

Lección 9. La materia orgánica y su procesado en los ecosistemas de aguas continentales



María Rosario Vidal-Abarca Gutiérrez
Dpto. Ecología e Hidrología
Universidad de Murcia

Lección 9.

La materia orgánica y su procesado en los ecosistemas de aguas continentales

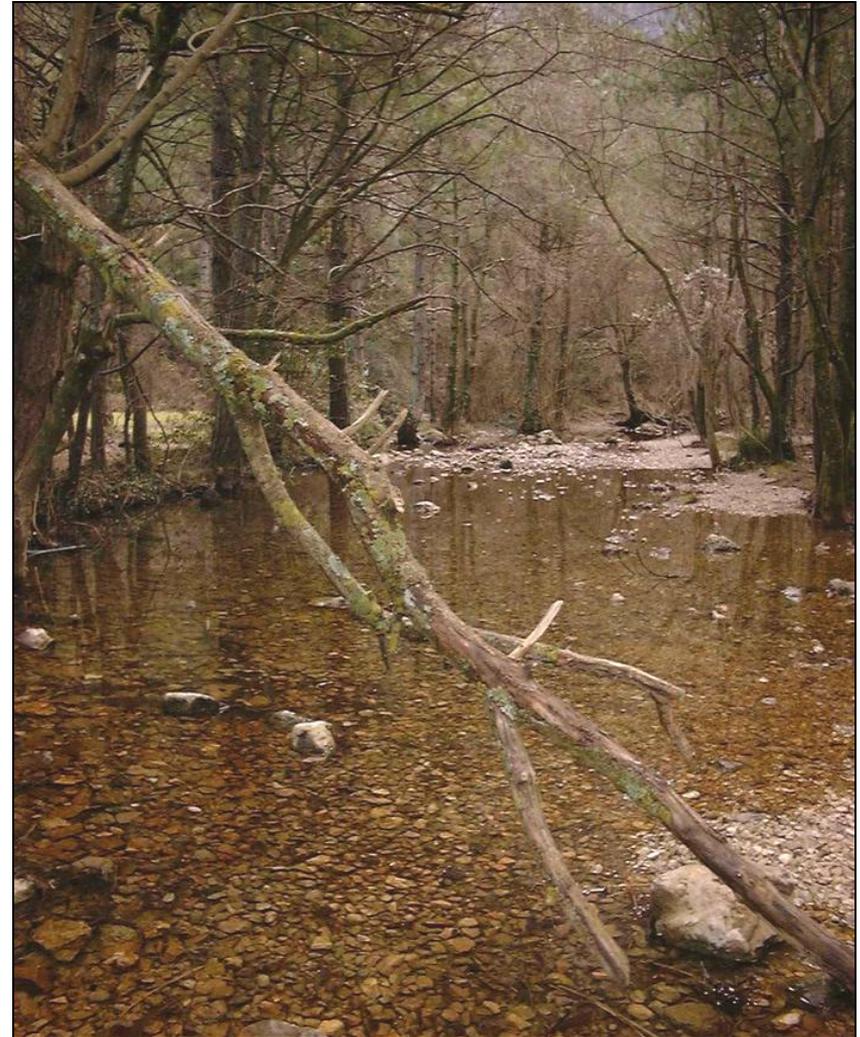
CONTENIDOS	
1.	Origen y tipología de la materia orgánica en los ecosistemas acuáticos
2.	Procesado de la materia orgánica: factores físicos y biológicos
3.	Papel de los macroinvertebrados en el procesado de la materia orgánica
4.	Descomposición de la materia orgánica disuelta (DOM)
5.	Balances de materia orgánica

1. Origen y tipología de la materia orgánica en los ecosistemas acuáticos

Una parte importante de la energía que entra a los ecosistemas acuáticos, fundamentalmente en ríos y arroyos, procede de la materia orgánica muerta, de la que se reconocen distintas fracciones:

- **materia orgánica particulada gruesa** (CPOM) > 1 mm
- **materia orgánica particulada fina** (FPOM) entre 1 mm y 0,5 μm
- **materia orgánica disuelta** (DOM) < 0,5 μm .

En los sistemas lóticos, éstas fracciones constituyen una fuente potencial de alimento para un gran número de consumidores, denominados organismos detritívoros y descomponedores. En estos sistemas, muchas veces la producción heterotrófica constituye un suministro de energía mayor de lo que supone la producción primaria, lo que sucede con frecuencia en las cabeceras de los cauce donde existe un bosque de ribera que limita la entrada de luz o en los tramos bajos de los ríos, donde la turbidez del agua limita, igualmente, la producción primaria. Incluso en las condiciones más favorables para una elevada tasa de producción primaria (tramos con elevada incidencia solar, o ríos caudalosos donde se produce un "bloom" de fitoplancton), la materia orgánica supone una fuente substancial de energía para el sistema. Así que esta lección trata fundamentalmente del procesado de la materia orgánica en sistemas lóticos.



1. Origen y tipología de la materia orgánica en los ecosistemas acuáticos

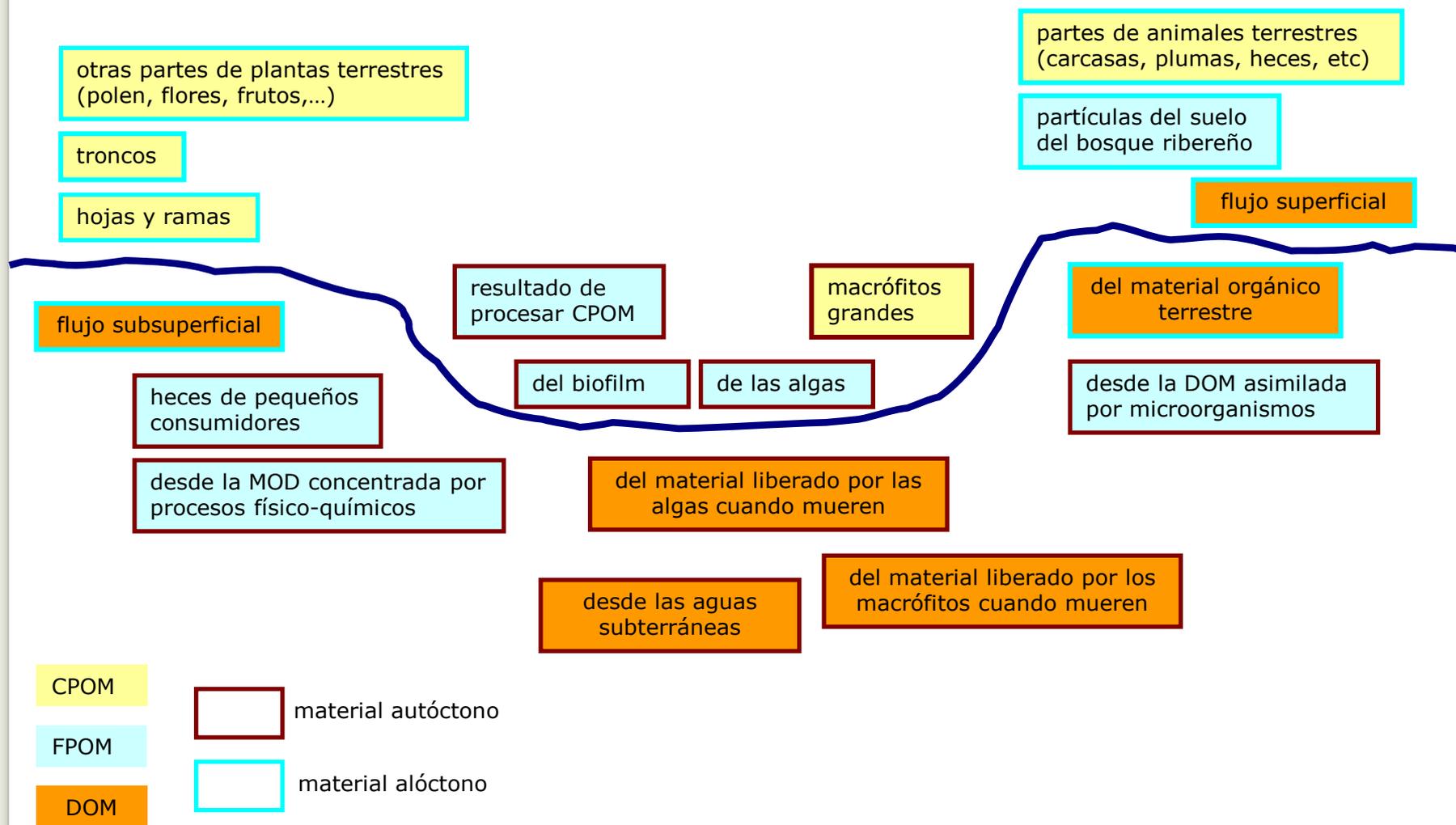
Las fuentes de materia orgánica pueden ser muy diversas y normalmente son externas al propio sistema acuático (alóctonas) (restos vegetales, partículas sólidas..) aunque también pueden tener su origen dentro de sistema (autóctonas) (excretas de animales, partes senescentes de la vegetación acuática, y liberación extracelular de compuestos disueltos).

En los tramos altos de los ríos y en arroyos de cabecera la caída de las hojas procedente del bosque de ribera, durante el otoño, supone una fuente importante de CPOM. La descomposición parcial de esta fracción, mediada por procesos químicos, físicos y biológicos, dan lugar a su transformación en FPOM y la de ésta en DOM. En este procesado los microorganismos y los macroinvertebrados acuáticos, juegan un papel fundamental. Además de esta línea de procesado la FPOM y el DOM tienen otras muchas posibles.



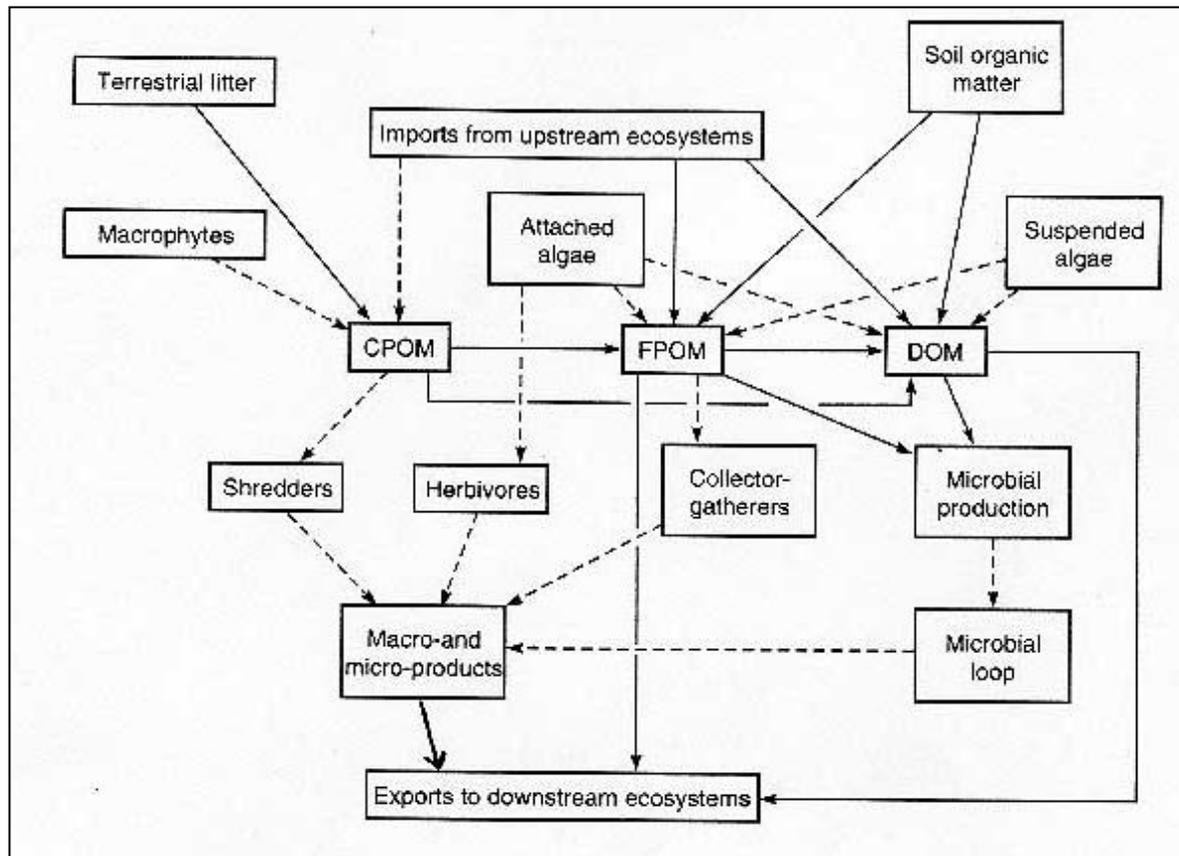
1. Origen y tipología de la materia orgánica en los ecosistemas acuáticos

FIGURA 1: Origen de la materia orgánica en los sistemas acuáticos



1. Origen y tipología de la materia orgánica en los ecosistemas acuáticos

El diagrama representa los principales flujos de la materia orgánica en un río. Las líneas sólidas indican la dominancia de las vías de transporte o metabolismo de la materia orgánica en un río forestado. (modificado de Wetzel, 1983).



<http://www.biol.vt.edu/faculty/benfield/freshwater/freshwaterlocked/fredfigs.html>

2. Procesado de la materia orgánica: factores físicos y biológicos

Materia orgánica particulada gruesa (CPOM, >1 mm)

Origen: hojas caídas en otoño, partes de macrófitos acuáticos, flores, e incluso carcasas de peces (estos últimos han sido menos estudiados). Los restos de ramas y tallos llevan un proceso de descomposición mucho más lento y tienen menor repercusión en los niveles tróficos superiores. (Ver Figura 1).

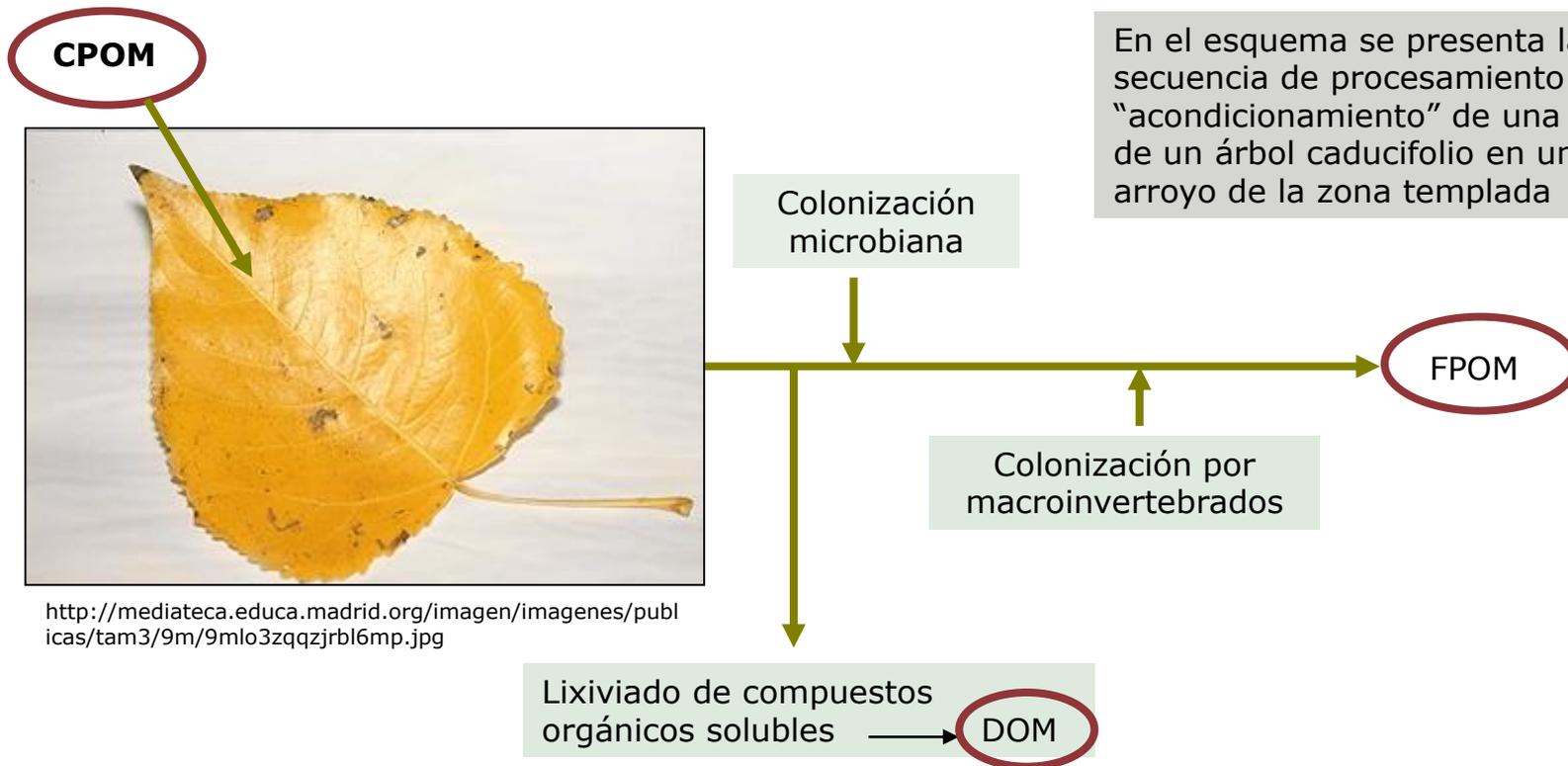
Destino final: mineralización, almacenamiento en el sistema (acúmulos de materia orgánica en zonas deposicionales), transporte aguas abajo, transformación en FPOM).

[Leer texto](#)

[Molinero & Pozo \(2003\)](#)



2. Procesado de la materia orgánica: factores físicos y biológicos

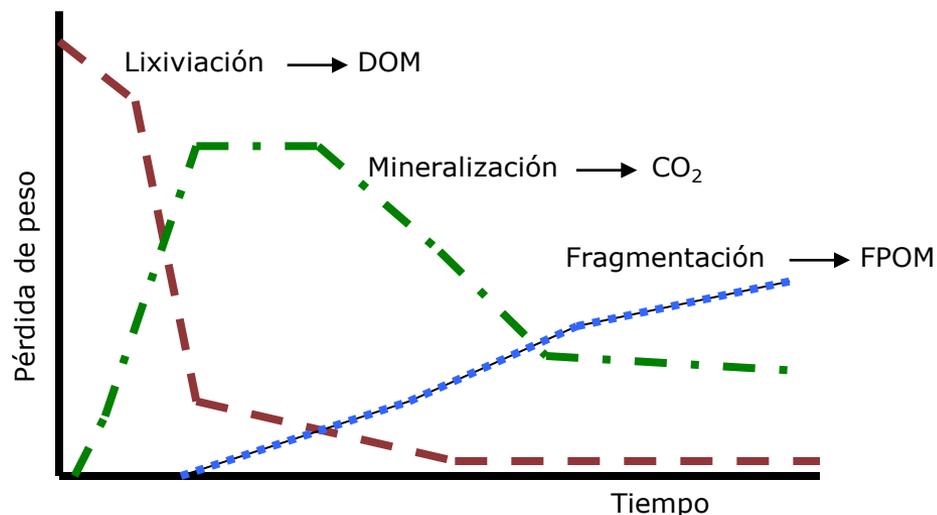


Factores implicados en su descomposición:

- el tipo de material vegetal (hojas, troncos, etc)
- variables ambientales (Elevadas T^a , y disponibilidad de nitrógeno, incrementan las tasas de descomposición. Valores bajos de pH retardan la descomposición al inhibir la acción de los microorganismos y los invertebrados).
- la actividad de los organismos detritívoros.

Ejemplo: tasa de descomposición de hojas de plantas leñosas = 200 días; plantas no leñosas= 65 días. Las mayores tasas de descomposición se dan en algas y plantas acuáticas sumergidas.

2. Procesado de la materia orgánica: factores físicos y biológicos



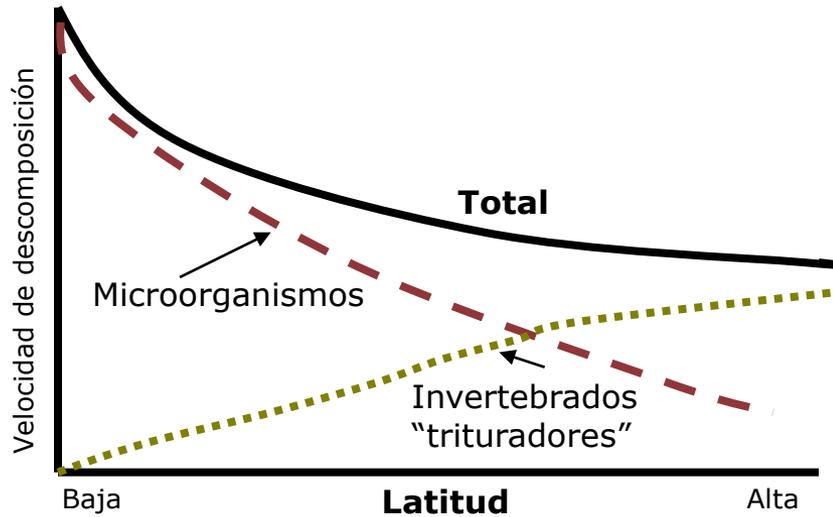
Representación hipotética de la contribución relativa de cada fase del procesado a la pérdida de peso de la materia orgánica particulada gruesa (CPOM).

La contribución relativa de cada proceso (lixiviación, mineralización, fragmentación) depende del tipo de hoja y de las condiciones ambientales.

Durante las primeras 24 h se produce la pérdida de un 25 % del peso inicial de la hoja, debido exclusivamente al lixiviado de compuestos orgánicos disueltos (carbohidratos solubles y polifenoles). Esta fase es la que muestra las tasas más elevadas de pérdida de peso.



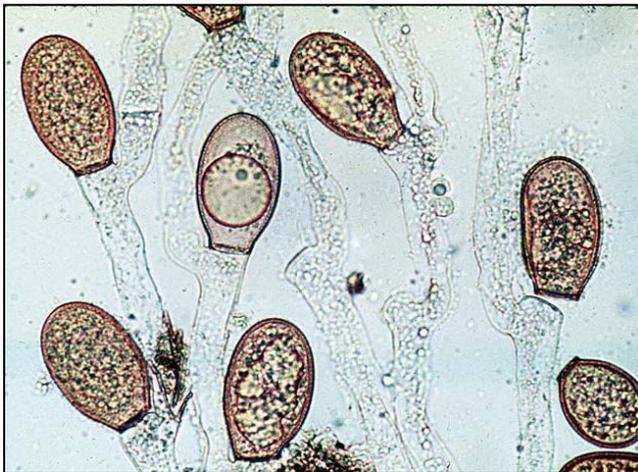
2. Procesado de la materia orgánica: factores físicos y biológicos



El papel de los organismos en el procesado de la materia orgánica es diferente también, según la latitud donde se lleve a cabo el proceso.

En la grafica se presenta un modelo conceptual de la importancia relativa de los microorganismos y los invertebrados trituradores en el proceso de descomposición de la CPOM, en diferentes latitudes.

Observa como a bajas latitudes los microorganismos adquieren todo el protagonismo.



<http://www.ucmp.berkeley.edu/fungi/allomyces.jpg>

Allomyces, un hongo acuático



<http://www.biopix.dk/Temp/JCS%20Gammarus%20pulex%2039726.jpg>

Gammarus sp. Crustáceo detritívoro muy común en ríos y orillas de lagos y embalses

2. Procesado de la materia orgánica: factores físicos y biológicos

Descomposición de macrófitos acuáticos:

El proceso es similar al anterior, con la salvedad de que las bacterias parecen tener un papel más importante en este caso. Los macrófitos sumergidos presentan tasas de descomposición más elevadas que los que muestran los helófitos, debido a la presencia de tejidos de sostén lignificados.



Chara sp. ejemplo de macrófito sumergido



Phragmites australis, ejemplo de helófito con tasa de descomposición lenta

2. Procesado de la materia orgánica: factores físicos y biológicos

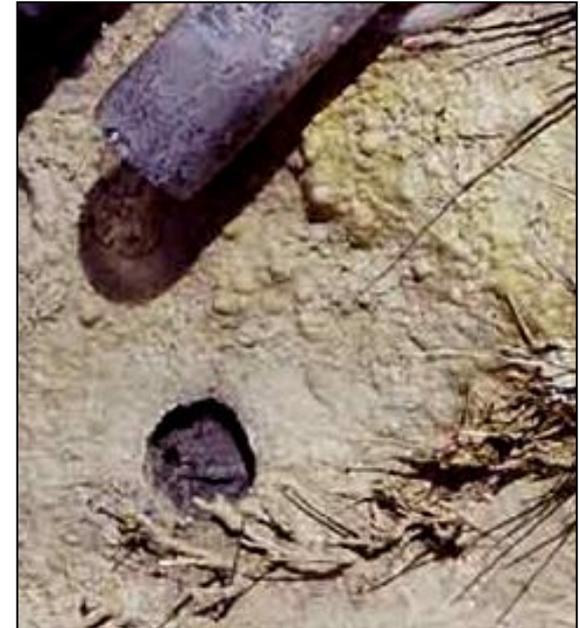
Materia orgánica particulada fina (FPOM, 1 mm - 0,5 μm)

Las vías energéticas que incluyen a la FPOM, han sido mucho menos estudiadas que las de la CPOM.

Origen: Procesamiento de la CPOM, aportes desde las cuencas vertientes (ver Figura 1). Esta última fuente, aunque menos estudiada, parece ser más importante cuantitativamente, que la FPOM derivada del procesamiento de la CPOM. El pequeño tamaño de estas partículas sugiere que las bacterias, más que los hongos, constituyen los principales microorganismos responsables de su procesamiento.

Los insectos detritívoros no sólo generan FPOM como resultado de su acción directa sobre la CPOM, sino también por la producción de excrementos. La mayoría de los organismos consumidores de CPOM producen una masa elevada de heces.

En un arroyo de Estados Unidos, la supresión experimental de los invertebrados detritívoros de un tramo de cauce, produjo la disminución del 14 % en el transporte, aguas abajo, de FPOM.



2. Procesado de la materia orgánica: factores físicos y biológicos

Se sabe poco sobre la fracción FPOM procedente de la descomposición de la hojarasca, pero todavía se sabe menos de otras posibles fuentes de FPOM, aunque se sospecha pueden ser de igual magnitud e incluso superiores.

Estas pueden ser **partículas finas** procedentes: (ver Figura 1)

-del lavado de los suelos forestales ricos en materia orgánica (material húmico)

-contenidas en el agua intersticial de los suelos, en general, de los taludes o del propio lecho del río

-células muertas procedentes del perifiton o biofilm que son arrastradas desde diferentes fuentes (cauces tributarios..etc.).

De hecho algunos estudios realizados apuntan a que la mayoría de la FPOM corresponde a material orgánico adsorbido a partículas minerales más que a la descomposición de las hojarasca.



La FPOM, como fracción fina de la materia orgánica, contiene un menor contenido en carbono orgánico que la CPOM -teniendo por tanto menor valor nutritivo- y uno mayor de celulosa, compuesto poco asimilable por los microorganismos, por lo que la tasas de descomposición de esta fracción de la materia orgánica son menores que las de la CPOM.

2. Procesado de la materia orgánica: factores físicos y biológicos

Destino final: Dado su menor tamaño, la FPOM es más susceptible de ser transportada aguas abajo, por tanto su disponibilidad para los consumidores de materia orgánica (filtradores, suspensívoros y recolectores) esta influenciada por la velocidad de la corriente y la existencia en el cauce de zonas o estructuras que permitan su retención y acumulación (p.e presencia de pozas). Las distancias de transporte de la FPOM han sido estimadas entre 200 - 800 m para varios ríos, usando para ello FPOM marcada con ^{14}C . Tras una riada, lógicamente estas distancias pueden ser mucho mayores.



3. Papel de los macroinvertebrados en el procesado de la materia orgánica

Organismos consumidores de CPOM. Influencia de los detritívoros en su descomposición.

La fragmentación de las hojas por los invertebrados constituye una de las últimas fases de la descomposición de la CPOM. Los microorganismos juegan un papel fundamental, no sólo en la descomposición del material vegetal, sino en hacer más palatable y nutritivo este material a los consumidores. Lo que, en consecuencia, favorece su fragmentación acelerando el proceso de descomposición.

Los resultados experimentales obtenidos al respecto, indican que el 25% de la degradación de las hojas es atribuible a la presencia de invertebrados. Sin embargo, en grandes ríos la importancia de los organismos detritívoros no es la misma, dado que el aporte de detritos vegetales no debe ser suficiente como para mantener una comunidad importante de detritívoros.

Organismos detritívoros



Larvas de Efémeras

[Leer texto](#)

[Chung & Suberkropp \(2008\)](#)



Cangrejo de río autóctono
(*Austropotamobius pallipes*)

Los detritívoros juegan un papel fundamental en el procesado de la CPOM y su paso a FPOM, no sólo por la acción trituradora sino también por las heces que liberan. Sin embargo, previo a que los detritívoros *ataquen* las hojas, éstas deben estar acondicionadas por hongos y bacterias, que además aumentan el valor nutritivo y la palatabilidad del material vegetal.

3. Papel de los macroinvertebrados en el procesado de la materia orgánica

Organismos consumidores de FPOM

Mientras que la acción biológica de los invertebrados es esencial en la formación de la FPOM, no lo es tanto para su eliminación. De hecho el papel de los consumidores parece ser poco importante en la retirada del material fino de la columna de agua. No así para los consumidores del material fino depositado en el fondo.



<http://www.rios-galegos.com/simulidae3.jpg>

Larva de Simulido, organismo filtrador de FPOM

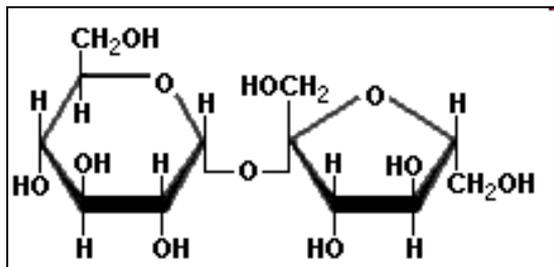
Larva de Tricóptero, típico organismo colector de FPOM



(www.aquatax.ca/trichoptera/CaddisLarvae.jpg)

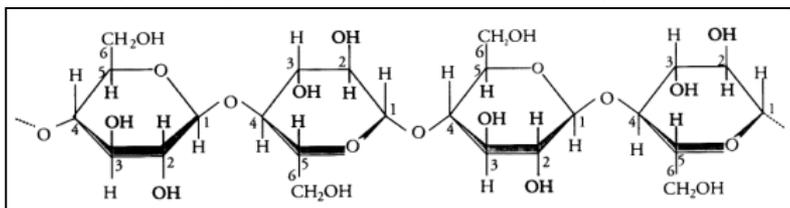
4. Descomposición de la materia orgánica disuelta (DOM)

<http://www.scientificpsychic.com/fitness/sucrose.gif>



Estructura molecular de la sacarosa

<http://www.genomasur.com/lecturas/02-31-G.gif>



Estructura molecular de la celulosa

Materia orgánica disuelta (DOM, <math><0.5 \mu\text{m}</math>)

La materia orgánica disuelta (DOM) supone, con diferencia, el mayor reservorio de carbón orgánico en sistemas lóticos. Los términos DOM y DOC (carbono orgánico disuelto) se utilizan indistintamente pero hay que tener en cuenta que sólo el 45-50 % de la DOM es DOC.

Su definición como fracción es puramente convencional, <math><0,5 \mu\text{m}</math>, dado que en este tamaño de partícula también quedan incluidas, pequeñas bacterias, virus y coloides de materia orgánica. Entre el 10-25 % de la DOM consiste en carbohidratos y grasas, así como amino e hidroxiácidos. El resto se clasifica, en general, como ácidos húmicos y fúlvicos.

Origen

Toda ella procede de los productos biológicos del suelo, plantas o materia orgánica acuática. Parte de ella también tiene su origen en el procesamiento de la CPOM y en el exudado de células vegetales. Además, el suelo del ecosistema terrestre adyacente y los aportes de agua subterránea, suponen importantes fuentes de DOM (ver figura 1)

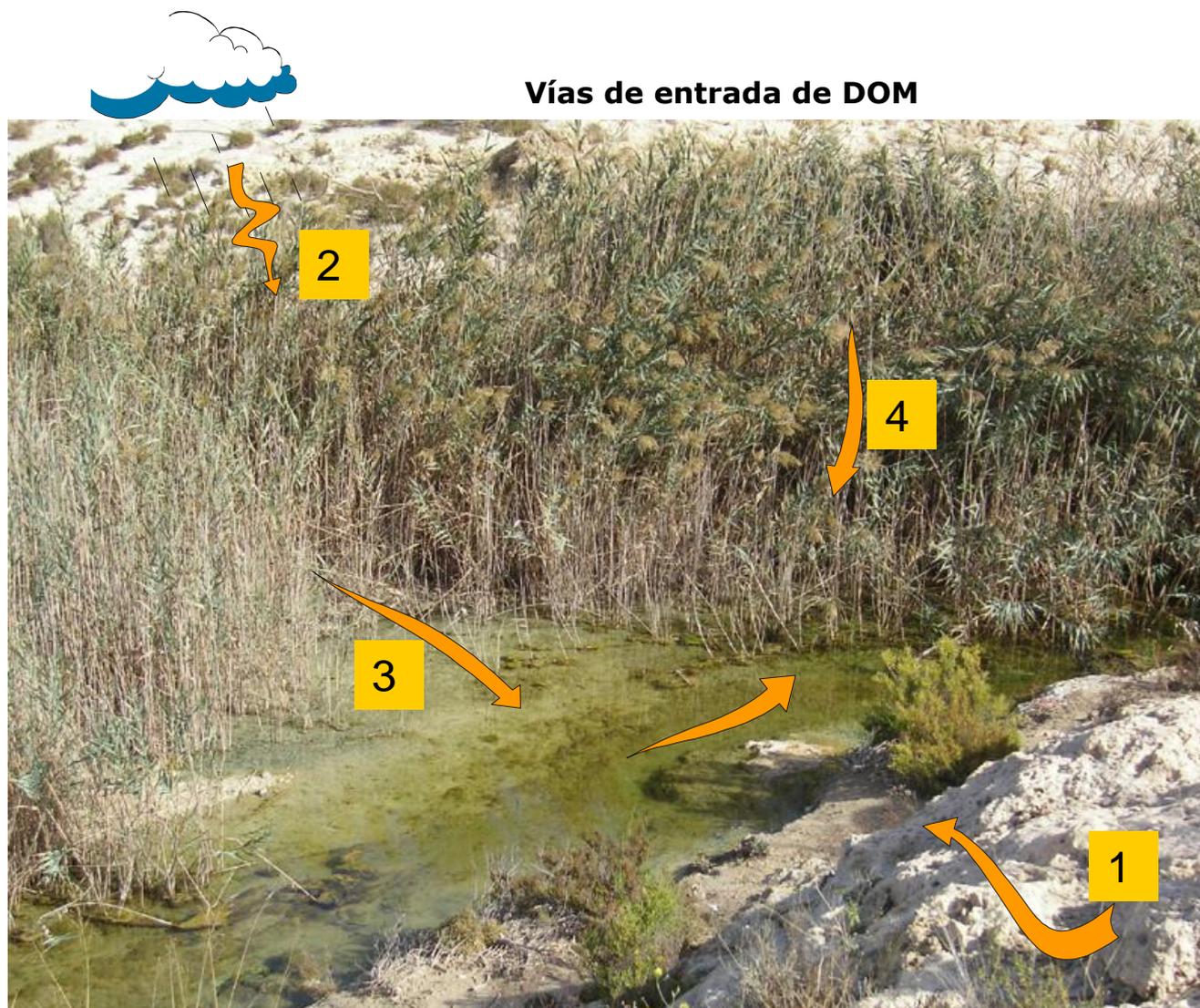
4. Descomposición de la materia orgánica disuelta (DOM)



Los suelos más ricos en materia orgánica son los prados, seguidos de los forestales y por último los del desierto. El agua intersticial de estos suelos contiene concentraciones de DOC del orden de 2-30 mg/l debido a la solubilización de la materia orgánica. Este agua se infiltra a través del suelo y el DOC es utilizado por los microorganismos disminuyendo así su concentración. Sin embargo, y dependiendo de las condiciones del suelo, este agua, si termina aflorando cerca de un arroyo, puede aportar importantes cantidades de DOM. Las lluvias también pueden suponer una fuente importante de DOM, dependiendo del contacto con la vegetación. Cuando el agua de lluvia es interceptada por la vegetación arrastra cantidades significativas de materia orgánica, midiéndose valores de hasta 25 mg/l de DOM.

4. Descomposición de la materia orgánica disuelta (DOM)

Vías de entrada de DOM



Así pues, en ríos y arroyos, la concentración de DOC depende de las diferentes vías de entrada del agua al cauce: -aportes de aguas subterráneas ricas en DOM (1), - agua de lluvia (2), - agua de la escorrentía superficial de suelos ricos en materia orgánica (3), desde la vegetación (4) etc.

Como consecuencia, la concentración de DOM variará en función de la importancia relativa de las diferentes vías de aporte de DOC.

4. Descomposición de la materia orgánica disuelta (DOM)

Destino final

Tanto procesos bióticos como abióticos están implicados en la retirada de la DOM de la columna de agua.

Los procesos biológicos implicados son:

- la asimilación por parte de los microorganismos, especialmente bacterias
- la producción heterotrófica y consecuente la transformación en biomasa microbiana
- el consumo de esta biomasa microbiana
- la remineralización y transformación a CO_2 por la respiración de la comunidad.

Los procesos abióticos son:

- la floculación
- transformación en materia particulada FPOM.



5. Balances de materia orgánica

El balance de materia orgánica se refiere a la valoración de las entradas (E) y salidas (S) del material orgánico en un río. Es difícil realizar estos balances debido a la diversidad de vías de circulación de la materia orgánica en estos ecosistemas, así como a la cantidad de interconversiones que se producen entre las distintas fracciones. La ecuación de un balance de materia orgánica es: $S = E + \Delta B$, siendo ΔB la variación en la acumulación de materia orgánica en el tramo de cauce estudiado. Los balances se realizan en un tramo de cauce acotado y para un tiempo determinado.

En la siguiente tabla se presentan datos de la cantidad de materia orgánica acumulada en distintos ríos. Se separan las distintas fracciones (Wood = madera; CBOM = Materia orgánica bentónica gruesa; FBOM = Materia orgánica bentónica fina; UBOM = Materia orgánica bentónica ultrafina; TBOM = Materia orgánica total)

Table 7. Organic matter storage in streams of semi-arid and arid regions (units are g AFDW m⁻²)

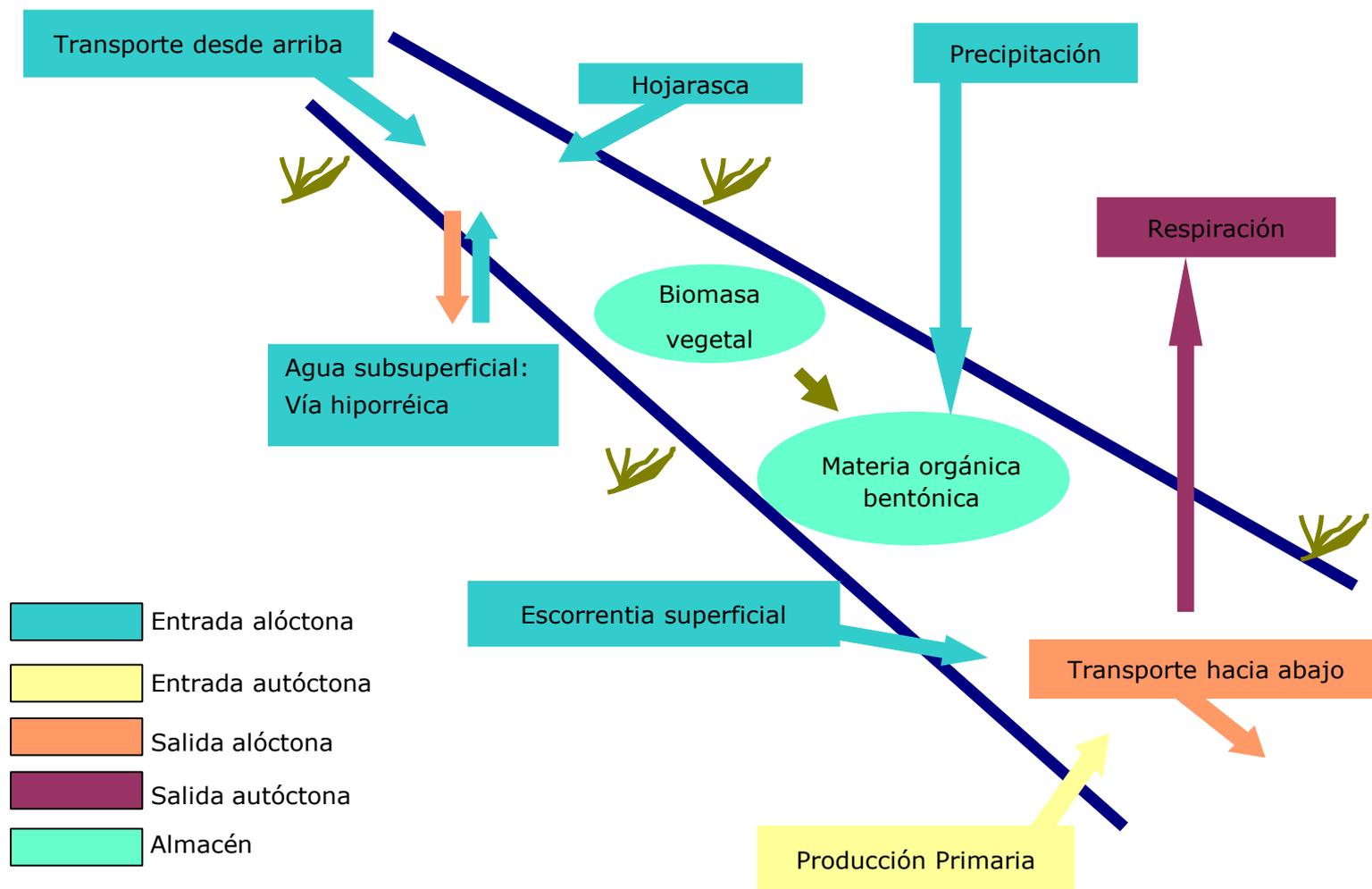
Stream	Type	Wood (>1 mm)	CBOM	FBOM	UBOM	TBOM	Reference
Rattlesnake Springs, WA, USA	Cool desert spring stream		242				Cushing (1997)
King Creek, KA, USA	Prairie stream	91	38*				Gray (1997)
King Creek, KA, USA	Gallery forest stream	329	238*				Gray (1997)
Sycamore Creek, AR, USA	Hot desert stream	Very low	5.2*	>50		104**	Schade (1995); Grimm (1987); Fisher et al. (1982)
Streams of the Trinity Rivers basin, TX, USA	Intermittent prairie streams	Low	17.75	5.74	2.83	26.5	Hill et al. (1992a)
Streams of the Trinity Rivers basin, TX, USA	Perennial prairie streams	Low	4.3	2.45	1.16	7.9	Hill et al. (1992a)
Arroyo Montesina, Spain	Mediterranean forest stream		330.5	1045		1375.5	Mollá (1994)
Chicamo stream, Spain	Semi-arid, Mediterranean stream	Very low	17.7	213.2	74.4	305.4	Martinez et al. (1998)
Chicamo stream, Spain	Semi-arid, Mediterranean stream	Very low	22.1	479.4	225	726.4	This study

*CBOM (not including wood); ** (not including leaves and wood).

Vidal-Abarca, M.R., M.L. Suarez, R. Gomez, C. Guerrero, M.M. Sanchez-Montoya & J. Velasco. 2004. Intra-annual variation in benthic organic matter in a saline, semi-arid stream of southeast Spain (Chicamo stream). *Hydrobiologia* 523: 199–215

5. Balances de materia orgánica

Posibles entradas y salidas de materia orgánica en un tramo de río



5. Balances de materia orgánica

Uno de los problemas del cálculo de los balances de materia orgánica radica en la cantidad de tiempo y calidad de datos de que se disponen, de ahí la escasez de estudios que calculan los balances de materia orgánica en ríos. Una dificultad añadida es que un buen balance debe de valorar (no deducir) todas las entradas y salidas posibles de materia orgánica, cosa que no siempre es posible hacer.

[Leer texto](#)

[Balance de carbono](#)



El balance de materia orgánica anual permite, entre otros, cuantificar la importancia de las fuentes energéticas del río o tramo del mismo en estudio. Sin embargo, no deja de ser una simplificación, sobre todo porque diferentes eventos hidrológicos como las avenidas de agua o las sequías alteran la dominancia e importancia relativa de una vía con respecto a otra y, en consecuencia, del origen y el transporte del material orgánico.