

# Introducción a los ecosistemas fluviales: funcionamiento y vulnerabilidad

- Importancia
- Organización jerárquica
- Unidades funcionales
- Las 4 dimensiones

Guillermo Chalar

Limnología, Facultad de Ciencias

[gchalar@fcien.edu.uy](mailto:gchalar@fcien.edu.uy)

Mayo 2023



# ¿POR QUÉ LOS RÍOS?

Casi el 90% de la población mundial vive a poca distancia de un sistema fluvial.

## Beneficios:

- Fuente de agua
- Alimentos

Pesca: anual: 12 millones toneladas de pescado, proteínas para 160 millones de personas, trabajo a 60 millones de personas (55% son mujeres)

- Riego: 60% de los cultivos irrigados equivalente al 25% de la producción de alimentos
- Transporte, recreación, evacuación de desechos, generación hidroeléctrica,...

Además de beneficios para las personas, **los ríos son ecosistemas que sustentan una alta biodiversidad:**

- albergan casi el 50 % de todas las especies de peces
- gran cantidad de especies vegetales, de aves acuáticas y de invertebrados
- además mantienen los bosques ribereños, humedales y marismas que proporcionan refugios para la reproducción del 40 % de las especies del mundo.

Aunque el agua dulce representa menos de 1% del agua corriente de la Tierra, alberga **un 10% de todas las especies conocidas**, entre ellas **un tercio de todos los vertebrados**.

Los sistemas de agua dulce también albergan unas **270 especies de tortugas**, más de **1300 especies de cangrejos** y en torno a **5700 especies de libélulas**

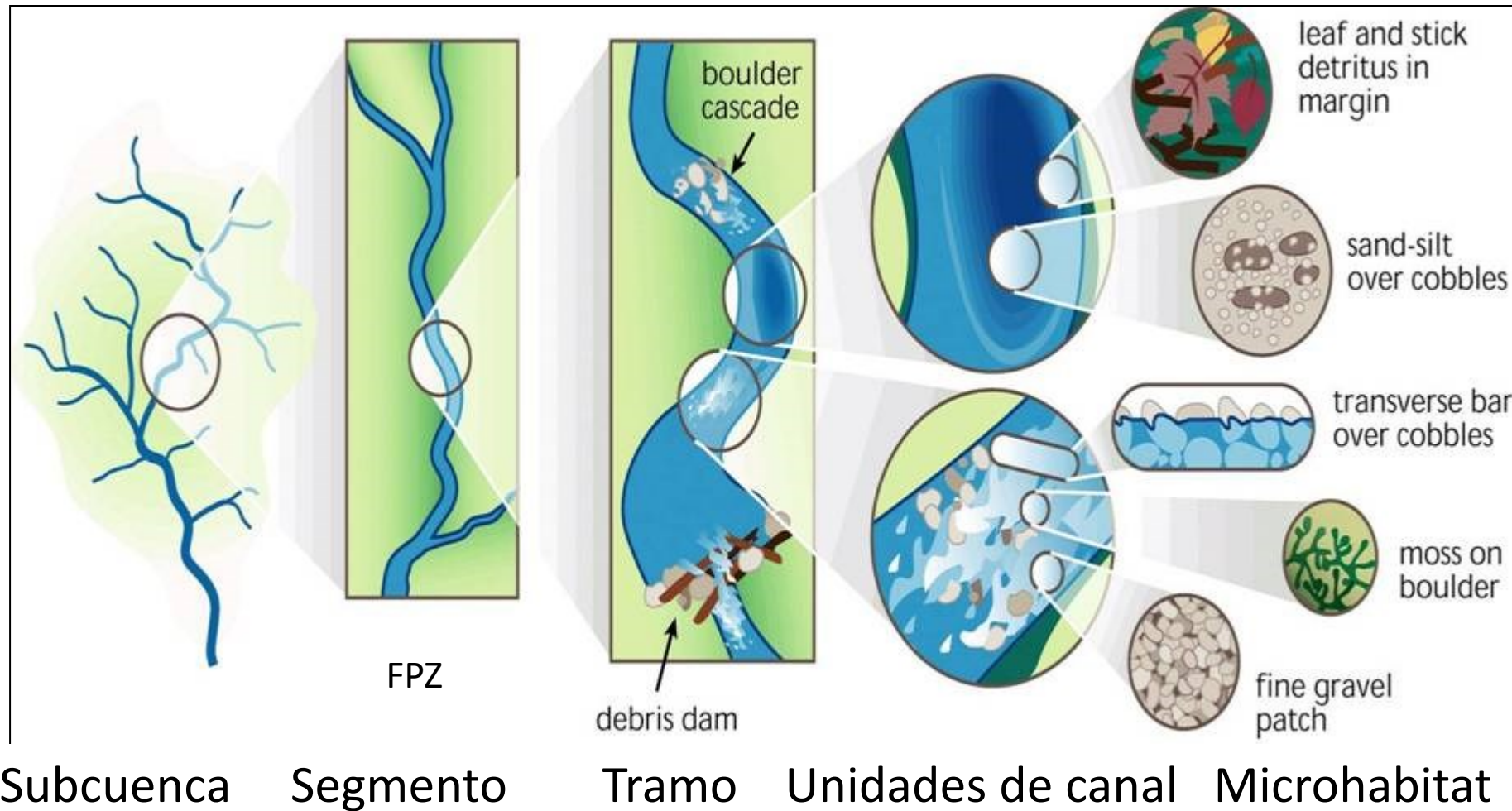
Guohuan et al., Science, 2021

Más de la mitad de las cuencas fluviales de agua dulce del planeta están fuertemente afectadas por las actividades humanas

53% presentan disminución de la biodiversidad y homogenización de especies y habitats

# ORGANIZACIÓN JERÁRQUICA Y ANIDADA

# Escalas espaciales anidadas



# DIFERENTES PROCESOS OPERAN A DISTINTAS ESCALAS DE TIEMPO:

- En pocas horas puede ocurrir una crecida
- A lo largo del año pueden sucederse los cambios de temperatura o los pulsos de inundación
- En decenas o centenas de años pueden registrarse situaciones extremas de niveles de agua o temperatura.

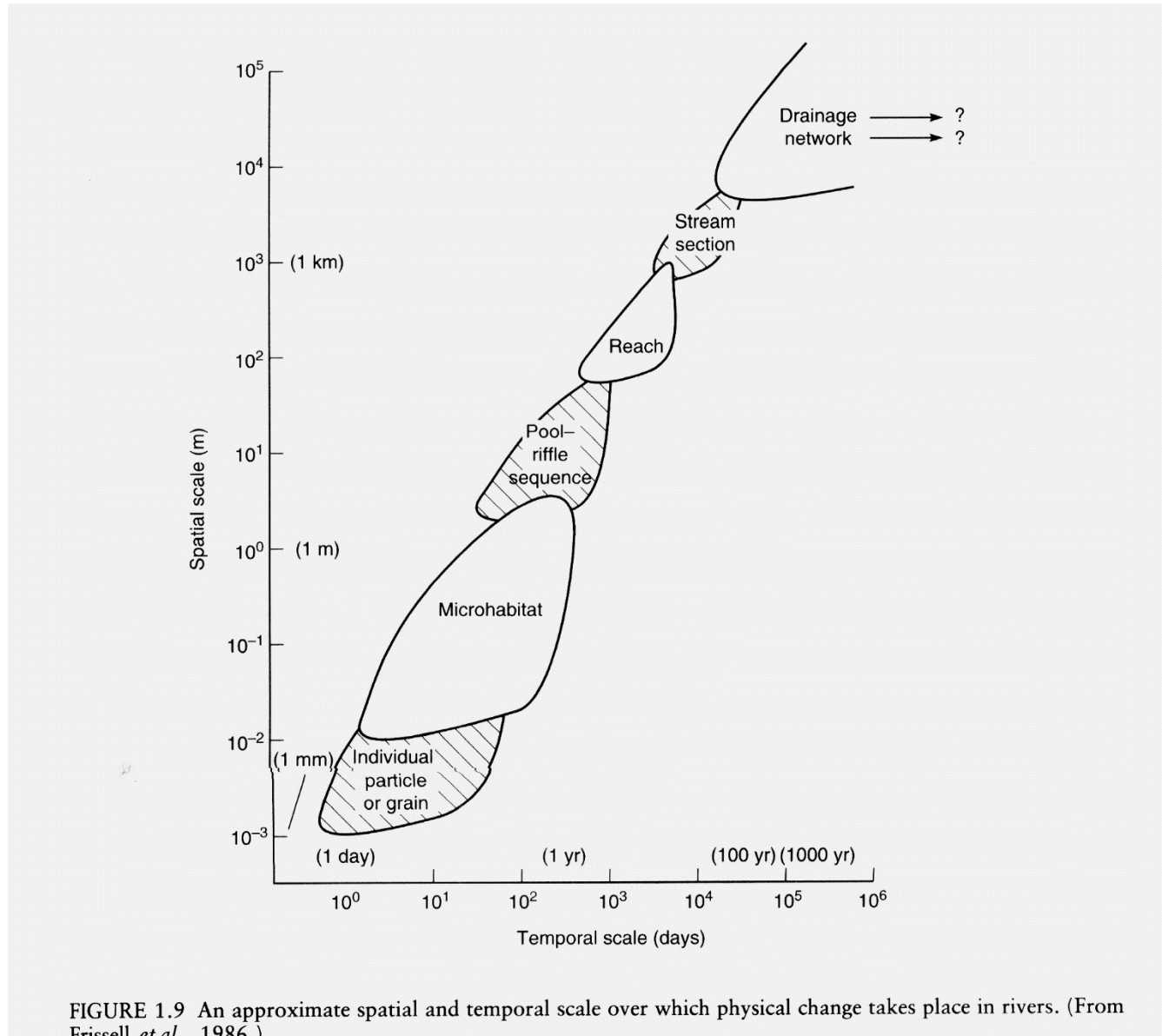


FIGURE 1.9 An approximate spatial and temporal scale over which physical change takes place in rivers. (From Frissell *et al.* 1986)

Cuanto mayor es la escala, más lentos son los procesos y las tasas de cambio





En 2013 se constató un evento de mal sabor y turbidez del agua de GKX en la zona de San Pablo (Brasil), lo que generó preocupación por la contaminación. Más allá de la contaminación por eutrofización (Borroni, 2015) ante esta situación, se han identificado los principales factores de contaminación de las aguas de la zona, como: residuos sólidos, aguas residuales, pesticidas, herbicidas, fertilizantes, entre otros. Las recomendaciones y medidas adoptadas por el gobierno municipal de San Pablo, Brasil, para garantizar la potabilidad del agua, de carácter preventivo y correctivo, se basan en los indicadores de contaminación ambiental de puntos críticos (Borroni, 2015). En estos indicadores se refieren al período 2004-2011, cuando se realizó un estudio de contaminación de aguas de San Pablo (Brasil) por sus aguas de San Pablo (Brasil) con la DEMA en dos programas de San Pablo (Brasil). El primer programa estableció el modelo estructural del río y identificó los puntos críticos y diferentes tipos de contaminación de diferentes estaciones del río San Pablo. Desde 2011, la DEMA adoptó un enfoque de trabajo en conjunto con el proceso de saneamiento en 30 puntos de varias ciudades de agua de San Pablo en sus diversos trabajos de investigación de la Universidad de San Pablo está por encima de los estándares nacionales aceptados. También son indicadores de cargas orgánicas denominados DBO (demanda biológica de oxígeno) y DQO (demanda química de oxígeno). Las fuentes difusas y de carácter puntual. Las fuentes difusas pertenecen a la cuenca: agrícola, doméstica y forestal; también, en donde las fuentes puntuales están vinculadas a los centros poblados con asentamiento humano, los residuos sólidos urbanos y los industriales, principalmente. Los factores contaminantes se atribuyen a fuentes difusas de tipo agrícola de los cuerpos de agua de la cuenca, condición para las condiciones determinadas condiciones de luz y temperatura. Estas aumentan en relación con el aumento de la actividad fotosintética del agua, basado en el índice de Estado Trófico (EST) para ríos del Estado de San Pablo (Brasil) (Quintana, 2015). Se han desarrollado índices del estado trófico del agua, basado en el Índice de Estado Trófico (EST) para ríos del Estado de San Pablo (Brasil) (Quintana, 2015). Se usaron a los estudios analíticos los niveles de agroquímicos y de GKX en el territorio de San Pablo (Brasil) y la ubicación de fuentes puntuales, con los principales subcuencas y la ubicación de fuentes puntuales, en el territorio de las fuentes de la contaminación. Se distinguen tres zonas de contaminación: Aguas arriba (fuentes difusas), Zona central de la cuenca (puntos críticos) y Aguas abajo (fuentes puntuales). Las reservas de agua de San Pablo (Brasil) son: San Pablo (Brasil) y San Pablo (Brasil). San Pablo (Brasil) es una particular importancia, dado que es de allí que GKX toma el agua para su uso en San Pablo (Brasil). La Universidad de San Pablo ha realizado la investigación en estas reservas de agua de San Pablo (Brasil) en San Pablo (Brasil) en San Pablo (Brasil). San Pablo (Brasil) es una particular importancia, así como otras formas de contaminación que pueden afectar en el río San Pablo (Brasil) (Quintana, 2015), p. 2-24 y 2-24.

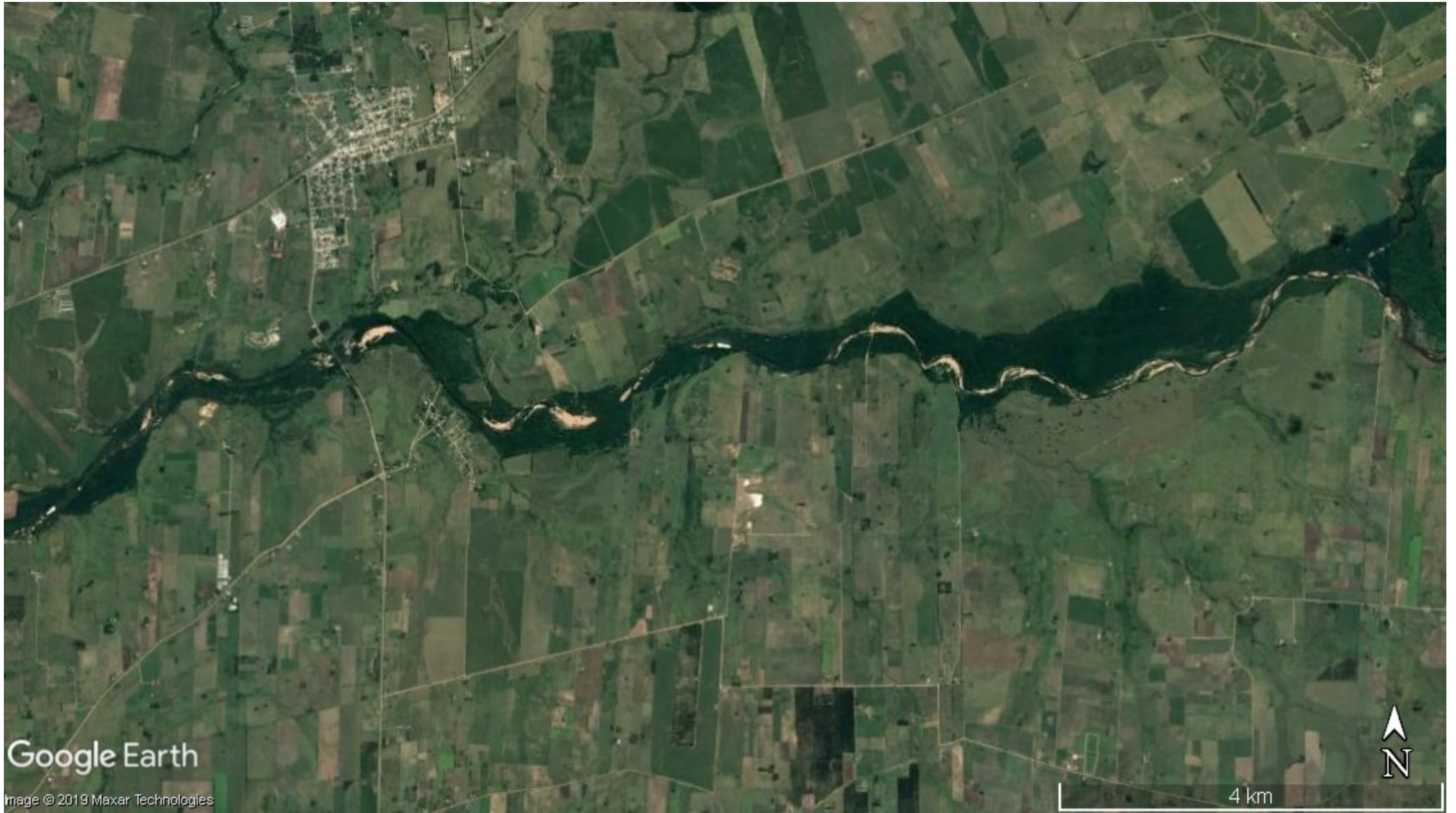


Google Earth

Image Landsat / Copernicus

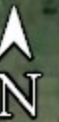


30 km



Google Earth

Image © 2019 Maxar Technologies



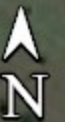
4 km



Google Earth

Image © 2019 Maxar Technologies

600 m





Google Earth

Image © 2019 Maxar Technologies



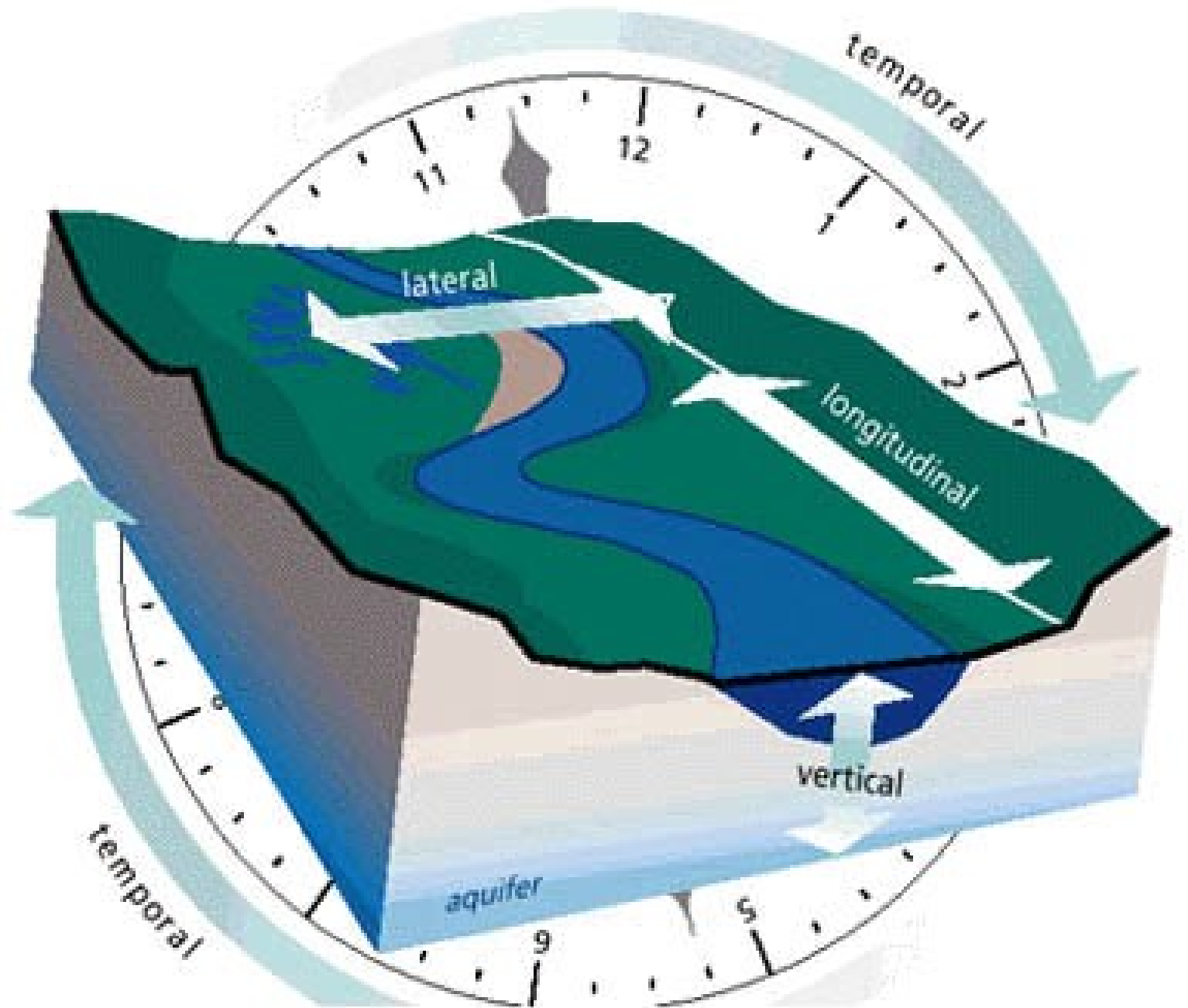
100 m



## Las cuatro dimensiones de los ecosistemas fluviales (Ward 1989)

Alta dinámica temporal y espacial:

La forma, el tamaño y el contenido de los ríos cambian constantemente, con gran interdependencia entre el río y las regiones que recorre



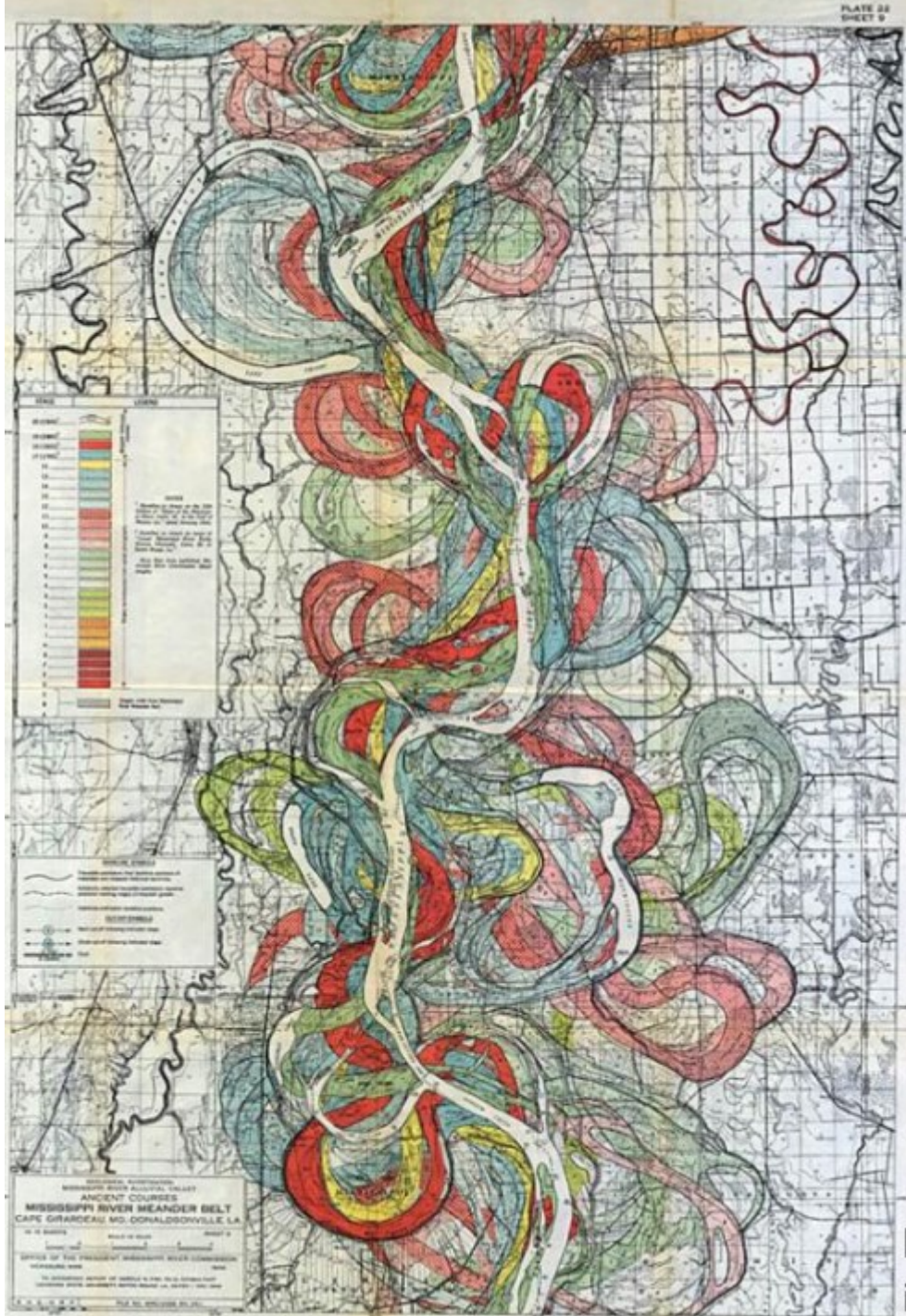
**El flujo de agua es el maestro** que moldea el ecosistema en todas sus dimensiones, genera heterogeneidad espacial, crea y destruye hábitats permanentemente (disturbios).

Estos procesos favorecen la alta biodiversidad observada

La variabilidad es lo normal, no la constancia

Los organismos se adaptaron a vivir en una corriente de agua





# La dinámica temporal del río y la zona ribereña

Cambios en el curso del Mississippi  
durante los últimos 2000 años (U.S.  
Army Corps of Engineers, 1944)

<https://archipressone.wordpress.com/tag/mississippi/>

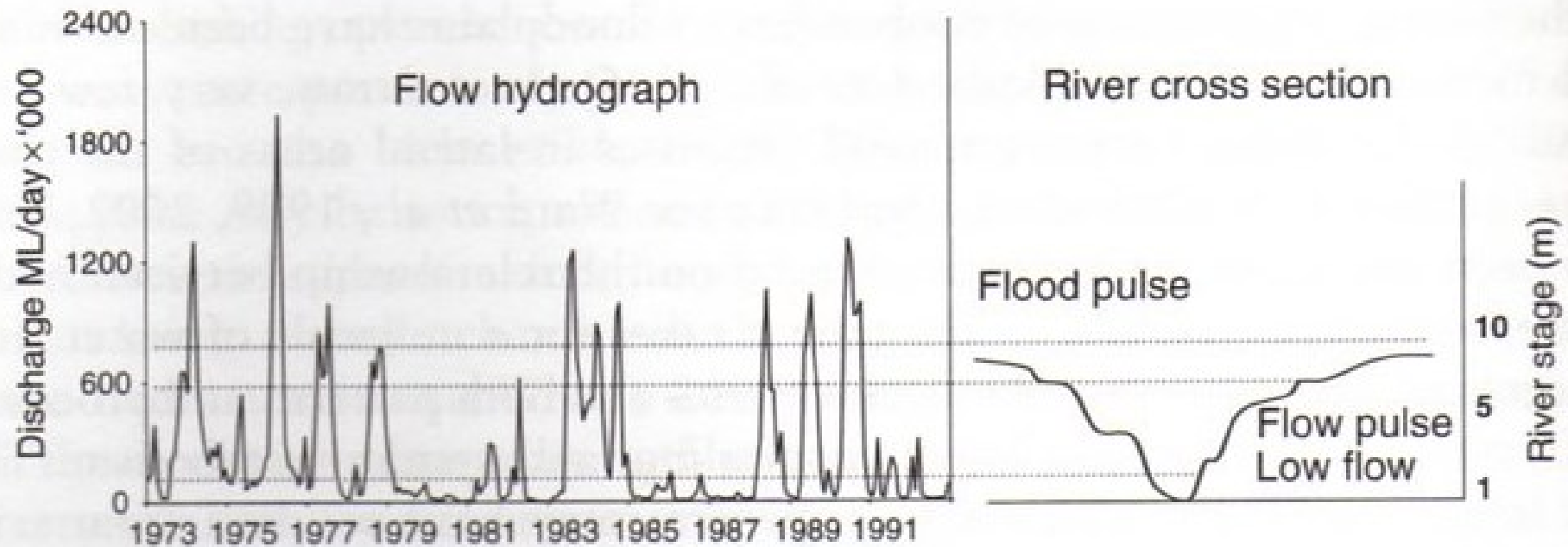
# La dimension temporal

En gran medida esta definida por las **variaciones del caudal** y de **la temperatura**

# Régimen hidrológico

18

*The Riverine Ecosystem Synthesis*



**FIGURE 2.1** River hydrograph and river channel cross section illustrating low flow, flow pulse, and flood pulse for the Darling River at Bourke, southeastern Australia.

## Dimensiones del flujo de agua:

\* Velocidad (m/s)

\* Caudal (l/s), (m<sup>3</sup>/día)

• Competencia: Capacidad para el transporte de sedimentos

\* Los organismos se adaptaron a vivir en una corriente de agua sobre o dentro de los sedimentos

\* Forma del cuerpo hidrodinámica (ej. Fusiforme), usar lastre, vivir en la zona cercana al fondo (capa límite)



Fig. 64. Sixteen groups of copepods: 65. *Diaptomus*; 66. *Diaptomus*; 67. *Diaptomus*; 68. *Diaptomus*; 69. *Diaptomus*; 70. *Diaptomus*; 71. *Diaptomus*; 72. *Diaptomus*; 73. *Diaptomus*.



Fig. 11-26. *Collembola* de terenurile acvatice. 11. *Stethonema* sp. (Stethonemidae). 12. *Stethonema* sp. (Stethonemidae). 13. *Stethonema* sp. (Stethonemidae). 14. *Stethonema* sp. (Stethonemidae). 15. *Stethonema* sp. (Stethonemidae). 16. *Stethonema* sp. (Stethonemidae). 17-20. Larve de Coleoptera. 21. *Stethonema*. 22. *Stethonema*. 23. *Stethonema*. 24. *Stethonema*. 25. *Stethonema*. 26. *Stethonema*.

## La dimension longitudinal

Los ecosistemas fluviales naturales están conformados por ríos que fluyen libremente.

Hay una conectividad hidrológica natural marcada por el flujo unidireccional (a escala de tramo o mayor) del agua desde las nacientes hacia la desembocadura

Se producen ciclos de transporte y deposición de sedimentos, organismos y detritos, que alimentan y recrean el ambiente aguas abajo

Pero también hay un transporte aguas arriba fundamental e importantísimo para todo el ecosistema fluvial y las personas

Saben cual?



# Las migraciones de los peces







Peces Muertos aguas abajo de Represa de Palmar, octubre 2017

# REPRESAS EN EL MUNDO

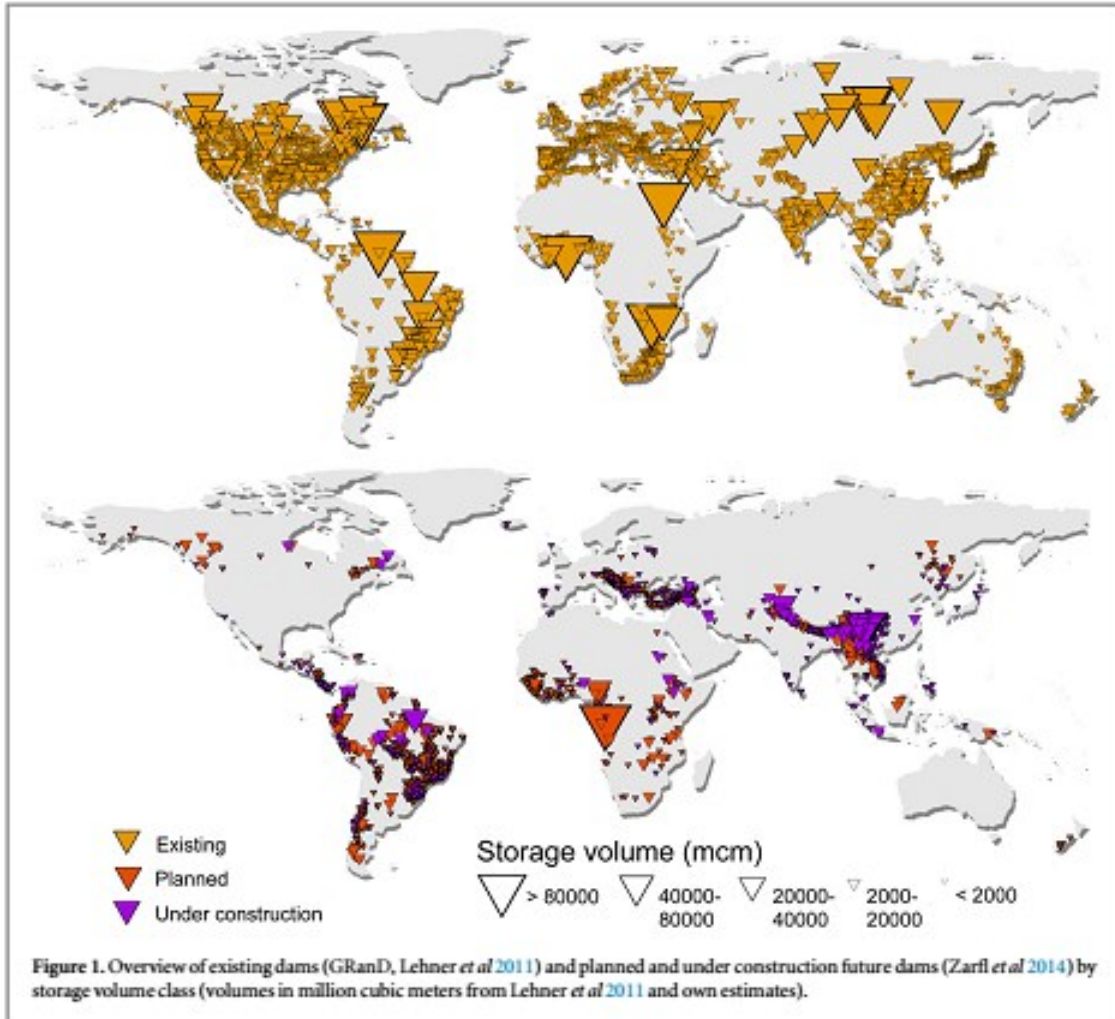


Table 1. Estimation of the global number of reservoirs, representative mean areas per size class, total areas, and reservoir volumes, as compiled in GRanD and as derived from the Pareto distribution model (see WebPanel 2), grouped by reservoir size classes

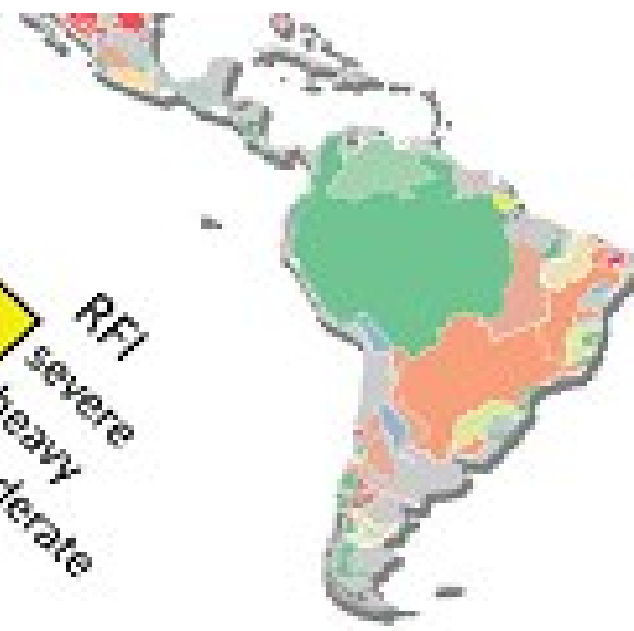
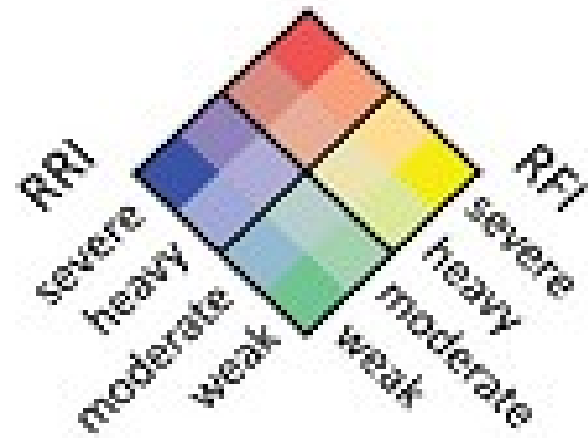
Reservoir surface area (km <sup>2</sup> )		GRanD				Pareto model			
Min	Max	Number <sup>a</sup>	Avg area (km <sup>2</sup> )	Total area <sup>b</sup> (10 <sup>3</sup> km <sup>2</sup> )	Volume (km <sup>3</sup> )	Number	Avg area (km <sup>2</sup> )	Total area (10 <sup>3</sup> km <sup>2</sup> )	Volume (km <sup>3</sup> )
0.0001	0.001					13 951 674	0.000280	3.9	169.5
0.001	0.01					2 311 673	0.00280	6.5	254.8
0.01	0.1					383 024	0.0280	10.7	383.1
0.1	1	1275	0.48	0.6	35.6	63 464	0.280	17.8	575.9
1	10	3472	3.8	13.2	297.2	10 515	2.80	29.5	865.9
10	100	1683	30.1	50.7	1194.6	1742	28.0	48.8	1301.9
100	1000	348	278.0	96.7	1941.6	289	280.3	80.9	1957.5
1000	10000	59	2497.3	147.3	2371.4	48	2803.0	134.1	2942.9
10000	100000	4	35 973.4	143.9	312.6	8	28 030.3	222.2	4424.6
Total number of reservoirs:		Total reservoir area <sup>b</sup> : 507 102 km <sup>2</sup>				Total storage volume:			
16.7 million		Total added reservoir area <sup>c</sup> : 305 723 km <sup>2</sup>				8069.3 km <sup>3</sup>			

Notes: Global totals are calculated as the sum of values from GRanD for reservoirs larger than 10 km<sup>2</sup> and from the Pareto model for reservoirs smaller than 10 km<sup>2</sup>. Other values are provided for comparison. <sup>a</sup>A few GRanD reservoirs were not included in the list because of inadequate information on area or volume. <sup>b</sup>The total reservoir area in GRanD includes regulated natural lakes (such as Lakes Victoria, Baikal, and Ontario). <sup>c</sup>The total "added" reservoir area excludes regulated natural lakes (as indicated in GRanD).

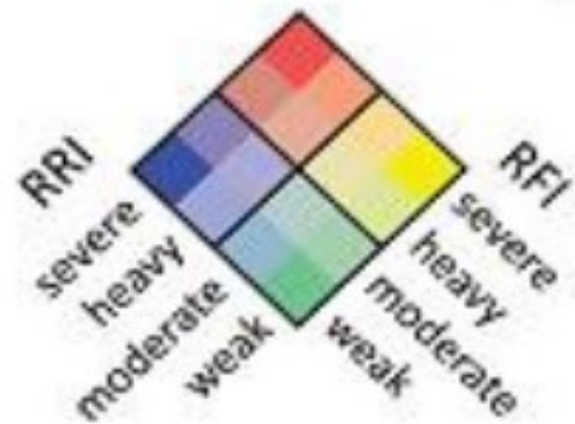
Area de Uruguay: 176 216 Km<sup>2</sup>

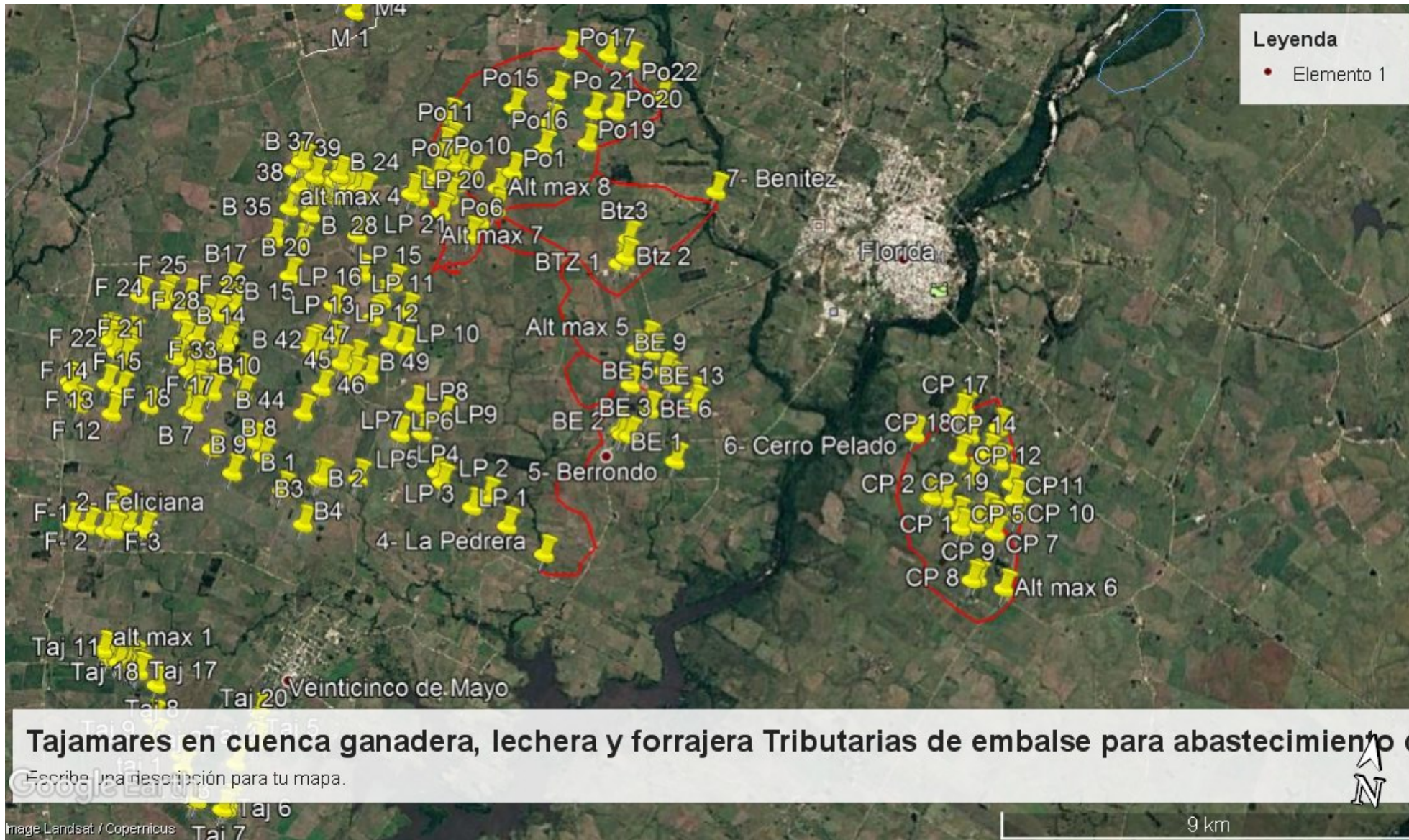
Grill *et al.*, 2015. *Environ. Res Lett* 10(015001)

## Basin



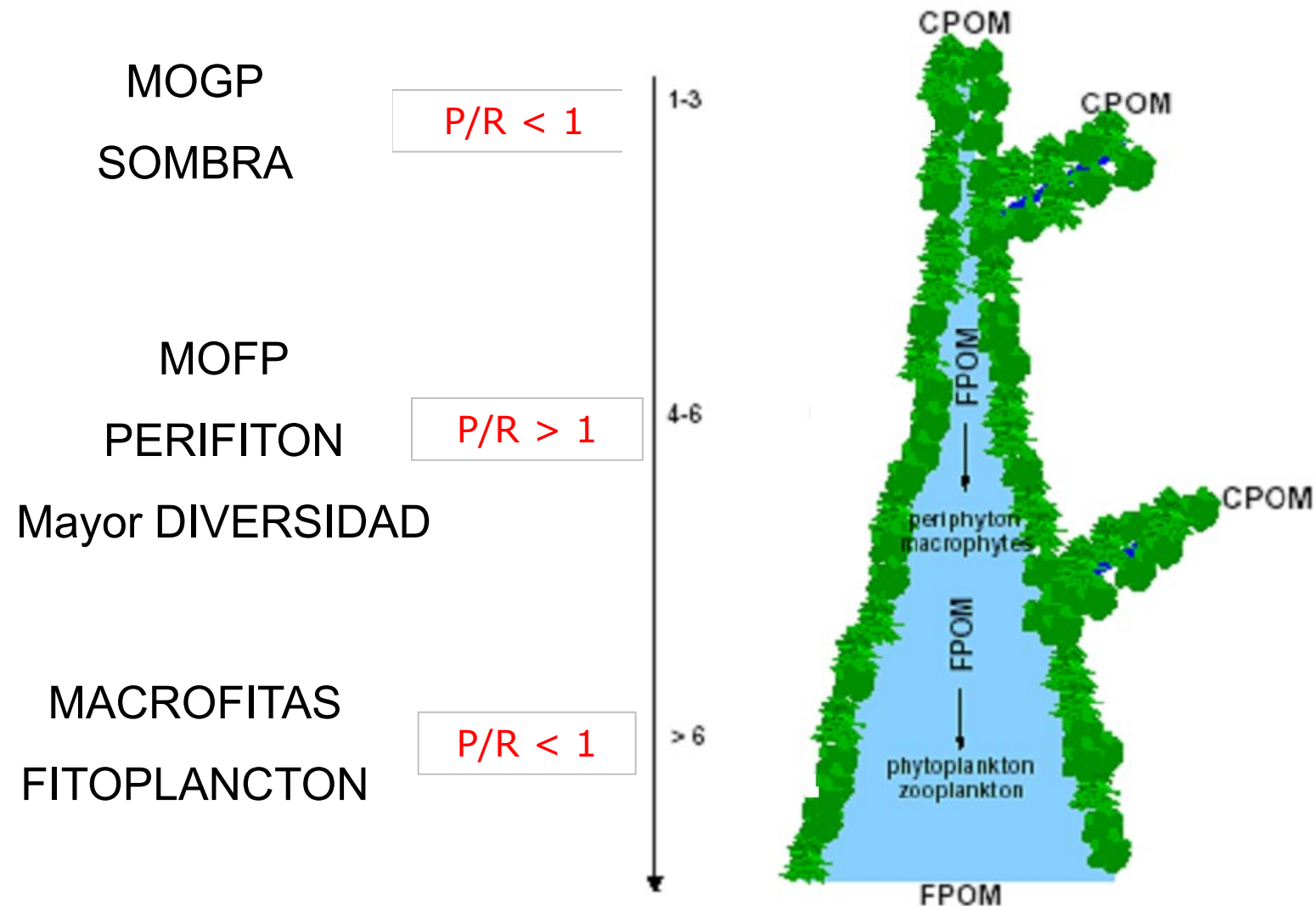
## Subbasin





Chalar et al., 2017

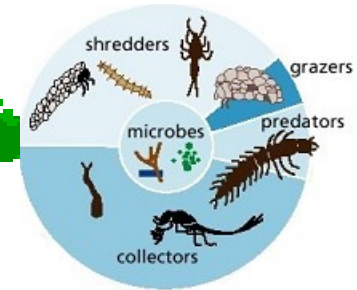
# El concepto del río continuo ( *River Continuum Concept*, Vannote et al., 1980)



OM (CPOM, >1 mm), fine particulate OM (FPOM, <1 mm and >0.5 mm), and DOM (<0.5 mm).

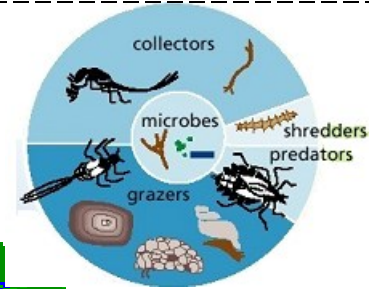
Fragmentadores y  
colectores (CPOM y FPOM)

headwater



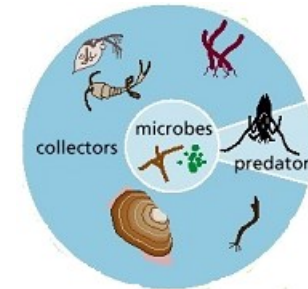
Grazers o raspadores  
algas adheridas dominan  
> PP

midreach



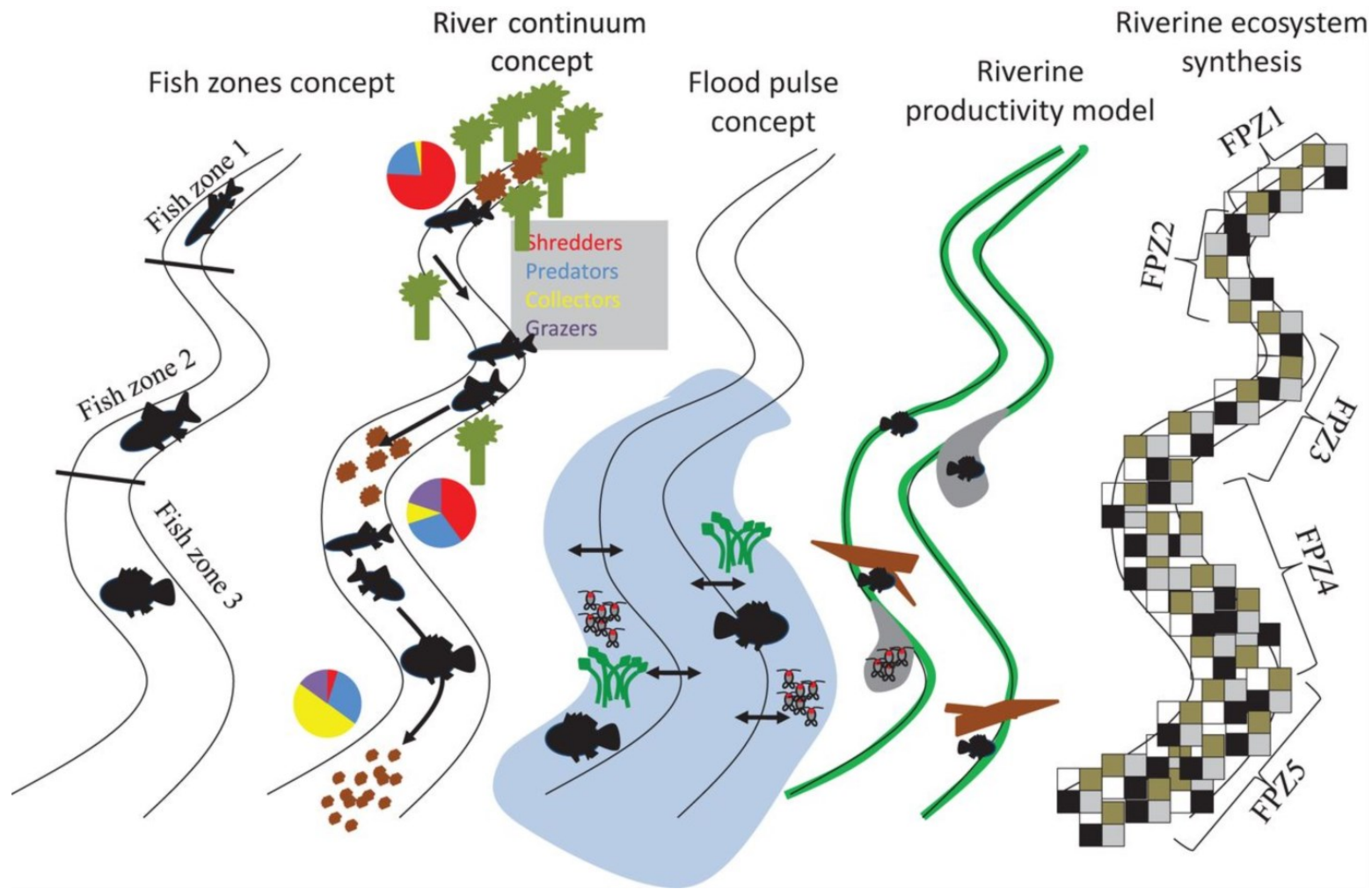
Colectores reducción del  
tamaño de partícula  
MOFP

lower  
reach



Depredadores  
cambian poco





From: The River Wave Concept: Integrating River Ecosystem Models

BioScience. 2014;64(10):870-882. doi:10.1093/biosci/biu130

BioScience | © The Author(s) 2014. Published by Oxford University Press on behalf of the American Institute of Biological Sciences. All rights reserved. For Permissions, please e-mail: journals.permissions@oup.com.

## La dimension lateral

Pulsos de caudal: no predecibles, menor duración, adaptaciones biológica de resistencia a la sequía y momentos de inundación.

Pulsos de inundación: regulares, predecibles, forman parte de los ciclos de vida de los organismos adaptaciones complejas, meses secos y meses bajo agua

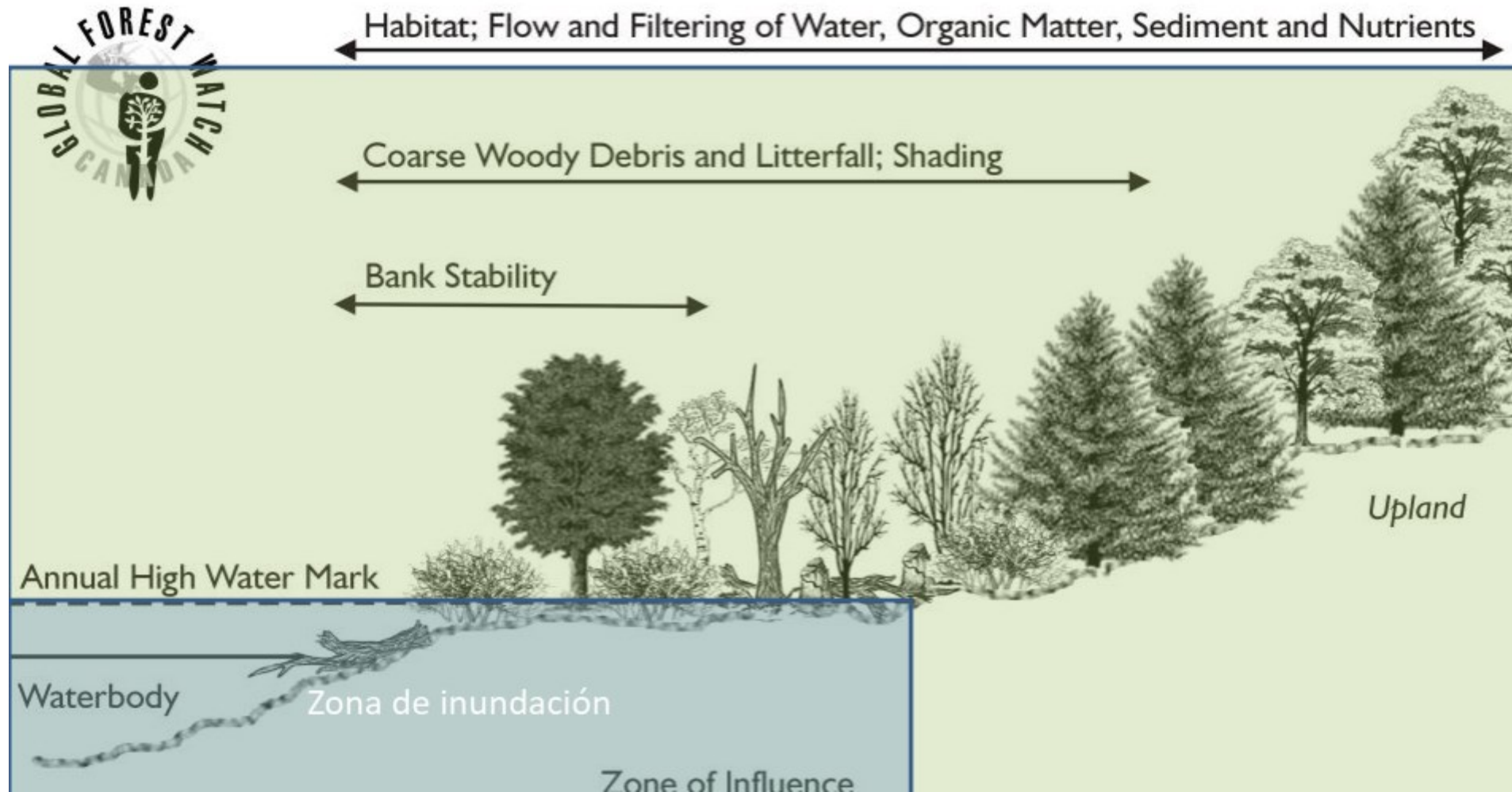
Planicie de inundación



Zona ribereña



# Zona Ribereña: extensión espacial por función



# Luz, Temperatura,



# PLANICIE DE INUNDACIÓN

Flood pulse concept (Junk, 1989)

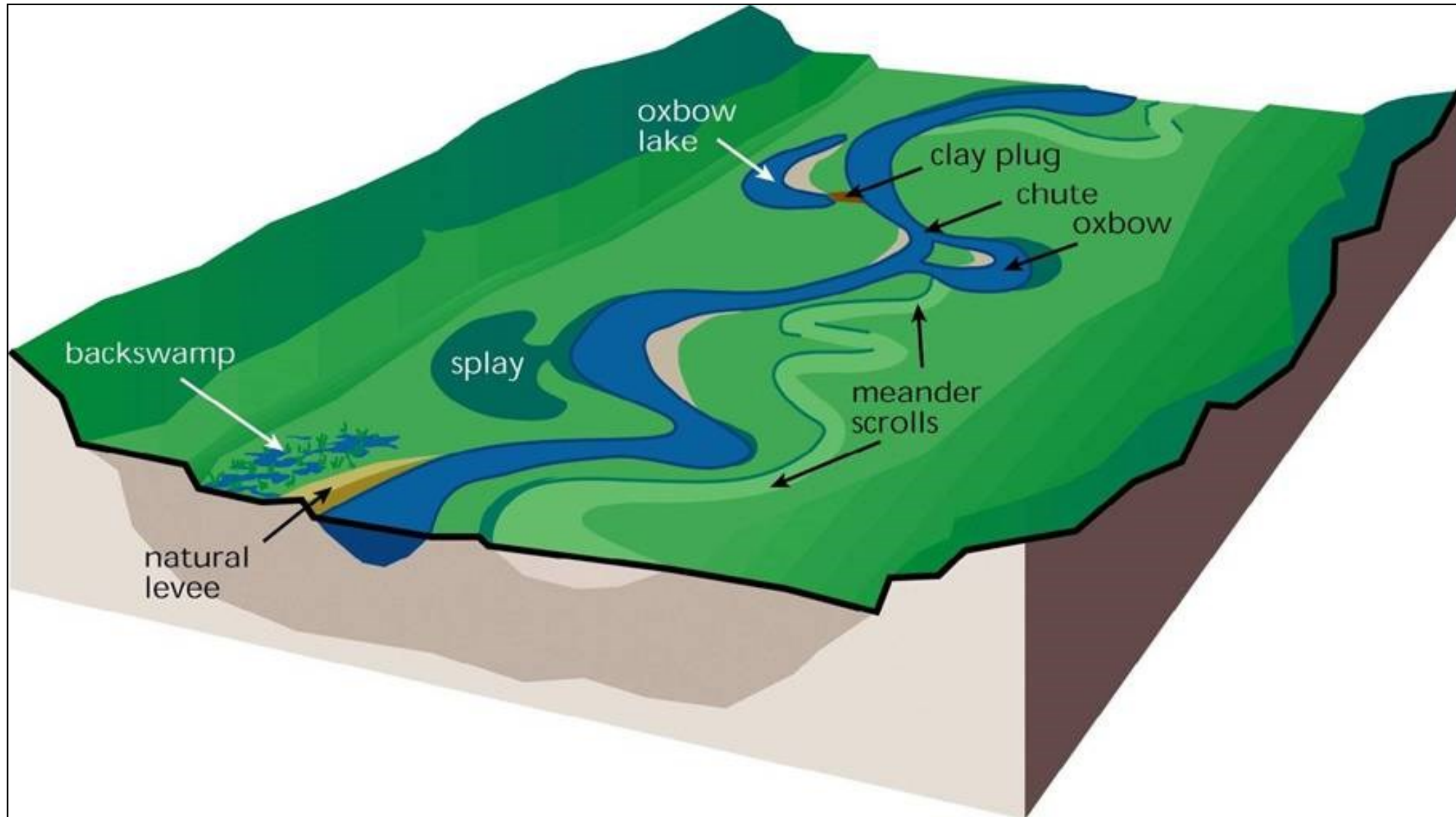
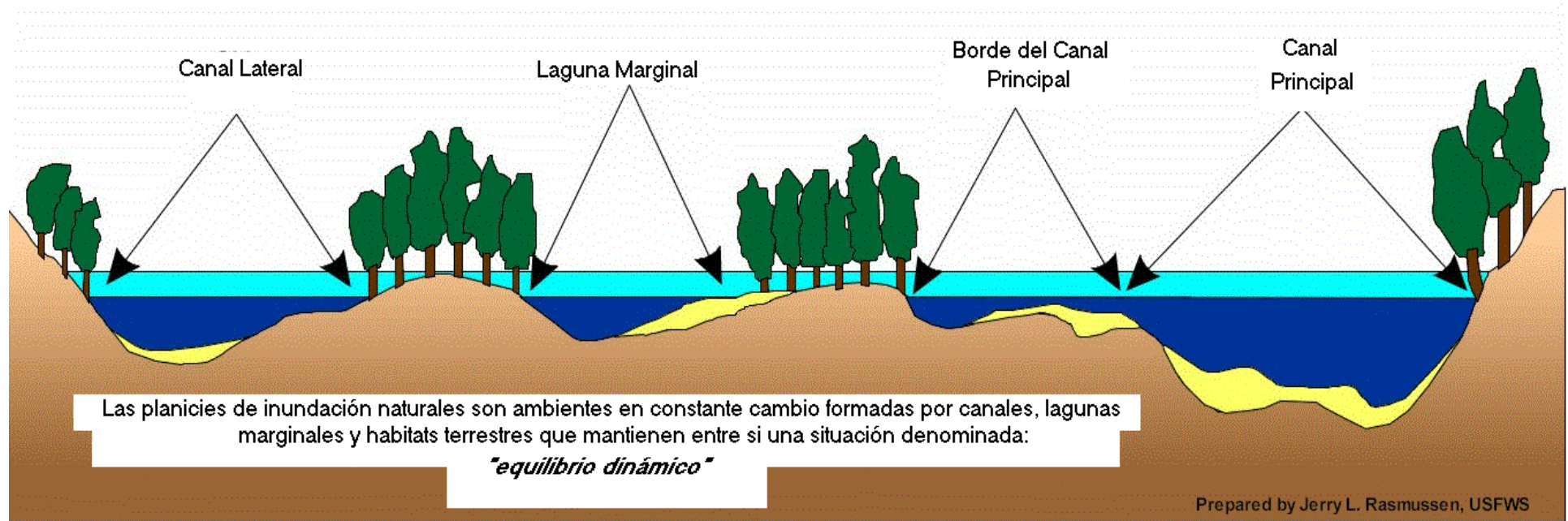


Figure 1.21

## PULSOS DE INUNDACIÓN (Junk, et. al, 1989)



# HUMEDALES

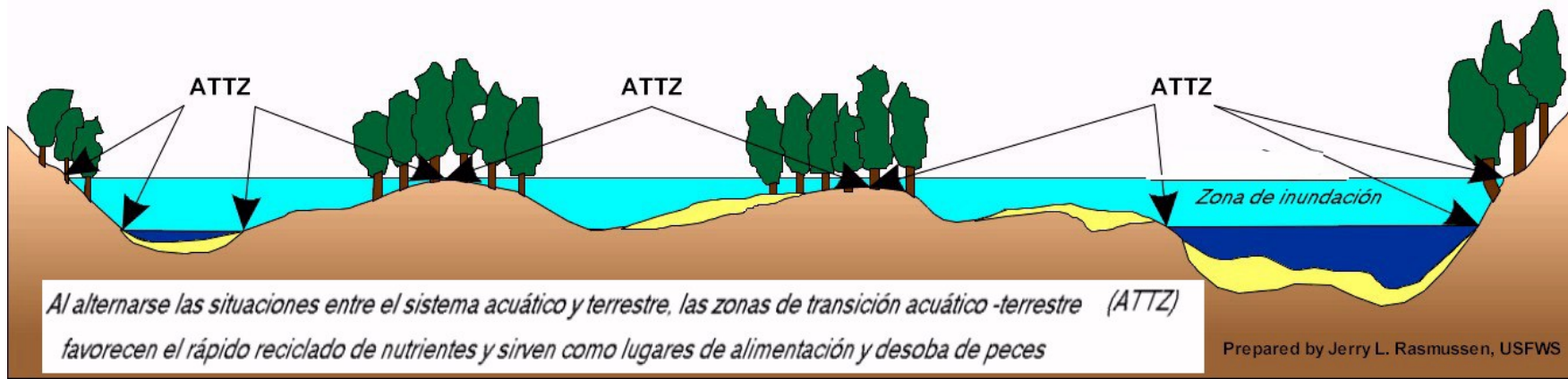
Planicies de inundación

Zonas de transición (Ecotonos )

Grandes Humedales: Son ecosistemas particulares no cubiertos por las disciplinas tradicionales (limnología, ecología de estuarios o terrestre)

→ La inundación y sequía periódica (pulso de inundación) son las fuerzas determinantes del sistema Río-Planicie

La planicie de inundación se considera parte integrante de sist. fluvial que periódicamente se junta y se separa del Río principal por las zonas de transición acuático-terrestres





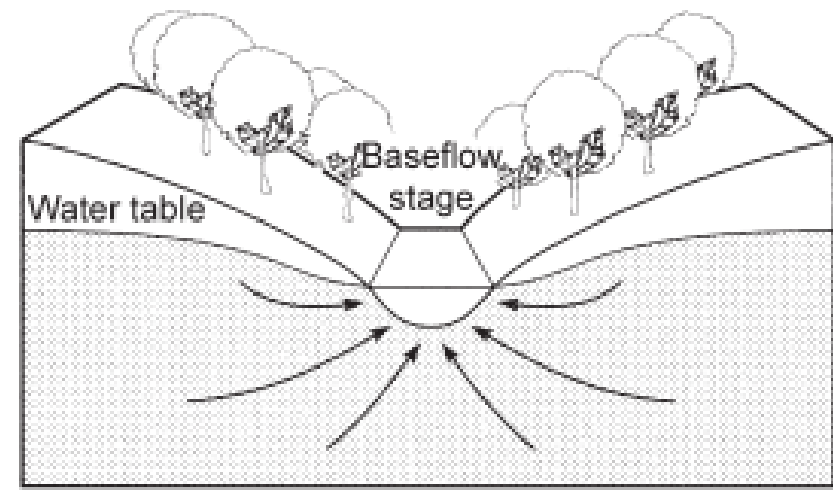
# La dimension vertical



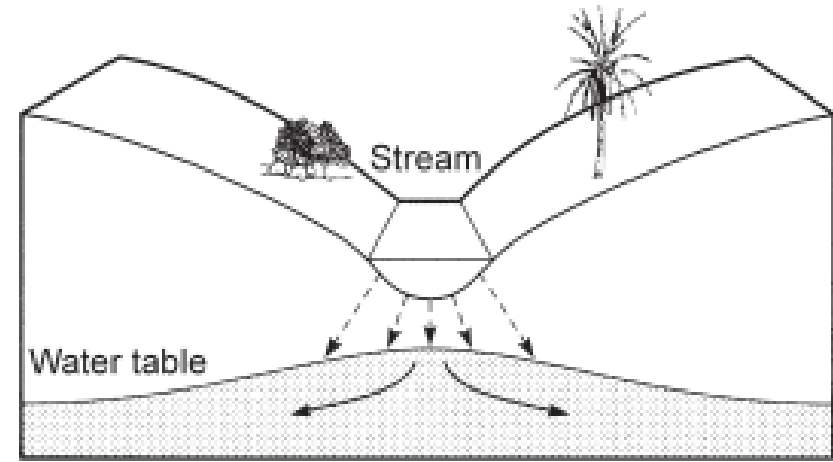
# La dimension vertical

## La zona hiporreica

Zona porosa por donde circula el agua bajo el lecho del rio



(a)



(b)

FIGURE 2.6 (a) Cross section of a gaining stream, typical of humid regions, where groundwater recharges the stream. (b) Cross section of a losing stream, typical of arid regions, where streams can recharge groundwater. (Reproduced from Fetter 1988.)

## Importancia del fondo de los rios y el hiporreos:

- Zona porosa por donde circula el agua bajo el lecho del rio
- Habitat de gran diversidad de organismos, invertebrados, peces, algas, plantas
- Conexión ecosistema bentónico – hiporreico posee alta capacidad de depuración del agua

Esta región cumple un rol fundamental para mantener el equilibrio dinámico entre todos los factores que determinan el estado de salud del río.

Es una **zona de transición** en la que se produce un intercambio constante de diferentes materiales y elementos químicos que están presentes en el curso de agua.

Esta zona tiene agua, pero esta no fluye a la misma velocidad que el agua del río sino que lo hace mucho más lento.

Los organismos de la zona hiporreica son **ingenieros ecosistémicos**.

Modifican el entorno constantemente. Están en movimiento, se desplazan entre esta región y la de agua superficial, transformando la superficie, aireando el sustrato y creando espacios para que otros organismos microscópicos proliferen.

Además metabolizan materia, forman parte del ciclo de Carbono, Nitrógeno y Fósforo. Transforman materia inorgánica en alimento para otros organismos del río.

Lamentablemente, esta zona tan importante ha desaparecido debido a prácticas humanas que intentan modificar los ríos

Video sobre el hiporreo

<https://vimeo.com/194274475>