

# SEPARACIÓN DEL HIDROGRAMA

Miren Martínez  
Estilita Ruiz

HIDROLOGÍA APLICADA

# Introducción

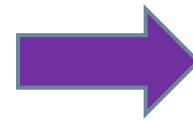
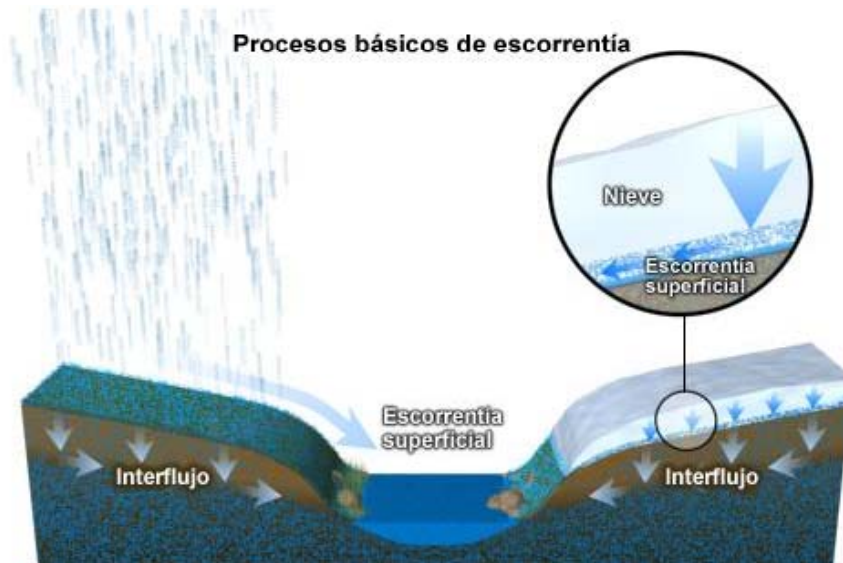


- En los ríos, la calidad química del agua varía temporalmente, especialmente durante los eventos de crecidas.
- La importancia de conocer en una cuenca la cantidad y calidad del agua estriba en poder evaluar los posibles impactos que actúan sobre dicha cuenca (climáticos, antropogénicos, cambios en el uso del terreno, etc.)
- Para ello, la **separación del hidrograma** es una técnica ampliamente utilizada para identificar la aportación de flujo de los distintos compartimentos de la cuenca (suelo, acuífero, escorrentía, etc.) sobre el caudal total, especialmente durante los eventos de crecida.

# Introducción



- El agua que circula por cada compartimento (suelo, acuífero, etc.) posee una señal química distinta. Esta señal variará a su vez en cada cuenca.

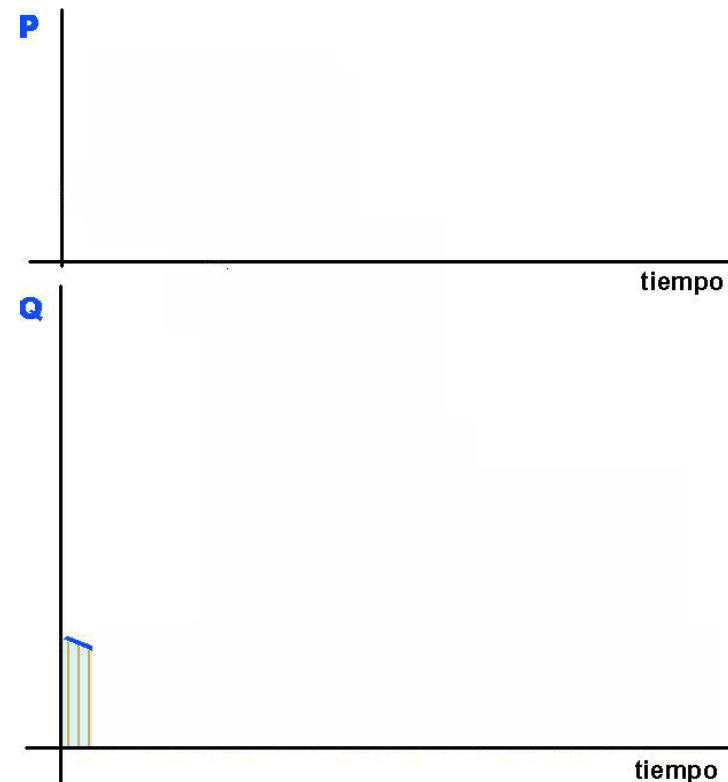
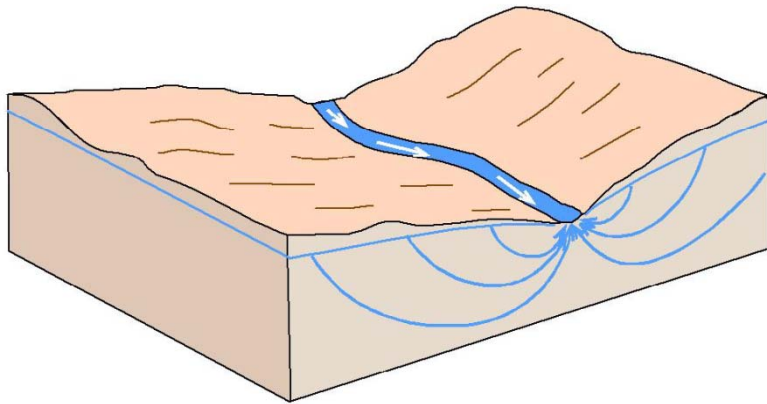


Hidrograma de flujo de superficie de escorrentía



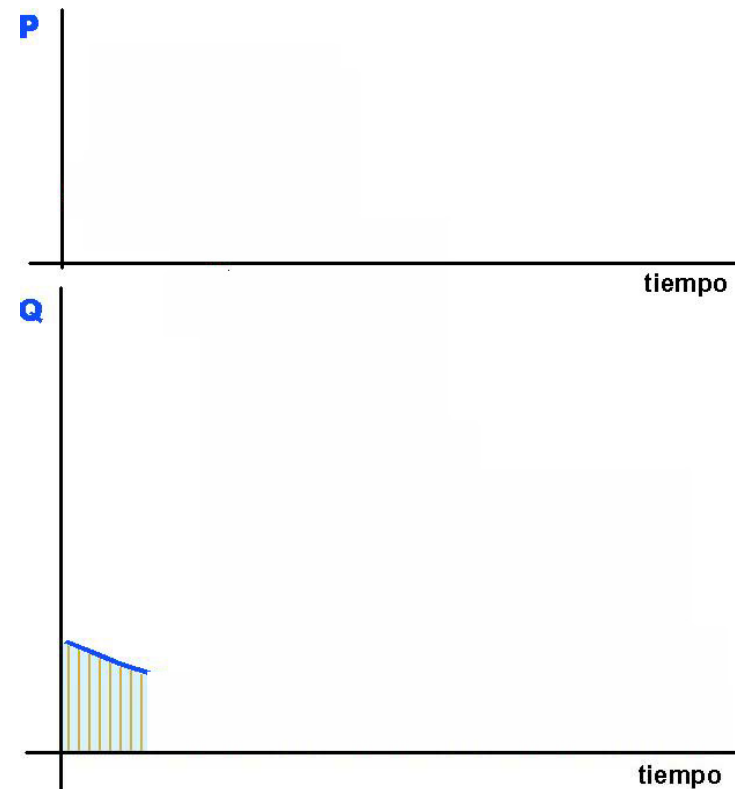
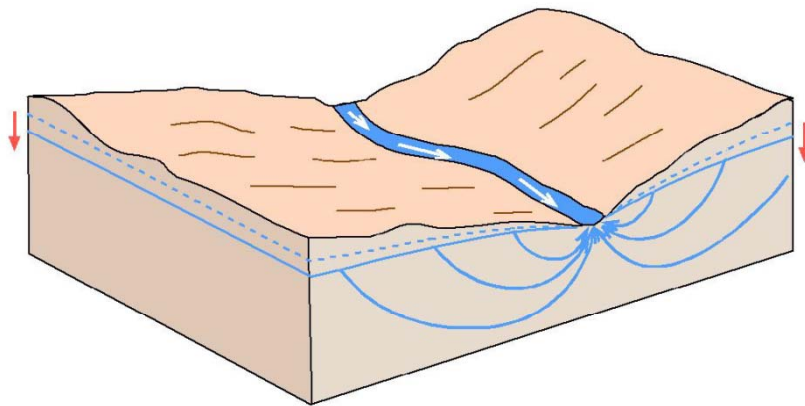
# Generación hidrograma

- No está lloviendo, el caudal del río se genera exclusivamente por la escorrentía subterránea (río efluente o ganador).



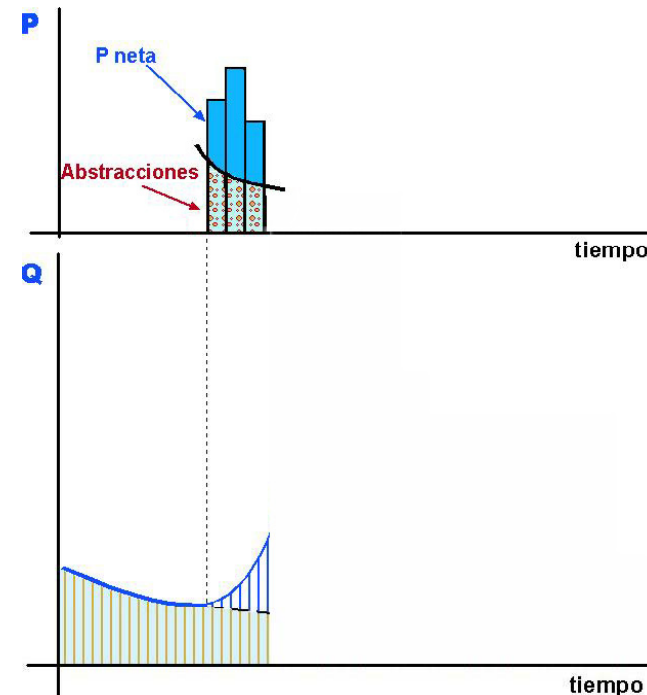
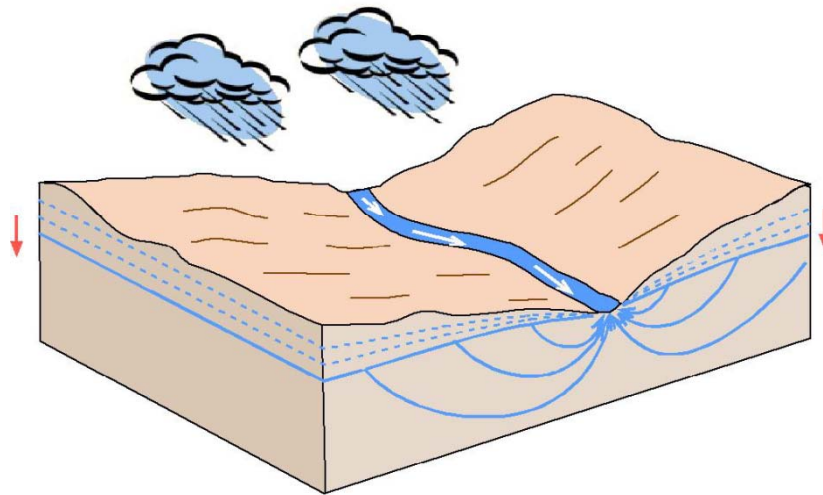
# Generación hidrograma

- Sigue sin llover, la superficie freática desciende poco a poco: eso hace que el caudal vaya disminuyendo.



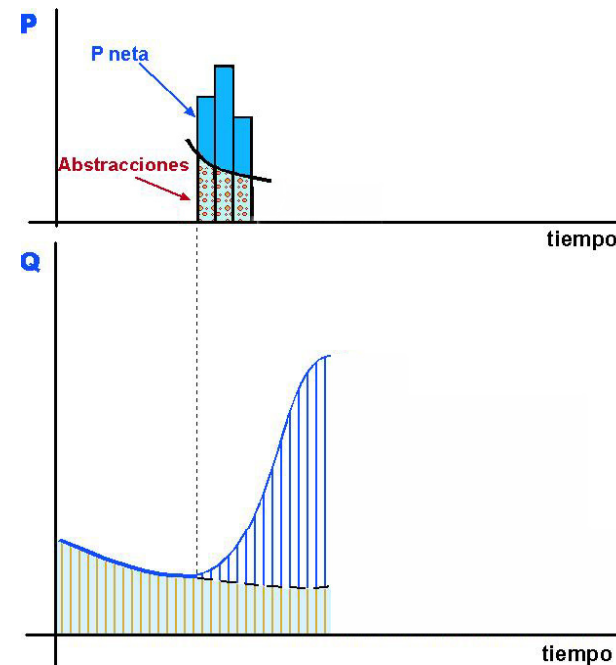
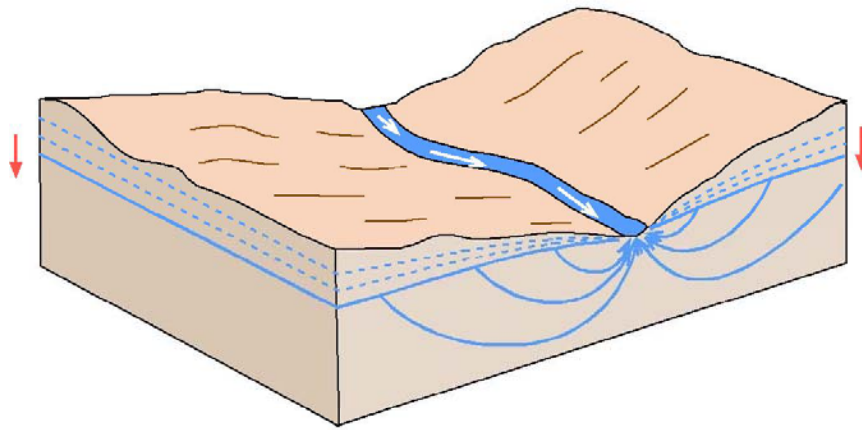
# Generación hidrograma

- Comienzan las precipitaciones. El caudal comienza a subir, pero la parte aportada por la escorrentía subterránea sigue descendiendo.



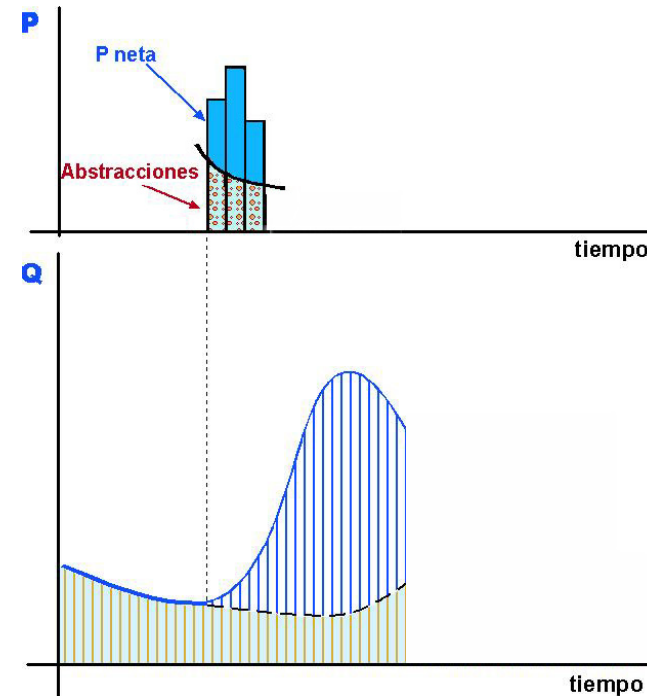
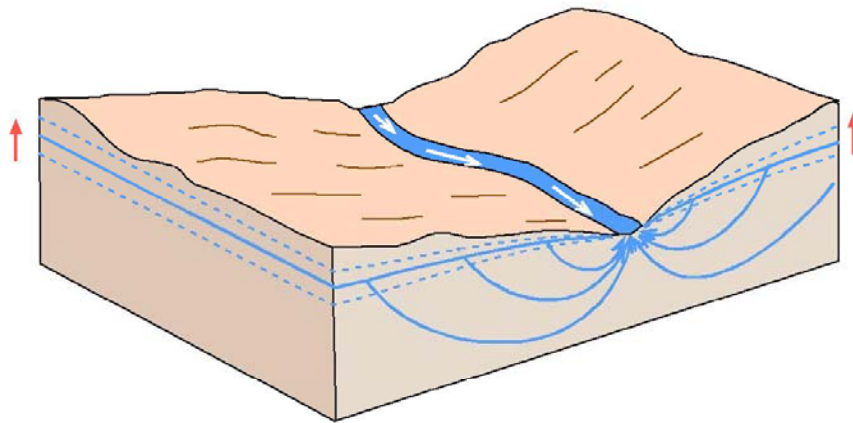
# Generación hidrograma

- Cesa la precipitación, el caudal alcanza el máximo (llegan las precipitaciones caídas en las partes más alejadas de la cuenca) pero la aportación subterránea sigue disminuyendo.



# Generación hidrograma

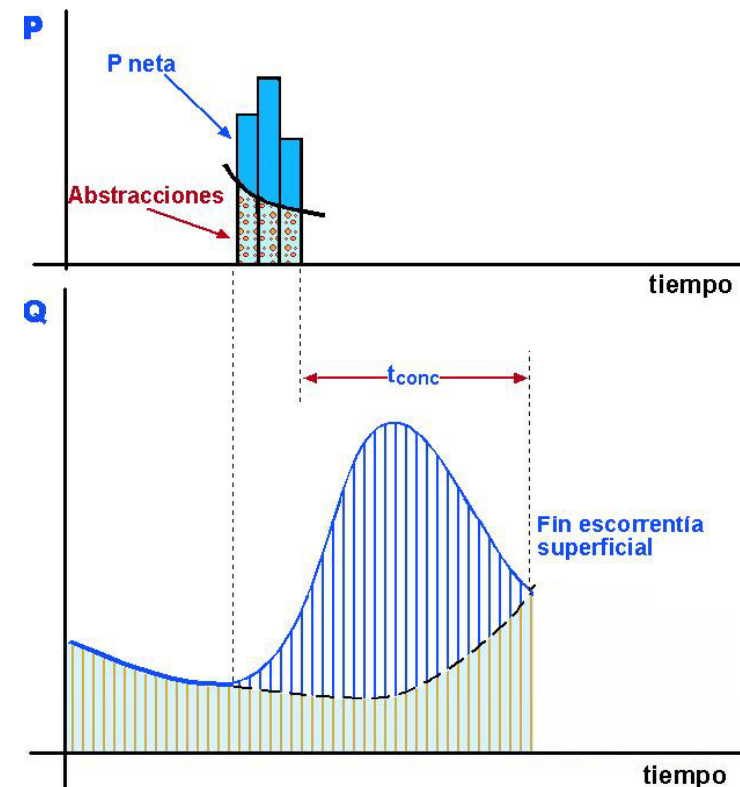
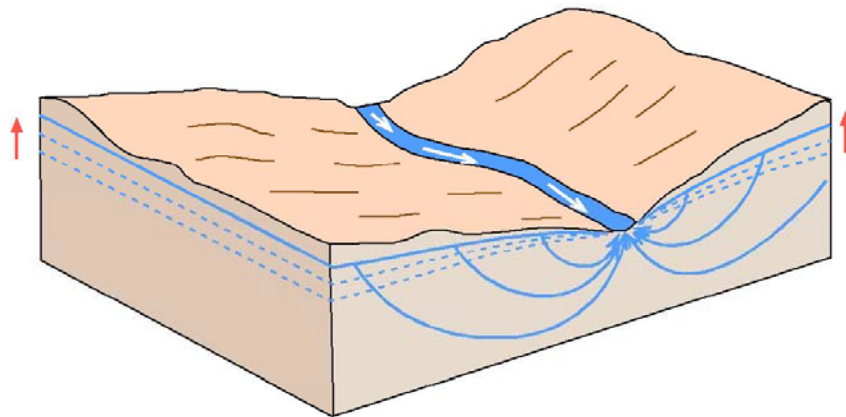
- La escorrentía superficial comienza a disminuir. La superficie freática comienza a recuperarse (por infiltración de parte de la lluvia anterior): la aportación subterránea aumenta.





# Generación hidrograma

- La escorrentía superficial se agota (tiempo concentración), pero la escorrentía subterránea sigue aumentando.



# Técnicas de separación del hidrograma

- Las técnicas de separación del hidrograma se dividen en **dos grupos**:

**1. Non-tracer\* based method.**

**2. Tracer-based separation method.**

*\* Trazador: Elemento específico e identificable para cada tipo de agua.*

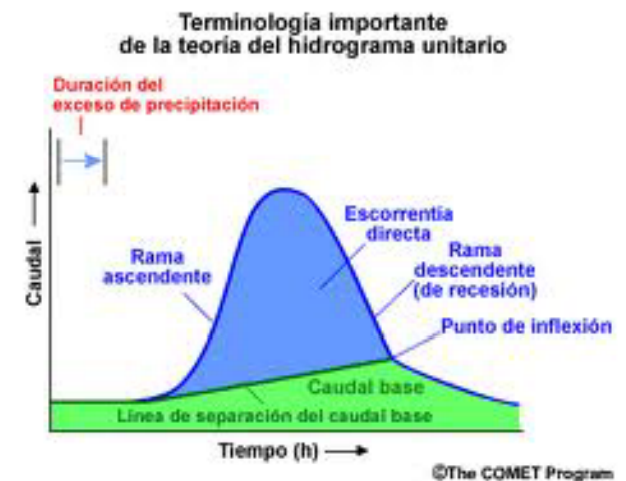
# Técnicas de separación del hidrograma

## 1. Non-tracer based separation method:

- Es un procedimiento básicamente empírico, el cual se basa en que el inicio del hidrograma es el resultado de la llegada del agua de escorrentía al río, de manera que una línea diferencia la aportación de los distintos componentes (“baseflow” o **caudal base** y “runoff” o **escorrentía directa**).

- **Ventajas:** es un método simple y barato, por lo que es utilizado ampliamente por las administraciones.

- **Desventajas:** es un método impreciso, especialmente a la hora de fijar el punto de inflexión (fin de la crecida).

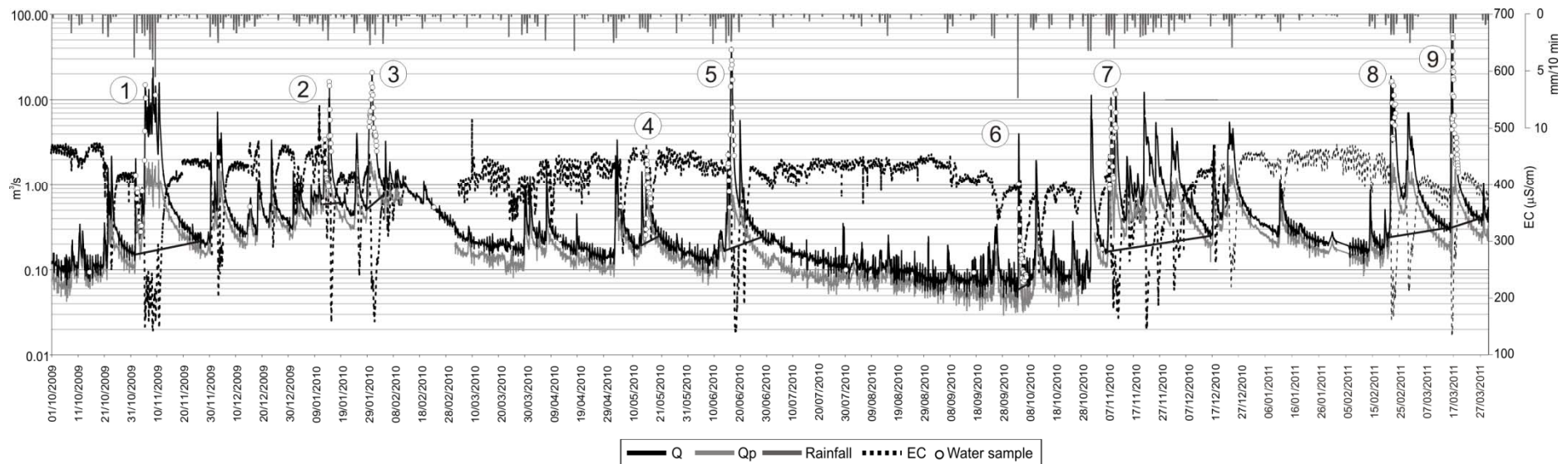


# Técnicas de separación del hidrograma

- ¿Cómo se calcula la separación del hidrograma usando “Non-tracer based method”?

$$Q_t = ((Q_e - Q_s) / (t_e - t_s))(t - t_s) + Q_s$$

Donde  $Q_t$  es el caudal total en el tiempo ( $t$ ) y los subíndices  $s$  y  $e$  se refieren al punto de inicio (start) y fin (end) del evento de crecida.



# Técnicas de separación del hidrograma

## 2. Tracer-based separation method:

- Para la separación del hidrograma se utiliza un trazador hidroquímico ( $\text{Si}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ , etc.) y/o isotópico ( $^{18}\text{O}$ ,  $^3\text{H}$ , etc.).

- Este método se basa en el principio de que el agua procedente de diferentes compartimentos poseen características hidroquímicas distintas y que la aportación de cada una de ellas puede ser evaluada midiendo el caudal total y la calidad química del agua de mezcla en el río.

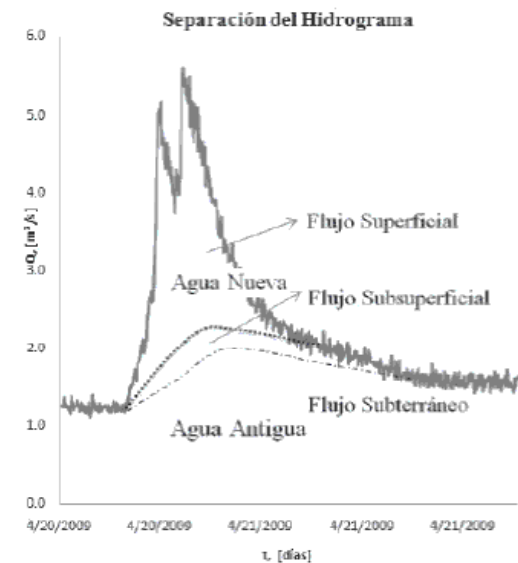


Figura 1 Esquema de separación del hidrograma

# Técnicas de separación del hidrograma

- **¿Cómo se calcula la separación del hidrograma usando “Tracer-based separation method”?**

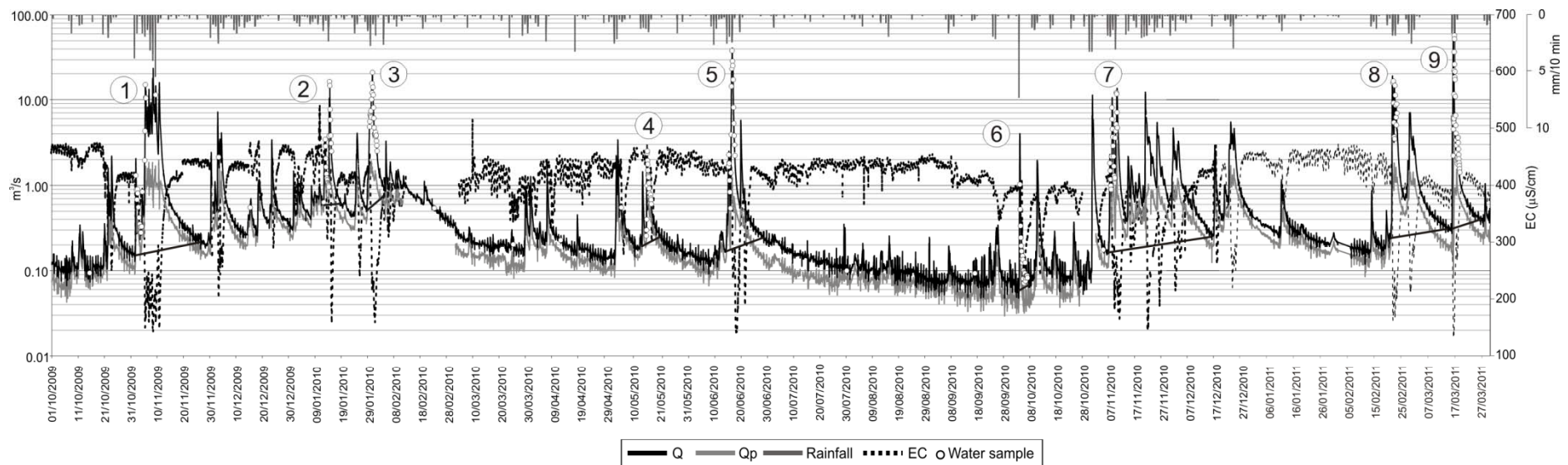
$$Q_t C_t = Q_e C_e + Q_p C_p$$

Donde **Q** es el caudal, **C** es la concentración del trazador elegido y los subíndices **t**, **e** y **p** se refieren al agua total, evento y pre-evento.

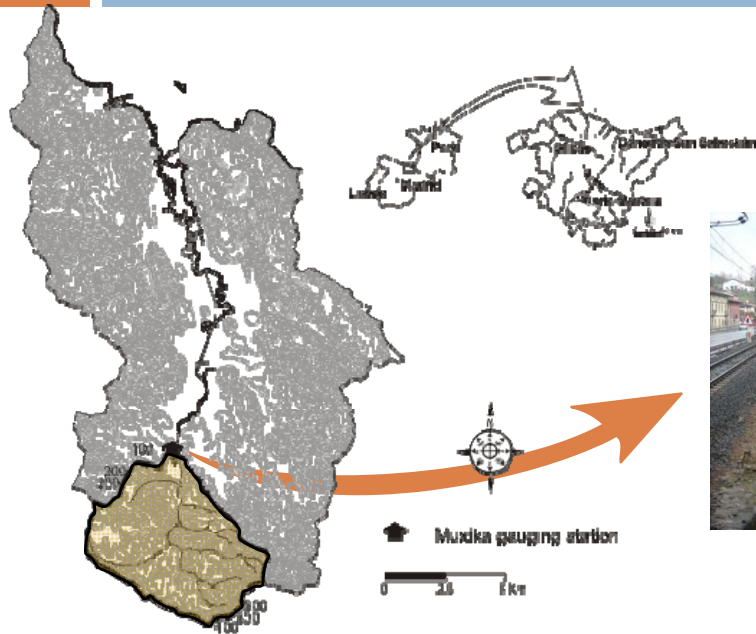
- ❖ El trazador elegido es la **conductividad eléctrica** (CE). La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad de un material para conducir la corriente eléctrica. La conductividad eléctrica en medios líquidos (disolución) está relacionada con la **presencia de sales en solución**, cuya disociación genera iones positivos y negativos capaces de transportar la energía eléctrica.
- ❖ Se ha elegido este trazador por varias razones:
  - Su fácil medida en el campo.
  - Su bajo coste.
  - La gran mayoría de las Administraciones Públicas disponen de conductímetros en las estaciones de aforo, por lo que se dispone de una gran cantidad de datos medidos en continuo (cada 10 minutos).

# Técnicas de separación del hidrograma

- ❖ El término **pre-evento** (agua “vieja”) se refiere a todo el agua presente en la cuenca antes del inicio de las precipitaciones; mientras que el término **evento** se refiere al agua “nueva” que entra en la cuenca desde el inicio de las precipitaciones hasta su cese.



# Zona de estudio: Cuenca del río Oka



[web.bizkaia.net/Ingurugiroa\\_Lurraldea/Hidrologia\\_Ac/Datos.asp?idioma=EU&Tem\\_Codigo=2781](http://web.bizkaia.net/Ingurugiroa_Lurraldea/Hidrologia_Ac/Datos.asp?idioma=EU&Tem_Codigo=2781)



## ESTACIÓN DE AFOROS DE MUXIKA

### Parámetros físico-químicos:

- Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

### Parámetros hidro-meteorológicos:

- Caudal (Q,  $\text{m}^3/\text{s}$ )
- Precipitación (mm)

### Características de la cuenca:

- Area de la cuenca Oka:  $132 \text{ km}^2$
- Area de la subcuenca:  $31.5 \text{ km}^2$
- Pendiente: 26%
- Tipo de suelo: Cambisol húmico (90%)
- Uso del suelo: *Pinus radiata* and *Eucalyptus sp.* (75%), *Quercus ilex* (12%), farmlands (7%)



# Objetivos de la práctica

- Bajarse los datos hidrometeorológicos (Q, CE, y P) de la web de la DFB.

[web.bizkaia.net/Ingurugiroa\\_Lurraldea/Hidrologia\\_Ac/Datos.asp?idioma=EU&Tem\\_Codigo=2781](http://web.bizkaia.net/Ingurugiroa_Lurraldea/Hidrologia_Ac/Datos.asp?idioma=EU&Tem_Codigo=2781)

- Calcular usando ambos métodos:
  - **“Tracer based method”**: El caudal pre-evento ( $Q_p$ ) y el caudal evento ( $Q_e$ ).
  - **“Non-tracer based method”**: El caudal base ( $Q_b$ ) y el caudal runoff ( $Q_r$ ).
- Representar gráficamente (**en escala logarítmica**) la evolución temporal del caudal total ( $Q_t$ ), los caudales calculados en continuo por el método tracer-based ( $Q_p$  y  $Q_e$ ), así como el caudal base ( $Q_b$ ) y el de runoff ( $Q_r$ ) para aquellas crecidas seleccionadas.

# Objetivos de la práctica

- Con los datos obtenidos en el apartado anterior rellenar la siguiente tabla:

Start	End	Non-tracer	Tracer method	Non-tracer	Tracer method
		Qb (%)	Qp (%)	Qr (%)	Qe (%)
14/01/2010 7:00	16/01/2010 23:30				
28/01/2010 20:20	04/02/2010 4:50				
14/05/2010 19:30	18/05/2010 7:40				
15/06/2010 23:30	18/06/2010 14:40				
04/10/2010 1:00	05/10/2010 11:10				
07/11/2010 4:20	17/12/2010 23:50				
21/02/2011 10:00	05/03/2011 21:30				
15/03/2011 23:50	18/03/2011 10:40				

- Calcular el porcentaje de Qp y Qe respecto al Qtotal.
- Hacer un gráfico de barras comparando los resultados obtenidos por ambos métodos.
- Discutir si los resultados obtenidos por ambos métodos son similares (en todas las crecidas, en algunas o en ninguna).

# Objetivos de la práctica

- **Caracterización química** de los dos tipos de agua (pre-evento y evento):
  - Calcular el ratio  $Q_p/Q_e$ :
    - $Q_p/Q_e > 1$ : la aportación de agua pre-evento es dominante.
    - $Q_p/Q_e < 1$ : la aportación de agua evento es mayor.
  - Comparar estadísticamente (media, desviación estandar, etc.) los dos tipos de agua. **¿Qué parámetros caracterizan a cada tipo de agua?**