

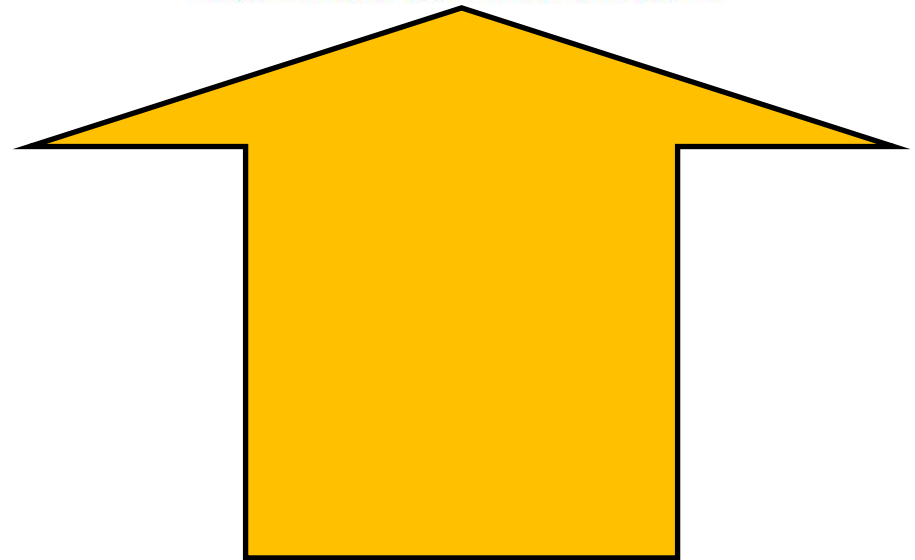


LIMNOLOGÍA 2023

Docentes: M.Sc. Maite Burwood, Lic. Claudia Fosalba, Lic. Lucía González-Madina, Dr. Guillermo Goyenola, Lic. Paula Levrini y Dr. Néstor Mazzeo

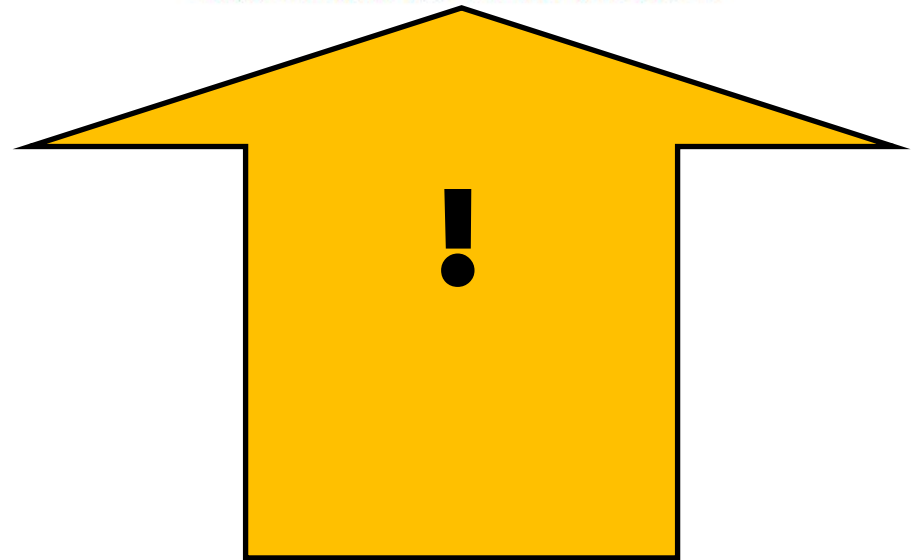


**DIVERSIDAD DE ECOSISTEMAS
ACUÁTICOS CONTINENTALES:
SISTEMAS LÉNTICOS**





**DIVERSIDAD DE ECOSISTEMAS
ACUÁTICOS CONTINENTALES:
SISTEMAS LÉNTICOS**





¿Sistemas lóticos?



¿Sistemas lóticos?

... riverinos



¿Sistemas lóticos?

... riverinos

... fluviales

SISTEMAS LÓTICOS



SISTEMAS LÓTICOS



¿Qué son?

SISTEMAS LÓTICOS



SISTEMAS LÓTICOS

¿Qué son?
¿Cuáles son sus características?



SISTEMAS LÓTICOS

¿Qué son?
¿Cuáles son sus características?
¿Qué los hace funcionar?



SISTEMAS LÓTICOS

¿Qué son?
¿Cuáles son sus características?
¿Qué los hace funcionar?
¿Homogéneos o heterogéneos?



SISTEMAS LÓTICOS

¿Qué son?

¿Cuáles son sus características?

¿Qué los hace funcionar?

¿Homogéneos o heterogéneos?

¿Conectados o desconectados?



SISTEMAS LÓTICOS

¿Qué son?
¿Cuáles son sus características?
¿Qué los hace funcionar?
¿Homogéneos o heterogéneos?
¿Conectados o desconectados?

...



LÓTICOS



Transporte-flujo

LÓTICOS

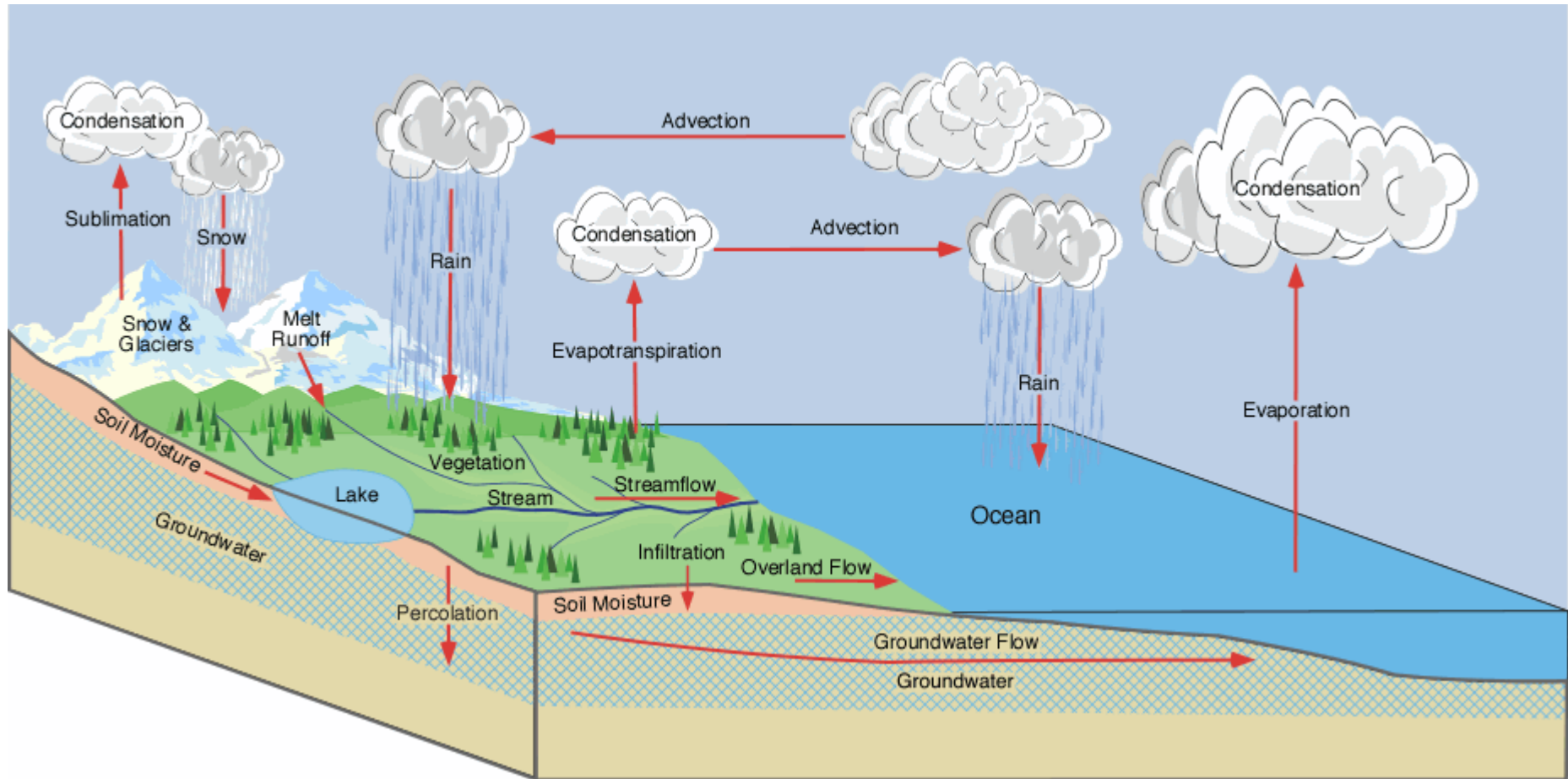


Transporte-flujo

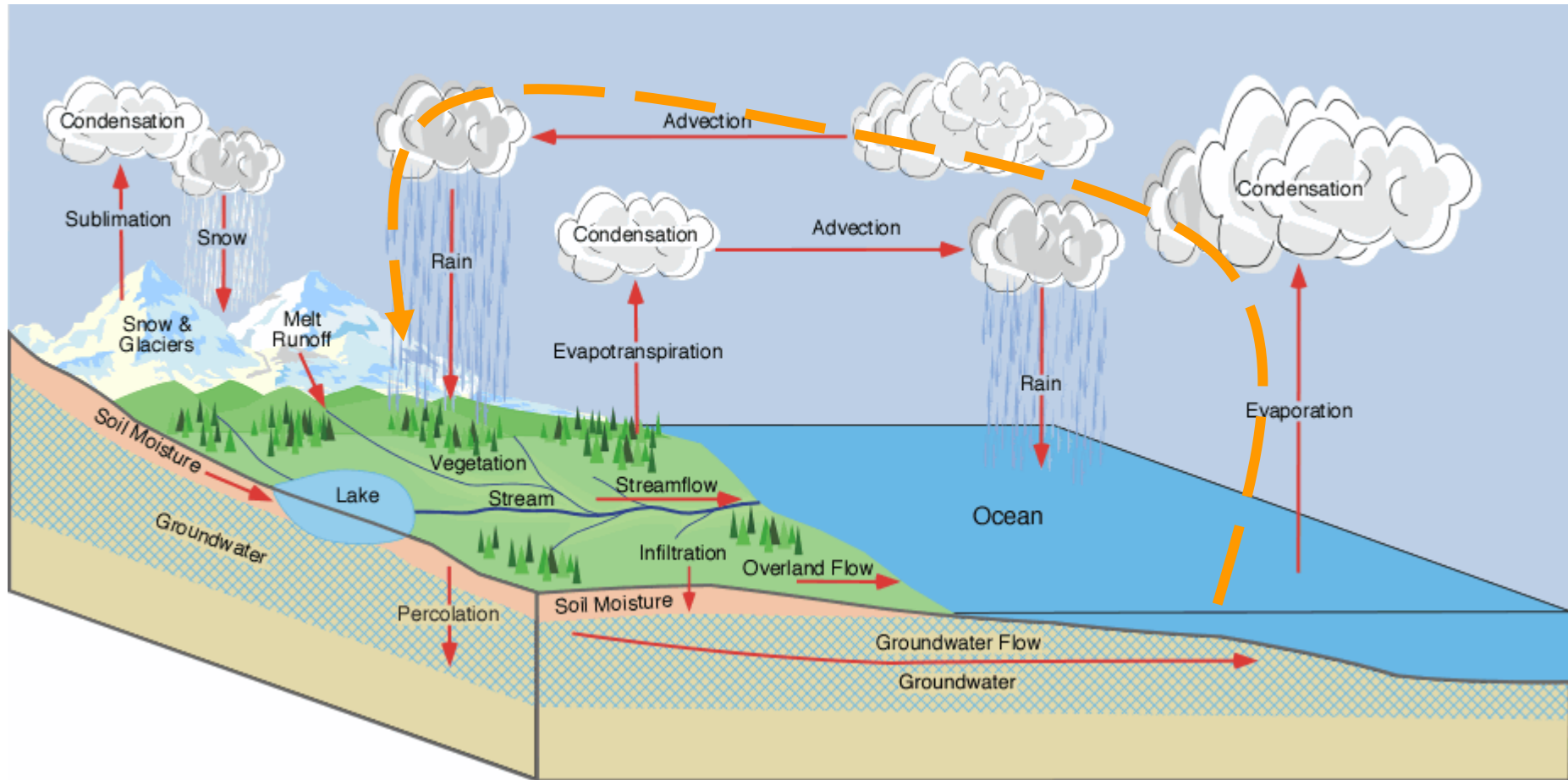


Transporte-flujo

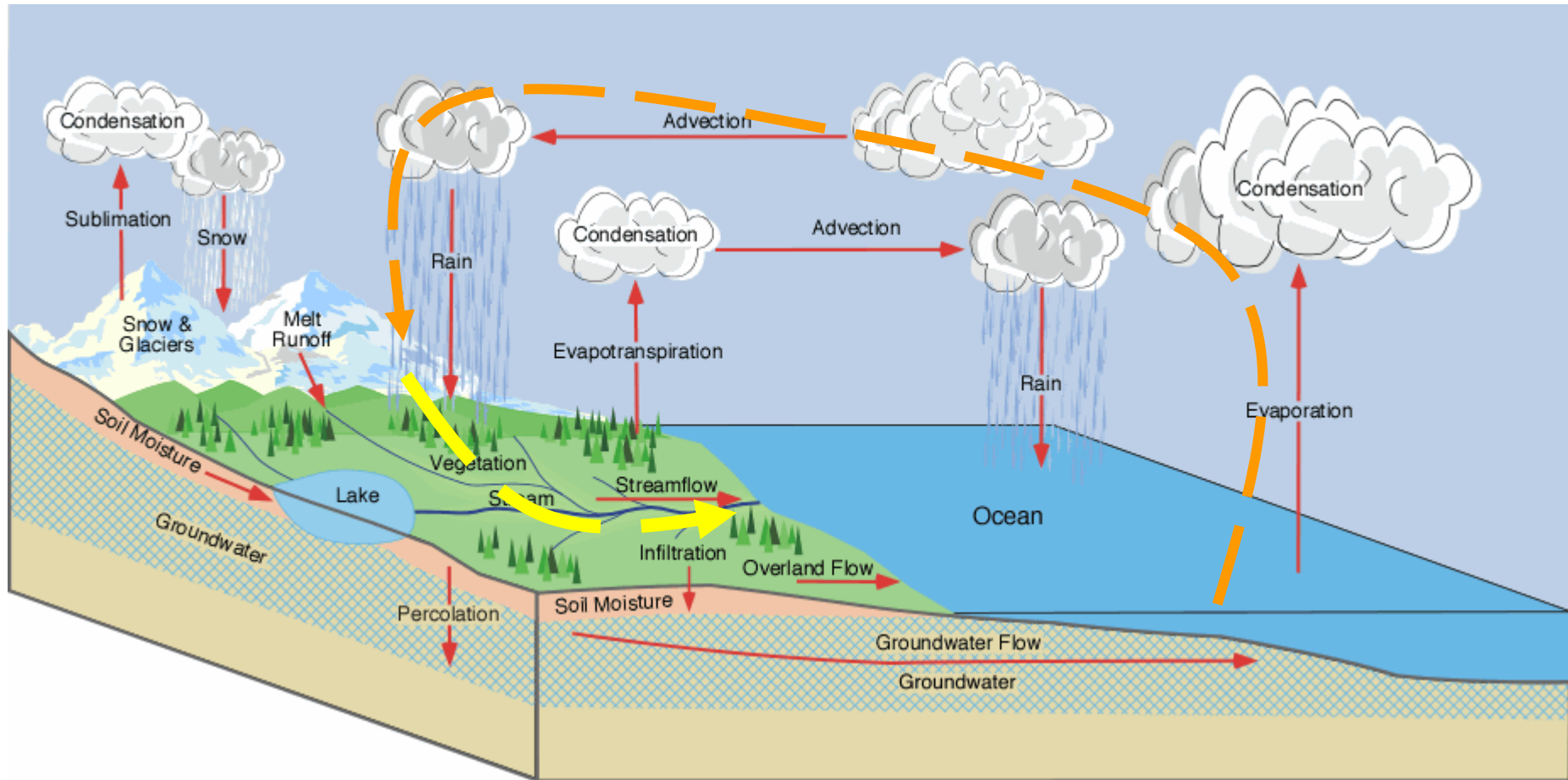
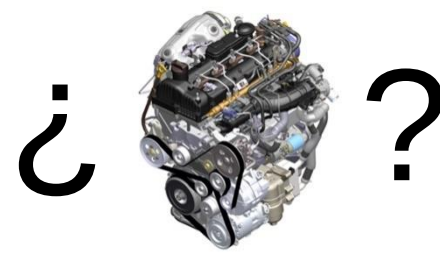
CICLO HIDROLÓGICO



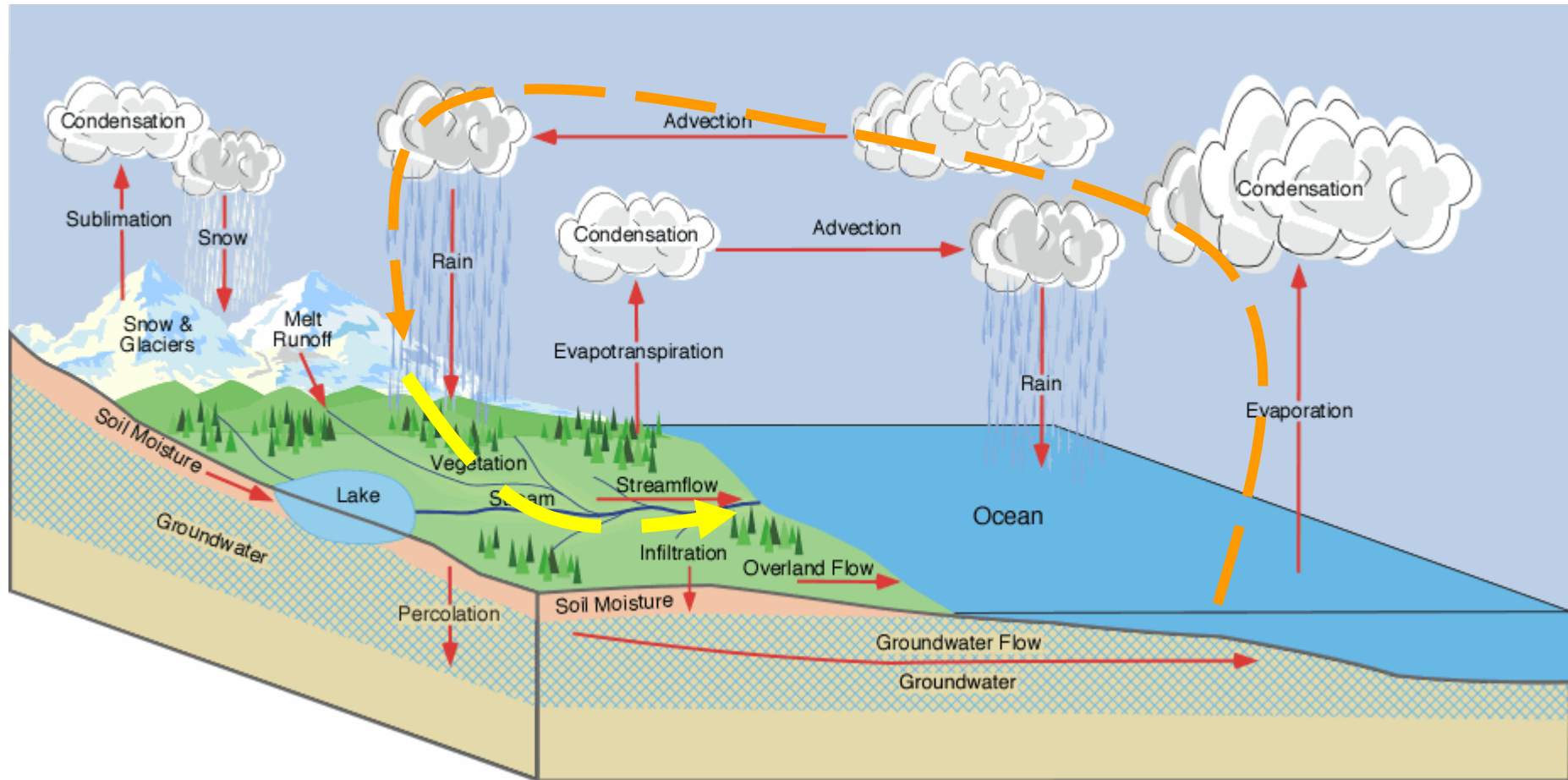
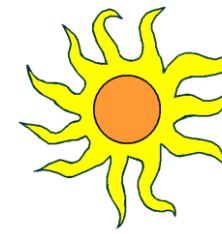
CICLO HIDROLÓGICO

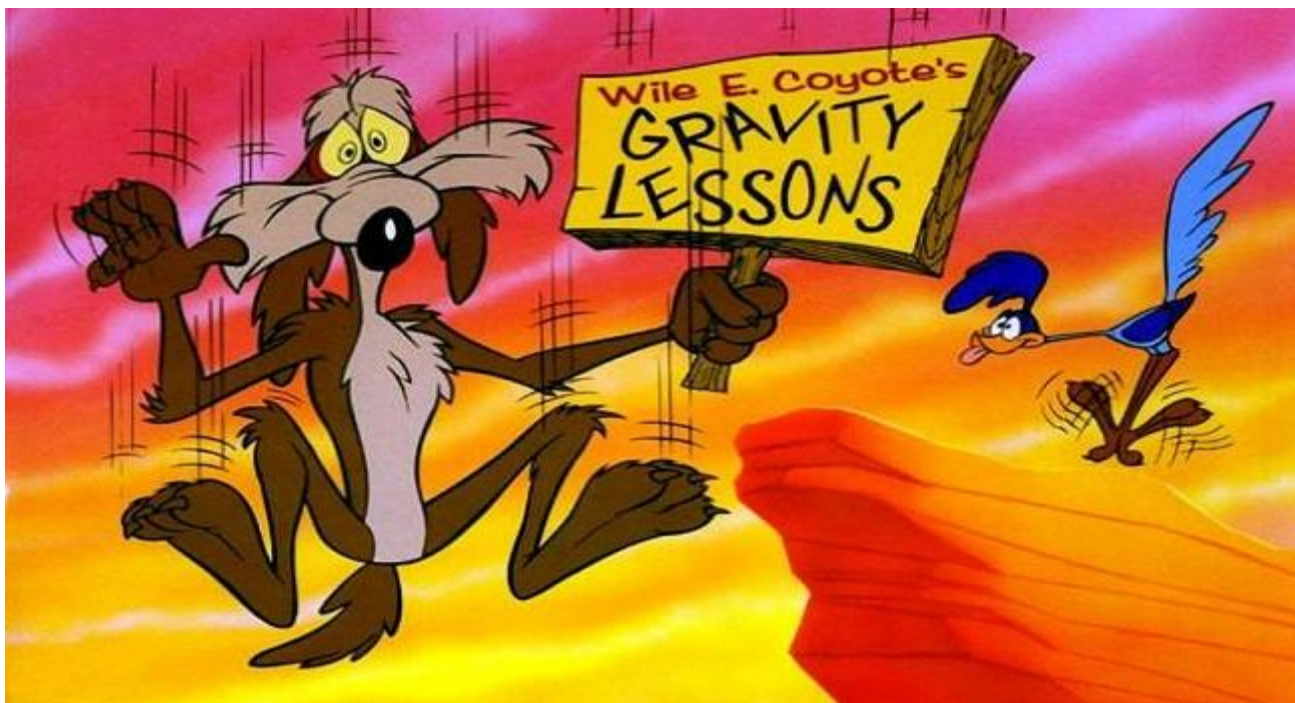


CICLO HIDROLÓGICO



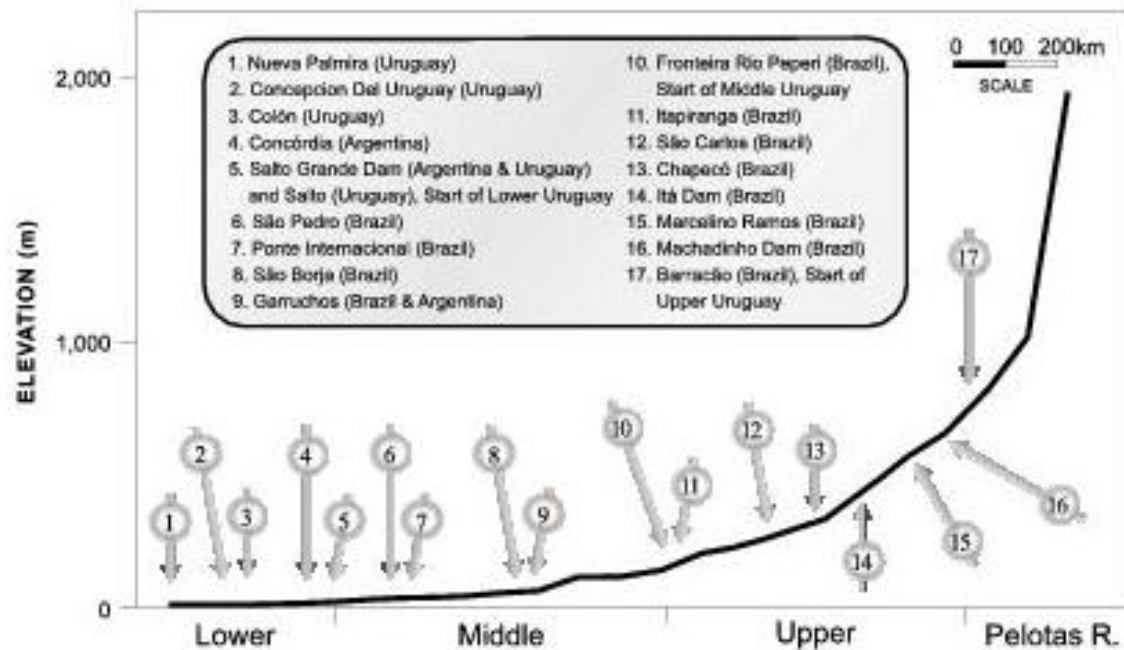
CICLO HIDROLÓGICO





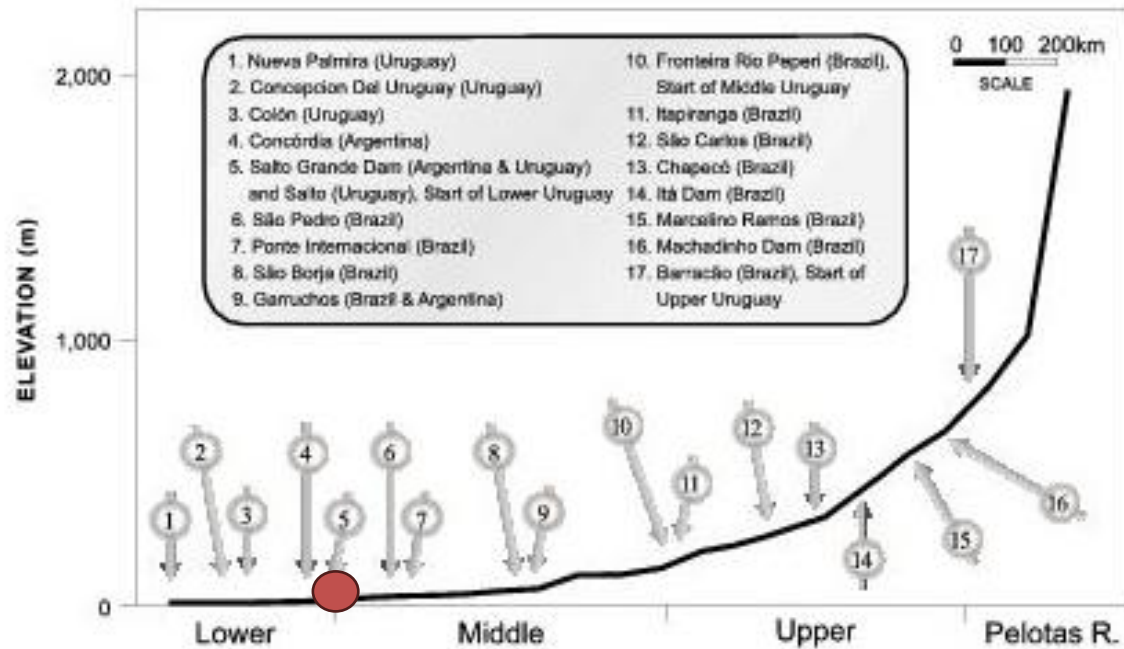
Río Uruguay

RIVER SECTIONS



Río Uruguay

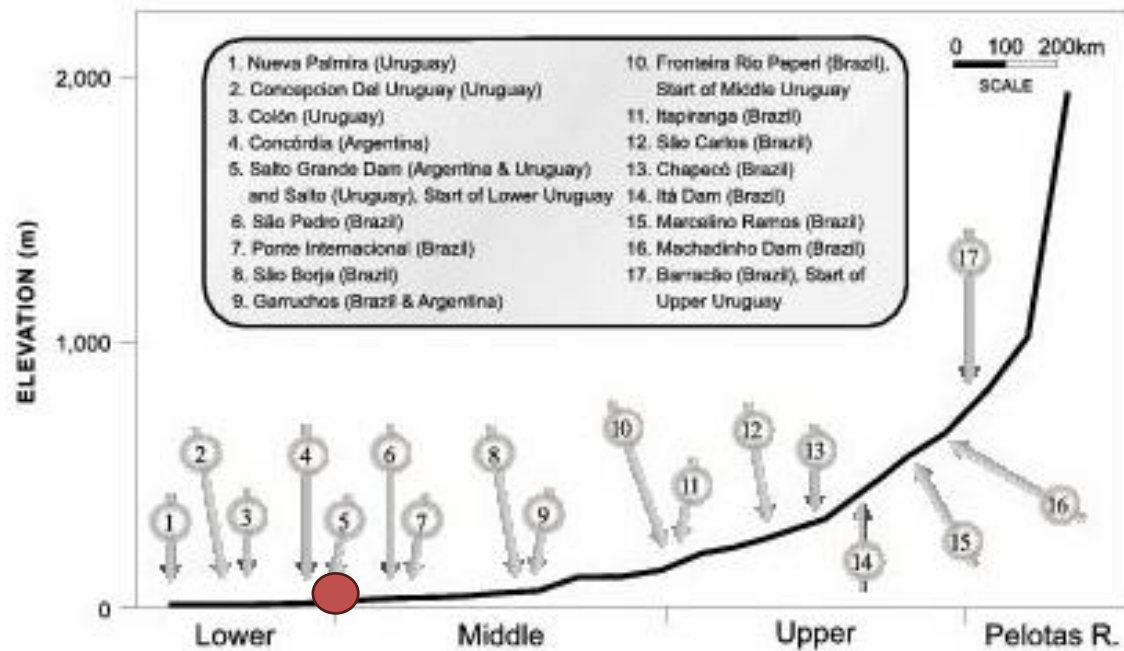
RIVER SECTIONS





Río Uruguay

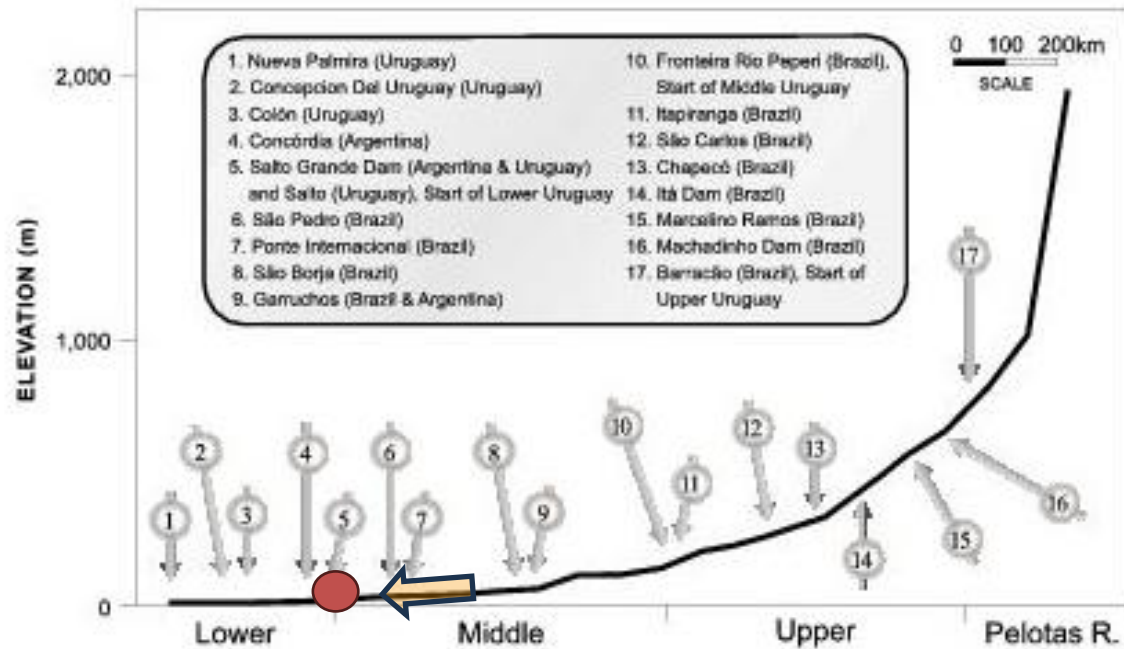
RIVER SECTIONS





Río Uruguay

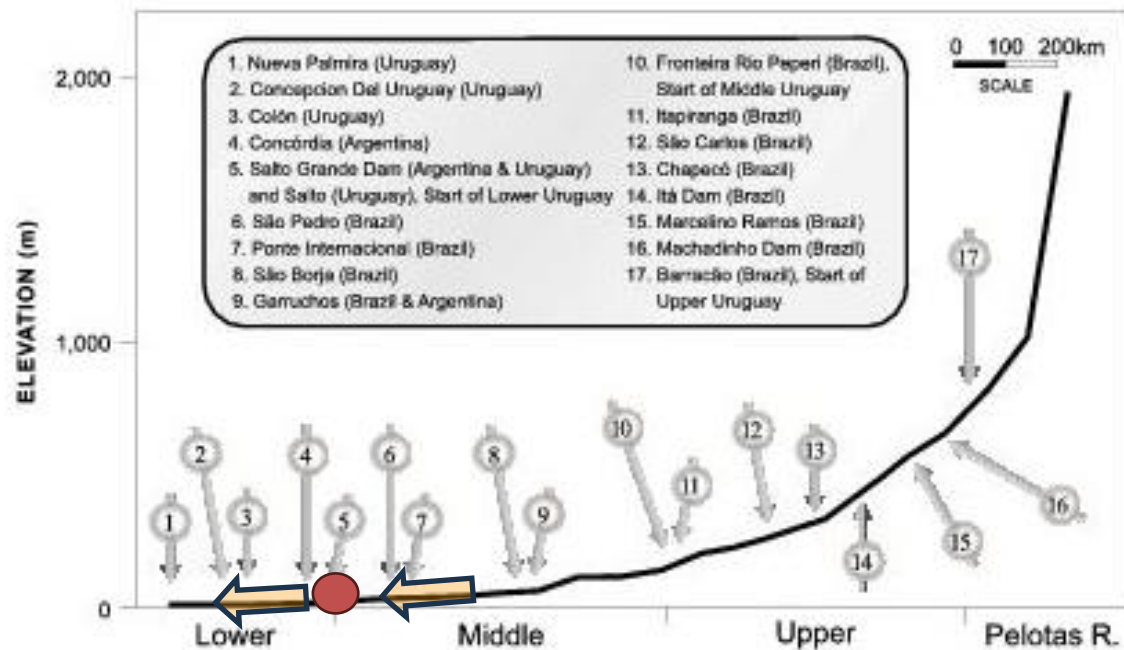
RIVER SECTIONS

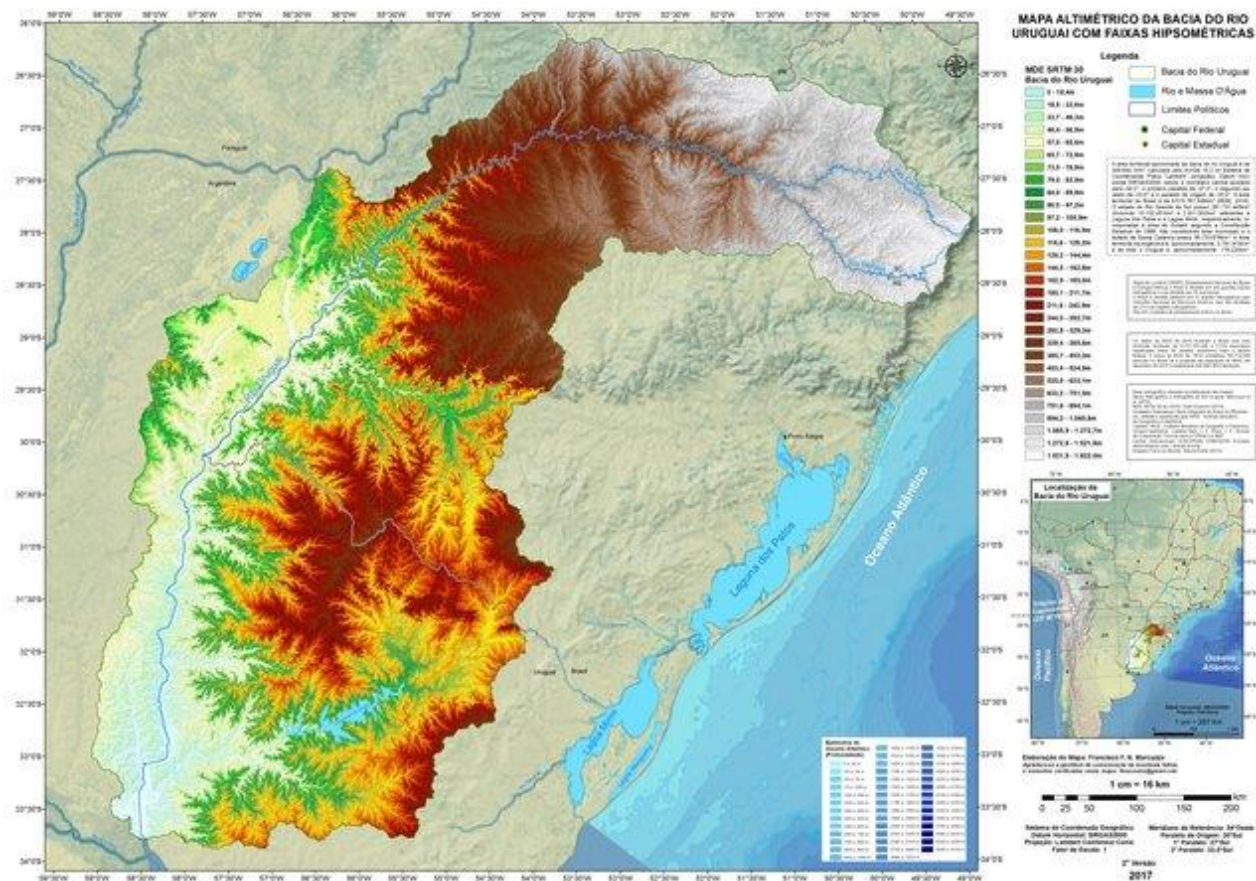


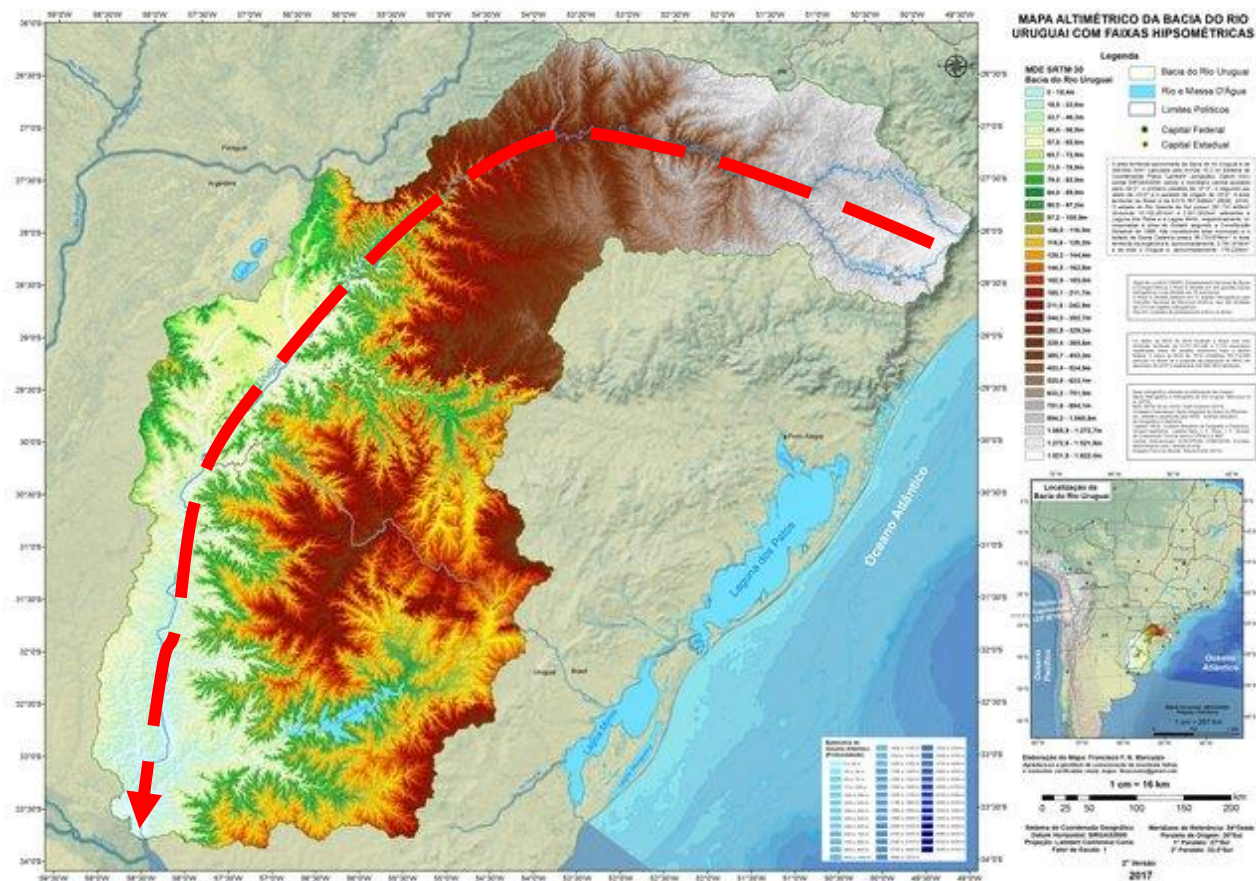


Río Uruguay

RIVER SECTIONS

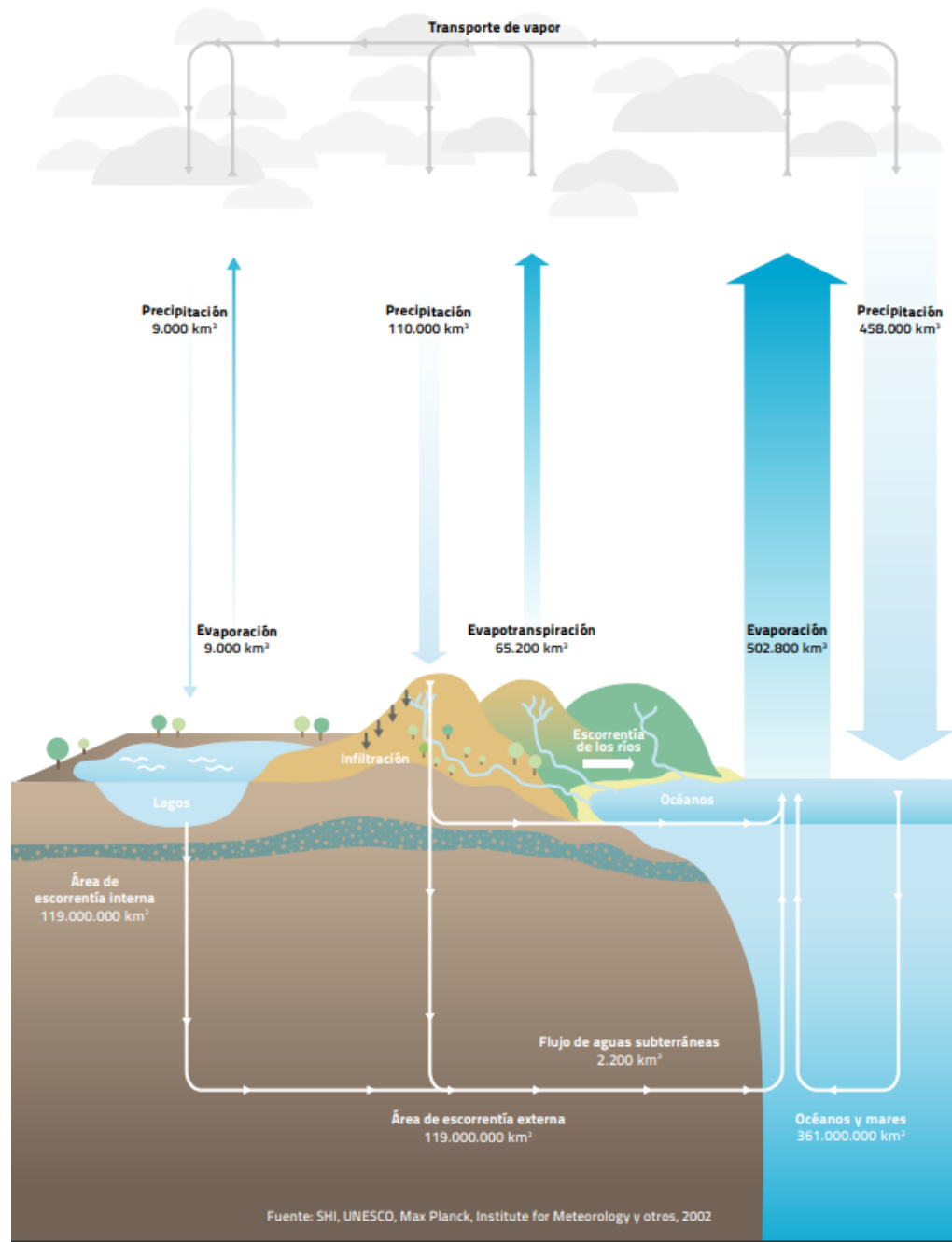






CICLO HIDROLÓGICO MUNDIAL

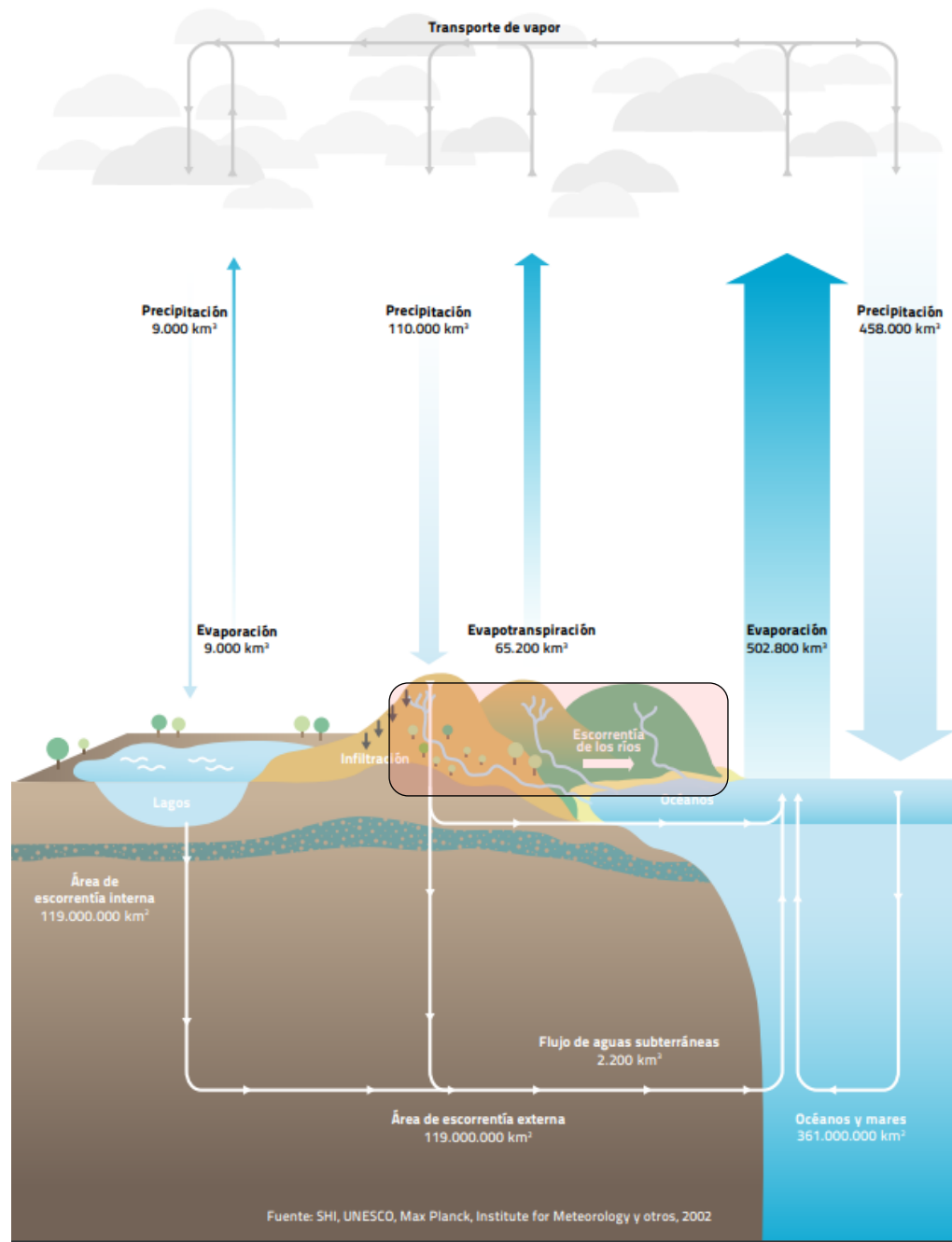
Precipitación | Evaporación | Evapotranspiración | Escorrentía



Fuente: SHI, UNESCO, Max Planck, Institute for Meteorology y otros, 2002

CICLO HIDROLÓGICO MUNDIAL

Precipitación | Evaporación | Evapotranspiración | Escorrentía



Fuente: SHI, UNESCO, Max Planck, Institute for Meteorology y otros, 2002

CICLO HIDROLÓGICO.UY

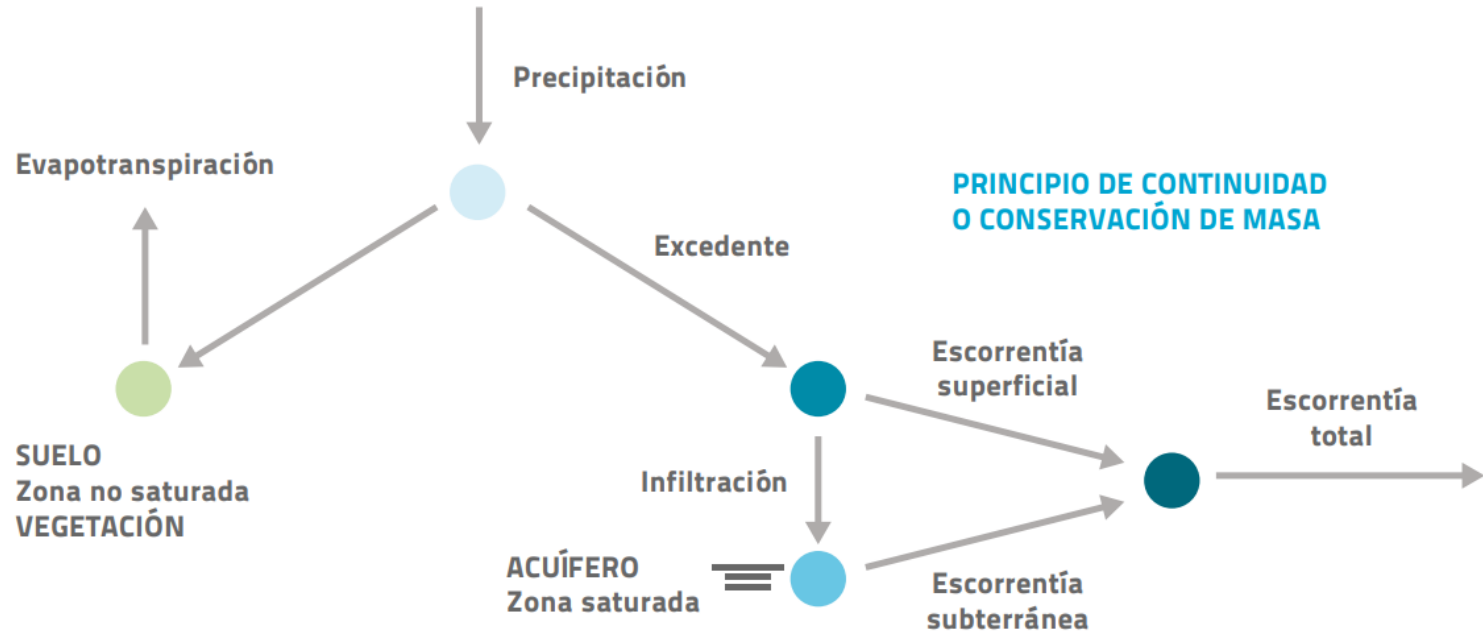


Figura 5.4 | Esquema del modelo de Témez

CICLO HIDROLÓGICO.UY

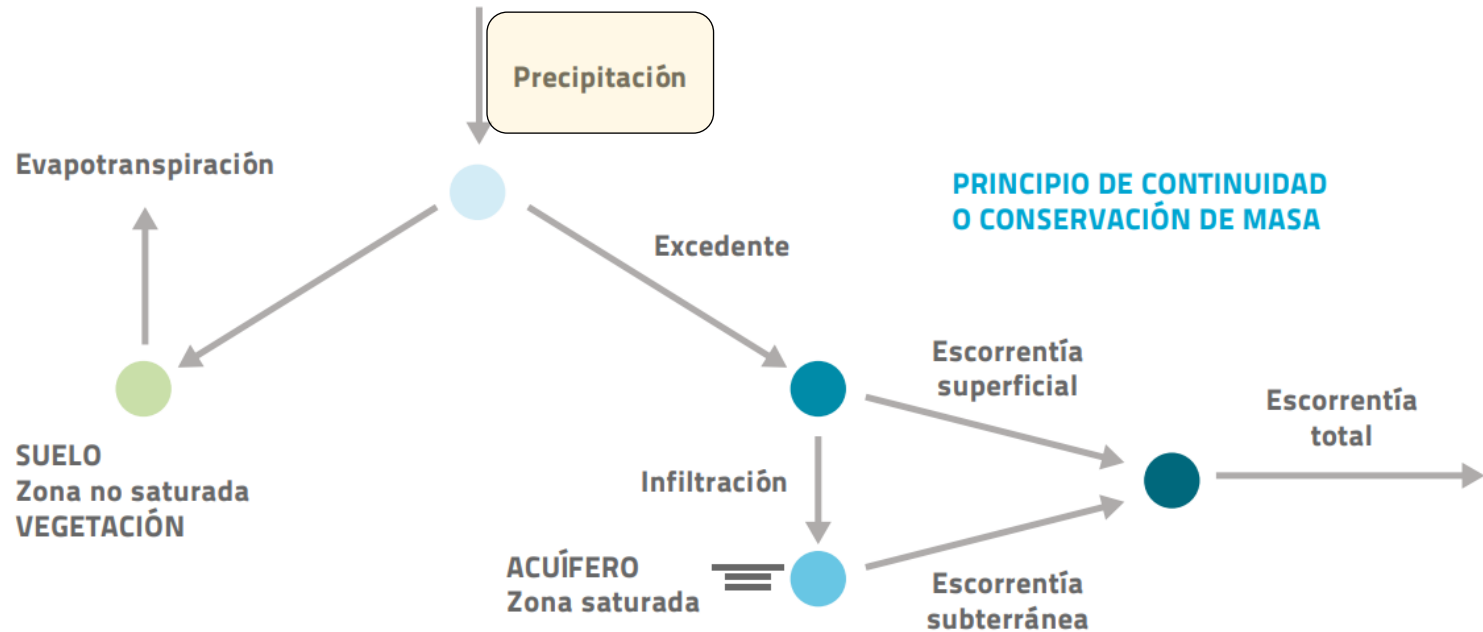


Figura 5.4 | Esquema del modelo de Témez

CICLO HIDROLÓGICO.UY

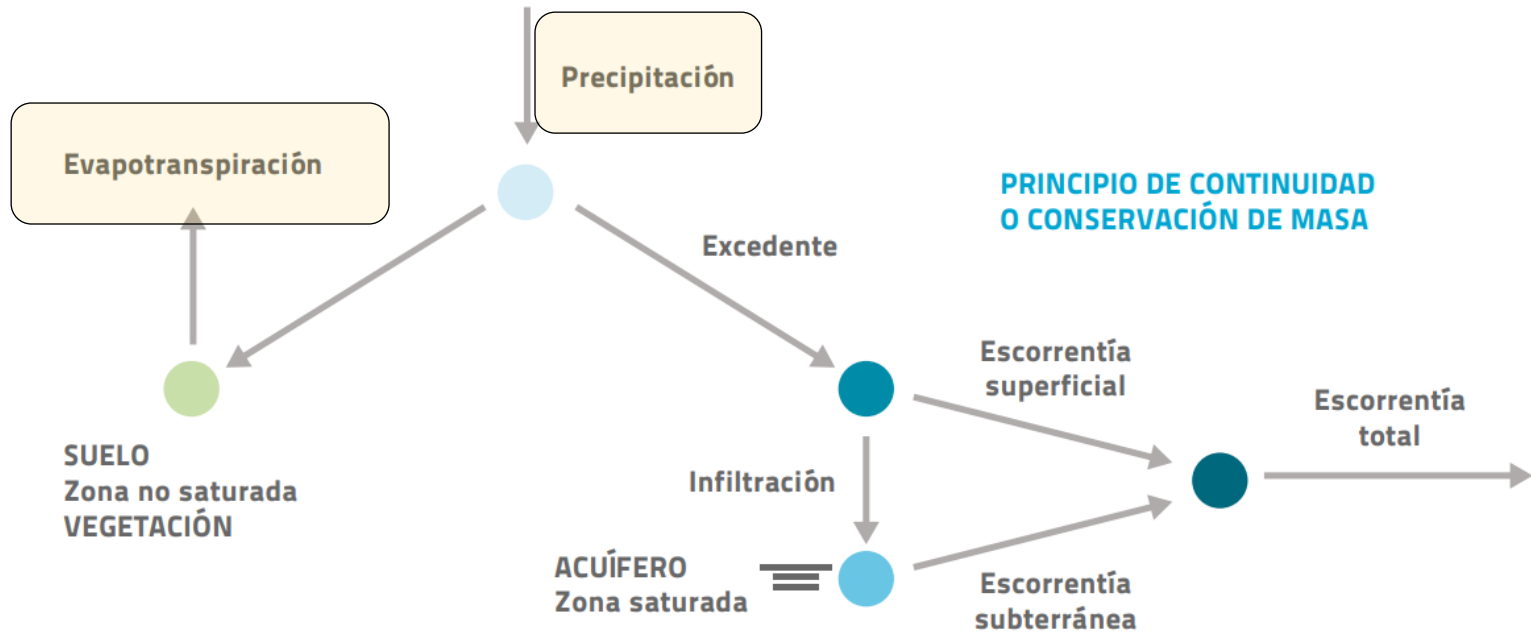


Figura 5.4 | Esquema del modelo de Témiz

CICLO HIDROLÓGICO.UY

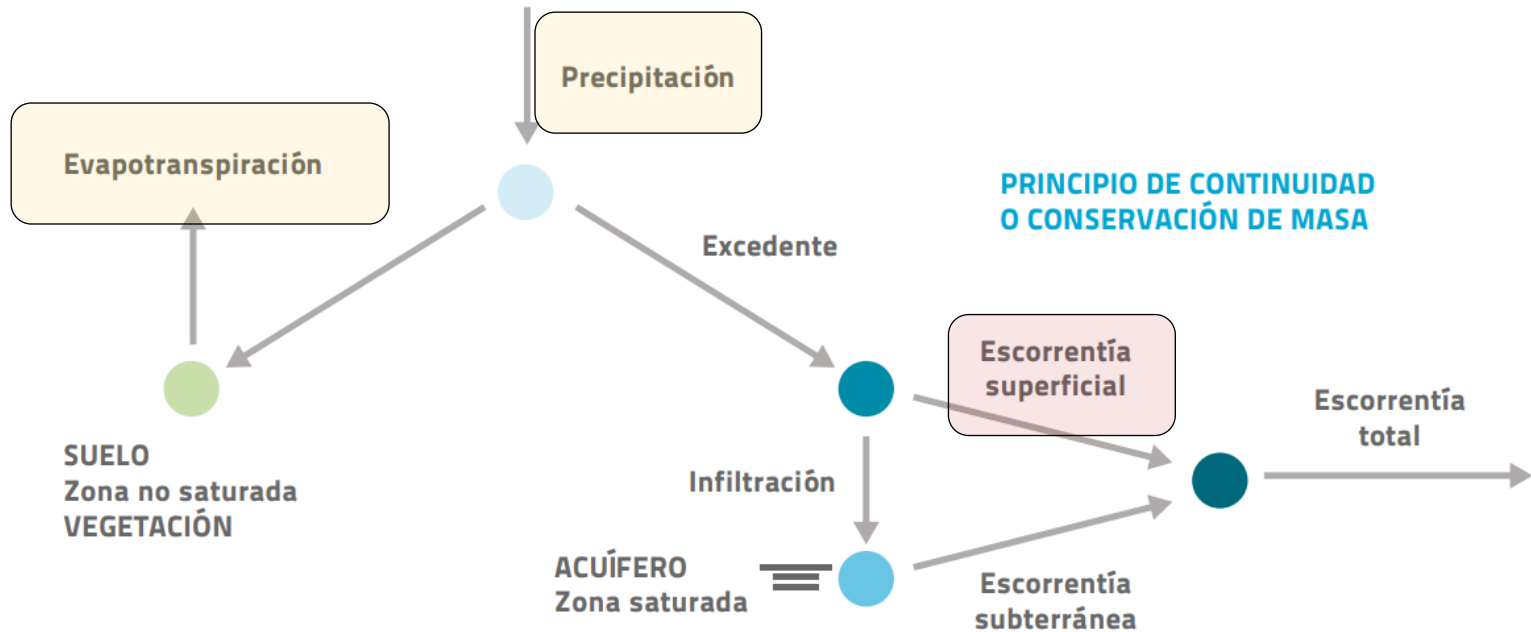
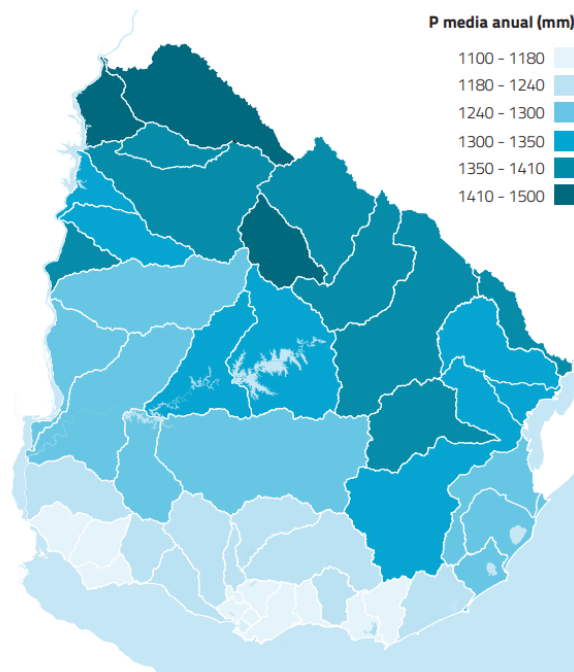


Figura 5.4 | Esquema del modelo de Témez

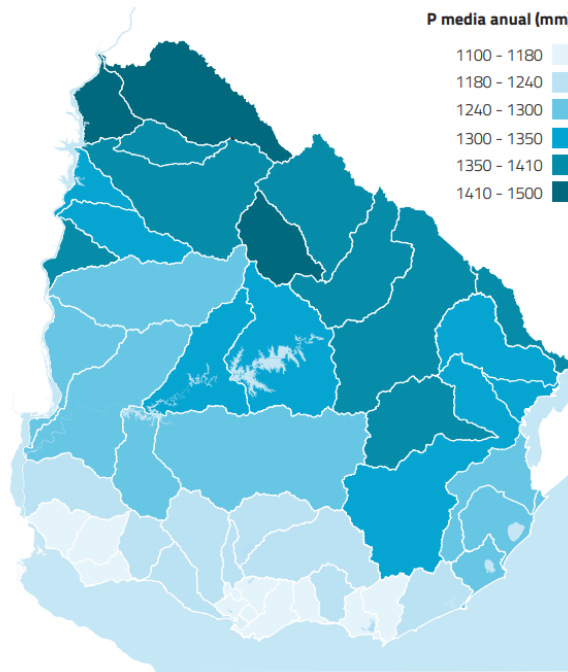
CICLO HIDROLÓGICO.UY



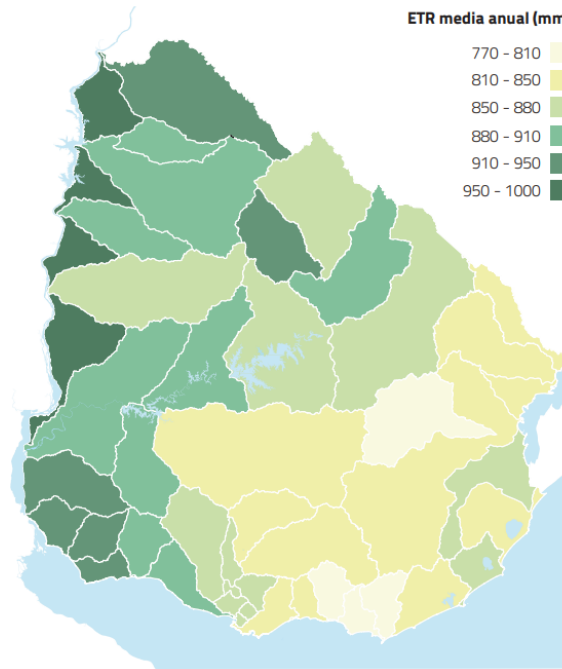
PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL

(PNA 2017)

CICLO HIDROLÓGICO.UY



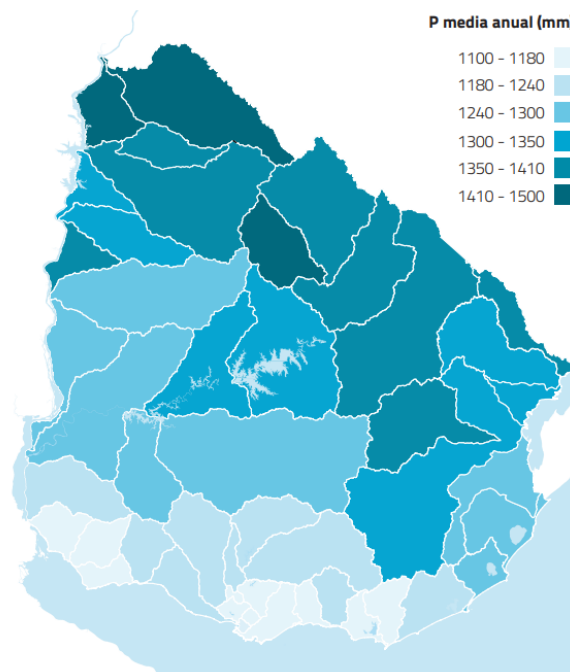
PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL



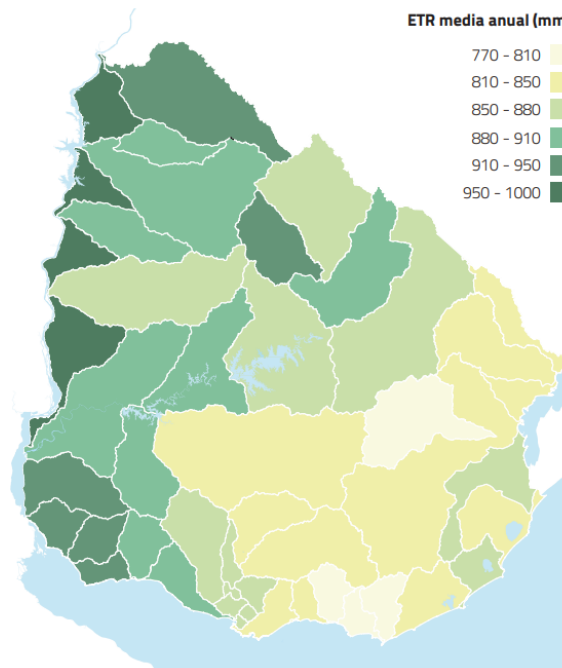
EVAPOTRANSPIRACIÓN M.A.

(PNA 2017)

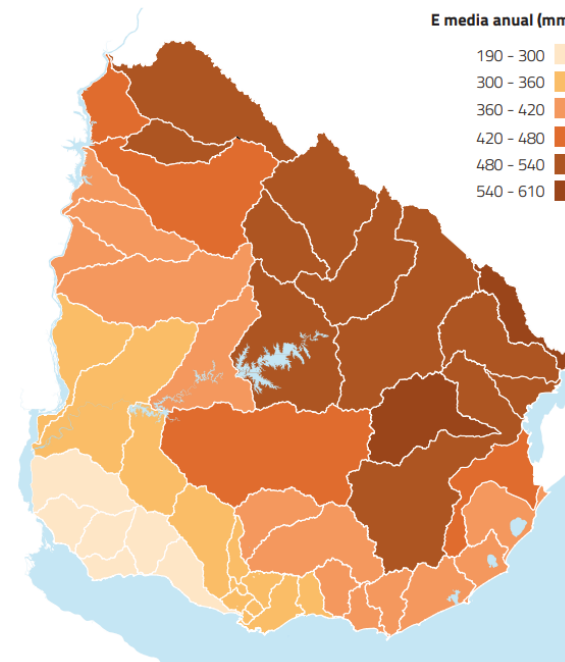
CICLO HIDROLÓGICO.UY



PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL



EVAPOTRANSPIRACIÓN M.A.



ESCURRIMIENTO M.A.

(PNA 2017)

CICLO HIDROLÓGICO.UY

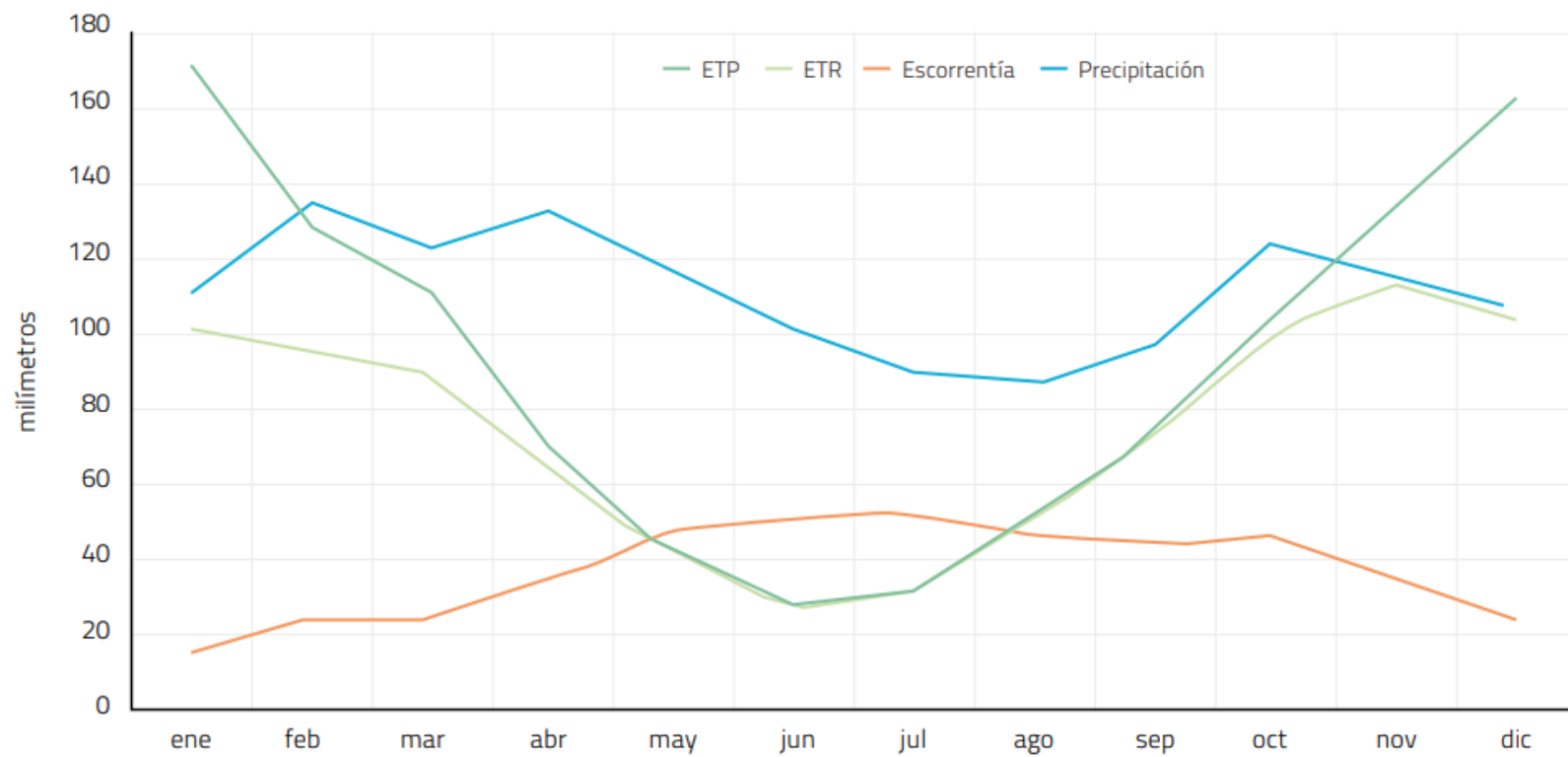


Figura 5.5 | Distribución mensual de Precipitación, ETP, ETR y Escorrentía (mm) | Fuente DINAGUA/INYPESA. Datos período 1987 a 2012

(PNA 2017)

CICLO HIDROLÓGICO.UY

entradas

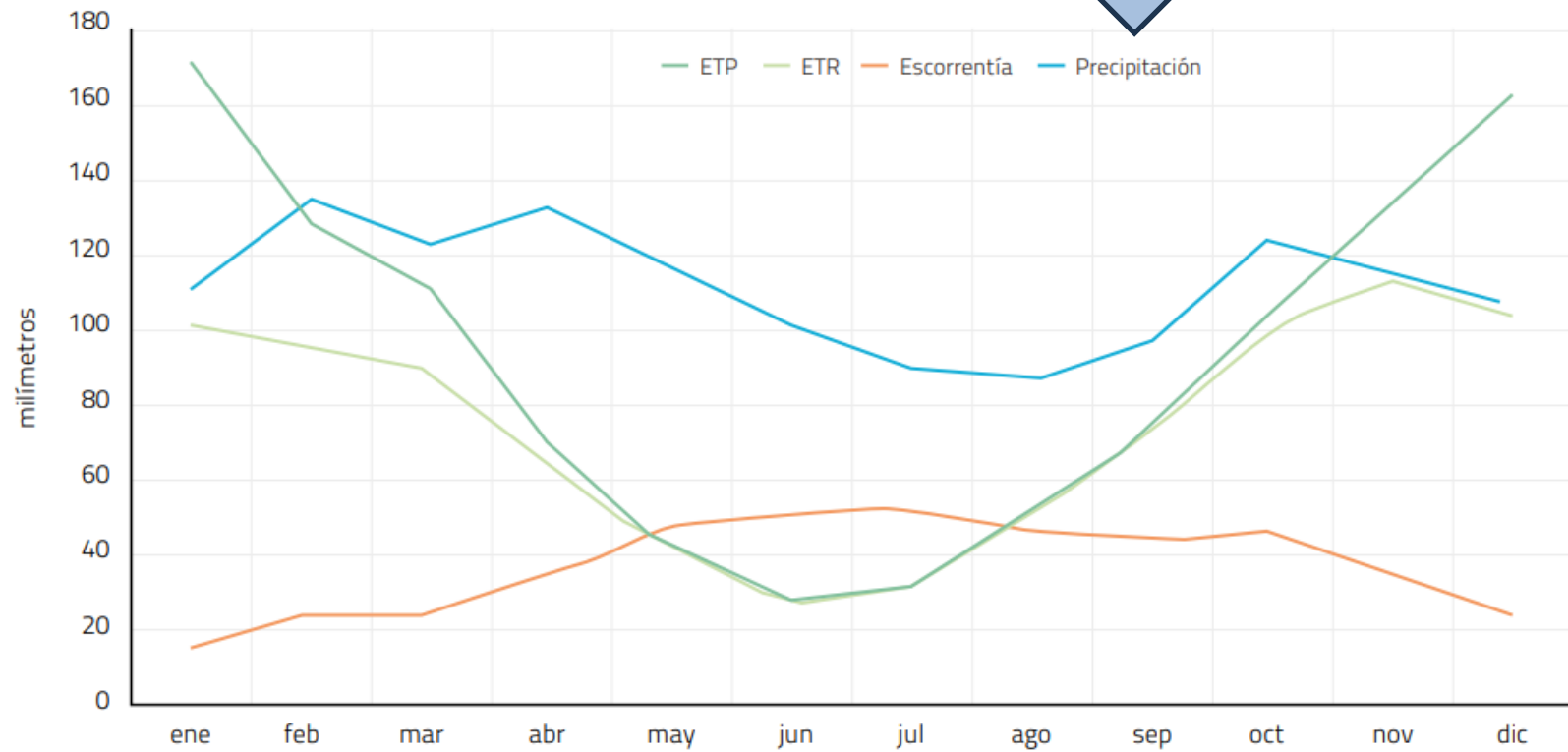


Figura 5.5 | Distribución mensual de Precipitación, ETP, ETR y Escurrentía (mm) | Fuente DINAGUA/INYPESA. Datos período 1987 a 2012

(PNA 2017)

CICLO HIDROLÓGICO.UY

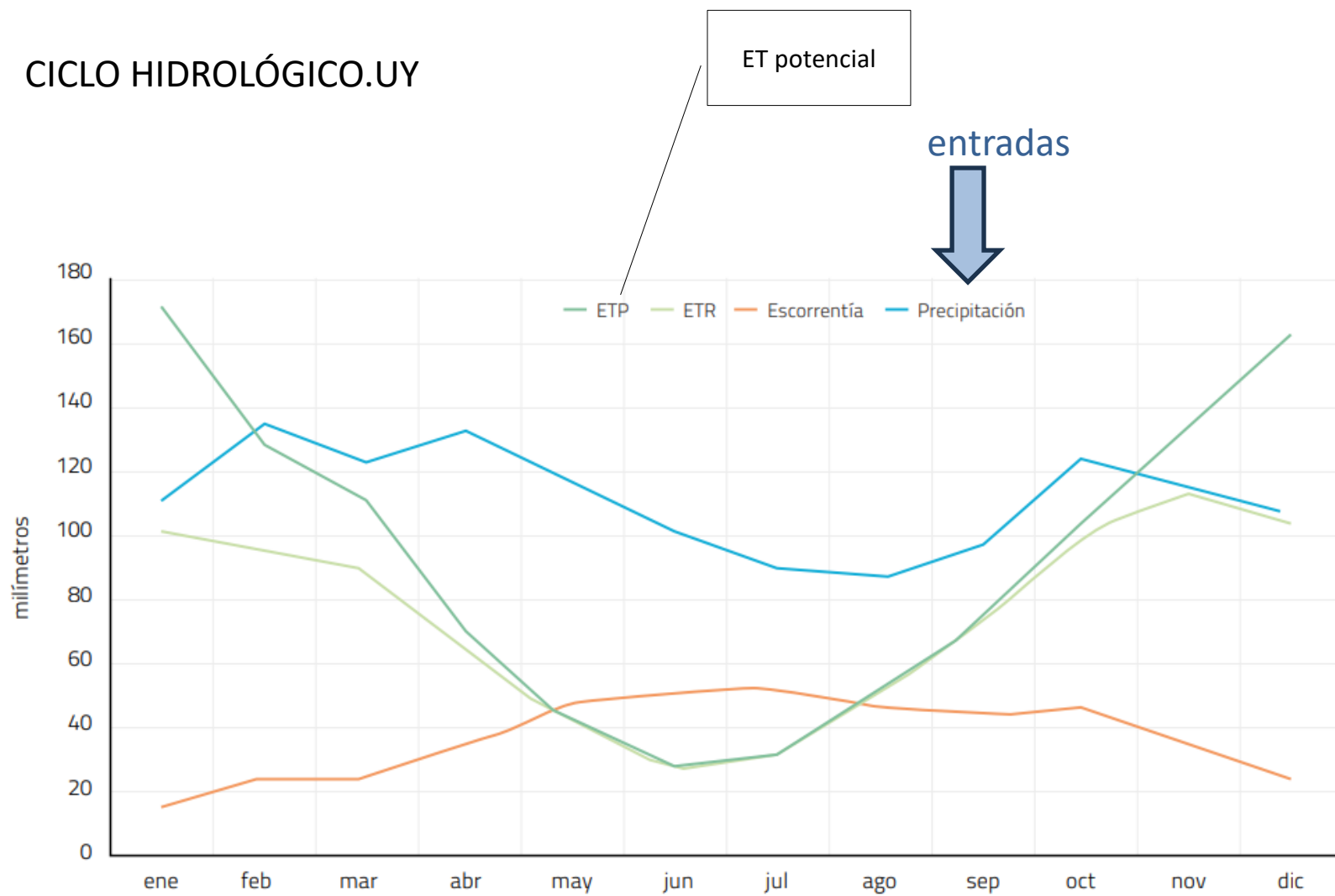


Figura 5.5 | Distribución mensual de Precipitación, ETP, ETR y Escorrentía (mm) | Fuente DINAGUA/INYPESA. Datos período 1987 a 2012

(PNA 2017)

CICLO HIDROLÓGICO.UY

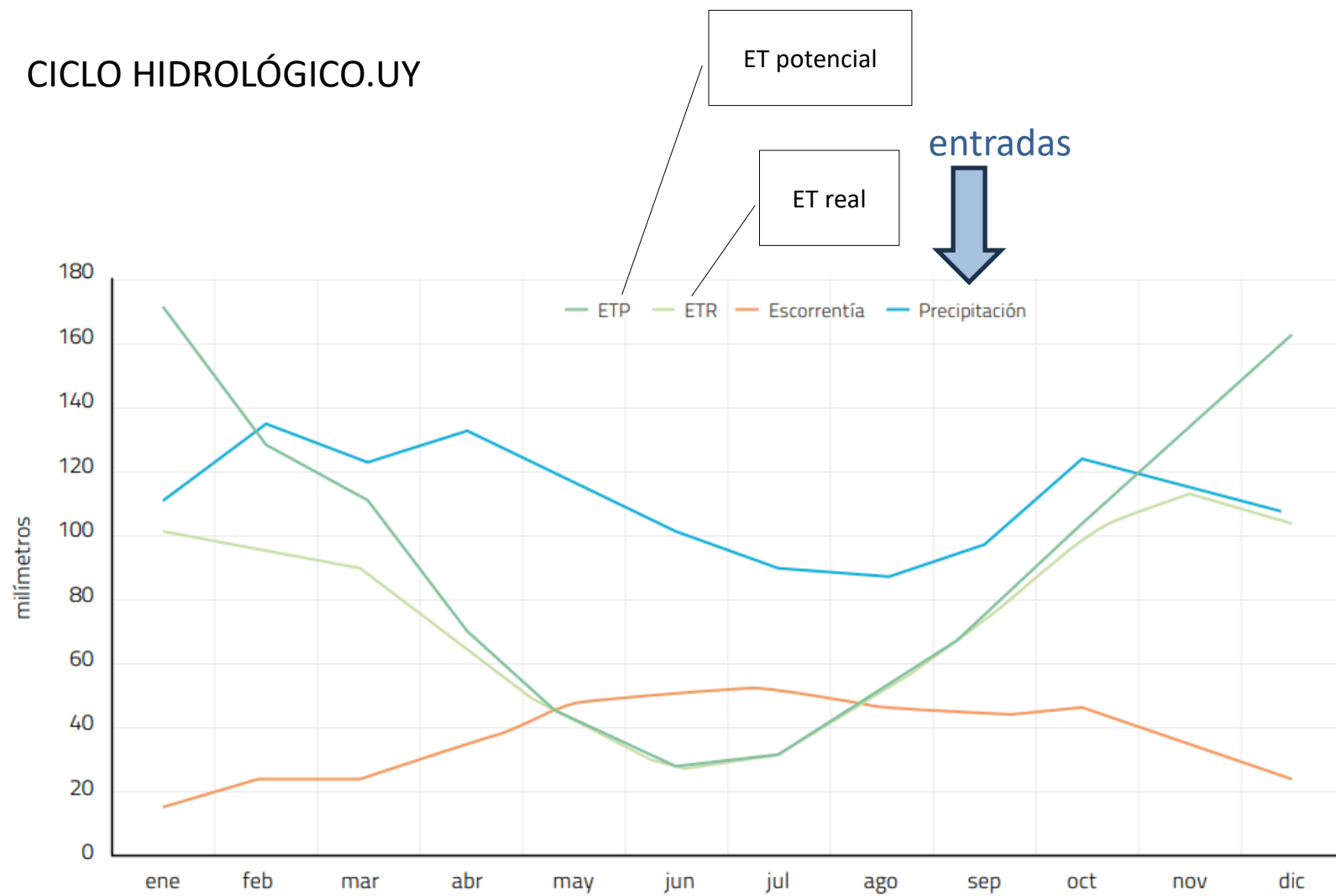


Figura 5.5 | Distribución mensual de Precipitación, ETP, ETR y Escorrentía (mm) | Fuente DINAGUA/INYPESA. Datos período 1987 a 2012

(PNA 2017)

CICLO HIDROLÓGICO.UY

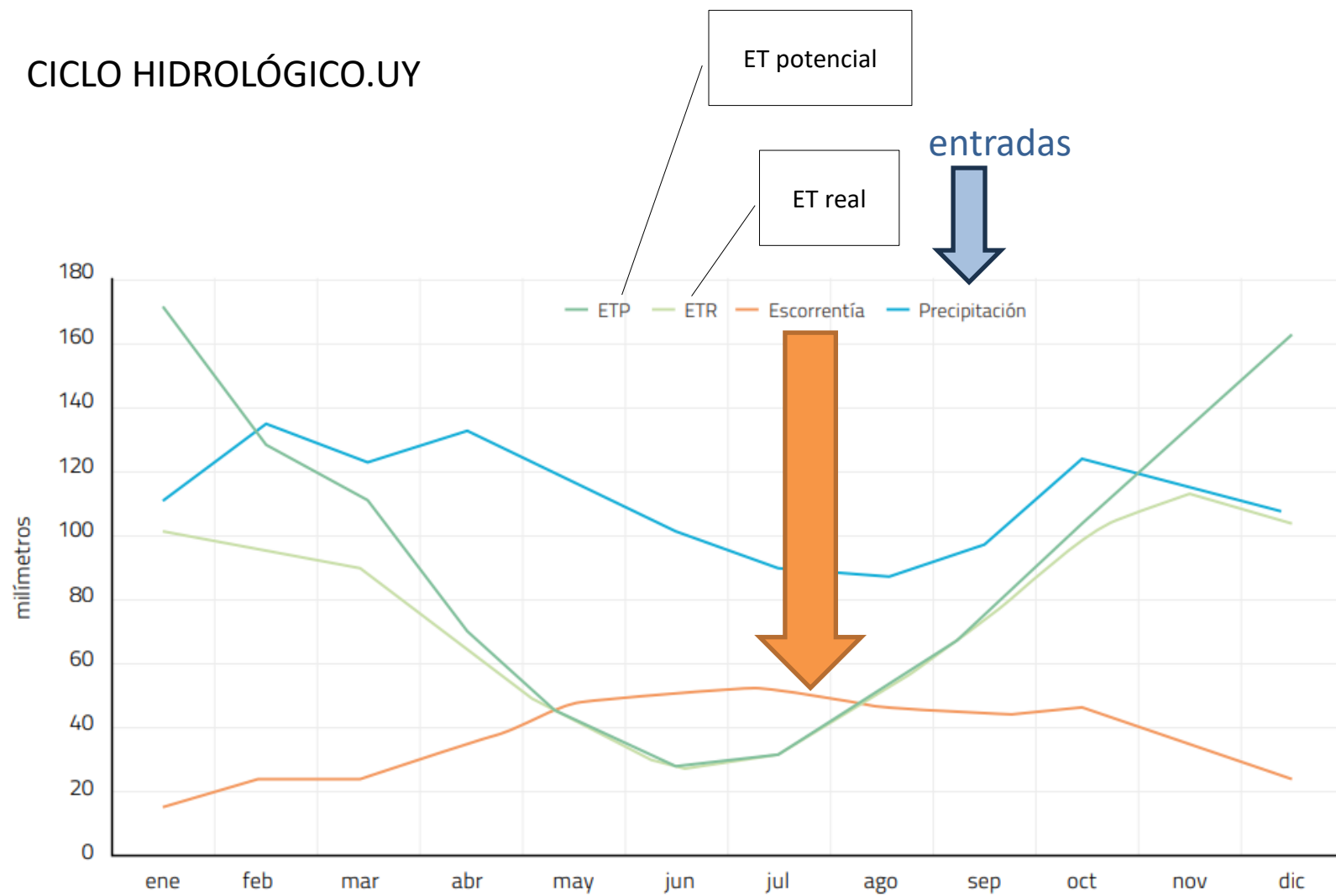


Figura 5.5 | Distribución mensual de Precipitación, ETP, ETR y Escorrentía (mm) | Fuente DINAGUA/INYPESA. Datos período 1987 a 2012

(PNA 2017)

CICLO HIDROLÓGICO.UY

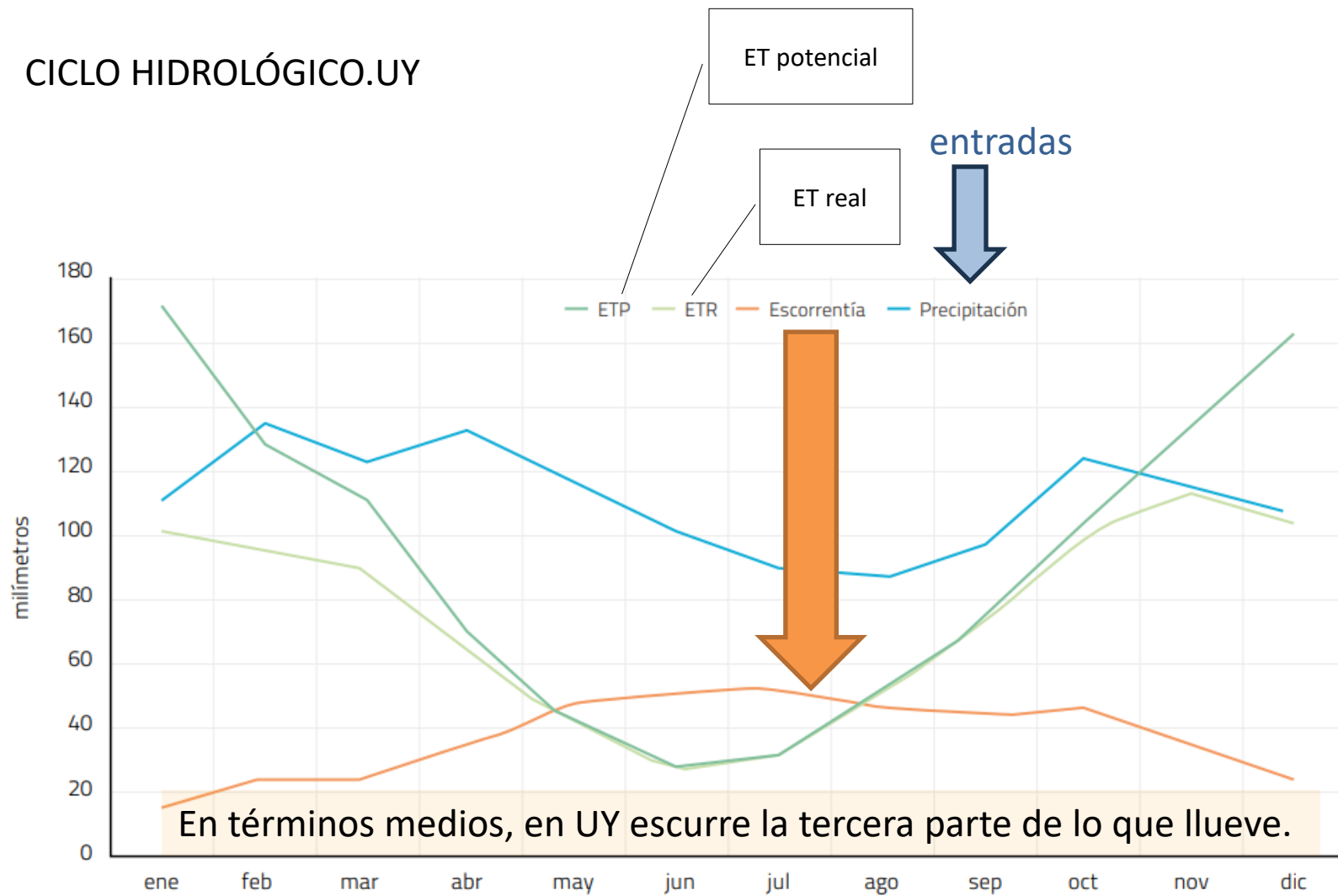


Figura 5.5 | Distribución mensual de Precipitación, ETP, ETR y Escorrentía (mm) | Fuente DINAGUA/INYPESA. Datos período 1987 a 2012

(PNA 2017)

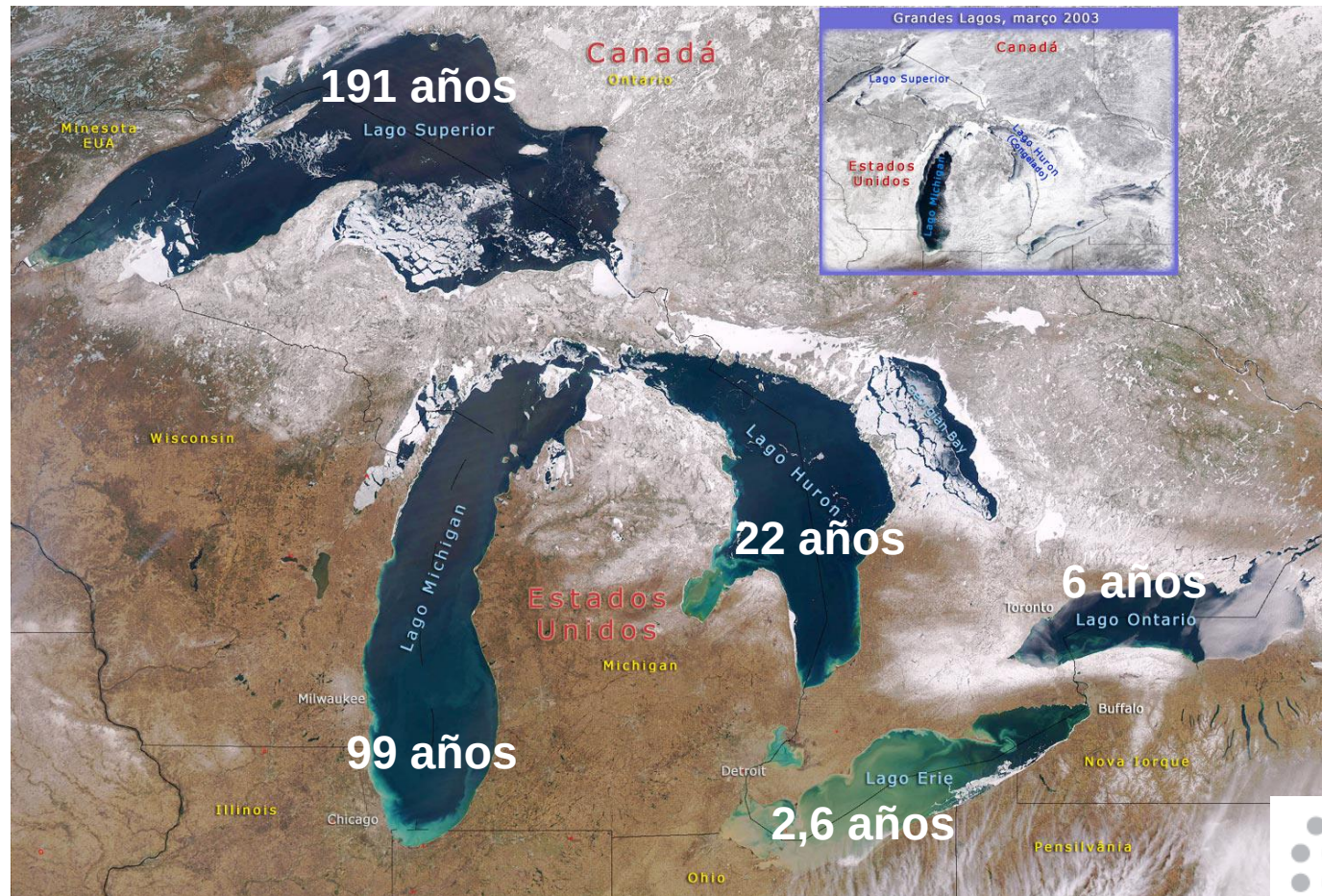


Tiempo de residencia

	Tiempo de residencia medio
Glaciares	20 - 100 años
Nieve estacional	2 - 6 meses
Humedad de suelo	1 - 2 meses
Agua subterránea superficial	100 - 200 años
Agua subterránea profunda	10000 años
Lagos	50 - 100 años
Ríos	2 - 6 meses

	Tiempo de residencia medio
Glaciares	20 - 100 años
Nieve estacional	2 - 6 meses
Humedad de suelo	1 - 2 meses
Agua subterránea superficial	100 - 200 años
Agua subterránea profunda	10000 años
Lagos	50 - 100 años
Ríos	2 - 6 meses

TIEMPO DE RESIDENCIA







Mezcla

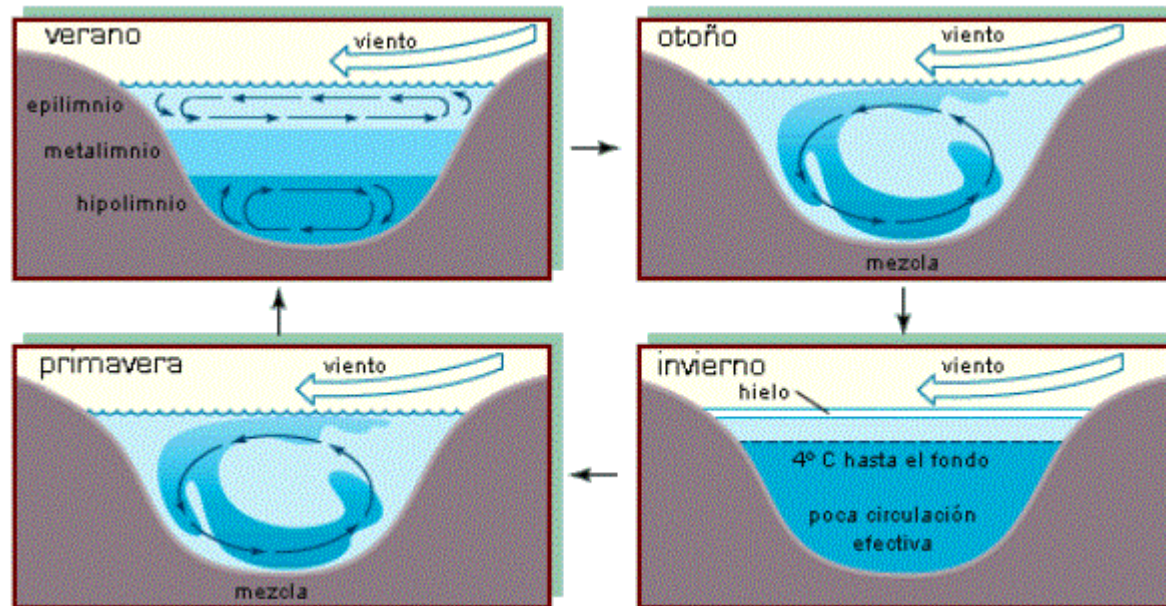


Mezcla

Gradientes verticales

Mezcla

Gradientes verticales



¿Temperatura?

¿Oxígeno?

...

Mezcla

Gradientes verticales



Flujo laminar



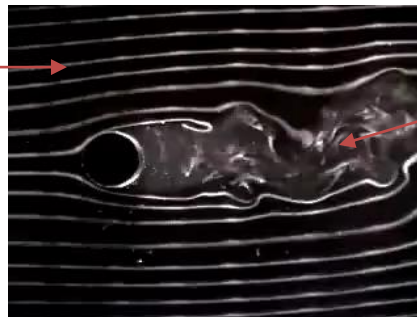
Flujo turbulento

Mezcla

Gradientes verticales



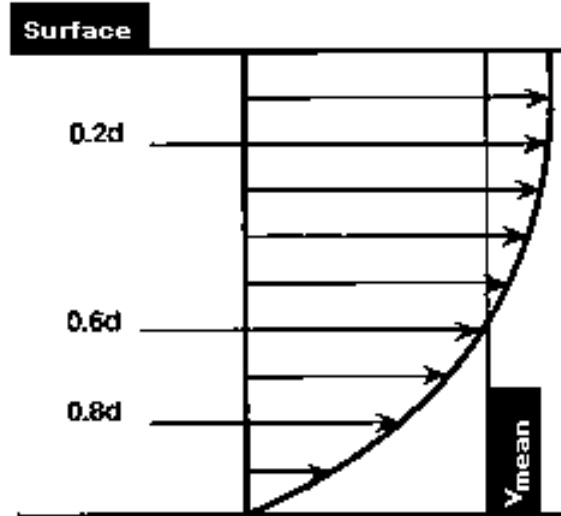
Flujo laminar



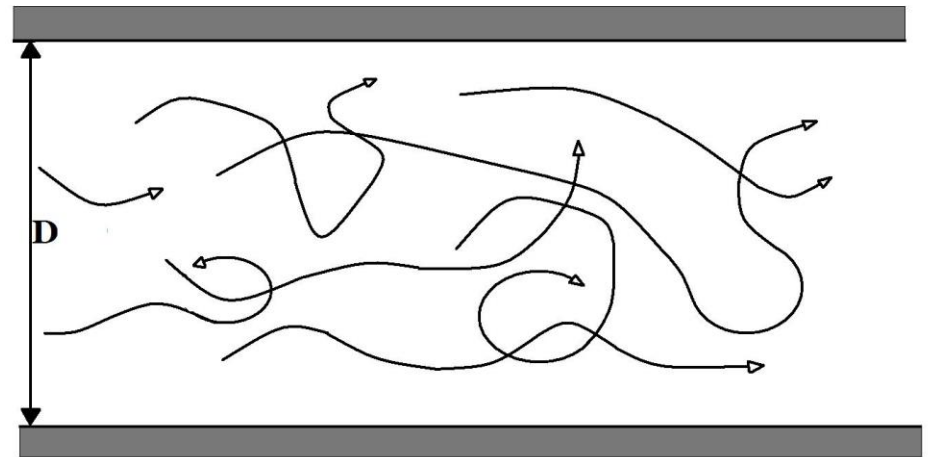
Flujo turbulento

Mezcla

Gradientes verticales



Flujo laminar



Flujo turbulento





Velocidad vs. Caudal

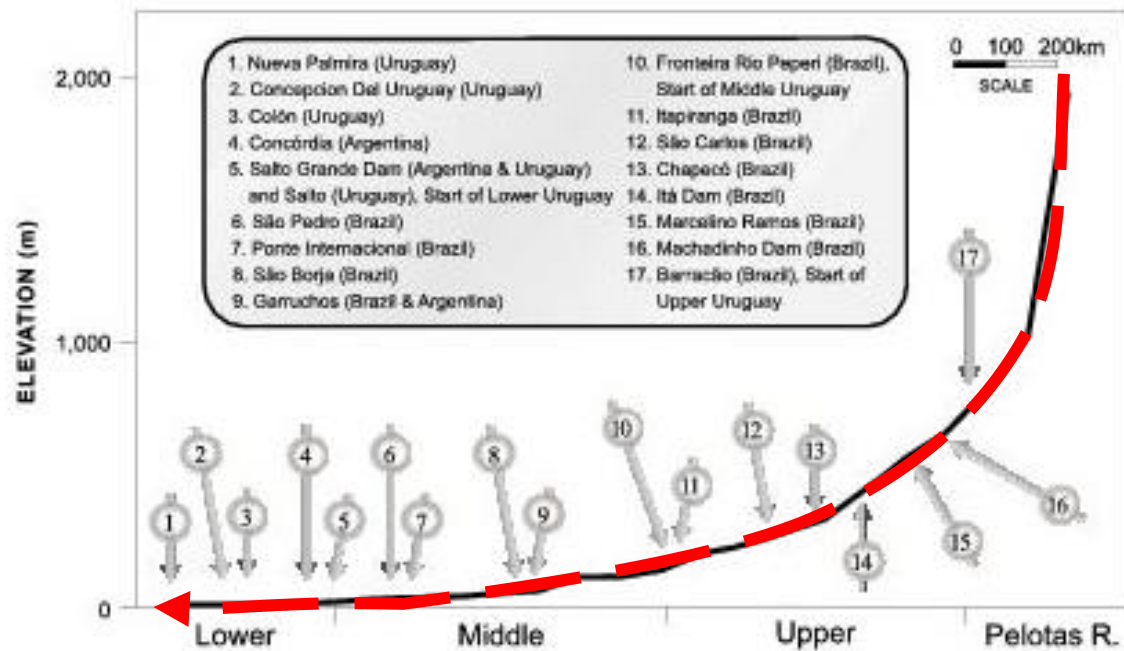


Velocidad vs. Caudal



Río Uruguay

RIVER SECTIONS



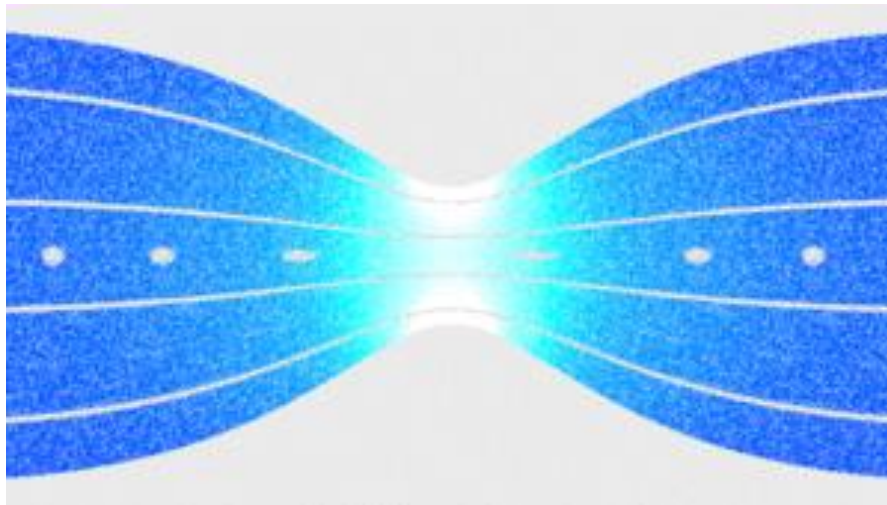


Río Uruguay

RIVER SECTIONS

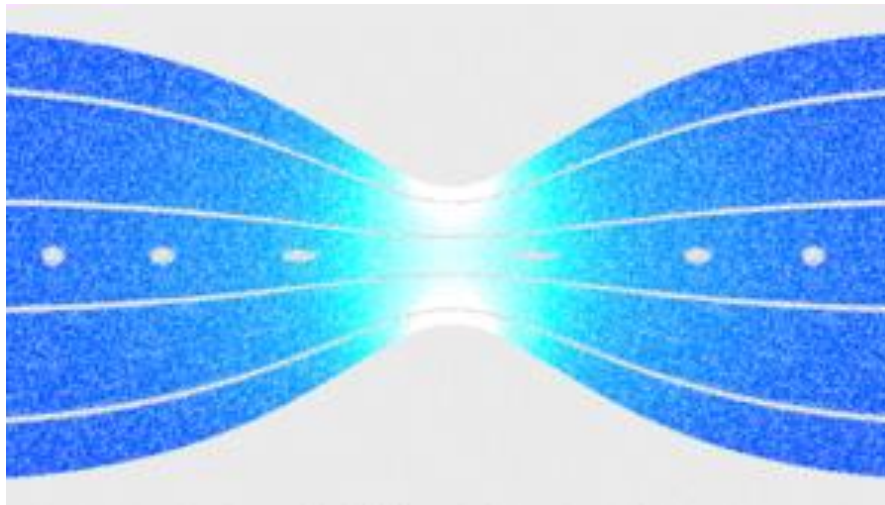


¿VELOCIDAD?



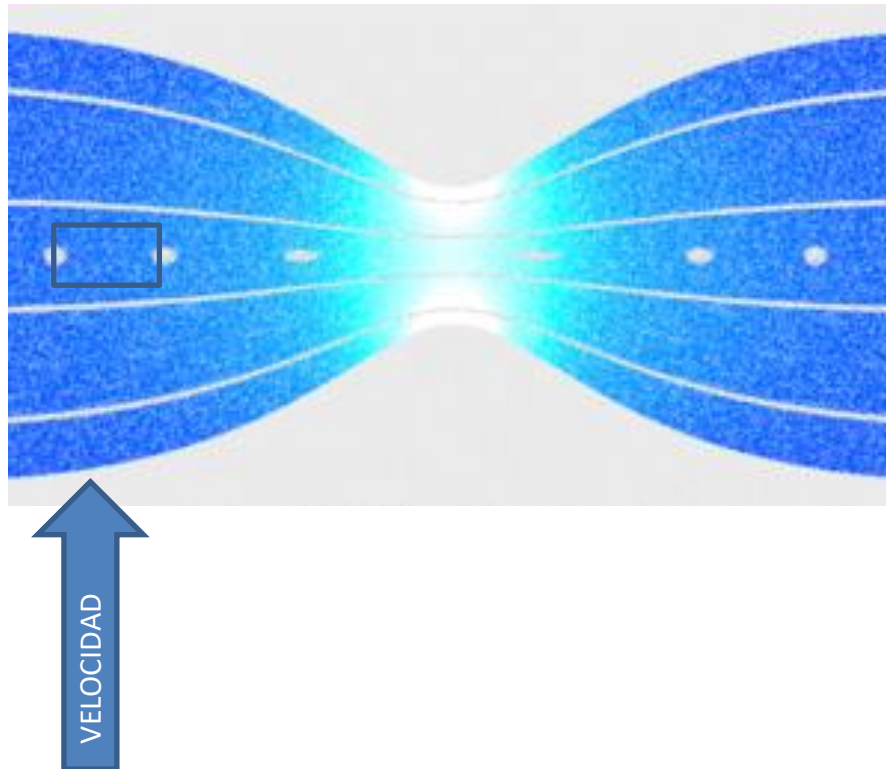
¿VELOCIDAD?

Velocidad = distancia/tiempo



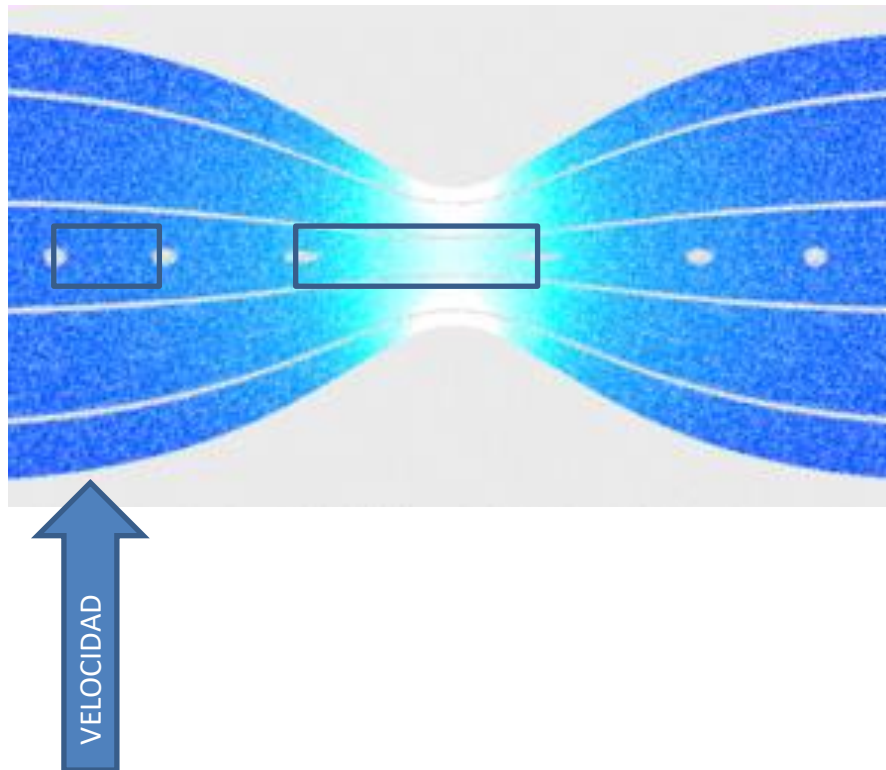
¿VELOCIDAD?

Velocidad = distancia/tiempo



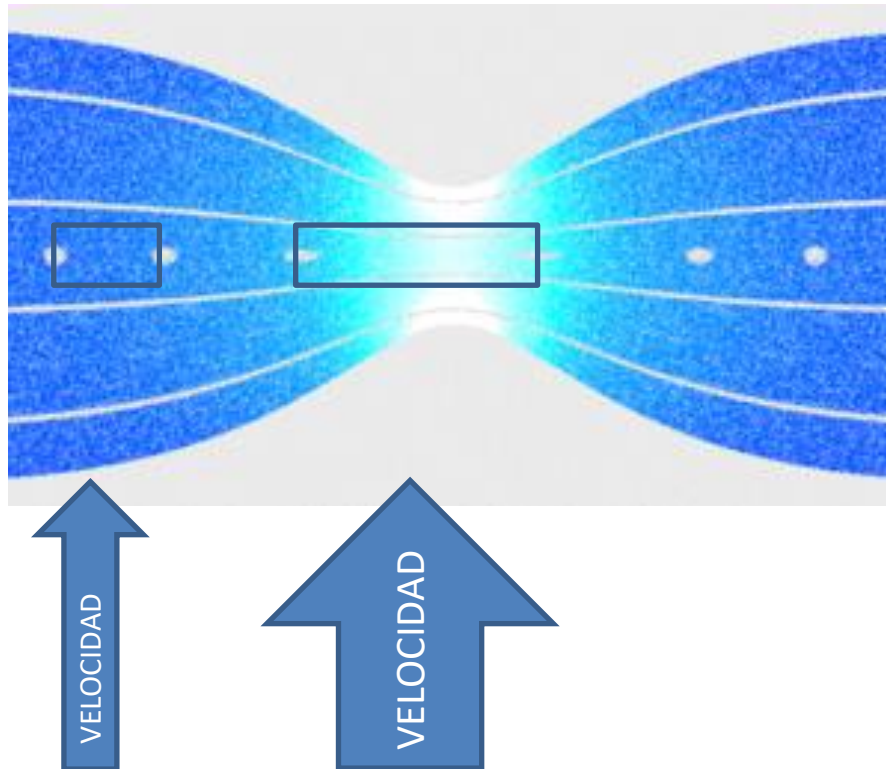
¿VELOCIDAD?

Velocidad = distancia/tiempo



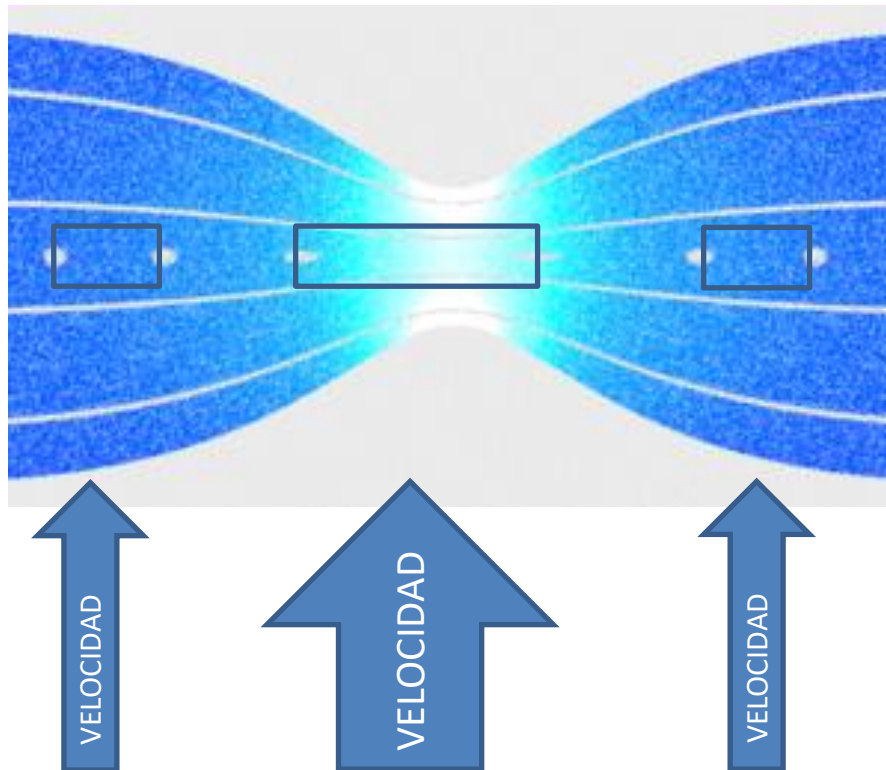
¿VELOCIDAD?

Velocidad = distancia/tiempo

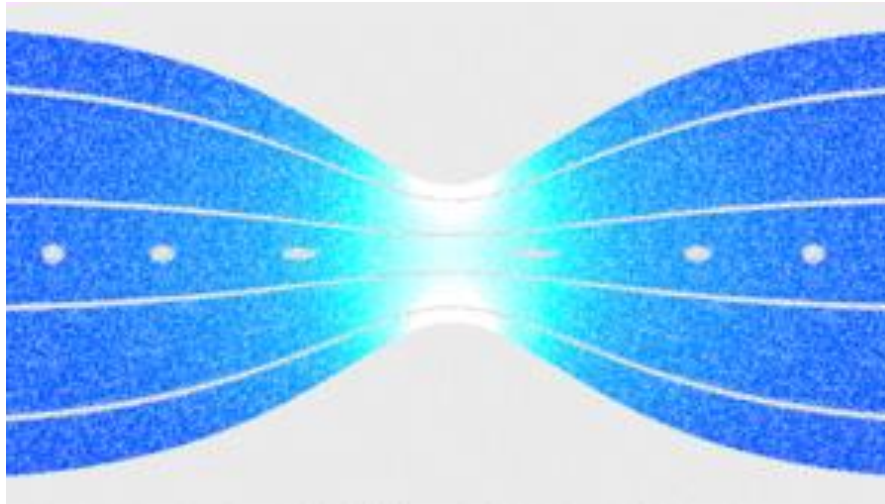


¿VELOCIDAD?

Velocidad = distancia/tiempo

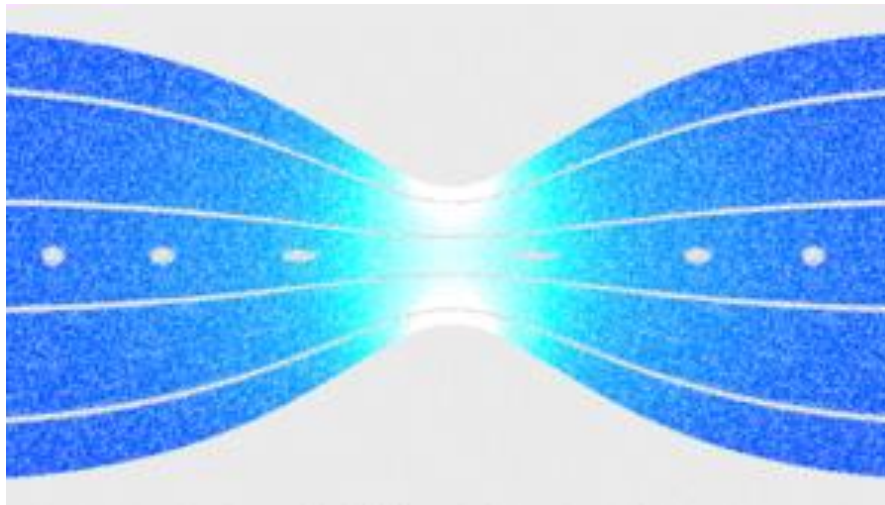


¿Y EL CAUDAL?



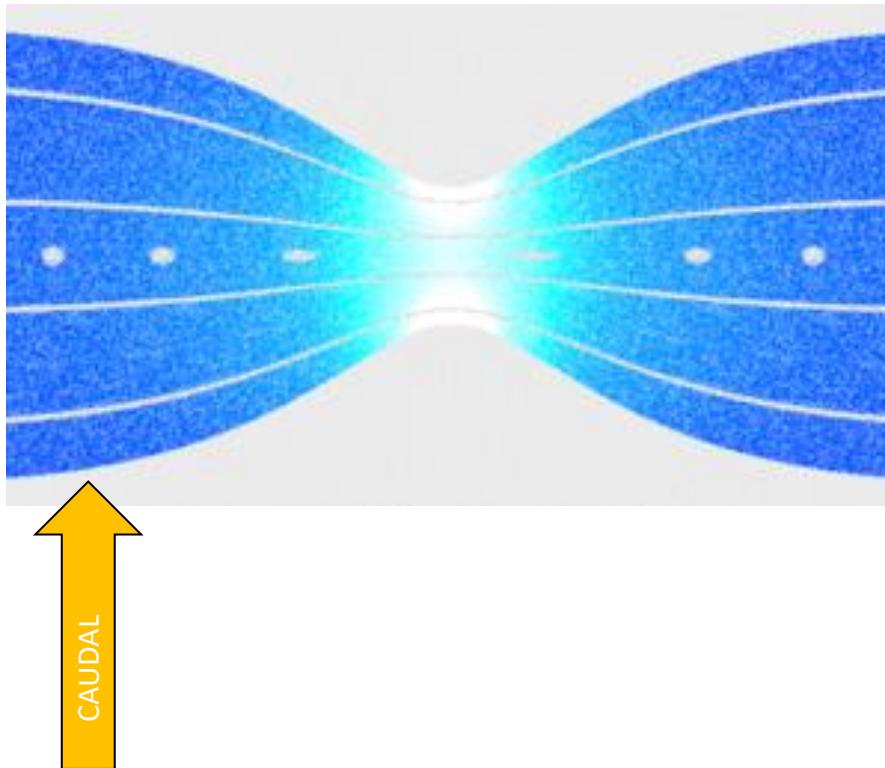
¿Y EL CAUDAL?

CAUDAL = volumen / tiempo



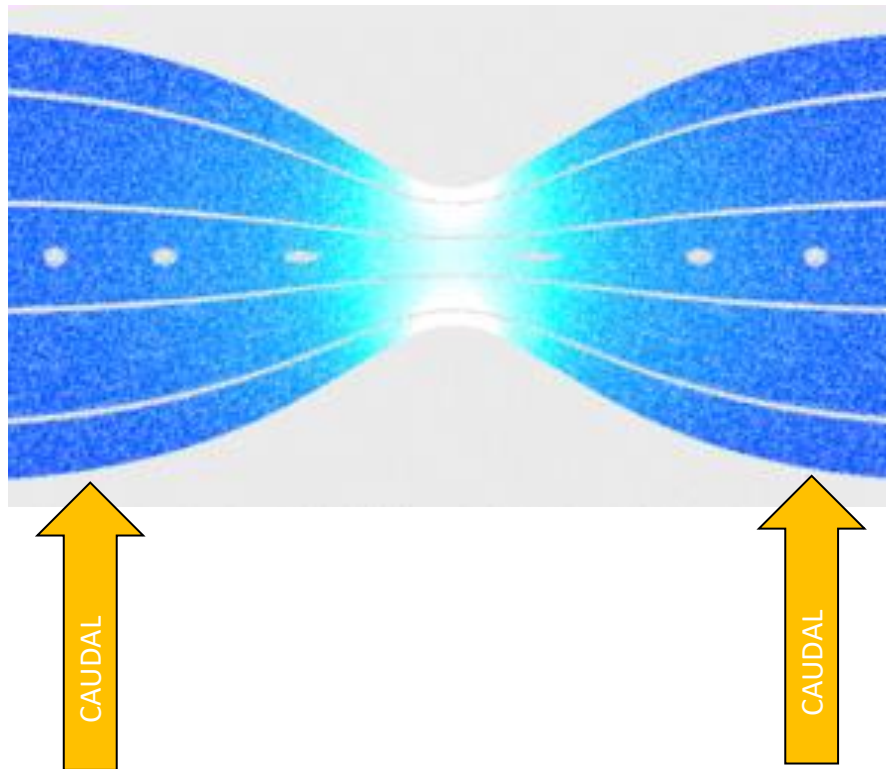
¿Y EL CAUDAL?

CAUDAL = volumen / tiempo



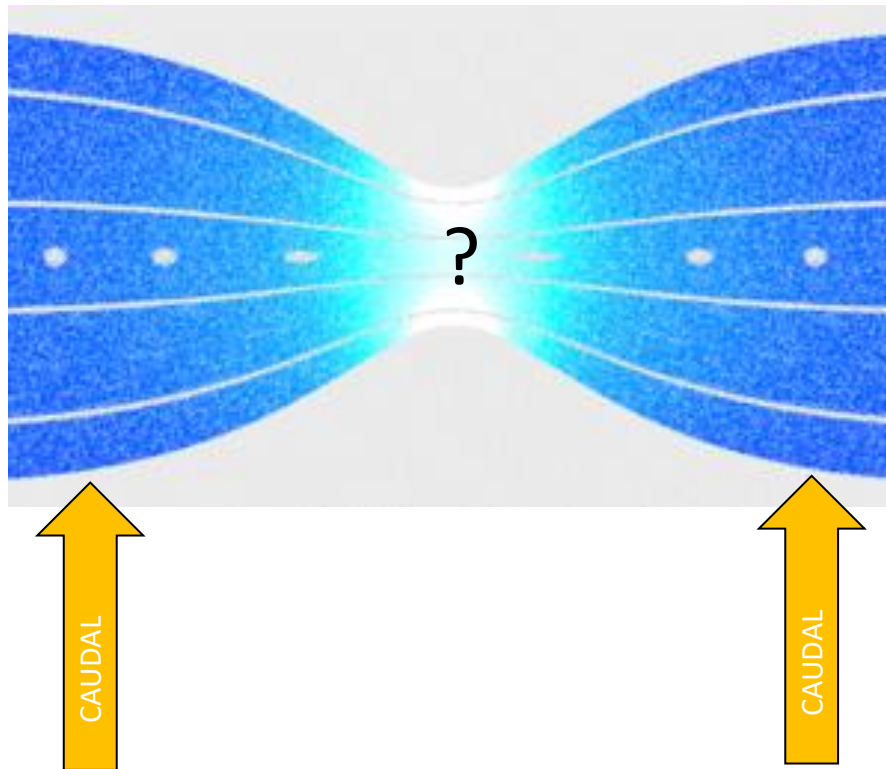
¿Y EL CAUDAL?

CAUDAL = volumen / tiempo



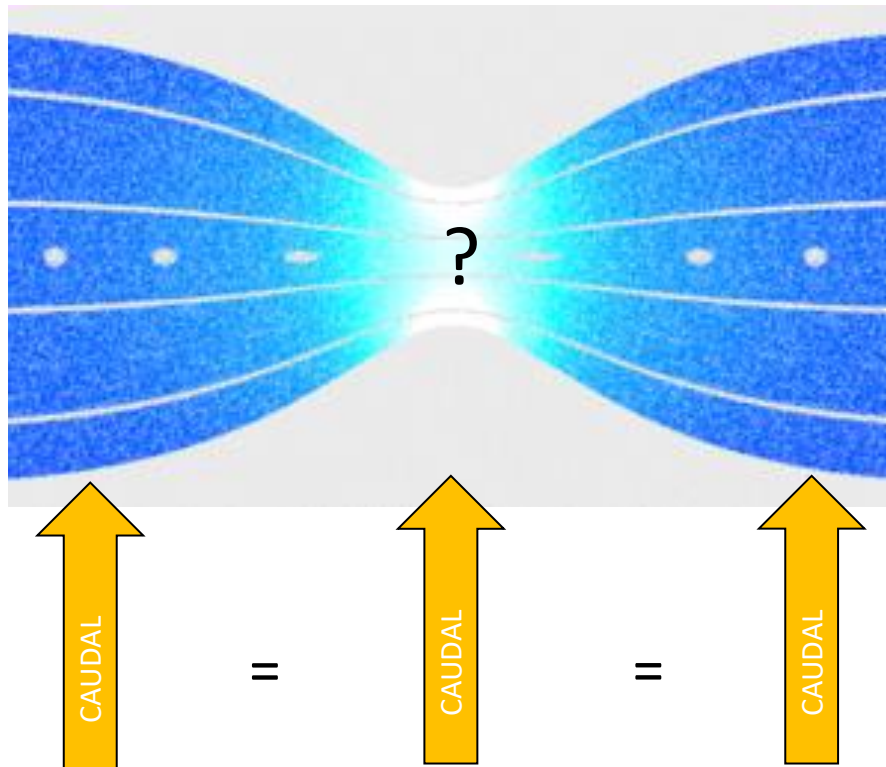
¿Y EL CAUDAL?

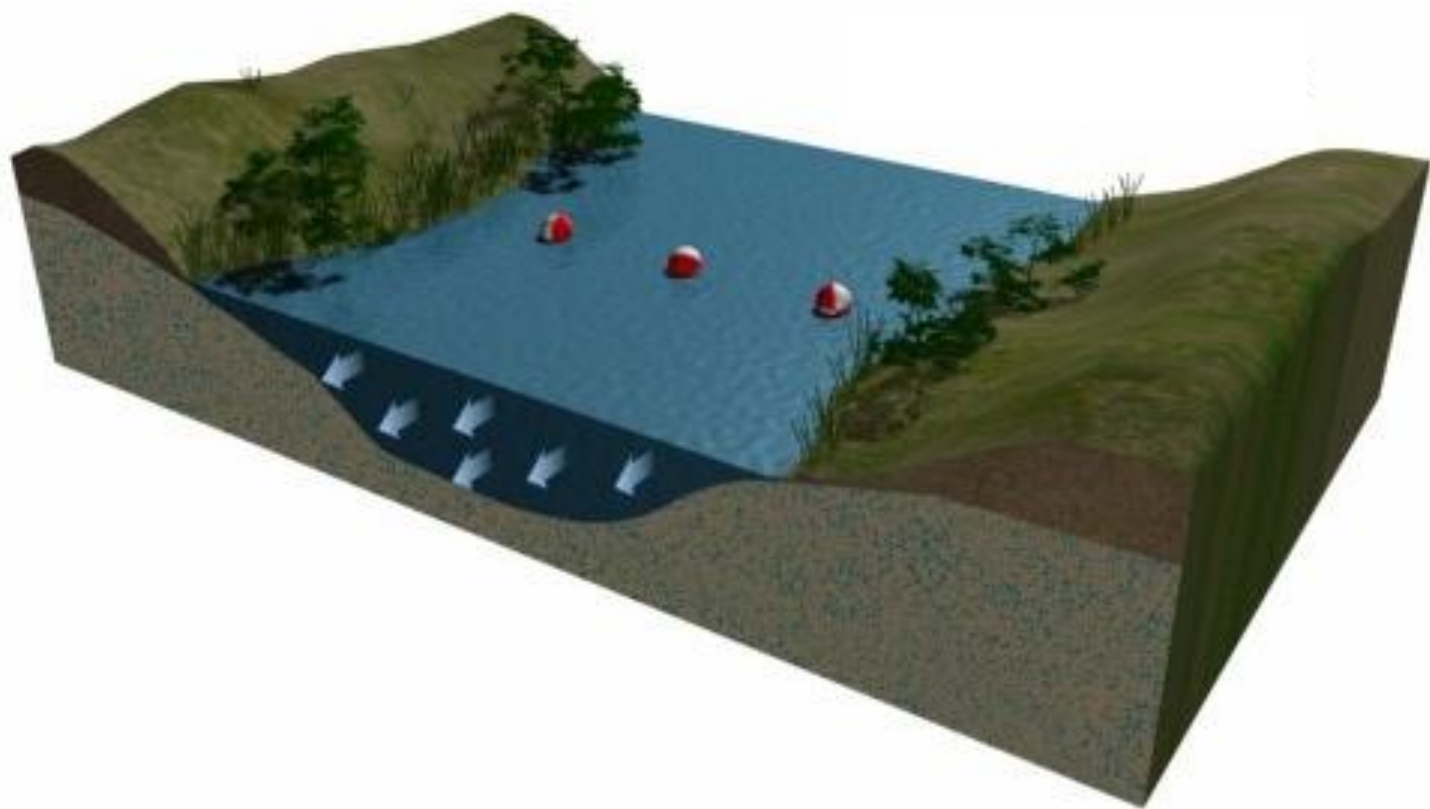
CAUDAL = volumen / tiempo



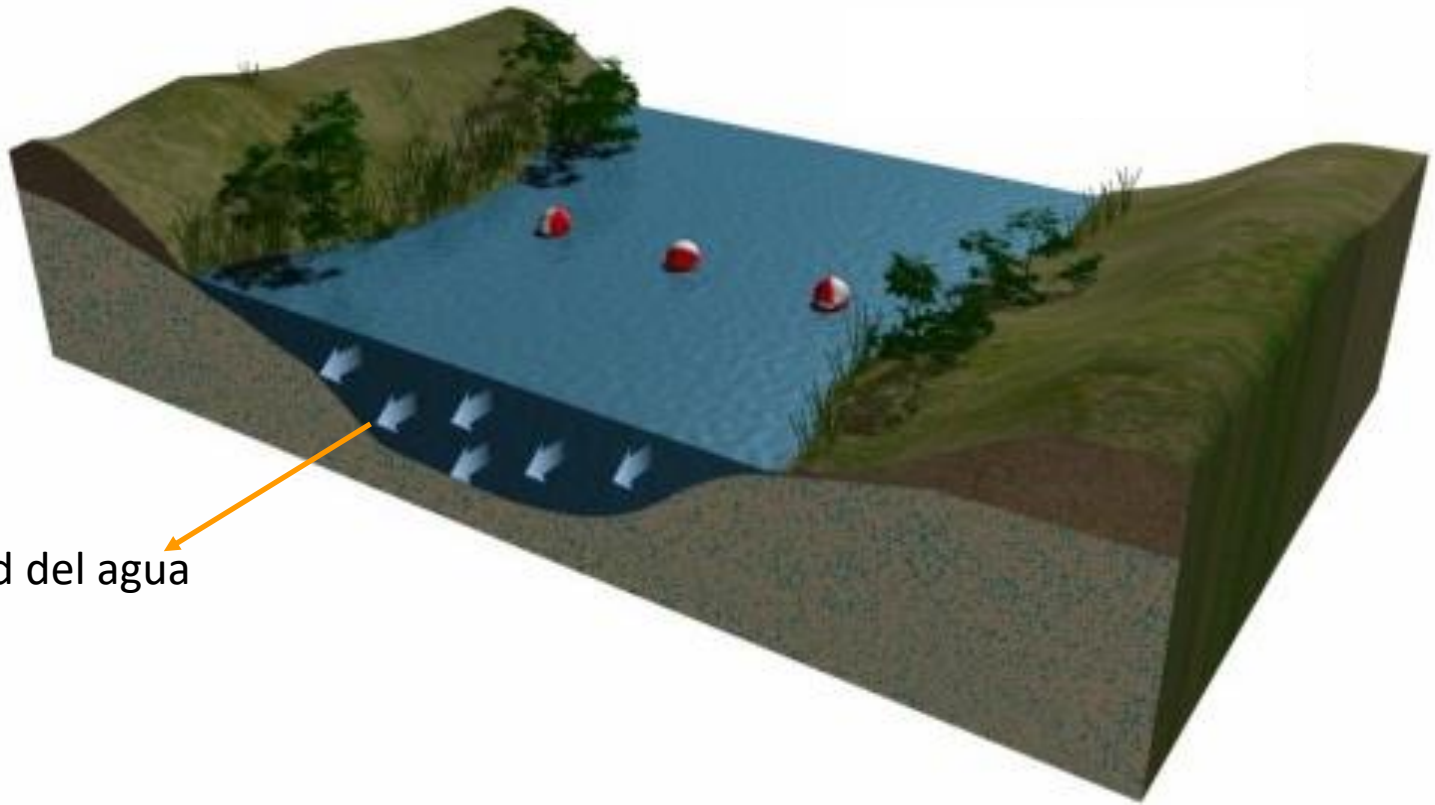
¿Y EL CAUDAL?

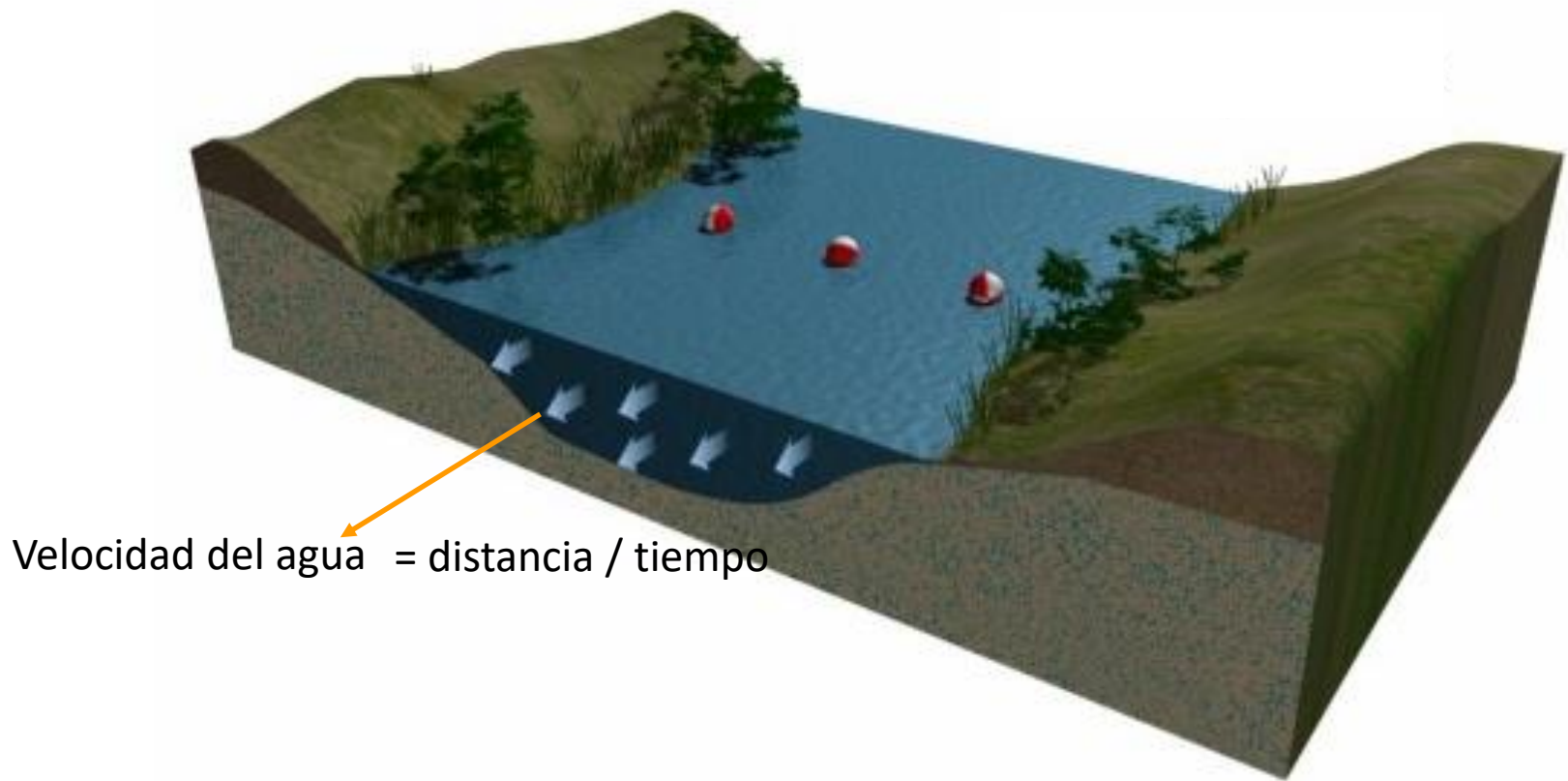
CAUDAL = volumen / tiempo



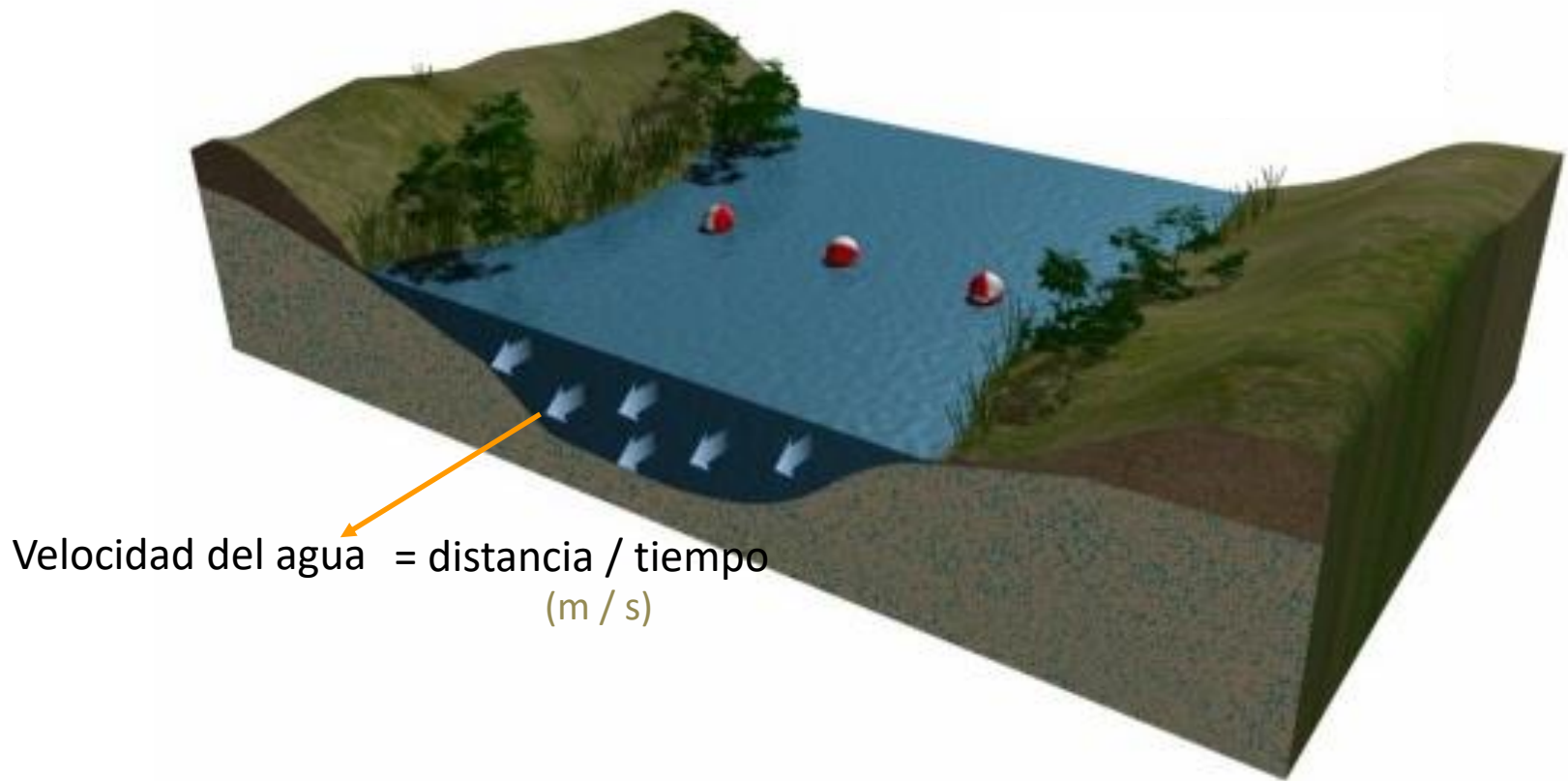


Velocidad del agua

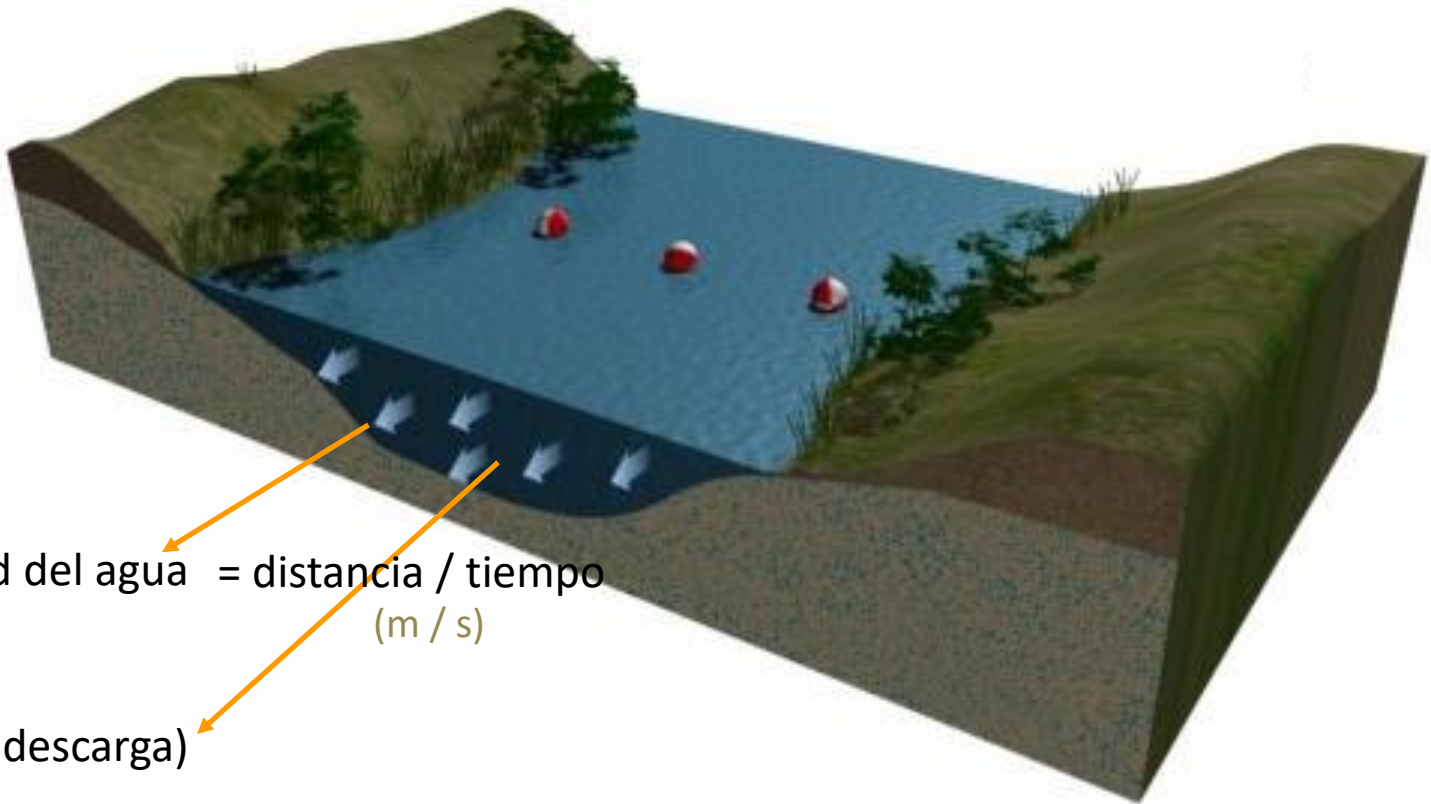




Velocidad del agua = distancia / tiempo

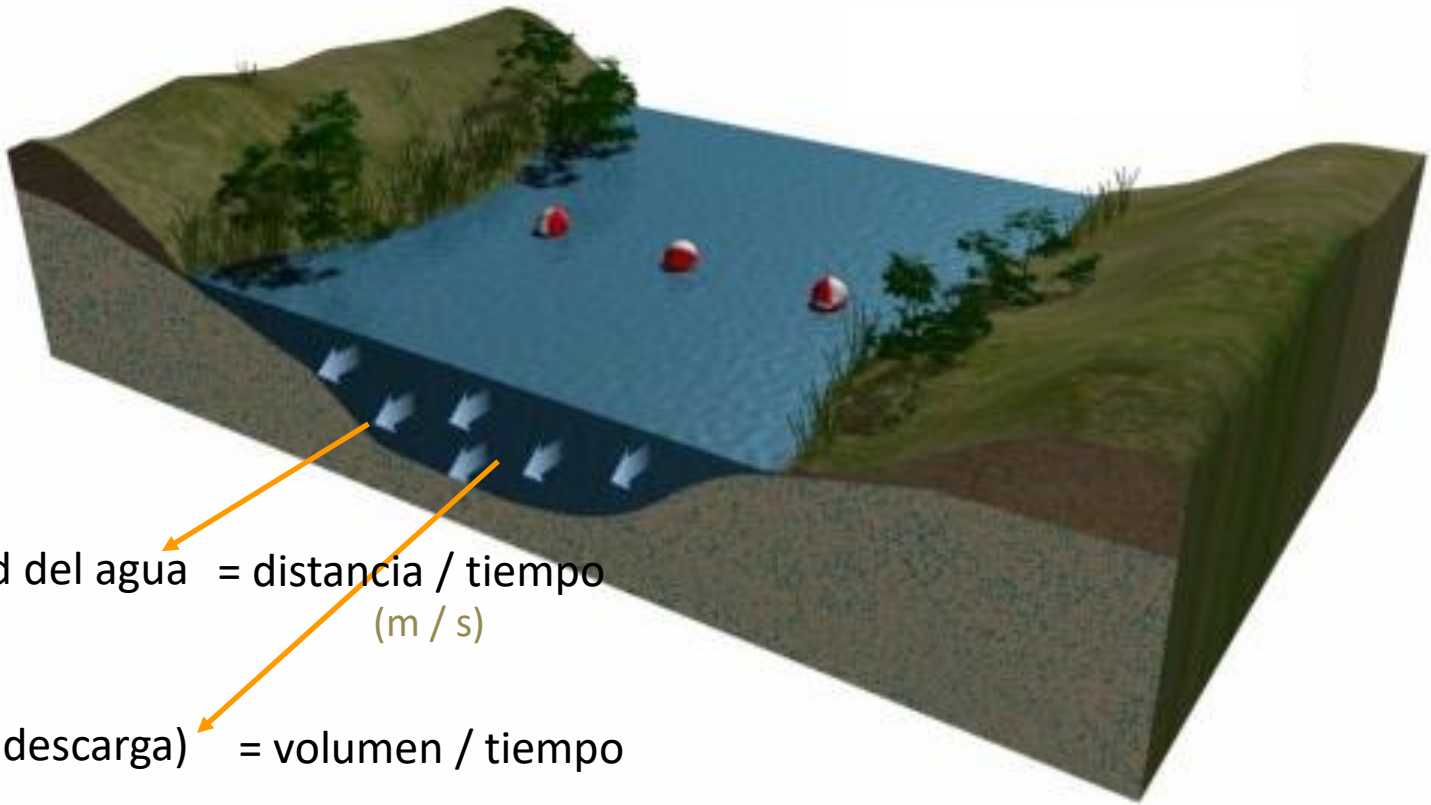


Velocidad del agua = distancia / tiempo
(m / s)



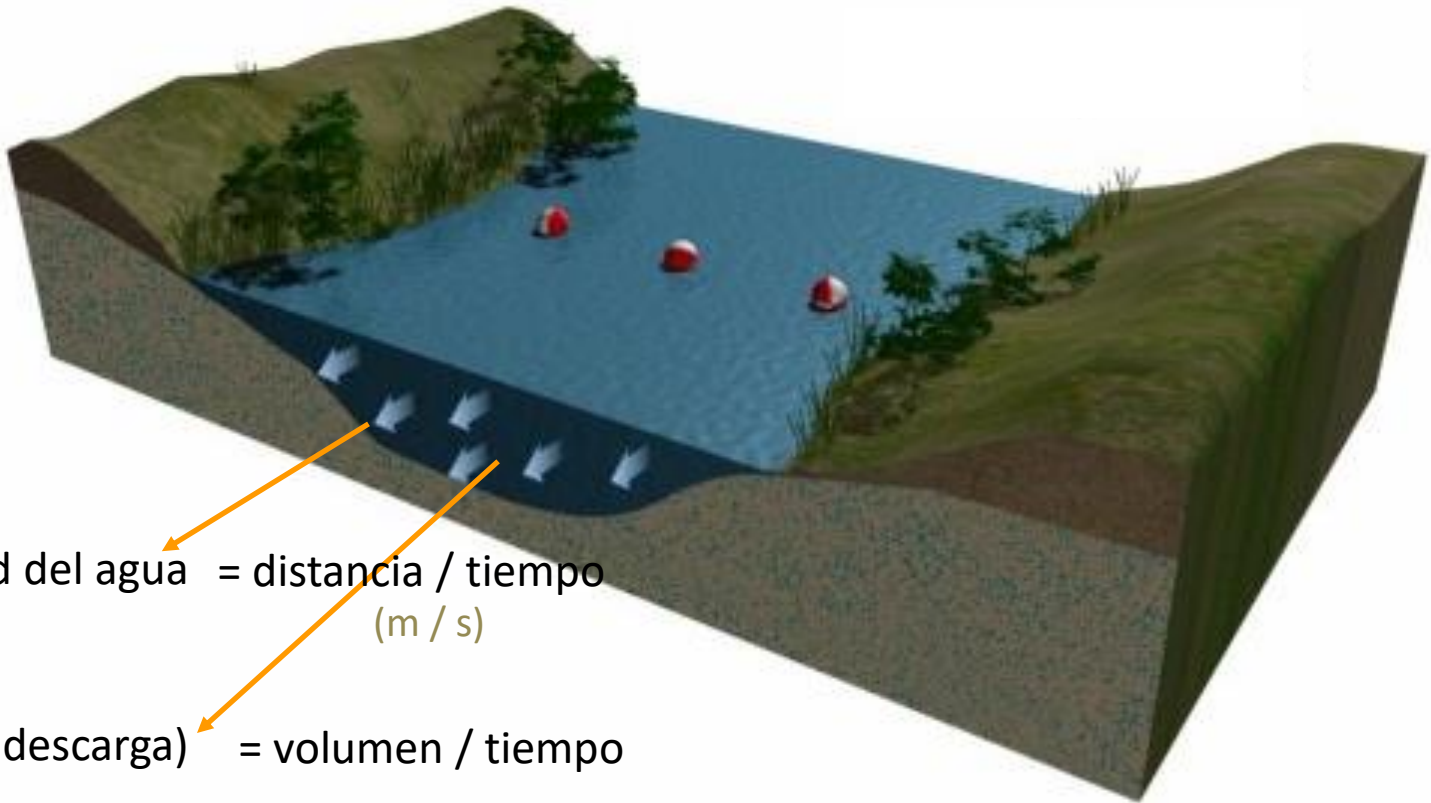
Velocidad del agua = distancia / tiempo
(m / s)

Caudal (o descarga)



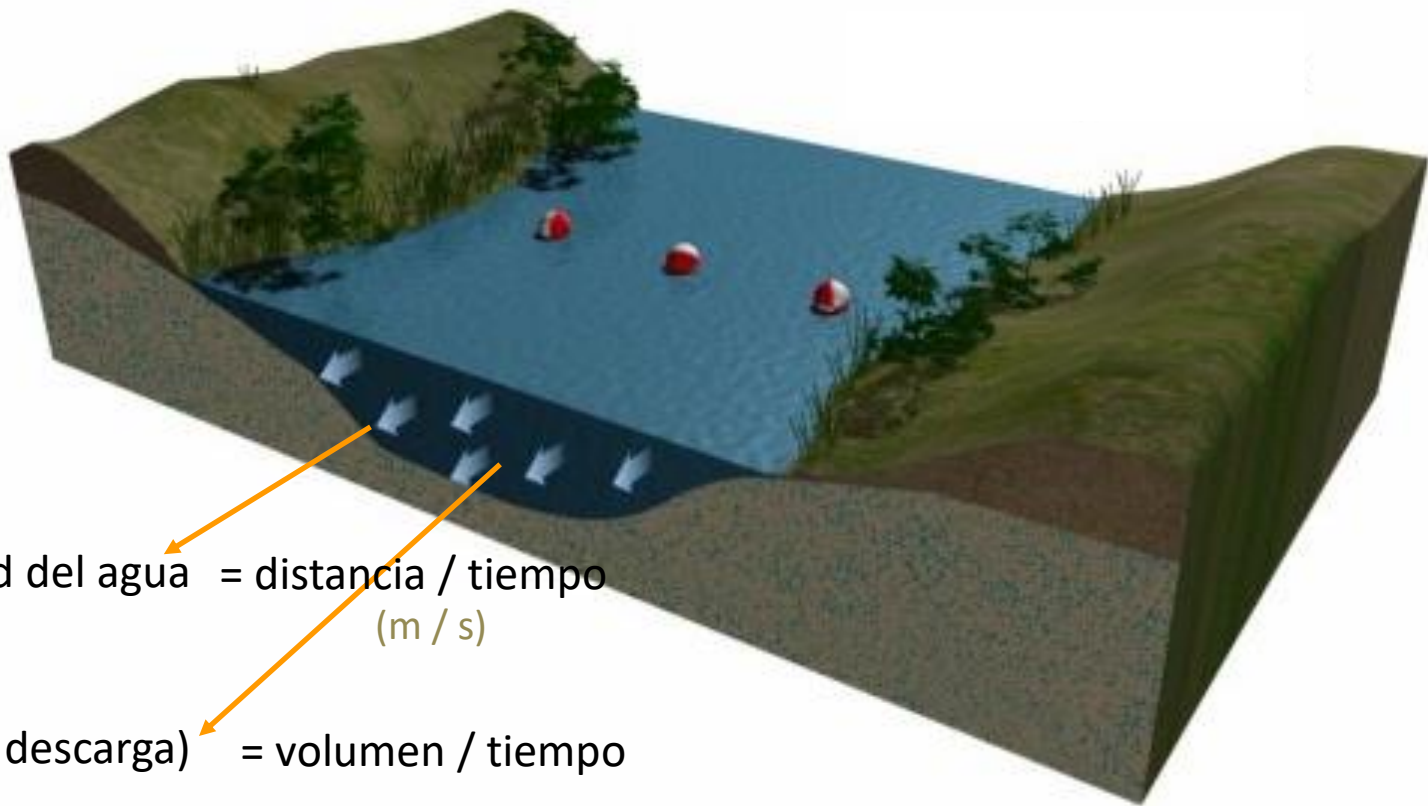
Velocidad del agua = distancia / tiempo
(m / s)

Caudal (o descarga) = volumen / tiempo



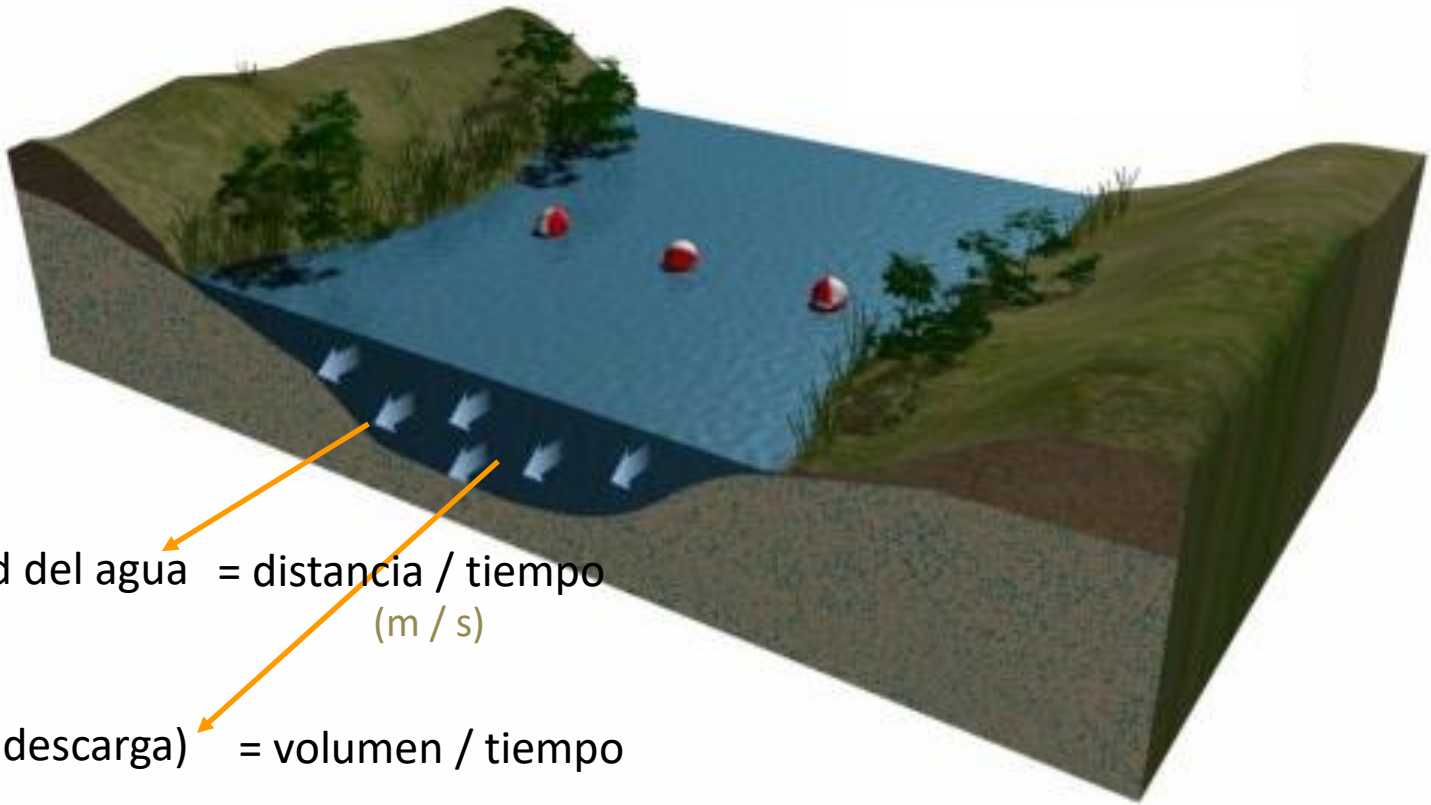
Velocidad del agua = distancia / tiempo
(m / s)

Caudal (o descarga) = volumen / tiempo
(litros / segundo)



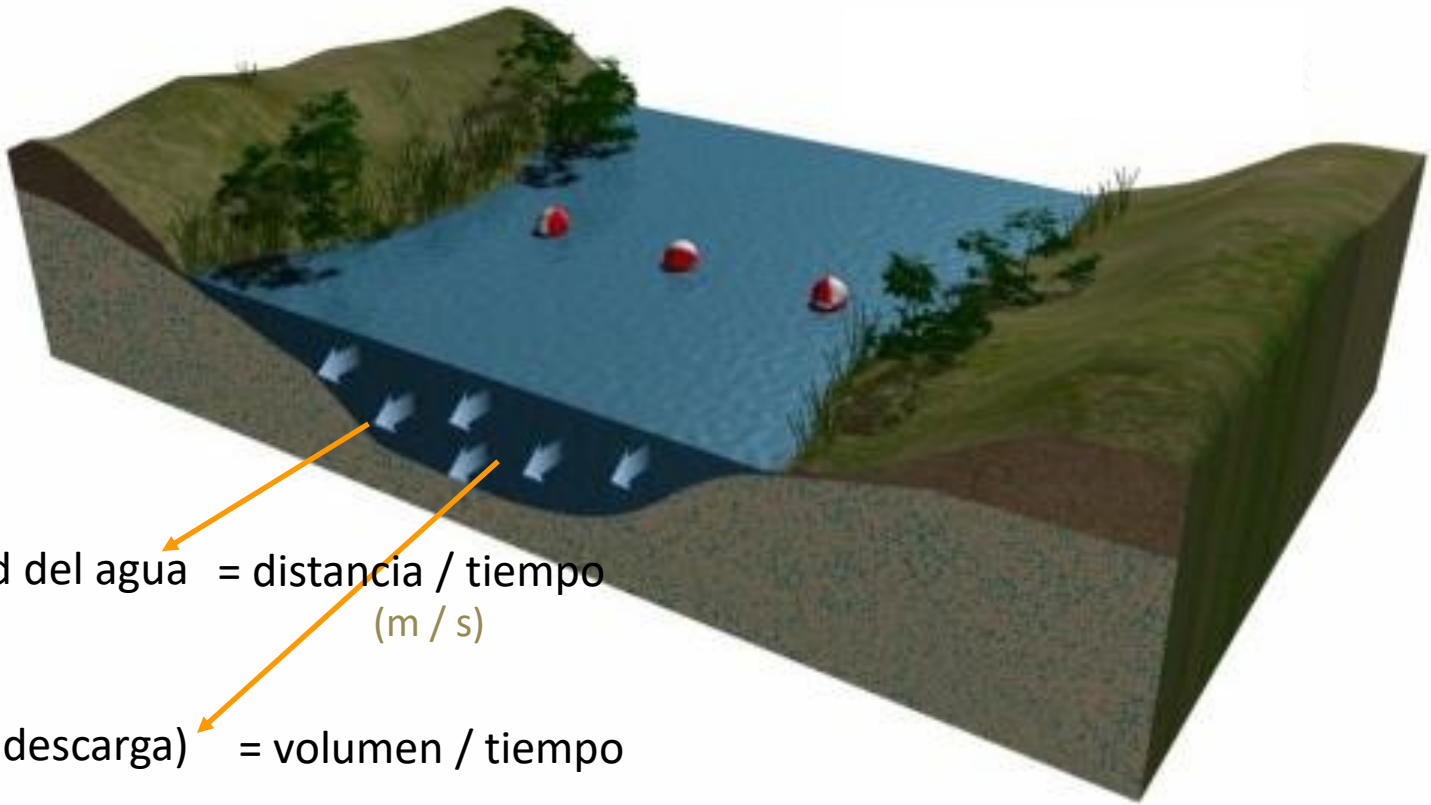
Velocidad del agua = distancia / tiempo
(m / s)

Caudal (o descarga) = volumen / tiempo
(litros / segundo)
(m³ / día)



Velocidad del agua = distancia / tiempo
(m / s)

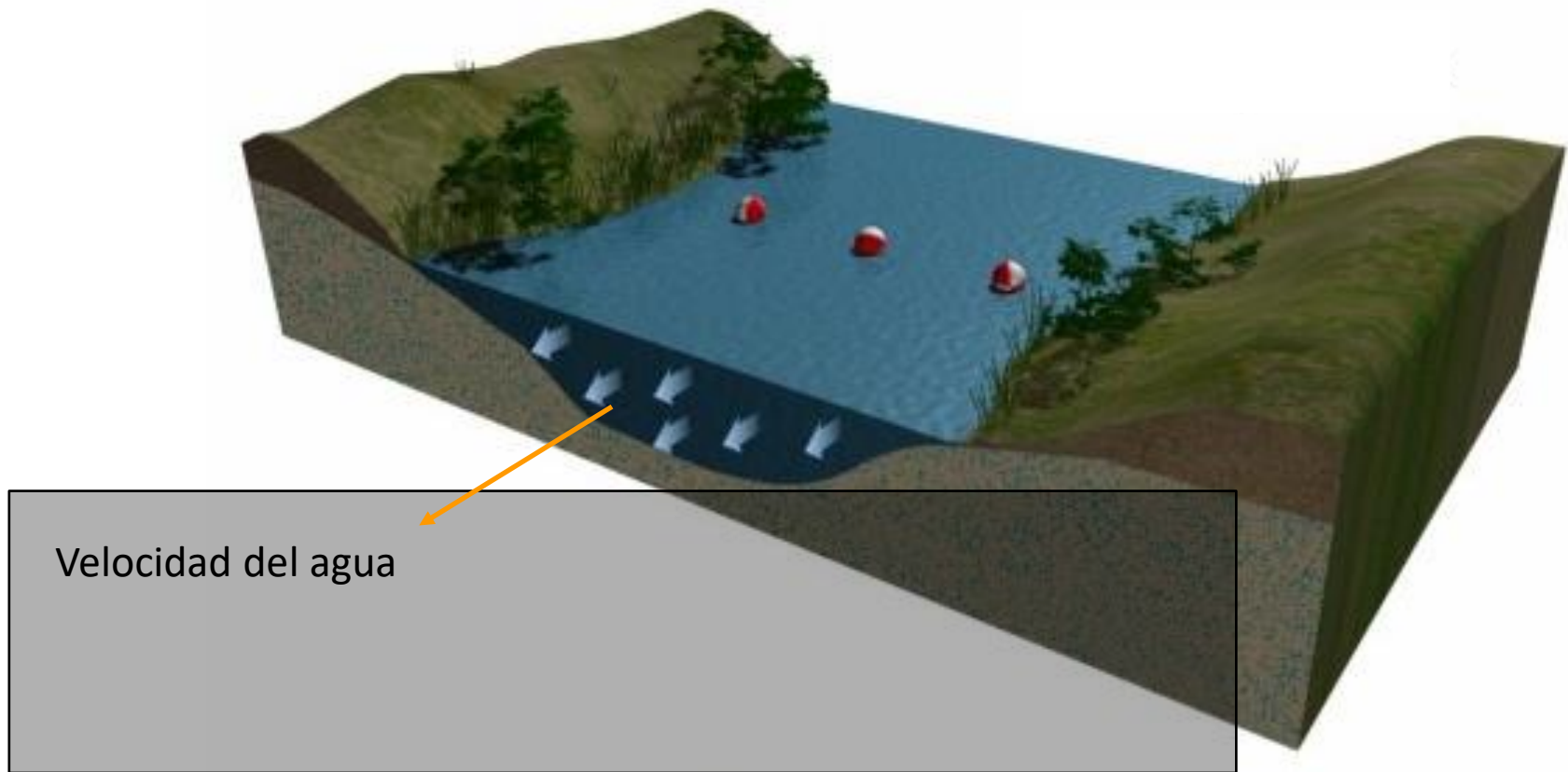
Caudal (o descarga) = volumen / tiempo
(litros / segundo)
(m³ / día)
(m³ / año)



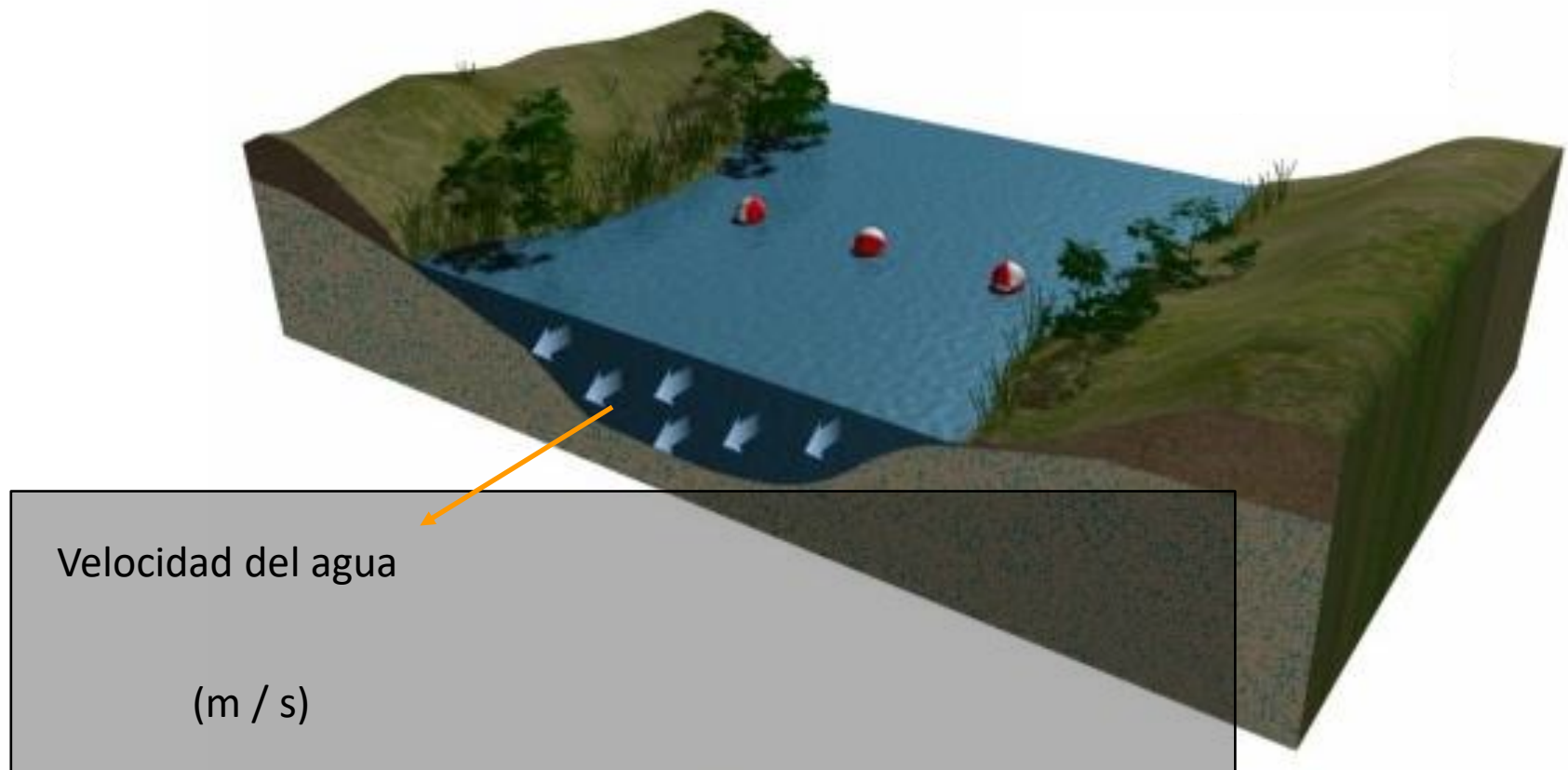
Velocidad del agua = distancia / tiempo
(m / s)

Caudal (o descarga) = volumen / tiempo
(litros / segundo)
(m³ / día)
(m³ / año)

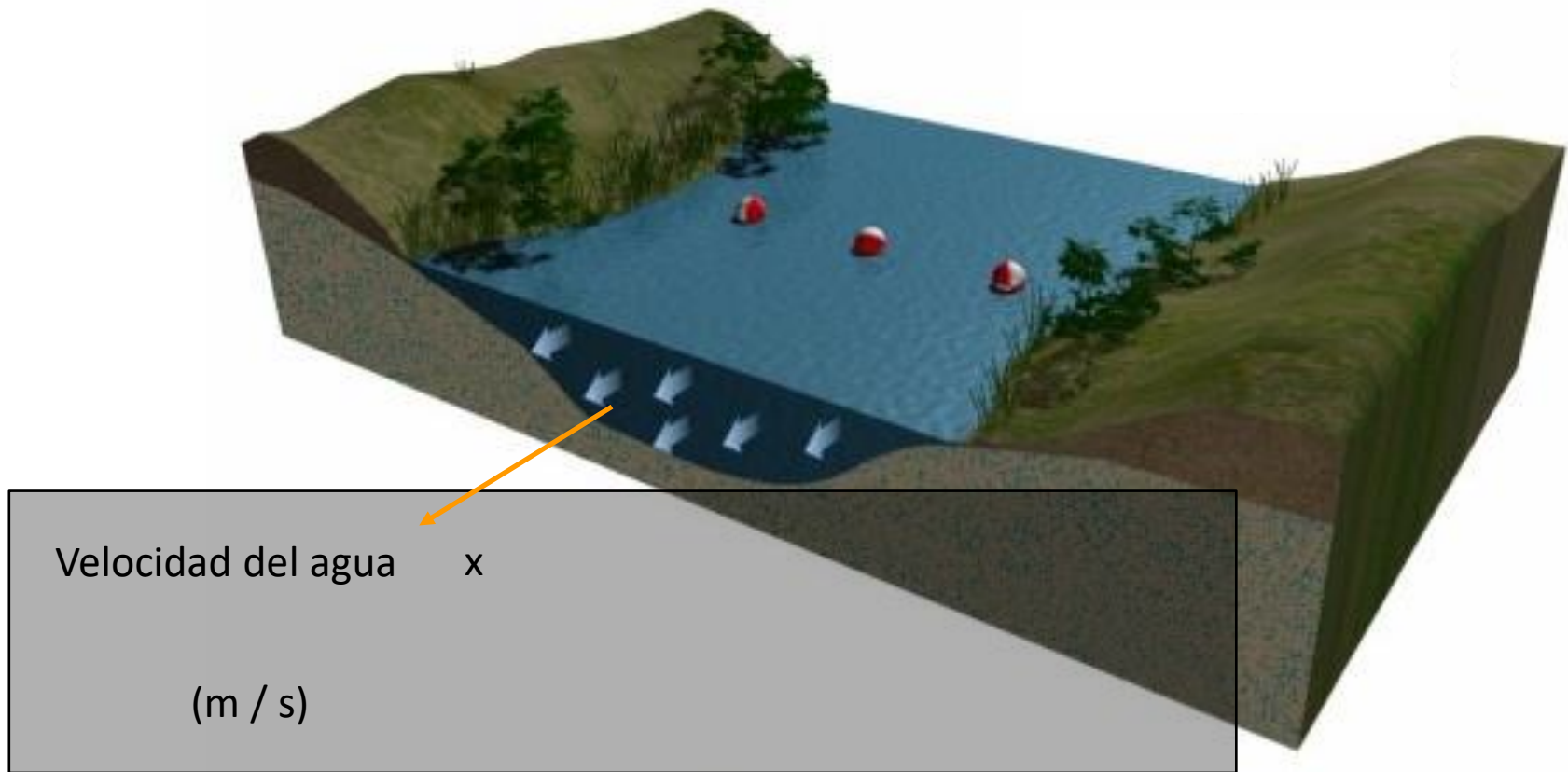
¿Cómo calculamos el caudal?



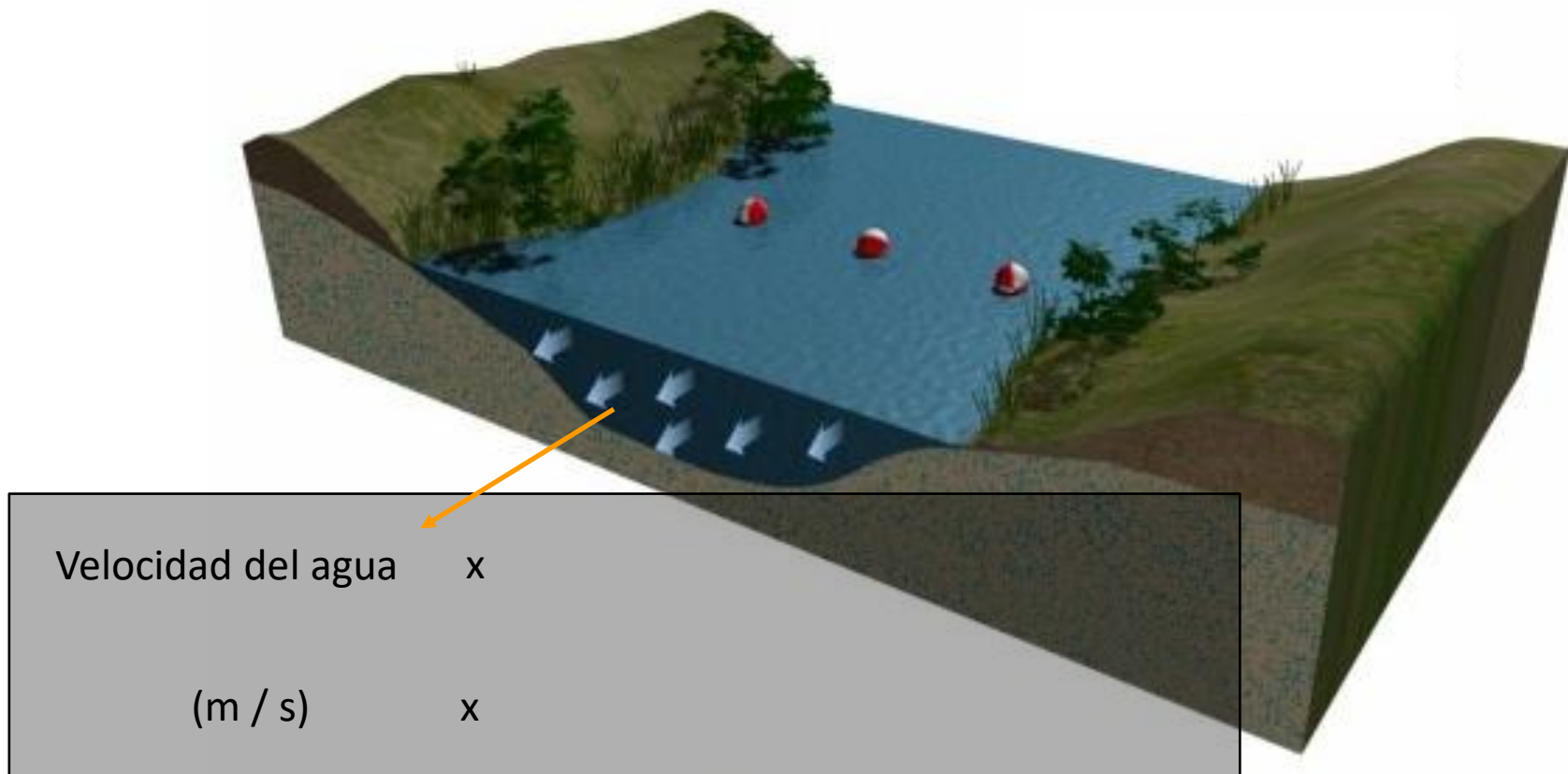
¿Cómo calculamos el caudal?



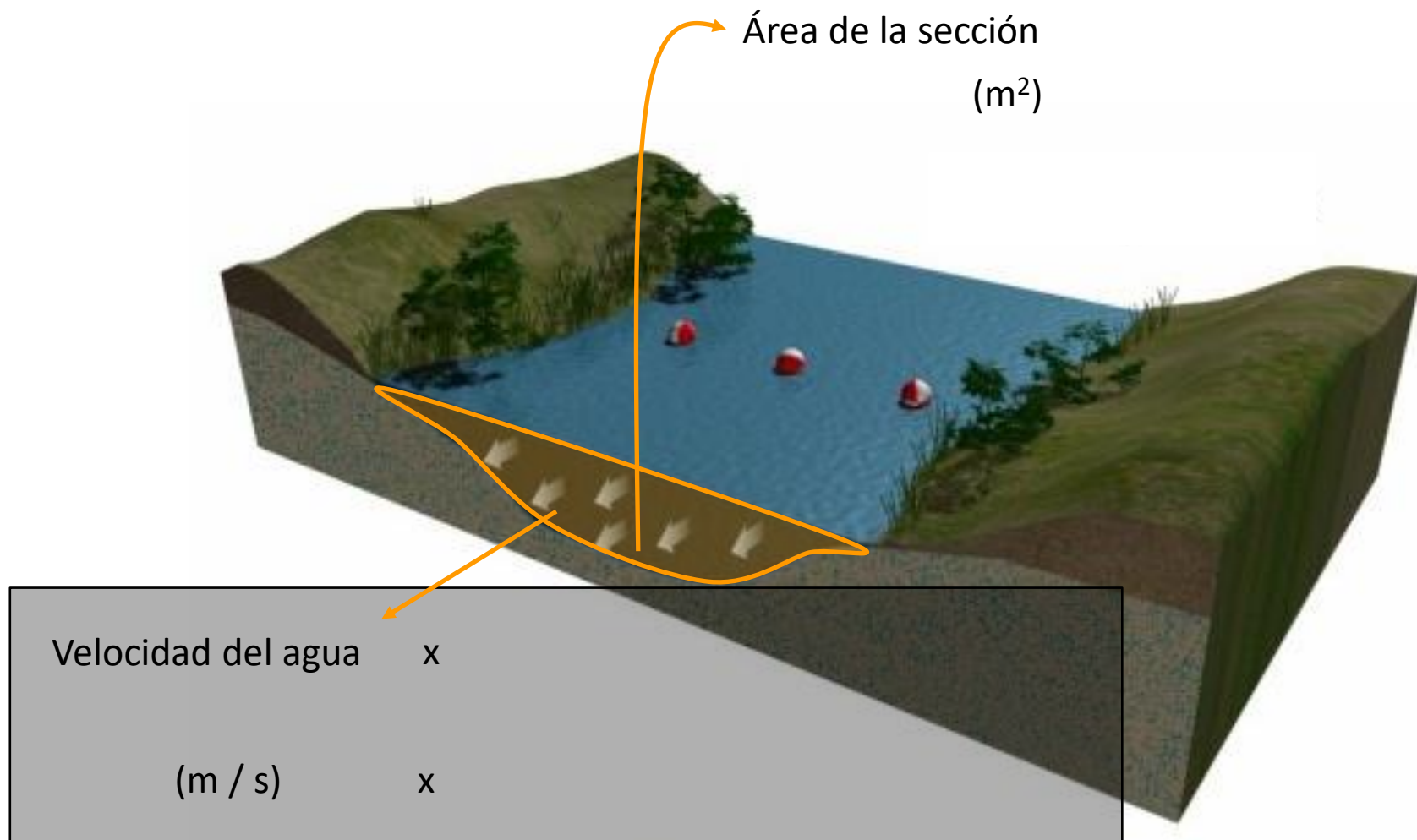
¿Cómo calculamos el caudal?



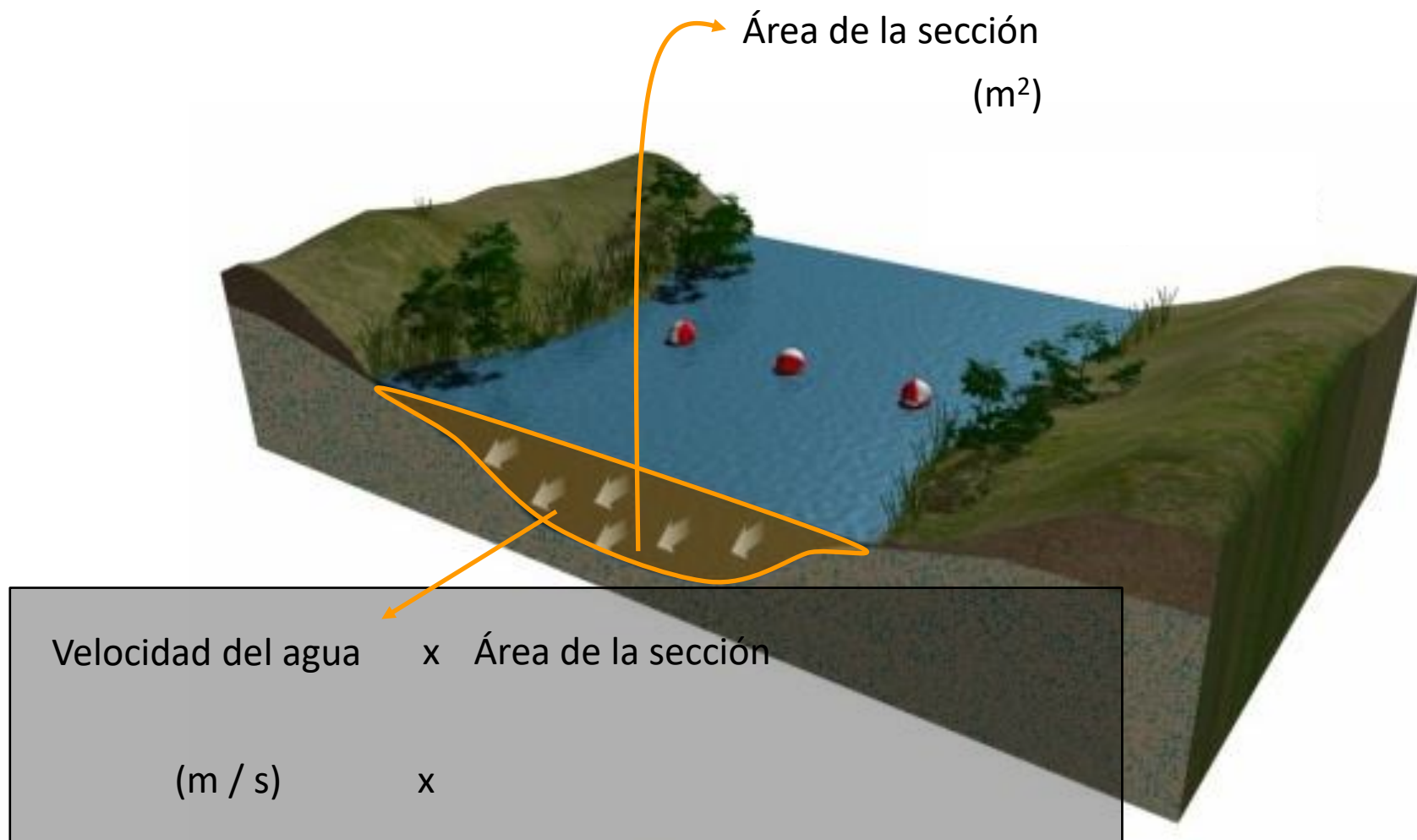
¿Cómo calculamos el caudal?



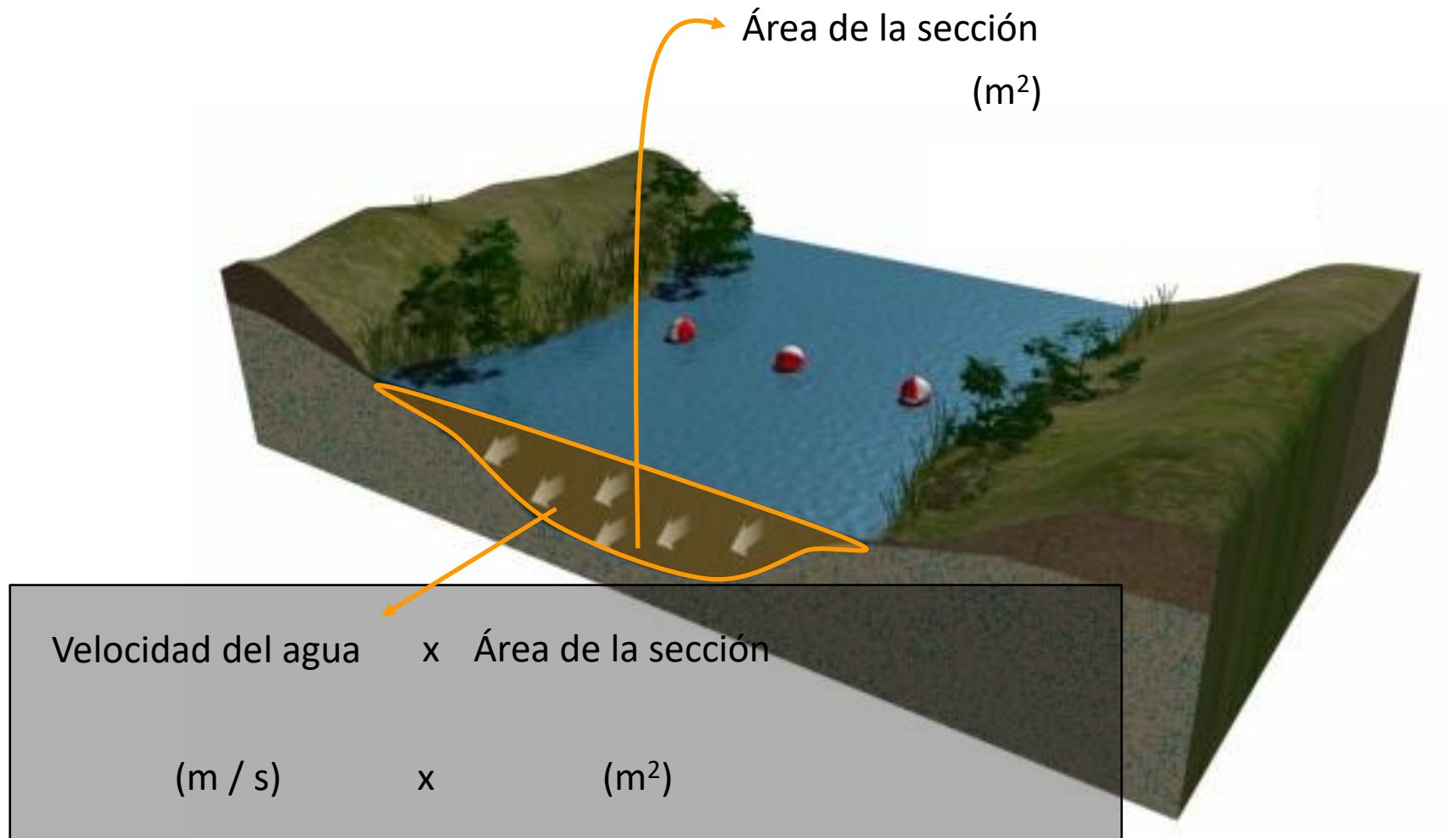
¿Cómo calculamos el caudal?



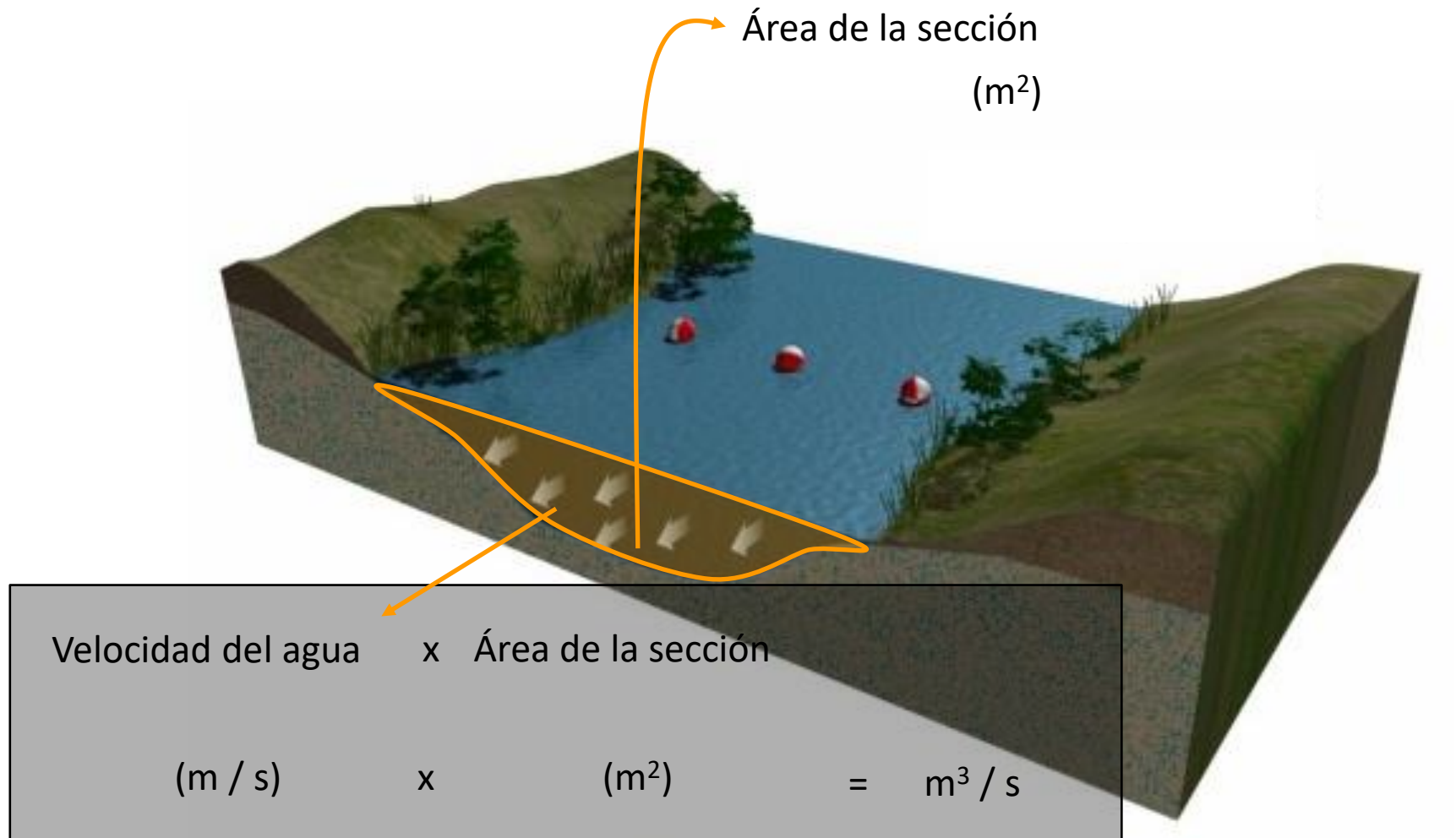
¿Cómo calculamos el caudal?



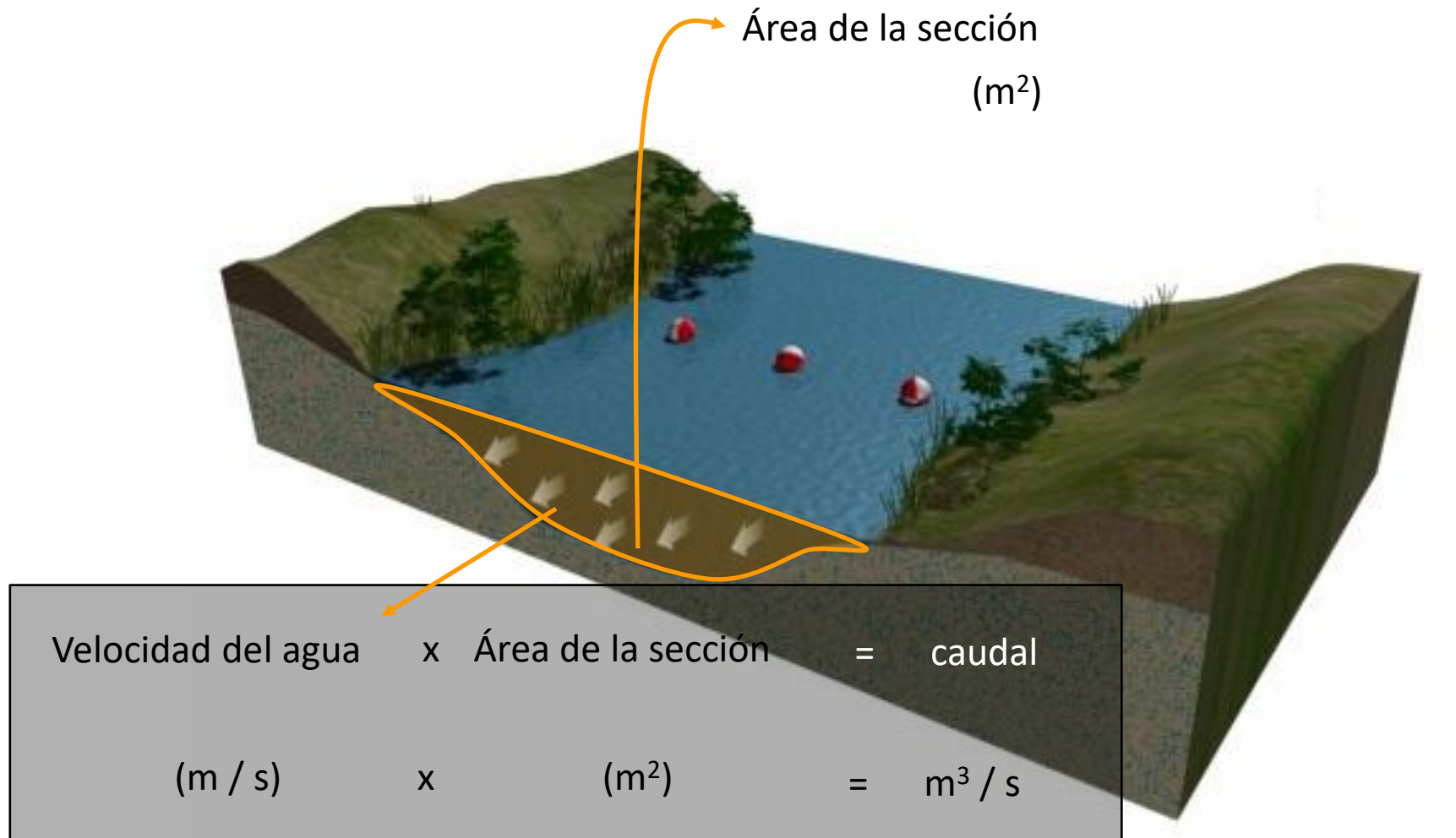
¿Cómo calculamos el caudal?



¿Cómo calculamos el caudal?



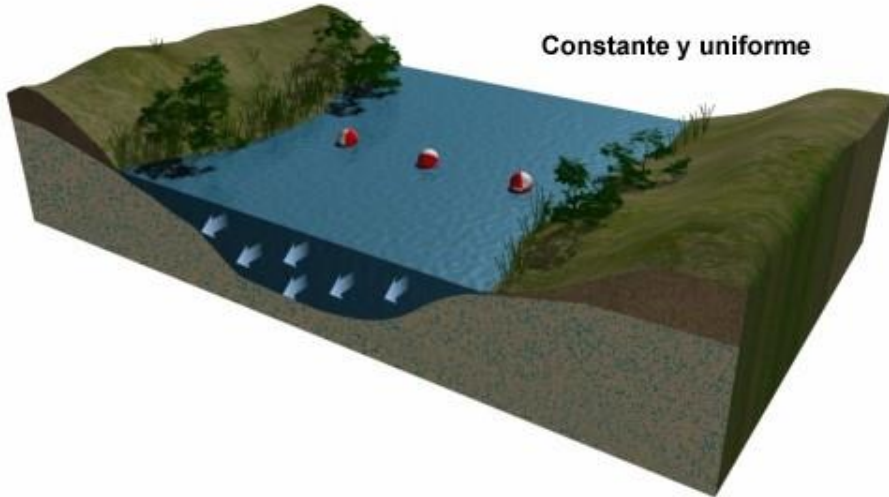
¿Cómo calculamos el caudal?



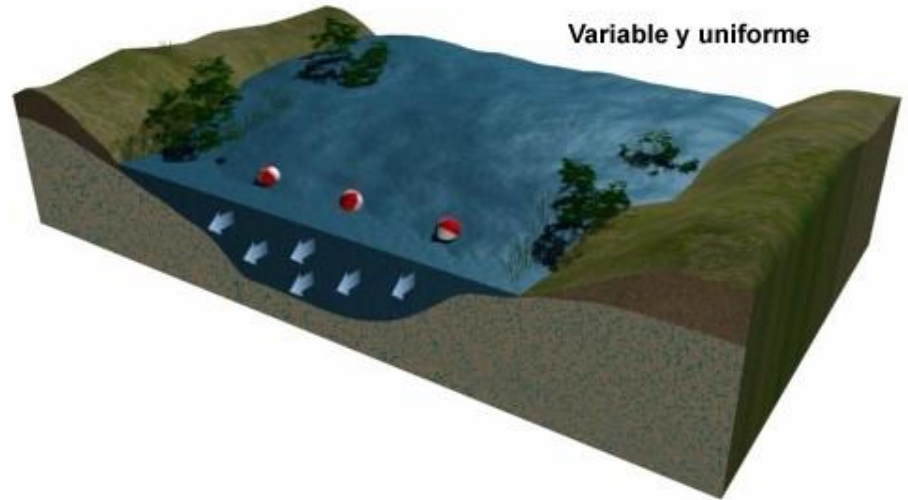
¿Cómo calculamos el caudal?

Tipos de flujos

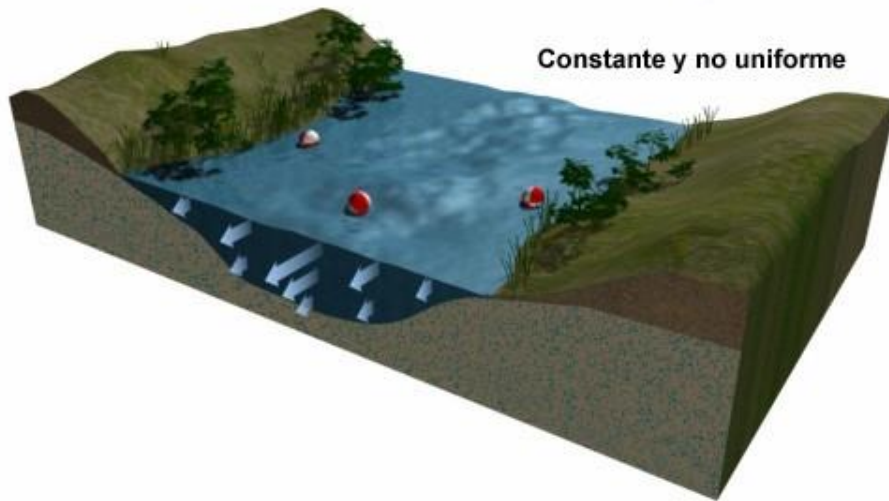
Constante y uniforme



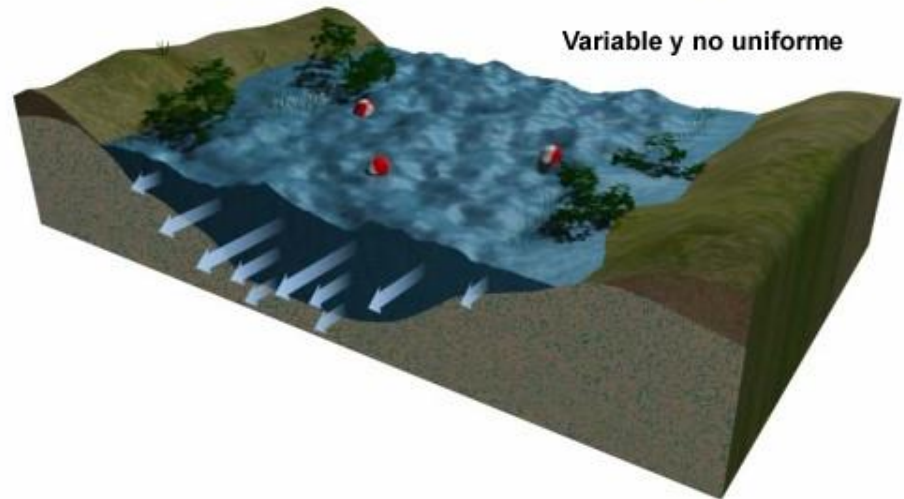
Variable y uniforme



Constante y no uniforme

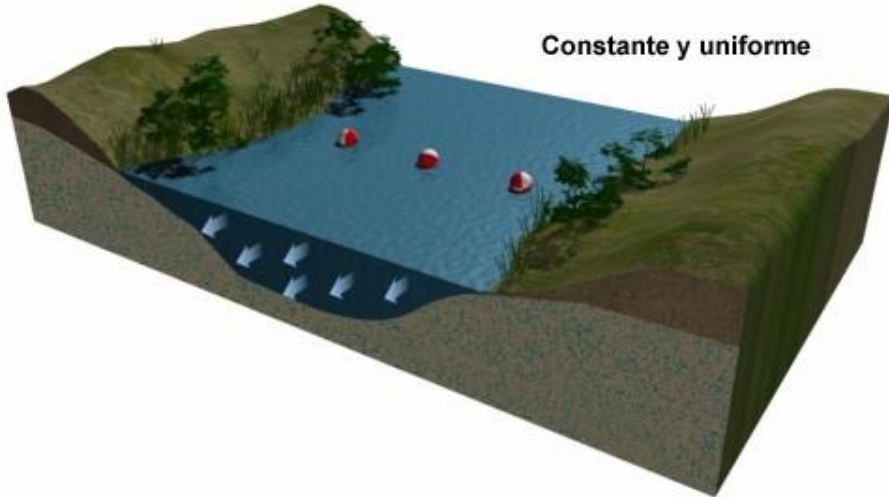


Variable y no uniforme

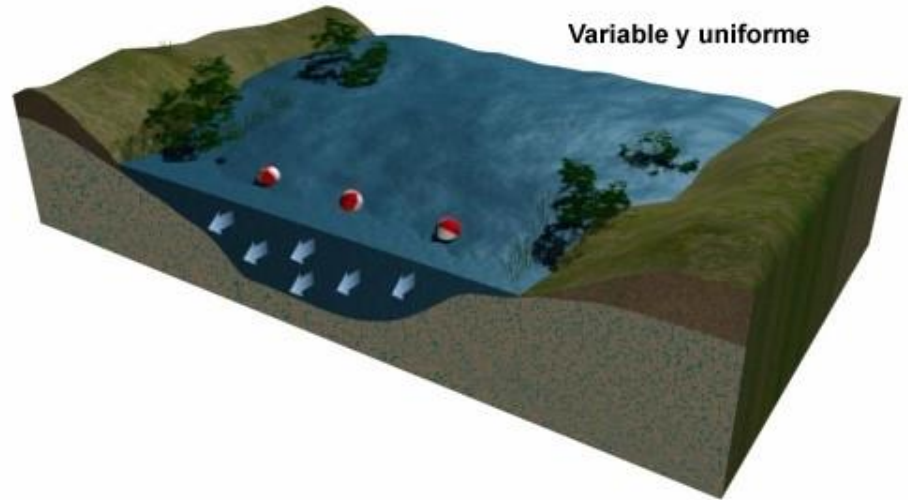


Tipos de flujos

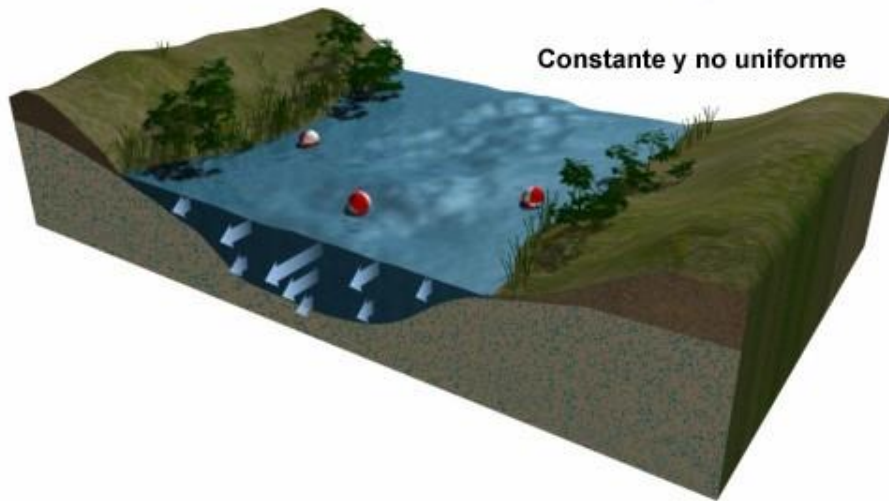
Constante y uniforme



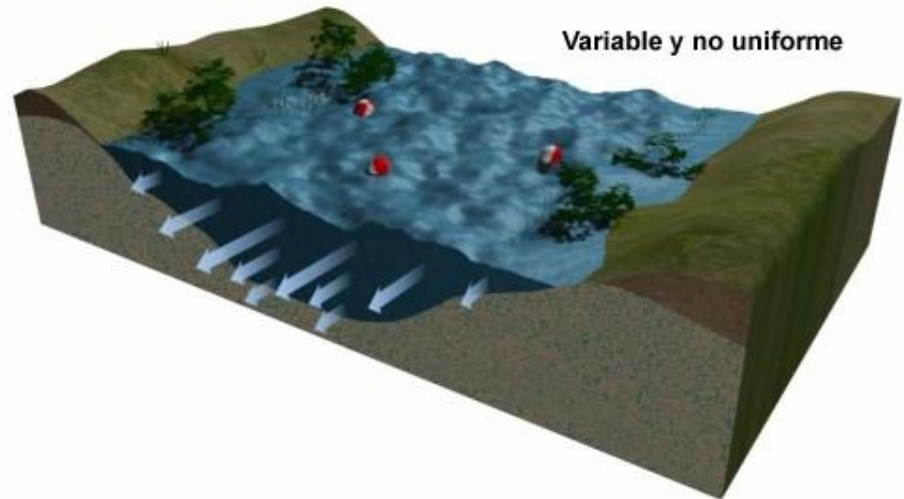
Variable y uniforme



Constante y no uniforme



Variable y no uniforme



Hay condiciones en las que las medidas son muy complicadas de realizar.

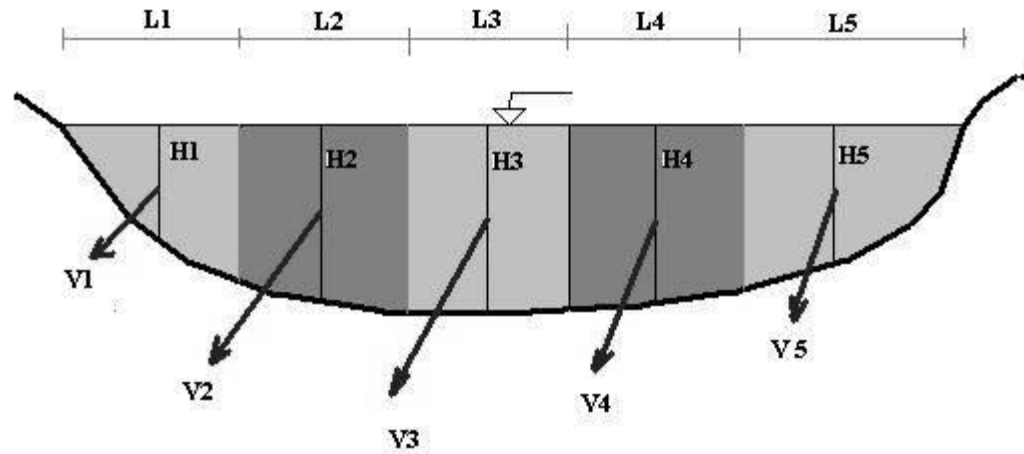
¿Cómo calculamos el caudal?

¿Cómo calculamos el caudal?

Precisamos conocer la velocidad media.

¿Cómo calculamos el caudal?

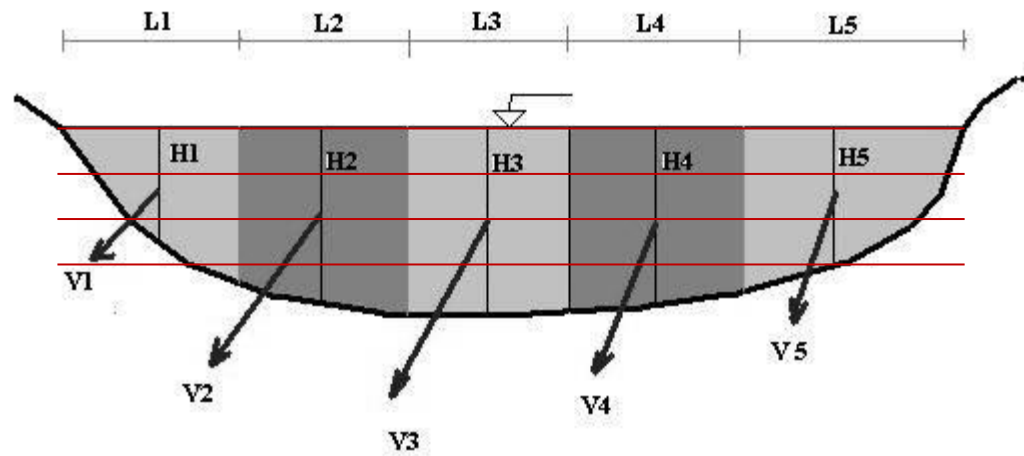
Precisamos conocer la velocidad media.



Suele dividirse el área y calcular la velocidad para cada subsección.

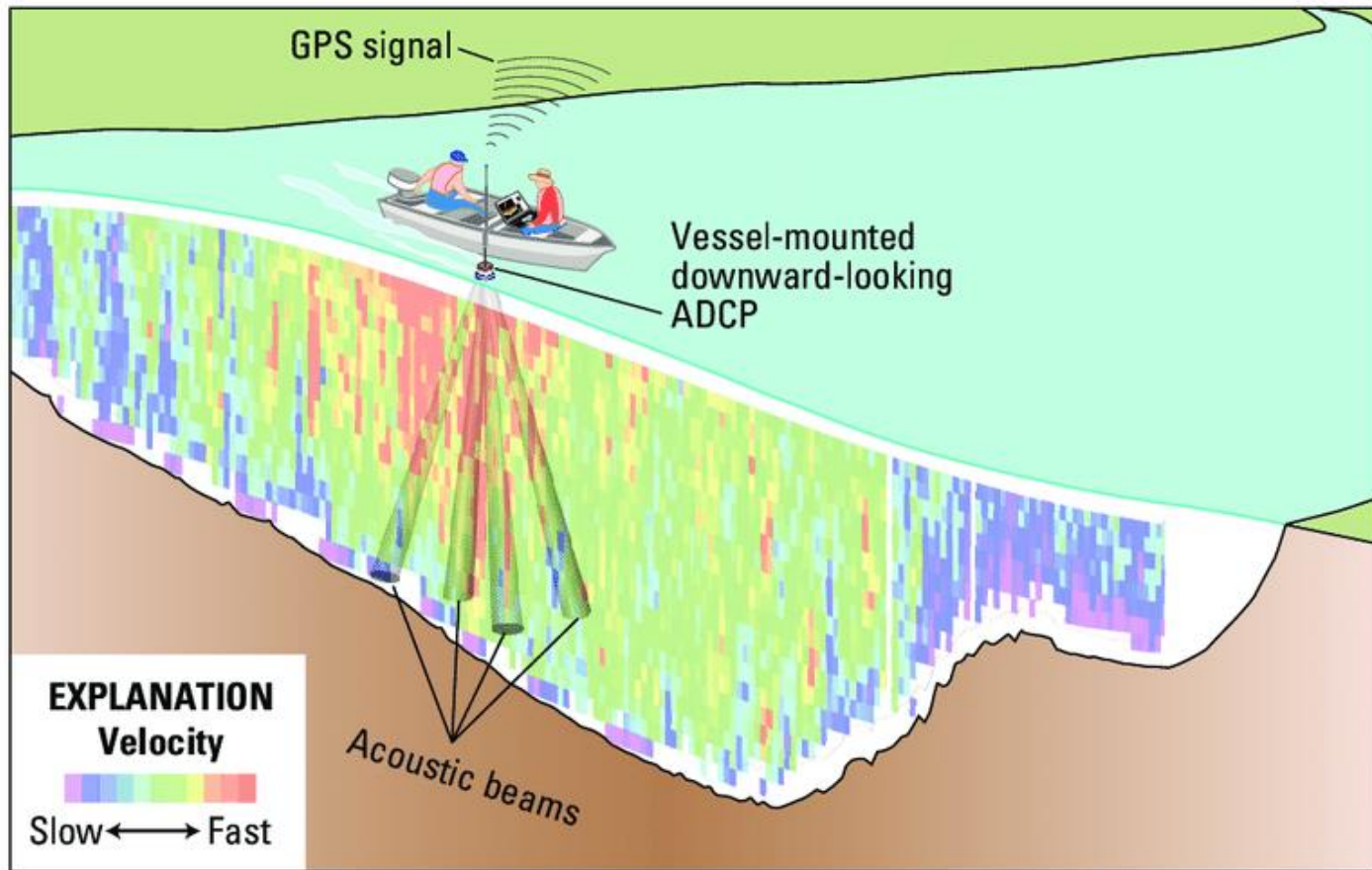
¿Cómo calculamos el caudal?

Precisamos conocer la velocidad media.



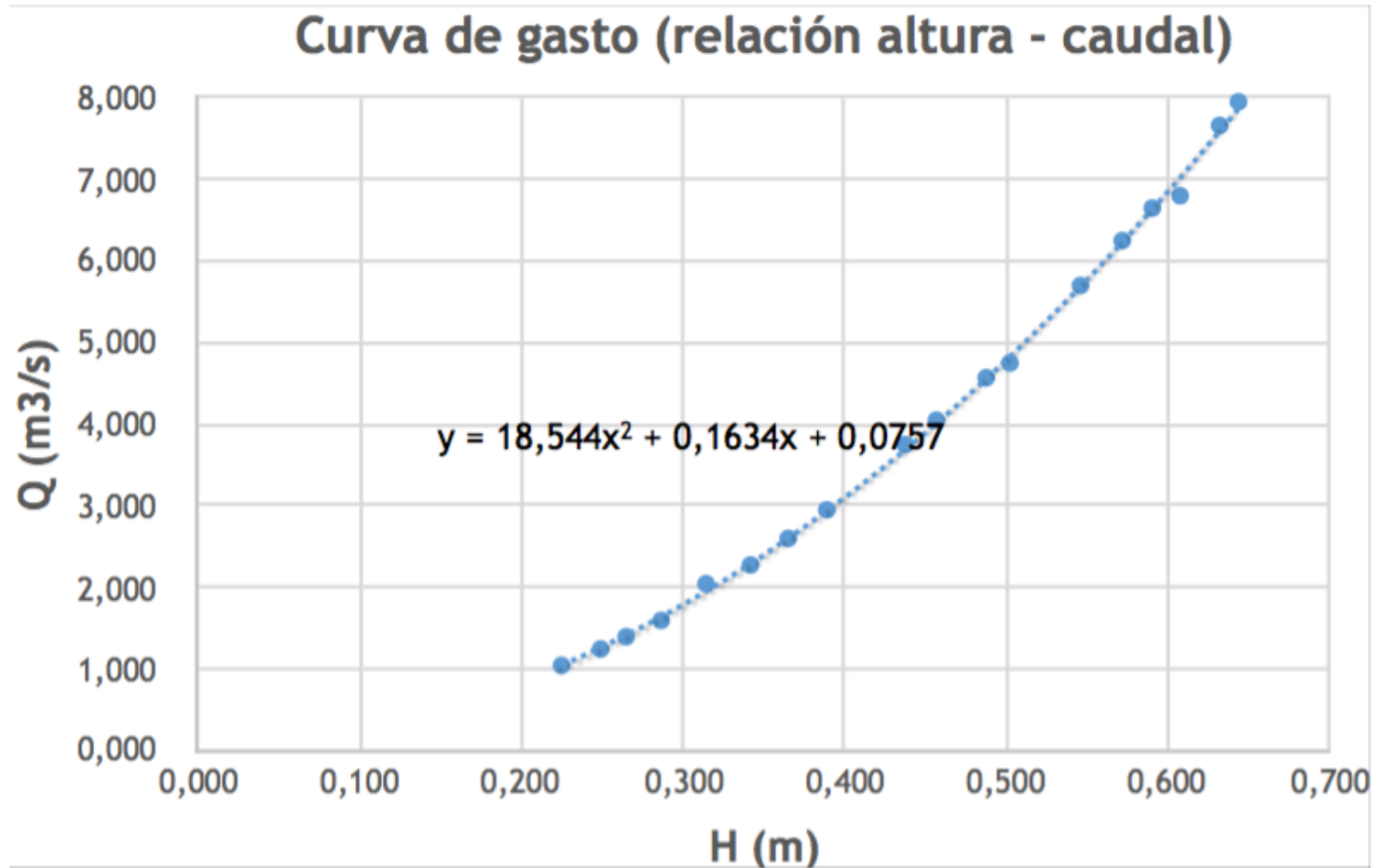
Suele dividirse el área y calcular la velocidad para cada subsección.

¿Cómo calculamos el caudal?



Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP)

AFORO



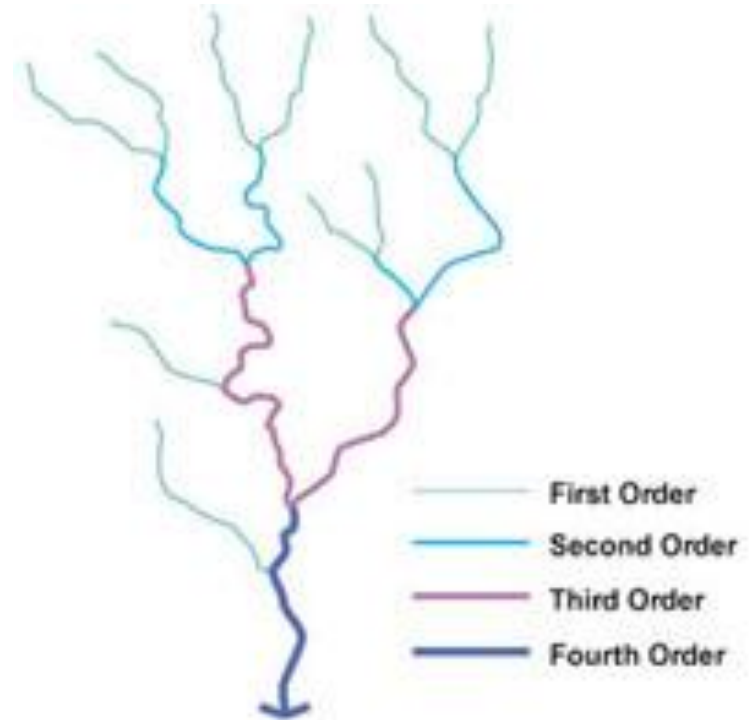
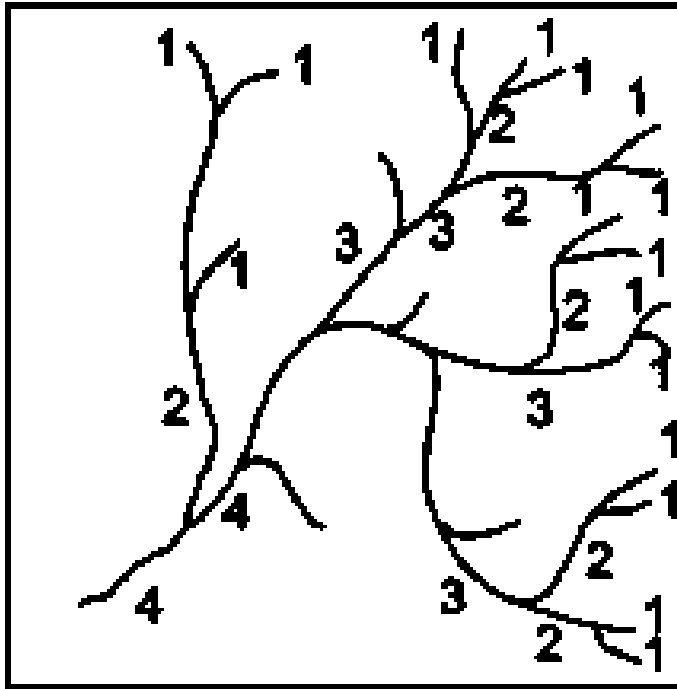






Heterogeneidad espacial

Orden de Strahler



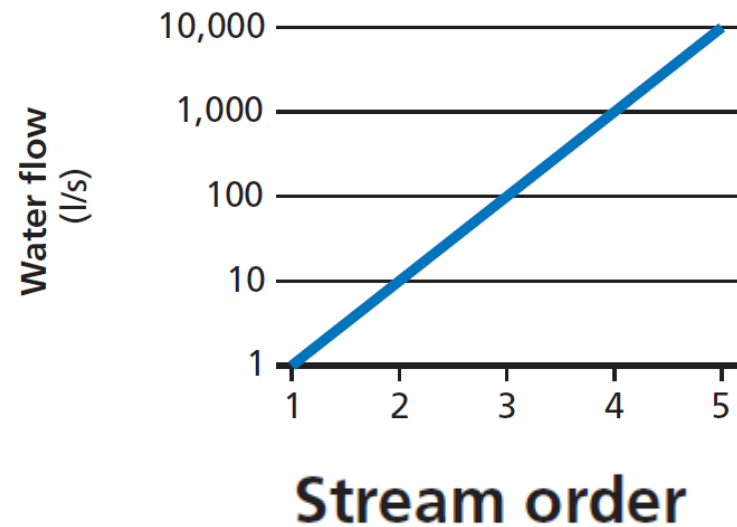
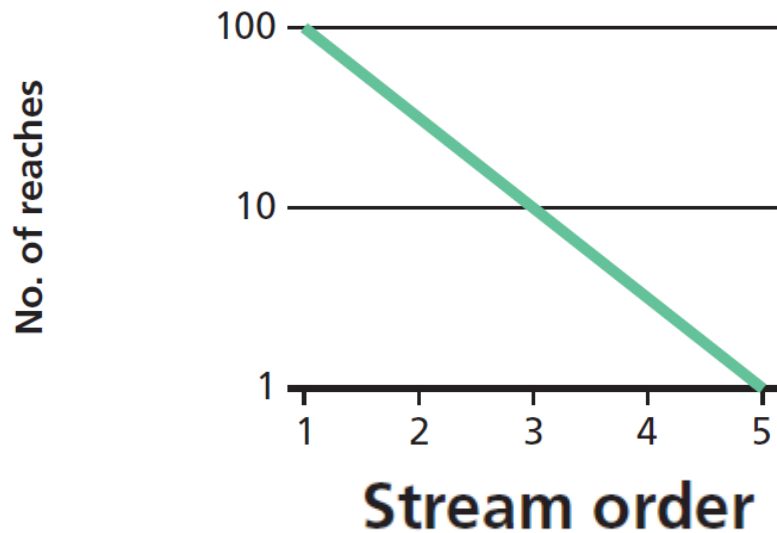
El número de Strahler (orden):

Se usa para definir el tamaño de una corriente, basándose en la jerarquía de los afluentes (ríos más grandes 11-12)

Vínculo con el entorno / Conectividad



Orden de Strahler

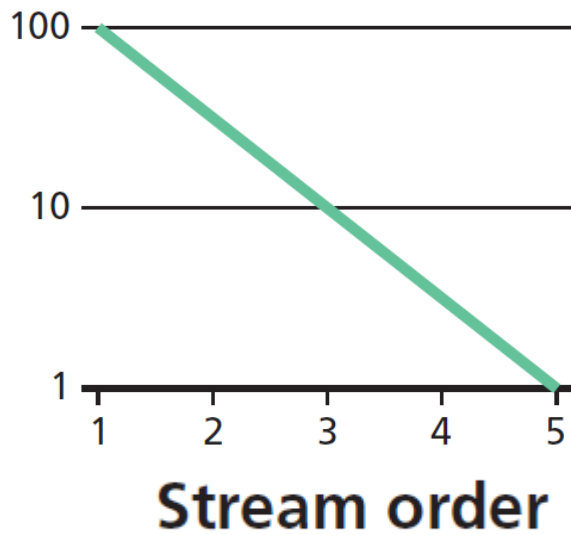


El número de Strahler (orden):

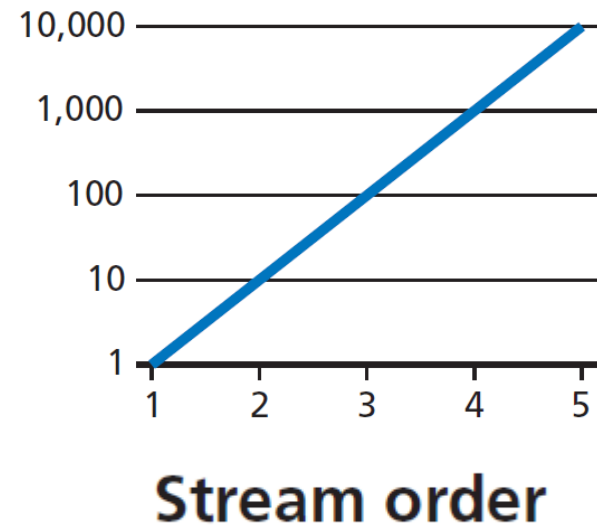
se usa para definir el tamaño de una corriente, basándose en la jerarquía de los afluentes

Orden de Strahler

TRAMOS
No. of reaches



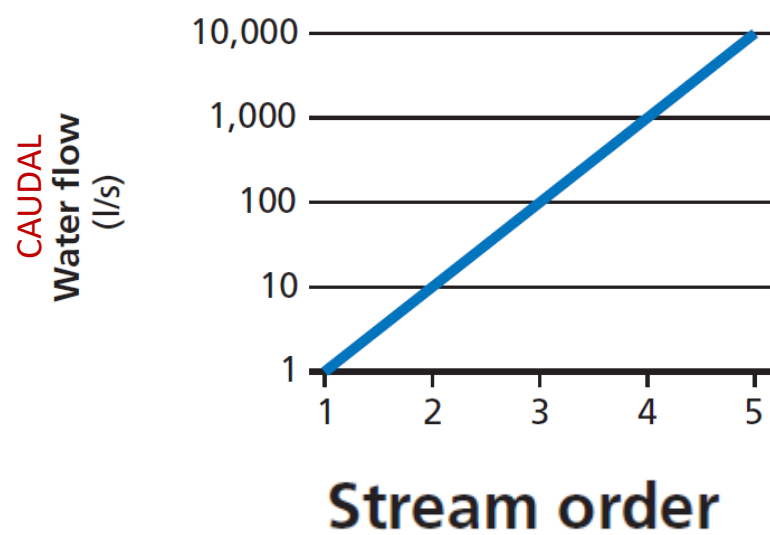
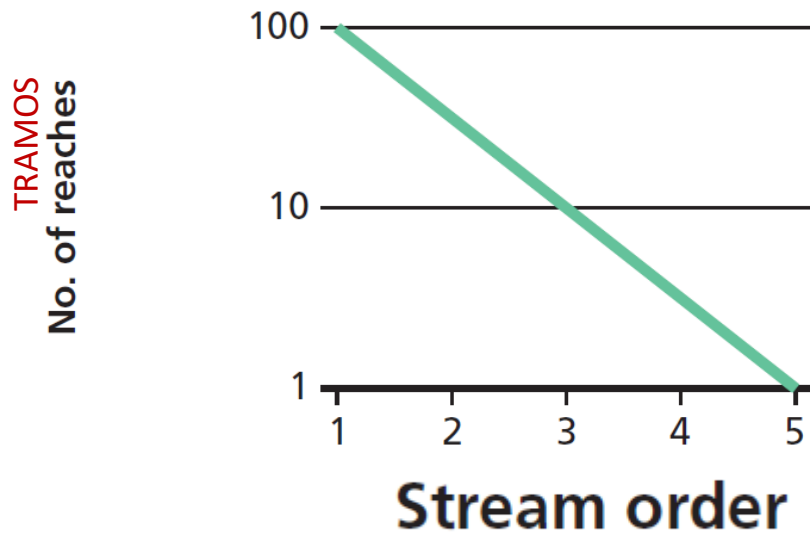
Water flow
(l/s)



El número de Strahler (orden):

se usa para definir el tamaño de una corriente, basándose en la jerarquía de los afluentes

Orden de Strahler



El número de Strahler (orden):

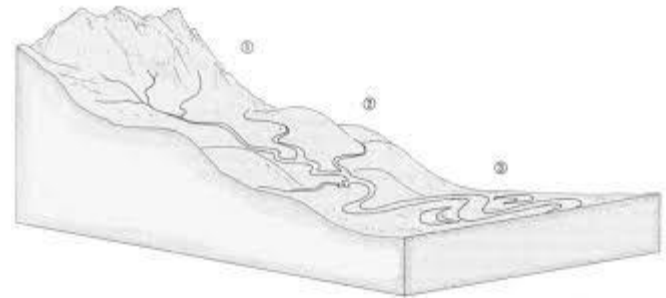
se usa para definir el tamaño de una corriente, basándose en la jerarquía de los afluentes

Heterogeneidad espacial

Illies (1961)

Heterogeneidad espacial

ZONACIÓN LONGITUDINAL (fish zones)

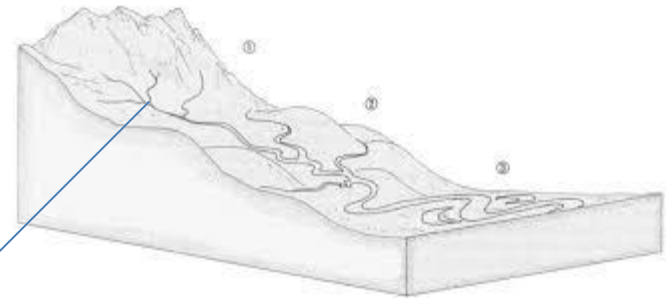


Illies (1961)

Heterogeneidad espacial

ZONACIÓN LONGITUDINAL (fish zones)

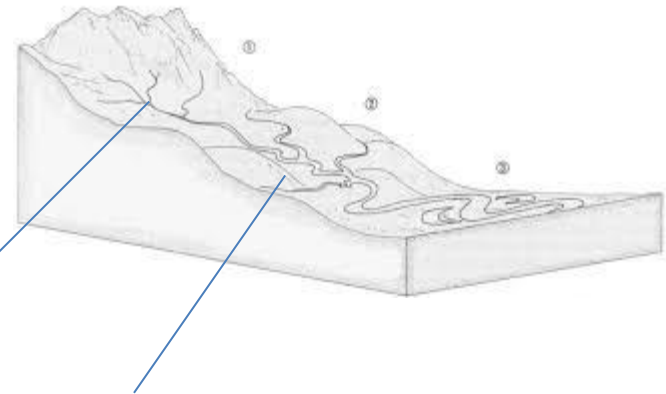
- **Crenon** - cabecera (headwater)



Illies (1961)

Heterogeneidad espacial

ZONACIÓN LONGITUDINAL (fish zones)

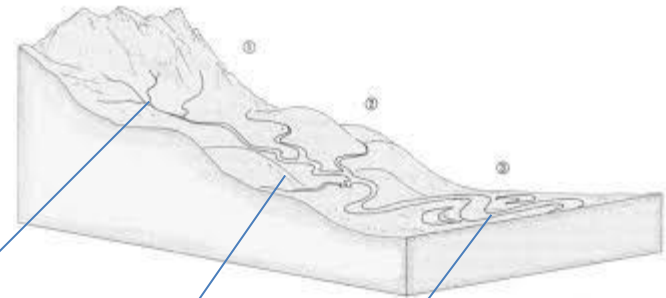


- **Crenon** - cabecera (headwater)
- **Rhithron** - región montañosa (altas pendientes)

Illies (1961)

Heterogeneidad espacial

ZONACIÓN LONGITUDINAL (fish zones)



- **Crenon** - cabecera (headwater)
- **Rhithron** - región montañosa (altas pendientes)
- **Potamon** - tierras bajas (lowland river region)

Illies (1961)



LIFE CYCLE OF THE PACIFIC SALMON



Fisheries and Oceans
Canada

Pêches et Océans
Canada

Canada

This poster is developed for use with
Salmon in the Classroom teachers' resource.
Illustrated by Robert Browne.

- ***Crenon*** - cabecera (headwater)



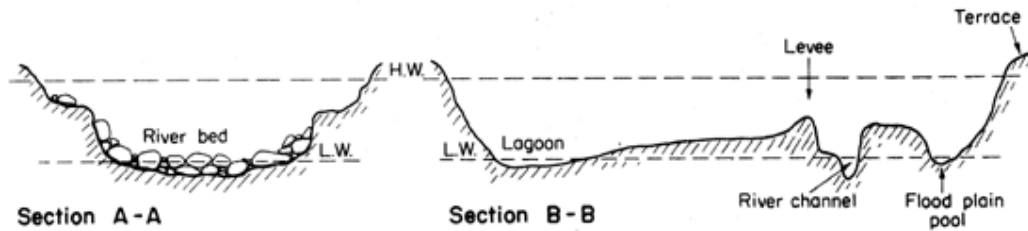
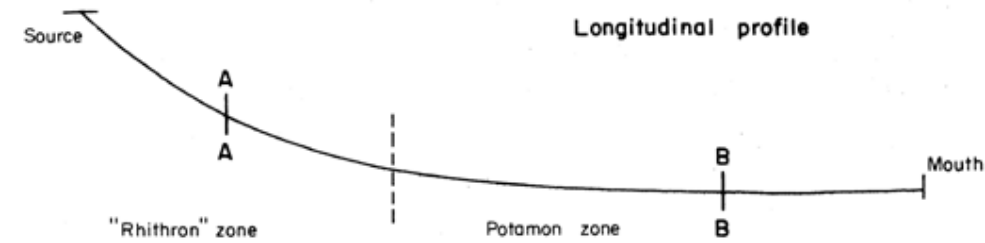
Rhithron - región montañosa

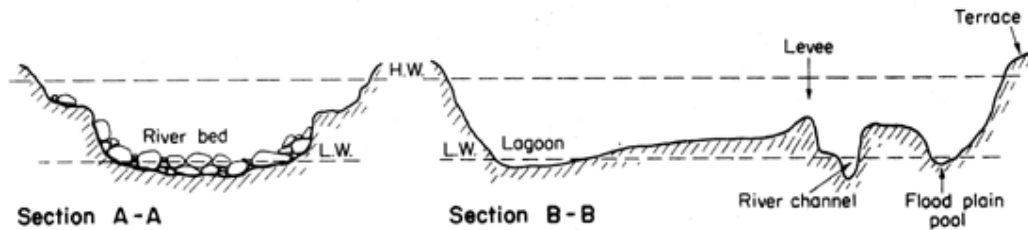
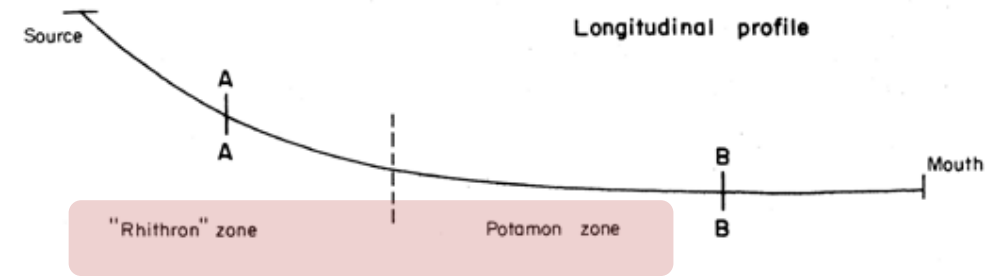


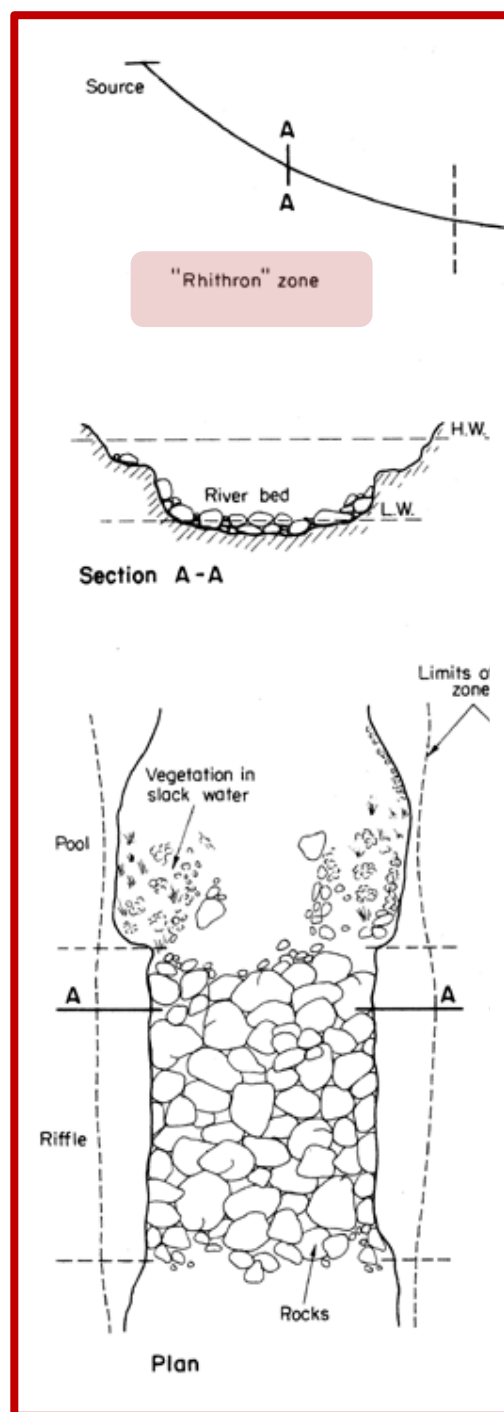
Potamon - tierras bajas

Potamon - tierras bajas

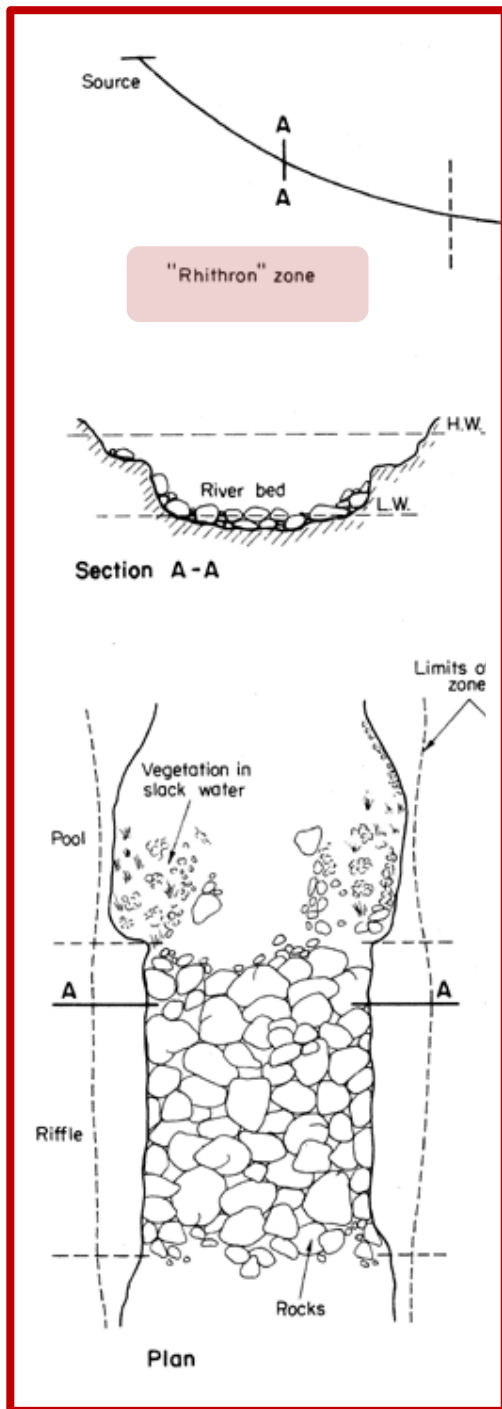
Lowland rivers & streams





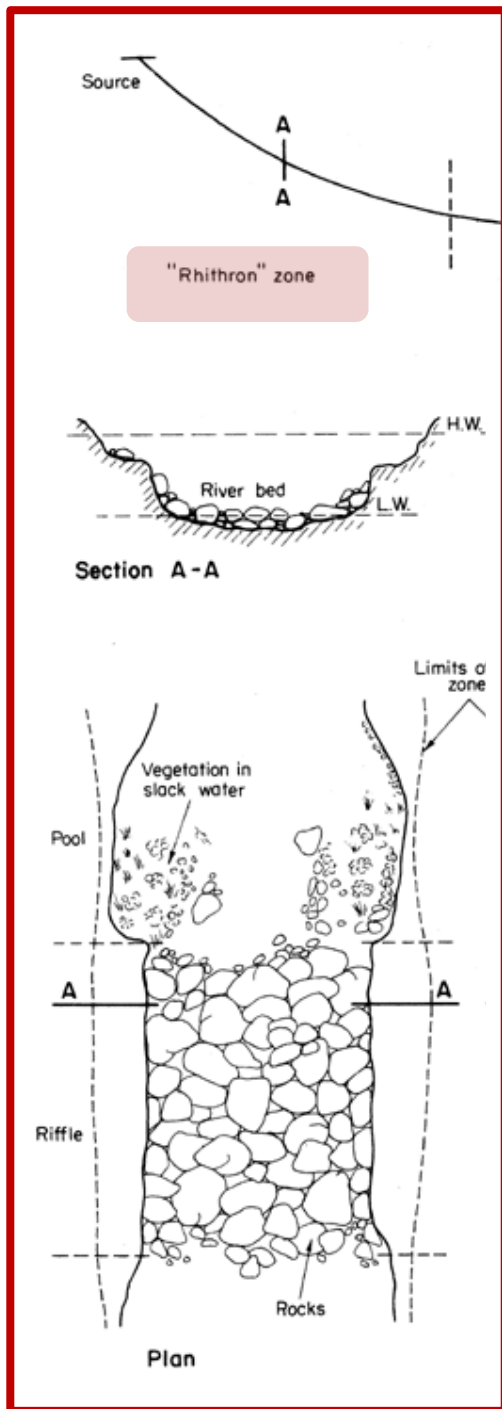


pozones



pozones

rápidos



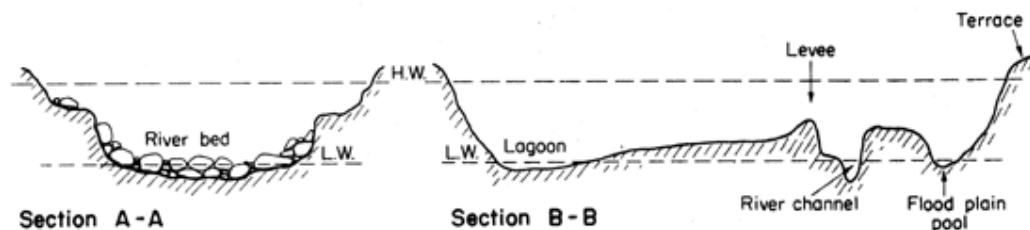
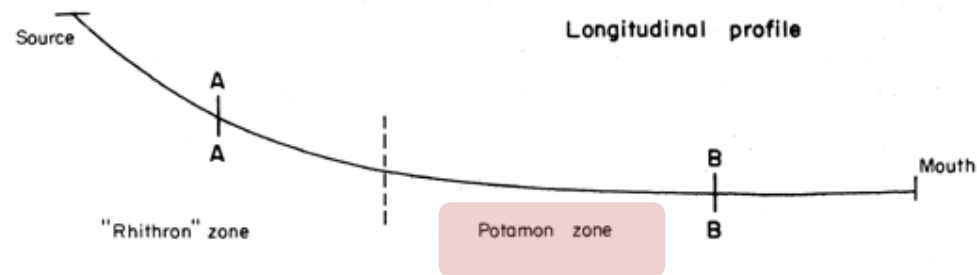
Alternancia entre rápidos y pozones

Alternancia entre rápidos y pozones

Alternancia entre rápidos y pozones

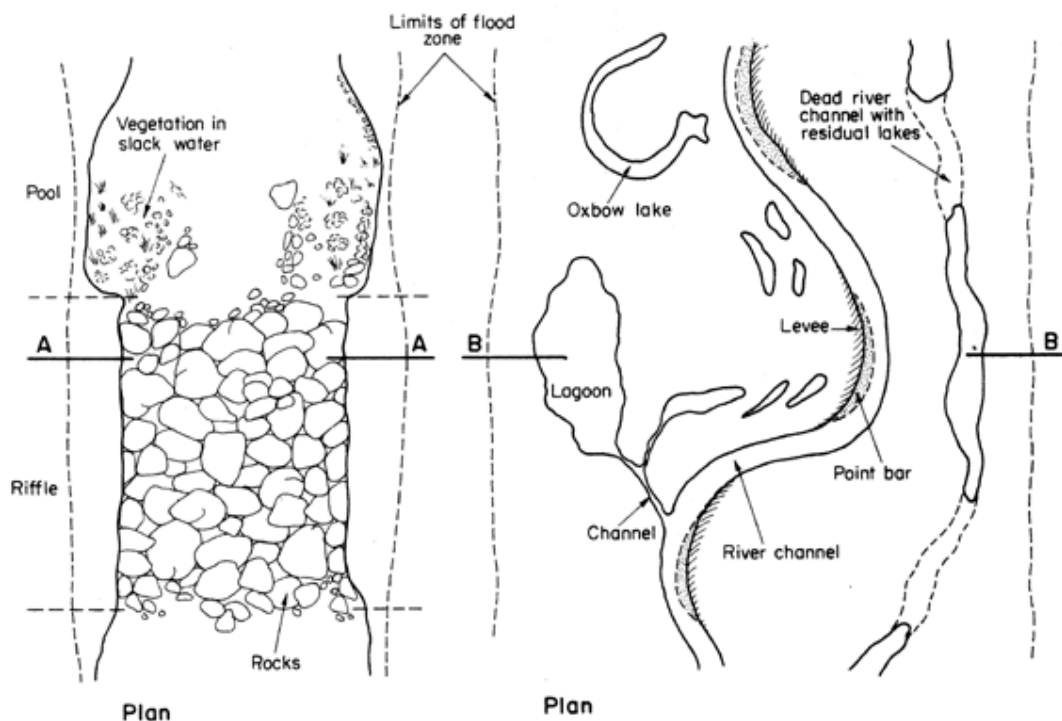


Alternancia entre rápidos y pozones

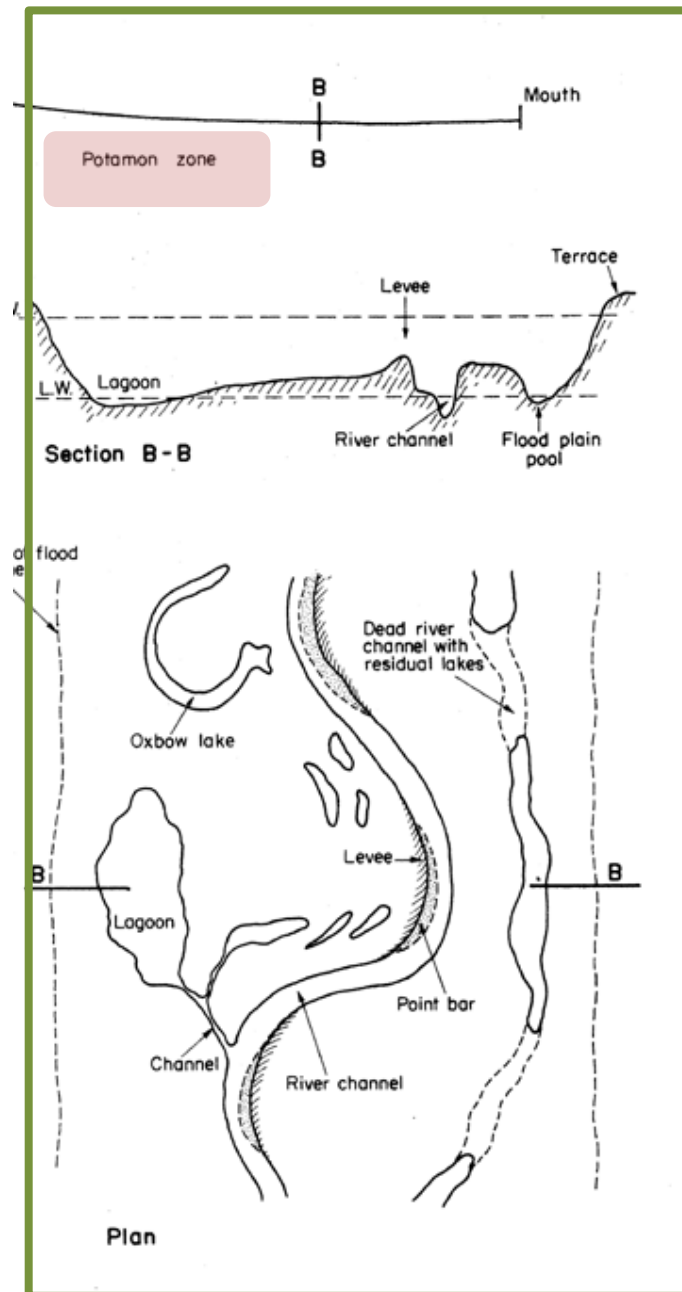


pozones

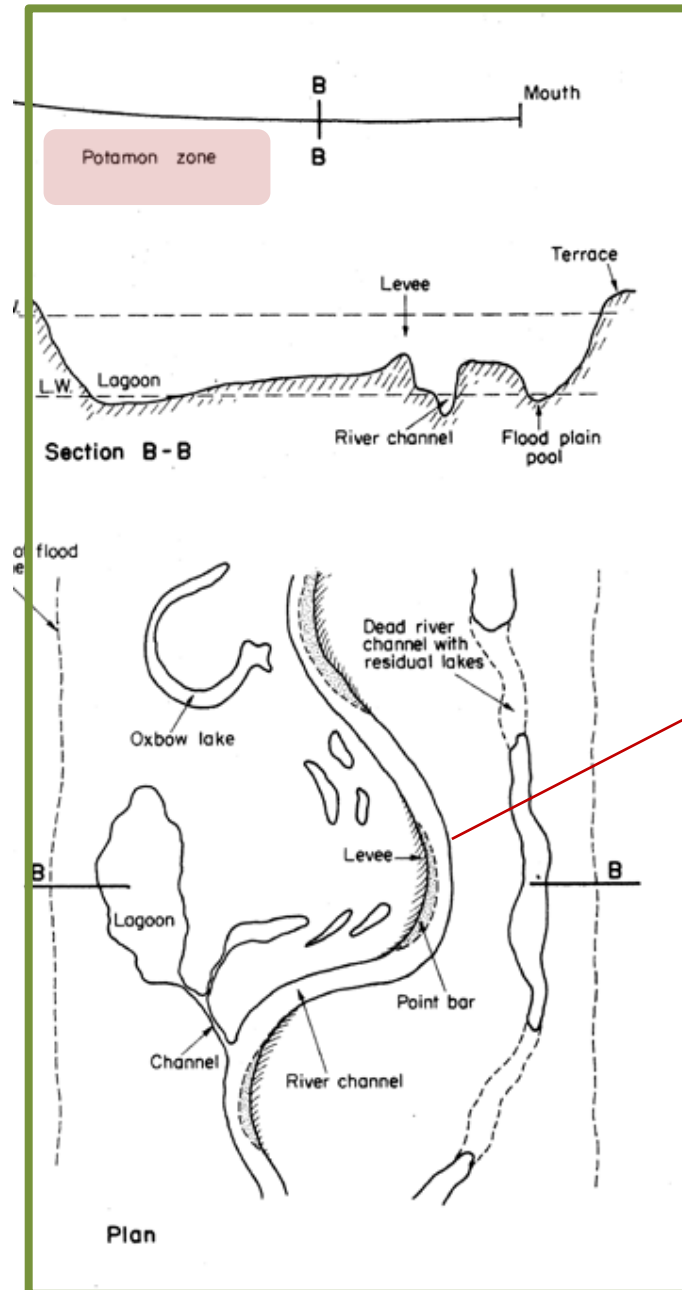
rápidos



Longitudinal profile

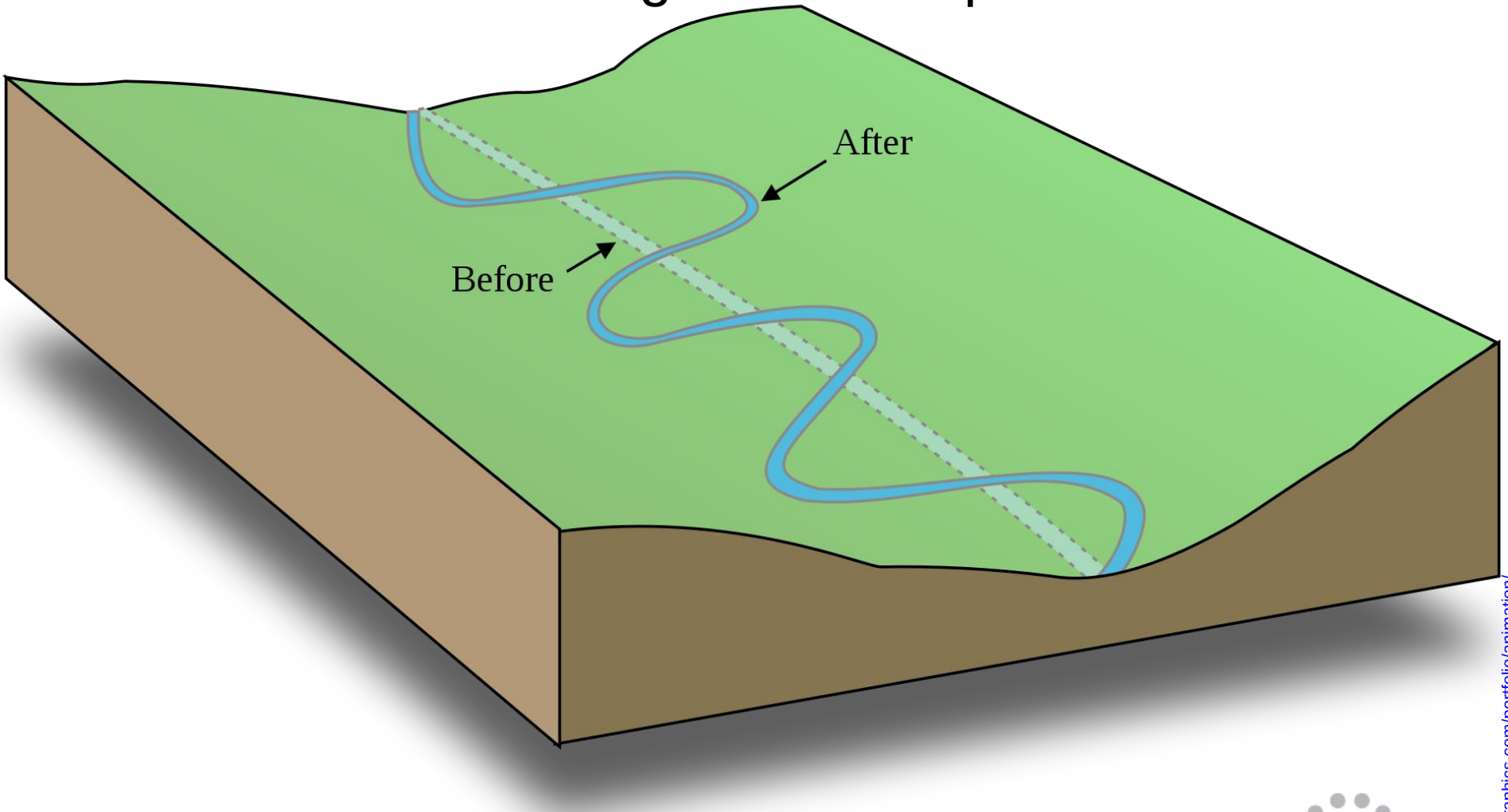


Longitudinal profile



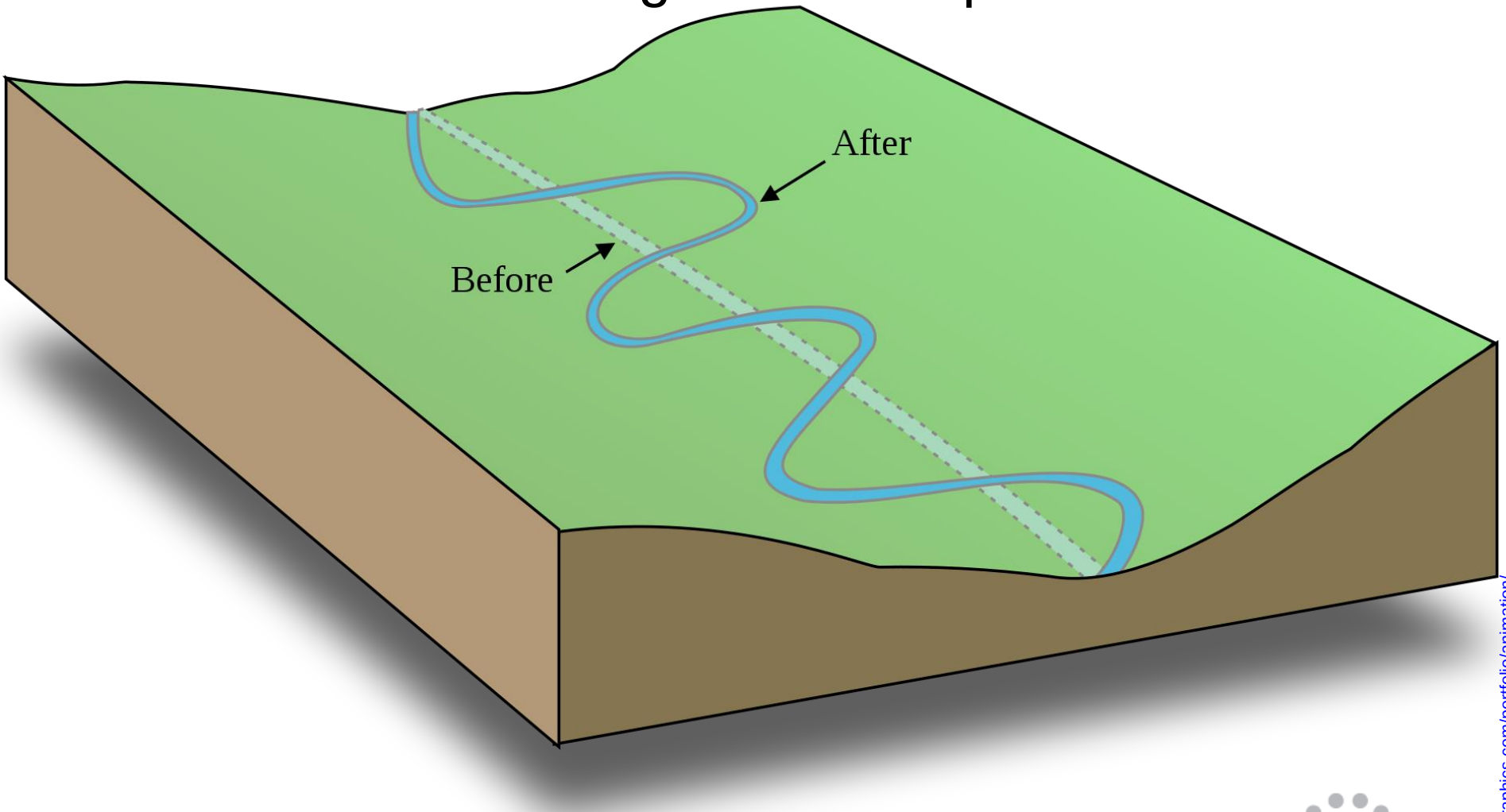
meandros

Heterogeneidad espacial



Formación de MEANDROS:

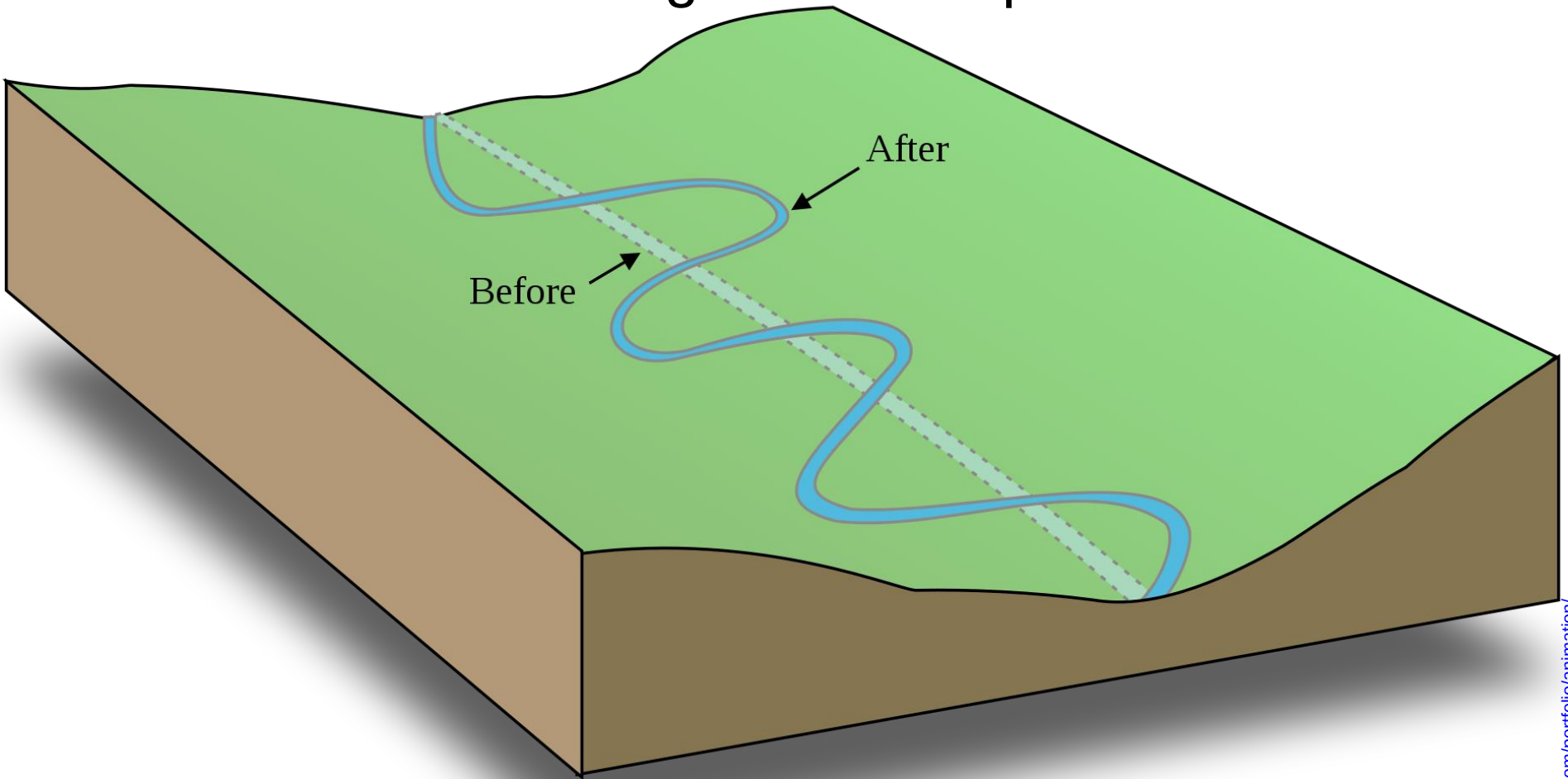
Heterogeneidad espacial



Formación de MEANDROS:

- más probable en llanuras aluviales

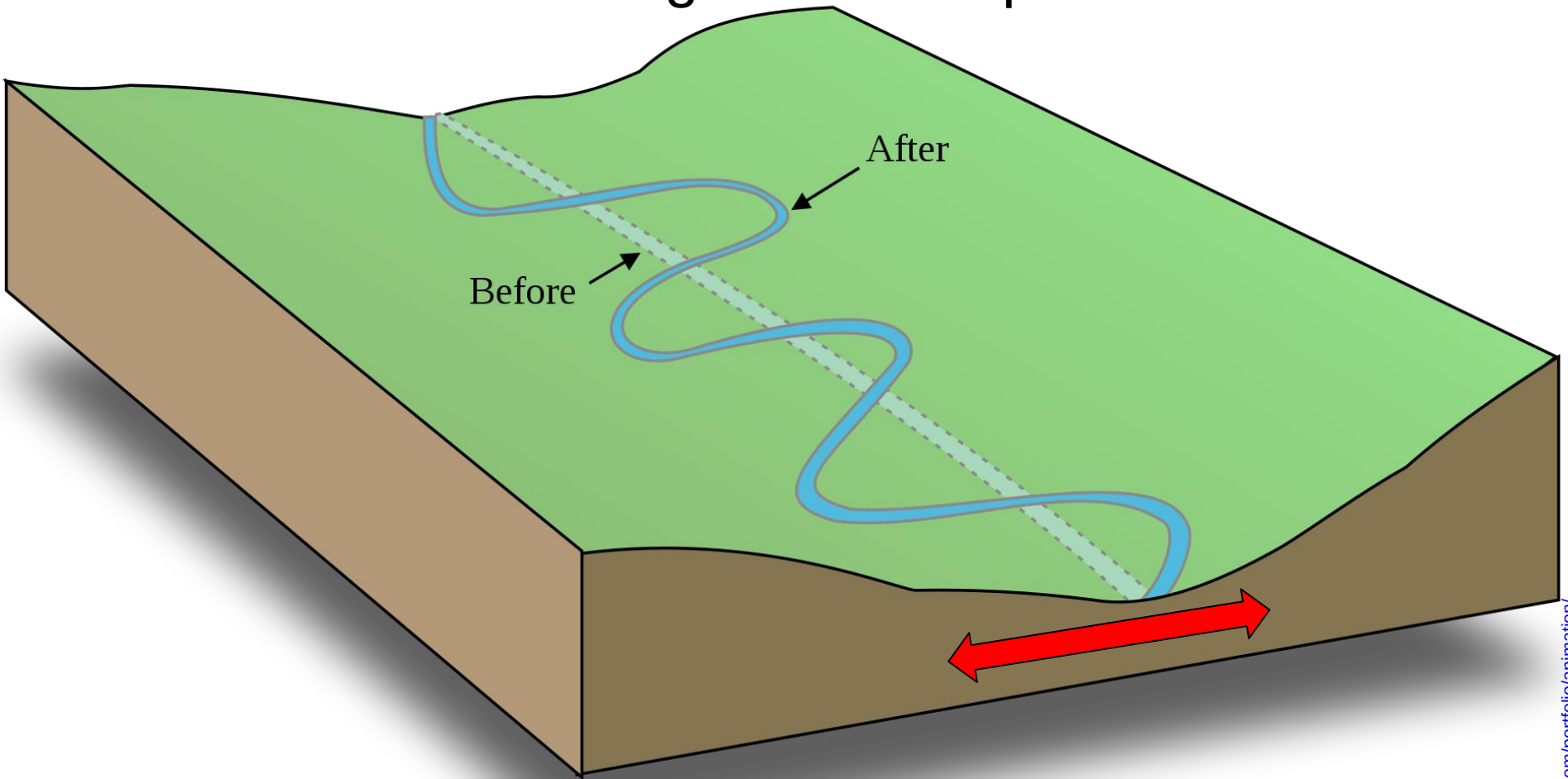
Heterogeneidad espacial



Formación de MEANDROS:

- más probable en llanuras aluviales
- se alarga el curso y disminuye la pendiente

Heterogeneidad espacial



Formación de MEANDROS:

- más probable en llanuras aluviales
- se alarga el curso y disminuye la pendiente







This animated image shows changes to Peru's Ucayali River from 1985 to 2013.
(NASA/USGS Landsat; GIF created by Zoltan Sylvester)





Río Santa Lucía

Heterogeneidad espacial



Heterogeneidad espacial



Arroyo Valizas (Rocha)

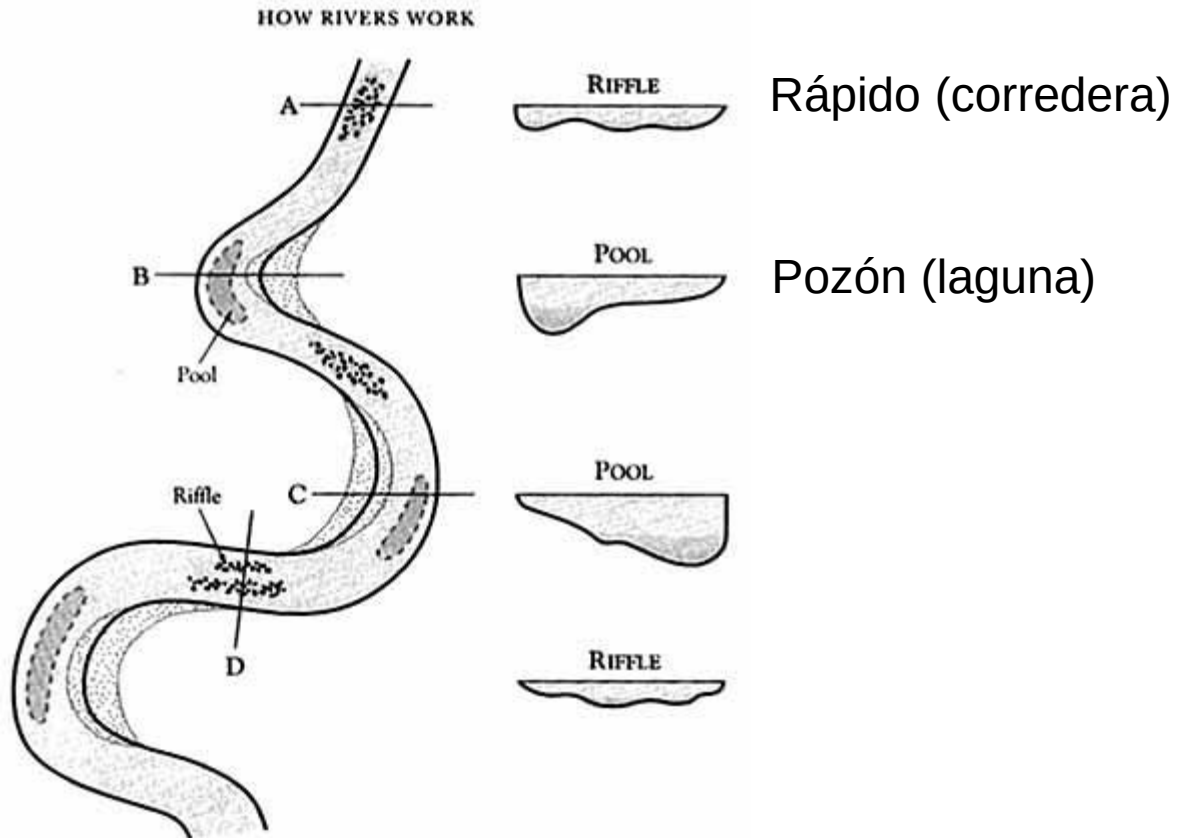
Heterogeneidad espacial



Lago de herradura
(oxbow lake)

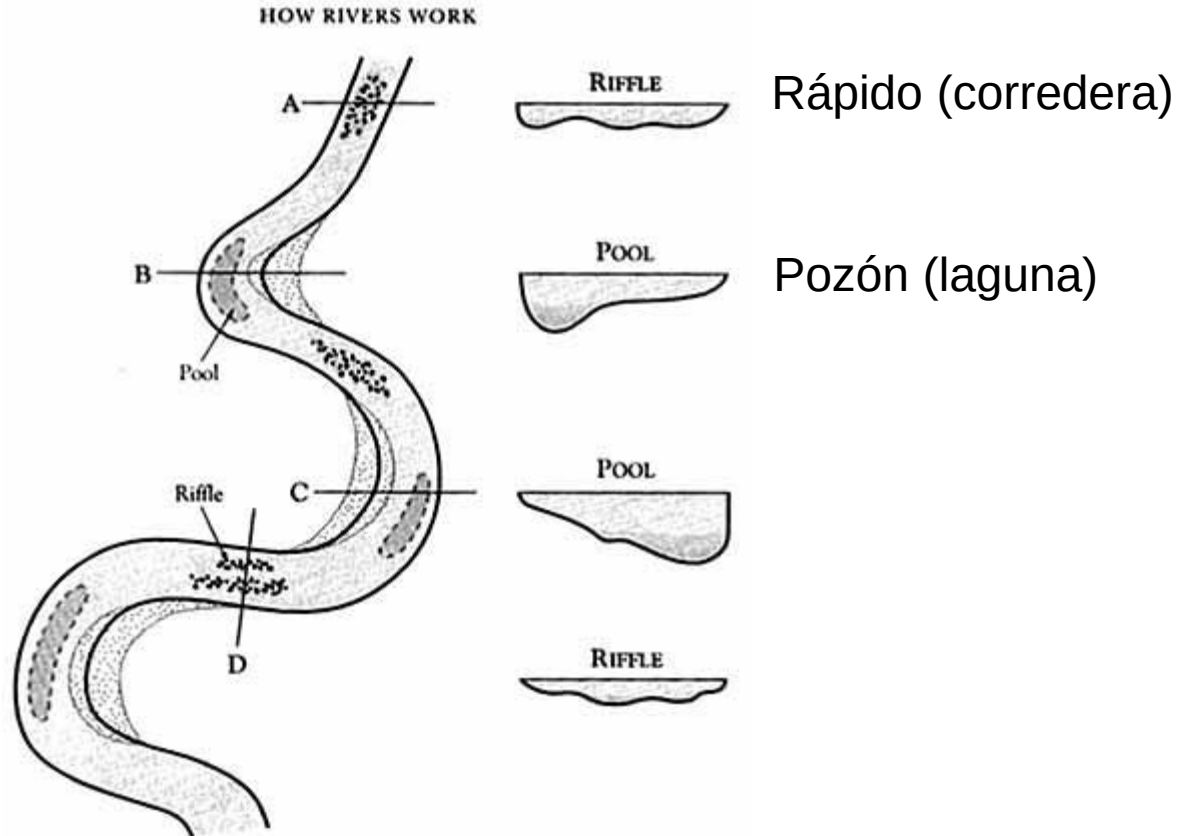
Arroyo Valizas (Rocha)

Heterogeneidad espacial



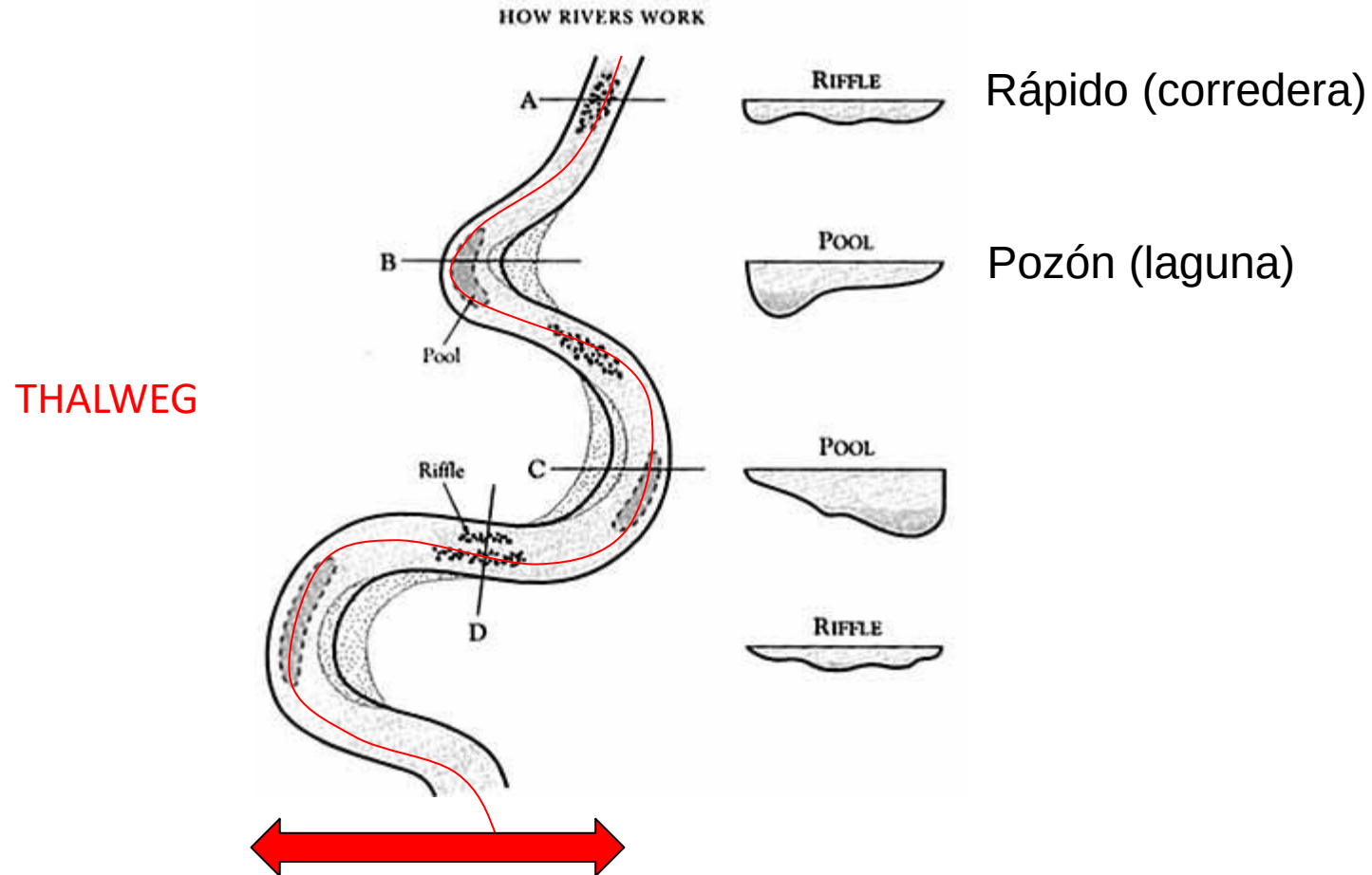
Principales compartimentos de los sistemas lóticos

Heterogeneidad espacial



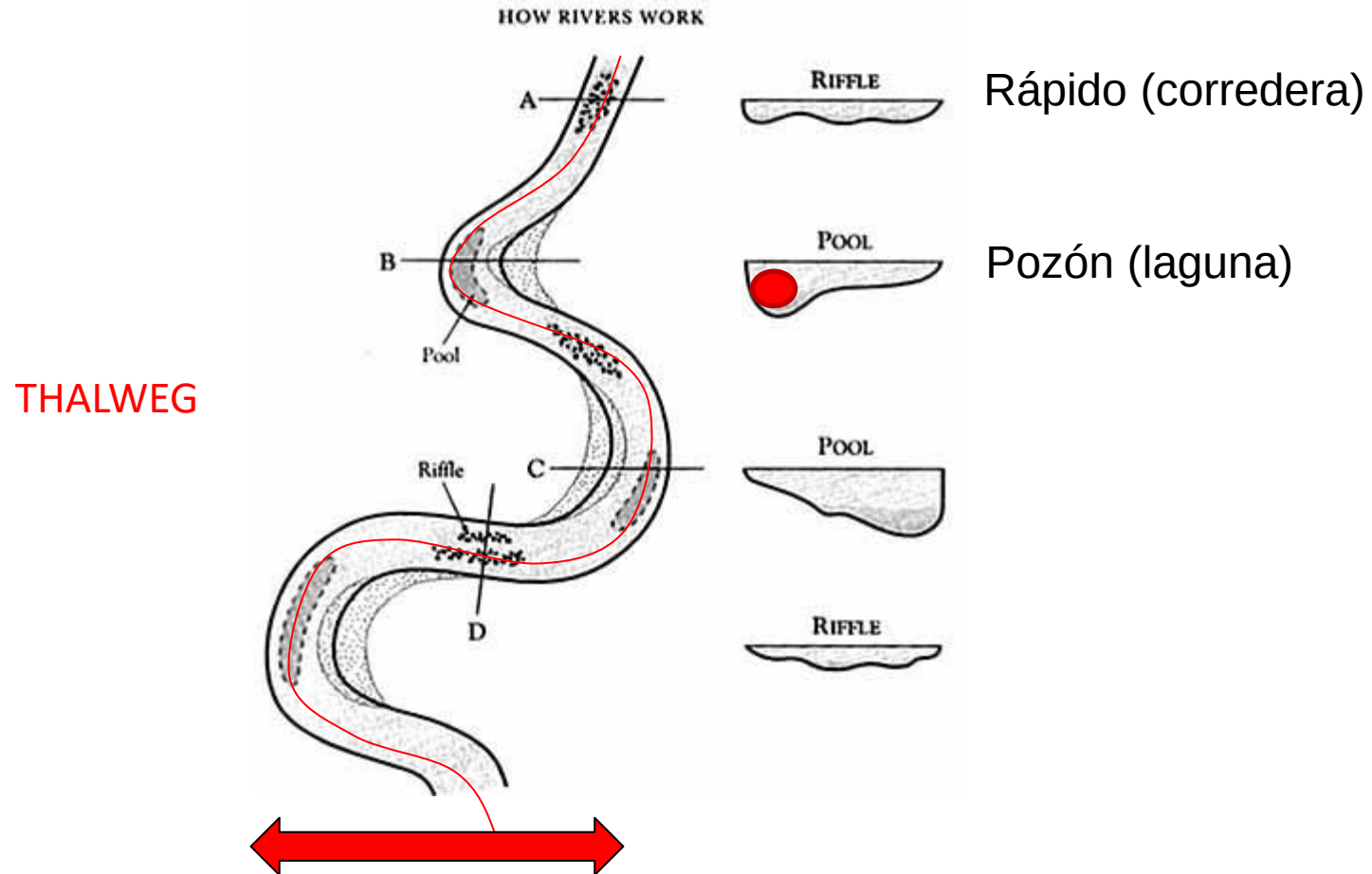
Principales compartimentos de los sistemas lóticos

Heterogeneidad espacial



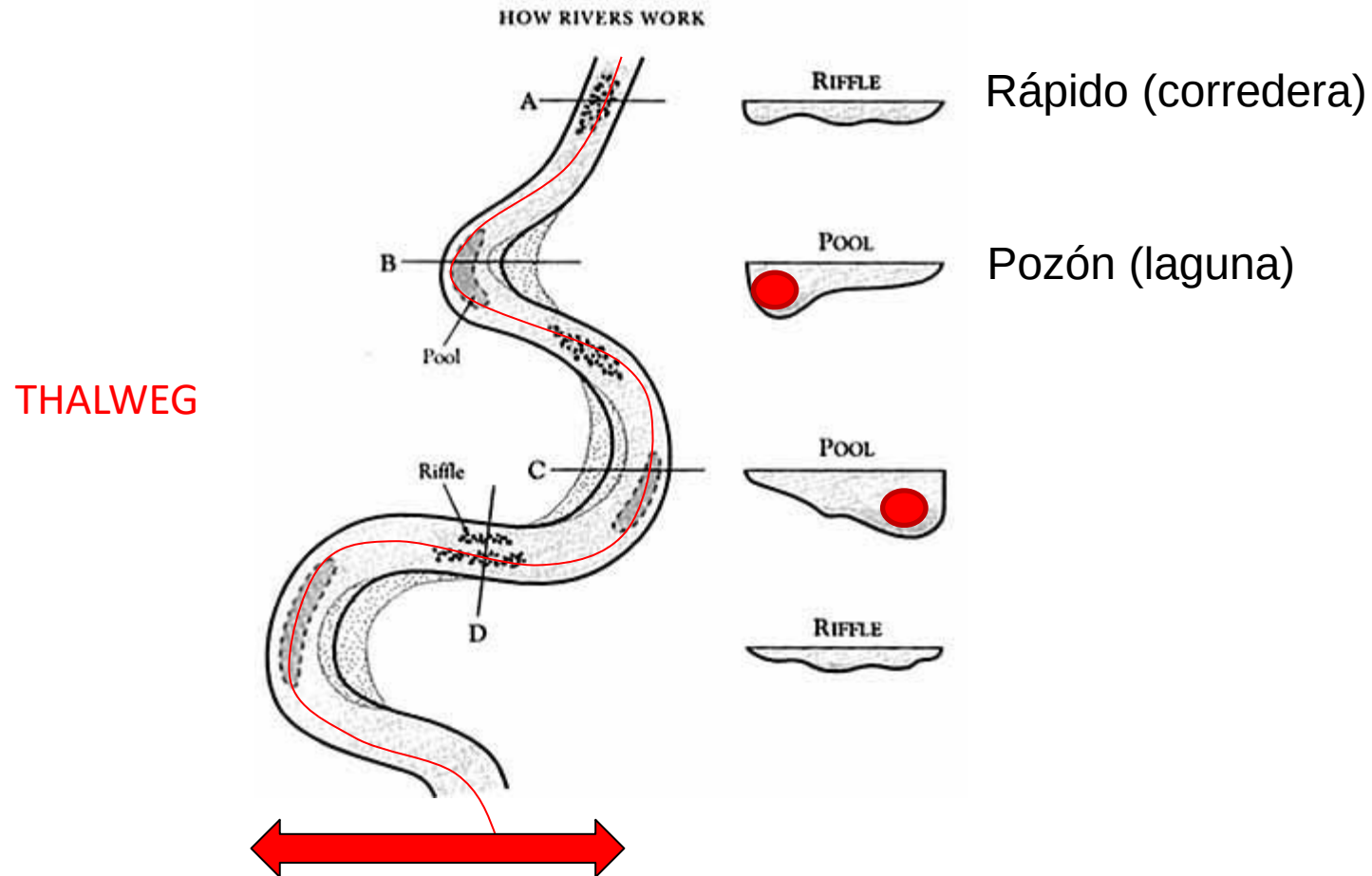
Principales compartimentos de los sistemas lóticos

Heterogeneidad espacial



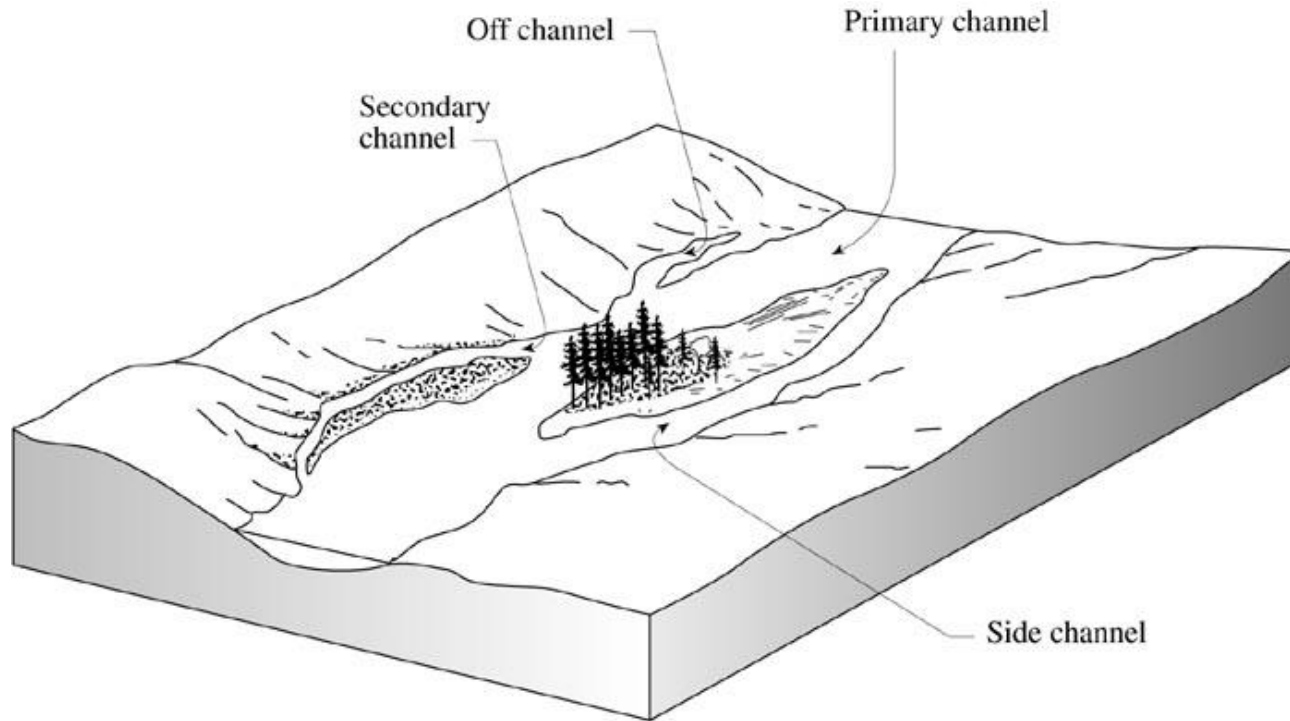
Principales compartimentos de los sistemas lóticos

Heterogeneidad espacial



Principales compartimentos de los sistemas lóticos

Heterogeneidad espacial







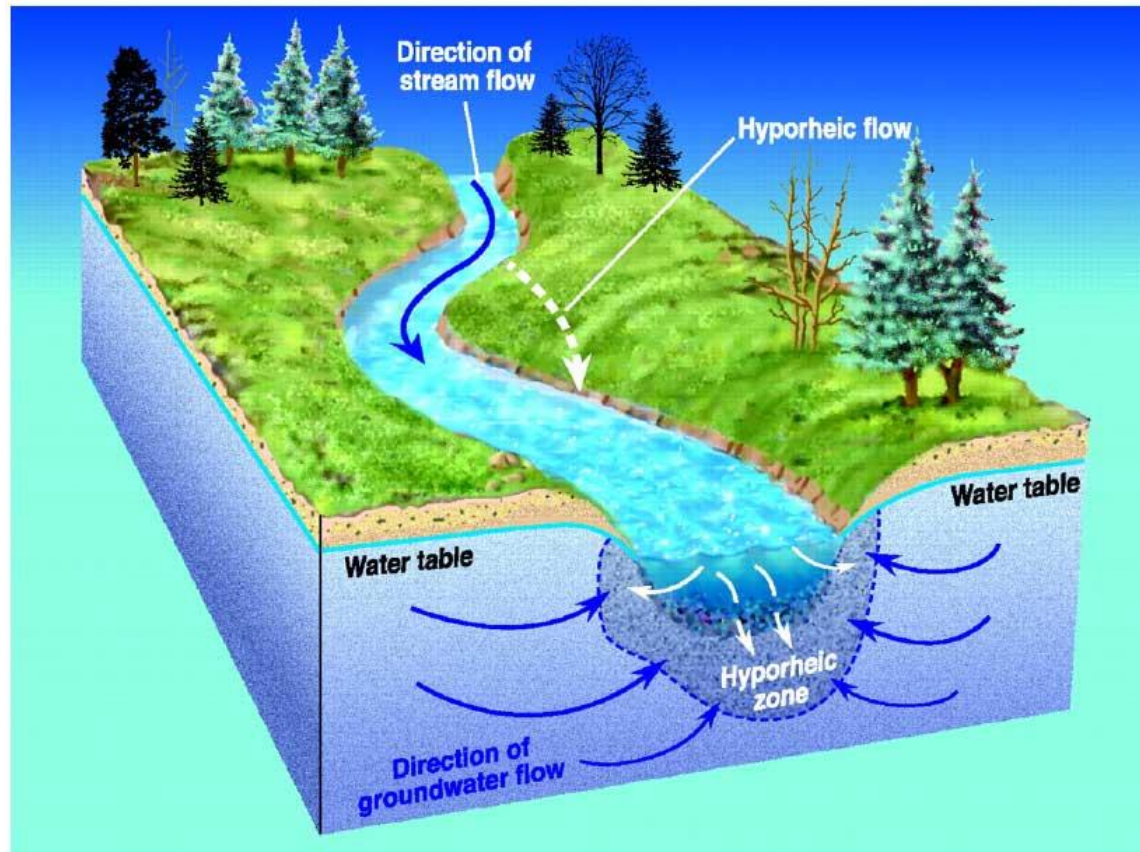


Heterogeneidad espacial

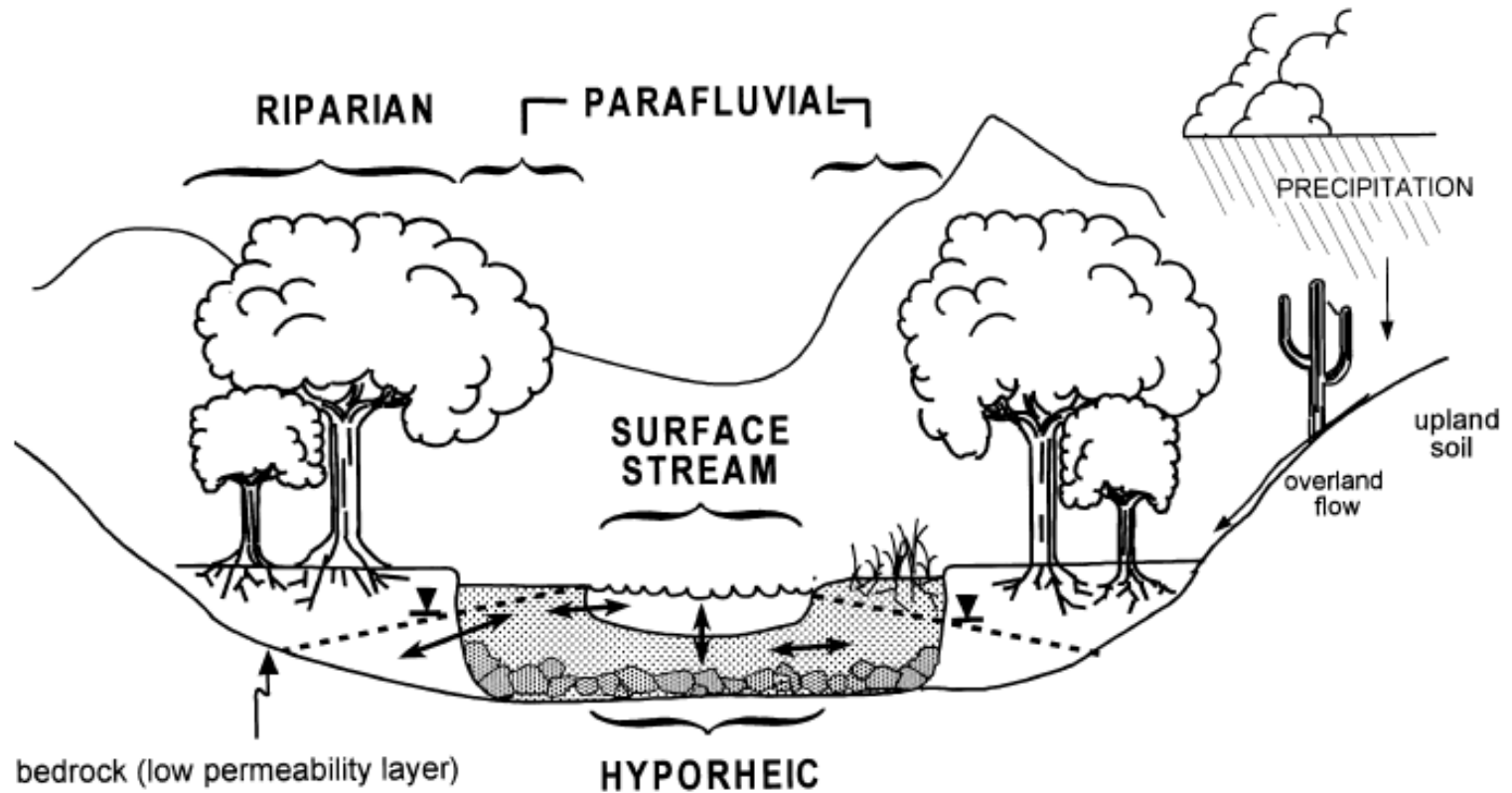


Heterogeneidad espacial

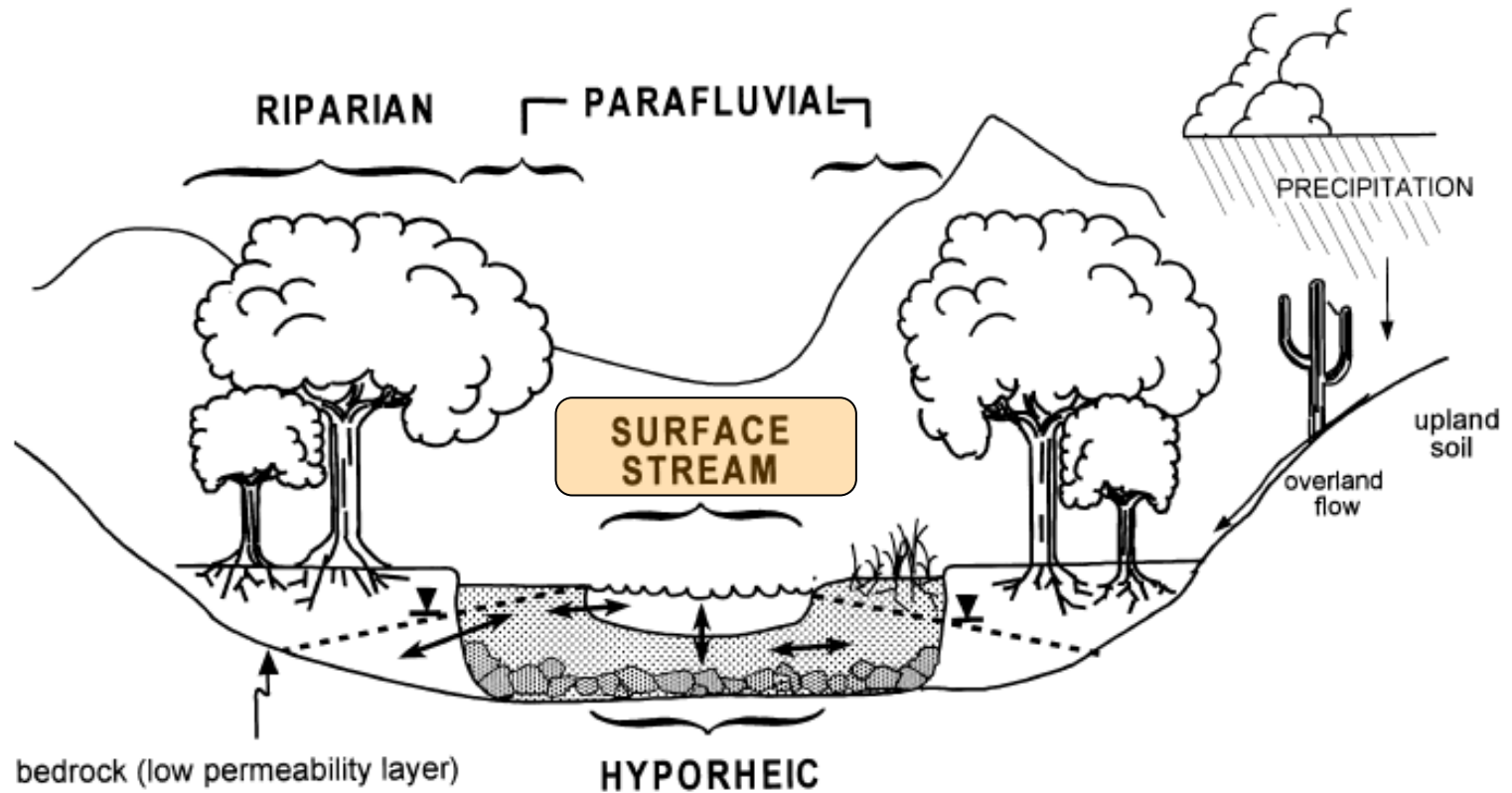
Heterogeneidad espacial



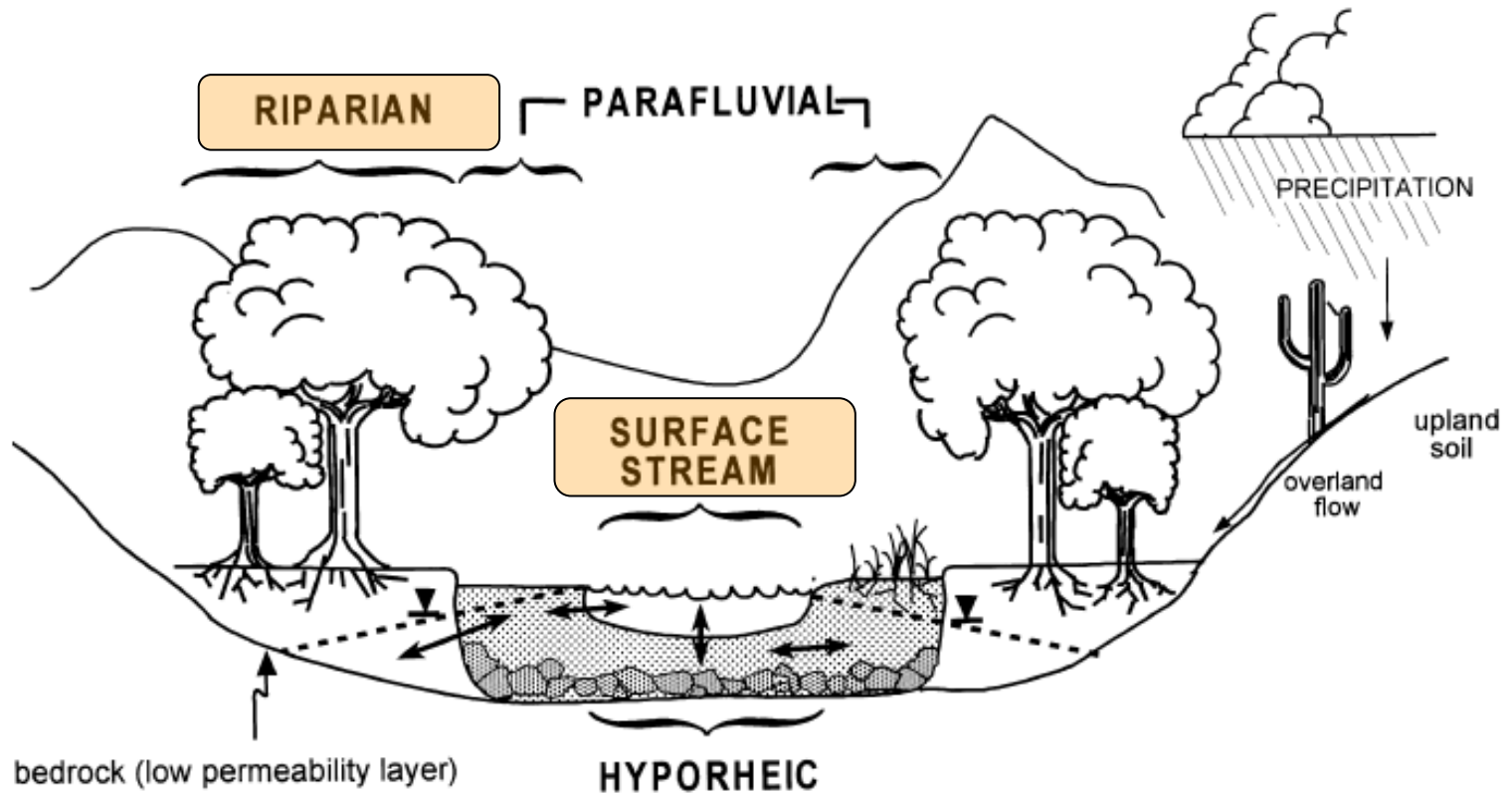
Vínculos verticales y laterales...



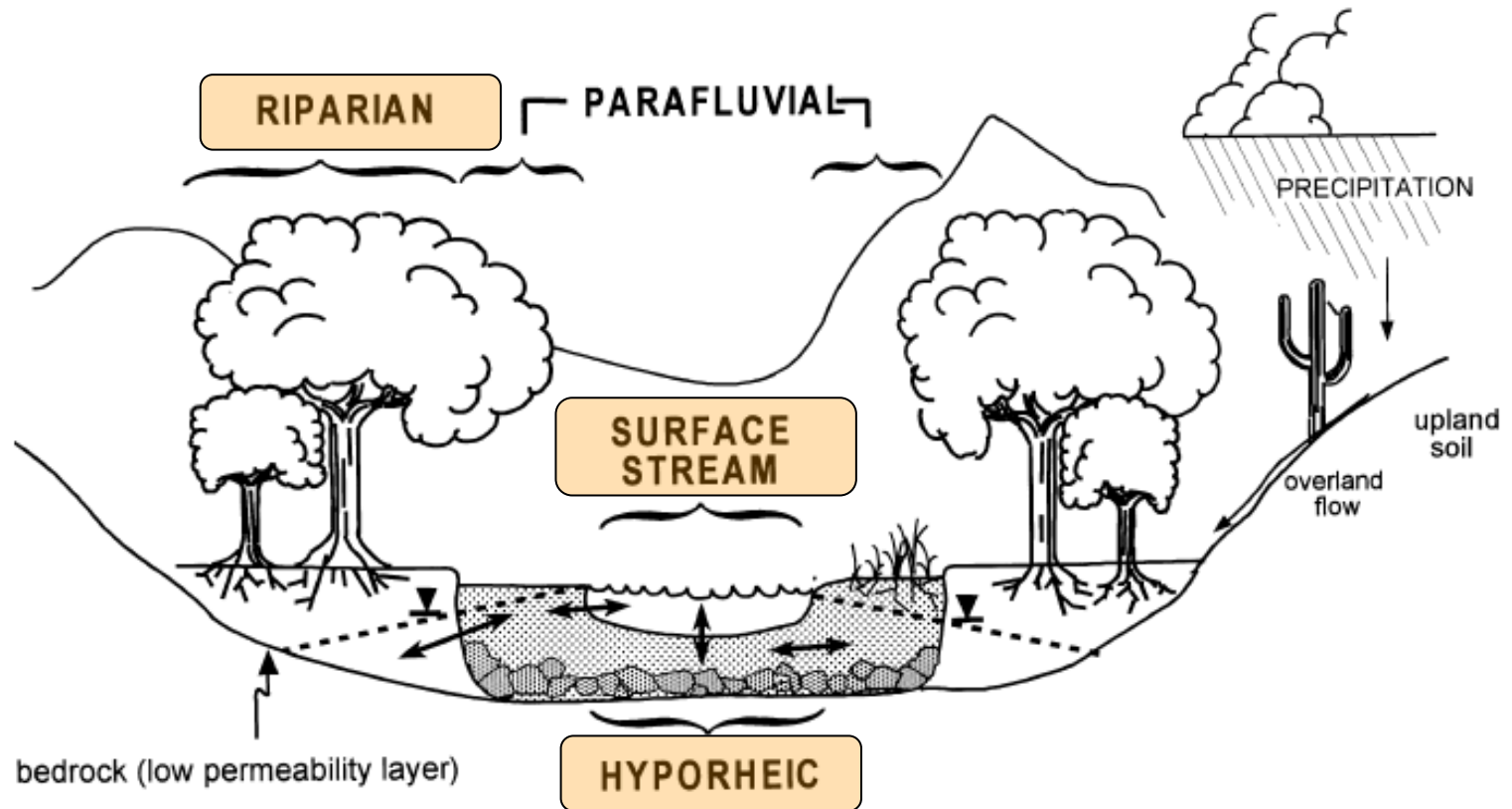
Los subsistemas incluyen la corriente de la superficie central, **los sedimentos saturados en forma vertical y lateral (zonas hiporreicas y parafluviales)** y el elemento más distal, la zona ribereña. Estas zonas están hidrológicamente conectadas; así el agua y su carga disuelta y suspendida se mueven a través de todos estos subsistemas a medida que fluye río abajo.
(Fisher et al. 1998)



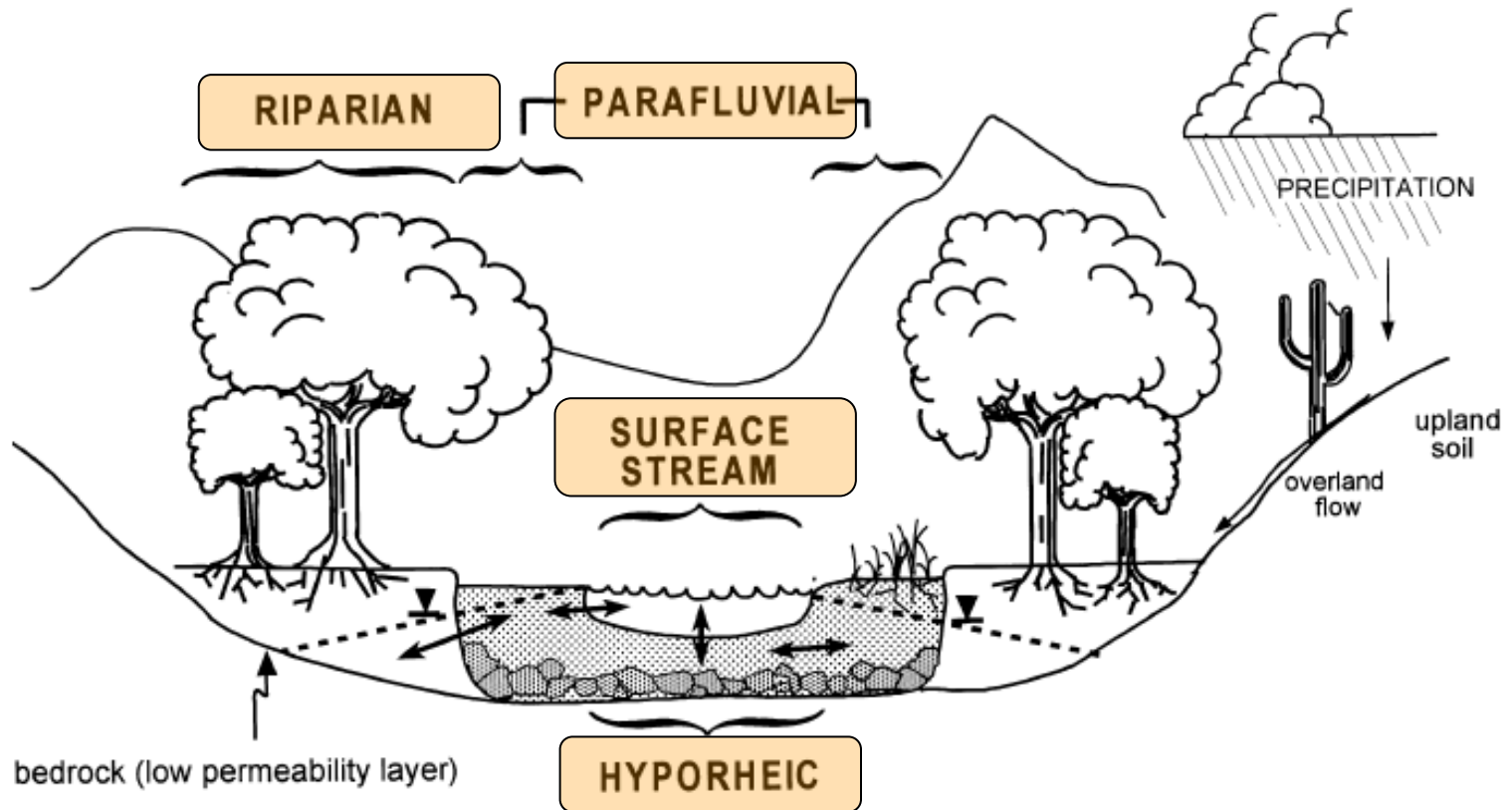
Los subsistemas incluyen la corriente de la superficie central, **los sedimentos saturados en forma vertical y lateral (zonas hiporreicas y parafluviales)** y el elemento más distal, la zona ribereña. Estas zonas están hidrológicamente conectadas; así el agua y su carga disuelta y suspendida se mueven a través de todos estos subsistemas a medida que fluye río abajo.
(Fisher et al. 1998)



Los subsistemas incluyen la corriente de la superficie central, **los sedimentos saturados en forma vertical y lateral (zonas hiporreicas y parafluviales)** y el elemento más distal, la zona ribereña. Estas zonas están hidrológicamente conectadas; así el agua y su carga disuelta y suspendida se mueven a través de todos estos subsistemas a medida que fluye río abajo.
(Fisher et al. 1998)

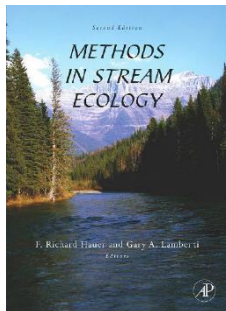


Los subsistemas incluyen la corriente de la superficie central, **los sedimentos saturados en forma vertical y lateral (zonas hiporreicas y parafluviales)** y el elemento más distal, la zona ribereña. Estas zonas están hidrológicamente conectadas; así el agua y su carga disuelta y suspendida se mueven a través de todos estos subsistemas a medida que fluye río abajo.
(Fisher et al. 1998)



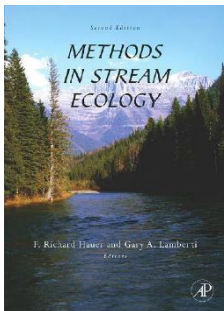
Los subsistemas incluyen la corriente de la superficie central, **los sedimentos saturados en forma vertical y lateral (zonas hiporreicas y parafluviales)** y el elemento más distal, la zona ribereña. Estas zonas están hidrológicamente conectadas; así el agua y su carga disuelta y suspendida se mueven a través de todos estos subsistemas a medida que fluye río abajo.
(Fisher et al. 1998)

Ojo con la variación entre definiciones



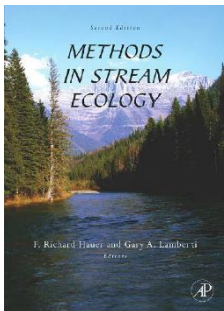
Ojo con la variación entre definiciones

- La zona hiporreica se define por la penetración del agua del río en el aluvión* y puede mezclarse con el agua subterránea freática desde la ladera de las colinas u otros acuíferos no recargados directamente por el río.



Ojo con la variación entre definiciones

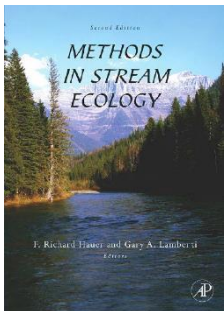
- La zona hiporreica se define por la penetración del agua del río en el aluvión* y puede mezclarse con el agua subterránea freática desde la ladera de las colinas u otros acuíferos no recargados directamente por el río.



* Sedimentos arrastrados por una corriente de agua, que quedan depositados en un terreno.

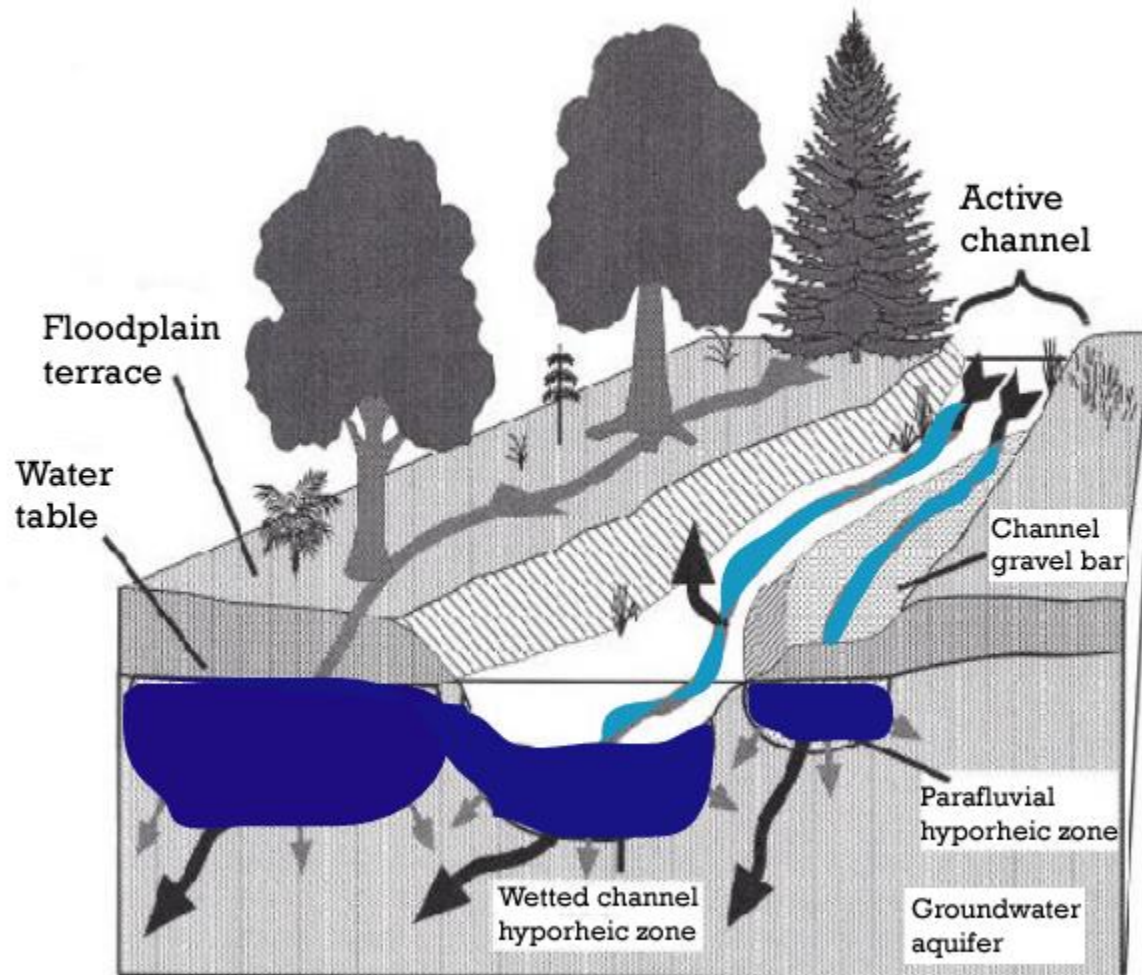
Ojo con la variación entre definiciones

- La zona hiporreica se define por la penetración del agua del río en el aluvión* y puede mezclarse con el agua subterránea freática desde la ladera de las colinas u otros acuíferos no recargados directamente por el río.
- La zona parafluvial es la zona que es alcanzada (anualmente) por las inundaciones.



* Sedimentos arrastrados por una corriente de agua, que quedan depositados en un terreno.

Heterogeneidad espacial



Zona parafluvial
(sedimentos saturados adyacentes al canal)





Pendiente, velocidad



Pendiente, velocidad y

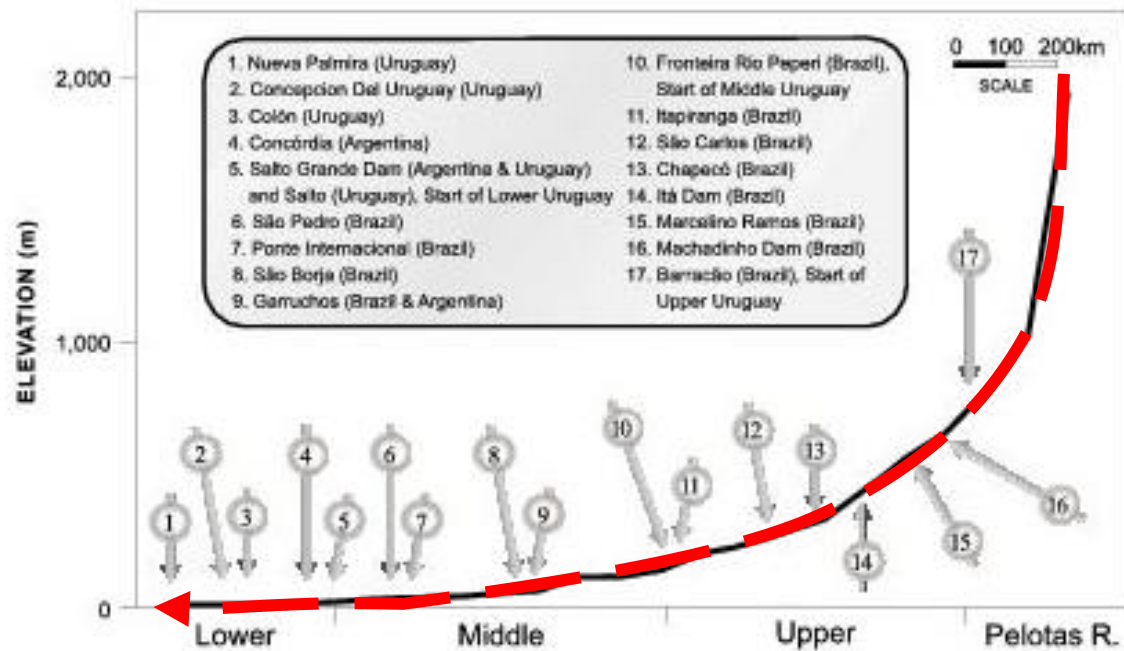


Pendiente, velocidad y heterogeneidad espacial



Río Uruguay

RIVER SECTIONS





Río Uruguay

RIVER SECTIONS

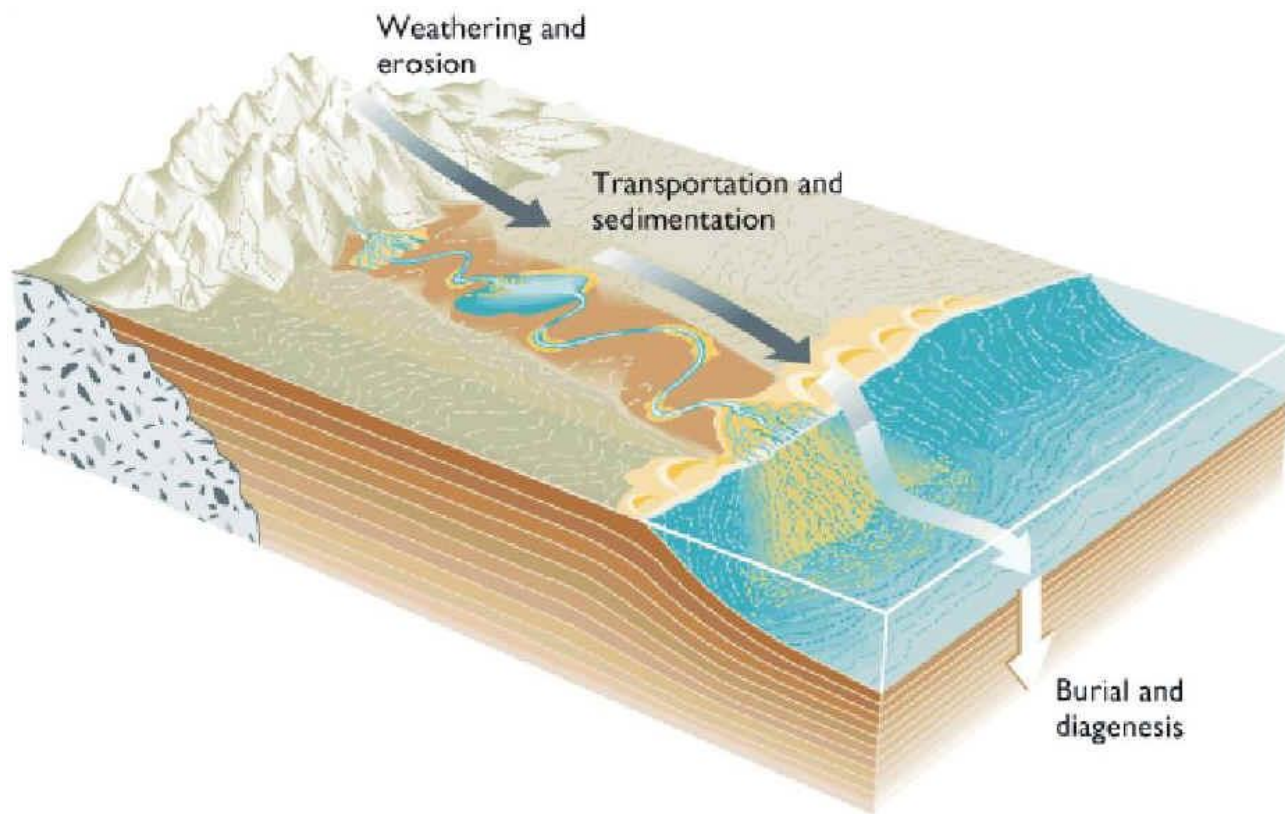


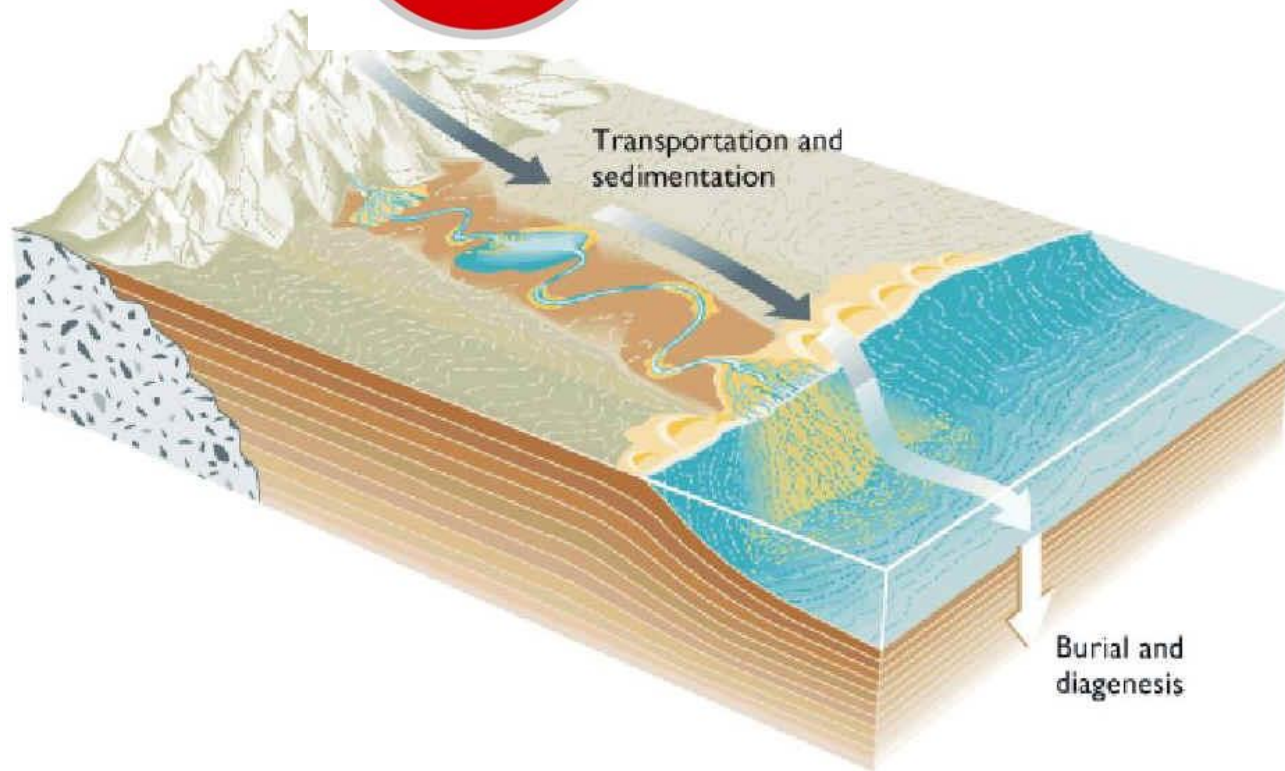


Cabecera arroyo Maldonado

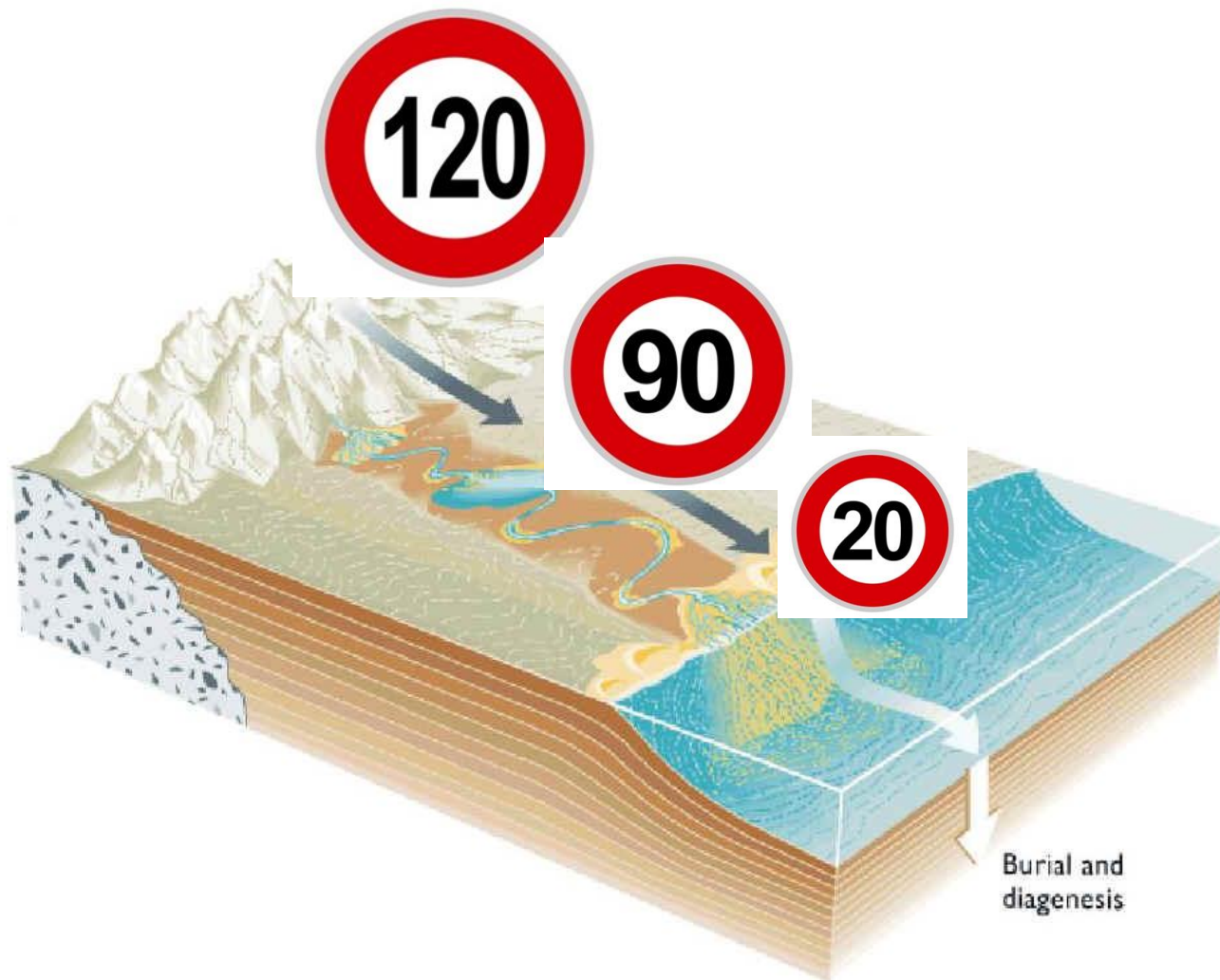


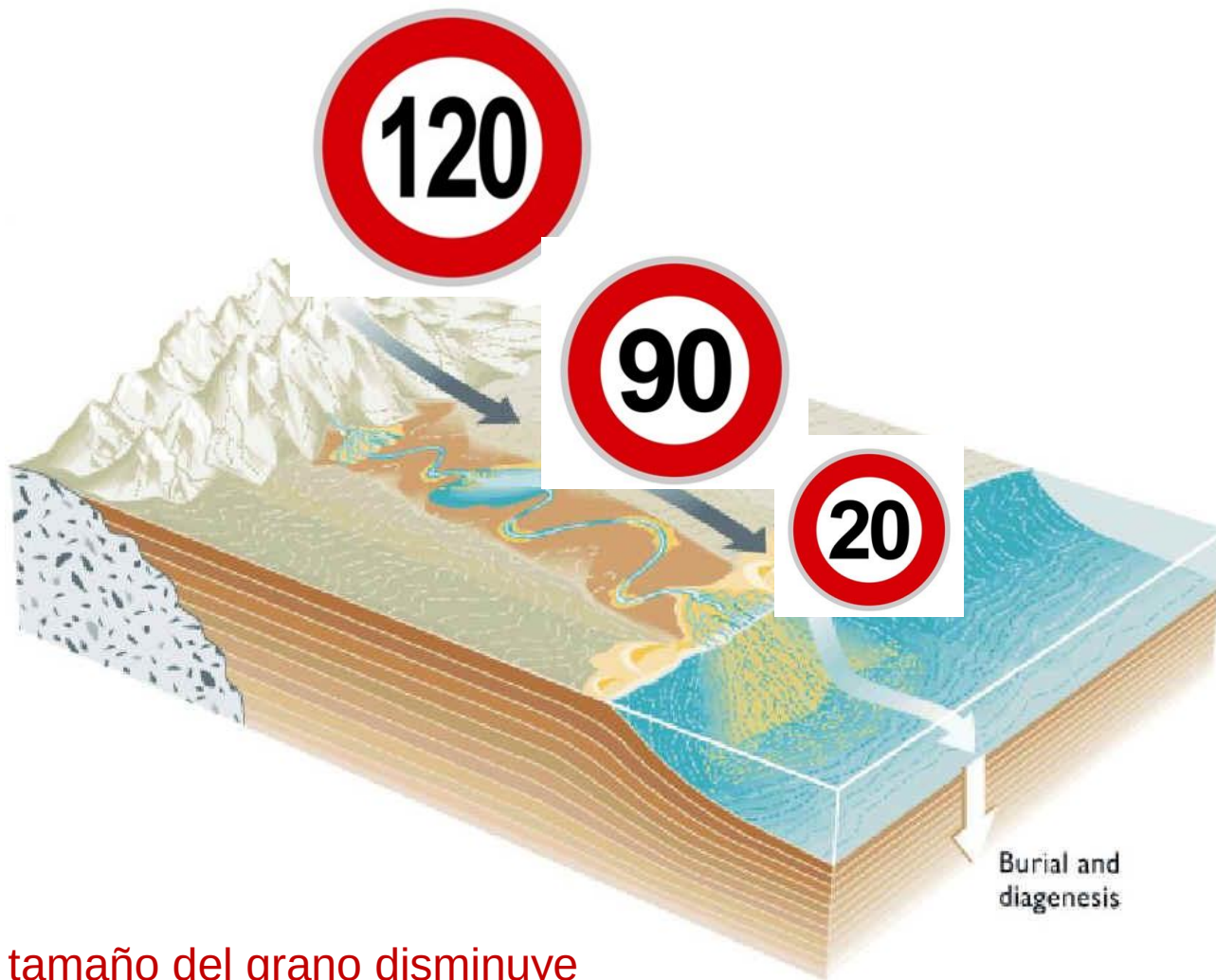
Desembocadura arroyo Maldonado







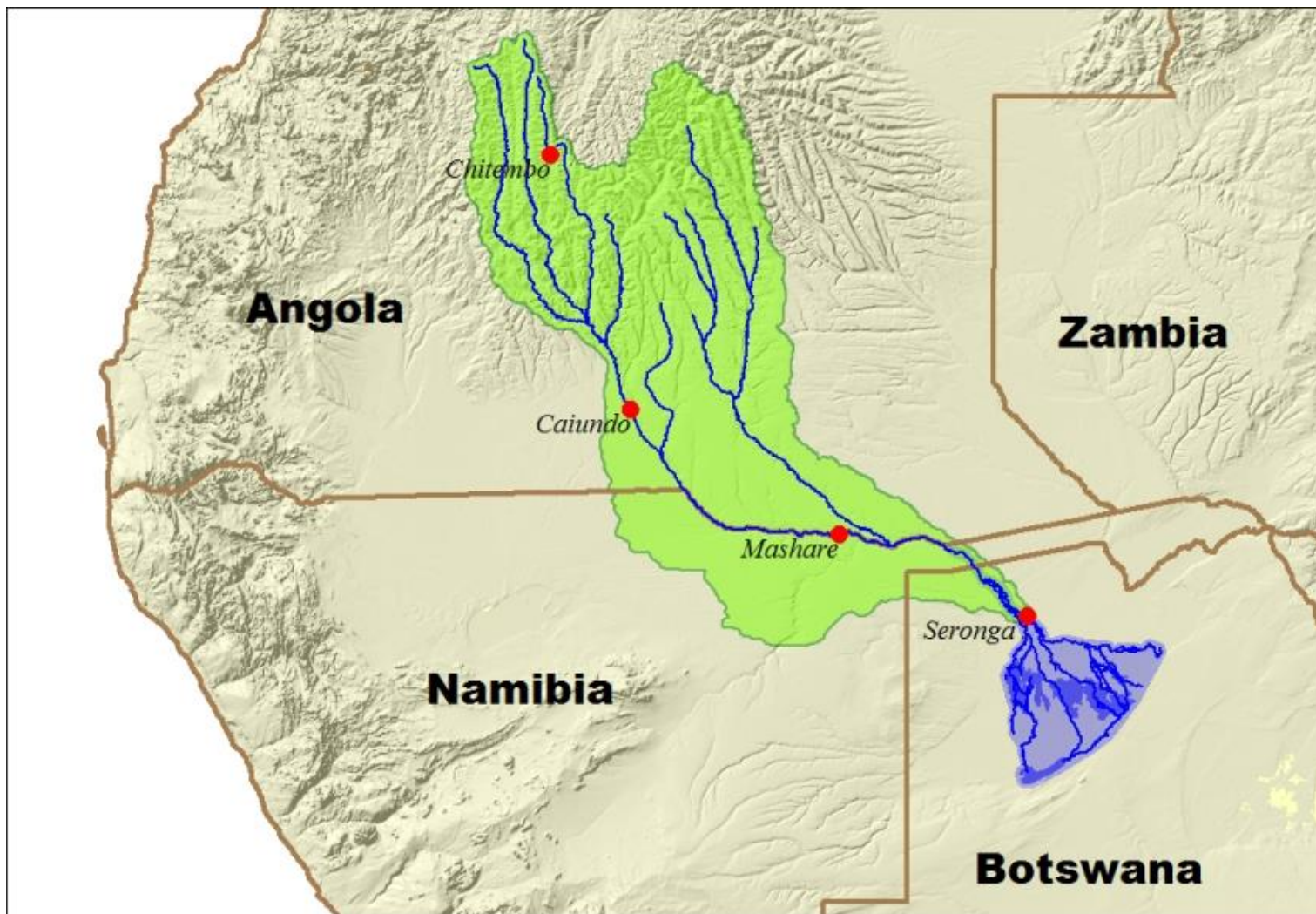




el tamaño del grano disminuye
longitudinalmente



deltas





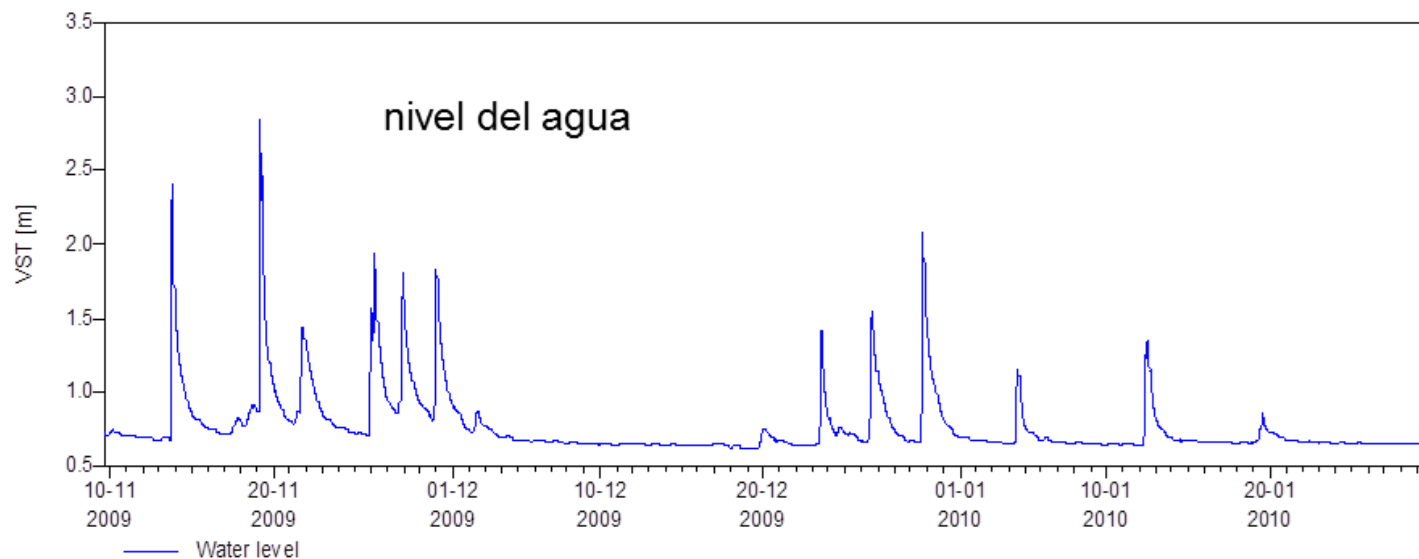
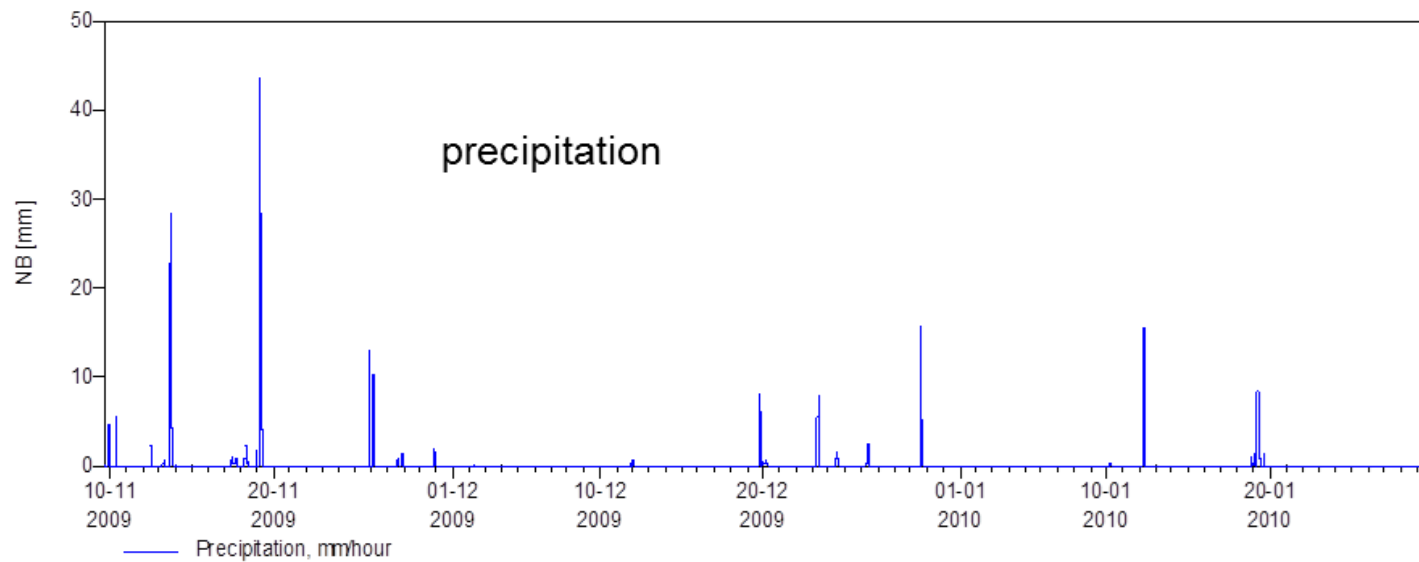
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Image Landsat





Heterogeneidad temporal

Heterogeneidad temporal



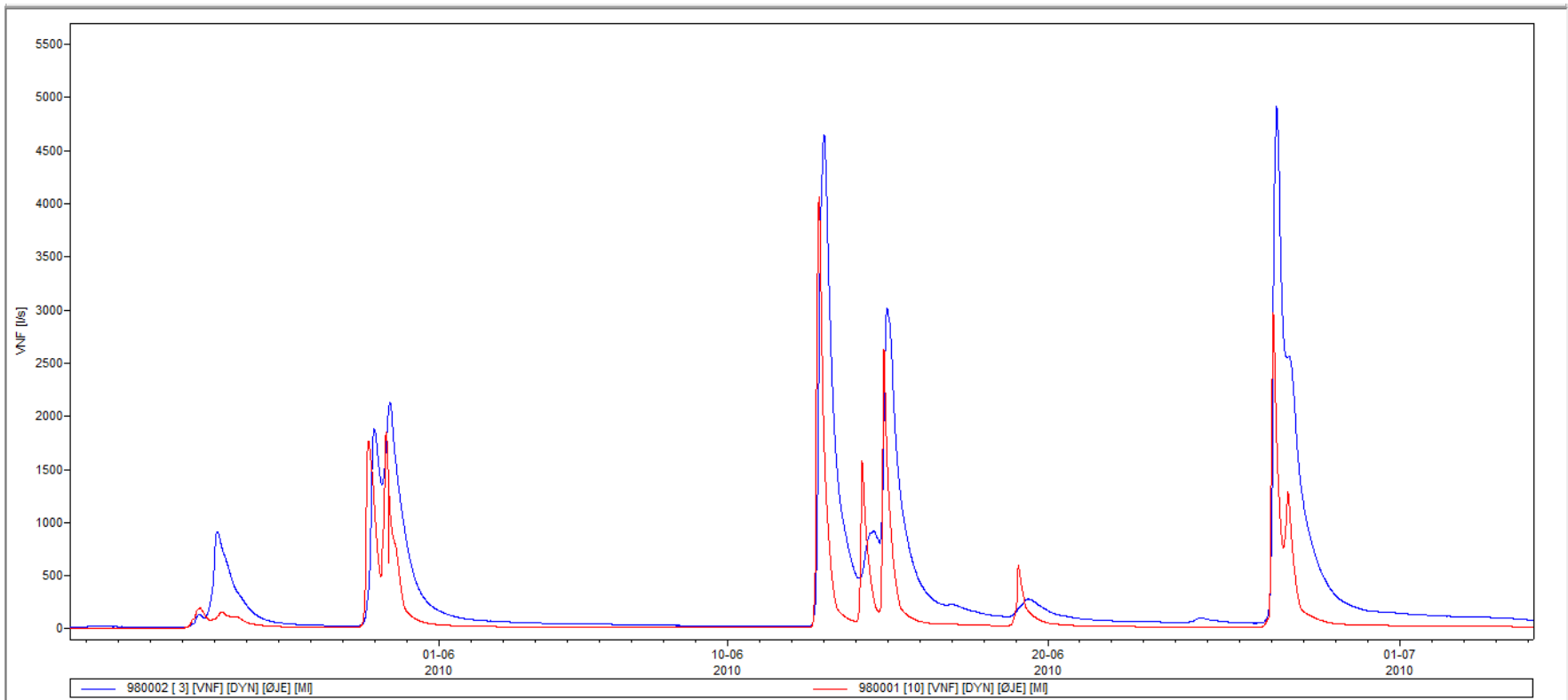
Heterogeneidad temporal



Heterogeneidad temporal



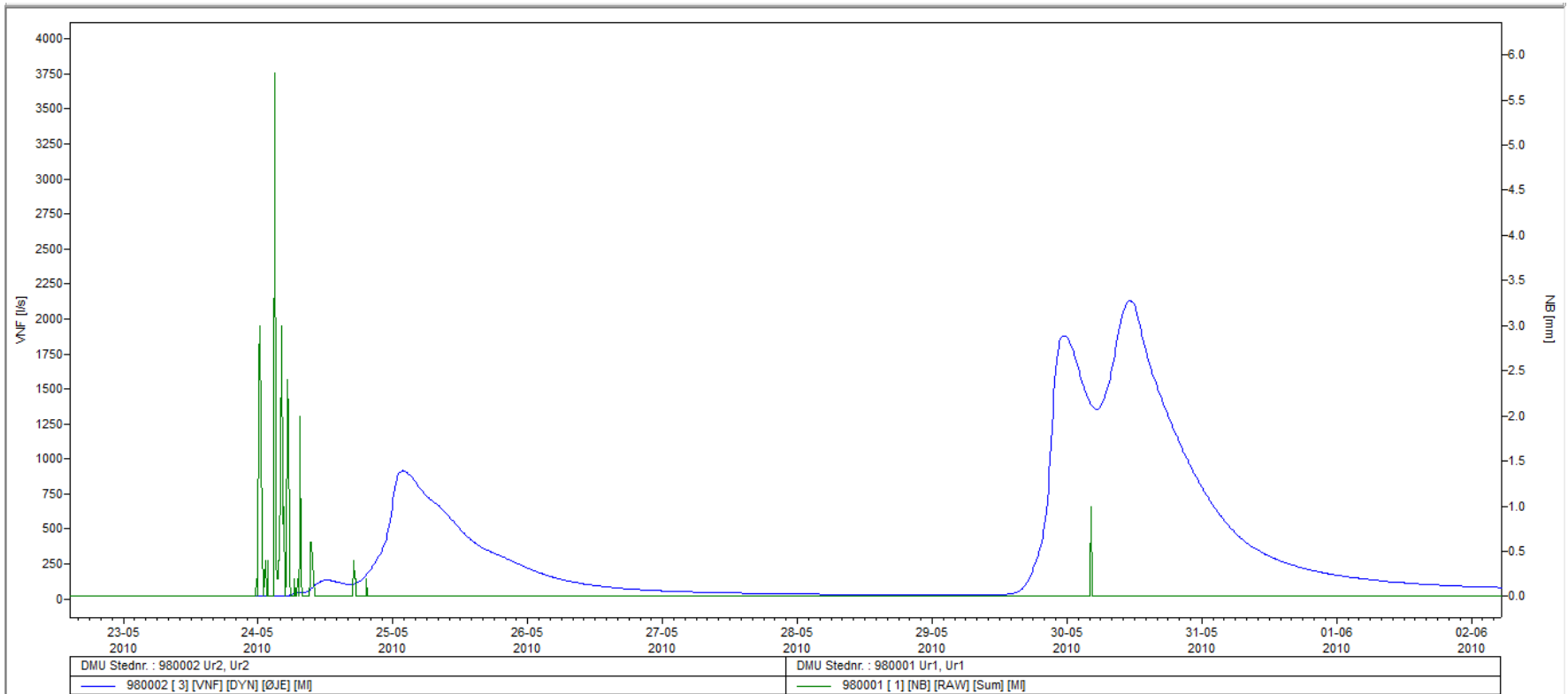
Heterogeneidad temporal



Hidrográfica:

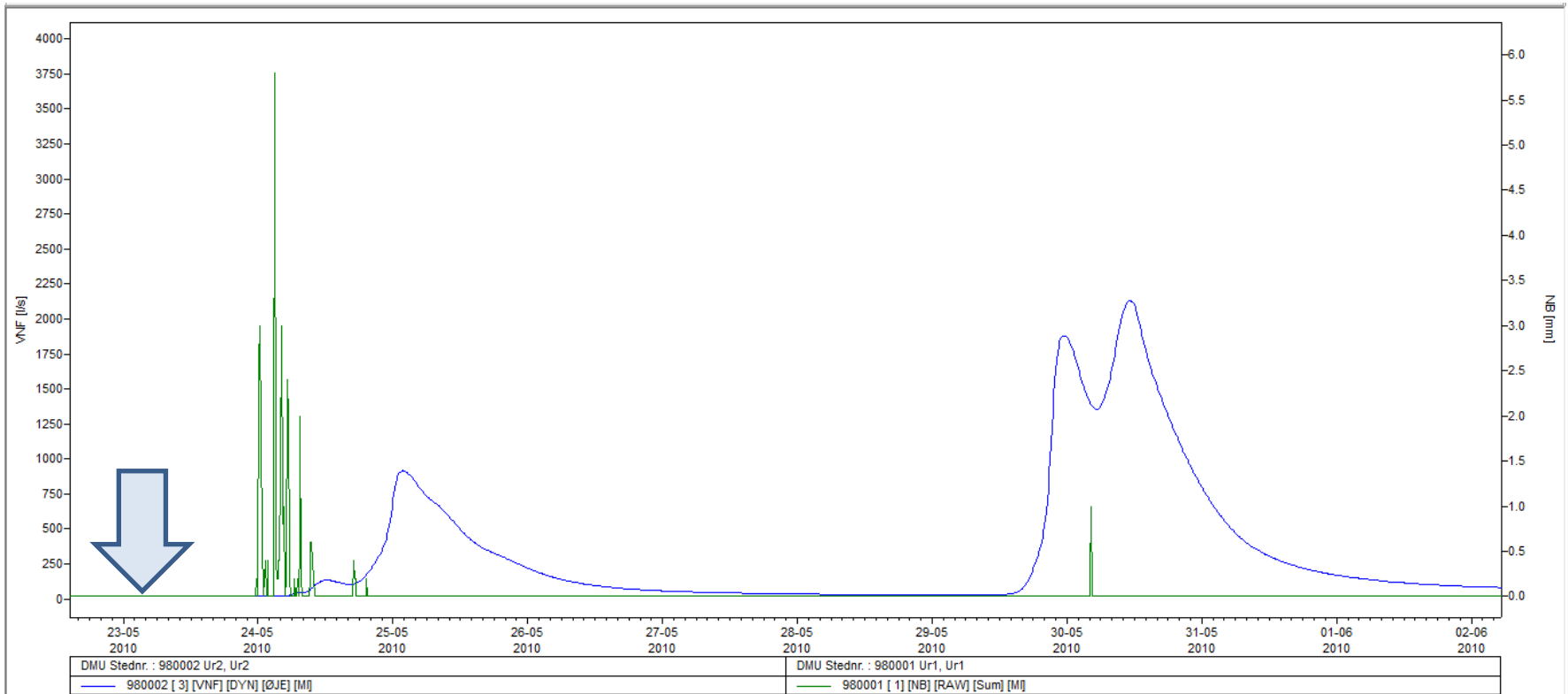
registro continuo del caudal en función del tiempo

Heterogeneidad temporal



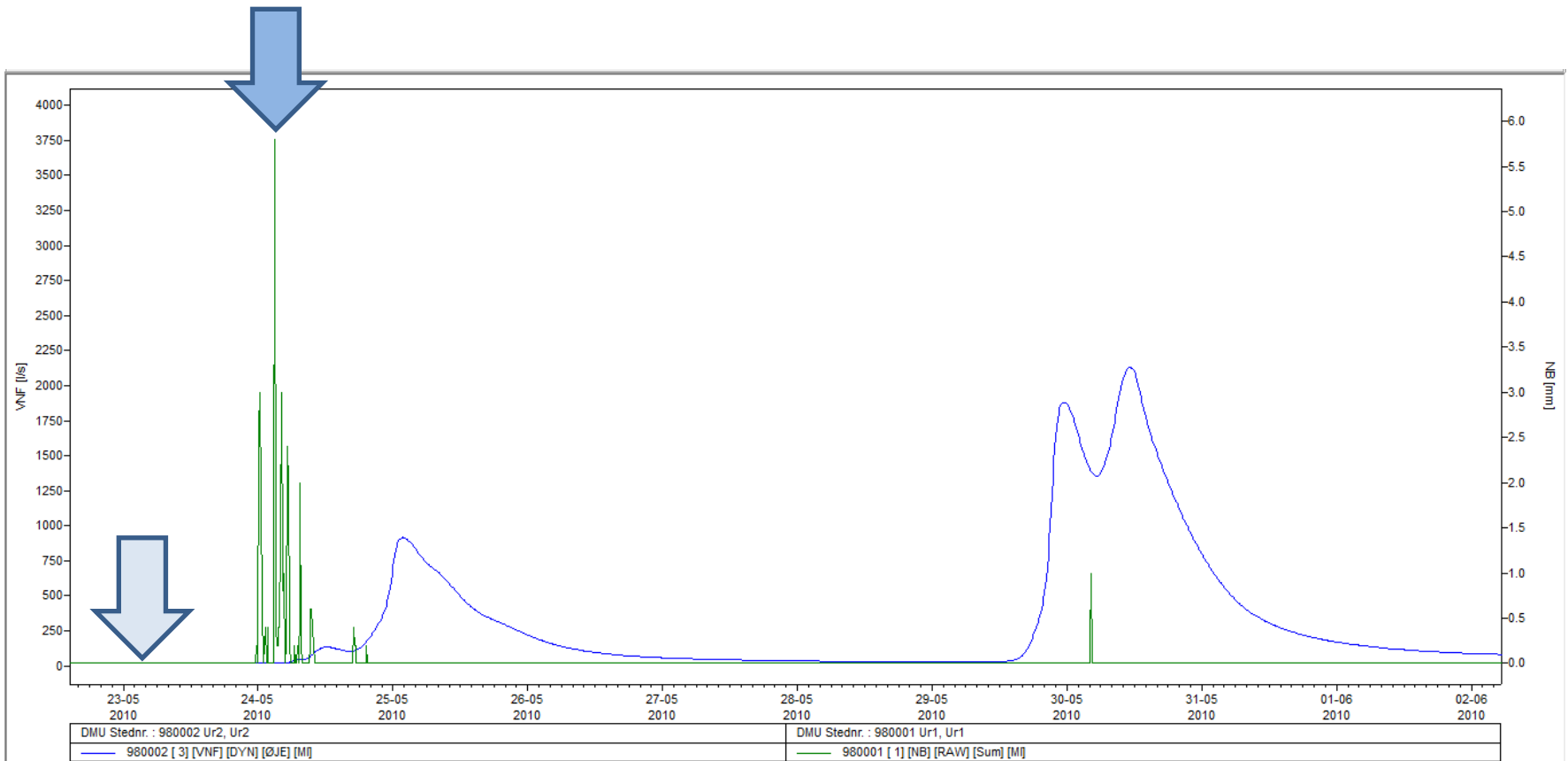
Hidrográfica: Refleja las vías y la rapidez con la cual las entradas de la precipitación alcanzan el sistema.

Heterogeneidad temporal



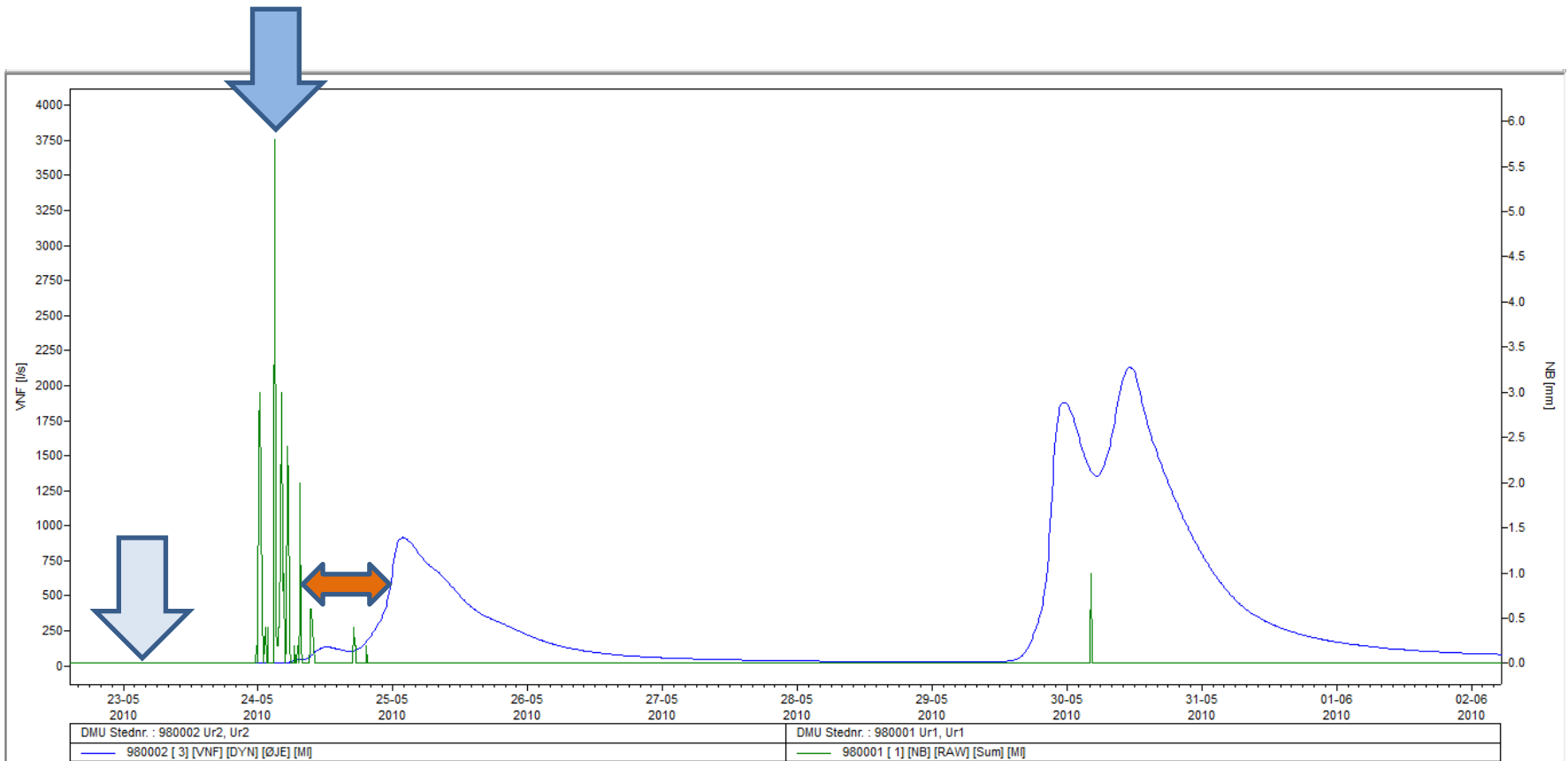
Hidrográfica: Refleja las vías y la rapidez con la cual las entradas de la precipitación alcanzan el sistema.

Heterogeneidad temporal



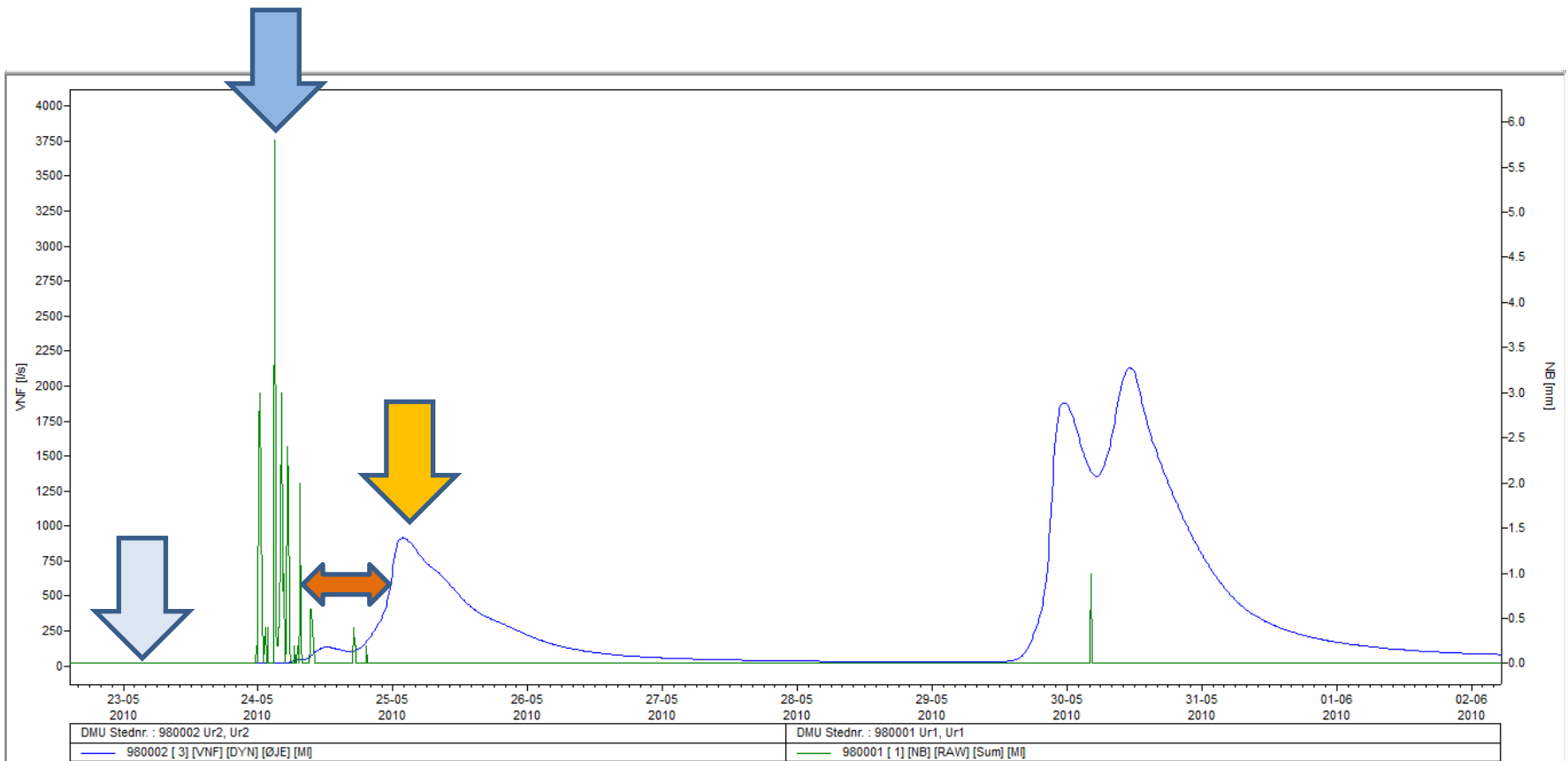
Hidrográfica: Refleja las vías y la rapidez con la cual las entradas de la precipitación alcanzan el sistema.

Heterogeneidad temporal



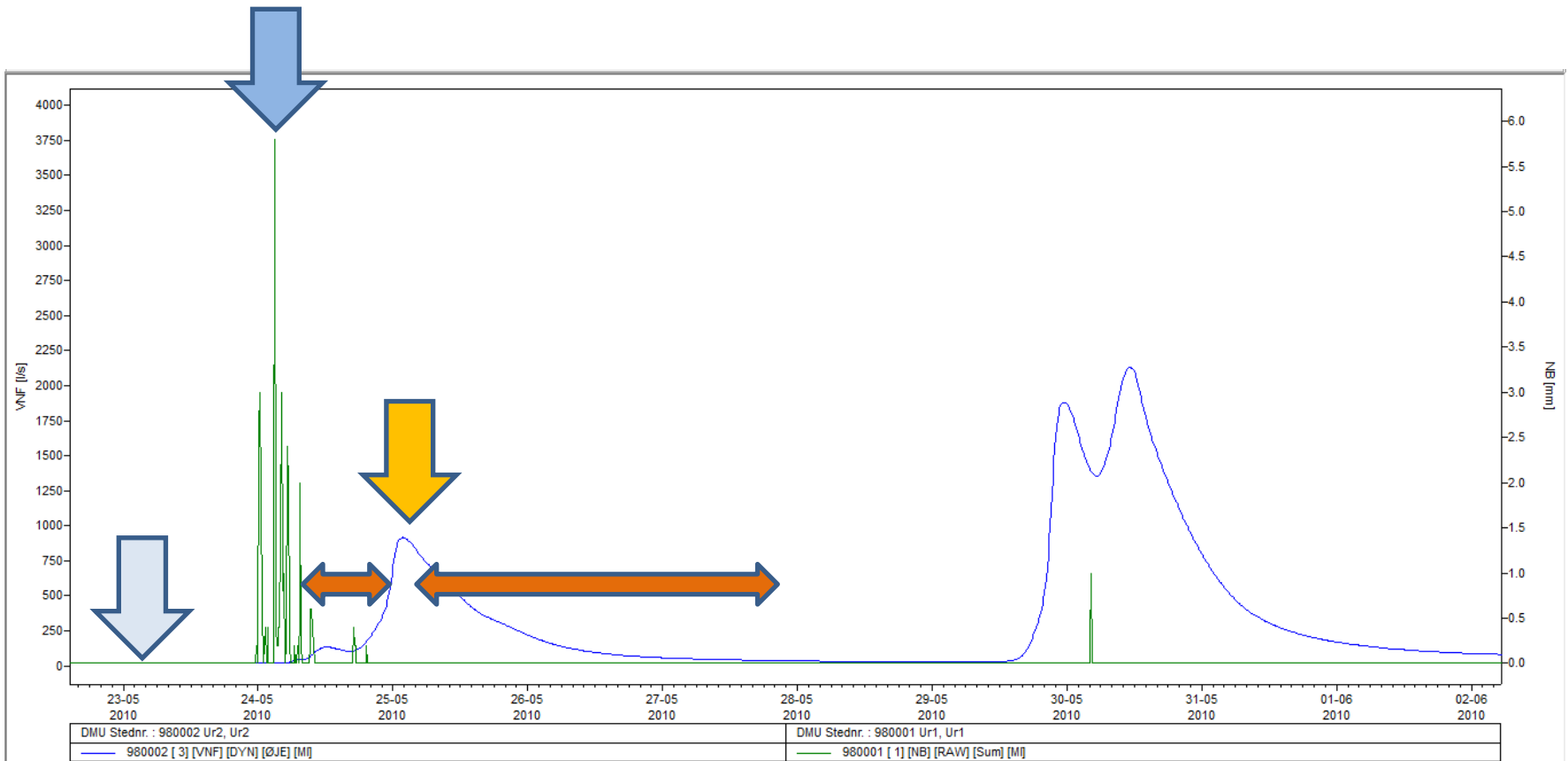
Hidrográfica: Refleja las vías y la rapidez con la cual las entradas de la precipitación alcanzan el sistema.

Heterogeneidad temporal



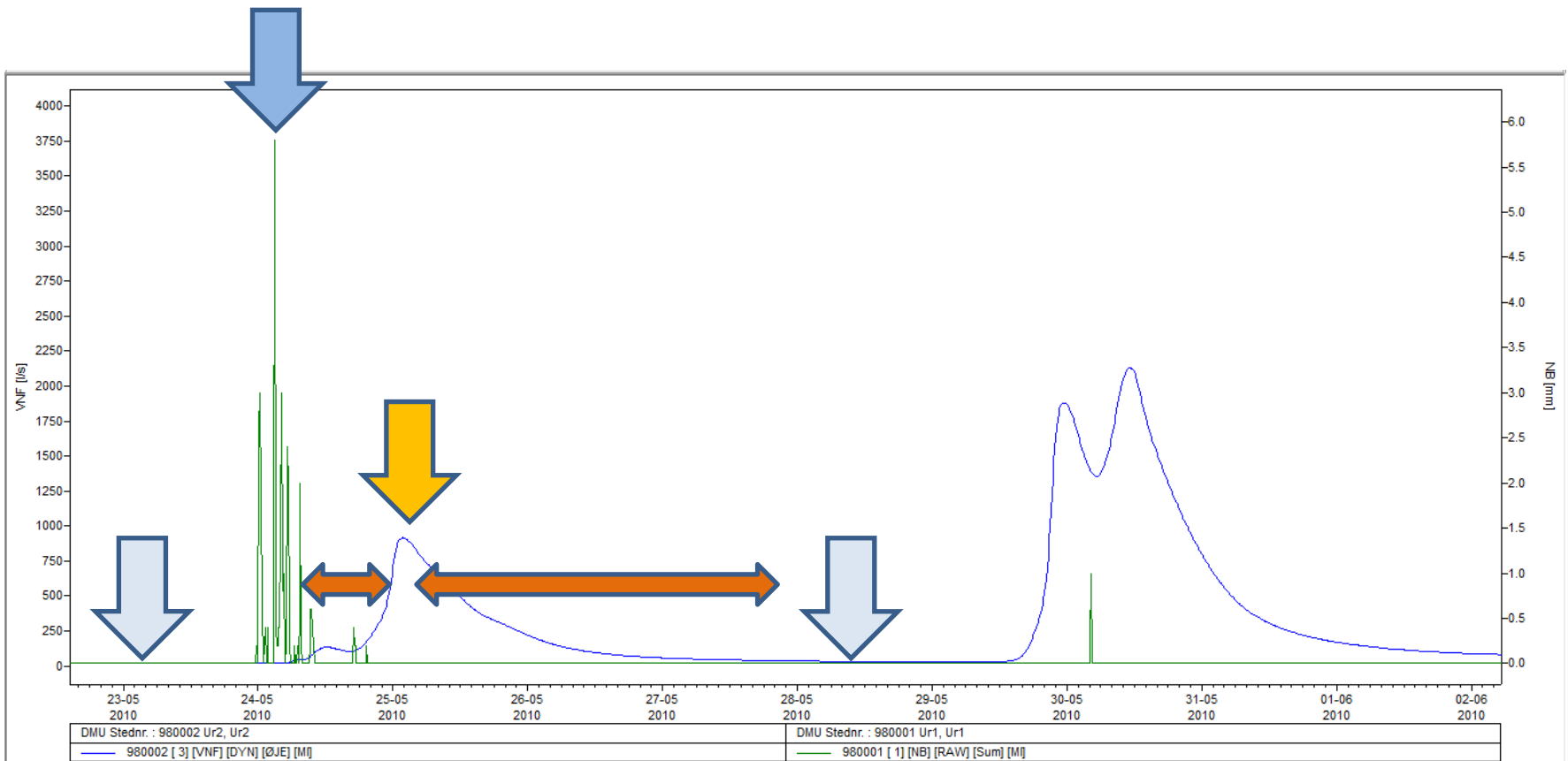
Hidrográfica: Refleja las vías y la rapidez con la cual las entradas de la precipitación alcanzan el sistema.

Heterogeneidad temporal



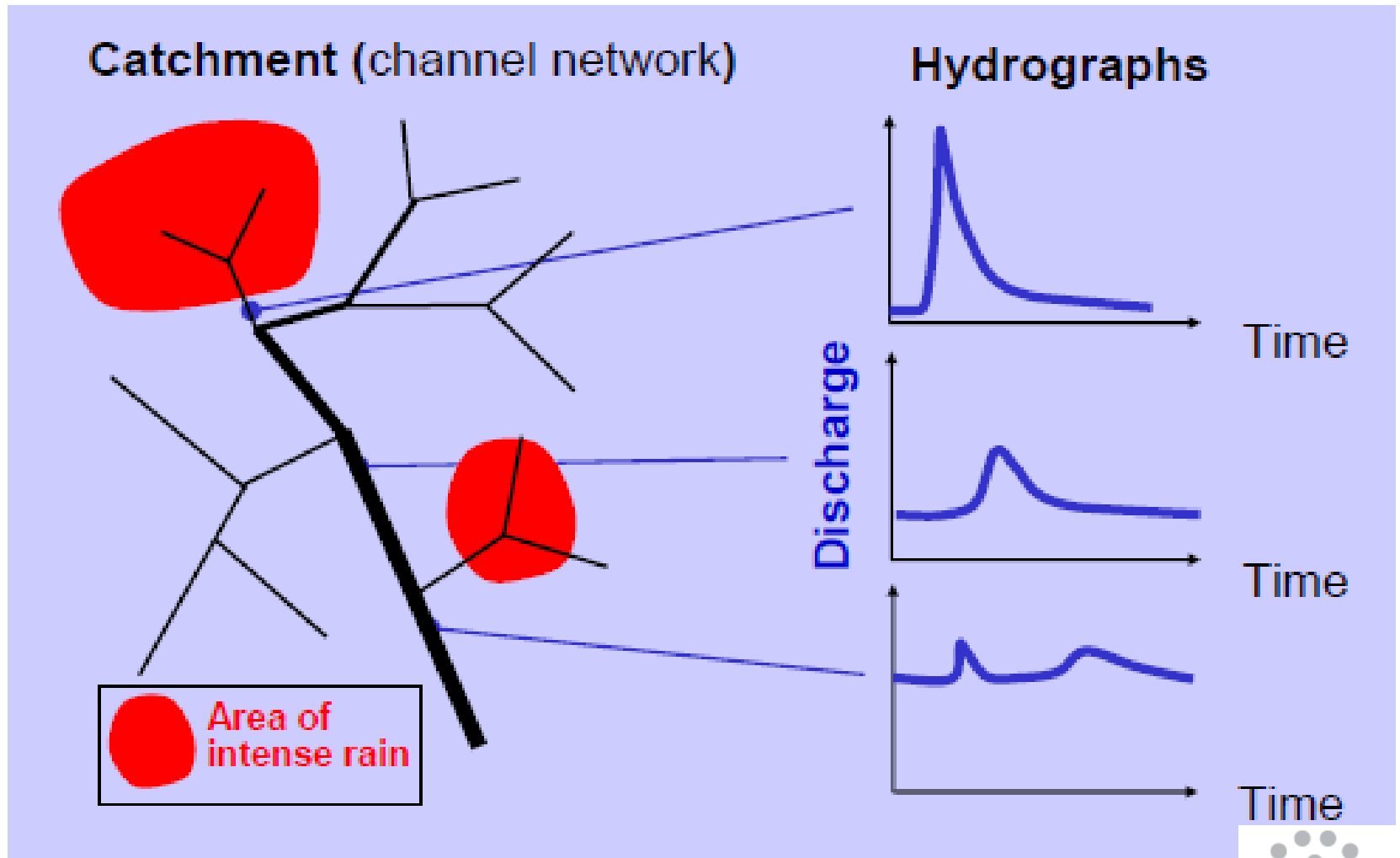
Hidrográfica: Refleja las vías y la rapidez con la cual las entradas de la precipitación alcanzan el sistema.

Heterogeneidad temporal



Hidrográfica: Refleja las vías y la rapidez con la cual las entradas de la precipitación alcanzan el sistema.

Heterogeneidad temporo-espacial



El máximo de la hidrográfica está determinado por la severidad de la tormenta y la importancia relativa de las distintas vías por las que el agua ingresa al arroyo.

Heterogeneidad temporo-espacial



Heterogeneidad tempo-espacial



<http://www.metsul.com/blog2012/>

Heterogeneidad temporo-espacial



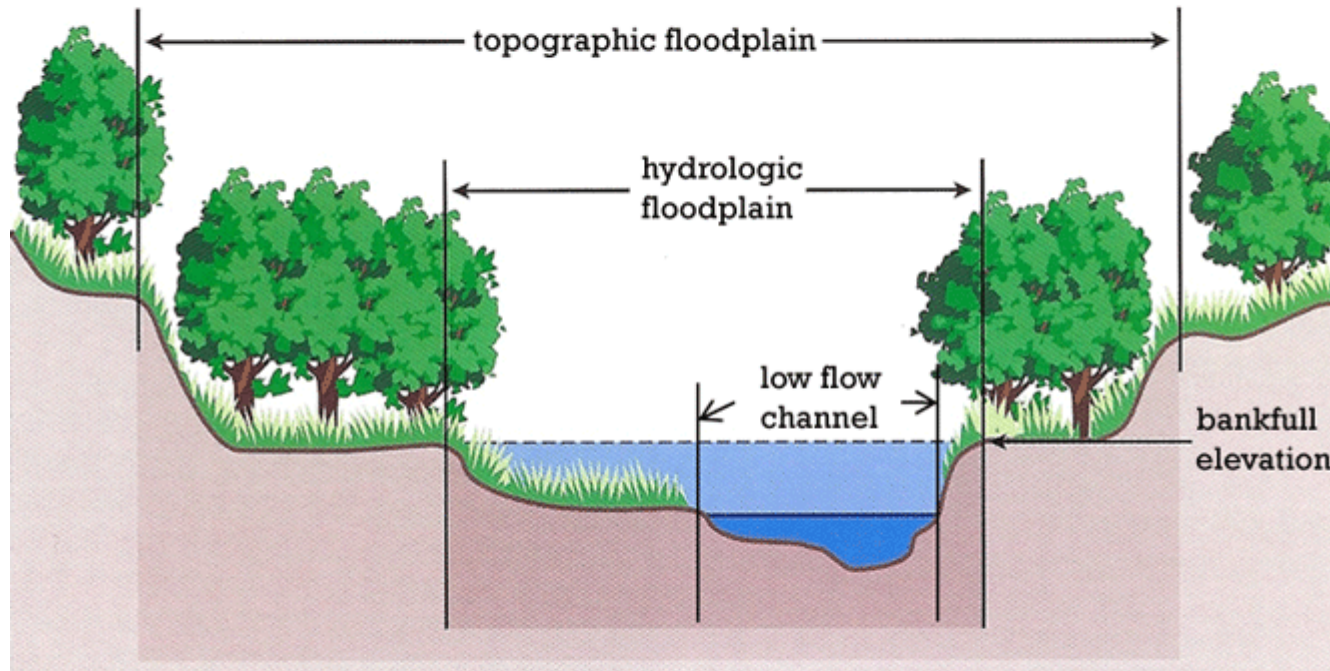
<http://www.metsul.com/blog2012/>

El concepto de **pulso de inundación**

Describe la interacción dinámica entre el agua y la tierra
(aquatic/terrestrial transition zone ATTZ)

Heterogeneidad tempo-espacial

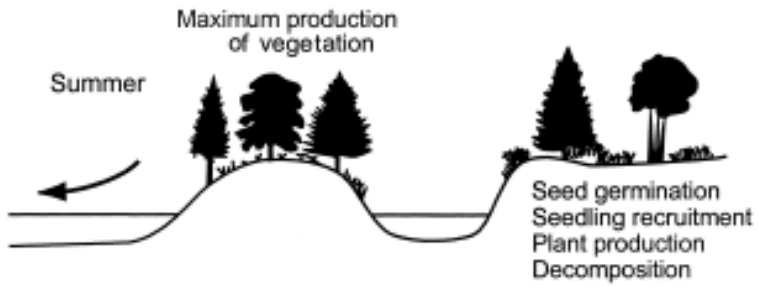
Vínculo con el entorno / Conectividad



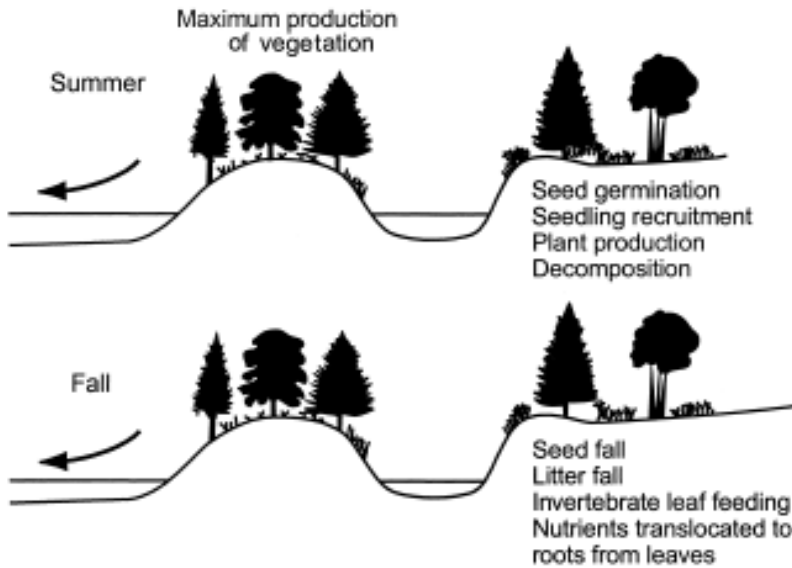
El concepto de **pulso de inundación**

Describe la interacción dinámica entre el agua y la tierra
(aquatic/terrestrial transition zone ATTZ)

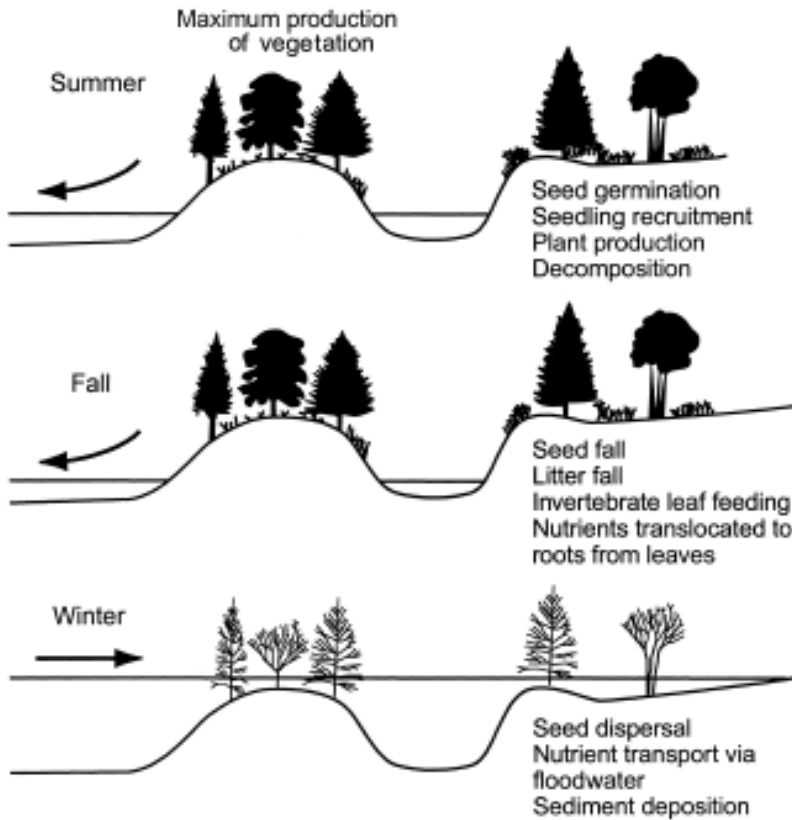
Pulso de inundación



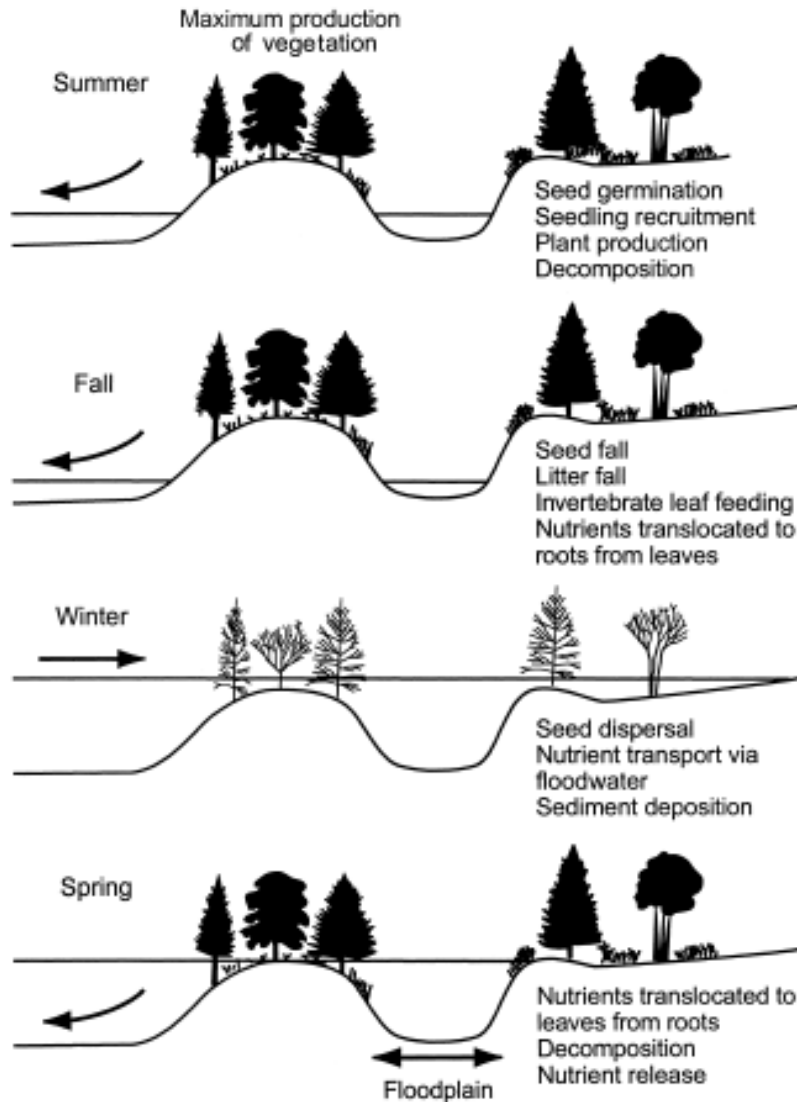
Pulso de inundación



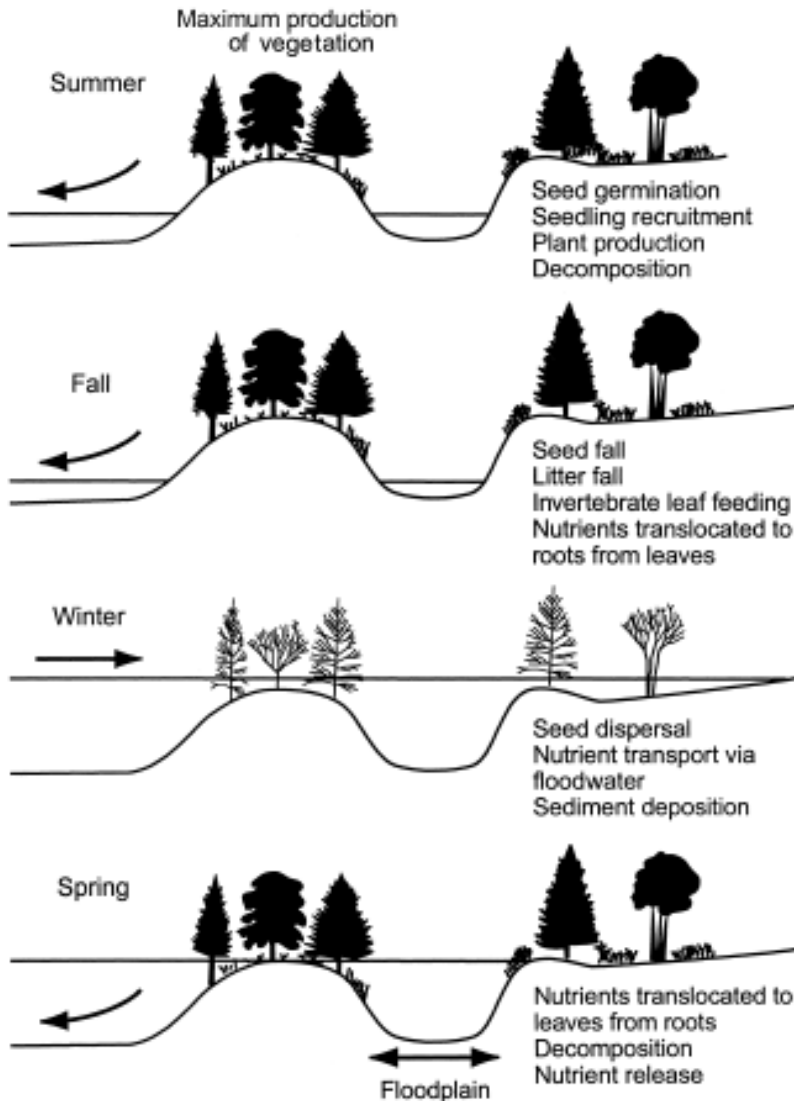
Pulso de inundación



Pulso de inundación

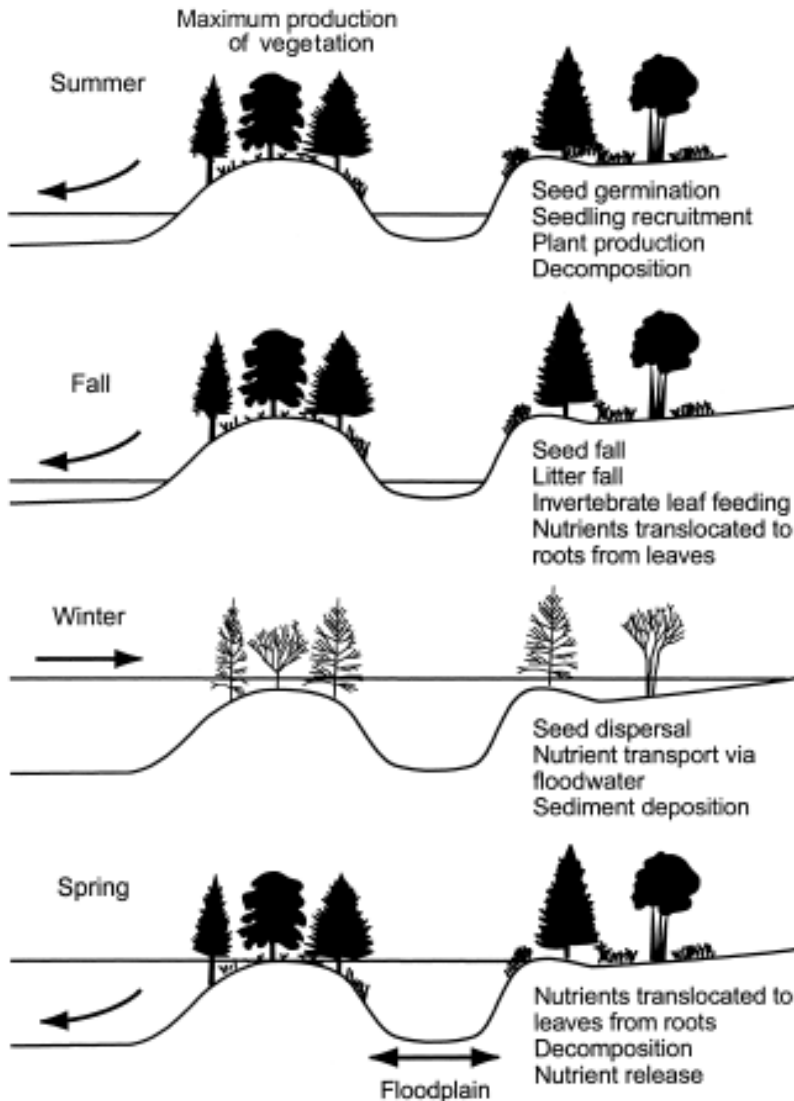


Pulso de inundación



Ciclos naturales de inundación condicionan el aporte de nutrientes y materia orgánica al cauce.

Pulso de inundación



Ciclos naturales de inundación condicionan el aporte de nutrientes y materia orgánica al cauce.

Ciclos de varias especies (por ej. peces) están totalmente acoplados a ciclos de inundación.



Fargo, North Dakota, USA (2011)



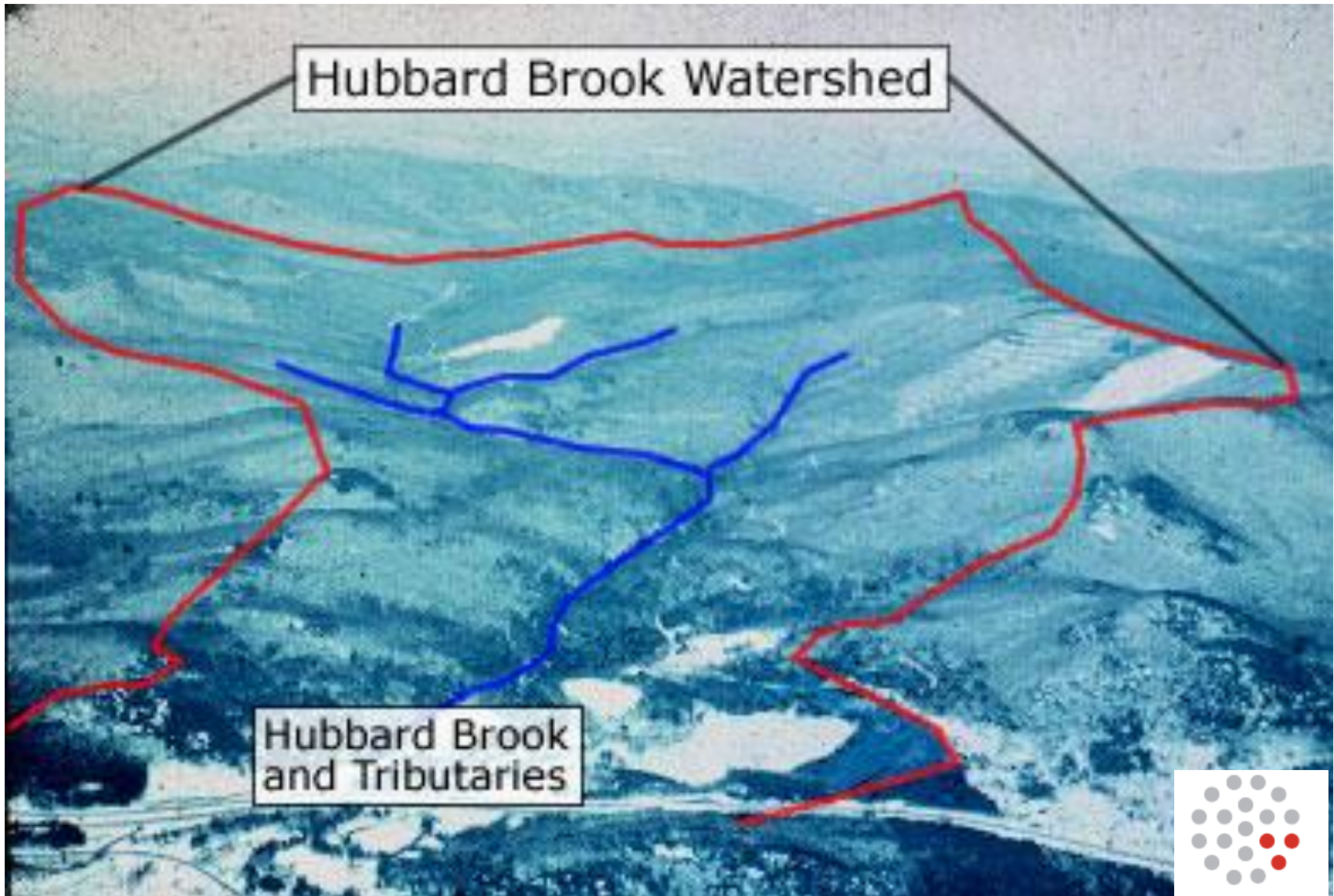


Vínculo con entorno / Conectividad

Vínculo con el entorno / Conectividad

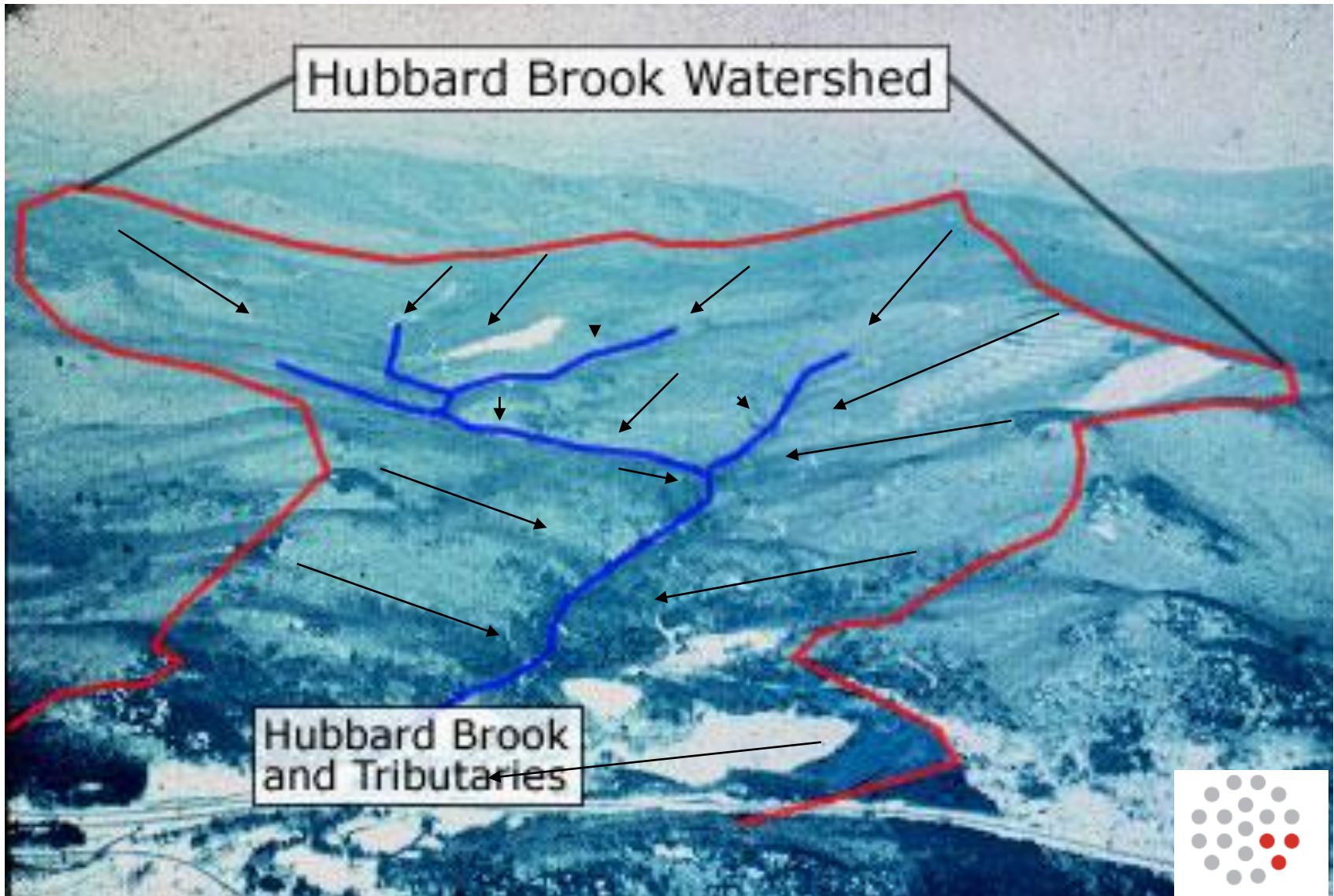


Vínculo con el entorno / Conectividad

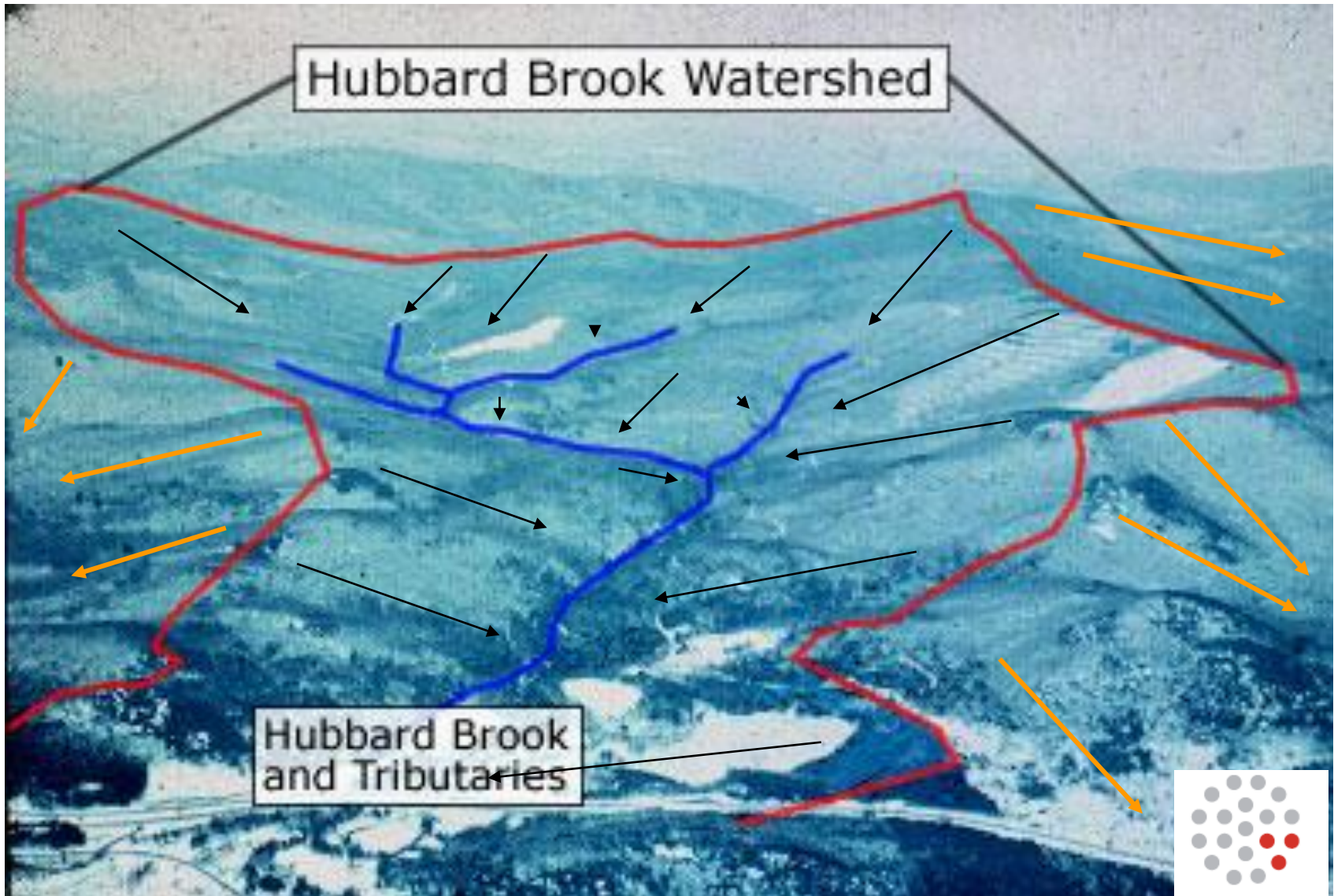


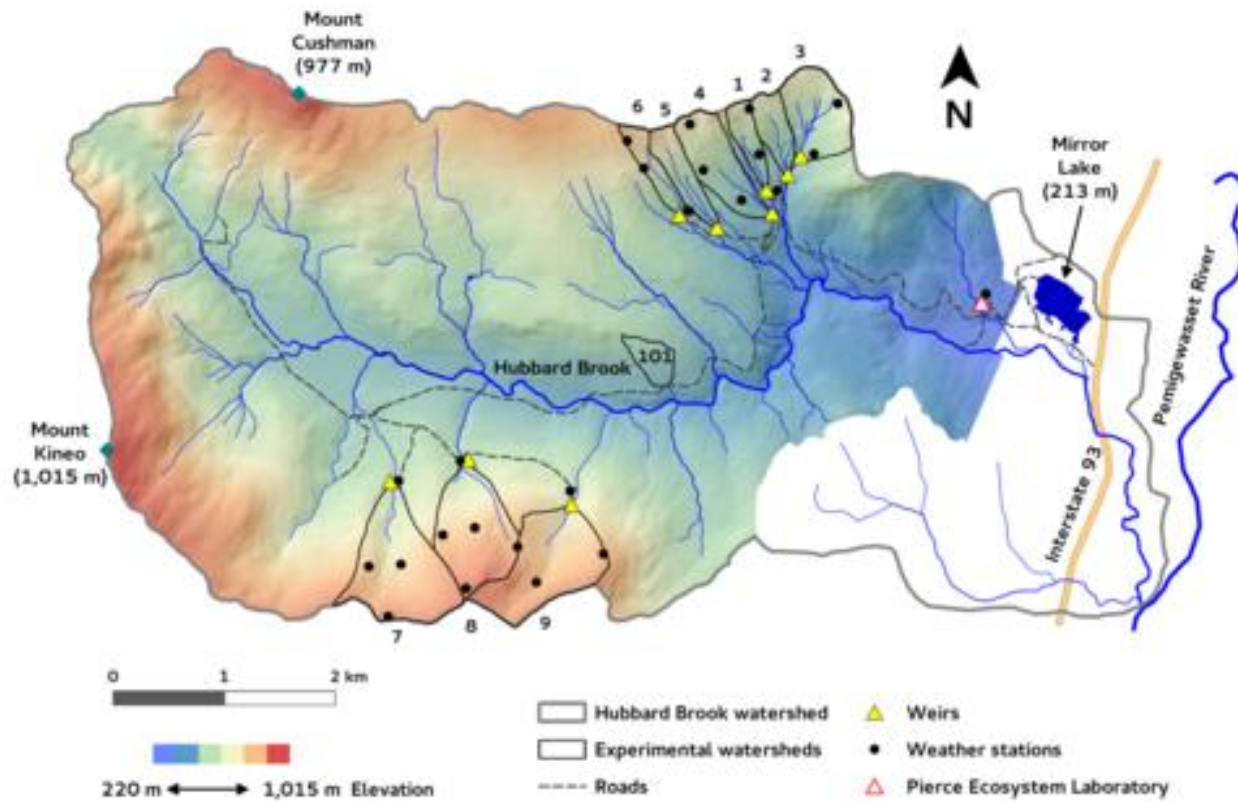
http://www.classzone.com/books/earth_science/terc/navigation/home.cfm

Vínculo con el entorno / Conectividad



Vínculo con el entorno / Conectividad





About the Hubbard Brook Ecosystem Study

Home > About the Hubbard Brook Ecosystem Study

Search 



Photo by Claire Nemes

"Continuous, truly long-term studies are exceedingly rare in ecology. Faced with greatly increasing problems of human-accelerated environmental change, the Hubbard Brook approach to understand complicated ecosystem function is more valuable than ever." — Gene E. Likens, co-founder of the Hubbard Brook Ecosystem Study

Overview

The **Hubbard Brook Ecosystem Study** is a long-term, collaborative research program focused on improving our understanding of the response of northern forest ecosystems to natural and anthropogenic disturbances. The study is supported by the National Science Foundation's Long Term Ecological Research program and the principal research site is the Hubbard Brook Experimental Forest, a 7,800-acre field site in the White Mountains of New Hampshire, operated by the USDA Forest Service. The research is extended through comparative studies with other sites in the northeastern U.S. and throughout the world.

The research involves long-term studies of the biological composition, productivity, hydrology, biogeochemistry, and food webs of forest and stream ecosystems. Results of the research are used to test and revise conceptual and quantitative models of ecosystem functioning, to inform policy and management decisions regionally and nationally, and to bring ecological knowledge to a diverse community of students and teachers at levels from K-12 to graduate students and postdoctoral fellows.

A Public-Private Partnership

The Hubbard Brook Ecosystem Study is a partnership among the USDA Forest Service, the National Science Foundation's Long Term Ecological Research (LTER) and Long Term Research in Environmental Biology (LTREB) programs, the Hubbard Brook Research Foundation, and scientists from research institutions throughout the world.

The Hubbard Brook Experimental Forest was designated in 1955 by the USDA Forest Service as a center for hydrologic research. The Hubbard Brook Ecosystem Study was co-founded in 1963 by aquatic ecologist Gene E. Likens, terrestrial ecologist F. Herbert Bormann, soil scientist Robert S. Pierce, and geologist Noye Johnson.

Welcome!

New scientists, students, and other community members are welcome! Read more About Us. To learn more about the LTER program and other research projects, check out the Conceptual Model and explore the *Online Textbook: A Synthesis of Scientific Research at Hubbard Brook*.

Hubbard Brook: The Story of a Forest Ecosystem, by Richard T. Holmes and Gene E. Likens is a synthesis of more than 50 years of Hubbard Brook research, written for a general audience.

<http://www.hubbardbrook.org/>

For Researchers

Guide for Researchers

For Educators

About the Forest

For Friends

About HBRF

Our work is supported by the National Science Foundation (DEB #8702331, #9211768, #9810221, #0423259, #1114804, 1637685), the USDA Forest Service and other government and private funders. Any opinions, findings, conclusions, and recommendations in this web site are our own, and do not



CURE
Centro Universitario
de la Región Este

Nutrient Cycling

Small watersheds can provide invaluable information about terrestrial ecosystems.

F. H. Bormann and G. E. Likens

Life on our planet is dependent upon the cycle of elements in the biosphere. Atmospheric carbon dioxide would be exhausted in a year or so by green plants were not the atmosphere continually recharged by CO_2 generated by respiration and fire (1). Also, it is well known that life requires a constant cycling of nitrogen, oxygen, and water. These cycles include a gaseous phase and have self-regulating feedback mechanisms that make them relatively perfect (2). Any increase in movement along one path is quickly compensated for by adjustments along other paths. Recently, however, concern has been expressed over the possible disruption of the carbon cycle by the burning of fossil fuel (3) and of the nitrogen cycle by the thoughtless introduction of pesticides and other substances into the biosphere (4).

Of no less importance to life are the elements with sedimentary cycles, such as phosphorus, calcium, and magnesium. With these cycles, there is a continual loss from biological systems in response to erosion, with ultimate deposition in the sea. Replacement or return of an element with a sedimentary

cycle to terrestrial biological systems is dependent upon such processes as weathering of rocks, additions from volcanic gases, or the biological movement from the sea to the land. Sedimentary cycles are less perfect and more easily disrupted by man than carbon and nitrogen cycles (2). Acceleration of losses or, more specifically, the disruption of local cycling patterns by the activities of man could reduce existing "pools" of an element in local ecosystems, restrict productivity, and consequently limit human population. For example, many agriculturalists, food scientists, and ecologists believe that man is accelerating losses of phosphorus and that this element will be a critical limiting resource for the functioning of the biosphere (1, 5).

Recognition of the importance of these biogeochemical processes to the welfare of mankind has generated intensive study of such cycles. Among ecologists and foresters working with natural terrestrial ecosystems, this interest has focused on those aspects of biogeochemical cycles that occur within particular ecosystems. Thus, information on the distribution of chemical

elements and on rates of uptake, retention, and release in various ecosystems has been accumulating (6). Little has been done to establish the role that weathering and erosion play in these systems.

Yet, the rate of release of nutrients from minerals by weathering, the addition of nutrients by erosion, and the loss of nutrients by erosion are three primary determinants of structure and function in terrestrial ecosystems. Further, with this information it is possible to develop total chemical budgets for ecosystems and to relate these data to the larger biogeochemical cycles.

It is largely because of the complex natural interaction of the hydrologic cycle and nutrient cycles that it has not been possible to establish these relationships. In many ecosystems this interaction almost hopelessly complicates the measurement of weathering or erosion. Under certain conditions, however, these apparent hindrances can be turned to good advantage in an integrated study of biogeochemical cycling in small watershed ecosystems.

It is the function of this article (i) to develop the idea that small watersheds can be used to measure weathering and erosion, (ii) to describe the parameters of watersheds particularly suited for this type of study, and (iii) to discuss the types of nutrient-cycling problems that this model renders susceptible to attack. Finally (iv), the argument is developed that the watershed ecosystem provides an ideal setting for studies of ecosystem dynamics in general.

Dr. Bormann is professor of forest ecology, Yale School of Forestry, Yale University, New Haven, Connecticut; Dr. Likens is associate professor, Department of Biological Sciences, Dartmouth College, Hanover, New Hampshire.

SCIENCE, VOL. 155

Vínculo con el entorno / Conectividad



<http://www.hubbardbrook.org/>

Vínculo con el entorno / Conectividad

- ① cuenca como unidad de estudio



<http://www.hubbardbrook.org/>

Vínculo con el entorno / Conectividad

- ❶ cuenca como unidad de estudio
- ❷ la hidrología define los límites del sistema de una forma natural, y todo lo que ocurre en la cuenca de drenaje puede afectar directa o indirectamente los cuerpos de agua que se encuentran en la cuenca.



<http://www.hubbardbrook.org/>

Vínculo con el entorno / Conectividad

- ❶ cuenca como unidad de estudio
- ❷ la hidrología define los límites del sistema de una forma natural, y todo lo que ocurre en la cuenca de drenaje puede afectar directa o indirectamente los cuerpos de agua que se encuentran en la cuenca.
- ❸ ciclo de nutrientes como proceso funcional principal en los ecosistemas



<http://www.hubbardbrook.org/>

Vínculo con el entorno / Conectividad



Vínculo con el entorno / Conectividad



Vínculo con el entorno / Conectividad



**¿Dónde están los límites
de un sistema lótico?**

**LOS SISTEMAS TERRESTRES Y ACUÁTICOS CONFORMAN
UN SISTEMA FUNCIONAL INTEGRADO.**

LIMNOLOGÍA / SISTEMAS LÓTICOS



LIMNOLOGÍA / SISTEMAS LÓTICOS

¿Qué son?

¿Cuáles son sus características?

¿Qué los hace funcionar?

¿Homogéneos o heterogéneos?

¿Conectados o desconectados?

...



LIMNOLOGÍA / SISTEMAS LÓTICOS

¿Qué son?

¿Cuáles son sus características?

¿Qué los hace funcionar?

¿Homogéneos o heterogéneos?

¿Conectados o desconectados?

...

- RECARGA-TRANSPORTE-DIRECCIONALIDAD



LIMNOLOGÍA / SISTEMAS LÓTICOS

¿Qué son?

¿Cuáles son sus características?

¿Qué los hace funcionar?

¿Homogéneos o heterogéneos?

¿Conectados o desconectados?

...

- RECARGA-TRANSPORTE-DIRECCIONALIDAD ↑



LIMNOLOGÍA / SISTEMAS LÓTICOS

¿Qué son?

¿Cuáles son sus características?

¿Qué los hace funcionar?

¿Homogéneos o heterogéneos?

¿Conectados o desconectados?

...

- RECARGA-TRANSPORTE-DIRECCIONALIDAD ↑
- TIEMPO RESIDENCIA



LIMNOLOGÍA / SISTEMAS LÓTICOS

¿Qué son?

¿Cuáles son sus características?

¿Qué los hace funcionar?

¿Homogéneos o heterogéneos?

¿Conectados o desconectados?

...

- RECARGA-TRANSPORTE-DIRECCIONALIDAD ↑
- TIEMPO RESIDENCIA ↓



LIMNOLOGÍA / SISTEMAS LÓTICOS

¿Qué son?

¿Cuáles son sus características?

¿Qué los hace funcionar?

¿Homogéneos o heterogéneos?

¿Conectados o desconectados?

...

- RECARGA-TRANSPORTE-DIRECCIONALIDAD ↑
- TIEMPO RESIDENCIA ↓
- CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO (!)

LIMNOLOGÍA / SISTEMAS LÓTICOS

¿Qué son?

¿Cuáles son sus características?

¿Qué los hace funcionar?

¿Homogéneos o heterogéneos?

¿Conectados o desconectados?

...

- RECARGA-TRANSPORTE-DIRECCIONALIDAD ↑
- TIEMPO RESIDENCIA ↓
- CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO (!) ↑↓

LIMNOLOGÍA / SISTEMAS LÓTICOS

¿Qué son?

¿Cuáles son sus características?

¿Qué los hace funcionar?

¿Homogéneos o heterogéneos?

¿Conectados o desconectados?

...

- RECARGA-TRANSPORTE-DIRECCIONALIDAD ↑
- TIEMPO RESIDENCIA ↓
- CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO (!) ↑↓
- ACOPLAMIENTO CLIMÁTICO/METEOROLÓGICO

LIMNOLOGÍA / SISTEMAS LÓTICOS

¿Qué son?

¿Cuáles son sus características?

¿Qué los hace funcionar?

¿Homogéneos o heterogéneos?

¿Conectados o desconectados?

...

- RECARGA-TRANSPORTE-DIRECCIONALIDAD ↑
- TIEMPO RESIDENCIA ↓
- CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO (!) ↑↓
- ACOPLAMIENTO CLIMÁTICO/METEOROLÓGICO ↑

LIMNOLOGÍA / SISTEMAS LÓTICOS

¿Qué son?

¿Cuáles son sus características?

¿Qué los hace funcionar?

¿Homogéneos o heterogéneos?

¿Conectados o desconectados?

...

- RECARGA-TRANSPORTE-DIRECCIONALIDAD ↑
- TIEMPO RESIDENCIA ↓
- CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO (!) ↑↓
- ACOPLAMIENTO CLIMÁTICO/METEOROLÓGICO ↑
- HETEROGENEIDAD ESPACIAL

LIMNOLOGÍA / SISTEMAS LÓTICOS

¿Qué son?

¿Cuáles son sus características?

¿Qué los hace funcionar?

¿Homogéneos o heterogéneos?

¿Conectados o desconectados?

...

- RECARGA-TRANSPORTE-DIRECCIONALIDAD ↑
- TIEMPO RESIDENCIA ↓
- CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO (!) ↑↓
- ACOPLAMIENTO CLIMÁTICO/METEOROLÓGICO ↑
- HETEROGENEIDAD ESPACIAL ↑

LIMNOLOGÍA / SISTEMAS LÓTICOS

¿Qué son?

¿Cuáles son sus características?

¿Qué los hace funcionar?

¿Homogéneos o heterogéneos?

¿Conectados o desconectados?

...

- RECARGA-TRANSPORTE-DIRECCIONALIDAD ↑
- TIEMPO RESIDENCIA ↓
- CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO (!) ↑↓
- ACOPLAMIENTO CLIMÁTICO/METEOROLÓGICO ↑
- HETEROGENEIDAD ESPACIAL ↑
- HETEROGENEIDAD TEMPORAL

LIMNOLOGÍA / SISTEMAS LÓTICOS

¿Qué son?

¿Cuáles son sus características?

¿Qué los hace funcionar?

¿Homogéneos o heterogéneos?

¿Conectados o desconectados?

...

- RECARGA-TRANSPORTE-DIRECCIONALIDAD ↑
- TIEMPO RESIDENCIA ↓
- CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO (!) ↑↓
- ACOPLAMIENTO CLIMÁTICO/METEOROLÓGICO ↑
- HETEROGENEIDAD ESPACIAL ↑
- HETEROGENEIDAD TEMPORAL ↑

LIMNOLOGÍA / SISTEMAS LÓTICOS

¿Qué son?

¿Cuáles son sus características?

¿Qué los hace funcionar?

¿Homogéneos o heterogéneos?

¿Conectados o desconectados?

...

- RECARGA-TRANSPORTE-DIRECCIONALIDAD ↑
- TIEMPO RESIDENCIA ↓
- CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO (!) ↑↓
- ACOPLAMIENTO CLIMÁTICO/METEOROLÓGICO ↑
- HETEROGENEIDAD ESPACIAL ↑
- HETEROGENEIDAD TEMPORAL ↑
- VÍNCULO CON EL ENTORNO/CONECTIVIDAD

LIMNOLOGÍA / SISTEMAS LÓTICOS

¿Qué son?

¿Cuáles son sus características?

¿Qué los hace funcionar?

¿Homogéneos o heterogéneos?

¿Conectados o desconectados?

...

- RECARGA-TRANSPORTE-DIRECCIONALIDAD ↑
- TIEMPO RESIDENCIA ↓
- CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO (!) ↑↓
- ACOPLAMIENTO CLIMÁTICO/METEOROLÓGICO ↑
- HETEROGENEIDAD ESPACIAL ↑
- HETEROGENEIDAD TEMPORAL ↑
- VÍNCULO CON EL ENTORNO/CONECTIVIDAD ↑

