LIMNOLOGÍA 2023

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

CURE
Centro Universitario Regional del Este
UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA URUGUAY



DIVERSIDAD DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS CONTINENTALES: SISTEMAS LÉNTICOS

¿Sistemas lóticos?

… riverinos

… fluviales

SISTEMAS LÓTICOS

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

LÓTICOS

Transporte-flujo

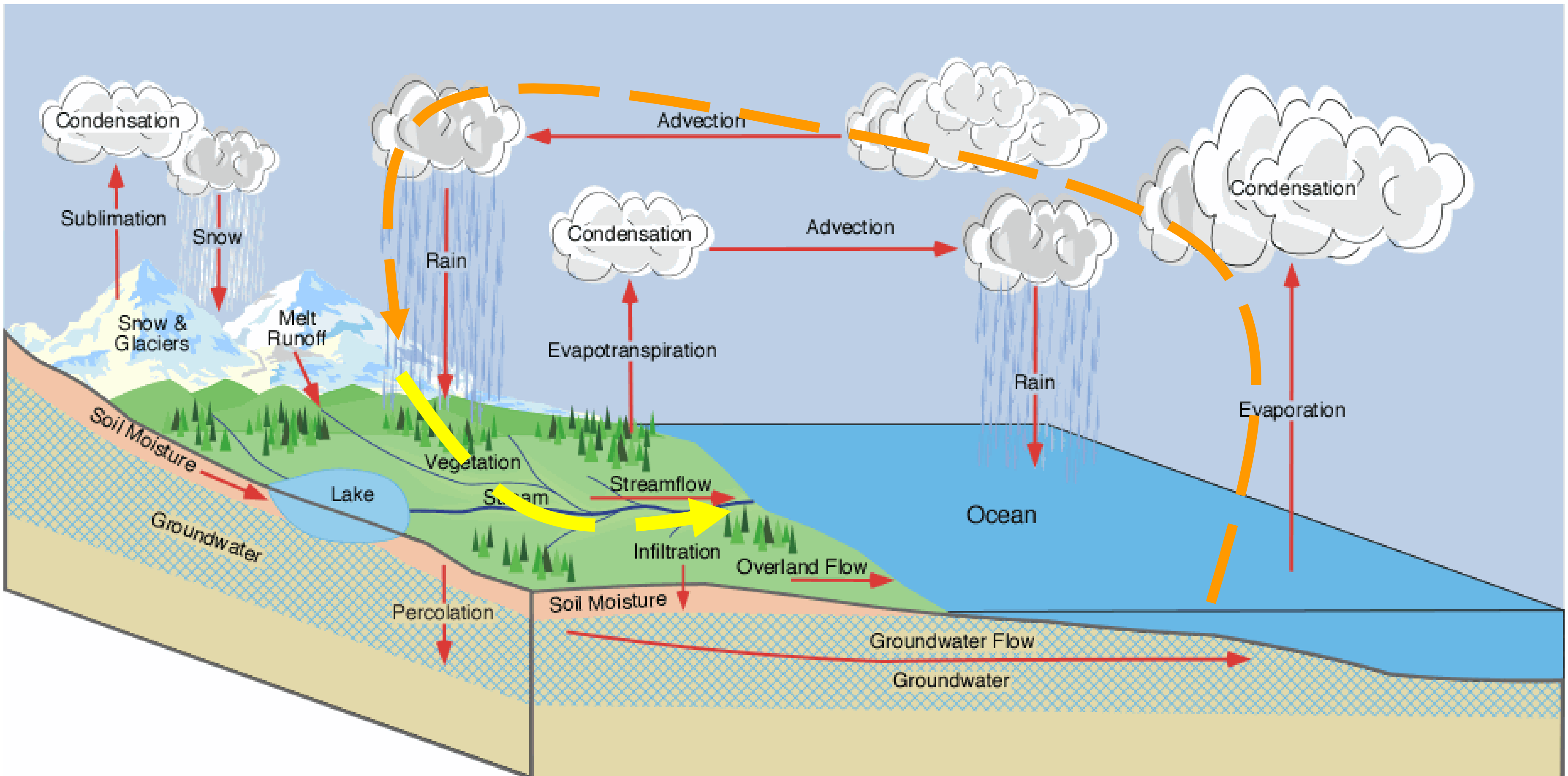
¿  ?

Transporte-flujo

CURE
Centro Universitario
de la Región Este

CICLO HIDROLÓGICO

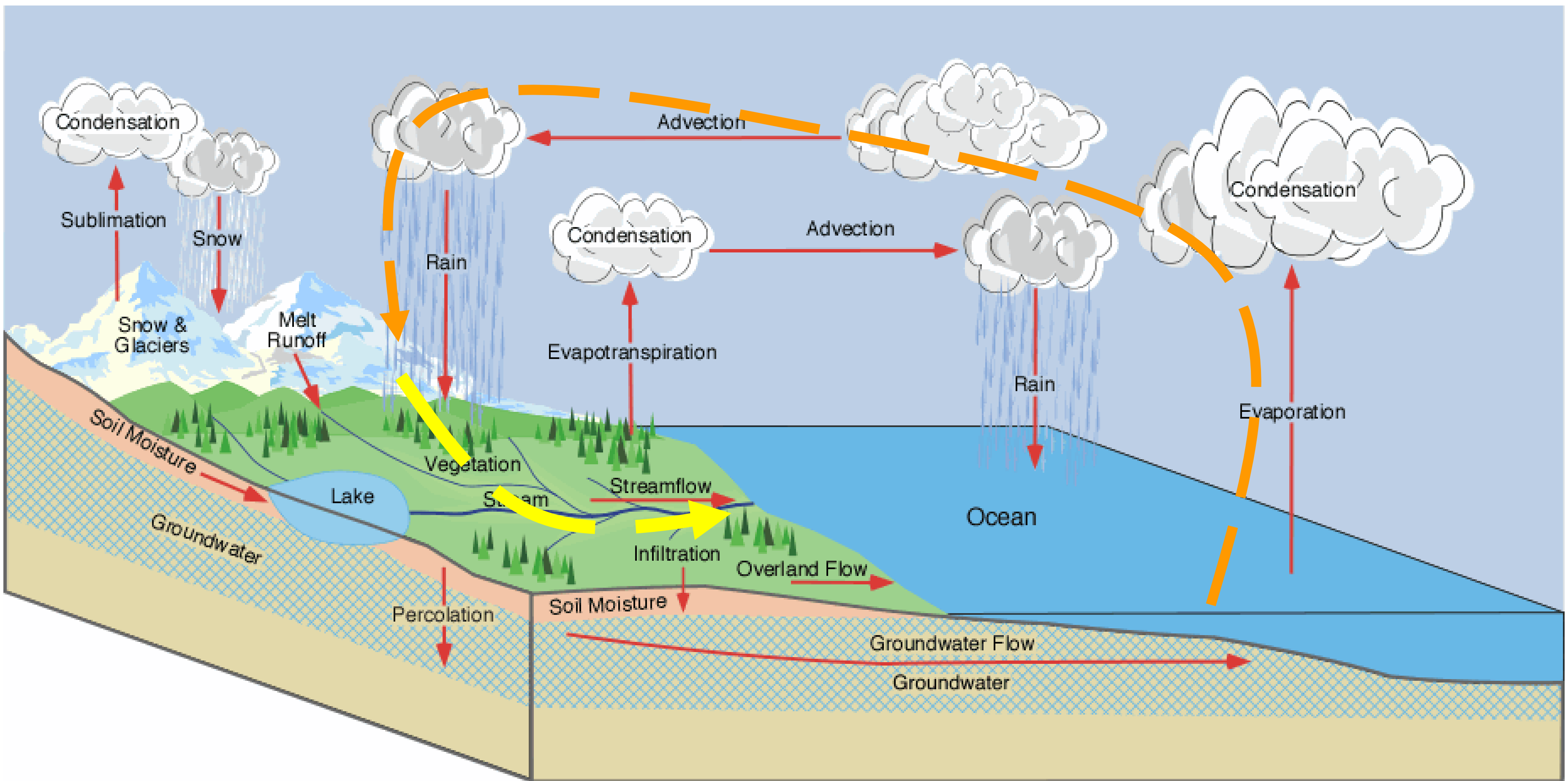
¿  ?



Pidwirny, M. (2006). "The Hydrologic Cycle". *Fundamentals of Physical Geography, 2nd Edition*. Date Viewed. 24/09/2013 http://www.physicalgeography.net/fundamentals/8b.html

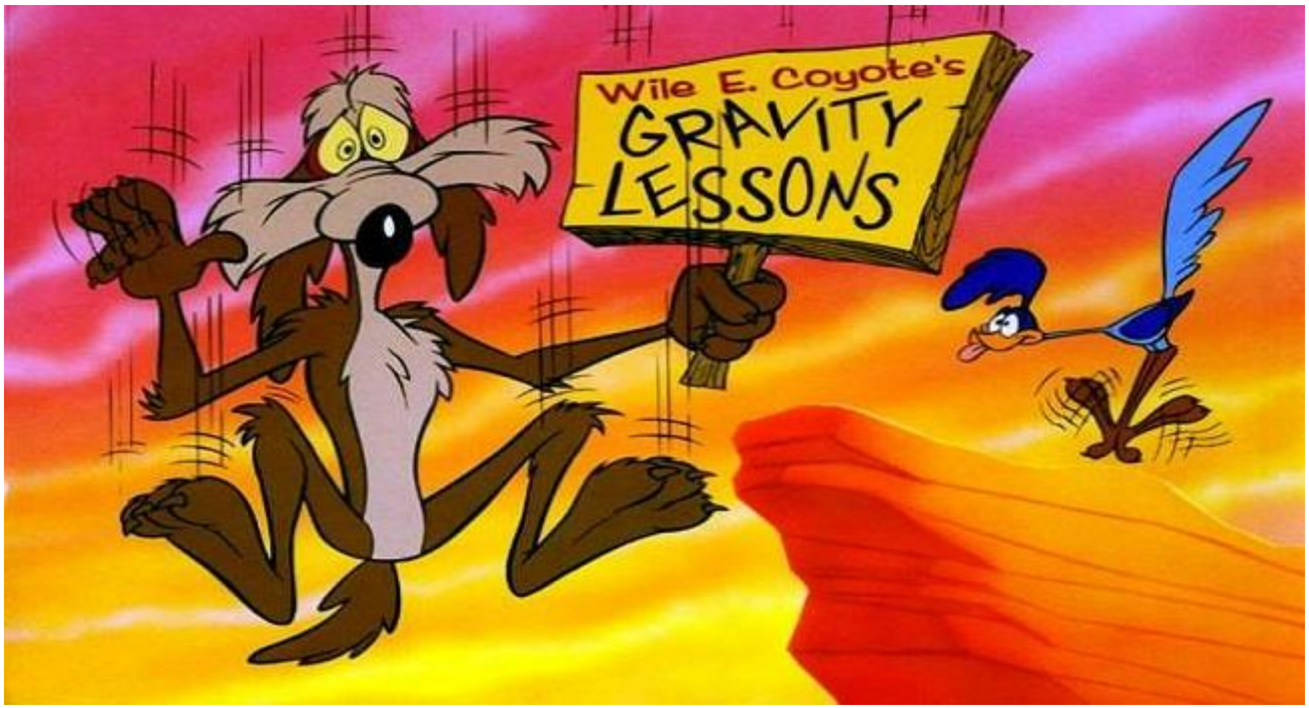
CURE
Centro Universitario
de la Región Este

CICLO HIDROLÓGICO

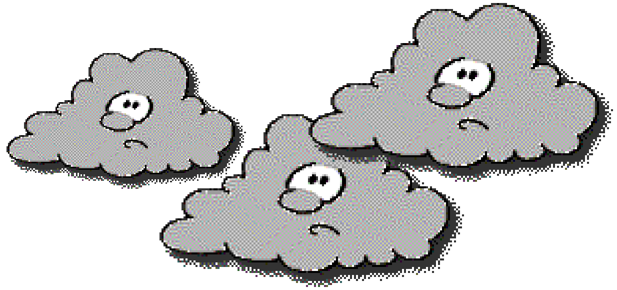


Pidwirny, M. (2006). "The Hydrologic Cycle". *Fundamentals of Physical Geography, 2nd Edition*. Date Viewed. 24/09/2013 http://www.physicalgeography.net/fundamentals/8b.html

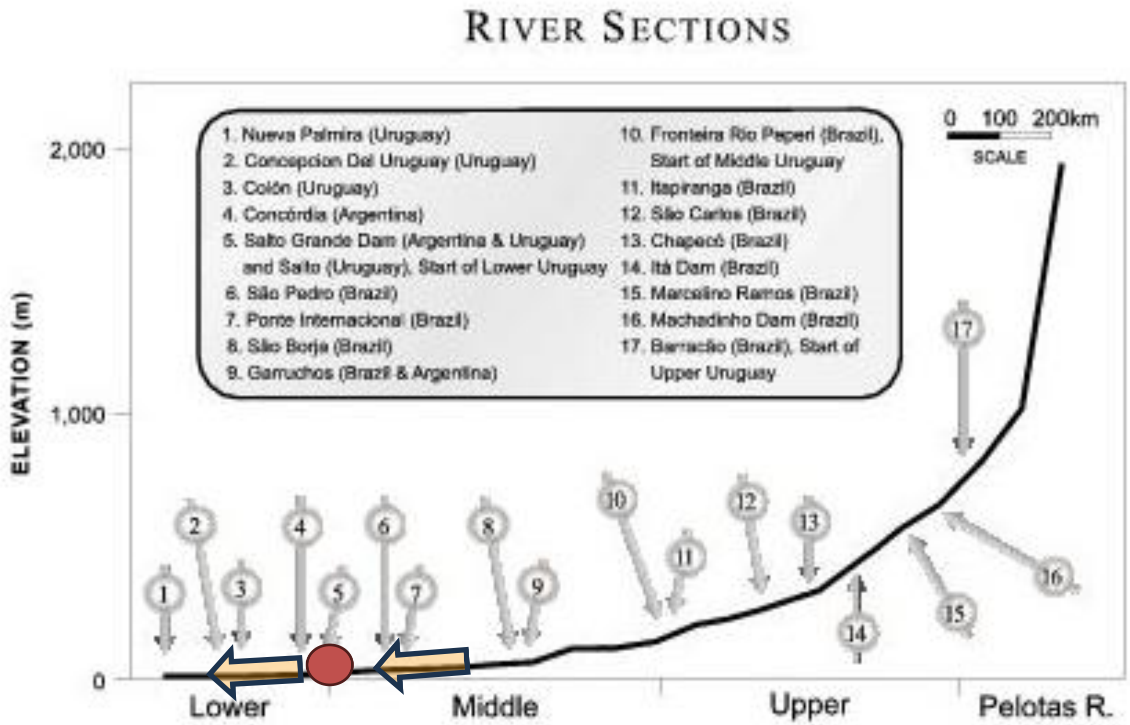
CURE
Centro Universitario
de la Región Este



CURE
Centro Universitario
de la Región Este

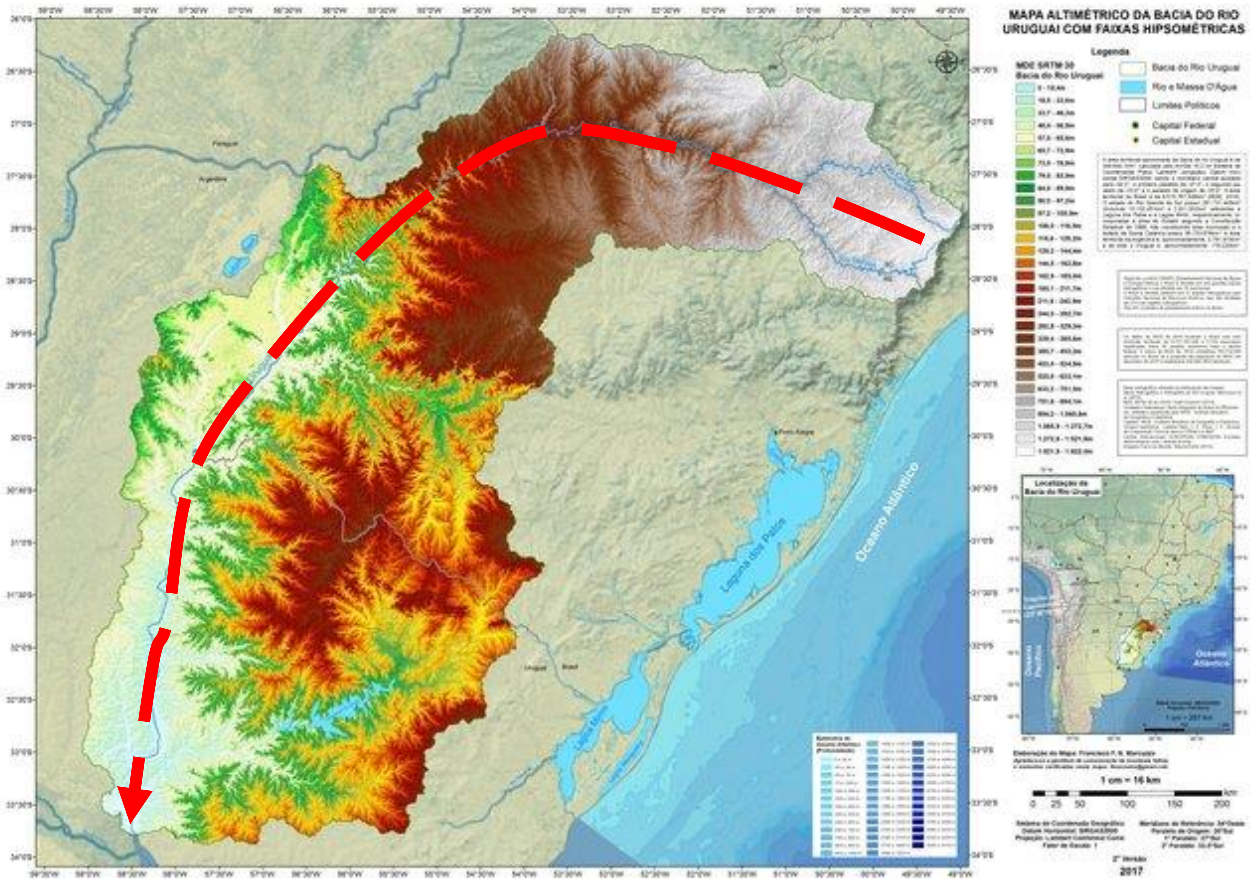


Río Uruguay



http://www.idrc.ca/panasia/ev-58878-201-1-DO_TOPIC.html

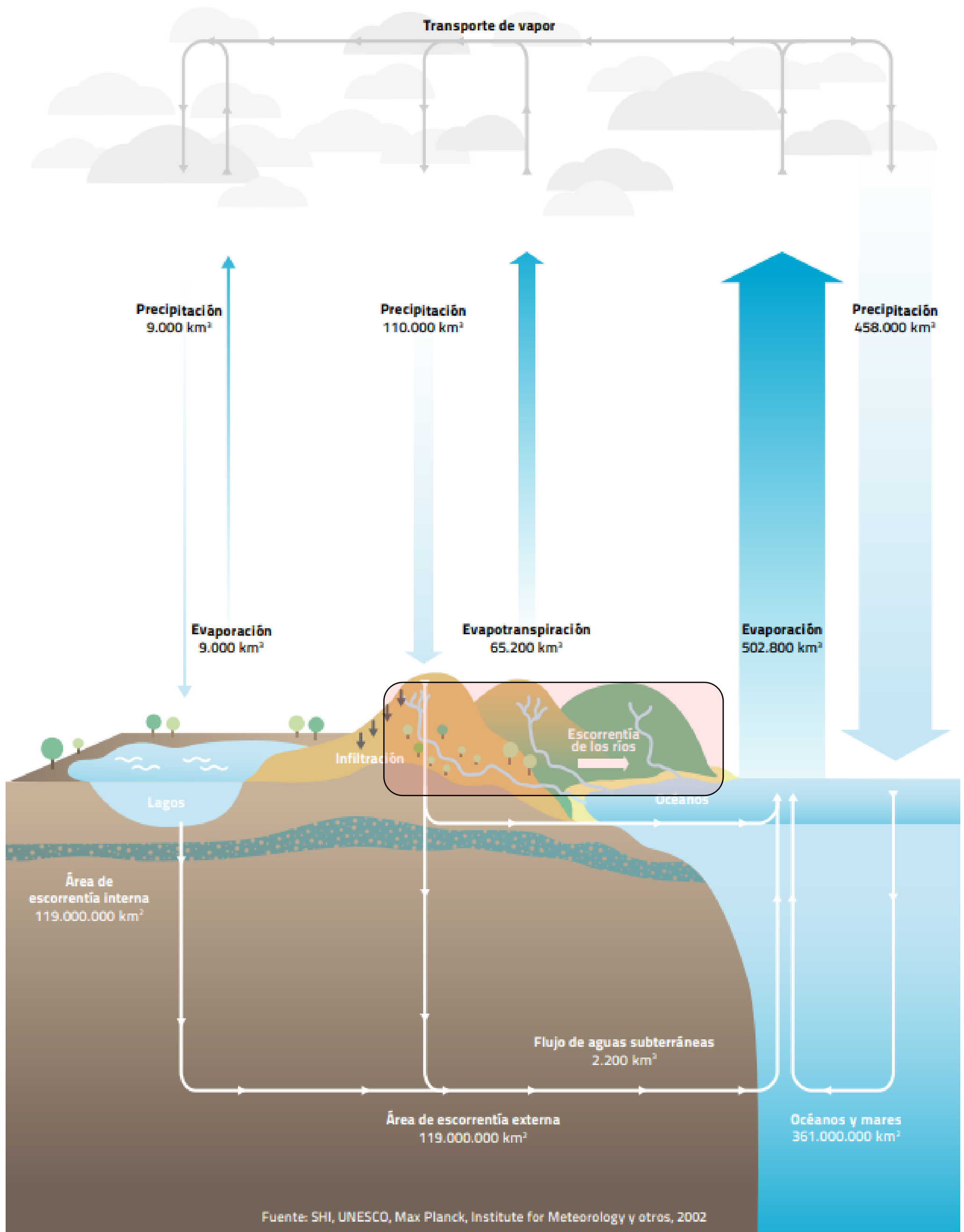
CURE
Centro Universitario
de la Región Este



DOI: 10.13140/RG.2.2.34709.52961

CICLO HIDROLÓGICO MUNDIAL

Precipitación | Evaporación | Evapotranspiración | Escorrentía



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

CURE
Centro Universitario
de la Región Este

CICLO HIDROLÓGICO.UY

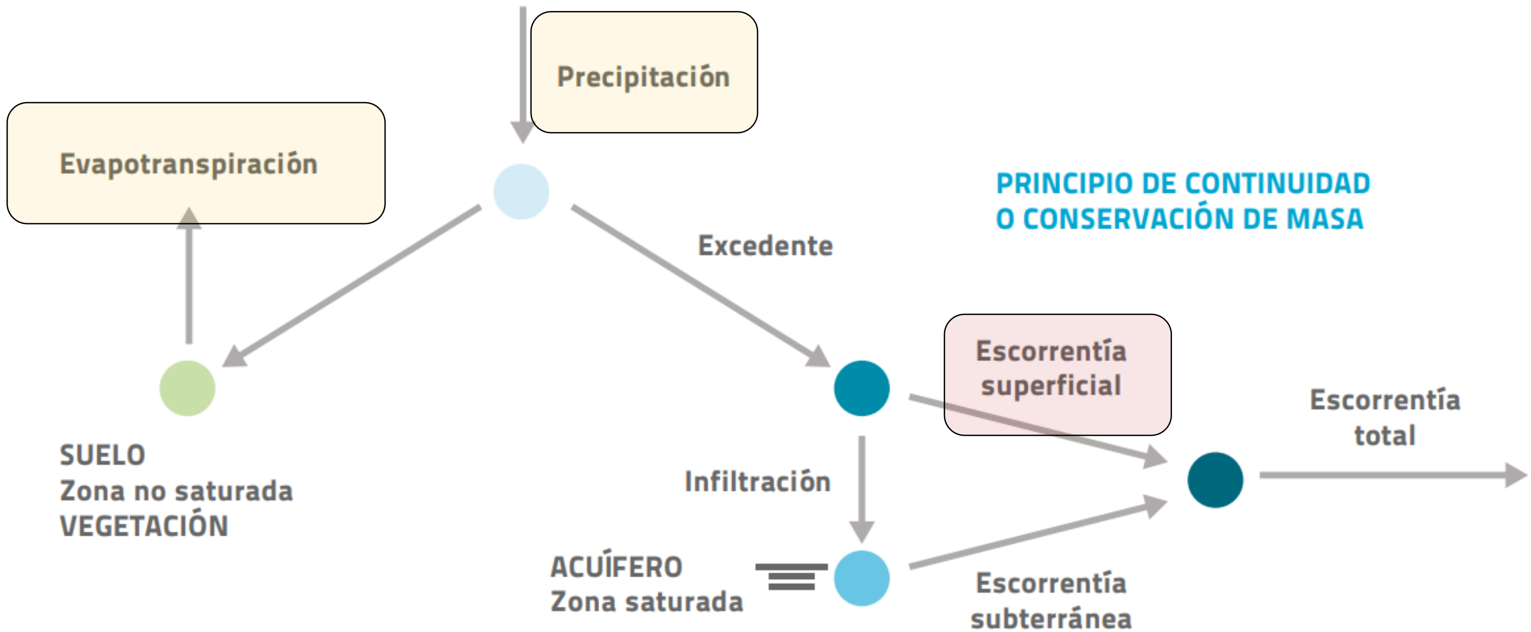
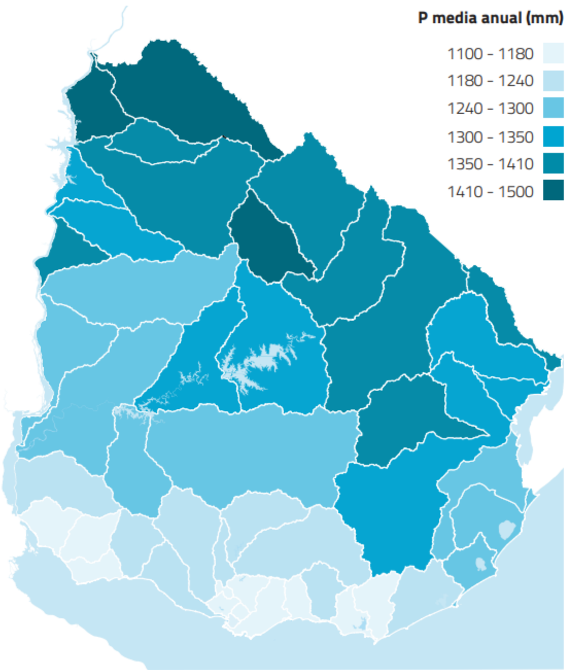


Figura 5.4 | Esquema del modelo de Témez

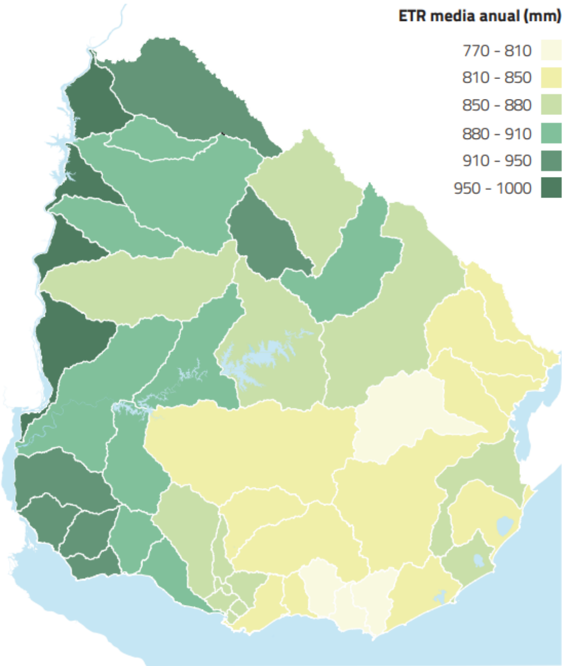
(PNA 2017)

CURE
Centro Universitario
de la Región Este

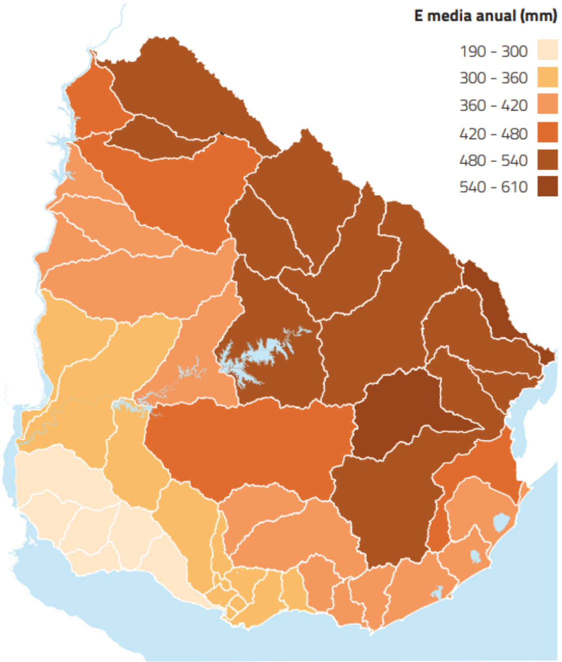
CICLO HIDROLÓGICO.UY



PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL



EVAPOTRANSPIRACIÓN M.A.



ESCURRIMIENTO M.A.

(PNA 2017)

CURE
Centro Universitario
de la Región Este

CICLO HIDROLÓGICO.UY

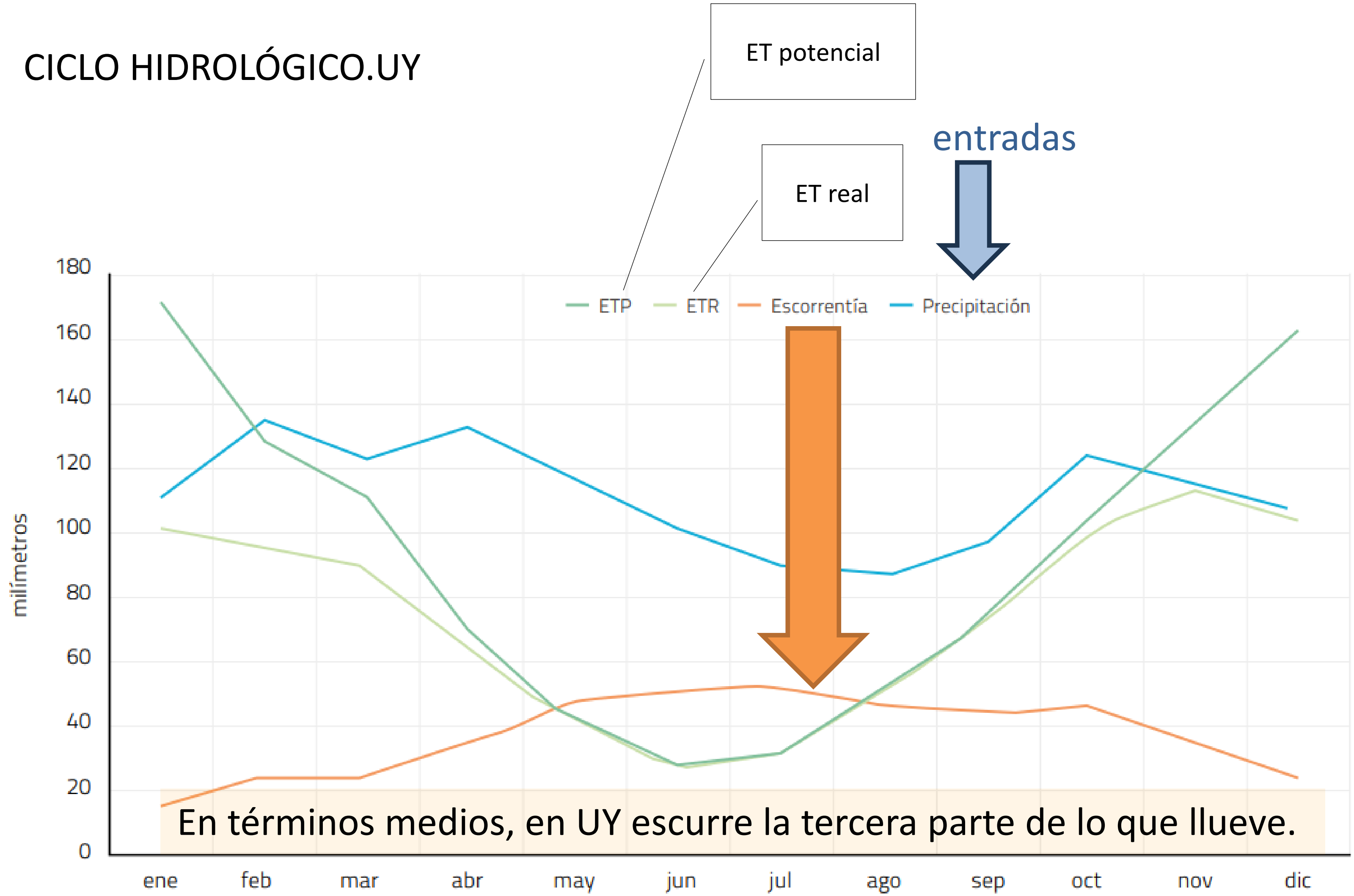


Figura 5.5 | Distribución mensual de Precipitación, ETP, ETR y Escorrentía (mm) | Fuente DINAGUA/INYPSA. Datos período 1987 a 2012

(PNA 2017)

Tiempo de residencia

CURE
Centro Universitario
de la Región Este

	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

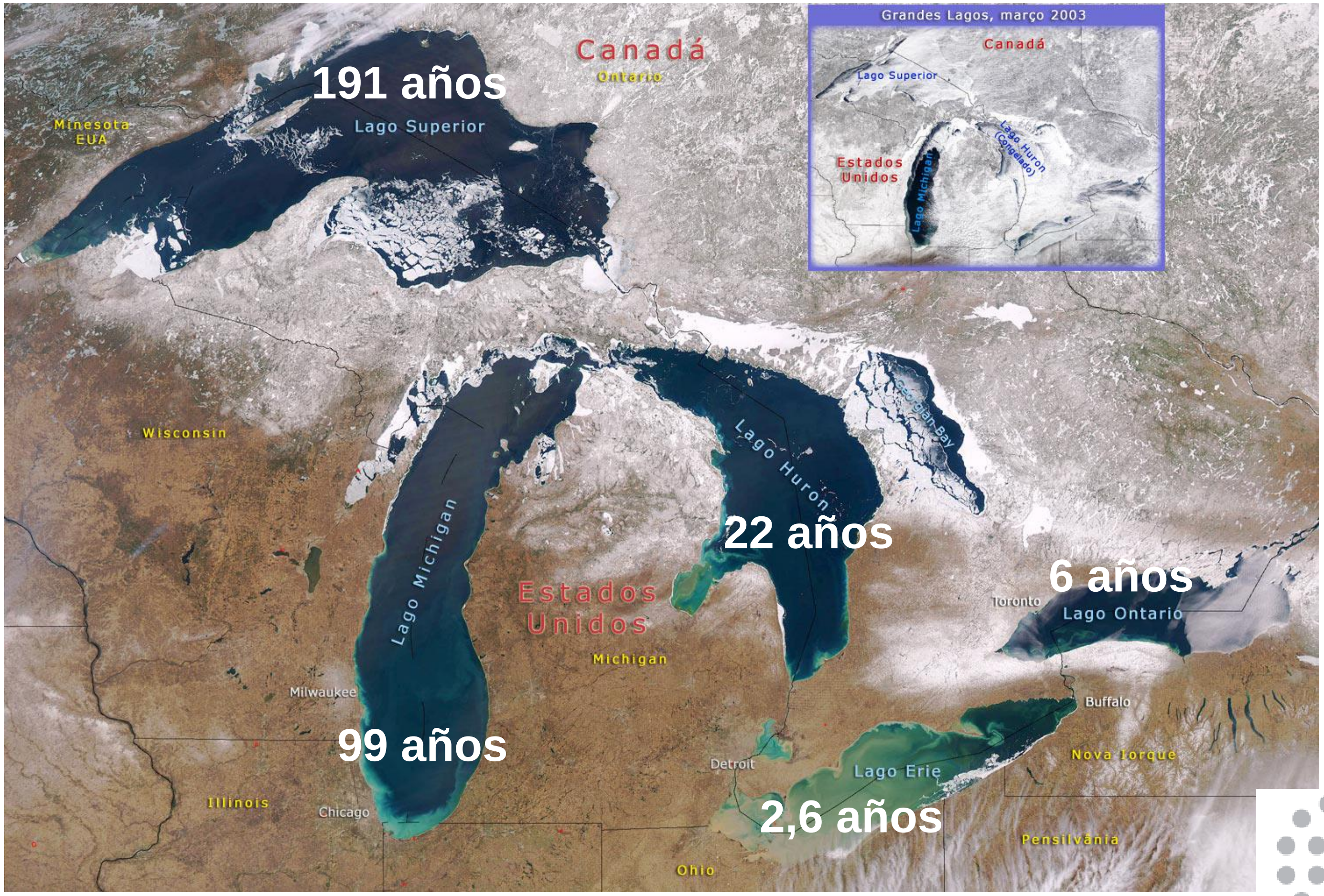
Pidwirny, M. (2006). "The Hydrologic Cycle". *Fundamentals of Physical Geography, 2nd Edition*. Date Viewed. 24/09/2013 http://www.physicalgeography.net/fundamentals/8b.html

	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

Pidwirny, M. (2006). "The Hydrologic Cycle". *Fundamentals of Physical Geography, 2nd Edition*. Date Viewed. 24/09/2013 http://www.physicalgeography.net/fundamentals/8b.html

CURE
Centro Universitario
de la Región Este

TIEMPO DE RESIDENCIA

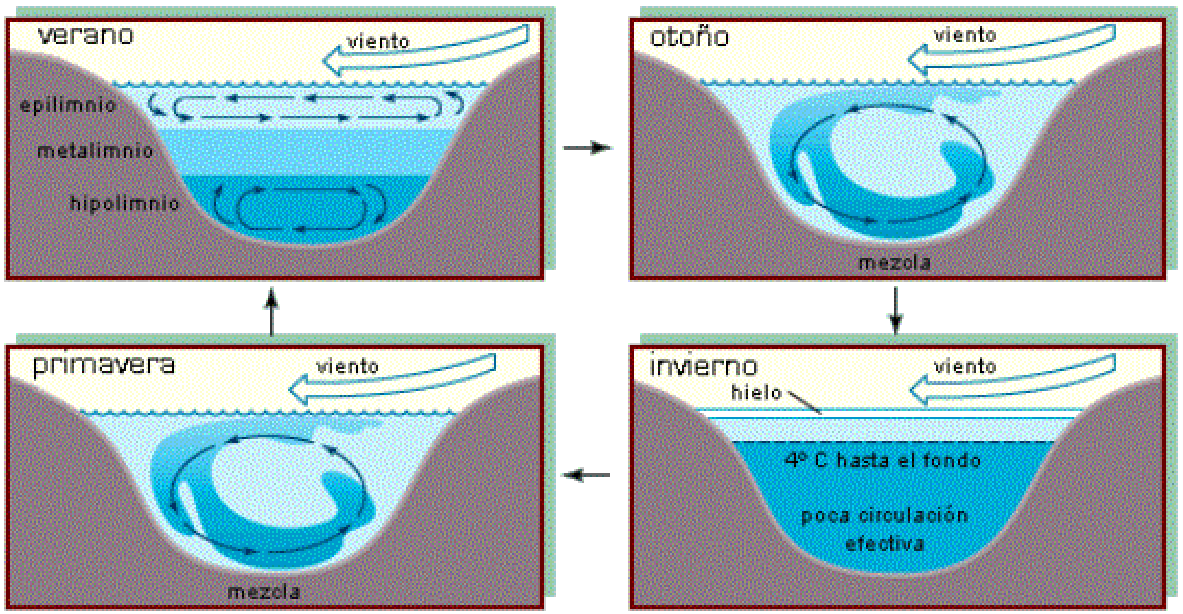


CURE
Centro Universitario
de la Región Este

Mezcla
Gradientes verticales

CURE
Centro Universitario
de la Región Este

Mezcla
Gradientes verticales

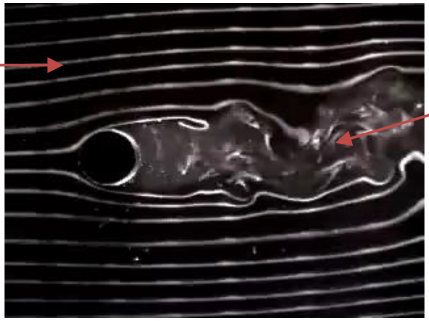


¿Temperatura?
¿Oxígeno?
…

CURE
Centro Universitario
de la Región Este

Mezcla
Gradientes verticales

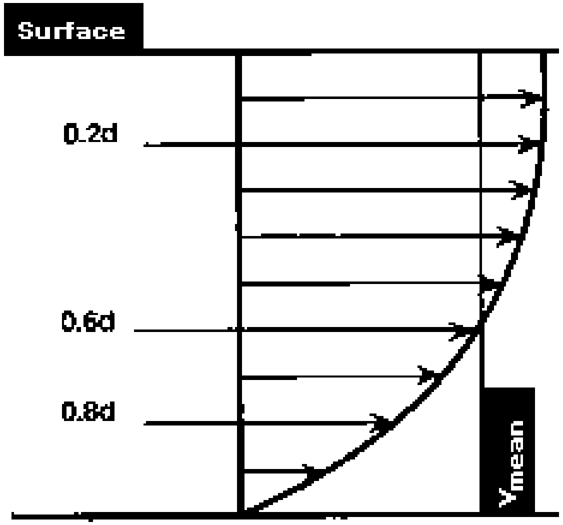
Flujo laminar



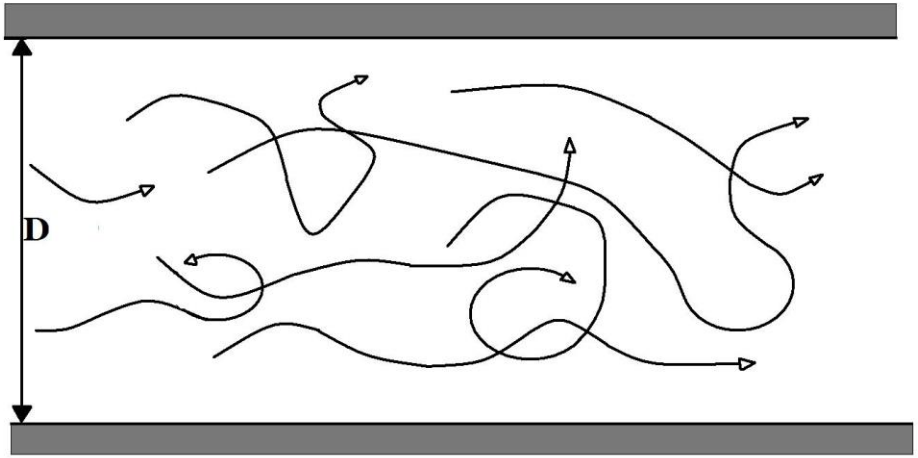
Flujo turbulento

CURE
Centro Universitario
de la Región Este

Mezcla
Gradientes verticales



Flujo laminar



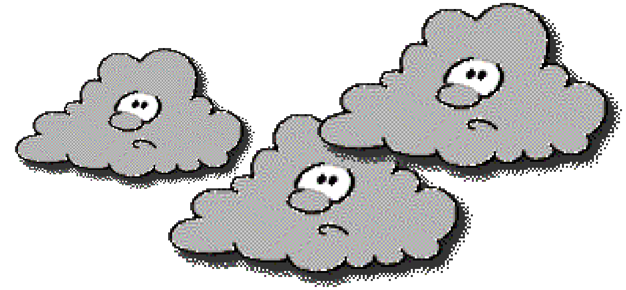
Flujo turbulento

CURE
Centro Universitario
de la Región Este

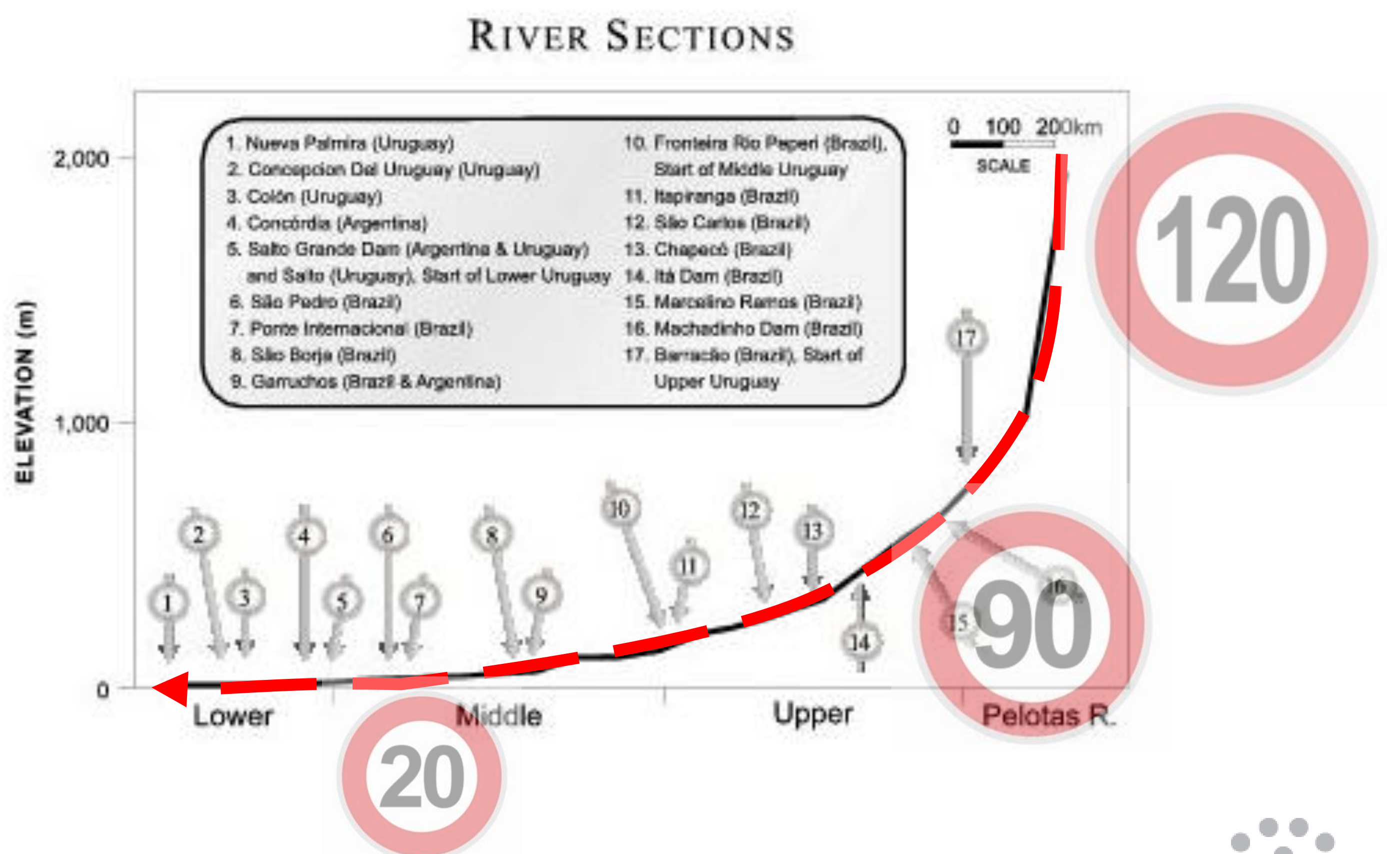
Velocidad vs. Caudal

CURE
Centro Universitario
de la Región Este


Velocidad vs. Caudal



Río Uruguay

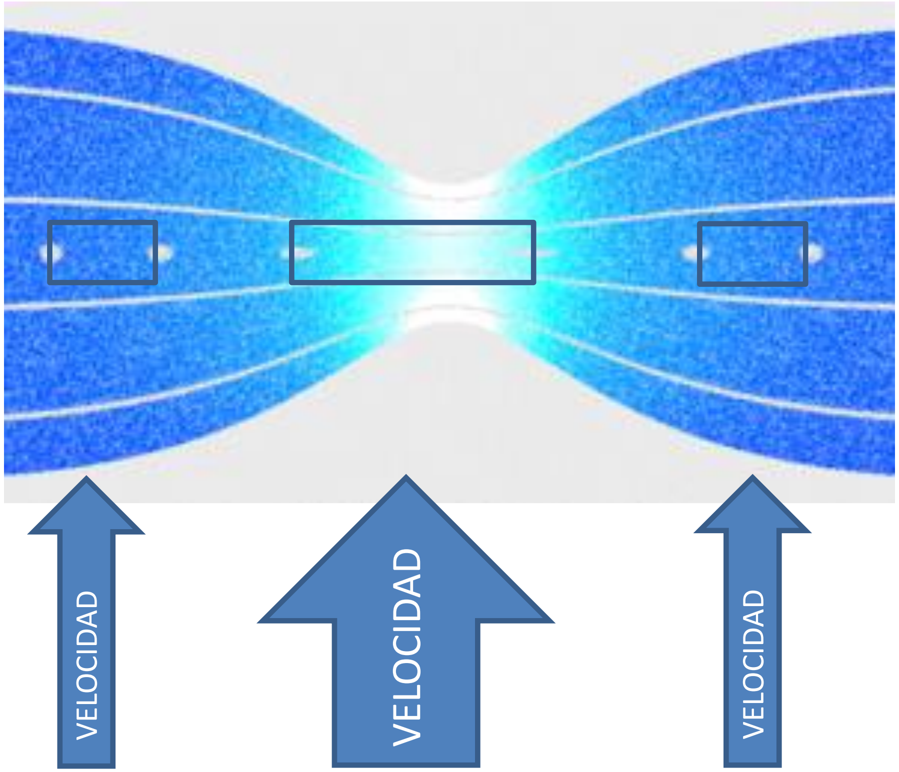


http://www.idrc.ca/panasia/ev-58878-201-1-DO_TOPIC.html

CURE
Centro Universitario
de la Región Este

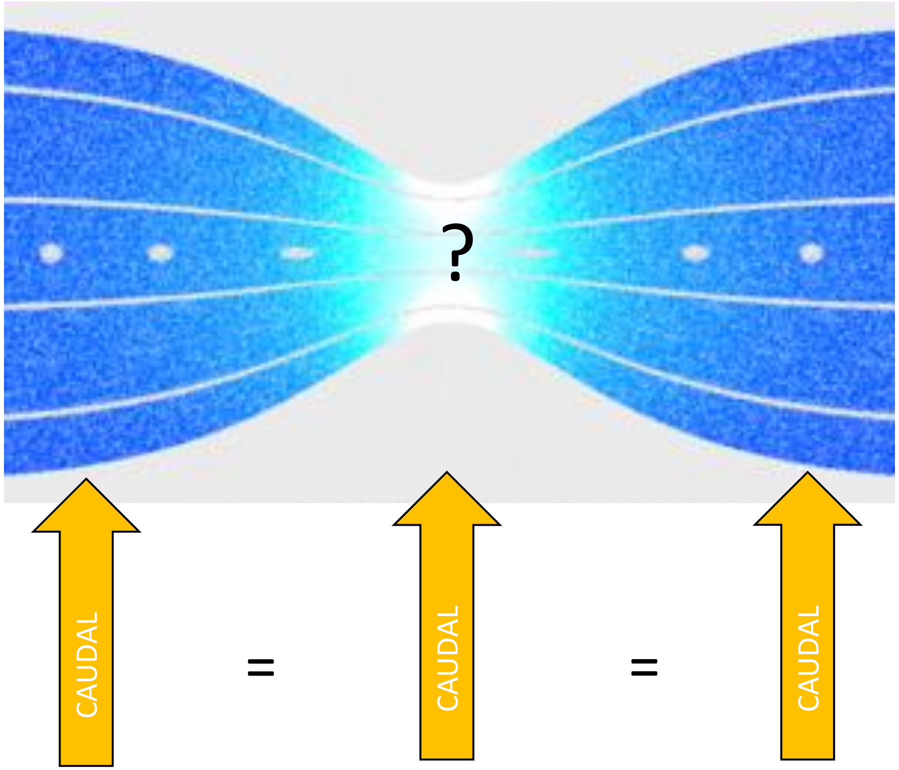
¿VELOCIDAD?

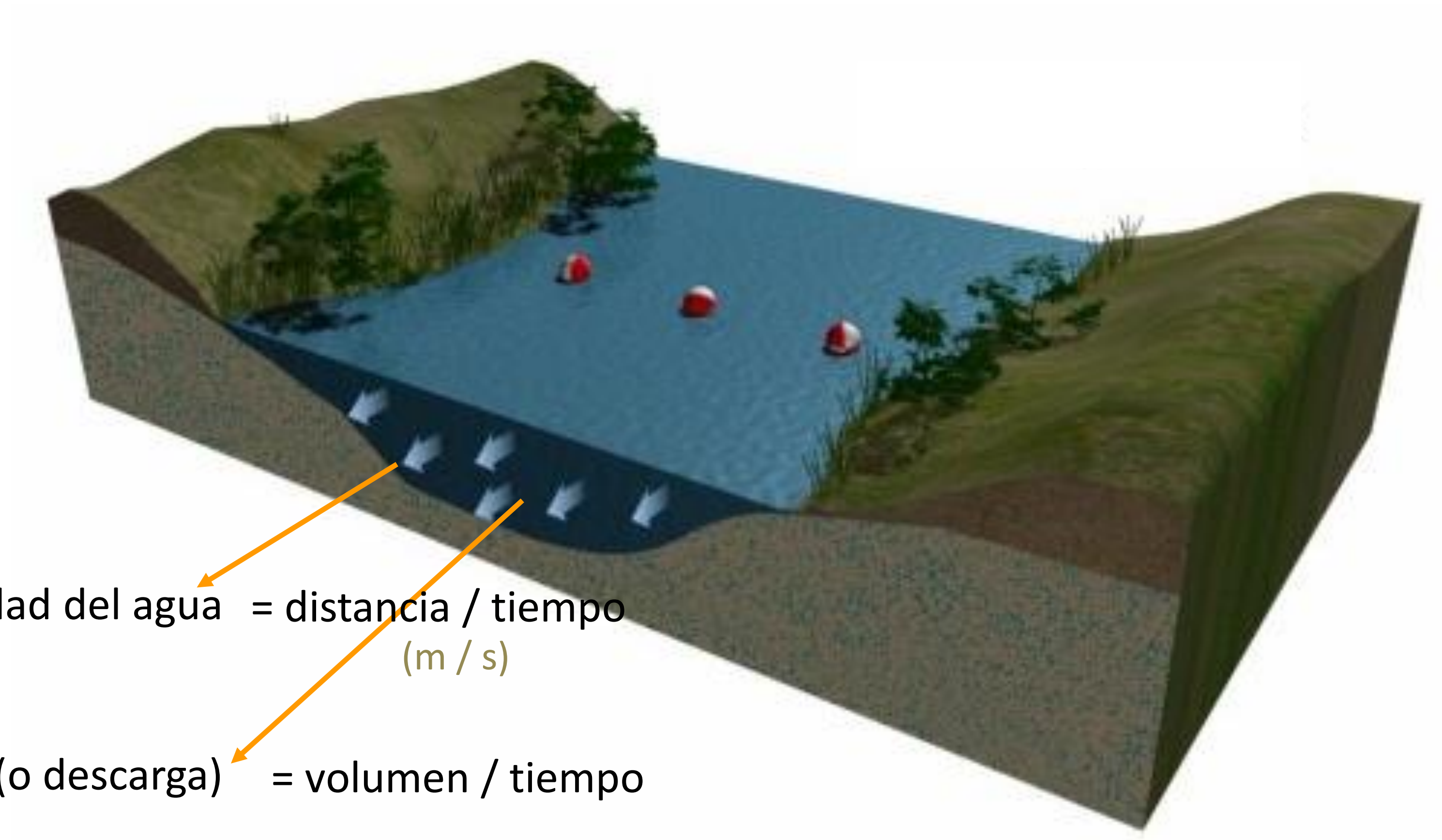
Velocidad = distancia/tiempo



¿Y EL CAUDAL?

CAUDAL = volumen / tiempo





Velocidad del agua = distancia / tiempo

(m / s)

Caudal (o descarga) = volumen / tiempo

(litros / segundo)

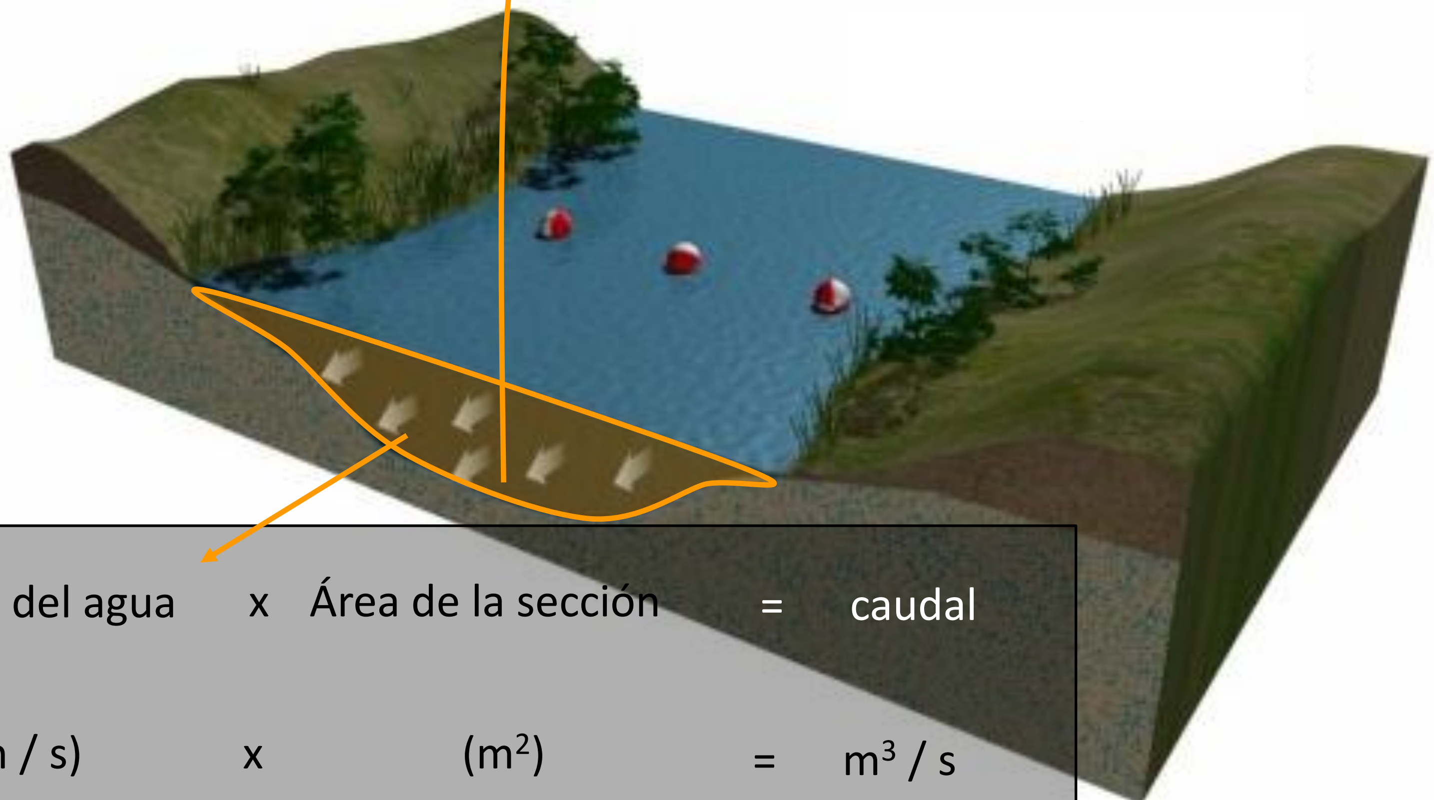
(m^3 / día)

(m^3 / año)

¿Cómo calculamos el caudal?

Área de la sección

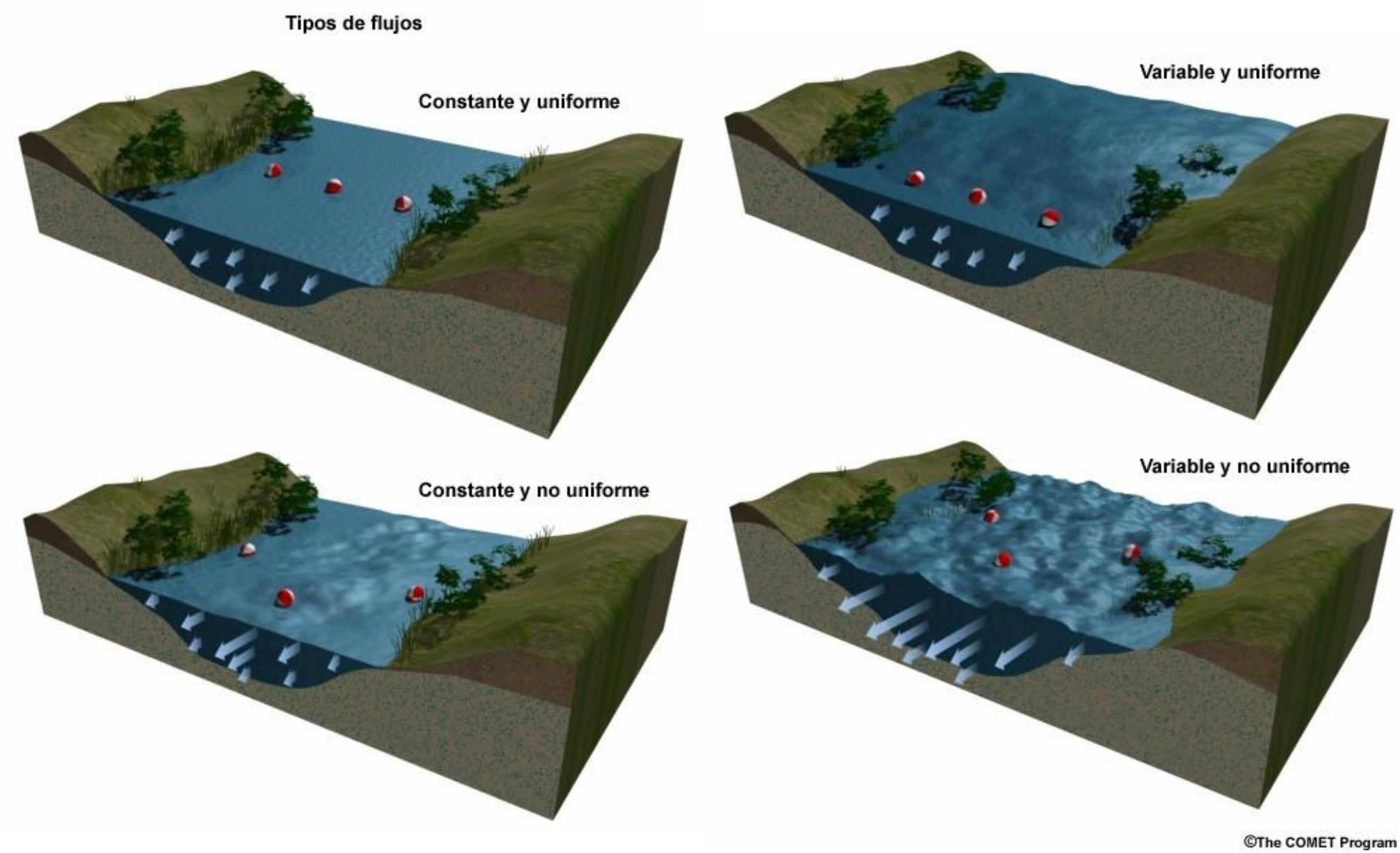
(m^2)



Velocidad del agua x Área de la sección = caudal

(m / s) x (m^2) = m^3 / s

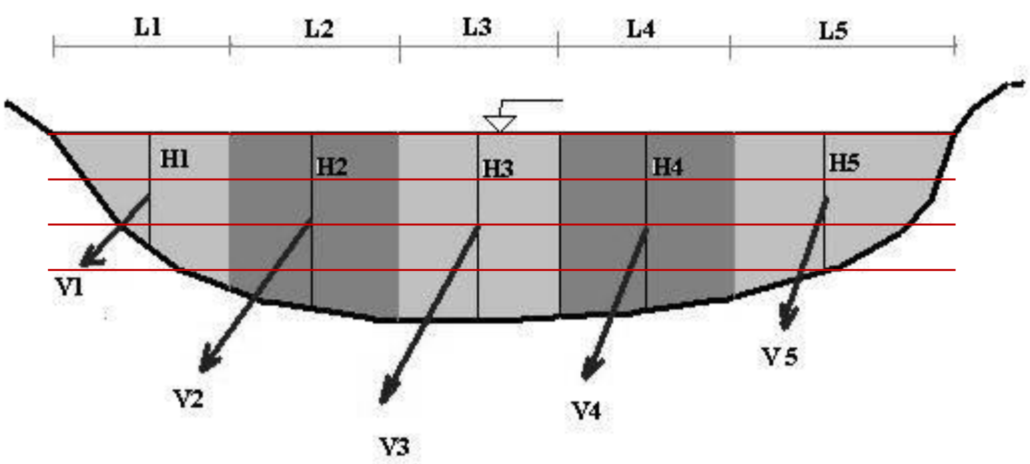
¿Cómo calculamos el caudal?



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

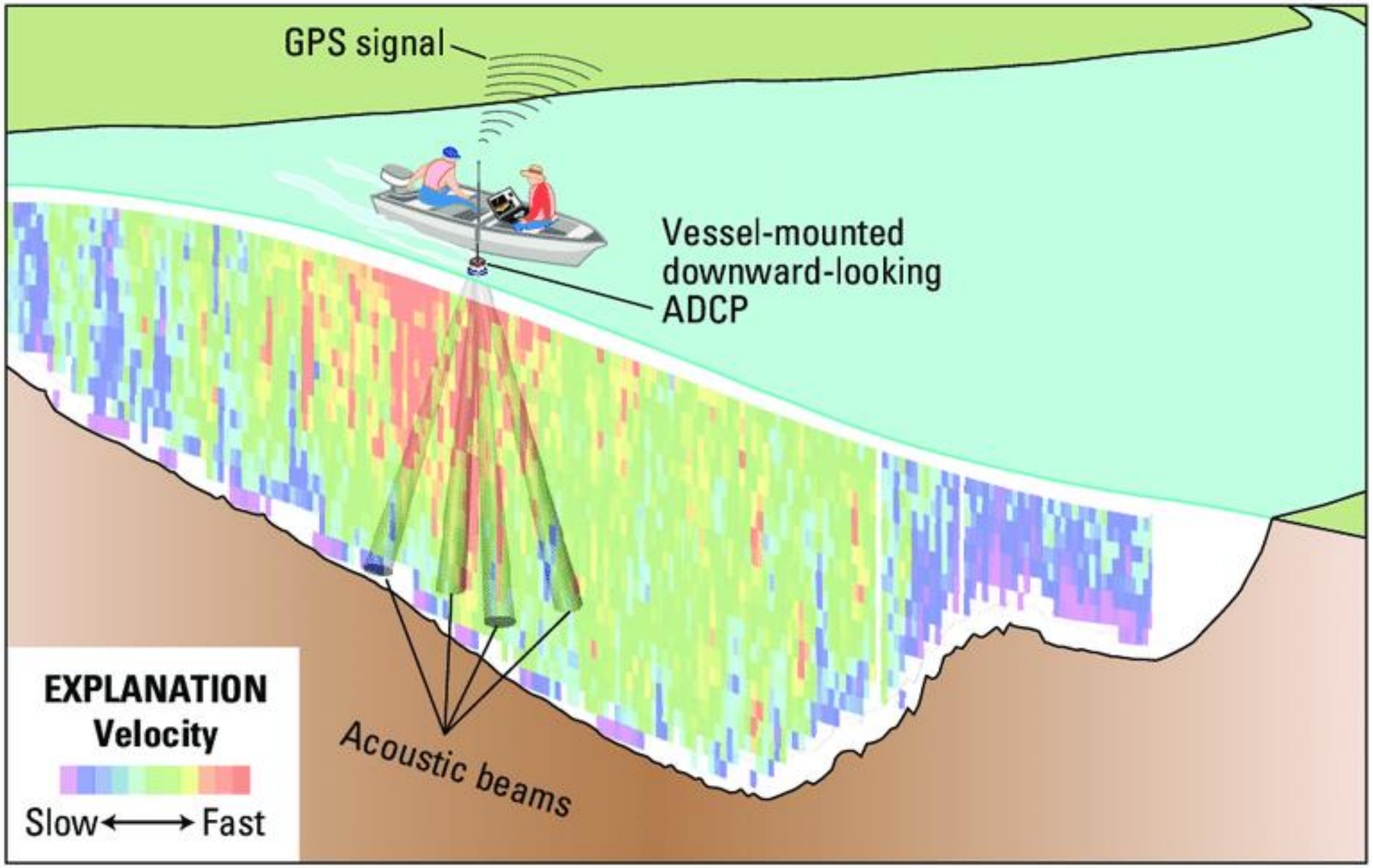
¿Cómo calculamos el caudal?

Precisamos conocer la velocidad media.



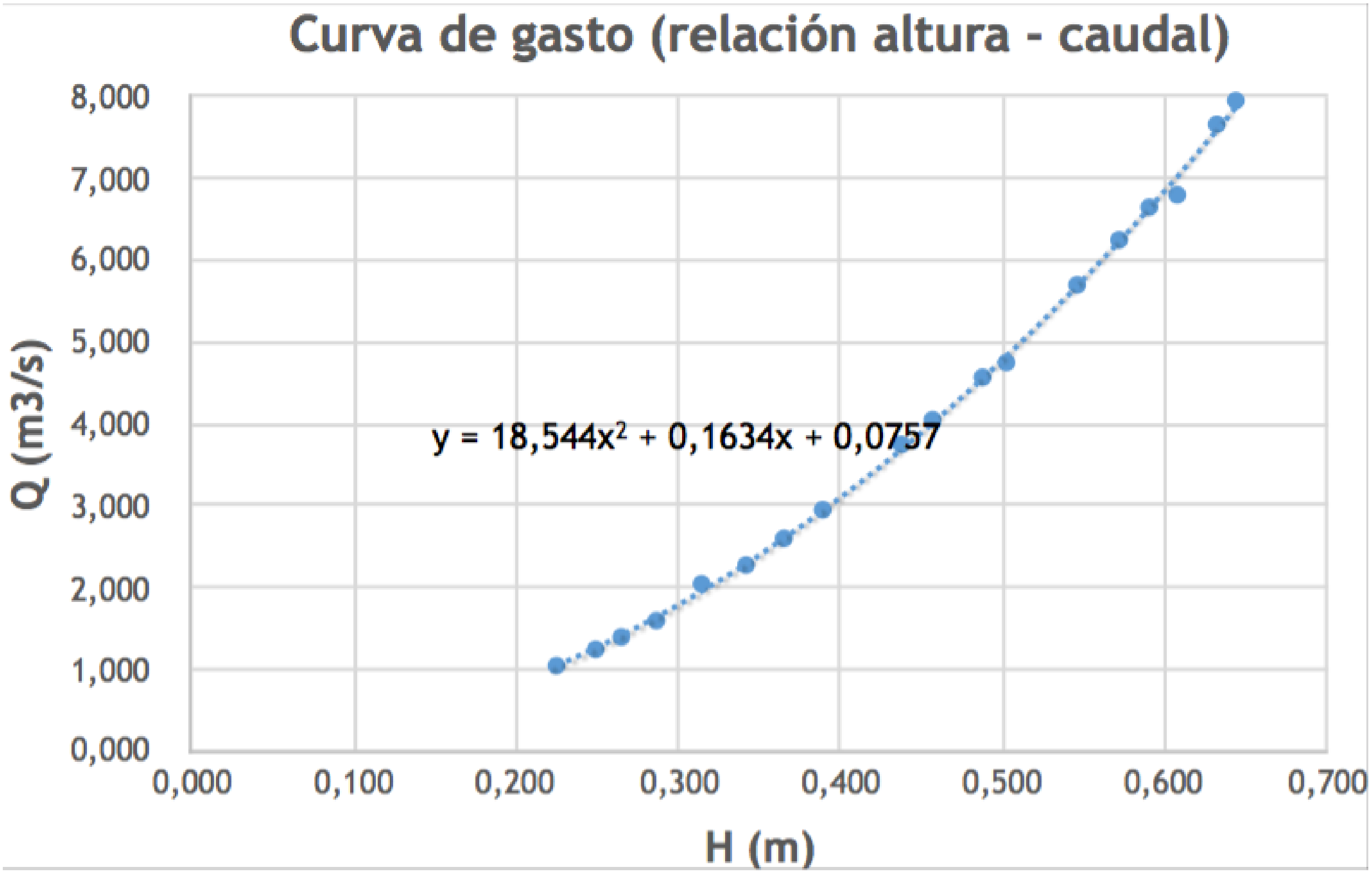
Suele dividirse el área y calcular la velocidad para cada subsección.

¿Cómo calculamos el caudal?



Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP)

AFORO

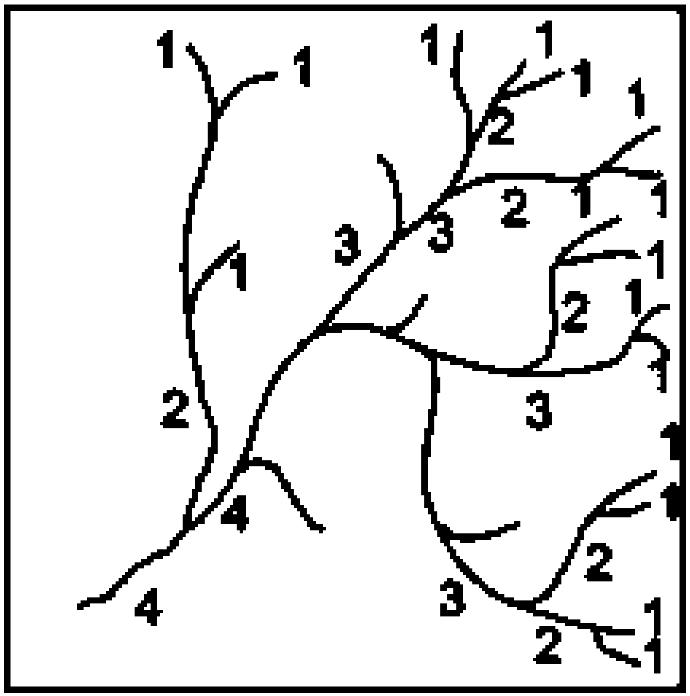


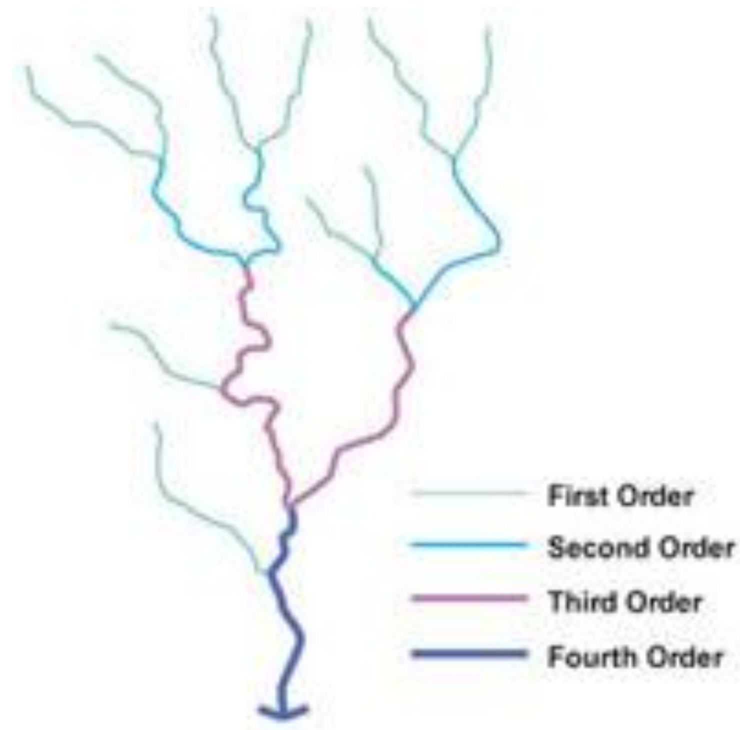
Curva de gasto (relación altura - caudal)
y = 18,544x² + 0,1634x + 0,0757
Q (m3/s)
H (m)
8,000
7,000
6,000
5,000
4,000
3,000
2,000
1,000
0,000
0,000
0,100
0,200
0,300
0,400
0,500
0,600
0,700

Heterogeneidad espacial

CURE
Centro Universitario
de la Región Este

Orden de Strahler





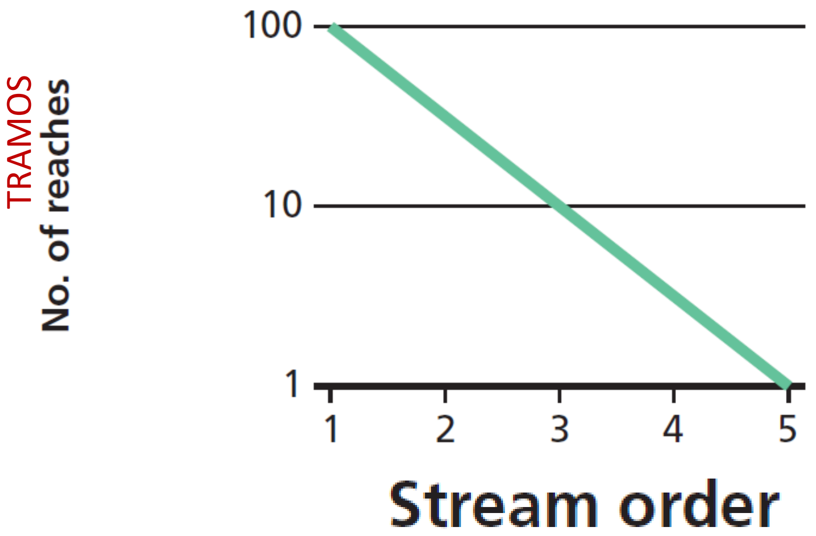
El número de Strahler (orden):

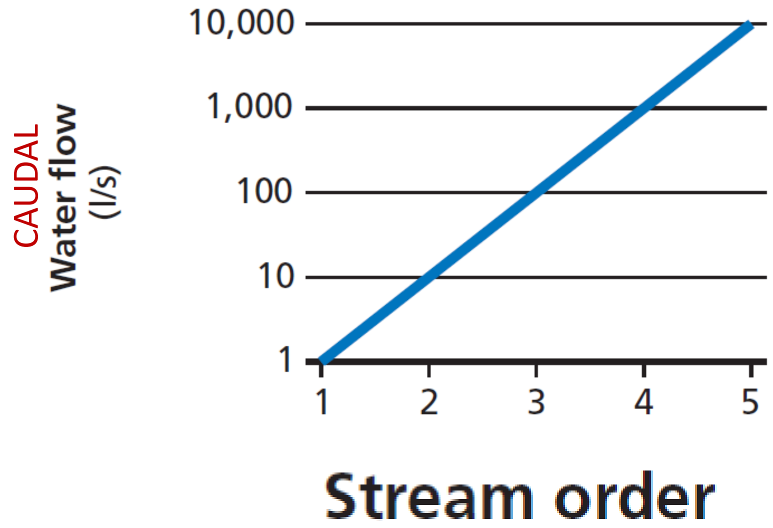
Se usa para definir el tamaño de una corriente, basándose en la jerarquía de los afluentes (ríos más grandes 11-12)

Vínculo con el entorno / Conectividad

CURE
Centro Universitario
de la Región Este

Orden de Strahler





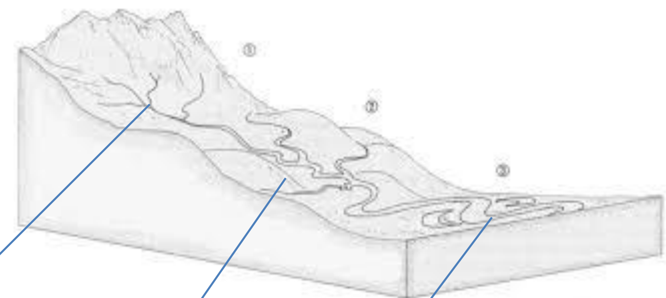
El número de Strahler (orden):

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

CURE
Centro Universitario
de la Región Este

Heterogeneidad espacial

ZONACIÓN LONGITUDINAL
(fish zones)



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

Illies (1961)

CURE
Centro Universitario
de la Región Este

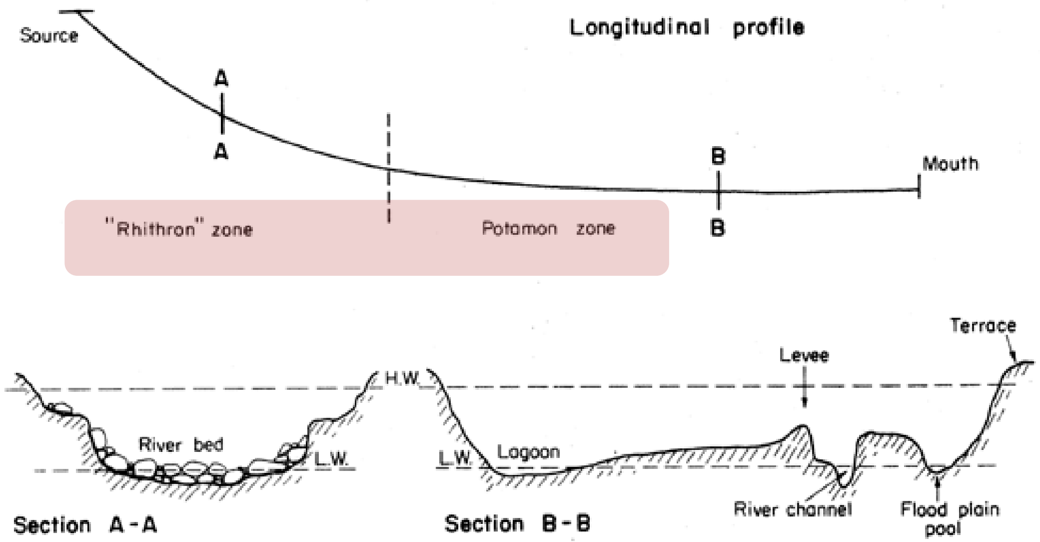
LIFE CYCLE
OF THE
PACIFIC
SALMON
EGGS/ALEVIN
FRY
DECOMPOSERS
SPAWNERS
SMOLT
ADULT
Fisheries and Oceans Canada
Pêches et Océans Canada
Canada
This poster is developed for use with
Salmonids in the Classroom teachers' resource
Illustrated by Robert Browne

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

Rhithron - región montañosa

CURE
Centro Universitario
de la Región Este


Potamon - tierras bajas
Lowland rivers & streams
CURE
Centro Universitario
de la Región Este

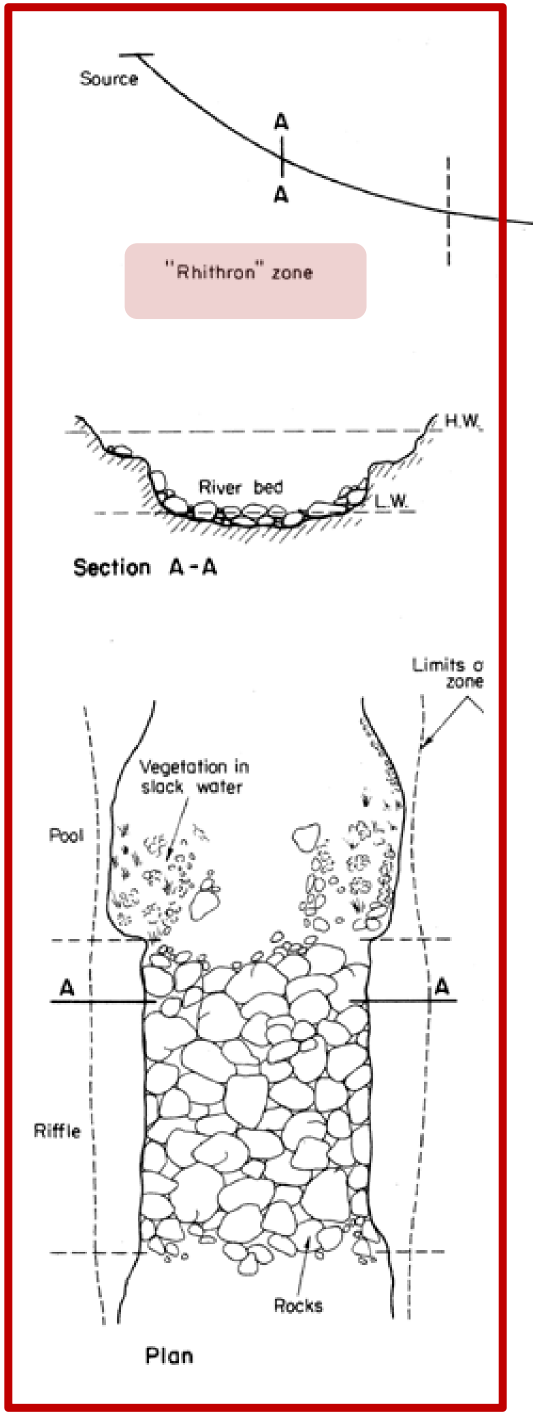


http://www.fao.org/docrep/003/x6841e/X6841E02.HTM

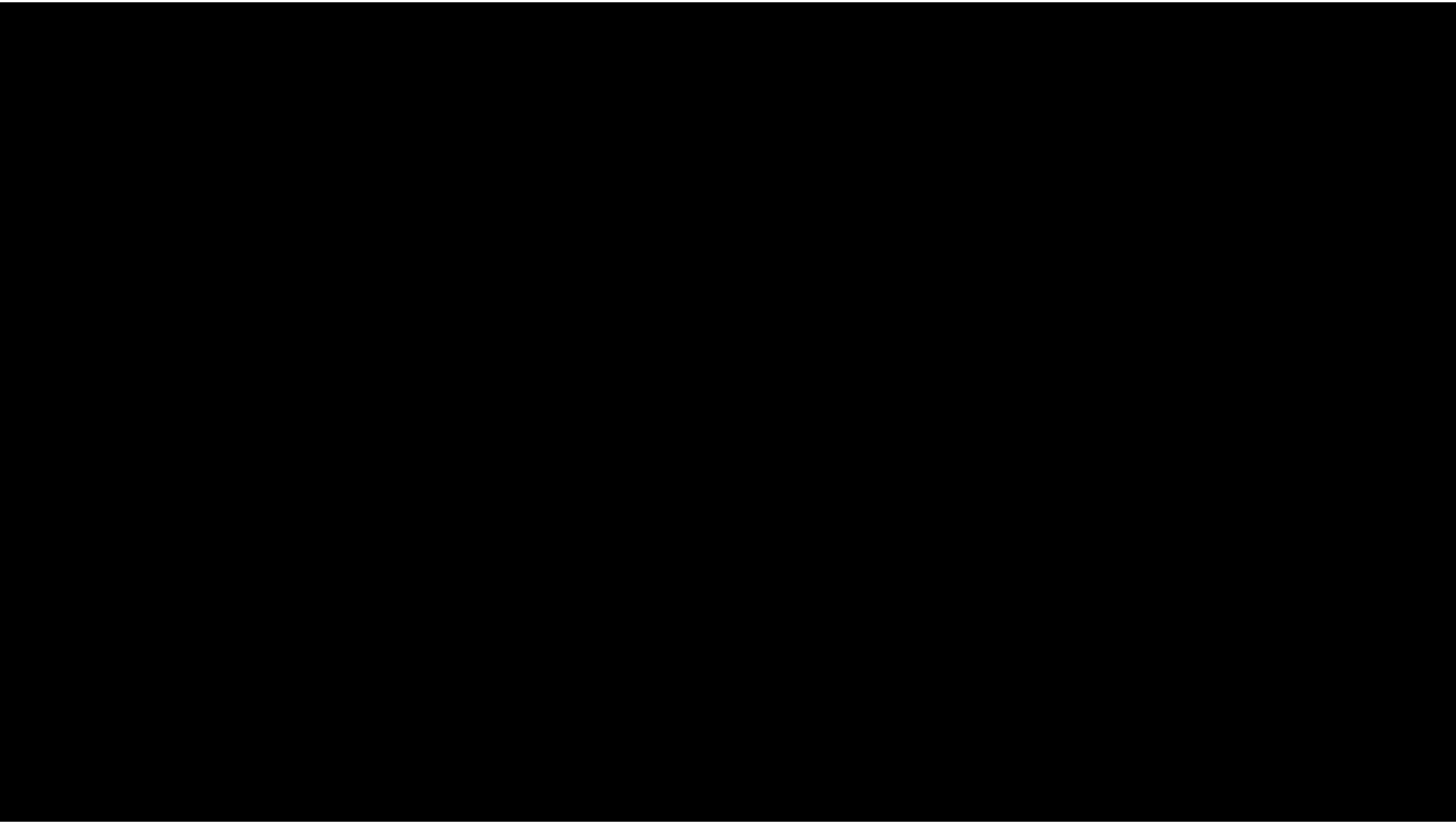
http://www.fao.org/docrep/003/x6841e/X6841E02.HTM

pozones

rápidos

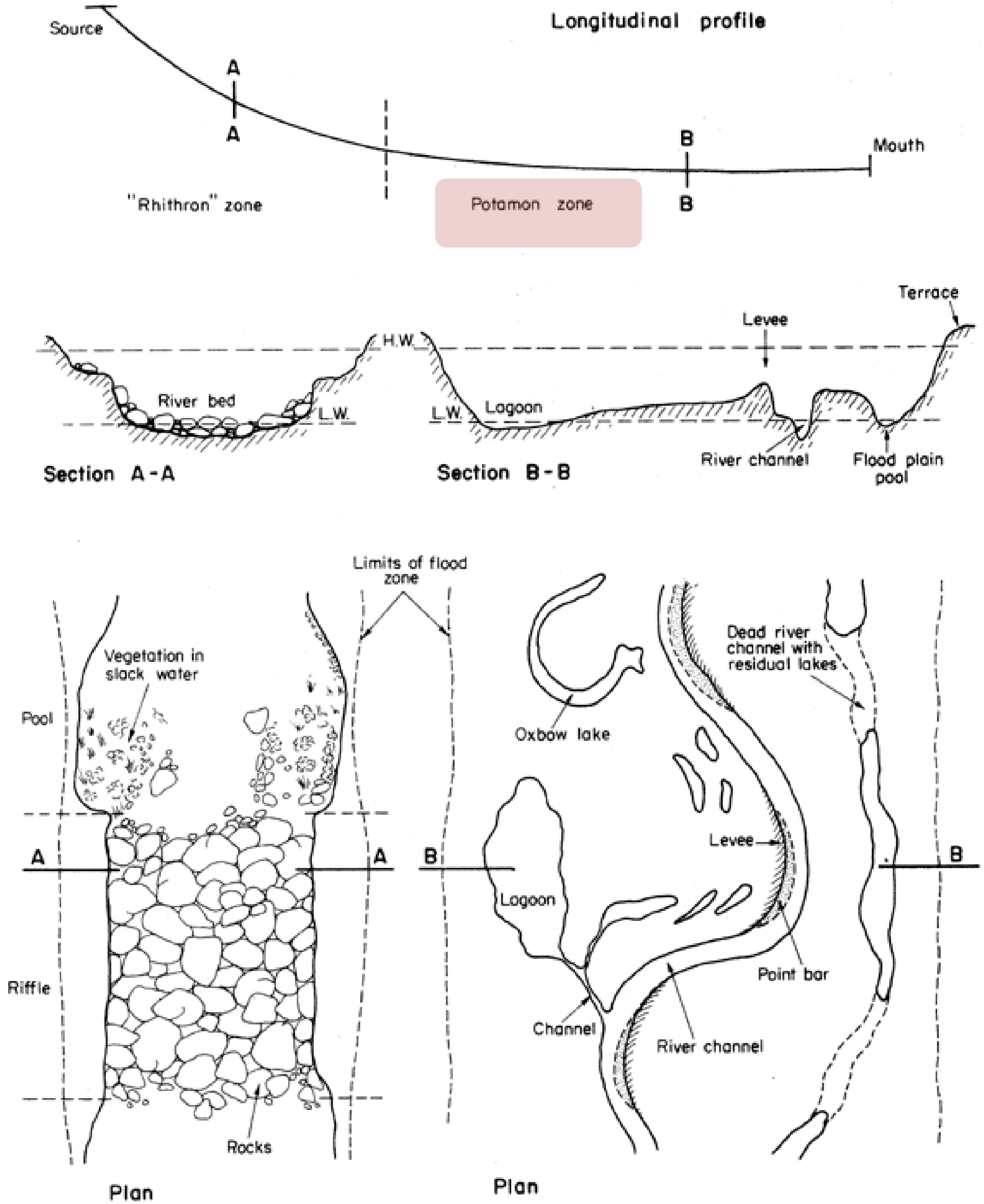


CURE
Centro Universitario
de la Región Este



Alternancia entre rápidos y pozones

Alternancia entre rápidos y pozones



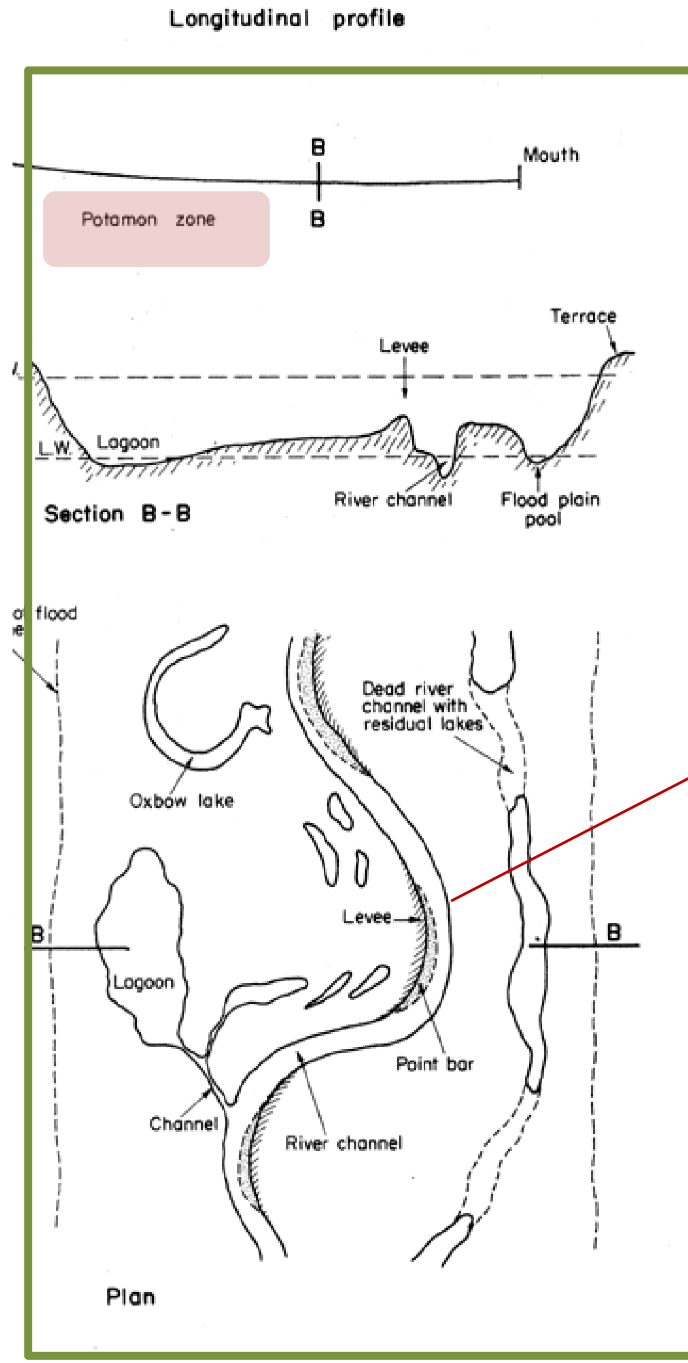
pozones

rápidos

http://www.fao.org/docrep/003/x6841e/X6841E02.HTM

CURE
Centro Universitario
de la Región Este

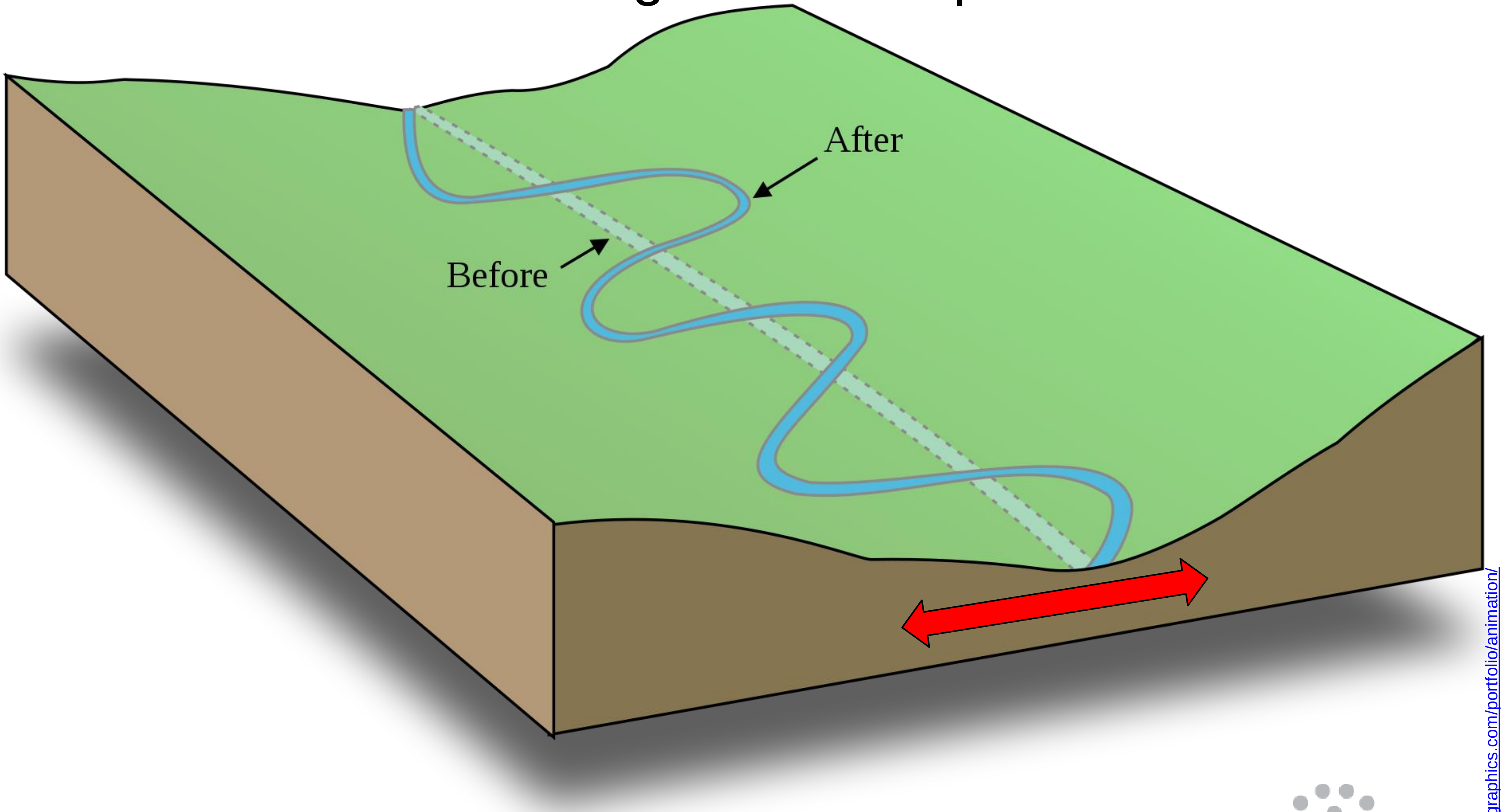
http://www.fao.org/docrep/003/x6841e/X6841E02.HTM



meandros

CURE
Centro Universitario de la Región Este

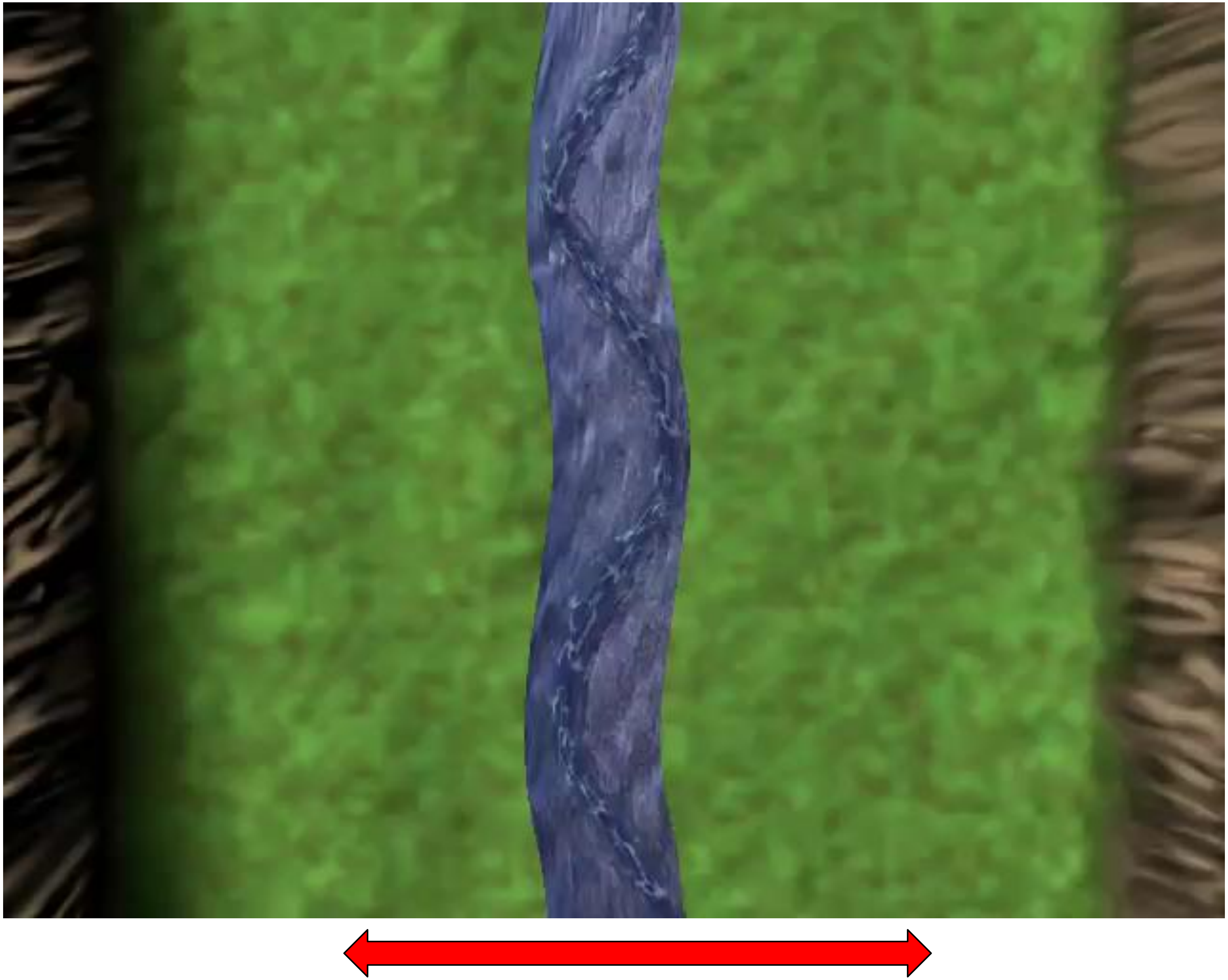
Heterogeneidad espacial

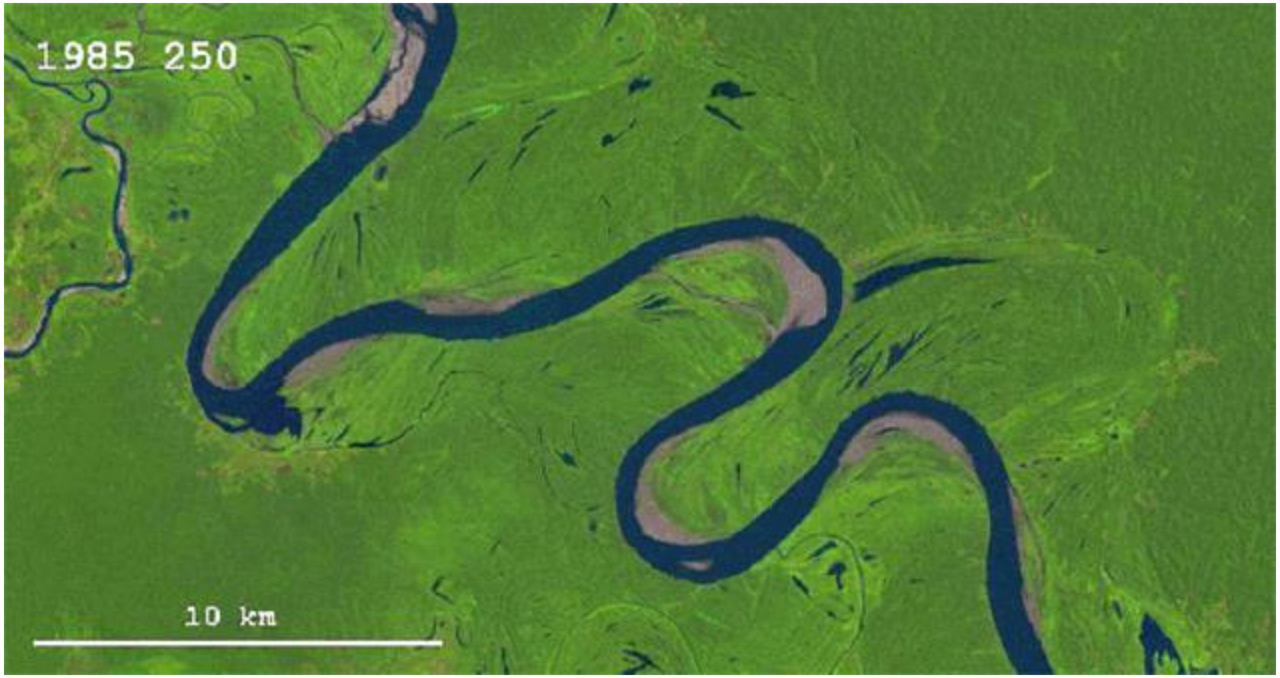


Formación de MEANDROS:

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

http://www.precisiongraphics.com/portfolio/animation/





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

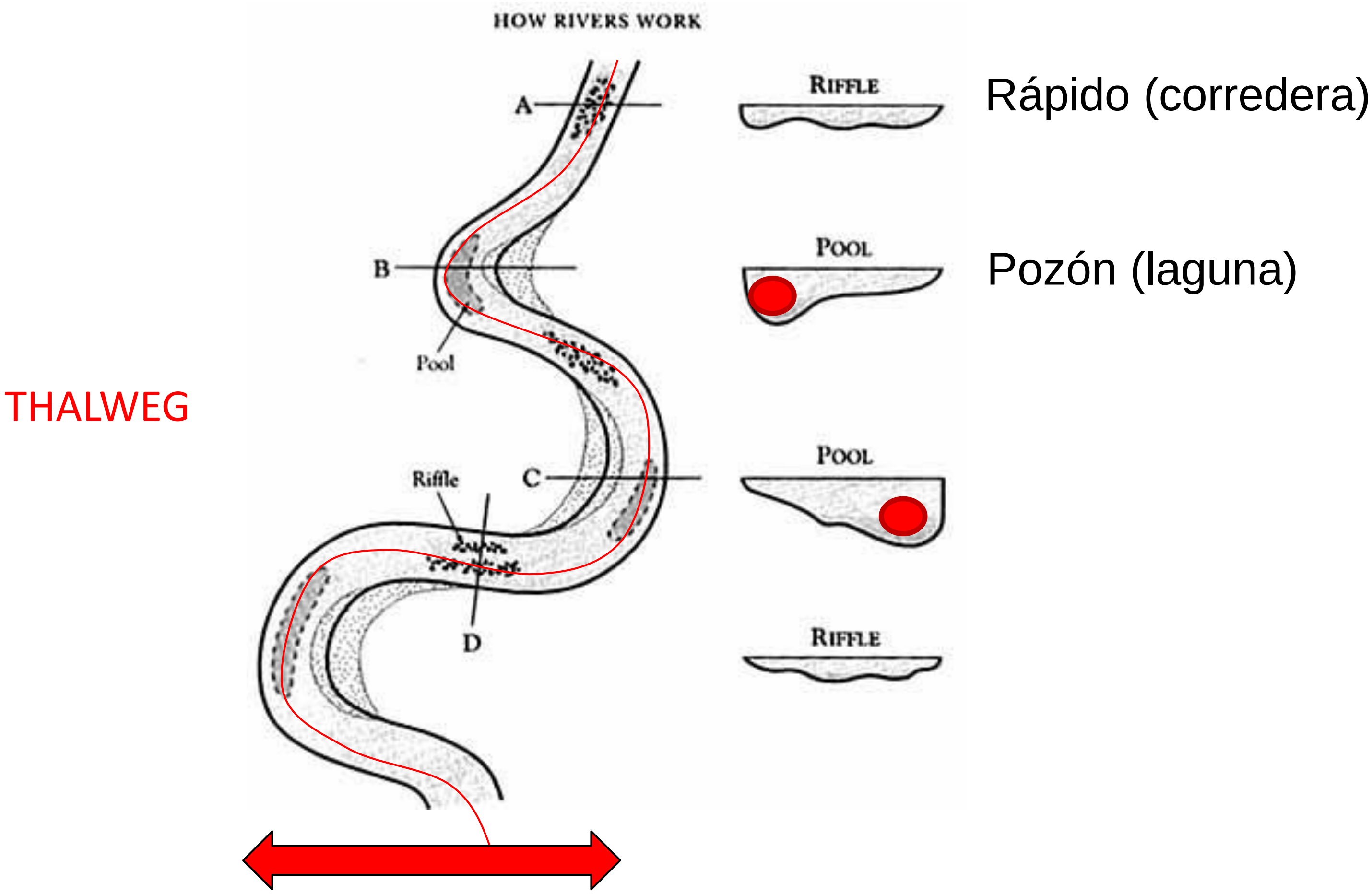
Heterogeneidad espacial

Lago de herradura
(oxbow lake)

Arroyo Valizas (Rocha)

CURE
Centro Universitario
de la Región Este

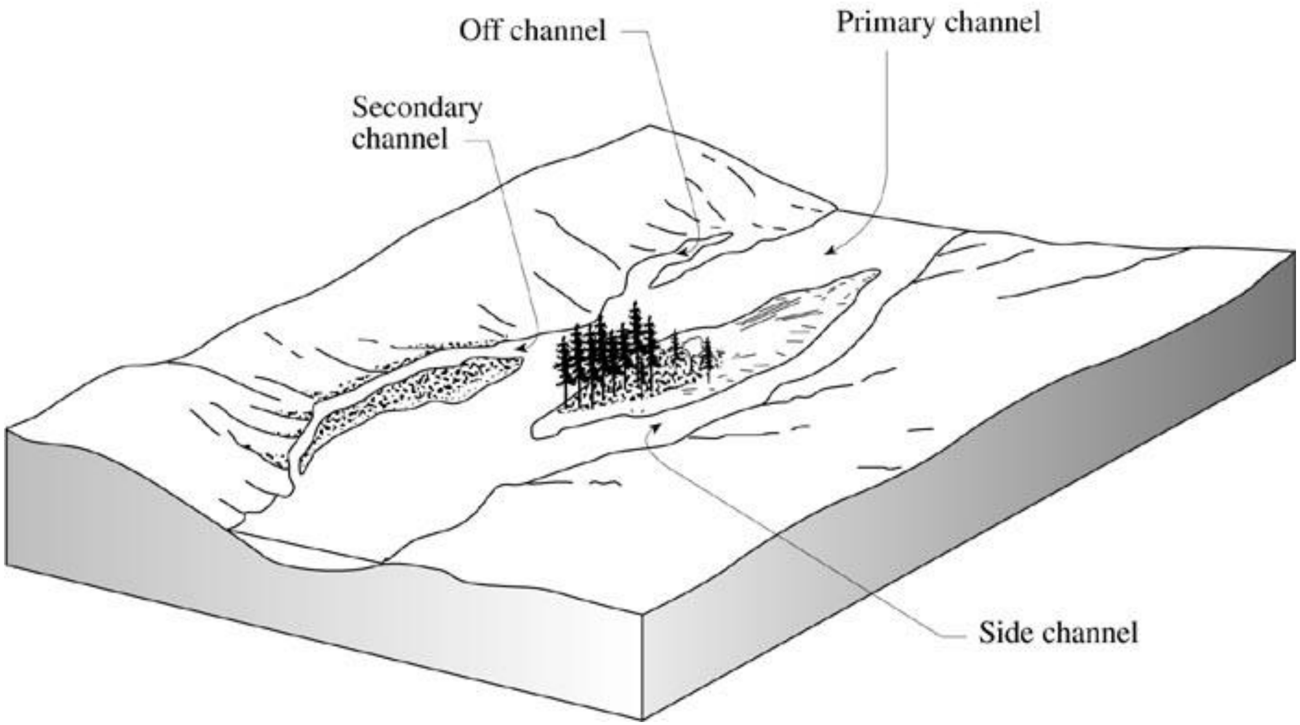
Heterogeneidad espacial



Principales compartimentos de los sistemas lóticos

CURE
Centro Universitario de la Región Este

Heterogeneidad espacial

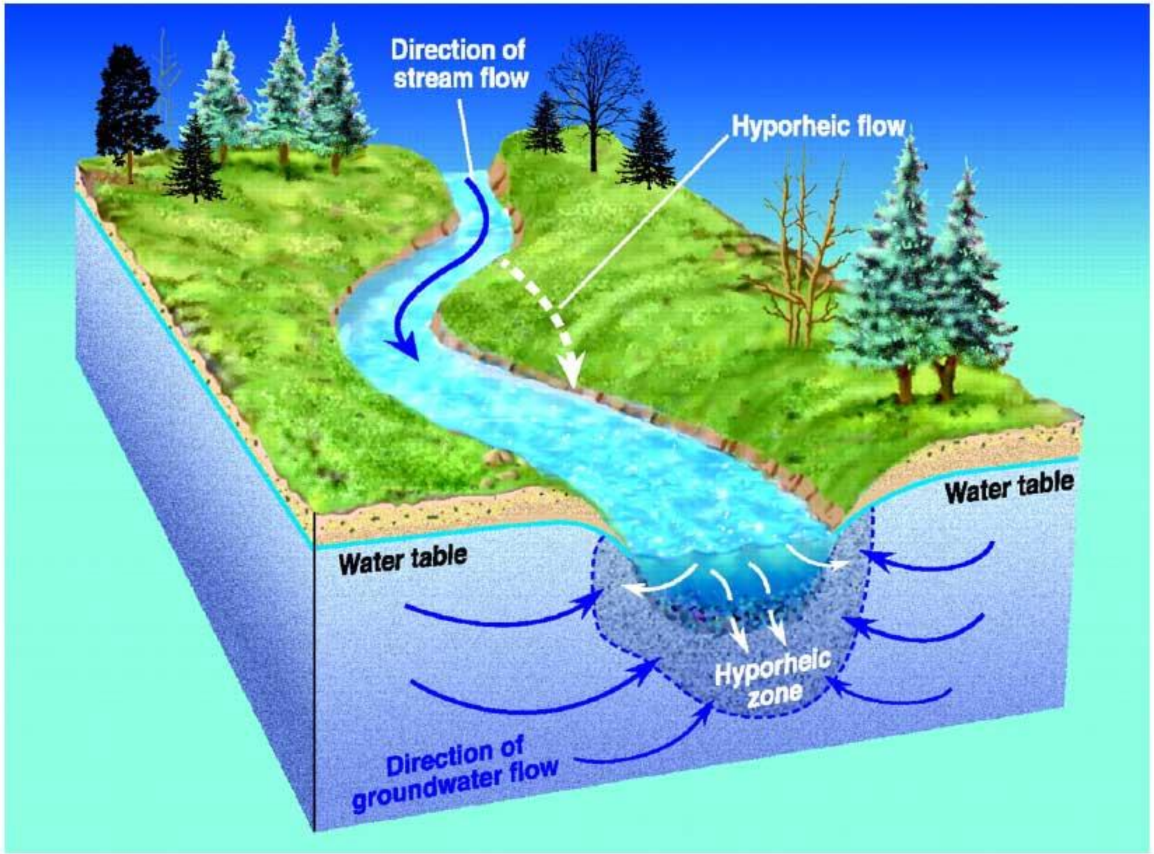


CURE
Centro Universitario
de la Región Este

Heterogeneidad espacial

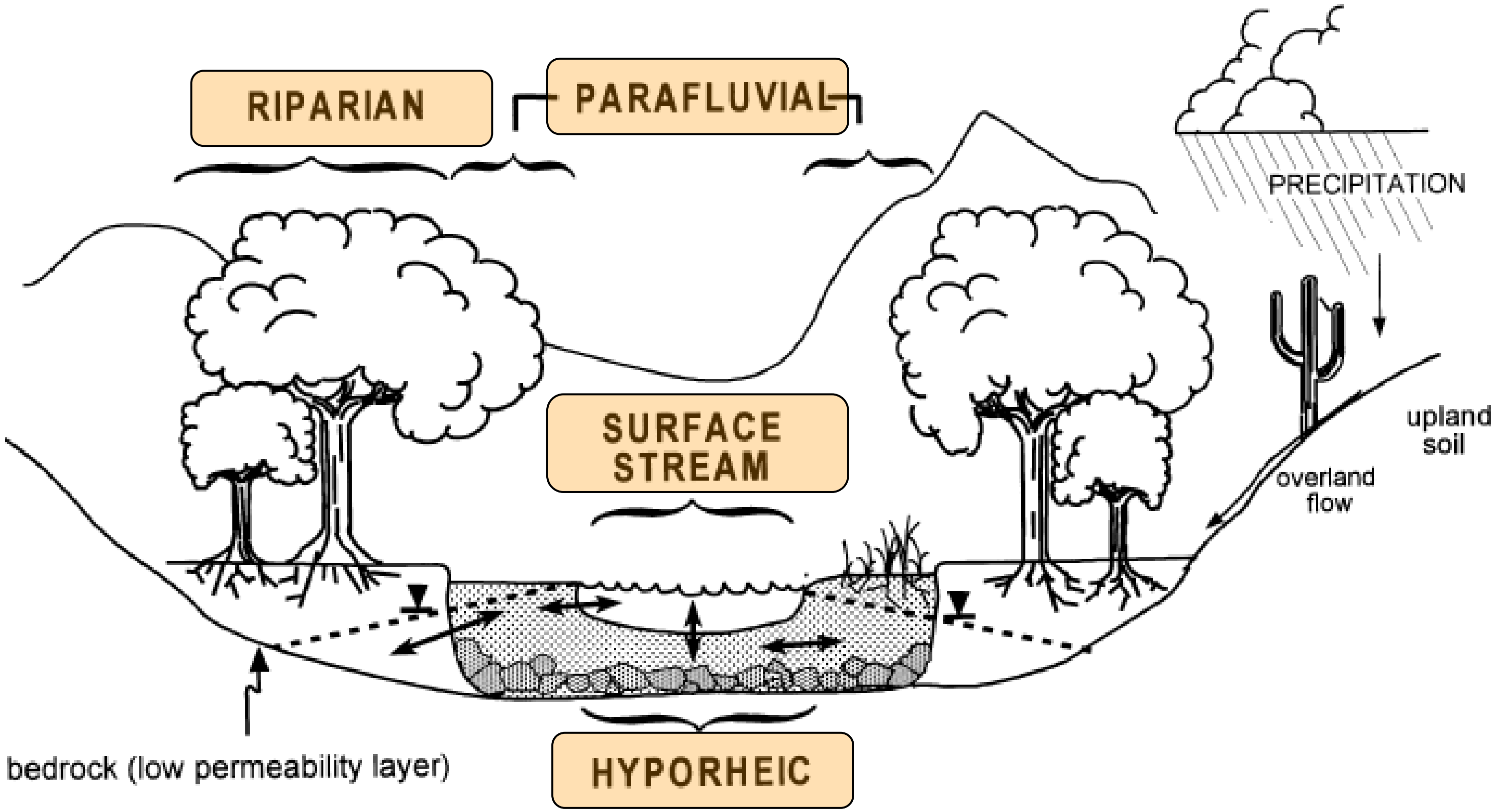
CURE
Centro Universitario
de la Región Este

Heterogeneidad espacial



Vínculos verticales y laterales…

CURE
Centro Universitario de la Región Este



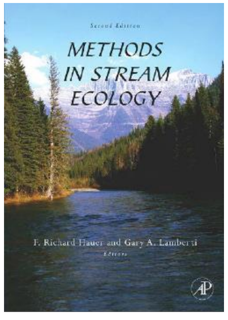
Los subsistemas incluyen la corriente de la superficie central, **los sedimentos saturados en forma vertical y lateral (zonas hiporreicas y parafluviales)** y el elemento más distal, la zona ribereña. Estas zonas están hidrológicamente conectadas; así el agua y su carga disuelta y suspendida se mueven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

(Fisher et al. 1998)

Ojo con la variación entre definiciones

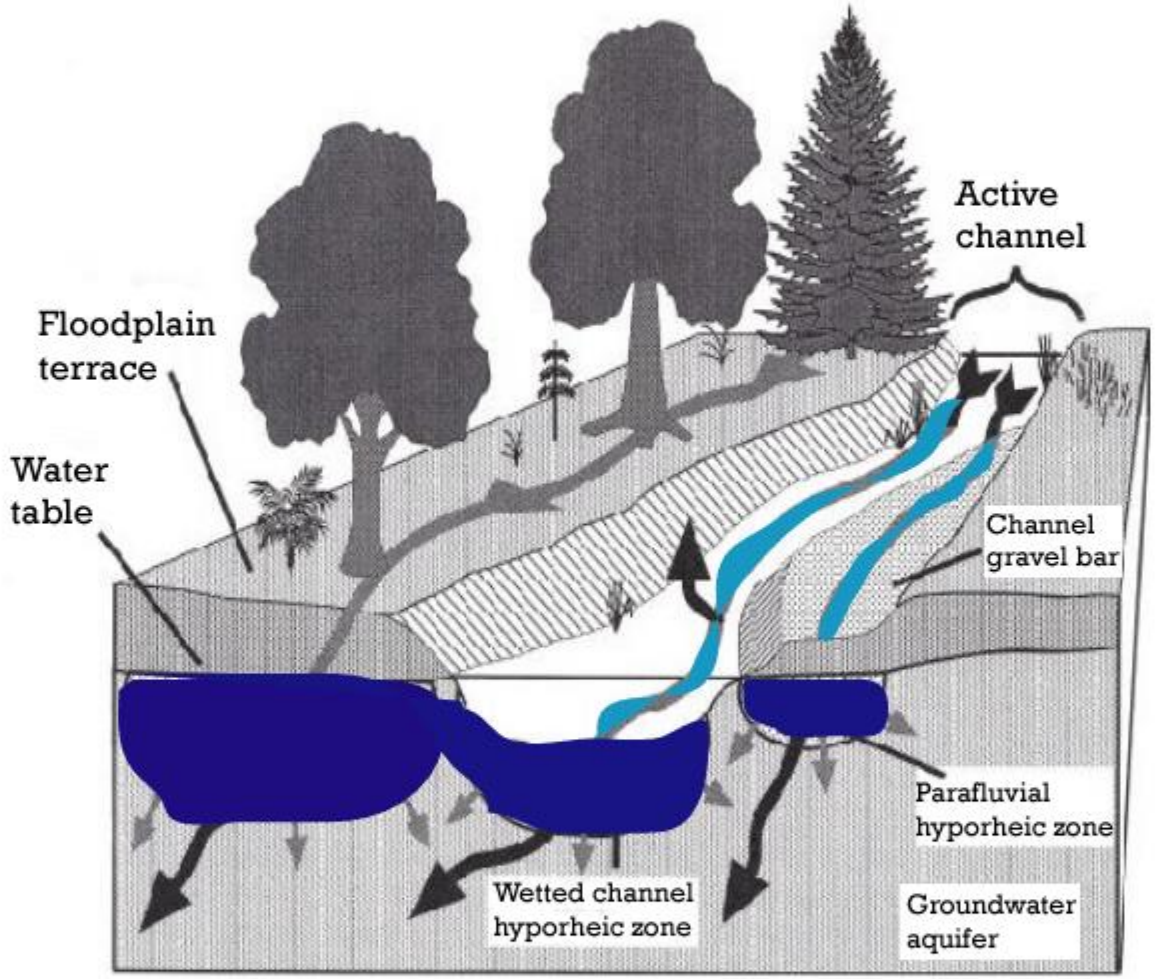
- La zona hiporreica se define por la penetración del agua del río en el aluvión* y puede mezclarse con el agua subterránea freática desde la ladera de las colinas u otros acuíferos no recargados directamente por el río.

- 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

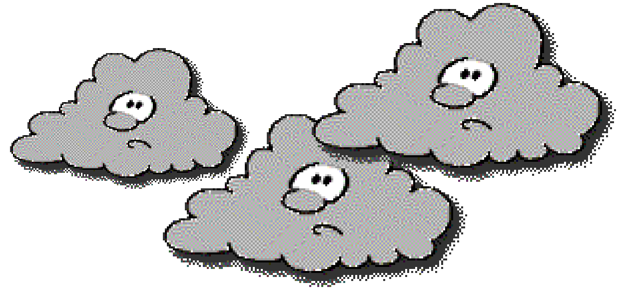


Zona parafluvial
(sedimentos saturados adyacentes al canal)

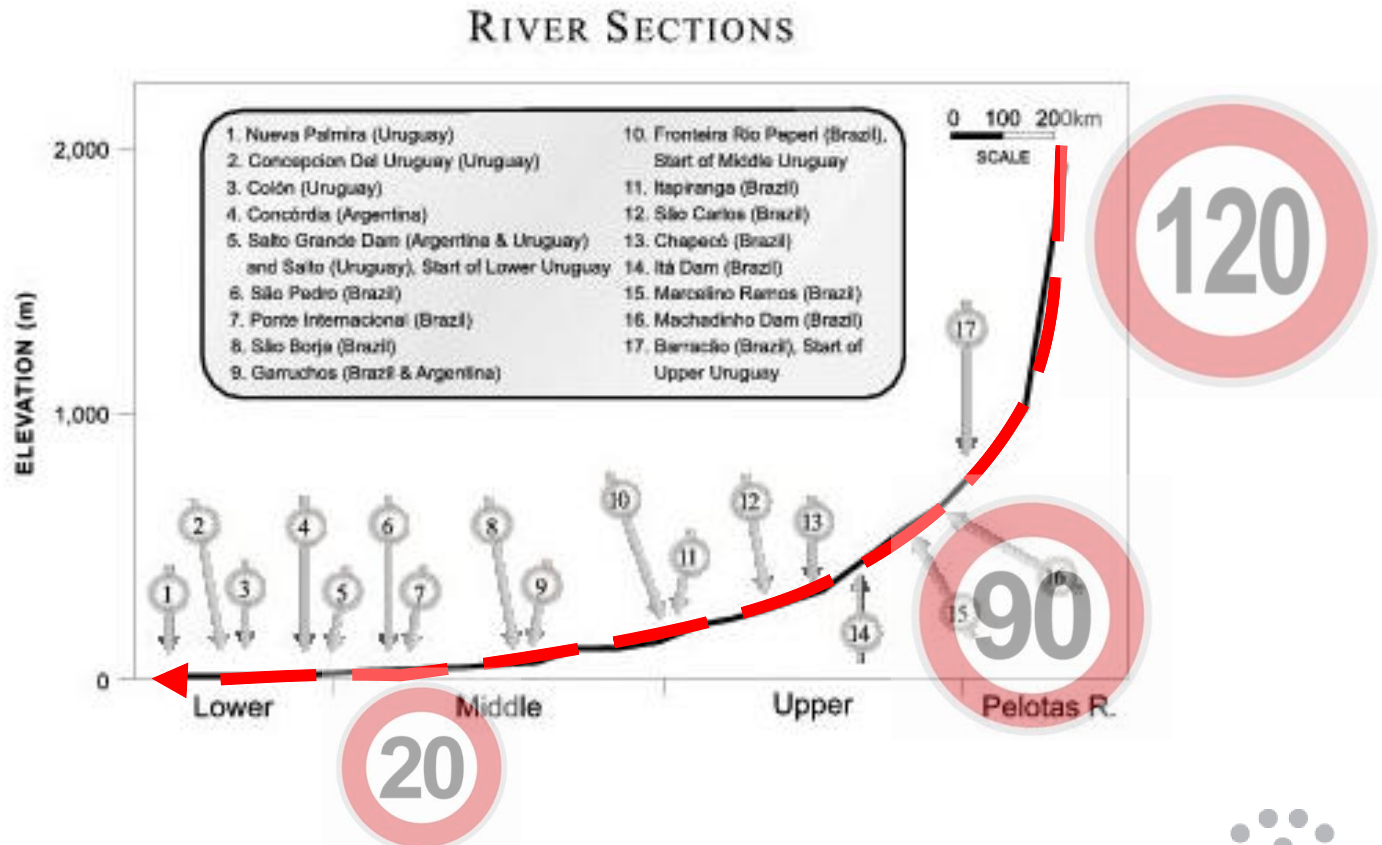
CURE
Centro Universitario
de la Región Este

Pendiente, velocidad
y
heterogeneidad espacial

CURE
Centro Universitario
de la Región Este



Río Uruguay

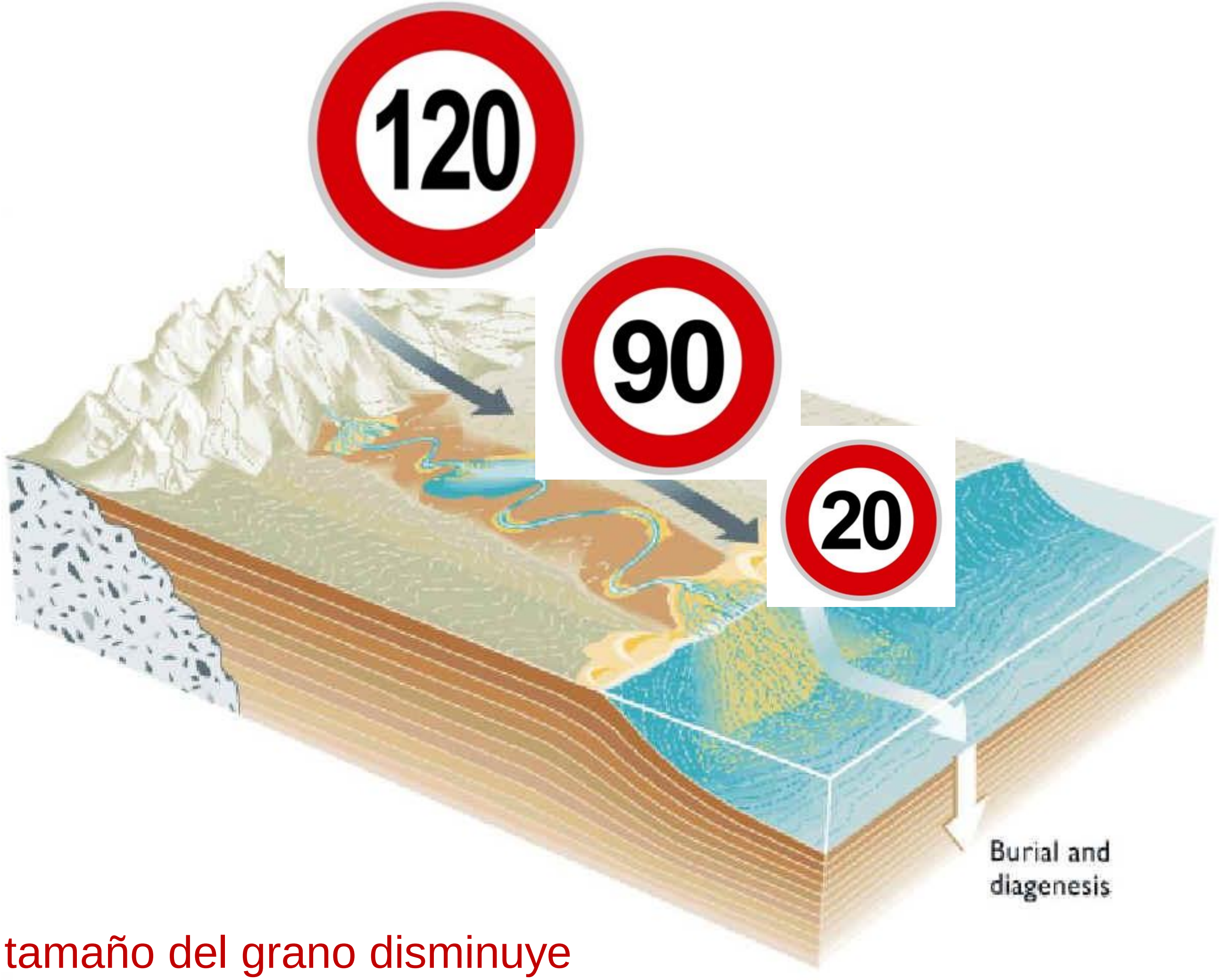


http://www.idrc.ca/panasia/ev-58878-201-1-DO_TOPIC.html

CURE
Centro Universitario
de la Región Este

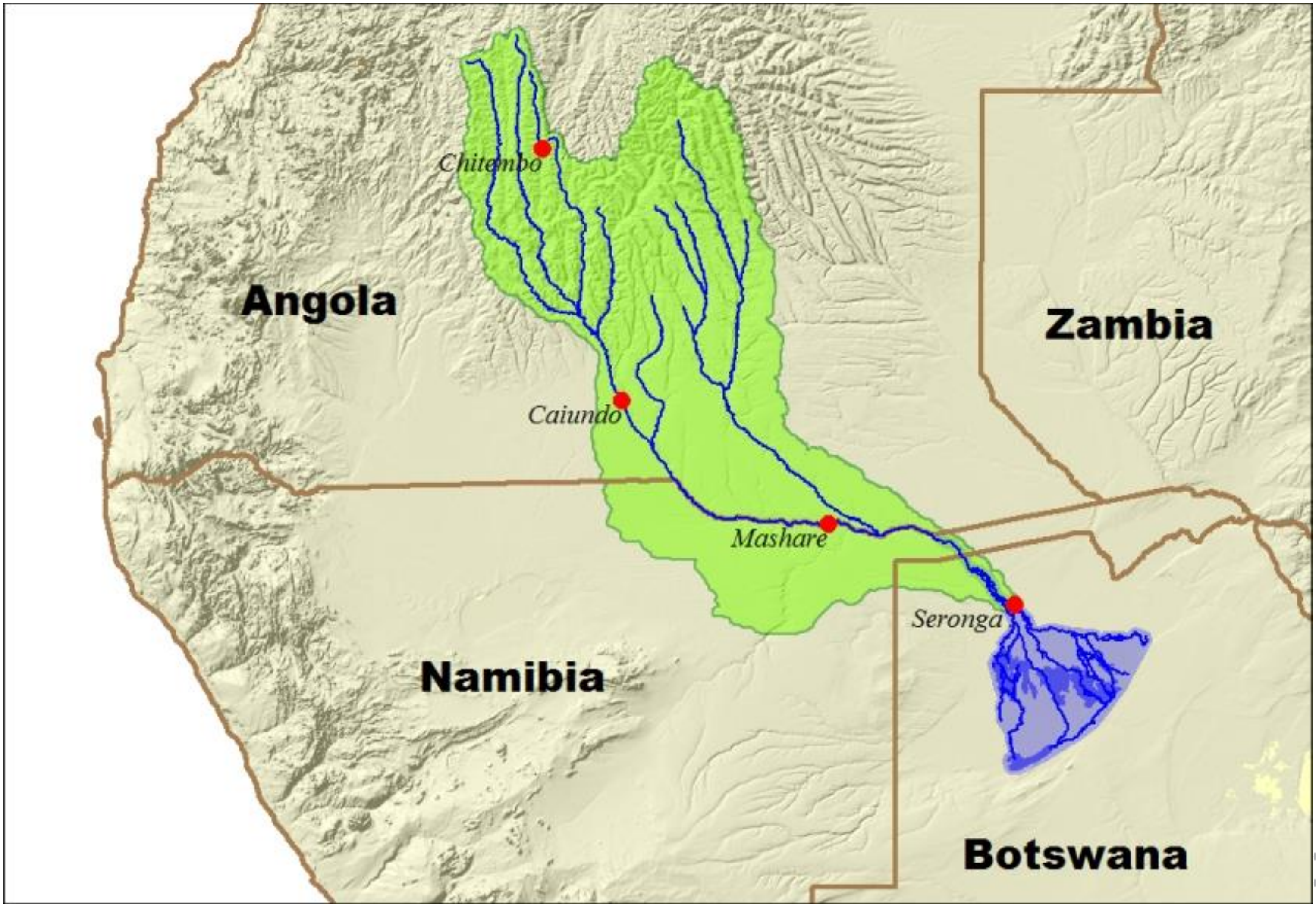
Cabecera arroyo Maldonado

Desembocadura arroyo Maldonado



el tamaño del grano disminuye longitudinalmente

deltas



http://www.future-okavango.org

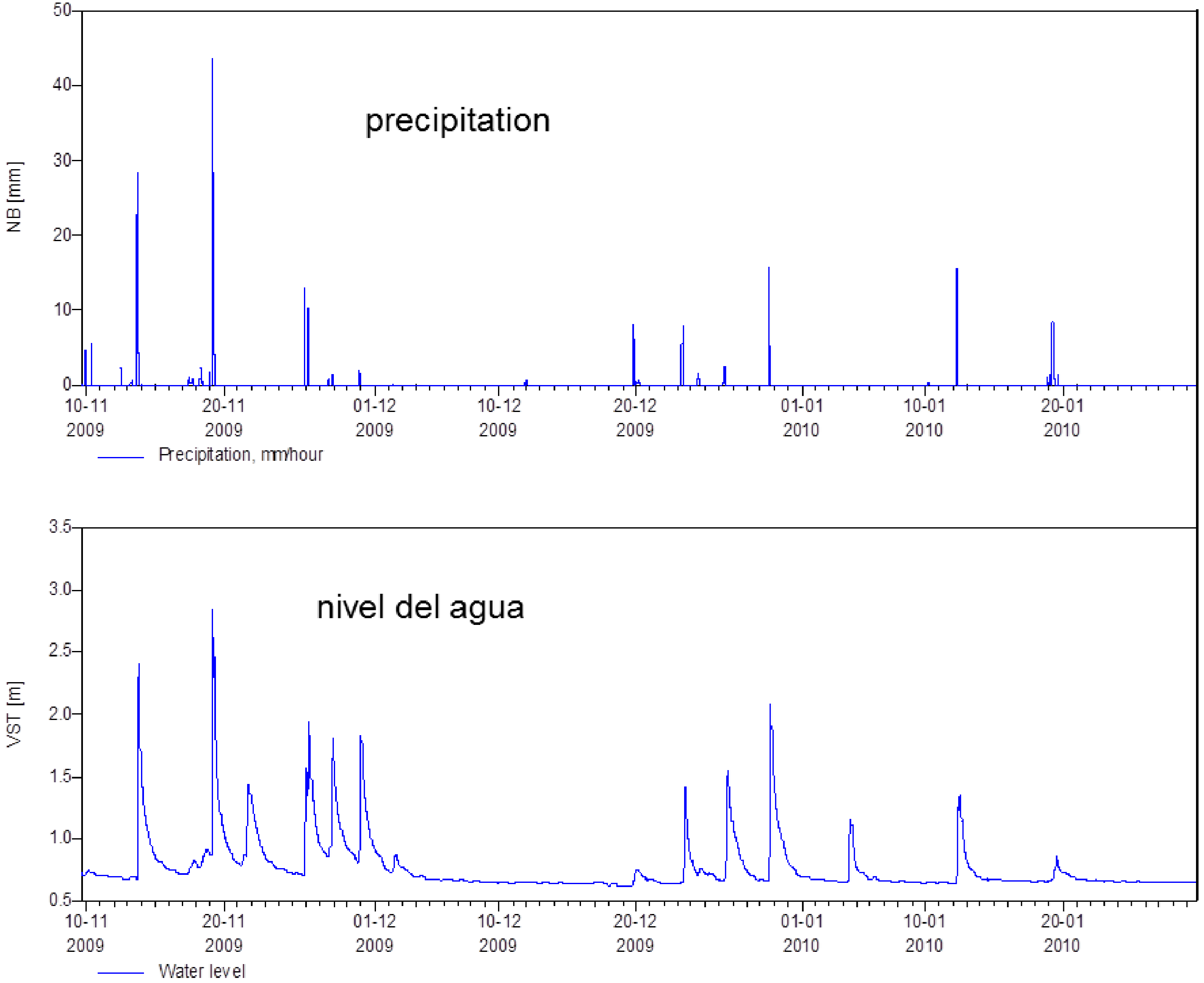
CURE
Centro Universitario
de la Región Este


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

Heterogeneidad temporal

CURE
Centro Universitario
de la Región Este

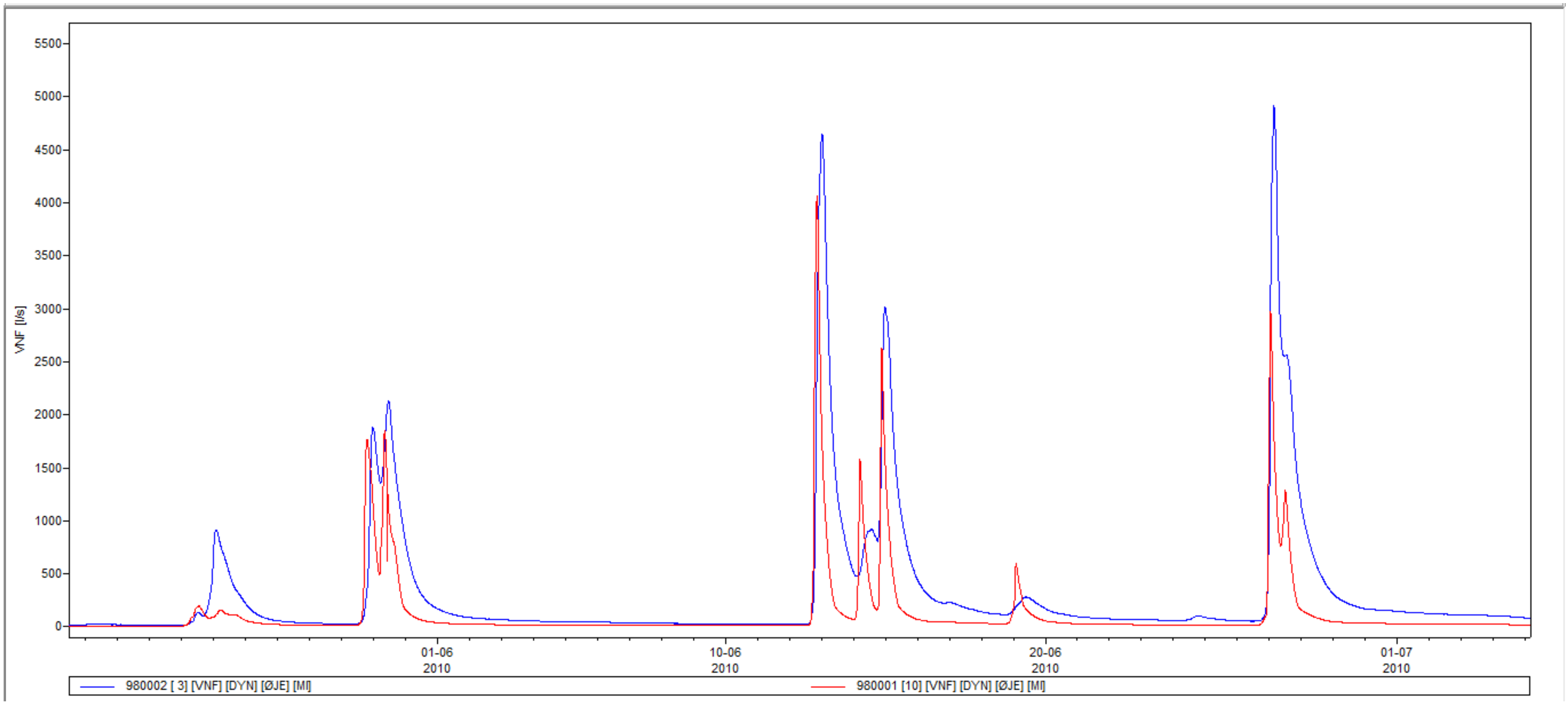
Heterogeneidad temporal



CURE
Centro Universitario de la Región Este

Heterogeneidad temporal

Heterogeneidad temporal

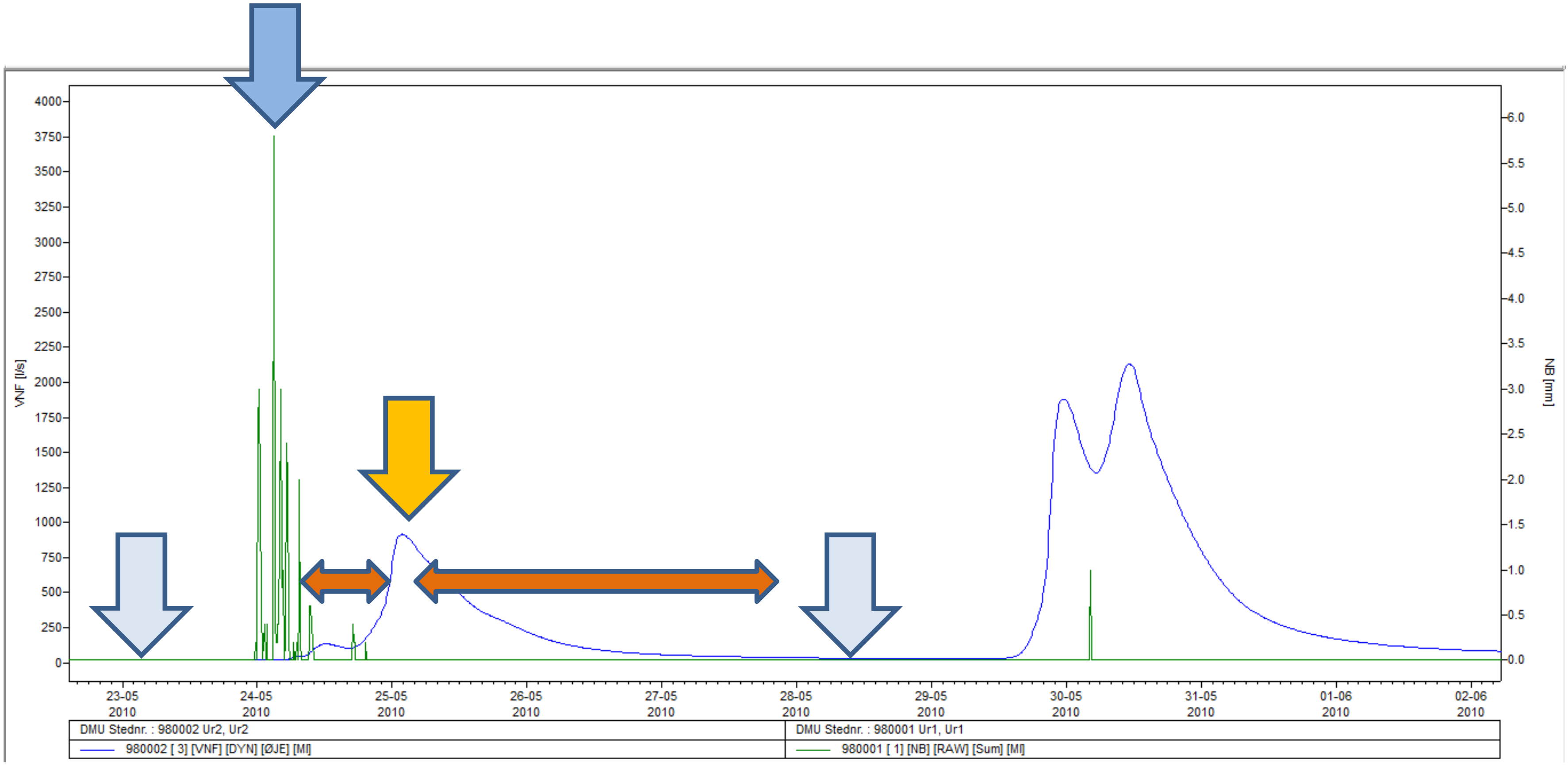


Hidrográfica:

registro continuo del caudal en función del tiempo

CURE
Centro Universitario
de la Región Este

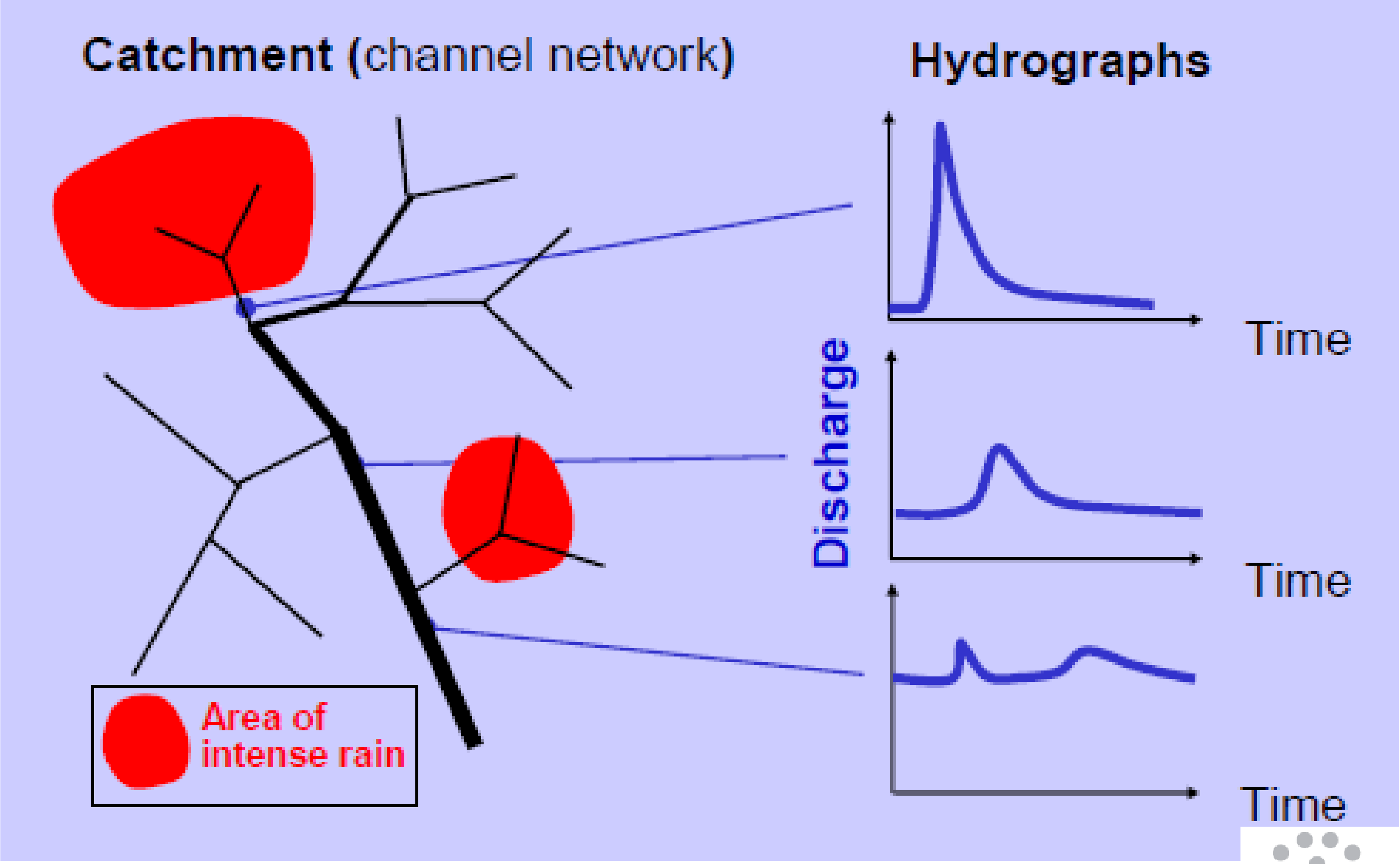
Heterogeneidad temporal



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

CURE
Centro Universitario de la Región Este

Heterogeneidad tempo-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.

CURE
Centro Universitario de la Región Este

(MM)

Heterogeneidad tempo-espacial

CURE
Centro Universitario
de la Región Este

Heterogeneidad tempo-espacial

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

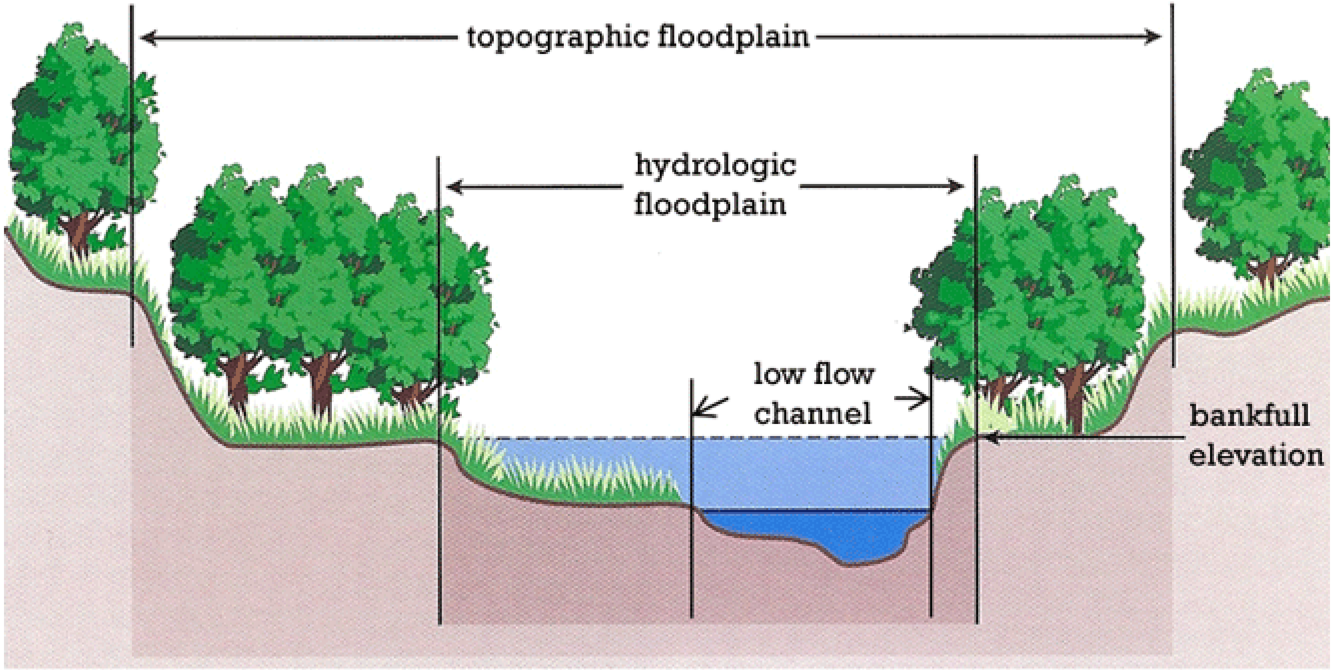
El concepto de **pulso de inundación**

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

CURE
Centro Universitario de la Región Este

Heterogeneidad tempo-espacial

Vínculo con el entorno / Conectividad

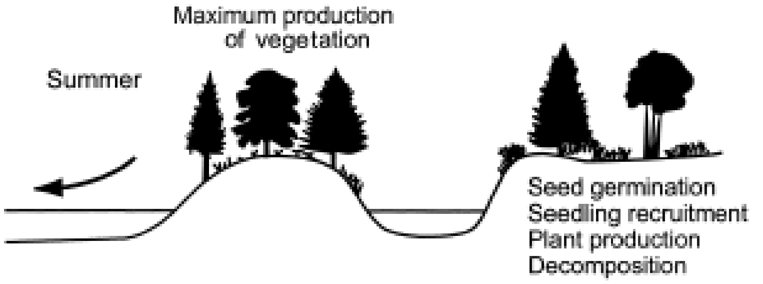


El concepto de **pulso de inundación**

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

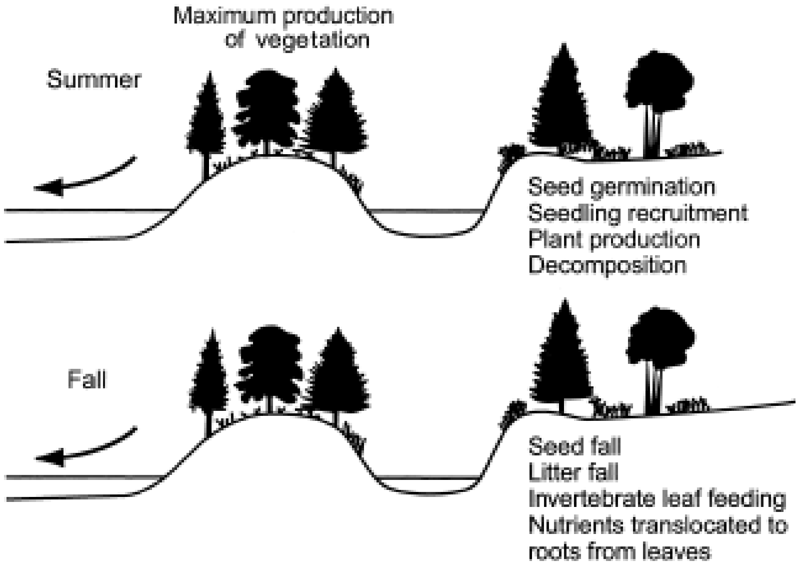
CURE
Centro Universitario de la Región Este

Pulso de inundación



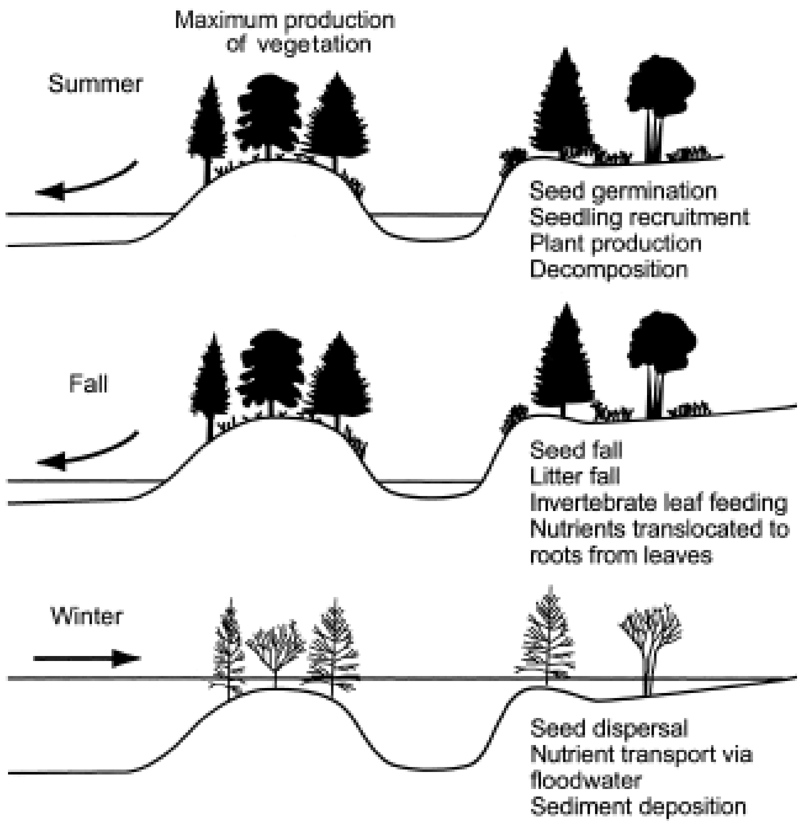
CURE
Centro Universitario de la Región Este

Pulso de inundación



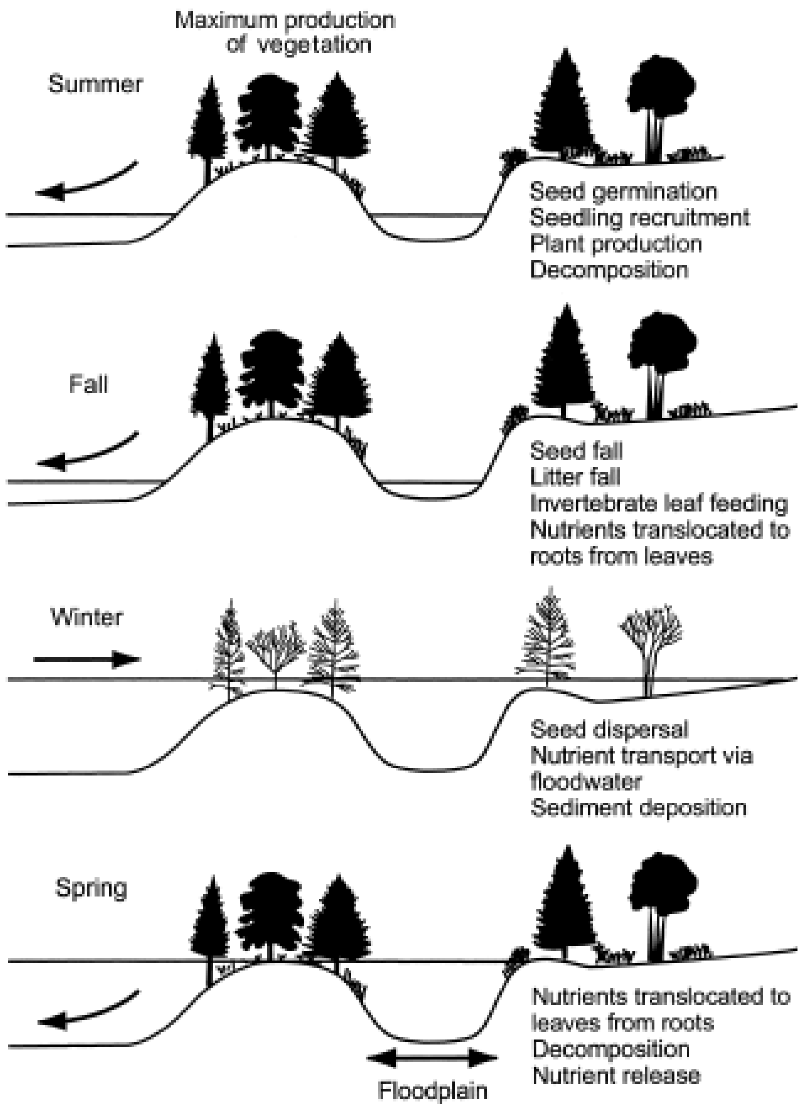
CURE
Centro Universitario de la Región Este

Pulso de inundación



CURE
Centro Universitario
de la Región Este

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.

CURE
Centro Universitario de la Región Este

Fargo, North Dakota, USA (2011)

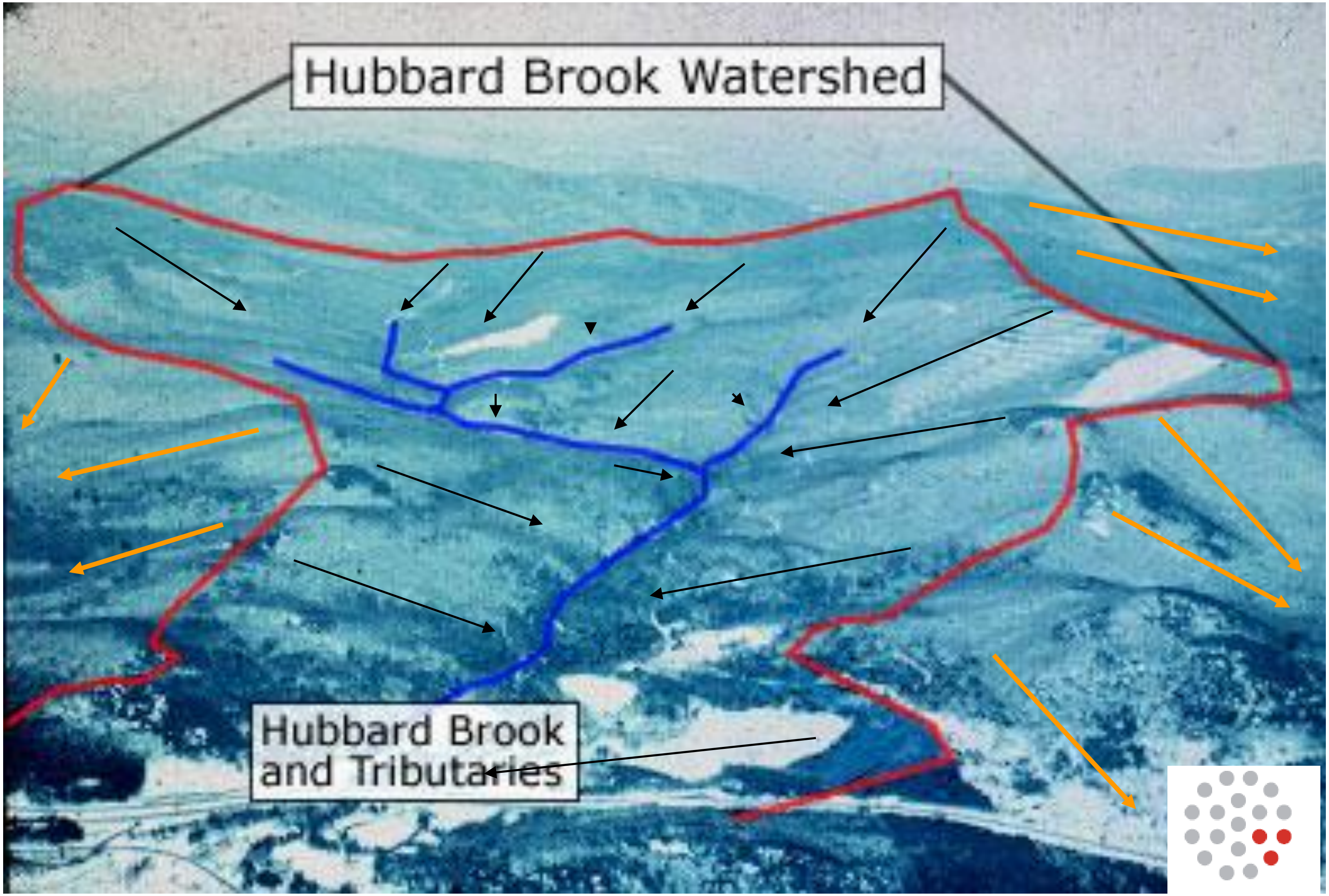
CURE
Centro Universitario
de la Región Este

Vínculo con entorno / Conectividad

CURE
Centro Universitario
de la Región Este

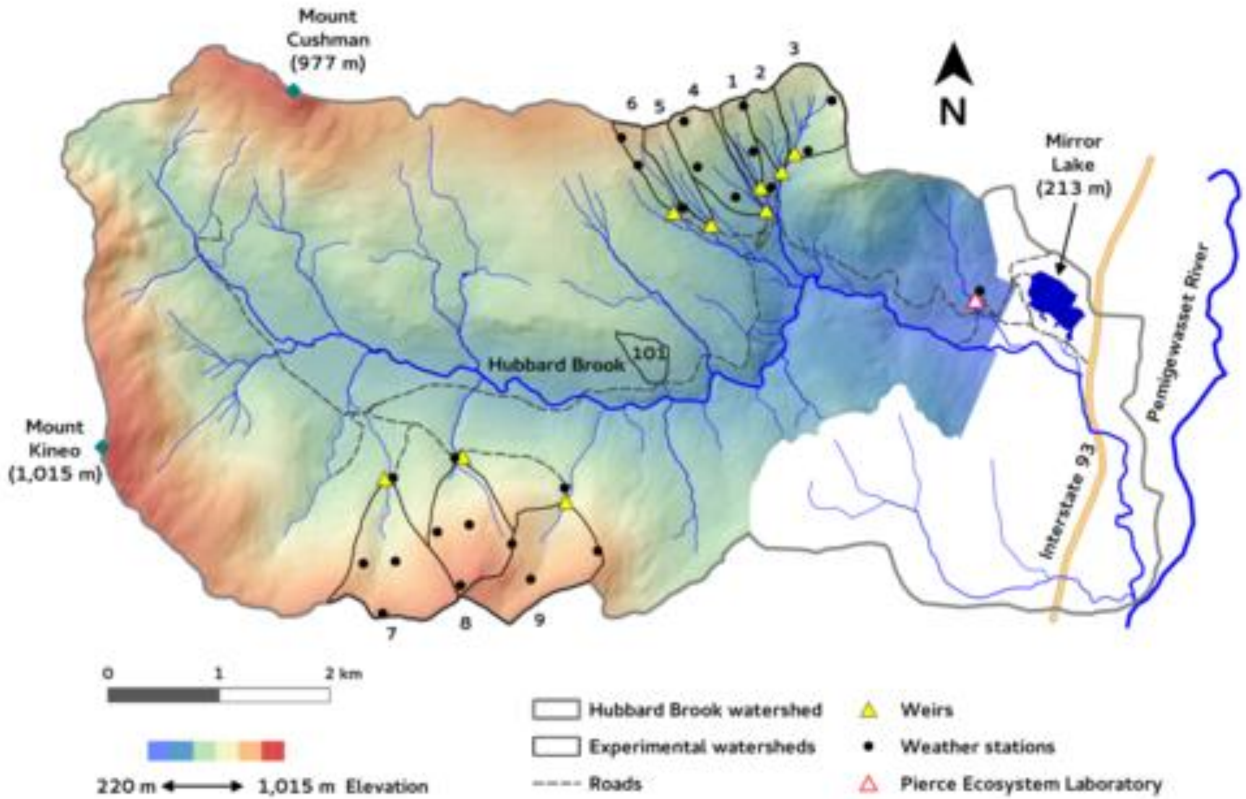
Vínculo con el entorno / Conectividad

Vínculo con el entorno / Conectividad



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

CURE
Centro Universitario
de la Región Este


Mount
Cushman
(977 m)
Mount
Kineo
(1,015 m)
Mirror
Lake
(213 m)
N
Hubbard Brook
101
Pemigewasset River
Interstate 93
1
2
3
4
5
6
7
8
9
0
1
2 km
220 m
1,015 m Elevation
Hubbard Brook watershed
Experimental watersheds
Roads
Weirs
Weather stations
Pierce Ecosystem Laboratory

HUBBARD BROOK ECOSYSTEM STUDY

About | Research | Publications & Media | Data | Education | Science & Society | Hubbard Brook Research Foundation | SUPPORT

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.

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

http://www.hubbardbrook.org/

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.

Bornman, F.H. & G.E. Likens. **1967** Nutrient cycling. *Science* 155: 424-8.

DOI: 10.1126/science.155.3761.424

CURE

Centro Universitario de la Región Este

Vínculo con el entorno / Conectividad

❶ cuenca como unidad de estudio

❷la 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/

CURE
Centro Universitario
de la Región Este

Vínculo con el entorno / Conectividad

CURE
Centro Universitario
de la Región Este

Vínculo con el entorno / Conectividad

CURE
Centro Universitario
de la Región Este

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 ⇧