DEFINICIÓN DEL CONCEPTO DE ZONA RIPARIA Y VEGETACIÓN DE RIBERA: PRINCIPIOS Y RECOMENDACIONES

Fecha: Version 1, Marzo 2019 (Spanish translation, March 2022)

Resumen

La vegetación de ribera se corresponde con todas las unidades de vegetación asociadas a los ríos, independientemente de su origen o fisionomía, estando funcionalmente relacionadas con otros componentes de los sistemas fluviales y su área de influencia. Se localiza en la zona riparia, una unidad del paisaje abierta (a flujos entrantes y salientes de la red fluvial y la cuenca vertiente) e influenciada tanto por procesos naturales como sociales. El espacio contiguo a los sistemas fluviales ejerce y recibe influencias del río y los procesos ecológicos asociados a estas áreas. La estructura y el funcionamiento ecológico de las comunidades biológicas en esta zona varían en las cuatro dimensiones (longitudinal, lateral, vertical y temporal). Esta variabilidad responde a variables bioclimáticas, geomorfológicas y de usos del suelo, que cambian a lo largo del tiempo bajo la influencia de factores humanos y naturales. Esta variabilidad influencia las distintas vías de identificación, nomenclatura, delineación y estudio de la vegetación de ribera. Desde una perspectiva funcional, esta delimitación riparia necesita adaptarse a las funciones objetivo. Así, una delineación inadecuada y excesivamente estrecha de la zona riparia puede hacer que algunas funciones asociadas a la vegetación de ribera queden excluidas. Por el contrario, mantener una delimitación amplia ayudaría a considerar y gestionar la zona riparia usando un proceso realmente integrado capaz de combinar la mayoría de cuestiones relacionadas con la vegetación de ribera y los actores sociales asociados.

Principales recomendaciones:

1. Reconocer las zonas riparias como espacios socioecológicos co-construidos por procesos naturales y humanos que siguen trayectorias complejas a lo largo del tiempo.
2. Considerar la vegetación de ribera como un sistema abierto (i) relacionado con el cauce, el área circundante, la cuenca vertiente, la atmósfera y el sustrato, y (ii) conectado a estos componentes a través de flujos bidireccionales.
3. Promover el uso de una definición que integre y maximice todas las funciones dentro del sistema socioecológico (servicios ecosistémicos de soporte, aprovisionamiento, regulación y culturales).
4. Desarrollo de ejemplos y herramientas para promover las buenas prácticas en la delimitación de la zona riparia.
5. Esclarecer qué conocimiento es aplicable a escala local y cuál es transferible (por ejemplo, mínima anchura de la zona riparia necesaria para una función ecológica, efectividad de determinado índice topográfico para delinear la zona riparia).

Autores: Simon Dufour[1] and Patricia María Rodríguez-González[2]

[1]Université Rennes 2, CNRS UMR LETG

[2]Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa

Traducción: Daniel Bruno[a], Roberto Martínez[b], Patricia M. Rodríguez-González[c]

[a]Instituto Pirenaico de Ecología, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IPE-CSIC)

[b]Scottish Environment Protection Agency

[c]Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa

Agradecimientos:

- Daniel Bruno, Diego García de Jalón, Timea Kiss, Roberto Martinez, Rob Francis, Nicola Clerici.
- Este informe está basado en el trabajo desarrollado en el marco de la COST Action CONVERGES (www.converges.eu), financiado por COST (European Cooperation in Science and Technology ; www.cost.eu). COST es una agencia de financiación de redes de investigación e innovación. Las acciones COST ayudan a

conectar iniciativas de investigación en Europa y permite a los científicos desarrollar sus ideas al compartirlas con sus colegas de profesión. Esto estimula sus investigaciones, carreras profesionales e innovación.

- Financiado por el Programa Marco Horizonte 2020 de la Unión Europea.
- Patricia M Rodríguez-González está financiada por la Fundación Portuguesa de Ciencia y Tecnología, a través del programainvestigador FCT (IF/00059/2015) y el programa CEEC (2020.03356.CEECIND).
- Daniel Bruno está financiado por la Plataforma Temática Interdisciplinar del CSIC (PTI) Síntesis de Datos de Ecosistemas y Biodiversidad (PTI-ECOBIODIV).

Este informe no es una revisión exhaustiva del tema, sino un documento de trabajo para la Acción COST "KNOWLEDGE CONVERSION FOR ENHANCING MANAGEMENT OF EUROPEAN RIPARIAN ECOSYSTEMS AND SERVICES"/ "TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO PARA MEJORAR LA GESTIÓN DE ECOSISTEMAS RIPARIOS Y SUS SERVICIOS" (CONVERGES) CA16208. Por favor, dirijan sus comentarios o preguntas a Simon Dufour (simon.dufour@univ-rennes2.fr).

Cita: Dufour S., Rodríguez-González P.M. (2019). RIPARIAN ZONE / RIPARIAN VEGETATION DEFINITION: PRINCIPLES AND RECOMMENDATIONS. Report, COST Action CA16208 CONVERGES, 20 pp. Traducido por Bruno D., Martínez R., Rodríguez-González P.M.
(https://converges.eu/resources/riparian-zone-riparian-vegetation-definition-principles-and-recommendations/)

Índice:

Definición del concepto de zona riparia y vegetación de ribera: principios y recomendaciones 1
1. Introducción – Vegetación de ribera: un componente crucial de los sistemas fluviales 5
2. Objetivo del informe 6
3. Características comunes de las riberas fluviales / vegetación riparia 6
4. Fuentes de variabilidad identificando la zona y vegetación riparia 13
4.1. Variabilidad en el objeto 14
4.2. Variabilidad en la representación 16
5. Delimitación de la zona riparia 16
Conclusiones - Recomendaciones 20
REFERENCIAS 21

1. INTRODUCCIÓN – VEGETACIÓN DE RIBERA: UN COMPONENTE CRUCIAL DE LOS SISTEMAS FLUVIALES

La vegetación de ribera es un componente crucial de los sistemas fluviales y proporciona múltiples funciones socio-ecológicas (Malanson, 1993; National Research Council, 2002; Naiman et al., 2005) (Fig. 1). Físicamente, la vegetación riparia (también conocida como vegetación de ribera) en ríos modifica las condiciones de caudal y por lo tanto los procesos sedimentarios, mediante la protección de los bancos fluviales, colonizando depósitos sedimentarios, aportando troncos y otros restos leñosos de grandes dimensiones, etc. (Gurnell & Gregory, 1995; Piégay & Gurnell, 1997; Tabacchi et al., 1998; Gurnell & Petts, 2006; Corenblit et al., 2007; Gurnell, 2014). Desde una perspectiva morfológica, esta influencia puede ser suficientemente fuerte para inducir una "metamorfosis fluvial" (Tal et al., 2004). Desde el punto de vista químico, la vegetación de ribera mantiene los ciclos biogeoquímicos en los ríos. Por ejemplo, su efecto amortiguador mejora la calidad del agua en cuencas agrícolas que están afectadas por contaminación difusa (Sabater et al., 2003; Mander et al., 2005). En cuanto a biología, la vegetación de ribera es muy rica y diversa, aumentando la biodiversidad regional (e.g. Tabacchi, 1992; Naiman et al., 1993; Pautou et al., 1997; Jobin et al., 2004; Sabo et al., 2005; Schnitzler-Lenoble, 2007). Este rol biológico está también relacionado con las funciones de corredor y hábitat (e.g. Décamps et al., 1987; Rosenberg et al., 1997; Seymour & Simmons, 2008; Schnitzler-Lenoble, 2007; Roshan et al., 2017, de la Fuente et al., 2018) así como con la influencia de la vegetación de ribera en la regulación de la temperatura, entrada de materia orgánica, etc. en los ecosistemas acuáticos (e.g. Beschta et al., 1987; Maridet, 1994; Hill et al., 2001; Ferreira et al., 2016; Miura & Urabe, 2015; Astudillo et al., 2016; Wawrzyniak et al., 2017; Dugdale et al., 2018). Algunas de estas funciones han sido identificadas como críticas al moderar los impactos locales de cambios globales, como los cambios en las condiciones de temperatura que están experimentando los ríos (Kristensen et al., 2015; Trimmel et al., 2018). Socialmente, la vegetación de ribera marca la identidad del paisaje en el que se encuentra por lo que contribuye a la provisión de servicios ecosistémicos culturales (ej. recreación, espiritualidad, inspiración).

Figura 1. La vegetación de ribera como un componente crucial de numerosos aspectos socio-ecológicos

Muchas de estas funciones se consideran positivas ya que mejoran el bienestar humano al proveer numerosos servicios ecosistémicos, como áreas de recreo, materiales (madera y energía) y una mejora en la calidad del agua (Gren et al., 1995; Kenwick et al., 2009; Recchia et al., 2010; Flores-Díaz et al., 2014). Sin embargo, la vegetación riparia se asocia con varias limitaciones (perjuicios), lo que puede generar una percepción negativa, principalmente relacionada con eventos hidrológicos extremos. Durante periodos de caudal bajo, la vegetación de ribera sombrea el cauce, lo que disminuye la evaporación, aunque como contrapartida también consume agua (Pivec, 2002; Lamontagne et al., 2005; Salemi et al., 2012; Irmak et al., 2013; Flanagan et al., 2017). De cualquier modo, este consumo depende del tipo de vegetación. Por ejemplo, la vegetación autóctona puede consumir menos agua que las especies exóticas (Ehrenfeld, 2003) que pueden competir con las necesidades sociales de abastecimiento. Durante episodios de lluvias y avenidas, la vegetación de ribera puede tener efectos contrarios respecto al riesgo de inundación. Localmente, la irregularidad de las orillas cubiertas por vegetación amortigua la inundación del cauce hacia la llanura de inundación (ya que disminuye la velocidad del agua, su poder erosivo y el daño a las infraestructuras humanas),

pero puede también aumentar el nivel del agua durante determinados episodios. Aguas abajo, la vegetación de ribera produce restos leñosos que pueden incrementar los impactos de las inundaciones pero también puede reducir los picos de avenida al retener y almacenar agua de la cuenca vertiente aguas arriba. Una potencial percepción negativa de las poblaciones ribereñas es la expansión de los bosques como consecuencia de los cambios en los usos del suelo (abandono del pastoreo y tierras de cultivo) que modifican el paisaje y por lo tanto la identidad cultural (Schnitzler & Génot, 2012).

Dadas las numerosas funciones socio-ecológicas que cumple en los sistemas fluviales, la vegetación de ribera se considera un objeto de estudio científico y de aplicación práctica en la literatura científica y en la mayor parte de publicaciones relativas a la gestión fluvial y ambiental. Sin embargo, hay una gran diversidad de nombres para la vegetación que coloniza los márgenes fluviales: “alluvial swamp forests”, “gallery forests”, “floodplain forests”, etc. en inglés, “ripisylve”, “forêt alluviale”, “boisement riverain”, etc. en francés y “bosque de ribera”, “bosque ribereño”, “Soto”, “bosque en galería”, etc. en español. En inglés, Fischer y colaboradores (2001) listaron más de 30 términos distintos para nombrar a la vegetación que crece en torno a los sistemas acuáticos. Además de esta diversidad, hay cierta confusión, dado que el mismo objeto puede responder a distintos nombres y el mismo nombre puede utilizarse para identificar objetos diferentes (Clerici et al., 2011). Esta diversidad y confusión de términos puede generar malentendidos y tensión entre los distintos actores involucrados.

2. Objetivo del informe

Este informe tiene como objetivo proveer elementos para clarificar la identificación de la zona riparia y la vegetación de ribera de los sistemas fluviales. Esta identificación incluye tanto la definición como la delimitación de las riberas fluviales, lo que conlleva un proceso dividido en dos fases. La delineación implica ser capaces de dibujar un mapa donde se indique claramente qué está dentro y qué queda fuera de la zona riparia, dado que esta delimitación puede tener implicaciones legales. Para lograr este objetivo, primeramente se presentan las características comunes a la vegetación de ribera y las zonas riparias y posteriormente las fuentes de variabilidad que debemos tener en cuenta en su definición.

Algunos elementos relevantes de revisión se pueden encontrar en National Research Council (2002), Verry et al. (2004), Naiman et al. (2005), Clerici et al. (2011) y Dufour et al. (2019) para la definición y en Clerici et al. (2013) y de Sosa et al. (2017) para la delimitación de las riberas fluviales.

3. Características comunes de las riberas fluviales / vegetación riparia

A pesar de la diversidad de términos utilizados para designar la vegetación que coloniza los márgenes de los ríos, estos tienen varios aspectos en común.

1. El **espacio contiguo al sistema fluvial ejerce y recibe influencias del río** a través de relaciones físicas, biológicas, químicas, etc. (Fig. 2).
    - El vector de las interacciones es principalmente el agua, a través de la escorrentía lateral, las crecidas y la dinámica de las aguas subterráneas.
    - Estos espacios albergan una vegetación específica, en concreto debido a la dinámica natural causada por el régimen de perturbación natural asociado a las crecidas (Fig. 3a), el estrés generado por las condiciones de anoxia que se producen en los suelos inundados (Fig. 3b) y/o la mayor disponibilidad hídrica, en comparación con los ecosistemas terrestres adyacentes debido a la existencia de un nivel freático más elevado.

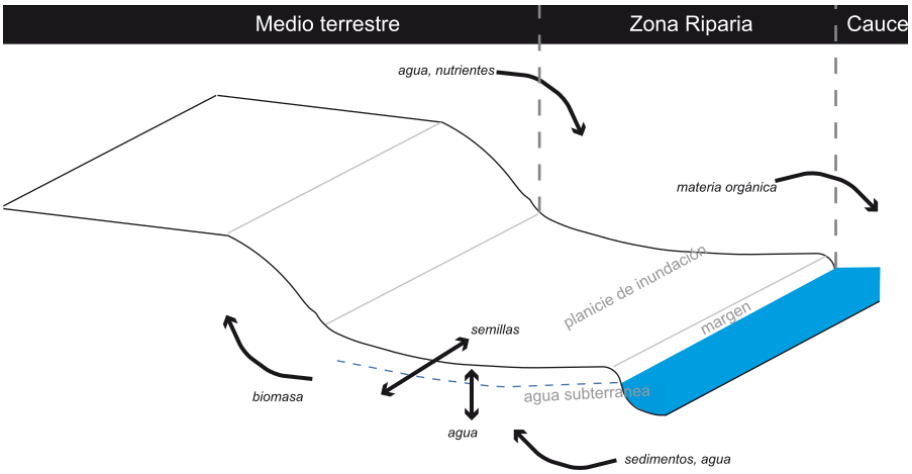


Figura 2. Sección transversal de una zona riparia teórica. Las flechas indican los flujos de materia, energía, información (los ejemplos no son exhaustivos).

Figura 3. Vegetación específica relacionada con (izquierda) el régimen de perturbación natural en una barra sedimentaria de gravas colonizado por *Salix* sp. y (derecha), condiciones de anoxia en la parte inferior de un banco fluvial (*Alnus* sp., Doulon River, France).

2. La vegetación de ribera es el **complejo de comunidades de plantas presentes en la zona riparia**:
    - Corresponde con las zonas riparias, que son definidas como “transicionales entre los ecosistemas terrestres y acuáticos y….diferenciadas por gradientes en las condiciones biofísicas, procesos ecológicos y biota. Son áreas en las que la hidrología superficial y subsuperficial conectan las masas de agua con los espacios terrestres adyacentes. Estos incluyen aquellas porciones de los ecosistemas terrestres que influencian de manera significativa los intercambios de energía y materia con los ecosistemas acuáticos (i.e., zona de influencia)” (National Research Council, 2002). En vez del término “zona” es preferible utilizar “área”, “ecotono”, “sistema”, (Tabla 1), por el hecho de que “zona” puede ser asociado a una zona climática más amplia mientras que es el carácter local (azonal) el que caracteriza de manera dominante el área riparia.
    - Forma un mosaico de manchas vegetadas que pueden tener diferente fisionomía, estructura y composición debido a la variabilidad local de las condiciones físicas (por ejemplo,.velocidad del flujo de agua durante las crecidas, elevación sobre el nivel de agua, sustrato), edad de las formaciones geomórficas y uso del suelo (por ejemplo, pastoreo, silvicultura) (Fig. 4).

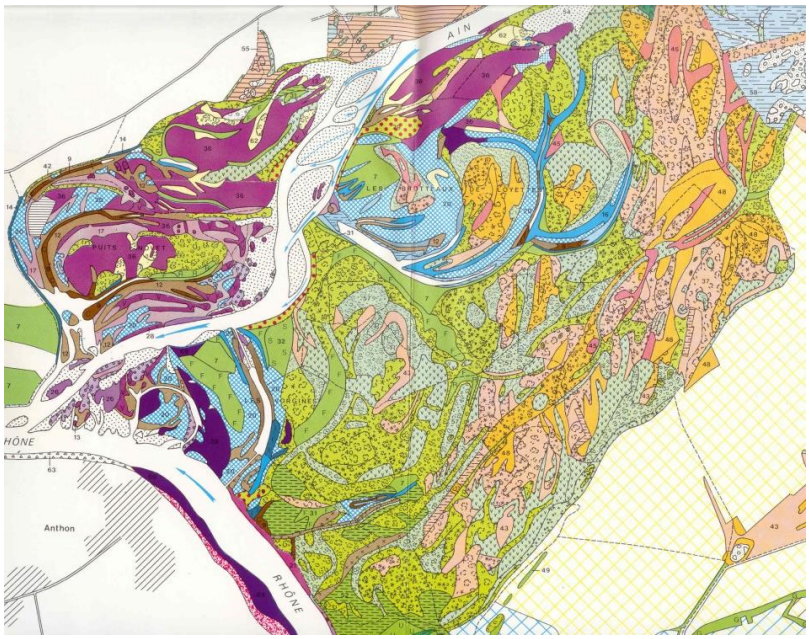


Figura 4. Mapa de unidades de vegetación en la confluencia de los ríos Ain y Ródano (Fuente: Girel, 1986). Cada color representa una comunidad de plantas diferente.

- Contiene comunidades vegetales significativamente diferentes de aquellas situadas en los ecosistemas terrestres adyacentes, por lo que la vegetación riparia aumenta la riqueza regional a lo largo y ancho del planeta (Sabo et al., 2005).
- Puede ser simplificada usando una aproximación discreta que agrupe las comunidades vegetales en base a los procesos y dinámicas fluviales dominantes. Para los distintos contextos bioclimáticos en Europa, Gurnell y colaboradores (2016) distinguen cuatro zonas riparias desde el cauce al espacio terrestre adyacente: “dominadas por la perturbación fluvial (erosión y deposición de sedimentos gruesos)”, “dominadas por la perturbación fluvial (deposición de sedimentos finos), “dominadas por la inundación” y “dominadas por el régimen de humedad del suelo” (Fig. 5).

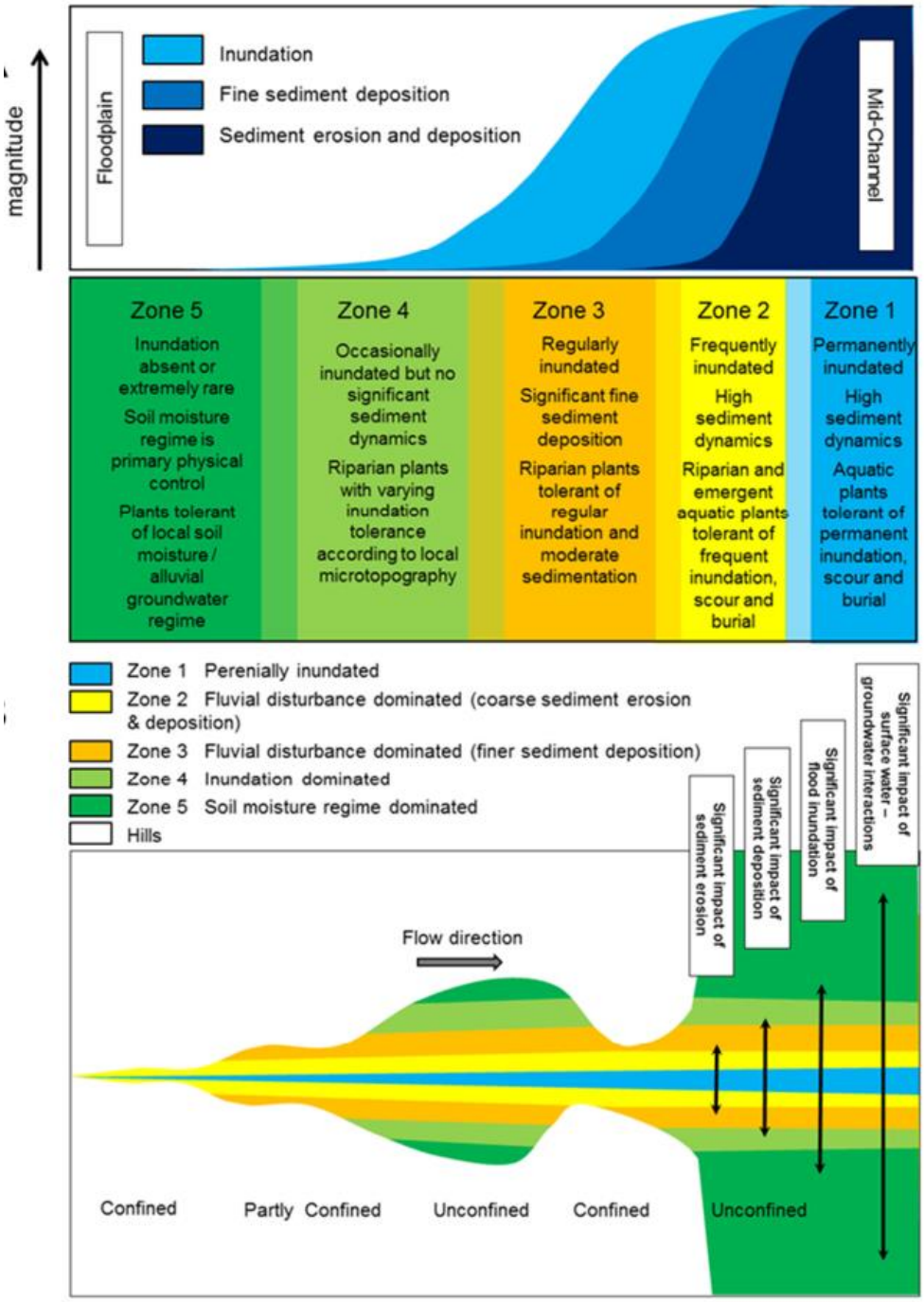


Figura 5. Zonificación lateral de la zona riparia a lo largo de red fluvial; las distintas zonas están dominadas por diferentes procesos hidrogemorfológicos (Fuente: Gurnell et al., 2016).

3. La mayor parte de las definiciones de la zona riparia y la vegetación de ribera usan una aproximación funcional y destacan **las influencias bidireccionales entre los sistemas acuáticos y terrestres** en términos hidrológicos, morfológicos, químicos y biológicos. (Tabla 1).

Tabla 1. Lista de definiciones seleccionadas de la zona riparia y la vegetación de ribera asociada. Tipo de definición: (F = Funcional y E = Estructural); Ámbito principal de la definición: (Flu = Procesos fluviales, Geo = Delimitación topográfica/geográfica, Soi = Características del suelo, Bio = Comunidades biológicas).

Expresión	Definición	Tipo	Principal ámbito	Fuentes
Zona riparia (o área, o ecotono, o terreno o sistemas)				
Zona riparia	Zona de interacción directa entre los ambientes acuáticos y terrestres Vegetación, hidrología, y topografía determinan el tipo, magnitud y dirección de las relaciones funcionales. La dirección de las interacciones riparias hace referencia a la idea de que los sistemas terrestres pueden afectar a los acuáticos y viceversa.	F	Flu	Swanson *et al*., 1982
	Zona tridimensional de interacción directa entre ecosistemas acuáticos y terrestres. Los límites de la zona riparia se extienden más allá de la zona de inundación y el dosel de la vegetación riparia.	F	Flu	Gregory *et al.*, 1991
	Zona próxima a un arroyo o río, cuyo entorno está claramente influenciado por esa proximidad.	F/E	Flu/Geo	Bren, 1993
	Abarca el cauce fluvial entre el nivel de aguas bajas y altas y aquella porción del paisaje terrestre desde el nivel de aguas altas hacia los ecosistemas terrestres adyacentes donde la vegetación puede estar influenciada por los niveles freáticos elevados o las inundaciones y por la capacidad de los suelos para retener el agua. [...]. La vegetación fuera de la zona que no está influenciada por las condiciones hidrológicas pero que aporta materia orgánica a la llanura de inundación o al cauce, o que influye en el régimen físico de la llanura de inundación o del cauce mediante el sombreado, puede considerarse parte de la zona riparia.	F	Flu	Naiman & Décamps, 1997
	Áreas de transición entre los ecosistemas terrestres y acuáticos y se distinguen por los gradientes en las condiciones biofísicas, los procesos ecológicos y la biota. Son zonas en las que la hidrología superficial y subsuperficial conecta las masas de agua con los ecosistemas terrestres adyacentes.	F	Flu	National Research Council, 2002
	Término ecológico que se refiere a la parte del paisaje fluvial inundada o saturada por los flujos de las crecidas; consiste en todas las superficies de las formas terrestres fluviales activas hasta la llanura de inundación, incluyendo el cauce, las barras, plataformas y las características fluviales relacionadas, como los meandros abandonados, depresiones y diques naturales. Especialmente en entornos áridos y semiáridos (con déficit de agua), la zona ribereña puede albergar plantas y otra biota que no están presentes en los medios terrestres adyacentes, más secas.	F	Flu	Osterkamp, 2008
		F	Flu	Vidon *et al*., 2010

	Áreas semiterrestres situadas en la interfaz del medio terrestre y acuático. Suelen estar influenciadas por las inundaciones de las riberas y conectan los medios terrestres y acuáticos a través del flujo hidrológico superficial y subterráneo.			
	Área comprendida entre el borde del río y la transición característica entre suelos orgánicos y minerales. [...] Esta definición basada en las características del suelo tiene también dimensiones topográficas y biológicas. La mencionada transición del suelo suele ir acompañada de un aumento de la pendiente del terreno y de cambios en la vegetación.	E	Soi	Ledesma *et al*., 2018
	El borde o las orillas de un río. Aunque este término se utiliza a veces indistintamente con el de llanura de inundación, la zona riparia es relativamente estrecha en comparación con la llanura de inundación. La duración de las inundaciones en la zona riparia es, en general, mucho más corta y el momento menos predecible que en la llanura de inundación fluvial.	E	Flu	http://medwet.org/aboutwetlands/wetland-terminology/
Área riparia	Ecotonos tridimensionales de interacción que incluyen los ecosistemas tanto acuáticos como terrestres, que se extienden en profundidad hacia las aguas subterráneas, en altura por encima del nivel arbóreo, en extensión hacia la llanura de inundación, en la cuenca vertiente hacia las laderas cercanas que drenan el agua, lateralmente en el ecosistema terrestre, y longitudinalmente a lo largo del curso fluvial con una anchura variable.	F	Flu	Ilhardt *et al*., 2000
Ecotono ripario	Basada en la geomorfología del rio y del valle. Incluye la anchura del valle susceptible a inundarse más 30m a cada lado del valle para incluir las importantes funciones riparias adyacentes: cauce, llanura de inundación y elementos del medio terrestres que interactúan fuertemente con el agua durante caudales medios, altos y de inundación.	F/E	Flu	Verry *et al.*, 2004
Sistemas riparios	Zonas semiterrestres de transición influenciadas regularmente por el agua dulce, que suelen extenderse desde los bordes de las masas de agua hasta los bordes de las comunidades del medio terrestre	F	Flu/Bio	Naiman & Décamps, 2005
Terreno ribereño	Cualquier terreno que colinde con una masa de agua, influya directamente en ella o esté influenciado por ella.	F	Geo	Lovett & Price, 1999
Formaciones riparias*				
Pradera aluvial*	Praderas que crecen sobre sedimentos depositados por el río. Las praderas se caracterizan por las inundaciones periódicas y el impacto de las talas o siegas.	E	Bio	Eriksson, 2008
Bosque ripario*	Vegetación de llanura de inundación o vegetación directamente adyacente	E	Bio	Naiman *et al*., 1998

	a los ríos y arroyos. El bosque ribereño se extiende lateralmente desde el cauce activo para incluir la llanura de inundación activa y las terrazas fluviales.			
Matorral ripario*	Matorral que crece a lo largo de los ríos.	E	Bio	Davies et al., 2004
Comunidad (semi-) acuática	Cauces abandonados con vegetación herbácea acuática y/o hidrofítica.	E	Bio	Marston et al., 1995
Otras				
Bosque aluvial	Ecosistemas forestales ligados a las aguas subterráneas, tanto regular como raramente inundados.	E	Bio/Flu	Pautou, 1984
Corredor ripario	Cauce fluvial y aquella porción del paisaje terrestre desde el nivel de aguas altas hacia los ecosistemas terrestres adyacentes donde la vegetación puede estar influenciada por los niveles freáticos elevados o las inundaciones y por la capacidad de los suelos para retener el agua. *Nota: la influencia de la vegetación riparia y fluvial es mencionada explícitamente.*	F	Flu	Naiman *et al*., 1993
Vegetación de ribera	La vegetación hidrófita que crece en las inmediaciones de un río [...] lo suficientemente cerca como para que su evapotranspiración anual represente un factor en el régimen fluvial [...].	E	Bio	http://medwet.org/aboutwetlands/wetland-terminology/
Ecosistemas riparios	Formaciones complejas de organismos y su entorno adyacente y cercano al flujo de agua. Sin límites definidos, puede incluir los bancos fluviales, llanuras de inundación y humedales, así como lugares menos influenciados por el agua pero que forman una zona de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres adyacentes. Se caracterizan por tener una forma y extensión lineal, y un flujo lateral de agua que fluctúa (asciende y desciende) al menos una vez durante la estación de crecimiento..	E	Bio	Lowrance *et al*., 1985
Bosque en galería	Estrecha franja de bosque asociada a arroyos y ríos, en un paisaje circundante no arbolado.	E	Bio	Veneklaas *et al*., 2005
Bosque de llanura de inundación	Ecosistemas forestales que colonizan la llanura de inundación. La llanura de inundación puede definirse en términos hidrológicos como la superficie que se inunda [...] o en términos geomorfológicos como la superficie aluvial moldeada por el río en las condiciones ambientales actuales.	E	Bio/Flu	Bendix et Hupp, 2000

** Términos utilizados en la lista de la Directiva 92/43/CEE de la Unión Europea relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.*

4. Las tierras que bordean el río influyen y son influenciadas por el río y sus procesos asociados, pero también están **abiertas a las zonas circundantes** (por ejemplo, laderas, mesetas) a través de flujos impulsados por procesos físicos (por ejemplo, la escorrentía), biológicos (por ejemplo, la movilidad de las especies) y humanos (por ejemplo, la eliminación de la biomasa mediante el cultivo).

5. Las zonas riparias son sistemas híbridos porque son el resultado de la co-construcción impulsada por procesos humanos y naturales. Esto significa que las actividades humanas, como el uso de la tierra y la gestión de los ríos, son los principales factores que conforman la

vegetación de ribera (por ejemplo, Piégay et al., 2003; Kondolf et al., 2007; Dufour et al., 2015; Brown et al., 2018). Implica incorporar a la definición de la zona ribereña la forma en que las poblaciones humanas utilizan y valoran el área riparia, factores que no se consideran actualmente en la literatura (Tabla 1).

4. FUENTES DE VARIABILIDAD IDENTIFICANDO LA ZONA Y VEGETACIÓN RIPARIA

Más allá de las características comunes de la zona y vegetación riparia de un sistema fluvial, la literatura científica y aplicada puede ser confusa debido a la variedad de términos usados. Esta variabilidad está notablemente relacionada a la inherente variabilidad de este elemento. Por ejemplo, vegetación riparia puede referirse tanto a una estrecha banda de árboles en un prado o campos de cultivo (Fig. 6A), como a un gran bosque en la llanura de inundación (Fig. 6B) o a un bosque colonizando inclinados depósitos coluviales (Fig. 6C). Pero esta variedad está también relacionada a la variabilidad en como los científicos y gestores la representan.

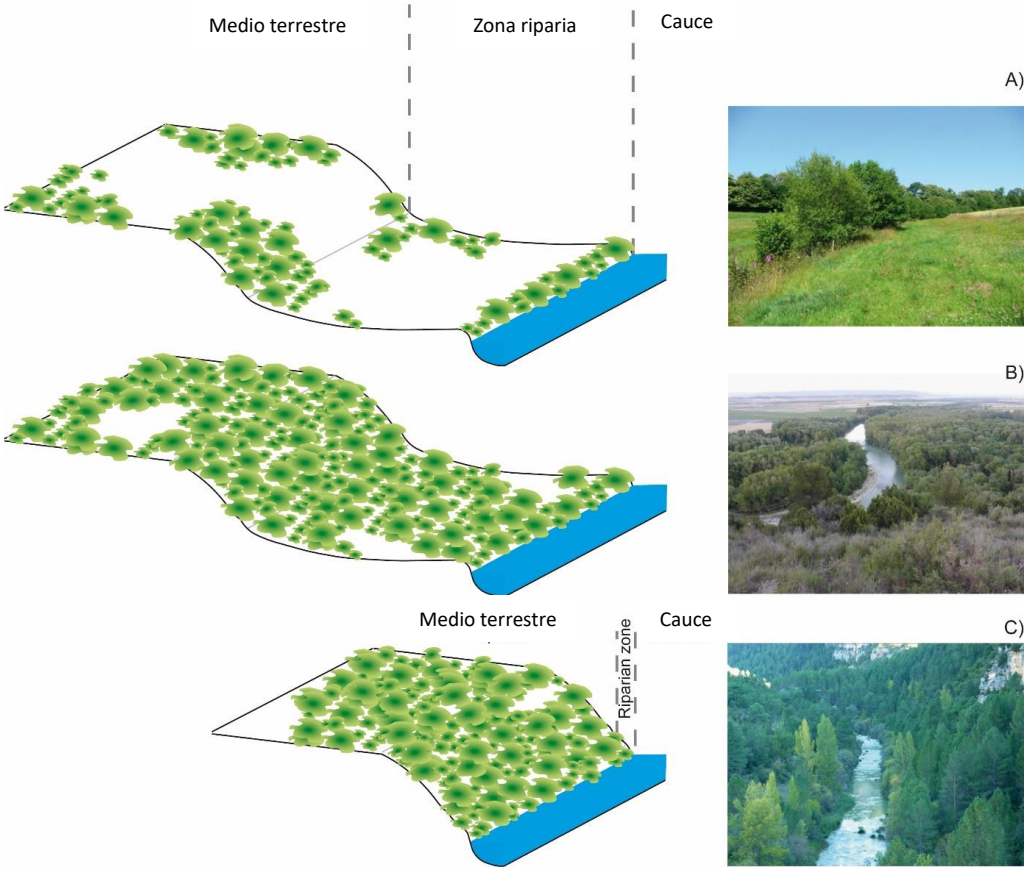


Figura 6. Ilustración de la variabilidad en la zona y vegetación riparia; A: pequeño arroyo rural con una zona riparia dominada por pradera, con una estrecha banda de árboles junto al arroyo (Normandía, Francia); B: un amplio bosque de llanura de inundación (Rio Aragón, Cuenca del Ebro, España); C: estrecha zona riparia con bosque de orillas y laderas en zona alta de río (tramo alto del río Tajo, España).

4.1. VARIABILIDAD EN EL OBJETO

La primera fuente de variabilidad usada para identificar la zona y vegetación riparia es su inherente variabilidad. De hecho, su estructura y funcionamiento ecológico varían de un contexto geográfico a otro (Figs. 7 y 8). Globalmente, los principales motivos que están bajo esta variación de estructura y funcionamiento son los siguientes:

- **Régimen bioclimático,** el cual controla, por ejemplo, la cantidad y temporalidad de la disponibilidad de agua, perturbaciones debidas a inundaciones y tiempo de atenuación tras las perturbaciones (Bendix & Stella, 2013).
- **Patrón morfológico,** el cual crea un soporte en 3D para la colonización y crecimiento de la vegetación y controla regímenes de estrés y alteración (Corenblit et al., 2015).
- **Contexto del uso del suelo,** a través de influencias directas (por ejemplo, talas o cortas) e indirectas (por ejemplo, abstracciones de agua y regulación de caudales) en la vegetación.

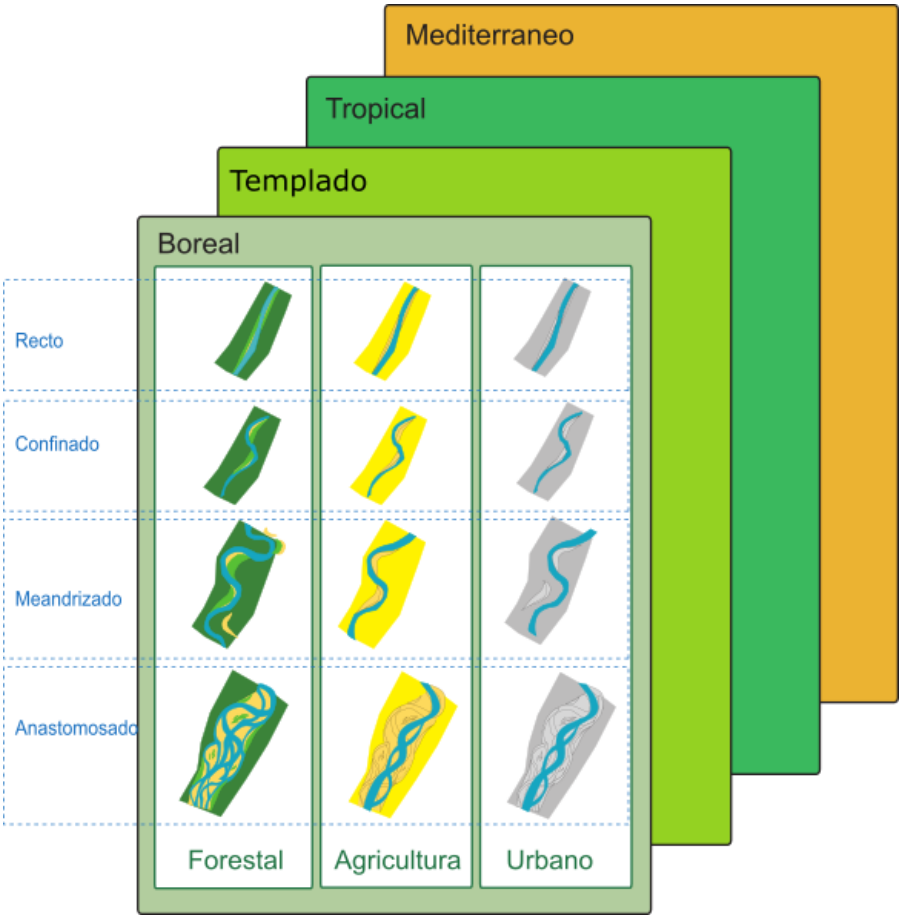


Figura 7. Fuentes de variabilidad en la estructura y funcionamiento de la vegetación riparia, mostrando ejemplos de regiones bioclimáticas, cada una de ellas potencialmente sosteniendo diferentes tipologías fluviales biogeomorfologicas y mosaicos de usos del suelo (por ejemplo, bosque, agrícola, urbano). Tenga en cuenta que no todas las situaciones se han incluido (por ejemplo, clima árido) y no todas las combinaciones son necesariamente posibles. El tiempo no está representado, pero cada tramo sigue una trayectoria y puede pasar de un estado a otro a lo largo del tiempo. Además, cada situación puede referir a varias sub-situaciones correspondiendo a diferentes estados de conservación (por ejemplo, espontaneo o plantado para paisaje forestal).

En la mayoría de las ecorregiones, las fases tardías de sucesión deberían estar dominadas por árboles, así los términos frecuentemente se refieren a unidades forestales: bosque de fondo de valle, bosque ripario, bosque aluvial (Tabla 1). En ecorregiones de condiciones más extremas (es decir, más frías y secas), sin embargo, fisionomías con vegetación menos desarrollada, arbustos y praderas deberían dominar.

La variabilidad de contextos también influencia la prioridad de los temas y cómo se estudia la vegetación riparia. Por ejemplo, desde una perspectiva hidrológica, el suministro de agua desde las partes altas de la cuenca tiende a dominar los flujos en el contexto de los valles altos y estrechos, mientras que el suministro de agua del cauce tiende a dominar los flujos en las configuraciones de valles bajos amplios. Así, los estudios de los sistemas “grandes” puede que usen el término “bosques de llanura de inundación” y enfaticen el rol de las inundaciones y aguas subterráneas (por ejemplo, Pautou, 1984), mientras que los estudios de tramos de las partes altas de la cuenca se centran más en el papel de la vegetación en el cauce (por ejemplo, Swanson et al., 1982).

Tanto el bioclima como la morfología y los usos del suelo son modificados por las actividades humanas en un amplio rango de magnitudes dependiendo de los contextos sociológicos, culturales y económicos. Así, la zona y vegetación riparia son sistemas socio-ecológicos co-construidos que siguen trayectorias complejas y, tanto por razones biofísicas (por ejemplo, dinámica fluvial) y antropogénicas (por ejemplo pastoreo, plantaciones), la zona riparia es a menudo un mosaico complejo de diferentes variedades de usos del suelo y ecosistemas (por ejemplo, praderas, bosques) Fig. 7 y 8G, H y I). Este mosaico puede formar un corredor a escala de paisaje (Malanson, 1993). Por ejemplo, en un contexto más seco, los ecosistemas riparios pueden ser particularmente visibles en el paisaje como una banda de vegetación más verde; en este caso, se suele utilizar el término ‘bosque de galería’.

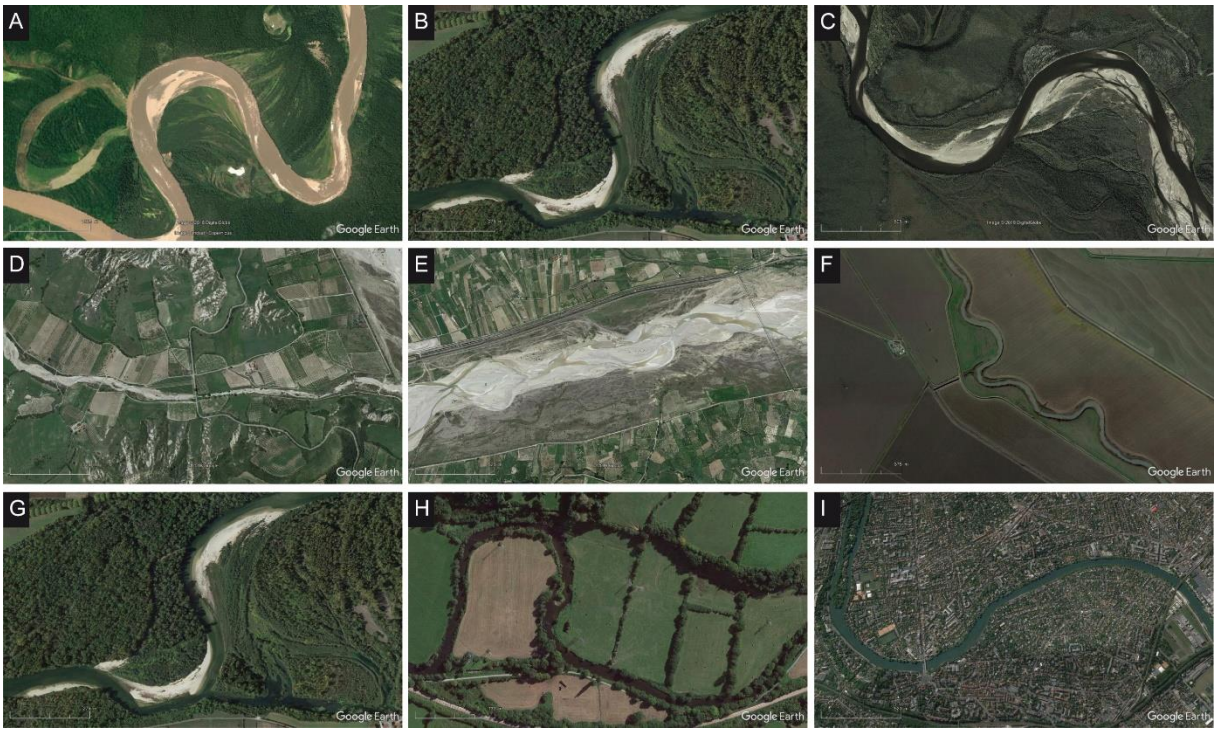


Figura 8. Ejemplos de tramos de ríos en diferentes regiones biogeográficas, tipos fluviales biogeomorfológicos y matrices de usos del suelo según ilustrados en A, B y C son tramos meandriformes con bosque en diferentes climas. A: contexto tropical en la cuenca del Amazonas (Brasil), B: contexto templado en la cuenca del Rhone (Francia), C: contexto boreal en Alaska (EEUU). D, E y F son tramos agrícolas mediterráneos en diferentes contextos morfológicos.

D: tramo confinado en la cuenca del Duero (España), E: tramo trenzado en la cuenca del Duero (España), F: tramo meandriforme en la cuenca del Sacramento (EEUU). G, H e I son tramos meandriformes templados con diferentes usos del suelo. G: bosque en la cuenca del Rhone (Francia), H: agrícola en la cuenca del Sena (Francia), I: urbano en la cuenca del Sena (Francia). Imágenes tomadas de Google Earth.

4.2. VARIABILIDAD EN LA REPRESENTACIÓN

La segunda fuente de variabilidad en identificar la zona y vegetación riparia está relacionada con la variabilidad en cómo científicos y gestores las perciben y representan. Por ejemplo, la confusión empieza con el adjetivo "ripario". En inglés, "riparian" apareció solo en 1873, después de los adjetivos "riparious", "riparial" y "ripicolous" en 1656, 1846 y 1859, respectivamente (The Oxford English Dictionary, www.oed.com). Significa "de, relacionado a, o situado en, las orillas de un río", pero la definición de "orillas (banks)" puede incluir solo el talud o la parte alta del talud, el cual se puede extender a la mayor parte de la llanura de inundación.

Esta variabilidad en la representación puede venir determinada por la meta del estudio, la función riparia analizada, los antecedentes científicos de los autores, etc. Por ejemplo, la zona riparia ha sido definida con las siguientes definiciones:

- El "área entre el borde del arroyo y la transición característica entre suelos orgánicos y minerales" (perspectiva edafológica de Ledesma et al., 2018).
- "parte del paisaje fluvial inundada o saturada por los caudales de avenida los cuales consisten en todas las superficies de formas fluviales activas hasta la llanura de inundación incluyendo el cauce, barras, y elementos riparios" (perspectiva hidromorfológica de Osterkamp, 2008).
- "…donde la vegetación puede que sea influenciada por el nivel freático elevado… y por la capacidad de los suelos de retener agua y la vegetación…que contribuye con materia orgánica a la llanura de inundación o cauce, o que influencia el régimen físico de la llanura de inundación o el cauce mediante sombra" (un enfoque más biológicamente orientado de Naiman & Décamps, 1997).

5. DELIMITACIÓN DE LA ZONA RIPARIA

El carácter transicional de las riberas fluviales hace difícil una aproximación sencilla y universal para delimitarlas. (Clerici et al., 2013; de Sosa et al., 2017). Para resolver este problema existen 2 vías principales.

La primera, establecer una distancia desde el cauce, que variará en función del tamaño del río. La principal ventaja de esta aproximación es la fácil implementación al coincidir con lo que establece la legislación respecto a los bancos y motas fluviales (ej. autorización para desbroces de vegetación). Esta medida ha sido usada en diferentes países para proteger la zona riparia (ej. Estados Unidos, Brasil, Eslovenia). En esta metodología, la distancia debe estar basada en la bibliografía científica que identifique la anchura mínima necesaria para asegurar la provisión de uno o más servicios ecosistémicos (estabilización de márgenes, retención de nitratos). Por ejemplo, en una revisión científica Castelle y colaboradores (1994) encontraron que en la mayoría de los casos es necesaria una zona de amortiguación de al menos 15 metros para proteger humedales y ríos. Dado que la distancia adecuada depende del servicio ecosistémico objetivo (o grupo de servicios, ver de Sosa et al. 2017), el rango puede variar entre 3 y 200 metros (Castelle et al. 1994). Cuando esta distancia

adquiere una dimensión legal, resulta necesario que se establezca un compromiso político entre distintos actores y que se tengan en cuenta diferentes perspectivas. Esto lleva a que, en muchos casos, la distancia de protección se establezca con poca o ninguna base científica, lo que se traduce a menudo en una franja insuficiente para proveer todas las funciones ecológicas esperables. Además, una distancia fija no considera las peculiaridades del lugar, sus formas y configuración fluvial, así como los procesos que las conforman, que son cruciales para comprender el funcionamiento ripario y poder realizar una gestión adecuada de las riberas fluviales. De este modo, el establecimiento de una distancia fija puede ser considerado como un compromiso de mínimos, pero desde una perspectiva ambiental, esta aproximación se encuentra lejos de ser adecuada o relevante, ya que no está basada en el funcionamiento socio-ecológico de la zona riparia.

Alternativamente, la zona riparia puede ser delimitada usando aproximaciones estructurales, funcionales o mixtas (para ver una comparación de estas metodologías ver el ejemplo de Sosa et al. 2017, Fig. 9). Para la delimitación formal de la zona riparia, actualmente se utilizan algunos parámetros estructurales, principalmente usos del suelo y características topográficas. Por ejemplo, Thomas y colaboradores (1979) delimitaron la zona riparia mediante la identificación de la vegetación que requiere agua libre o condiciones más húmedas de lo normal. La delimitación en base a la composición de especies puede realizarse con vegetación (Hagan et al., 2006) pero también con animales como anfibios (Perkins & Hunter, 2006). Sin embargo, el uso de diferentes grupos biológicos puede resultar en distintas delimitaciones: Hagan y colaboradores (2006) no fueron capaces de definir la zona riparia de pequeños arroyos de cabecera en base a la composición de árboles y arbustos, aunque encontraron una comunidades herbáceas específicas de la zona riparia que diferían de las que se encontraban en las áreas adyacentes sin la influencia fluvial. Es más, con esta aproximación, la delimitación de la zona riparia fue más estrecha que la establecida por Perkins y Hunter (2006) con anfibios. Resaltar que esta metodología es difícil de aplicar a gran escala.

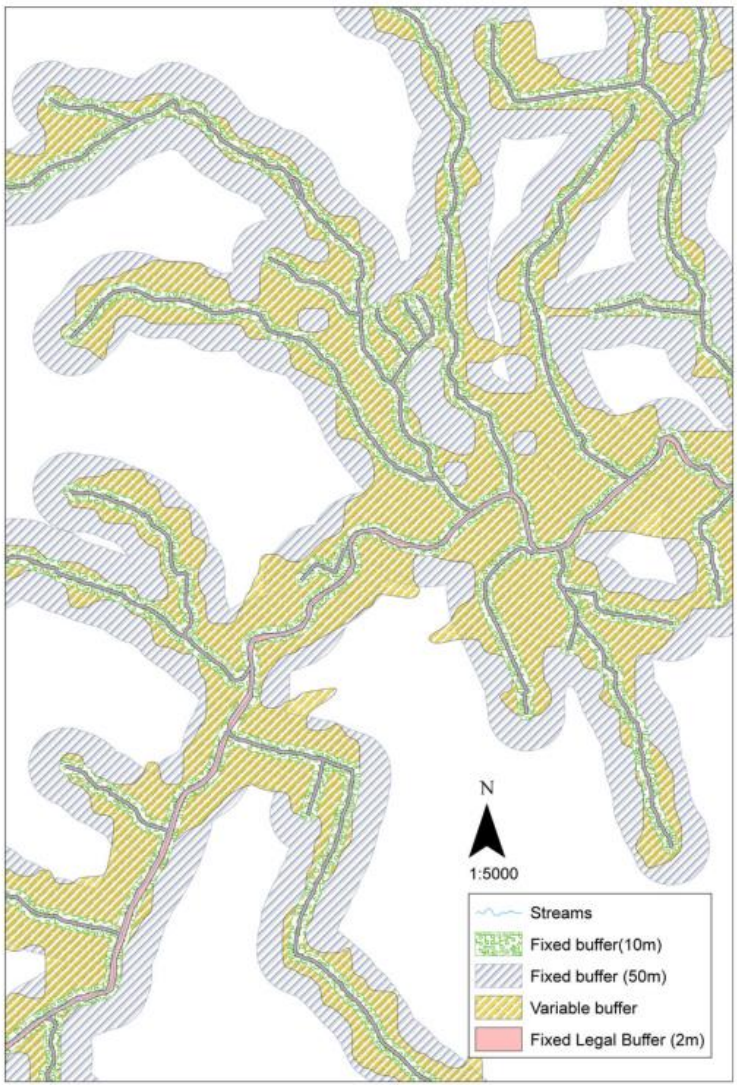


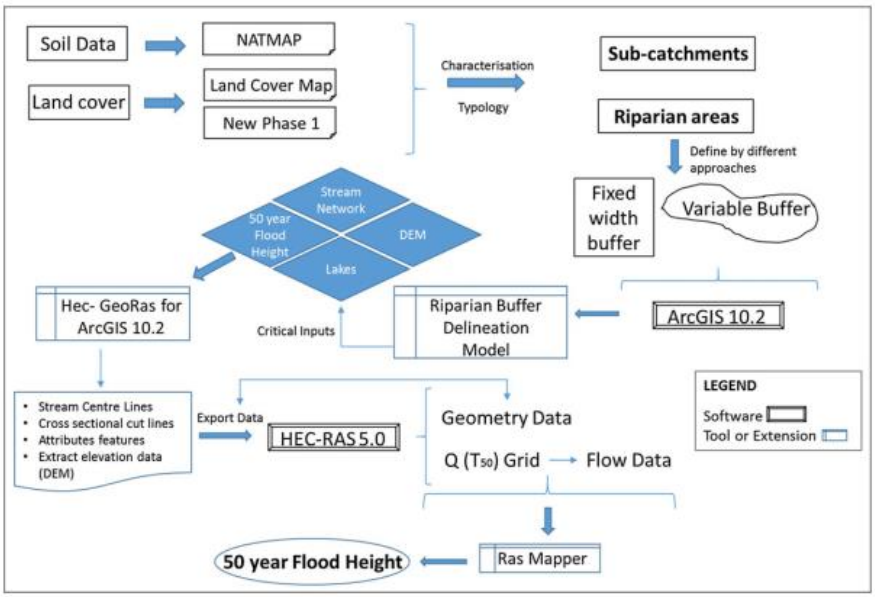
Figura 9. Ejemplo comparando distintas aproximaciones para la delimitación de las franjas riparias. (Fuente: de Sosa et al., 2017).

Para grandes escalas, se utiliza otra aproximación estructural principalmente basada en la topografía. Por ejemplo, Ilhardt et al. (2000) y Verry (2004) desarrollaron aproximaciones en las características topográficas y la forma del valle. Este método es particularmente útil para la identificación a gran escala. Además, el proceso de mapeado está en progresiva mejora como resultado del desarrollo de nuevas herramientas de teledetección (especialmente para pequeños arroyos). Existen ciertas limitaciones para su aplicación, especialmente para tramos bajos y arroyos de llanura sin un fondo de valle claro.

Como es esperable, las aproximaciones estructurales tienen problemas para capturar la dimensión funcional de la zona riparia, por lo que es posible desarrollar metodologías más dinámicas, y en especial usando el criterio hidráulico. Por ejemplo, asumiendo que la mayor parte de las semillas de las plantas riparias necesitan una crecida para germinar y desarrollarse, la zona riparia podría ser delimitada en base a los requerimientos temporales necesarios para la permanencia de una especie riparia objetivo. Si las especies objetivo son herbáceas anuales o perennes, requerirán una inundación cada 2-3 años, pero si son especies leñosas (ej. sauces, chopos, alisos) que tienen un ciclo de vida más largo pueden requerir una avenida cada 10 o 20 años. Por lo tanto, la zona riparia

debería ser definida como la zona inundable durante crecidas con un periodo de retorno de 10-20 años. Esta delimitación corresponde aproximadamente con la zona 4 de Gurnell y colaboradores (2016) (Fig. 5), que se define como aquella que se inunda ocasionalmente pero sin dinámica activa de sedimentos. Este método tiene tres limitaciones principales. Primera, requiere un modelo del nivel de inundación de las avenidas con distintos periodos de retorno. Segunda, establece una anchura diferente según la especie objetivo que consideremos. Por último, la zona más seca en el modelo conceptual de Gurnell y colaboradores (2016) (donde la inundación es extremadamente rara pero la humedad del suelo es alta y permanente dada la cercanía del freático durante todo el año) es difícil de modelar y, en muchos casos, necesita trabajo de campo para una identificación adecuada.

Avances recientes en la disponibilidad de datos y en los recursos computacionales permiten que aproximaciones mixtas (estructurales y funcionales) puedan ser aplicadas a gran escala (de Sosa et al., 2017; Fig. 10). Por ejemplo, a escala europea, un procedimiento desarrollado por el *Joint Research Centre* de la Unión Europea (UE) combina diversas fuentes de información: un índice de forma del valle calculado como un MDE (Modelo Digital de Elevaciones), un modelo de elevación de inundaciones (si está disponible) y una distancia fija mínima de 40 m desde el río basada en la bibliografía científica (Clerici et al., 2011; Clerici et al., 2013). La combinación de una franja fija y el criterio de inundación (o aproximación topográfica) permite considerar tanto la influencia de la zona riparia en el sistema fluvial como de la dinámica fluvial en las riberas. Este parece el único camino para generar información coherente y relevante para las Directivas Europeas que afectan a las zonas riparias (Directivas Hábitats, Marco del Agua y Nitratos). El sistema de monitoreo *Copernicus* de la UE incluye tres bases de datos de las zonas riparias (Uso del Suelo, Delimitación de Zonas Riparias, Infraestructuras Verdes lineales, ver https://land.copernicus.eu/local/riparian-zones y Weissteiner et al., 2016).



A

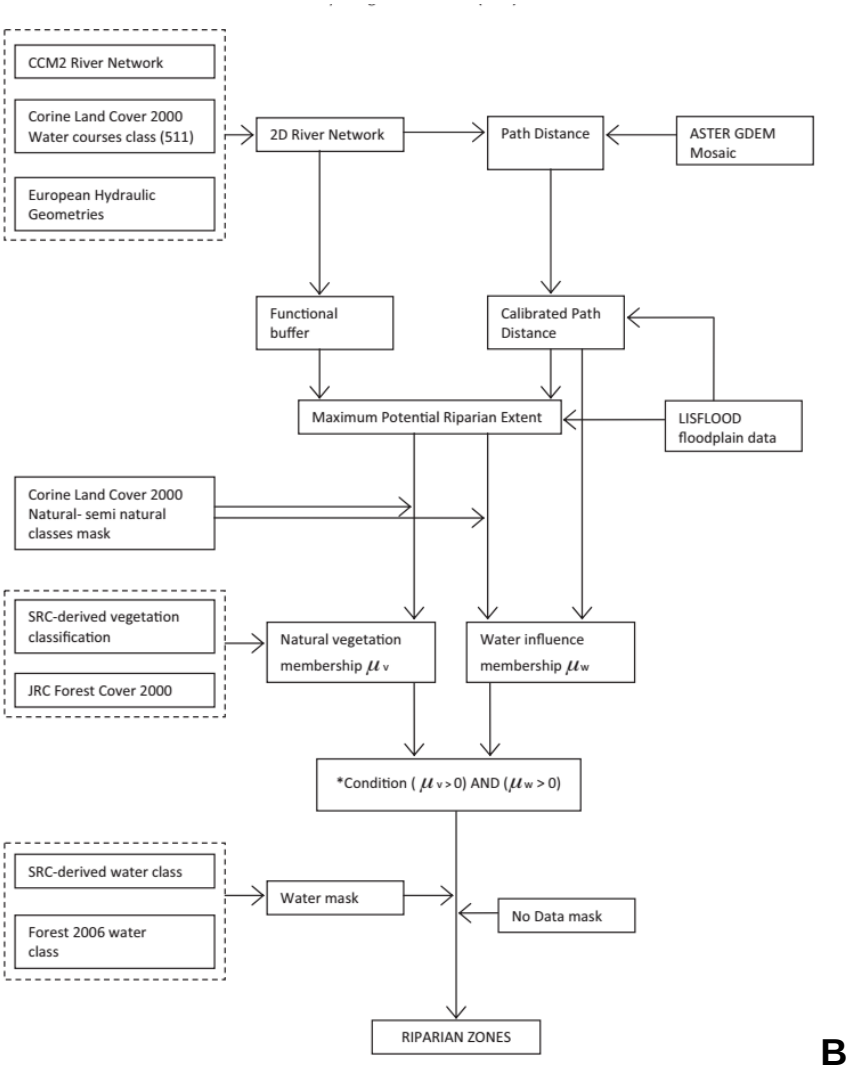


Figura 10. Ejemplos de diagramas de flujos para modelar la delimitación de la zona riparia (A) a escala de cuenca en de Sosa et al. (2017) y (B) a escala europea en Clerici et al. (2013). Esta última aproximación combina una achura fija (franja de protección funcional) con datos hidráulicos ("LISFLOOD floodplain data", i.e. modelado de inundación en avenidas con periodo de retorno de 50 años), topográficos ("ASTER GDEM Mosaic") y de usos del suelo ("Corine Land Cover 2000").

CONCLUSIONES - RECOMENDACIONES

Para concluir, consideramos la vegetación de ribera en sistemas fluviales como un complejo co-construido de unidades de vegetación junto a la red fluvial, sin importar la fisionomía u origen, que está funcionalmente relacionada a los otros componentes del sistema fluvial y el área circundante. Pertenece a la zona riparia, la cual es un paisaje híbrido y abierto: híbrido porque resulta de la co-construcción controlada por procesos humanos y naturales, y abierta porque el terreno junto a los sistemas fluviales influencia, y es influenciado por, el río y los procesos asociados. Así, la estructura y funcionamiento ecológico de las comunidades biológicas en el área riparia varían a través de las cuatro dimensiones del hidro-sistema fluvial (incluyendo el tiempo). Esta variabilidad es controlada principalmente por las condiciones bioclimáticas, geomorfológicas y usos del suelo, los cuales cambian con el tiempo bajo la influencia de factores humanos y naturales. Esta variabilidad influencia claramente cómo se estudia la vegetación riparia. Además, el hecho que de que esta variabilidad esté

relacionada con un contexto particular impone algunas contingencias notables, creando dificultades para la generalización y transferencia de conocimiento.

Finalmente, las recomendaciones principales para mejorar la integración de la vegetación riparia en la gestión del paisaje fluvial son las siguientes:

1. Reconocer las zonas riparias como sistemas socio-ecológicos co-construidos controlados por procesos naturales y humanos que siguen trayectorias complejas en el tiempo.

2. Considerar la vegetación riparia como un sistema abierto (i) relacionado al cauce, el área circundante, la cuenca aguas arriba, la atmósfera y el sustrato, y (ii) conectado a estos componentes a través de flujos bidireccionales.

3. Promover el uso de una definición/delimitación que integre y maximice todas las funciones dentro del sistema socio-ecológico (es decir, servicios ecosistémicos de soporte, provisión, regulación y culturales).

4. Desarrollar ejemplos y herramientas para promover buenas prácticas en la aplicación de la delimitación de la zona riparia.

5. Clarificar el conocimiento que es específico de un lugar y el conocimiento que es transferible (por ejemplo, anchura mínima riparia para una función dada, efectividad de un índice topográfico dado en la delimitación de una zona riparia).

REFERENCIAS

Astudillo, M.R., Novelo-Gutiérrez, R., Vázquez, G., García-Franco, J.G., Ramírez, A., 2016. Relationships between land cover, riparian vegetation, stream characteristics, and aquatic insects in cloud forest streams, Mexico. Hydrobiologia 768, 167–181. https://doi.org/10.1007/s10750-015-2545-1

Bendix, J., Hupp, C.R., 2000. Hydrological and geomorphological impacts on riparian plant communities. Hydrological Processes 14, 2977–2990. https://doi.org/10.1002/1099-1085(200011/12)14:16/17<2977::AID-HYP130>3.0.CO;2-4

Bendix, J., Stella, J.C., 2013. Riparian Vegetation and the Fluvial Environment: A Biogeographic Perspective, in: Treatise on Geomorphology. Elsevier, pp. 53–74. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00322-5

Beschta, R.L., Bilby, R.E., Brown, G.W., Holtby, L.B., Hofstra, T.D., 1987. Stream Temperature and Aquatic Habitat: Fisheries and Forestry Interactions, in: Streamside Management: Forestry and Fishery Interactions. Salo, E.O., Cundy, T.W., Seattle, pp. 191–232.

Bren, L.J., 1993. Riparian zone, stream, and floodplain issues: a review. Journal of Hydrology 150, 277–299. https://doi.org/10.1016/0022-1694(93)90113-N

Brown, A.G., Lespez, L., Sear, D.A., Macaire, J.-J., Houben, P., Klimek, K., Brazier, R.E., Van Oost, K., Pears, B., 2018. Natural vs anthropogenic streams in Europe: History, ecology and implications for restoration, river-rewilding and riverine ecosystem services. Earth-Science Reviews 180, 185–205. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.02.001

Castelle, A.J., Johnson, A.W., Conolly, C., 1994. Wetland and Stream Buffer Size Requirements—A Review. Journal of Environment Quality 23, 878. https://doi.org/10.2134/jeq1994.00472425002300050004x

Clerici, N., Weissteiner, C.J., Paracchini, M.L., Boschetti, L., Baraldi, A., Strobl, P., 2013. Pan-European distribution modelling of stream riparian zones based on multi-source Earth Observation data. Ecological Indicators 24, 211–223. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.06.002

Clerici, N., Weissteiner, C.J., Paracchini, M.L., Strobl, P., 2011. Riparian zones: where green and blue networks meet Pan-European zonation modelling based on remote sensing and GIS (EUR – Scientific and Technical Research series). JRC.

Corenblit, D., Baas, A., Balke, T., Bouma, T., Fromard, F., Garófano-Gómez, V., González, E., Gurnell, A.M., Hortobágyi, B., Julien, F., Kim, D., Lambs, L., Stallins, J.A., Steiger, J., Tabacchi, E., Walcker, R., 2015. Engineer pioneer plants respond to and affect geomorphic constraints similarly along water-terrestrial interfaces world-wide:

Biogeomorphic feedbacks along water-terrestrial interfaces. Global Ecology and Biogeography 24, 1363–1376. https://doi.org/10.1111/geb.12373
Corenblit, D., Tabacchi, E., Steiger, J., Gurnell, A.M., 2007. Reciprocal interactions and adjustments between fluvial landforms and vegetation dynamics in river corridors: A review of complementary approaches. Earth-Science Reviews 84, 56–86.
Davies, C.E., Moss, D., OHill, M., 2004. EUNIS habitat classification report. EEA.
de la Fuente, B., Mateo-Sánchez, M.C., Rodríguez, G., Gastón, A., Pérez de Ayala, R., Colomina-Pérez, D., Melero, M., Saura, S., 2018. Natura 2000 sites, public forests and riparian corridors: The connectivity backbone of forest green infrastructure. Land Use Policy 75, 429–441. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.04.002
de Sosa, L.L., Glanville, H.C., Marshall, M.R., Abood, S.A., Williams, A.P., Jones, D.L., 2018. Delineating and mapping riparian areas for ecosystem service assessment. Ecohydrology 11, e1928. https://doi.org/10.1002/eco.1928
Decamps, H., Joachim, J., Lauga, J., 1987. The importance for birds of the riparian woodlands within the alluvial corridor of the river garonne, S.W. France. Regulated Rivers: Research & Management 1, 301–316. https://doi.org/10.1002/rrr.3450010403
Dufour, S., Rinaldi, M., Piégay, H., Michalon, A., 2015. How do river dynamics and human influences affect the landscape pattern of fluvial corridors? Lessons from the Magra River, Central–Northern Italy. Landscape and Urban Planning 134, 107–118. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.007
Dufour, S., Rodríguez-González, P.M., Laslier, M., 2019. Tracing the scientific trajectory of riparian vegetation studies: Main topics, approaches and needs in a globally changing world. Science of The Total Environment 653, 1168–1185. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.383
Dugdale, S.J., Malcolm, I.A., Kantola, K., Hannah, D.M., 2018. Stream temperature under contrasting riparian forest cover: Understanding thermal dynamics and heat exchange processes. Science of The Total Environment 610–611, 1375–1389. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.198
Ehrenfeld, J.G., 2003. Effects of Exotic Plant Invasions on Soil Nutrient Cycling Processes. Ecosystems 6, 503–523.
Eriksson, M.O.G., 2008. Management of Natura 2000 habitats. 6450 Northern Boreal alluvial meadows. European Commission.
Ferreira, V., Castela, J., Rosa, P., Tonin, A.M., Boyero, L., Graça, M.A.S., 2016. Aquatic hyphomycetes, benthic macroinvertebrates and leaf litter decomposition in streams naturally differing in riparian vegetation. Aquatic Ecology 50, 711–725. https://doi.org/10.1007/s10452-016-9588-x
Fischer, R.A., Martin, C.O., Ratti, J.T., Guidice, J., 2001. Riparian Terminology: Confusion and Clarification.
Flanagan, L.B., Orchard, T.E., Logie, G.S.J., Coburn, C.A., Rood, S.B., 2017. Water use in a riparian cottonwood ecosystem: Eddy covariance measurements and scaling along a river corridor. Agricultural and Forest Meteorology 232, 332–348. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.08.024
Flores-Díaz, A.C., Castillo, A., Sánchez-Matías, M., Maass, M., 2014. Local values and decisions: views and constraints for riparian management in western Mexico. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems 06. https://doi.org/10.1051/kmae/2014017
Girel, J., 1986. Télédétection et cartographie à grande échelle de la végétation alluviale : exemple de la basse plaine de l'Ain. Documents de cartographie écologique 28, 45–74.
Gregory, S.V., Swanson, F.J., McKee, W.A., Cummins, K.W., 1991. An ecosystem perspective of riparian zones. BioScience 41, 540–551.
Gren, I.-M., Groth, K.-H., Sylvén, M., 1995. Economic Values of Danube Floodplains. Journal of Environmental Management 45, 333–345. https://doi.org/10.1006/jema.1995.0080
Gurnell, A., 2014. Plants as river system engineers. Earth Surface Processes and Landforms 39, 4–25. https://doi.org/10.1002/esp.3397
Gurnell, A., Petts, G., 2006. Trees as riparian engineers: the Tagliamento river, Italy. Earth Surface Processes and Landforms 31, 1558–1574. https://doi.org/10.1002/esp.1342
Gurnell, A.M., Corenblit, D., García de Jalón, D., González del Tánago, M., Grabowski, R.C., O'Hare, M.T., Szewczyk, M., 2016. A Conceptual Model of Vegetation-hydrogeomorphology Interactions Within River Corridors. River Research and Applications 32, 142–163. https://doi.org/10.1002/rra.2928
Gurnell, A.M., Gregory, K.J., 1995. Interactions between semi-natural vegetation and hydrogeomorphological processes. Geomorphology 13, 49–69. https://doi.org/10.1016/0169-555X(95)00030-9
Hagan, J.M., Pealer, S., Whitman, A.A., 2006. Do small headwater streams have a riparian zone defined by plant communities? Canadian Journal of Forest Research 36, 2131–2140. https://doi.org/10.1139/x06-114
Hill, W.R., Mulholland, P.J., Marzolf, E.R., 2001. Stream ecosystem responses to forest leaf emergence in spring. Ecology 82, 2306–2319. https://doi.org/10.1890/0012-9658(2001)082[2306:SERTFL]2.0.CO;2
Illhardt, B.L., Verry, E.S., Palik, B.J., 2000. Defining riparian areas, in: Riparian Management in Forests of the Continental Eastern United States. Verry, E.S., New York, NY, pp. 23–42.
Irmak, S., Kabenge, I., Rudnick, D., Knezevic, S., Woodward, D., Moravek, M., 2013. Evapotranspiration crop coefficients for mixed riparian plant community and transpiration crop coefficients for Common reed, Cottonwood and Peach-leaf

willow in the Platte River Basin, Nebraska-USA. Journal of Hydrology 481, 177–190. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.12.032
Jobin, B., Bélanger, L., Boutin, C., Maisonneuve, C., 2004. Conservation value of agricultural riparian strips in the Boyer River watershed, Québec (Canada). Agriculture, Ecosystems & Environment 103, 413–423. https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.12.014
Kenwick, R.A., Shammin, M.R., Sullivan, W.C., 2009. Preferences for riparian buffers. Landscape and Urban Planning 91, 88–96. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.12.005
Kondolf, G.M., Piégay, H., Landon, N., 2007. Changes in the riparian zone of the lower Eygues River, France, since 1830. Landscape Ecology 22, 367–384. https://doi.org/10.1007/s10980-006-9033-y
Kristensen, P., Kristensen, E., Riis, T., Anette, A., Larsen, S., Verdonschot, P., Baattrup-Pedersen, A., 2015. Riparian forest as a management tool for moderating future thermal conditions of lowland temperate streams. Inland Waters 5, 27–38. https://doi.org/10.5268/IW-5.1.751
Lamontagne, S., Cook, P.G., O'Grady, A., Eamus, D., 2005. Groundwater use by vegetation in a tropical savanna riparian zone (Daly River, Australia). Journal of Hydrology 310, 280–293. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.01.009
Ledesma, J.L.J., Futter, M.N., Blackburn, M., Lidman, F., Grabs, T., Sponseller, R.A., Laudon, H., Bishop, K.H., Köhler, S.J., 2018. Towards an Improved Conceptualization of Riparian Zones in Boreal Forest Headwaters. Ecosystems 21, 297–315. https://doi.org/10.1007/s10021-017-0149-5
Lovett, S., Price, P., 1999. Riparian land management technical guidelines. Land and Water Resources Research and Development Corp. (LWRRDC), Canberra.
Lowrance, R., Leonard, R., Sheridan, J., 1985. Managing riparian ecosystems to control nonpoint pollution. Journal of Soil and Water Conservation 40, 87–91.
Malanson, G.P., 1993. Riparian landscapes, Cambridge studies in ecology. Cambridge University Press, Cambridge ; New York.
Mander, Ü., Hayakawa, Y., Kuusemets, V., 2005. Purification processes, ecological functions, planning and design of riparian buffer zones in agricultural watersheds. Ecological Engineering 24, 421–432. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2005.01.015
Maridet, L., 1994. La végétation rivulaire, facteur de contrôle du fonctionnement écologique des cours d'eau : influence sur les communautés benthiques et hyporhéiques et sur les peuplements de poissons dans trois cours d'eau du Massif Central (Thèse de Doctorat). Université de Lyon, Lyon.
Marston, R.A., Girel, J., Pautou, G., Piegay, H., Bravard, J.-P., Arneson, C., 1995. Channel metamorphosis, floodplain disturbance, and vegetation development: Ain River, France. Geomorphology 13, 121–131. https://doi.org/10.1016/0169-555X(95)00066-E
Miura, A., Urabe, J., 2015. Riparian land cover and land use effects on riverine epilithic fungal communities. Ecological Research 30, 1047–1055. https://doi.org/10.1007/s11284-015-1303-1
Naiman, R.J., Décamps, H., 1997. The ecology of interfaces : Riparian Zones. Annual Review of Ecology and Systematics 28, 621–658. https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.28.1.621
Naiman, R.J., Décamps, H., McClain, M.E., 2005. Riparia: ecology, conservation, and management of streamside communities, Aquatic ecology series. Elsevier, Academic Press, Amsterdam.
Naiman, R.J., Decamps, H., Pollock, M., 1993. The Role of Riparian Corridors in Maintaining Regional Biodiversity. Ecological Applications 3, 209–212. https://doi.org/10.2307/1941822
Naiman, R.J., Fetherston, K.L., McKay, S., Chen, J., 1998. Riparian forests, in: River Ecology and Management: Lessons from the Pacific Coastal Ecoregion. R. J. Naiman and R. E. Bilby, New York, pp. 289–323.
National Research Council, 2002. Riparian Areas: Functions and Strategies for Management. National Academies Press, Washington, D.C. https://doi.org/10.17226/10327
Osterkamp, W.R., 2008. Annotated Definitions of Selected Geomorphic Terms and Related Terms of Hydrology, Sedimentology, Soil Science and Ecology. USGS, Reston, Virginia.
Pautou, G., 1984. L'organisation des forêts alluviales dans l'axe rhodanien entre Genève et Lyon ; comparaison avec d'autres systèmes fluviaux. Documents de cartographie écologique 27, 43–64.
Pautou, G., Ponsero, A., Jouannaud, P., 1997. Les changements de biodiversité dans les interfaces alluviales. Application a la plaine d'inondation du Rhône entre Genève et Lyon et à la réserve naturelle du marais de lavours. Revue d'Ecologie Alpine IV, 35–63.
Perkins, D.W., Hunter, Jr., M.L., 2006. Use of amphibians to define riparian zones of headwater streams. Canadian Journal of Forest Research 36, 2124–2130. https://doi.org/10.1139/x06-111
Piégay, H., Gurnell, A.M., 1997. Large woody debris and river geomorphological pattern: examples from S.E. France and S. England. Geomorphology 19, 99–116.
Piégay, H., Pautou, G., Ruffinoni, C., 2003a. Les forêts riveraines des cours d'eau: écologie, fonctions et gestion. IDF, Institut pour le développement forestier, Paris.
Pivec, J., 2002. A short-term reponse of floodplain and spruce forests to evaporation requirements in Moravia in different years. Journal of Forest Science 48, 320–327.

Recchia, L., Cini, E., Corsi, S., 2010. Multicriteria analysis to evaluate the energetic reuse of riparian vegetation. Applied Energy 87, 310–319. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.08.034

Rosenberg, D.K., Noon, B.R., Meslow, E.C., 1997. Biological Corridors: Form, Function, and Efficacy. BioScience 47, 677–687. https://doi.org/10.2307/1313208

Roshan, Z.S., Anushiravani, S., Karimi, S., Moradi, H.V., Salmanmahini, A.R., 2017. The importance of various stages of succession in preservation of biodiversity among riparian birds in northern Iran. Environmental Monitoring and Assessment 189. https://doi.org/10.1007/s10661-017-5778-9

Sabater, S., Butturini, A., Clement, J.-C., Burt, T., Dowrick, D., Hefting, M., Matre, V., Pinay, G., Postolache, C., Rzepecki, M., Sabater, F., 2003. Nitrogen Removal by Riparian Buffers along a European Climatic Gradient: Patterns and Factors of Variation. Ecosystems 6, 0020–0030. https://doi.org/10.1007/s10021-002-0183-8

Sabo, J.L., Sponseller, R., Dixon, M., Gade, K., Harms, T., Heffernan, J., Jani, A., Katz, G., Soykan, C., Watts, J., Welter, J., 2005. Riparian zones increase regional species richness by harboring different, not more, species. Ecology 86, 56–62. https://doi.org/10.1890/04-0668

Salemi, L.F., Groppo, J.D., Trevisan, R., Marcos de Moraes, J., de Paula Lima, W., Martinelli, L.A., 2012. Riparian vegetation and water yield: A synthesis. Journal of Hydrology 454–455, 195–202. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.05.061

Schnitzler, A., Génot, J.-C. (Eds.), 2012. La France des friches: de la ruralité à la féralité, Matière à débattre et à décider. Éditions Quae, Versailles.

Schnitzler-Lenoble, A., 2007. Forêts alluviales d'Europe: écologie, biogéographie, valeur intrinsèque. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

Seymour, C.L., Simmons, R.E., 2008. Can severely fragmented patches of riparian vegetation still be important for arid-land bird diversity? Journal of Arid Environments 72, 2275–2281. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2008.07.014

Swanson, F.J., Gregory, S.V., Sedell, J.R., 1982. Land-water interactions: the riparian zone, in: Analysis of Coniferous Forest Ecosystems in the Western United States, US International Biological Program Synthesis Serial 14. Edmonds, RL, New York, pp. 267–291.

Tabacchi, E., 1992. Variabilté des peuplements riverains de l'Adour. Influence de la dynamique fluviale à différentes échelles d'espace et de temps. (Thèse doctorat). Université Paul Sabatier, Toulouse.

Tabacchi, E., Correll, D.L., Hauer, R., Pinay, G., Planty-Tabacchi, A.-M., Wissmar, R.C., 1998. Development, maintenance and role of riparian vegetation in the river landscape. Freshwater Biology 40, 497–516. https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.1998.00381.x

Tal, M., Gran, K., Murray, A.B., Paola, C., Hicks, D.M., 2004. Riparian vegetation as a primary control on channel characteristics in multi-thread rivers, in: Bennett, S.J., Simon, A. (Eds.), Water Science and Application. American Geophysical Union, Washington, D. C., pp. 43–58. https://doi.org/10.1029/008WSA04

Thomas, J.W., Maser, C., Rodiek, J.E., 1979. Wildlife habitats in managed rangelands--the Great Basin of southeastern Oregon, riparian zones, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station. USDA Forest Service, Portland, OR.

Trimmel, H., Weihs, P., Leidinger, D., Formayer, H., Kalny, G., Melcher, A., 2018. Can riparian vegetation shade mitigate the expected rise in stream temperatures due to climate change during heat waves in a human-impacted pre-alpine river? Hydrology and Earth System Sciences 22, 437–461. https://doi.org/10.5194/hess-22-437-2018

Veneklaas, E.J., Fajardo, A., Obregon†, S., Lozano, J., 2005. Gallery forest types and their environmental correlates in a Colombian savanna landscape. Ecography 28, 236–252. https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2005.03934.x

Verry, E.S., Dolloff, C.A., Manning, M.E., 2004. Riparian ecotone: a functional definition and delineation for resource assessment. Water, Air, and Soil Pollution: Focus 4, 67–94.

Vidon, P., Allan, C., Burns, D., Duval, T.P., Gurwick, N., Inamdar, S., Lowrance, R., Okay, J., Scott, D., Sebestyen, S., 2010. Hot Spots and Hot Moments in Riparian Zones: Potential for Improved Water Quality Management. JAWRA Journal of the American Water Resources Association 46, 278–298. https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2010.00420.x

Wawrzyniak, V., Allemand, P., Bailly, S., Lejot, J., Piégay, H., 2017. Coupling LiDAR and thermal imagery to model the effects of riparian vegetation shade and groundwater inputs on summer river temperature. Science of The Total Environment 592, 616–626. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.019

Weissteiner, C., Ickerott, M., Ott, H., Probeck, M., Ramminger, G., Clerici, N., Dufourmont, H., de Sousa, A., 2016. Europe's Green Arteries—A Continental Dataset of Riparian Zones. Remote Sensing 8, 925. https://doi.org/10.3390/rs8110925