004).

(Fotografías procedentes del archivo del INIA, 2004).



© 2004 DGB-INIA



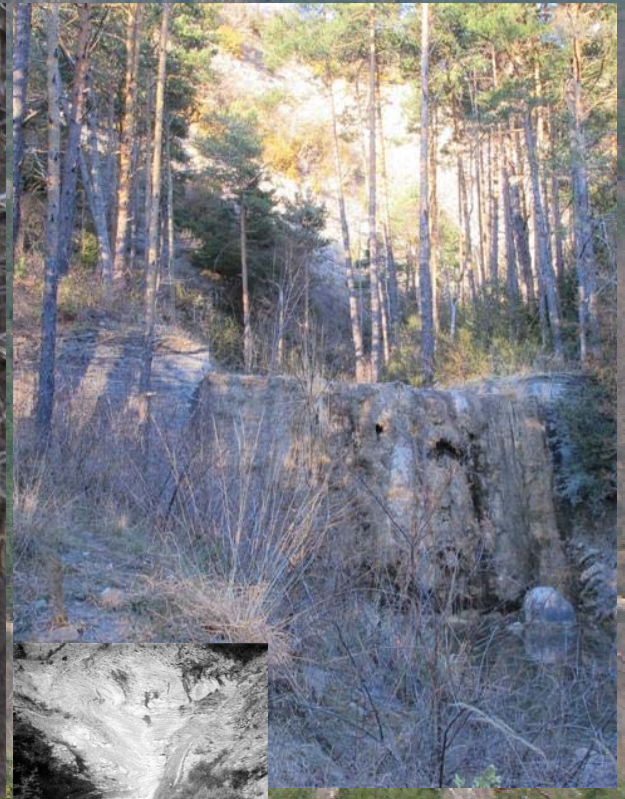
© 2004 DGB-INIA

Panorama de la cuenca vertiente al torrente de Arratiecho en marzo de 2012



Estado que presentan los tres diques de mampostería hidráulica de primer orden, ubicados en la garganta del torrente de Arratiecho,

(marzo de 2012, el mismo orden que en 1904)



© 2004 DGB-INIA



© 2004 DGB-INIA



© 2004 DGB-INIA

Detalles del estado que presentan en marzo de 2012 los trabajos de nivelación del terreno realizados en la vertiente directa al torrente de Arratiecho entre 1901-04.



Dique de mampostería hidráulica de primer orden número 3, situado en el vértice del cono de sedimentación del torrente Arratiecho

Tramo encauzado del torrente en cuestión aguas abajo del Dique de mampostería hidráulica de primer orden número 3, que aparece al fondo



Estado del canal escalonado que atraviesa el cono en el cono de sedimentación del torrente de Arratiecho



(Fotografías procedentes del archivo del INIA, 2004).

1904

© 2004 DGB-INIA



1904

© 2004 DGB-INIA

Aguas arriba de la carretera N-260,



2012

Aguas abajo de la carretera N-260,



2012

Conclusiones

- 1) Los ciclos del agua y el de los sedimentos en la cuenca están supeditados a las ecuaciones físicas de continuidad y del movimiento. El bosque incide en ambas, regulando sus efectos.**
- 2) Algunas investigaciones han prestado mayor atención a la ecuación de continuidad y sus conclusiones se han especializado en los efectos de las cubiertas vegetales en el aprovechamiento del agua como recurso.**
- 3) Otras investigaciones, se han centrado casi en exclusiva en la erosión del suelo y la degradación de la cuenca hidrográfica, dando mayor peso a la ecuación de la dinámica del agua.**
- 4) Pero en una ordenación agro-hidrológica y en un proyecto de restauración de una cuenca se deben compaginar ambas para que resulte efectiva.**
- 5) La vegetación climácica es la más estable y que mejor utiliza la energía que recibe. El bosque es con frecuencia la vegetación climácica; por lo que ante su previsible sustitución se debe analizar el modo de aprovechar o disipar la energía que se libera, para que no incidir en un incremento del geo-dinamismo torrencial.**