

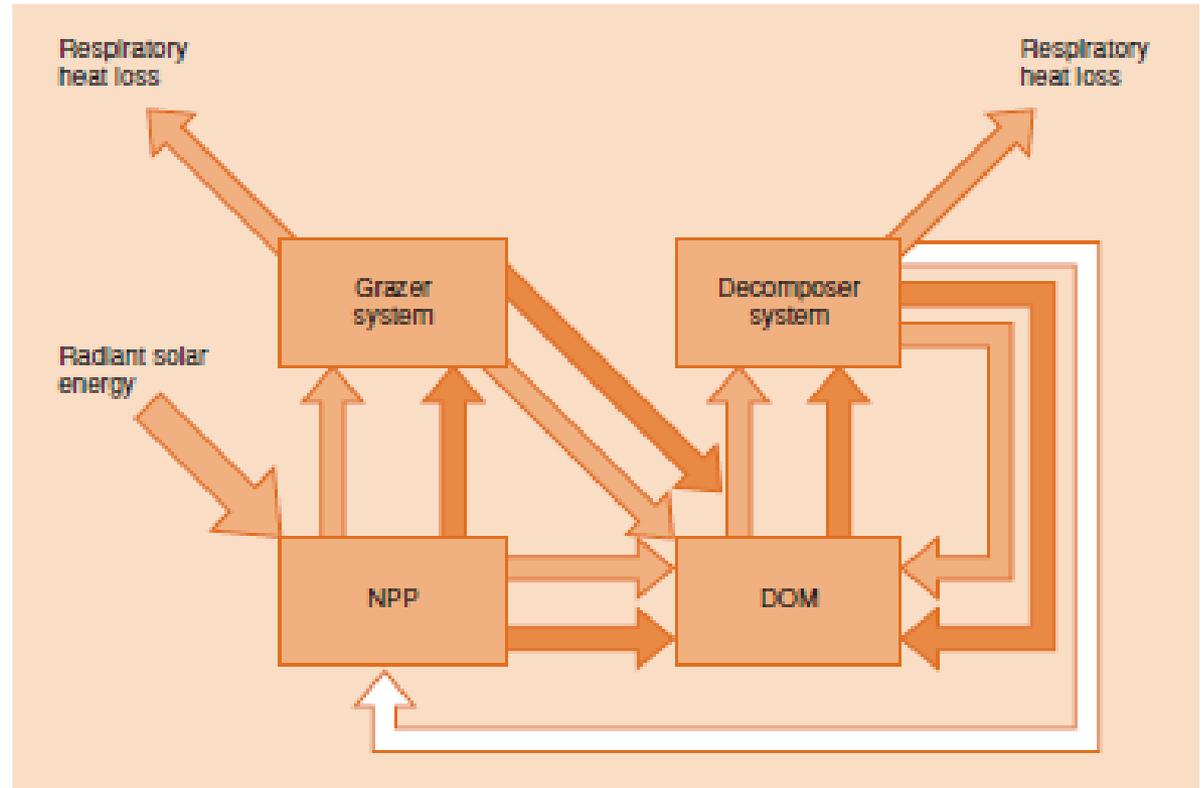
Ciclo de nutrientes y Descomposición

- Ciclo geoquímico, biogeoquímico y bioquímico. Ciclos gaseosos y sedimentarios. Concentración y contenido de nutrientes en árboles. Relaciones entre el balance hidrológico y el ciclo de elementos químicos. Contenido de nutrientes en distintas vías hídricas. Conceptos del balance de nutrientes: retorno, requerimiento, traslocación, absorción, índices de eficiencia en el uso de nutrientes. El N y el P como principales factores limitantes. La disponibilidad de N y P en los suelos tropicales y templados. Influencia del manejo forestal en el ciclo de nutrientes: rotaciones, tipo de cosecha, manejo de la necromasa, uso del fuego.
- Descomposición. Procesos físicos y químicos involucrados. Lixiviación y fragmentación, mineralización, inmovilización y liberación de nutrientes. Organismos participantes. Patrón temporal de la descomposición. Factores que controlan el proceso. Calidad del sustrato. Formación de humus y materia orgánica del suelo.



CICLO DE NUTRIENTES

El flujo de energía y el ciclo de la materia están estrechamente relacionados. El carbono ingresa a los ecosistemas terrestres como dióxido de carbono atmosférico (CO_2) durante la producción primaria bruta. Se asigna para la producción de tejidos vegetales y almacenamiento, pero también para la respiración del ecosistema, tanto de plantas como de organismos heterótrofos. Cuando los tejidos de las plantas se secan y se convierten en parte del mantillo, esta materia orgánica muerta (necromasa) se descompone. La descomposición incluye la liberación de CO_2 y nutrientes inorgánicos



- El ciclado de nutrientes en un ecosistema involucra la entrada de los elementos minerales, su transferencia interna entre las plantas y el suelo y, eventualmente, su salida del ecosistema.

CICLOS DE NUTRIENTES

- La materia se dispone en compartimentos bióticos y abióticos del ecosistema forestal y circula hacia, dentro y desde los bosques por vías características o flujos
- El conjunto de caminos por los que circulan los elementos químicos se denomina ciclo de la materia
- Cuando los elementos químicos son **esenciales** para los seres vivos se denomina ciclo de nutrientes
- El flujo de la energía y el ciclo de la materia están íntimamente relacionados

Se diferencian de acuerdo al tipo de depósitos en los que se encuentran sus principales almacenajes:

Ciclo gaseoso o volátil: C, H, N, O

- Tienen sus depósitos principales en la atmósfera y los mares.
- Son más móviles, más “circulares”,
- Se reorganizan más rápido después de un disturbio cuando éste cesa.
- Pueden asociarse con mayores capacidades de dispersión de contaminantes, con diferentes consecuencias según la naturaleza del contaminante

Ciclo sedimentario o soluble: K, P, Ca, Mg, Fe, Cu, B, Mn

- Tienen su depósito principal en las rocas de la corteza terrestre y su depósito de ciclo en los suelos.
- Son susceptibles de erosión y lixiviación,
- Son más difíciles y costosos de recuperar

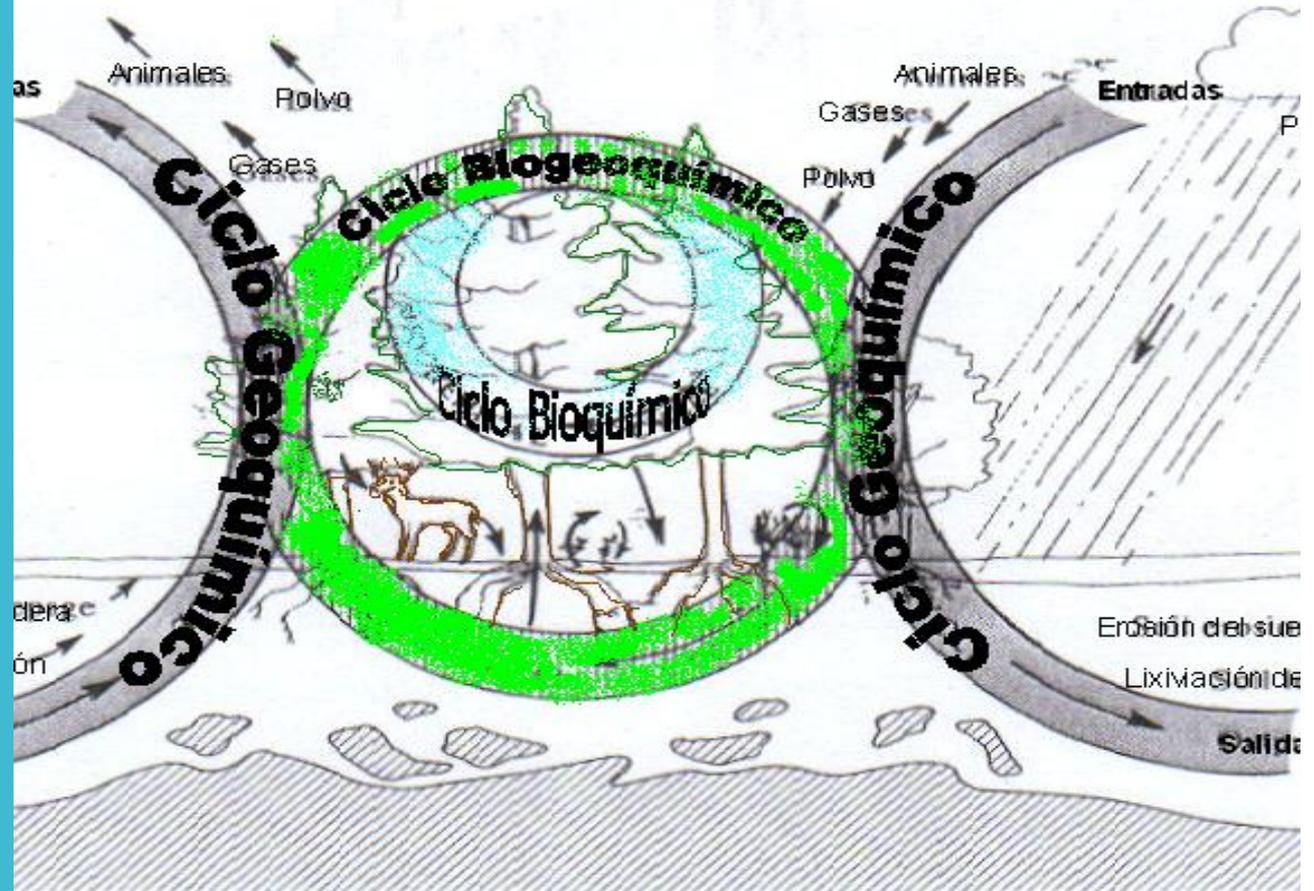
CICLOS DE NUTRIENTES

Hay tres tipos principales de ciclos minerales de acuerdo con las sistemas involucrados:

Ciclos geoquímicos (entre ecosistemas)

Ciclos biogeoquímicos (dentro del ecosistema)

Ciclos bioquímicos (dentro del organismo, también llamado ciclado interno o redistribución)



CICLO GEOQUÍMICO

Involucra la movilización de nutrientes entre ecosistemas.

Su escala espacial de acción es generalmente grande (más de cientos de metros)

La escala temporal puede ser extremadamente larga (miles de años en el caso de sedimentos que van al mar) aunque puede ser bien corta en casos como el transporte de CO₂ y otros gases.

CICLO BIOGEOQUÍMICO

Involucra la movilización de nutrientes entre los componentes del ecosistema.

La escala espacial y temporal es menor que la anterior

En ausencia de disturbios significativos los nutrientes en los bosques tienden a permanecer dentro del ecosistema donde son eficientemente retenidos y acumulados con escasa pérdidas a los ciclos geoquímicos.

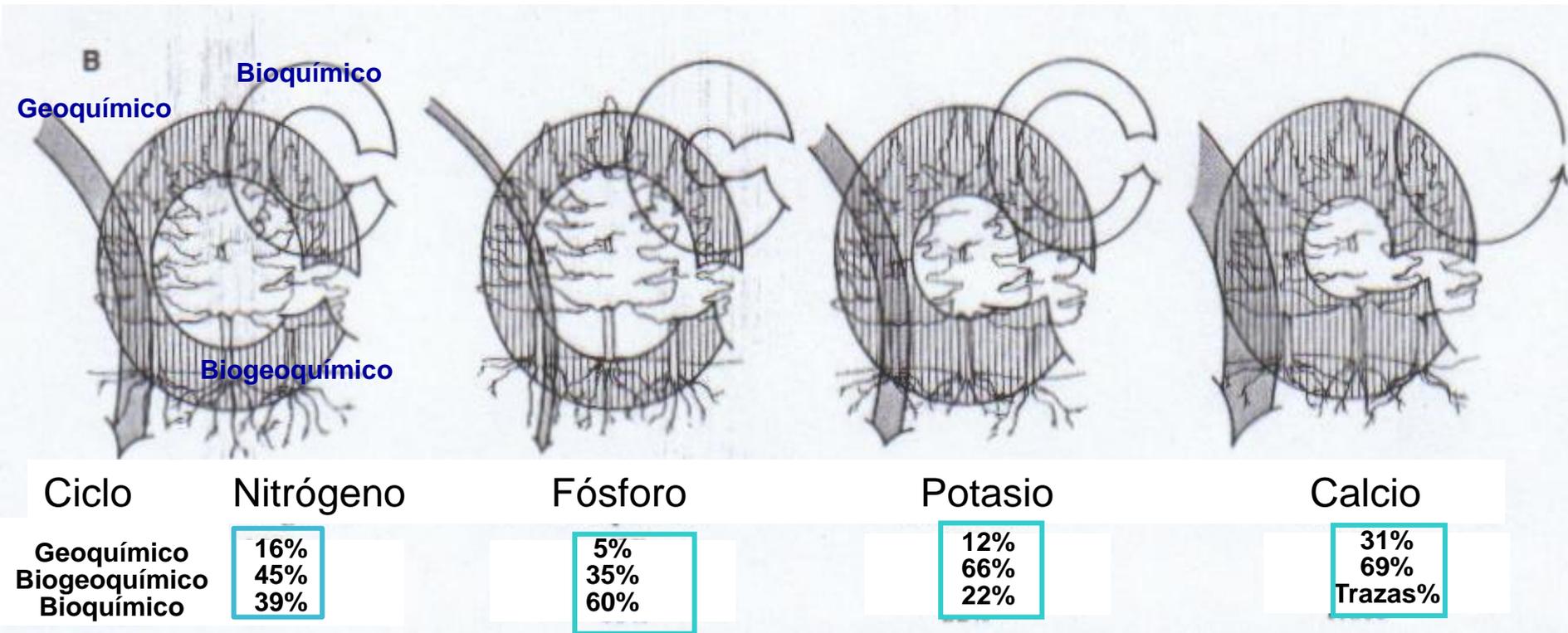
CICLO BIOQUÍMICO

Involucra el movimiento de los elementos dentro de los organismos.

Los nutrientes son conservados dentro de las plantas removiéndolos de tejidos de vida breve previo a su caída por senescencia y trasladándolos a tejidos jóvenes en activo crecimiento o a sitios de almacenamiento.

Sus escalas son breves porque son parte del metabolismo.

Importancia de los tres ciclos en una plantación de Pinos



Proporción (%) de la dinámica de nutrientes correspondiente a cada uno de los tres ciclos en un ecosistema implantado de loblolly pine (*Pinus taeda*) de 20 años de edad. Datos de Switzer y Nelson (1972). Observe la importancia relativa de los tres ciclos según el nutriente. En el caso del N, P y K se destaca la vía bioquímica en virtud de su alta movilidad floemática. En el caso de Ca, nutriente poco móvil porque forma parte de compuestos de difícil degradación, observe que no se moviliza por la vía bioquímica.

Ingresos de Nutrientes

- Meteorización de las rocas
- Fijación Biológica del N atmosférico
- Depositación de elementos desde la atmósfera
- Fertilización

Ecosistema

Ciclado Interno

- Transferencia de nutrientes entre plantas y suelo entre formas orgánicas e inorgánicas
- Inmovilización biológica
- Interacciones con la superficie mineral

Egresos de Nutrientes

- Lixiviado
- Emisión de gases trazas
- Erosión eólica y fluvial
- Fuego
- Cosechas

Ingreso de nutrientes al ecosistema

- En el caso de los nutrientes de ciclo sedimentario, las tasas de meteorización están positivamente relacionadas con la precipitación y la temperatura, por lo cual los suelos más meteorizados son los de los bosques tropicales, seguidos por los de los bosques templados. Los suelos de los bosques boreales son los menos meteorizados
- Dentro de un mismo tipo de clima, el material originario del suelo tiene una gran influencia sobre las tasas de meteorización y liberación de nutrientes de ese material originario

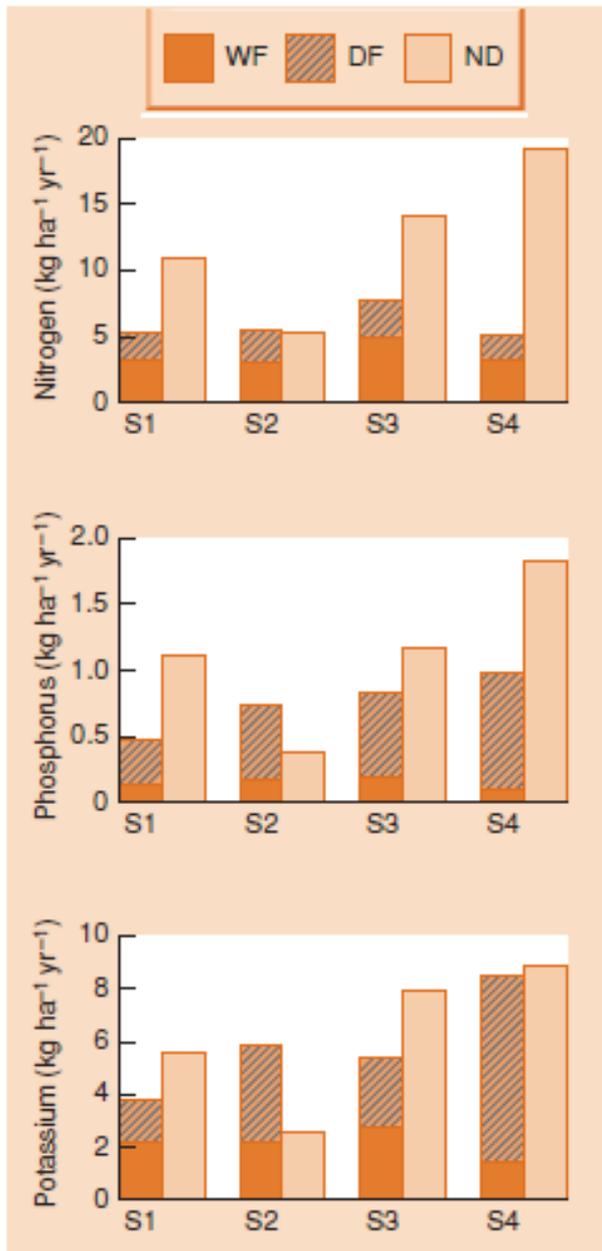
EL INGRESO DE NUTRIENTES A LOS BOSQUES DESDE LA ATMÓSFERA ES OTRA VÍA IMPORTANTE Y PUEDE SER:

La deposición húmeda a través de las precipitaciones, nieve y niebla.

La deposición seca, en los intervalos sin precipitaciones (sedimentación de partículas y captación gaseosa)

La fijación biológica: el CO₂ mediante fotosíntesis, el N por microorganismos.

Deposición húmeda (WF), seca (DF) y demanda de nutrientes (ND) en cuatro bosques de robles (*Quercus pyrenaica*), en España, situados a lo largo de un gradiente de lluvias, donde S1 es el más húmedo y S4 el más seco.



Begon et al. (2006)

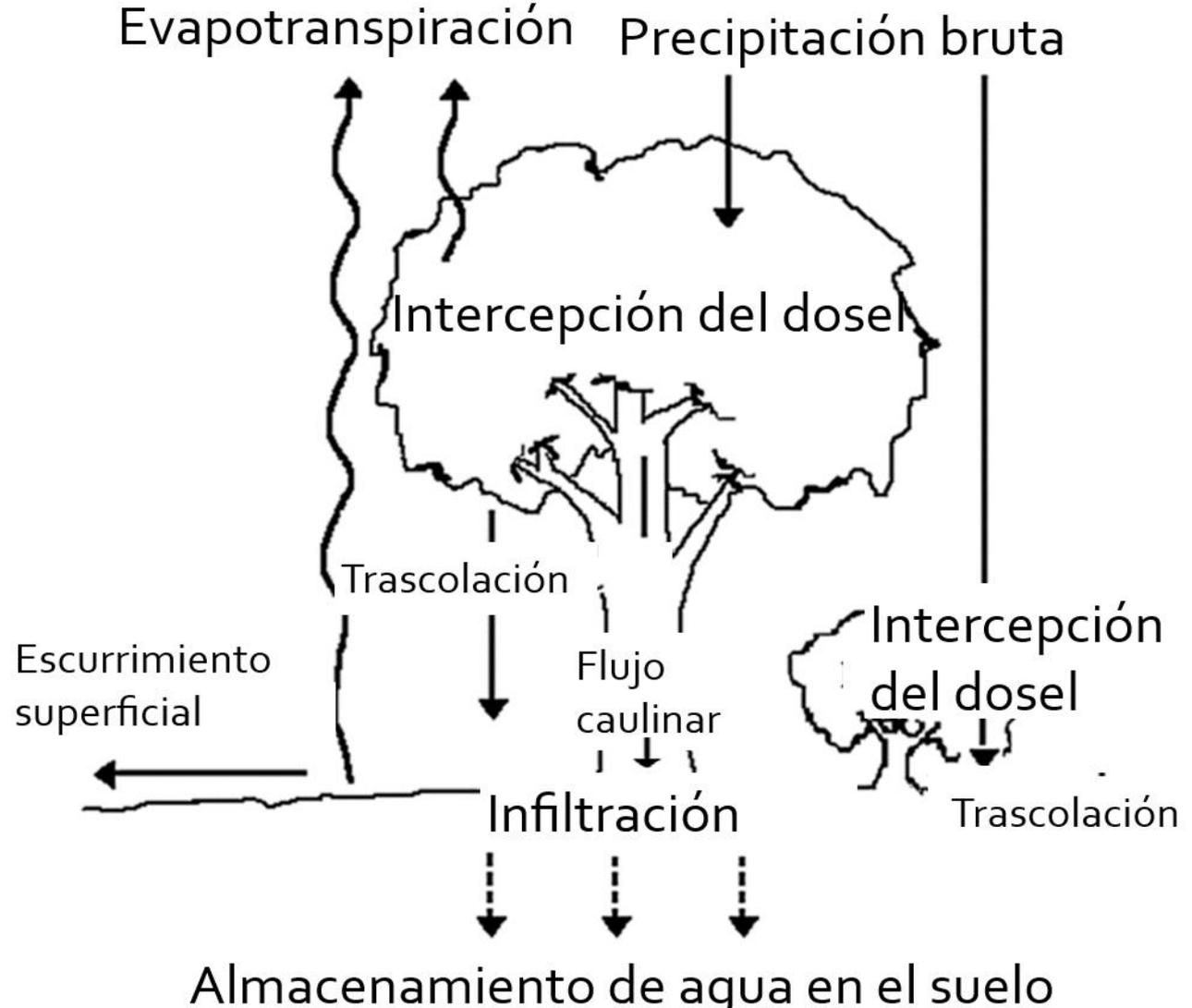
Flujos hídricos y ciclo de nutrientes

- El agua y la energía solar son esenciales para el funcionamiento de nuestro planeta.
- La energía solar impulsa el ciclo hidrológico a través de la transferencia vertical de agua del suelo a la atmósfera a través de la evapotranspiración (suma de la evaporación de las superficies y la transpiración, que es la pérdida de agua de las plantas).
- El ciclo hidrológico también controla los ciclos biogeoquímicos al influir en todos los procesos bióticos, disolver nutrientes y transferirlos dentro y entre los ecosistemas. Estos nutrientes proporcionan los recursos que permiten el crecimiento de los organismos.

Flujos hídricos y ciclo de nutrientes

La precipitación que llega a la parte superior del bosque es la **precipitación bruta**. La precipitación, cuando ingresa al bosque, sigue varios caminos, parte queda retenida en la superficie de las hojas (**intercepción del dosel**) y después se evapora, parte atraviesa el dosel (**trascolación**) y parte escurre por las ramas y fuste (**flujo caulinar**). Del agua que llega al piso del bosque, una parte puede **escurrir superficialmente** y otra parte ingresa al suelo (**infiltración**), formando parte del almacenamiento de agua del suelo.

Todos los flujos hídricos contribuyen a la circulación de los nutrientes.



Concentración de nutrientes en los flujos hídricos

A medida que el agua desciende hasta la superficie del suelo mineral de los bosques hay una tendencia a un aumento de la concentración de nutrientes en los flujos.

- **El flujo caulinar y el agua de trascolación aumentan su concentración debido a:**
- la pérdida por evaporación de una fracción de agua interceptada por el dosel
- al enriquecimiento con aerosoles y partículas que llegan por deposición seca o son atrapados desde las nubes y nieblas (precipitación lateral), y por lixiviación del dosel arbóreo.
- El flujo caulinar suele tener mayor concentración de nutrientes que el agua de trascolación.

Nutrientes (mg/l)	Precipit Prom	Trascol: Prom	Flujo caul Prom
N total	0.146	0.078	0.127
P- H_2PO_4^-	0.021	0.007	0.007
K^+	0.608	1.856	4.402
Ca^{2+}	0.692	0.975	1.002
Mg^{2+}	0.269	0.442	0.528
DOC	2.018	6.471	57.516

Concentración de nutrientes en los flujos hídricos

Tesón, N. (2012). *Balace hidrológico y flujo de nutrientes asociados al agua en plantaciones de Eucalyptus grandis, en Concordia (Entre Ríos)* (Tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/24225>

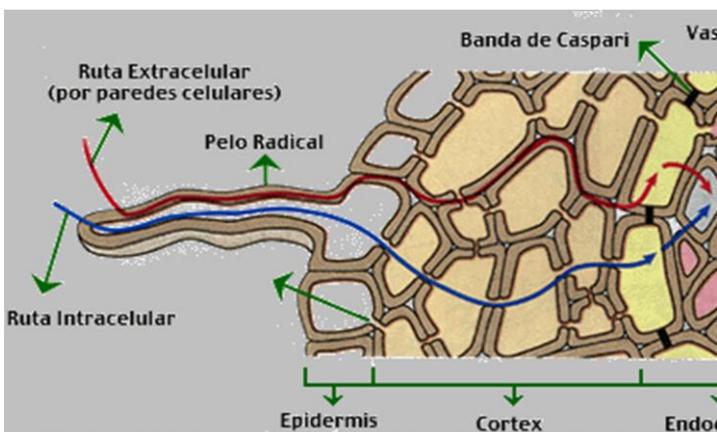
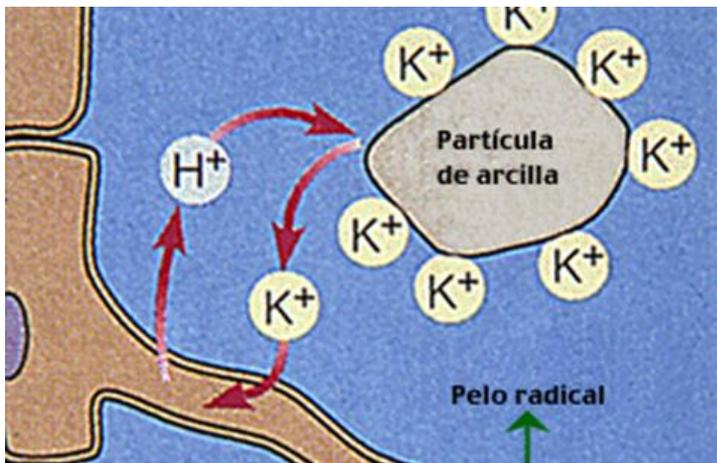
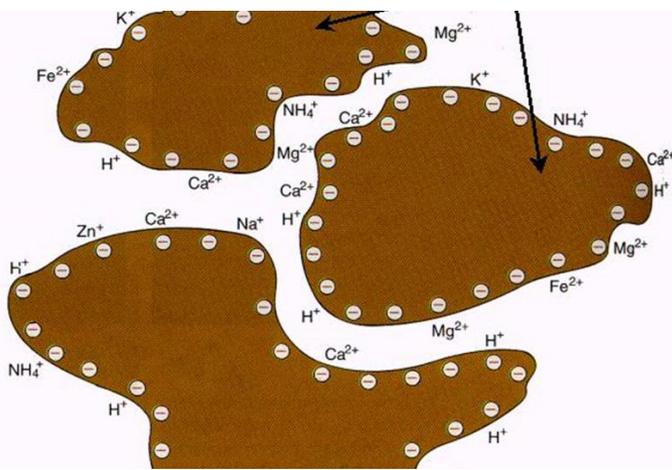
Nutriente	Fuente del nutriente (% del total)		
	Deposición Fijación	Meteorización	Mineralización De la MO
Nitrógeno	7	0	93
Fósforo	1	<10?	>89
Potasio	2	10	88
Calcio	4	31	65

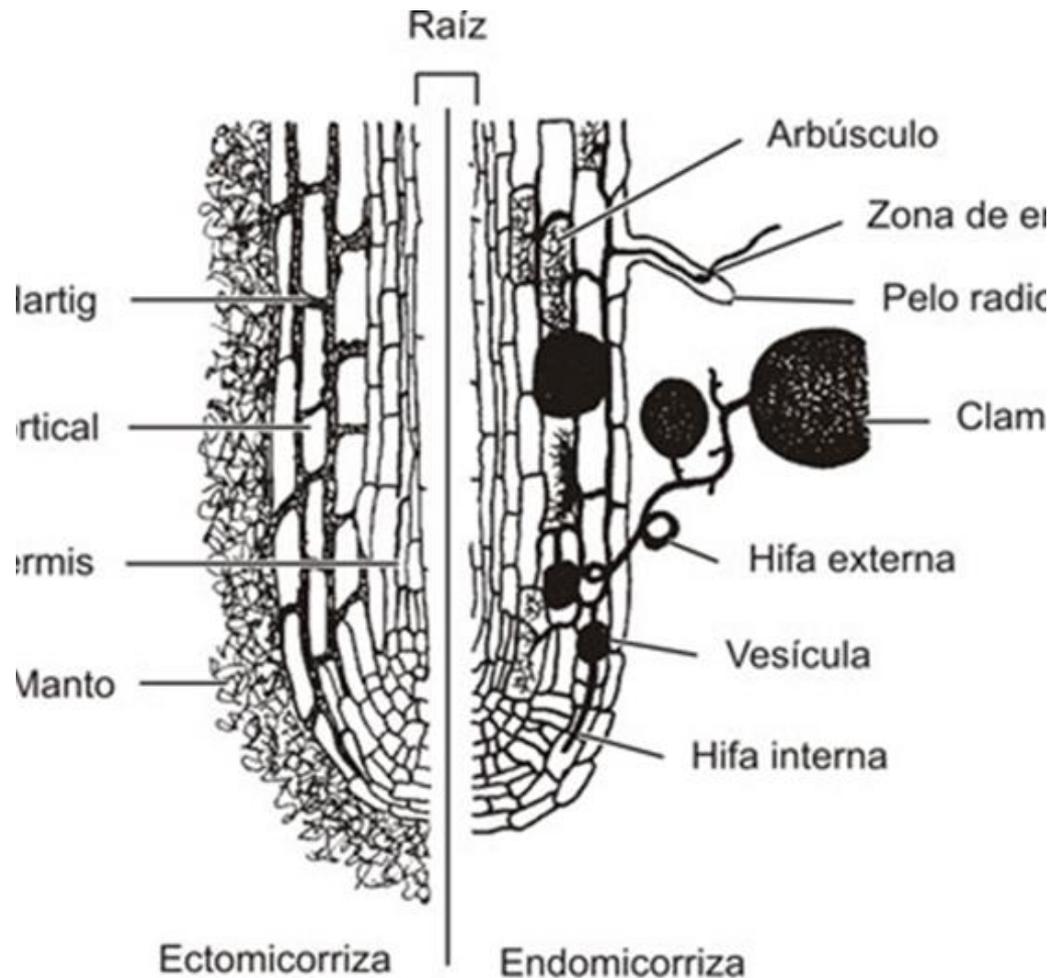
Chapin III, F. S., Matson, P. A., & Vitousek, P. (2011).

Principales fuentes de los nutrientes absorbidos por las plantas en un bosque templado (Hubbard Brook)

ADQUISICIÓN DE NUTRIENTES POR LAS PLANTAS

- Los nutrientes llegan a las raíces por tres mecanismo: difusión, flujo de masa e intercepción de las raíces.
- Las plantas obtienen sus recursos minerales en forma selectiva.
- Tres factores gobiernan la obtención de nutrientes por la vegetación: la **tasa de suministro de nutrientes desde el suelo, la longitud de las raíces y la capacidad de absorción de las raíces**
- La tasa de suministro de nutrientes desde el suelo depende de la tasa de difusión y de la transferencia de masa o tasa a la cual los nutrientes disueltos en el agua ingresan a las raíces.





Livingstone © BIOCIDAC

ADQUISICIÓN DE NUTRIENTES POR LAS PLANTAS

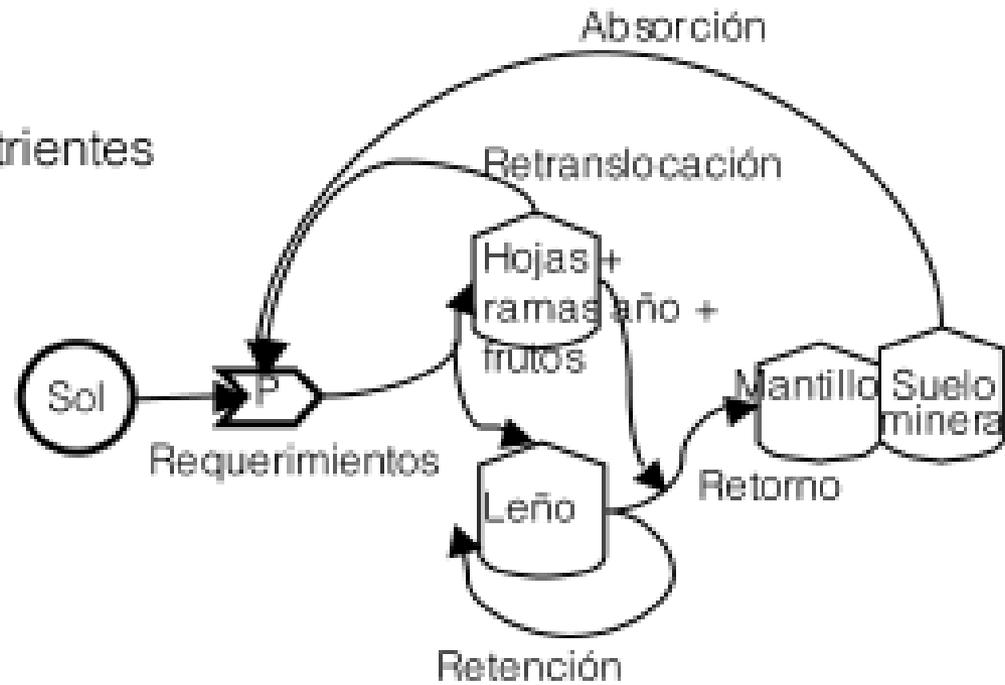
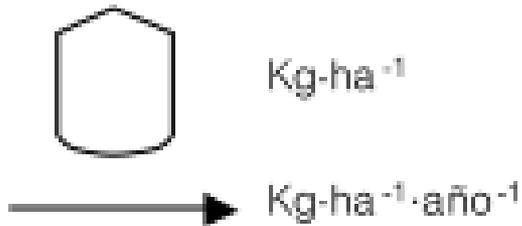
La obtención de nutrientes en cantidad adecuada exige que las plantas terrestres inviertan en raíces una gran parte de su producción.

Las asociaciones micorrícicas favorecen la absorción de nutrientes pero existe un alto costo de fotosintatos en el mantenimiento de las micorrizas.

TRANSFERENCIA DE NUTRIENTES DENTRO DEL BOSQUE

- La mineralización es el principal mecanismo de liberación de nutrientes a la solución del suelo
- La mineralización es llevada a cabo por bacterias y hongos, los cuales necesitan que el sustrato tenga un cociente C: nutriente crítico
- Por ejemplo el cociente C:N crítico marca el límite entre la mineralización neta de N y la incorporación de N por parte de los microorganismos (inmovilización)

Referencias ciclo de nutrientes



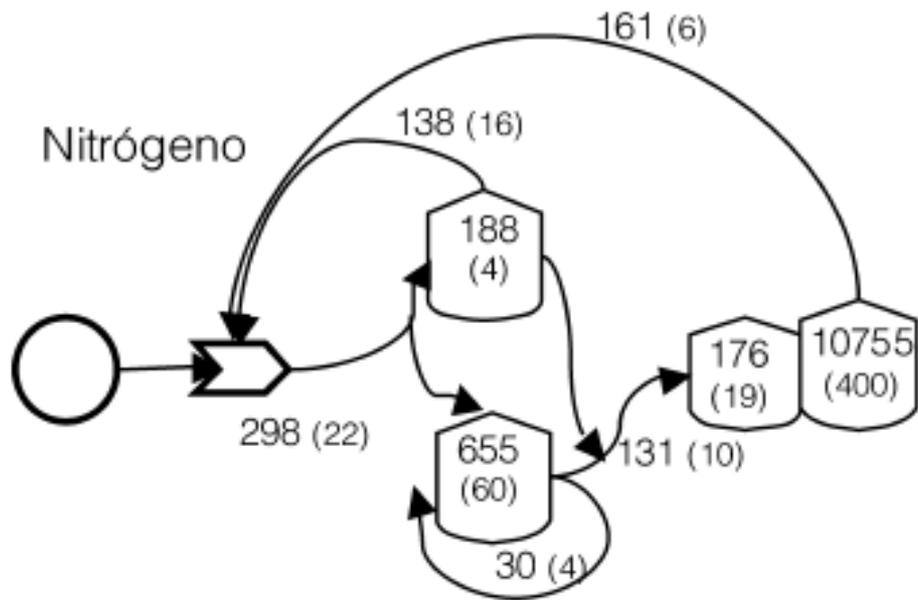
Estimación de los Flujos de nutrientes (Cole & Rapp 1981)

Estimación de los Flujos de nutrientes (Cole & Rapp 1981)

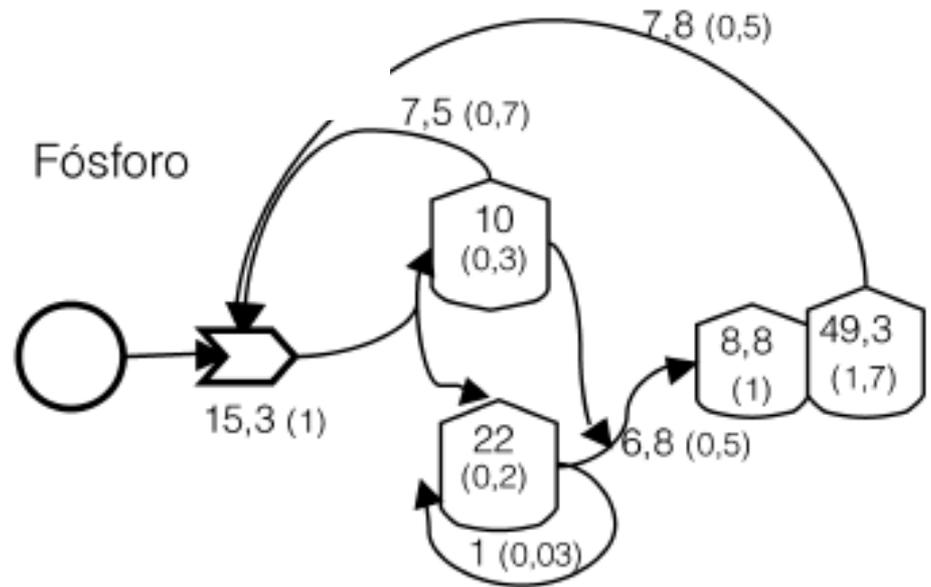
- Realizar un ciclo de nutrientes requiere la medición o cálculo de un número significativo de compartimentos y flujos.
- Los cálculos propuestos por Cole y Rapp (1981) se basa en que el sistema tiene biomasa estable o está cerca de ella.
- La *retención* es el incremento neto anual de nutrientes en la biomasa leñosa.
- Los *requerimientos* son la suma de la retención más los nutrientes en la producción de estructuras del año (hojas, flores, frutos, ramitas del año).

Estimación de los Flujos de nutrientes (Cole & Rapp 1981)

- El retorno es la suma de nutrientes en la trascolación neta, el flujo caulinar neto, la caída gruesa, la caída fina y la mortalidad de raíces finas.
- La absorción es igual al retorno más la retención.
- El reciclado es igual a los requerimientos menos la absorción.
- Un detallado ciclo de nutrientes debe realizarse durante largos periodos que comprendan la variabilidad de los factores ecológicos, las respuestas de los bosques, y la heterogeneidad de sitios y fases de desarrollo de los bosques.



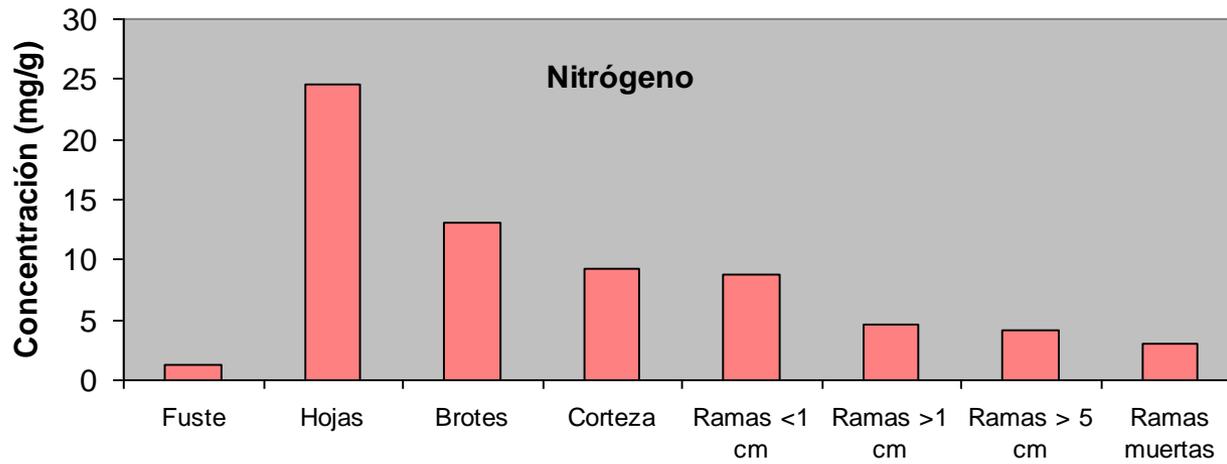
Ciclo de nutrientes en una plantación de *P. taeda* de 20 años en el N de Misiones. No se incluyen los nutrientes vehiculizados por los flujos hídricos



Flujos de nutrientes (Cole & Rapp 1981)

CONCENTRACIÓN Y CONTENIDO DE NUTRIENTES EN LA BIOMASA

- Las ramas y troncos tienen una concentración de nutrientes, principalmente N y P, que decrece con el aumento del diámetro.
- Las hojas tienen las mayores concentraciones de N, P, K, Mg, entre otros.
- Los tejidos leñosos, en función de su masa, constituyen el principal almacenaje de nutrientes en la vegetación de un bosque
- La corteza, como almacenaje de nutrientes, tiene una concentración mayor que la albura y el duramen, por ello la proporción de corteza resulta de importancia en el contenido total de nutrientes del material leñoso.

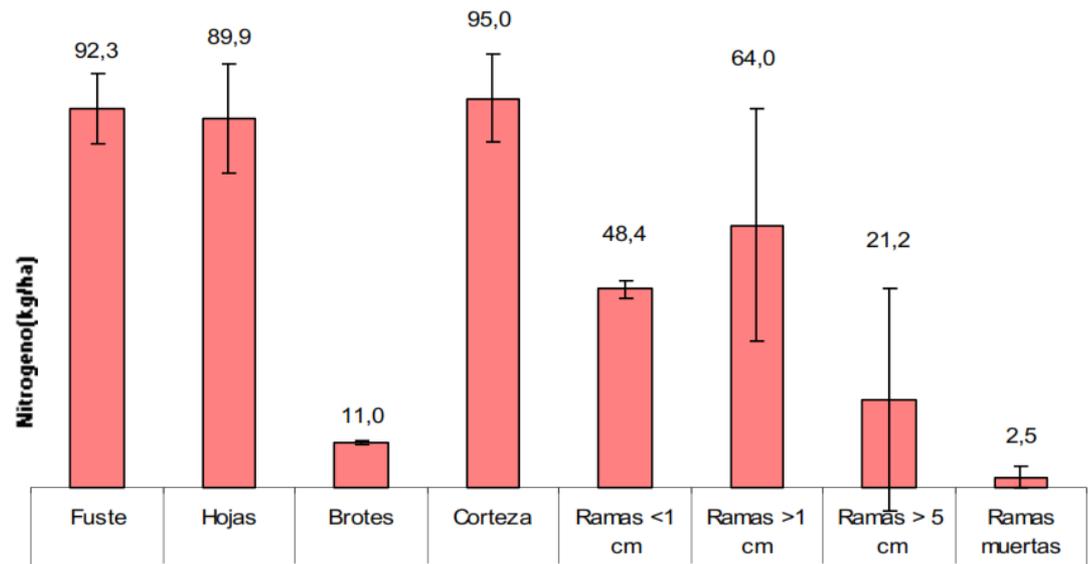


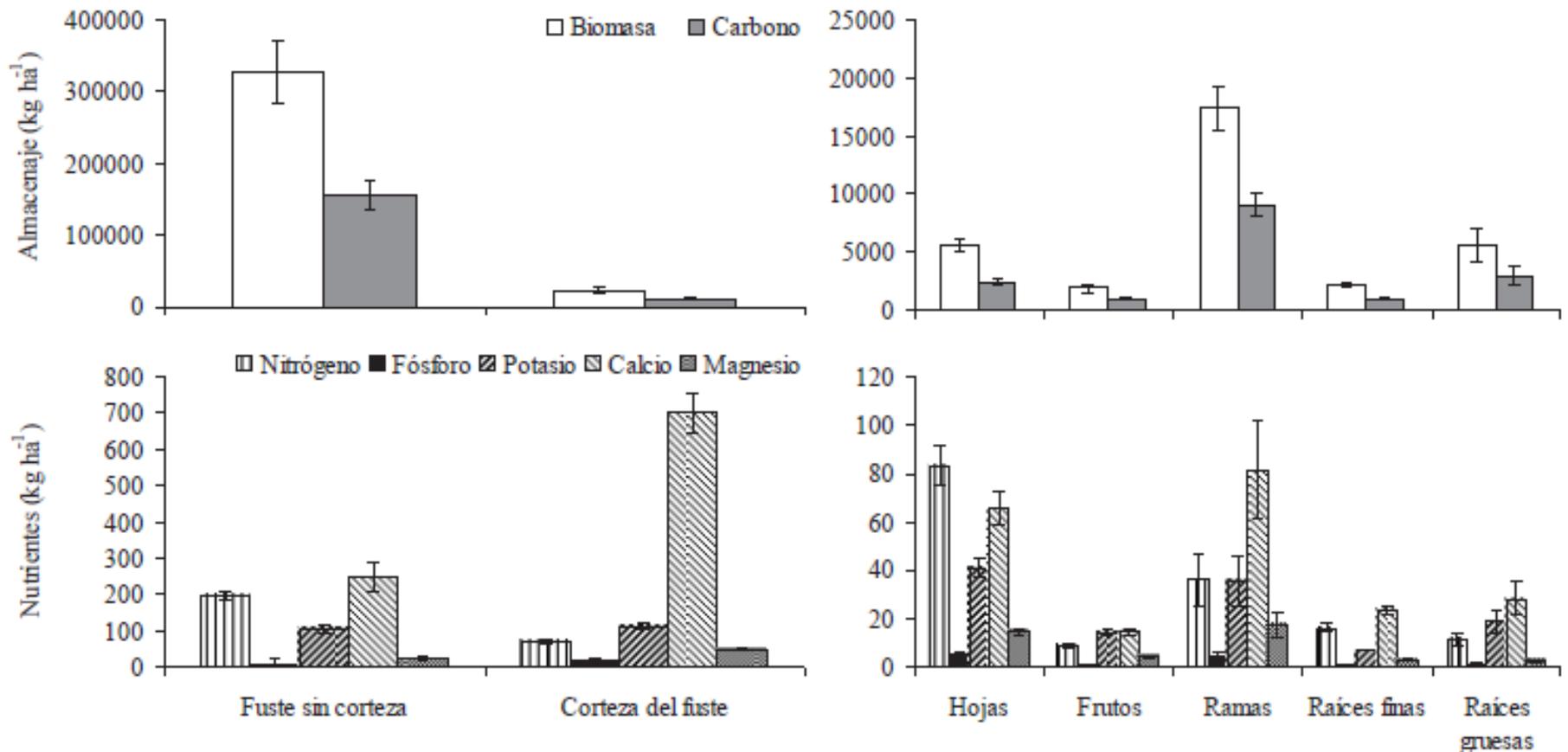
Concentración de nutrientes en la biomasa

Expresa la cantidad de un nutriente dado por unidad de tejido vegetal. Suele expresarse en mg/g: mg del nutriente por cada gramo de tejido vegetal.

La cantidad de un nutriente determinado por unidad de superficie es el contenido de ese nutriente en la vegetación. Se lo denomina también mineralomasa. Se obtiene como el producto de la biomasa del compartimiento por su concentración. Observe que las hojas, que representan menos del 4 % de la biomasa, tienen un contenido de N similar al del fuste, en virtud de su alta concentración de N

Contenido de nutrientes



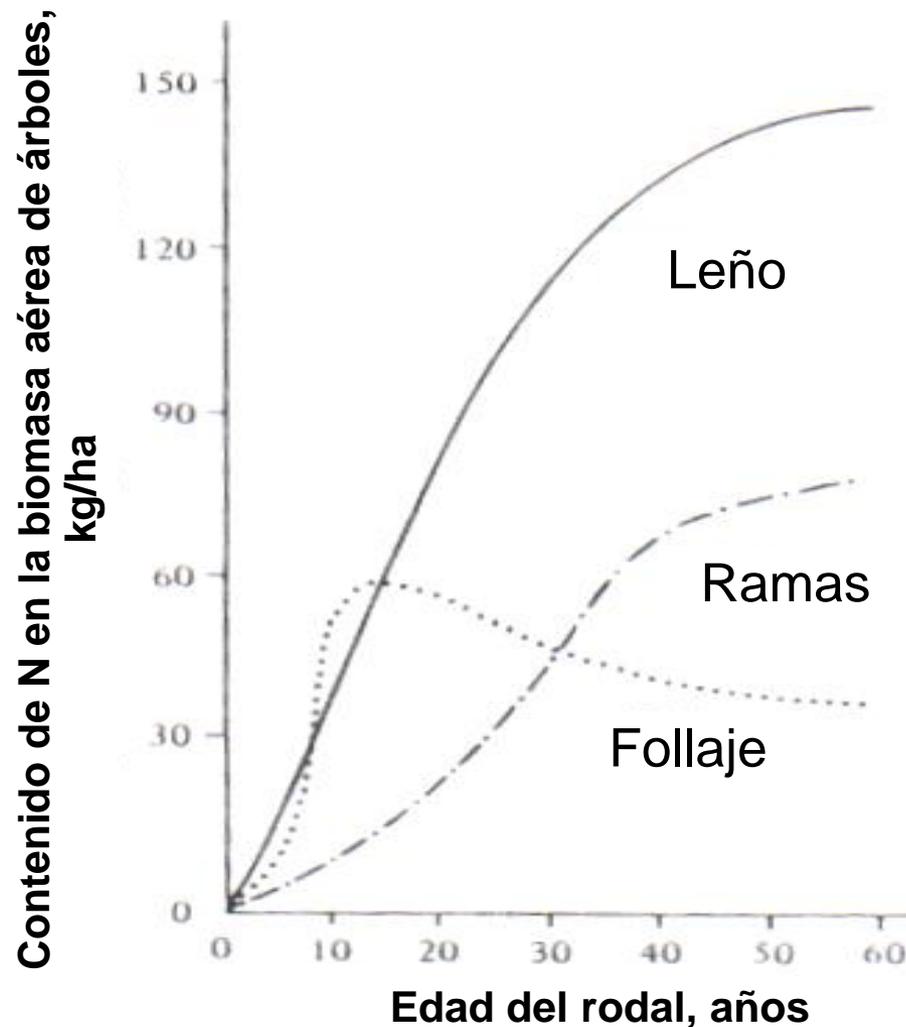


Concentración y contenido de nutrientes en la biomasa

Biomasa y contenido mineral de la biomasa (medias ± error estándar) de una plantación de *E. grandis* (14 a 17 años), de primer ciclo en Concordia, Entre Ríos. Gráficos no a escala.

El contenido de nutrientes de los compartimientos de la biomasa del bosque cambia con la edad del rodal

Variación del contenido relativo de N con la edad del rodal en distintos componentes de la biomasa en una plantación de *loblolly pine* (*P. taeda*).



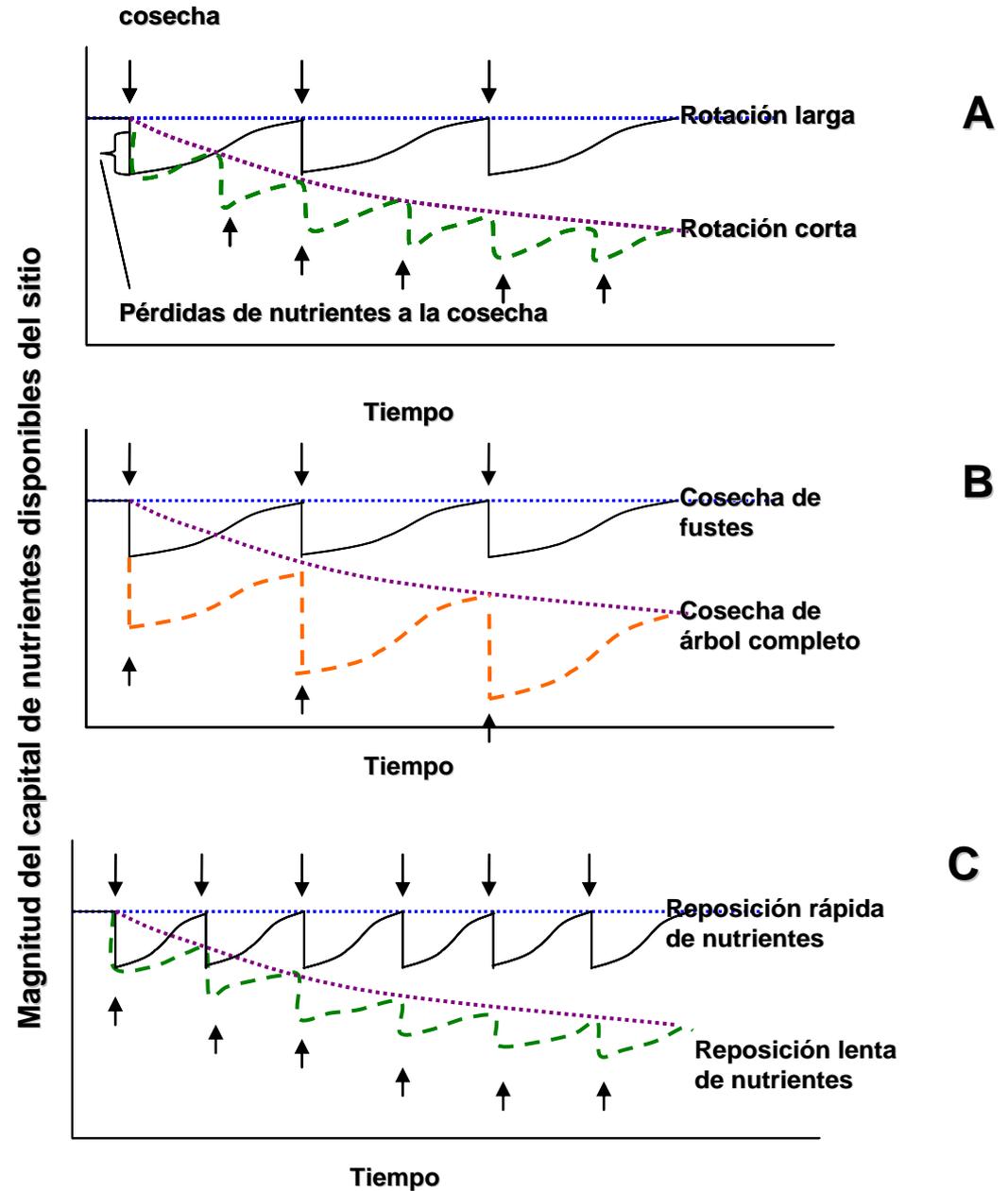
Nutrientes y Manejo

- Muchos de nuestros usos de la tierra han perturbado los ciclos de nutrientes, en forma característica exportando más nutrientes que los que se reponen en los ecosistemas.
- Los tipos de manejo y las distintas fases de manejo de una plantación o bosque a lo largo de un turno o serie de ellos tienen diversas consecuencias sobre los contenidos de nutrientes de un ecosistema.

Nutrientes y Manejo

Análisis gráfico de la relación entre el capital disponible de nutrientes de un sitio y (A) la duración de la rotación, (B) la intensidad de utilización, y (C) la tasa de reposición (ingreso) de nutrientes. Los gráficos son hipotéticos. Las líneas punteadas indican las tendencias esperadas en el largo plazo.

Kimmins (1987)



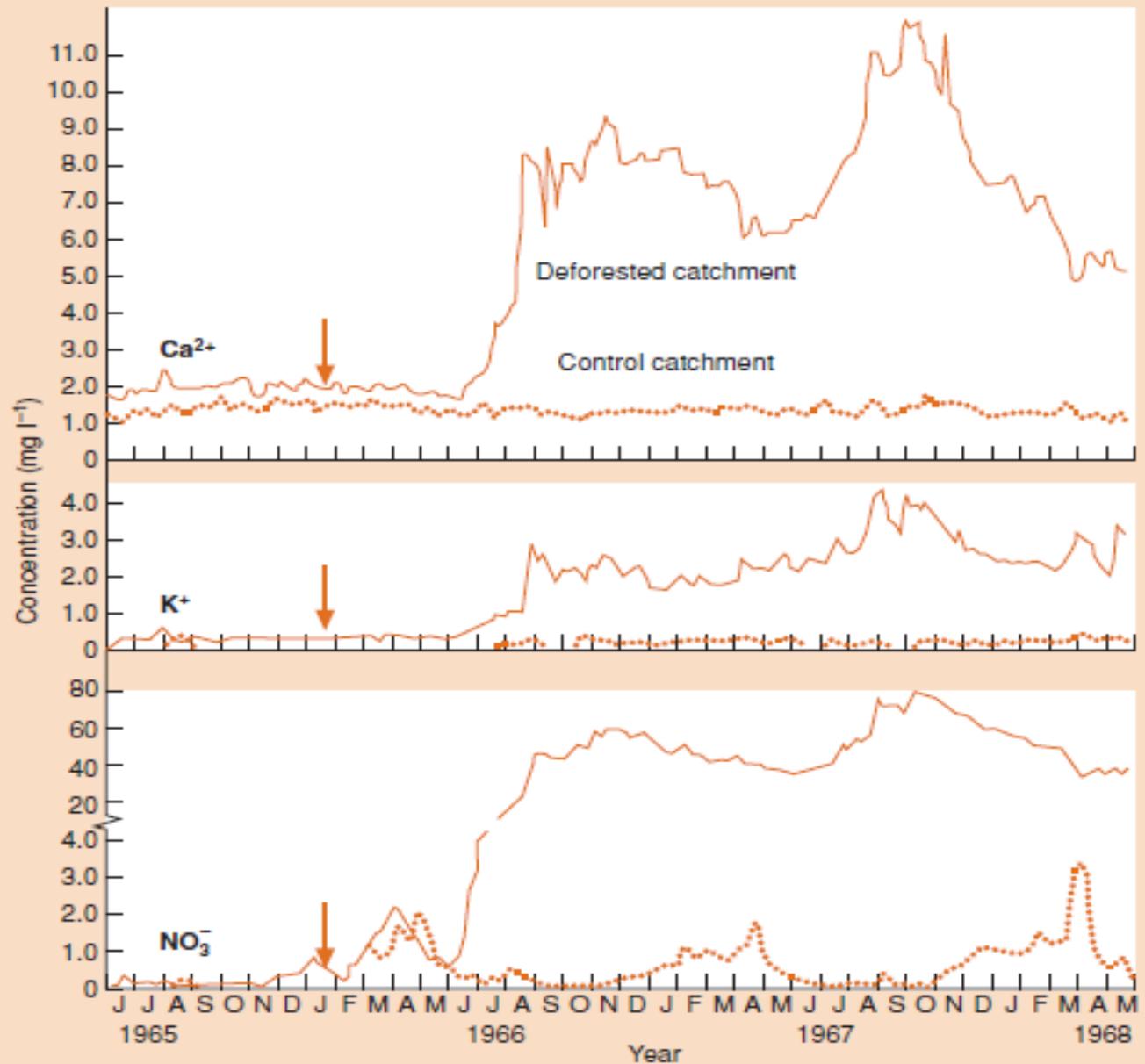
Nutrientes y Manejo

- Las cosechas, en especial de árbol completo, son una preocupación por su consecuencia sobre los nutrientes del suelo.
- Asimismo las quemas de los residuos de cosecha en los manejos post-cosecha son importantes en el impacto sobre los nutrientes.
- Los nutrientes son excelentes parámetros para el seguimiento del impacto de una actividad de manejo sobre la resiliencia y resistencia de los ecosistemas

Nutrientes y Manejo

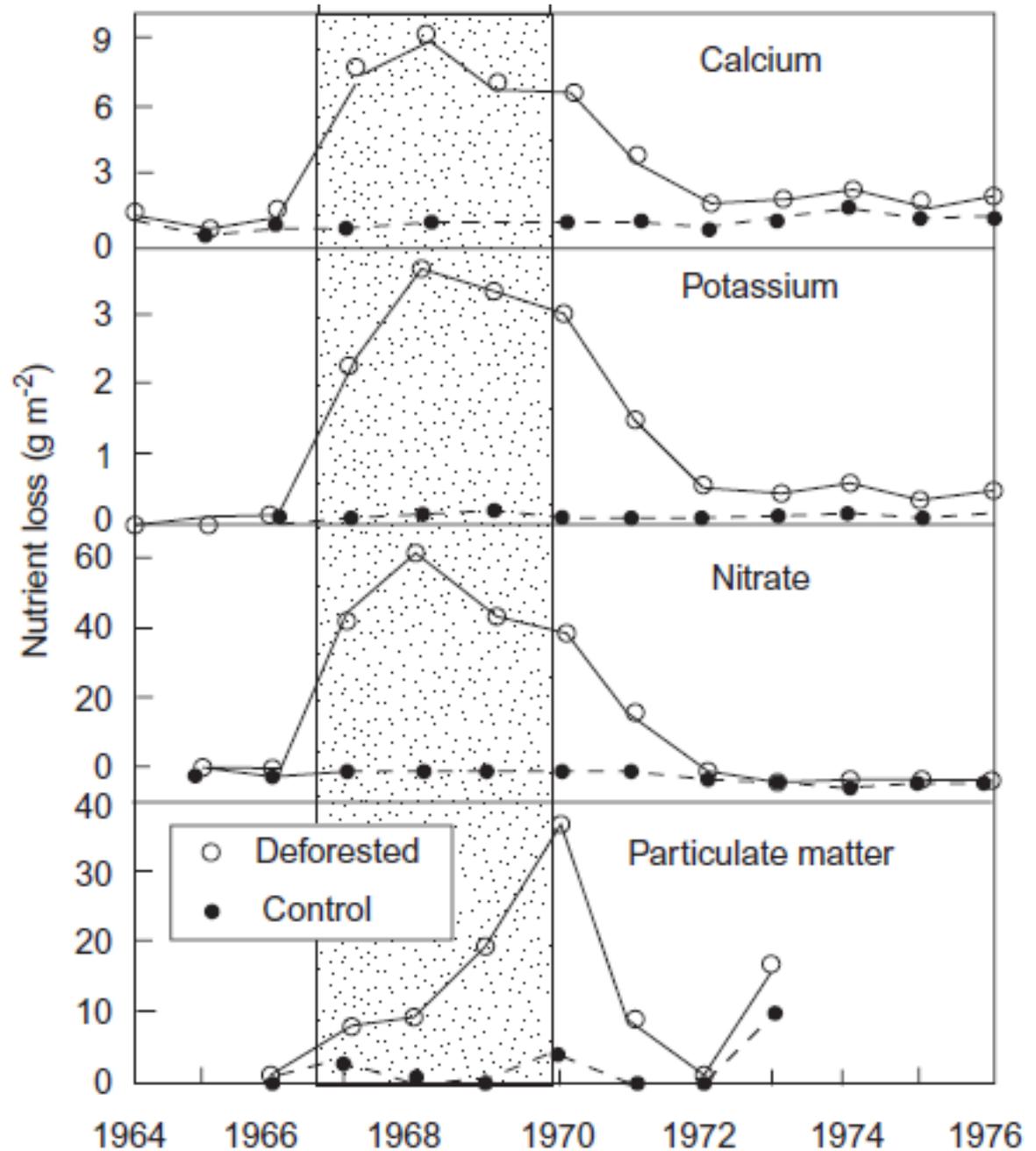
Observe la diferencia en la concentración de nutrientes en dos arroyos. Uno atraviesa una cuenca deforestada y otro, una cuenca sin alteración de la cubierta vegetal.

El aumento en la concentración de nutrientes en los arroyos se atribuye a procesos de erosión y pérdida de nutrientes del suelo.



Concentraciones de iones en el curso de agua de la cuenca de captación deforestada experimentalmente y una cuenca de control en Hubbard Brook.

Nutrientes y Manejo

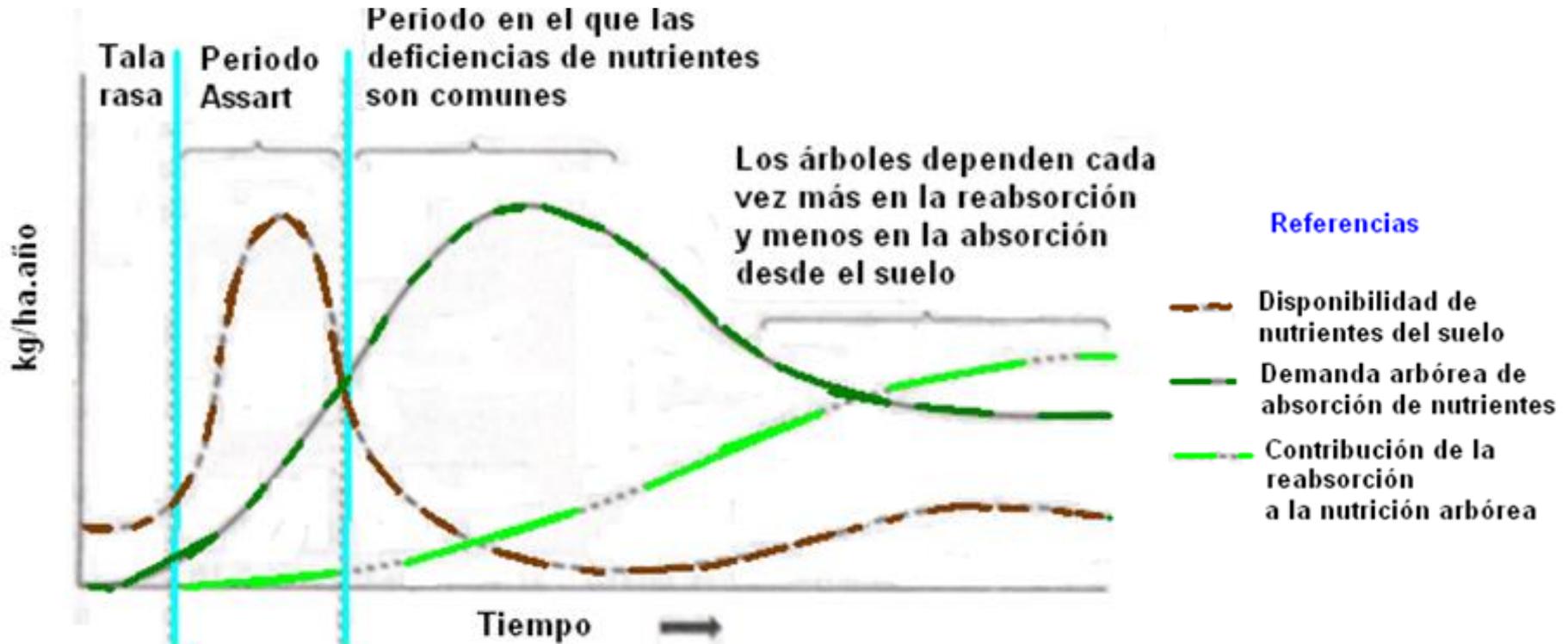


Nutrientes y Manejo

- La abundancia de material fino rico en nutrientes de rápida descomposición provoca una abundante disposición de nutrientes que comienza dentro del año de la cosecha, denominado “efecto assart”
- Las talas rasas provocarán a menudo una aceleración de los procesos de descomposición del mantillo conformado por los residuos de cosecha y los detritos preexistentes.
- El efecto assart es conocido desde antiguo y muchas culturas agrícolas se han aprovechado de él (ej. Conuco, rozado o tala y quema).

Assart: palabra inglesa antigua que significa arrancar los árboles y arbustos de un bosque para hacer la tierra cultivable, este término se ha utilizado recientemente para referirse a la liberación de nutrientes posterior a la tala. Kimmins (1987)

Nutrientes y Manejo



Modelo generalizado del patrón temporal de la disponibilidad de nutrientes en el suelo para la rotación de plantación mono-etárea con tala rasa.

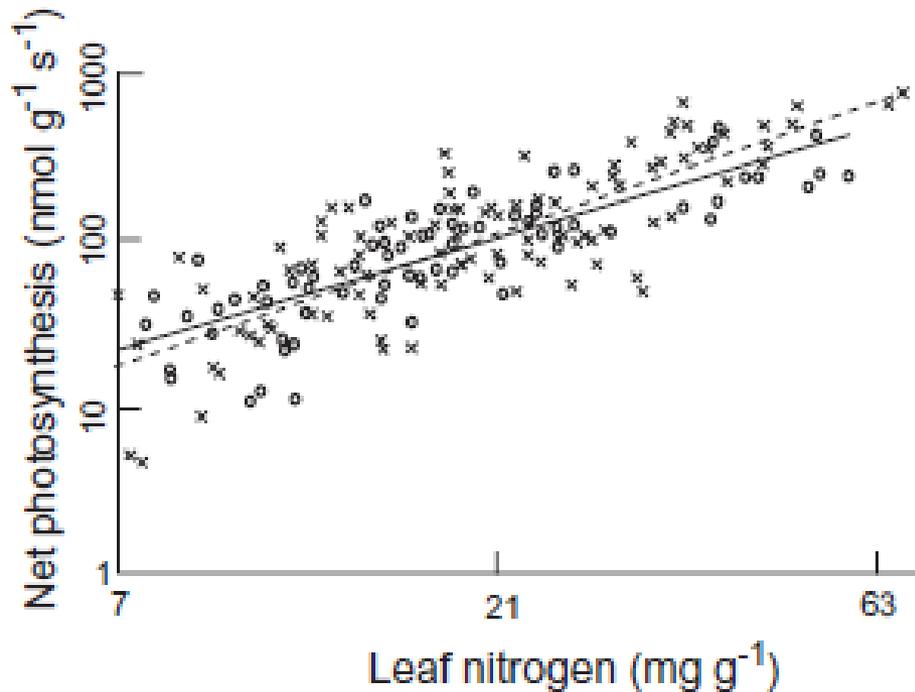
Las curvas no están a escala y muestran solamente el patrón temporal más que valores absolutos que pueden variar entre sitios y especies. La escala de tiempo puede ser 10-15 años desde la tala rasa hasta el fin del "período assart" y de 80 a 100 años para la escala completa

Nutrientes y Manejo

- La reducción de la competencia por nutrientes entre plantas y microbios y la mejora en las condiciones de humedad porque disminuye la transpiración, podría aumentar la actividad microbiana y por lo tanto la descomposición acelerada es común después de la tala rasa.
- Es importante no confundir las condiciones inmediatas post-cosecha con efecto assart, con la calidad del sitio. Algunas especies pioneras exigentes en nutrientes podrán crecer muy bien en sitios recientemente cortados como consecuencia del efecto assart aún en sitios pobres en nutrientes.
- Una vez acabado su efecto, el crecimiento de los árboles puede disminuir notoriamente.

Estrategias de las plantas adaptadas a ambientes fértiles e infértiles

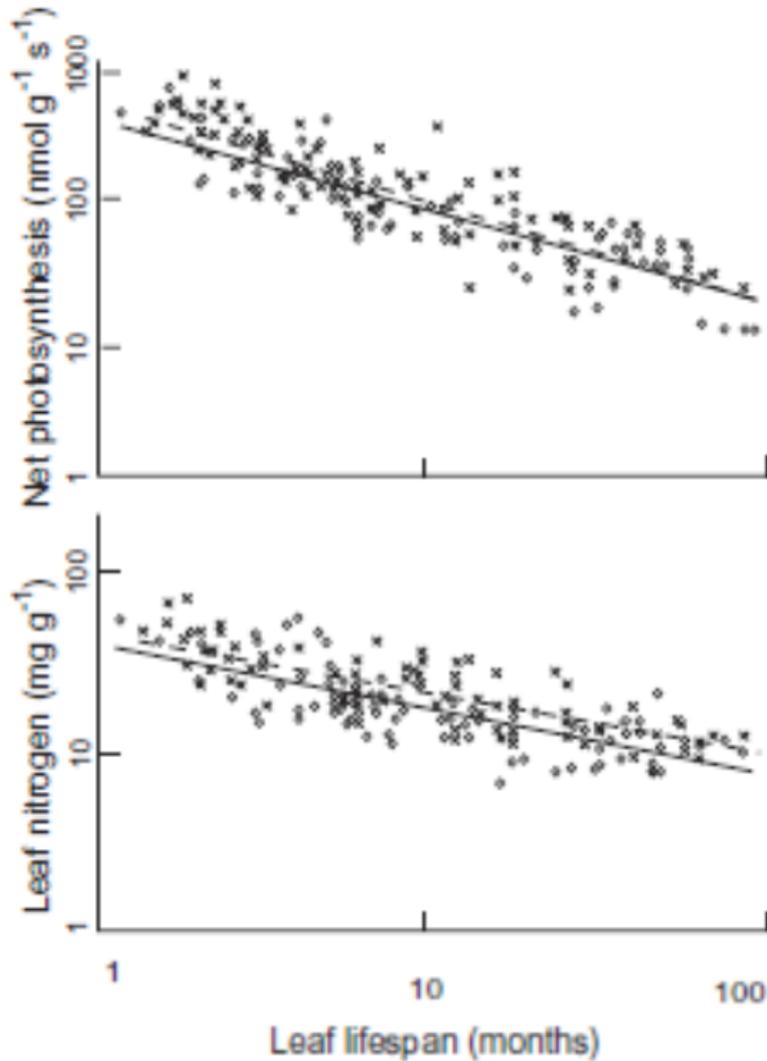
- Las plantas adaptadas a ambientes con escasez crónica de nutrientes presentan:
 - Mayor cociente biomasa subterránea/biomasa aérea.
 - Baja capacidad de absorción las raíces.
 - Menor concentración de nutrientes en los tejidos.
 - Tasas de crecimiento lento.
 - En ambientes pobres en N, las hojas de vida larga tienen ventaja porque, aunque sus tasas fotosintéticas son bajas, se recambian más lentamente.
 - Dada la mayor longevidad de las hojas pobres en N, la asimilación total de carbono puede ser igual o mayor aún que la de las hojas ricas en N.



Relación entre el N y la fotosíntesis neta

La tasa de fotosíntesis máxima aumenta linealmente con la concentración de nitrógeno en la hoja.

En la figura se muestra la relación entre la concentración de N de las hojas y la máxima capacidad fotosintética de plantas provenientes de los principales biomas terrestres.



Relación entre el N y la fotosíntesis neta

Altas tasas de fotosíntesis máxima se han asociado con hojas de vida breve.

Las altas tasas de recambio foliar son necesarias para evitar el autosombreado y mantener las altas tasas de fotosíntesis.

Las hojas de vida larga pueden compensar las bajas tasas de fotosíntesis mediante una mayor ganancia acumulada de carbono por unidad de nutriente foliar a lo largo de la vida de la hoja

Estrategias de las plantas adaptadas a ambientes fértiles e infértiles

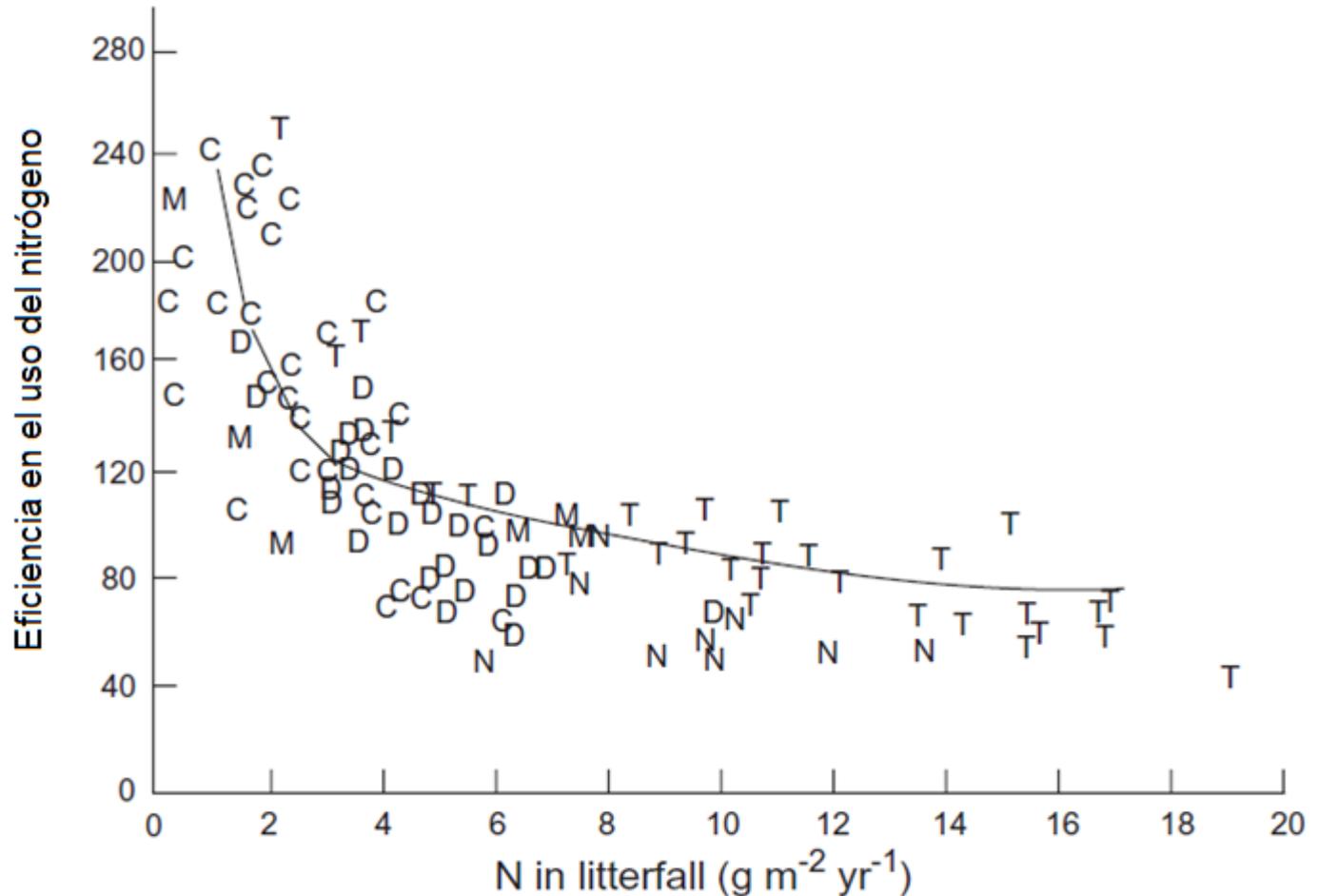
- En ambientes pobres en nutrientes la principal estrategia de las plantas es la de conservar los nutrientes obtenidos.
- Los nutrientes son escasos y mantenerlos dentro de la planta constituye una ventaja adaptativa.
- Sin embargo, la redistribución de nutrientes no suele ser mayor en especies adaptadas a ambientes infértiles comparadas con las de ambientes fértiles.
- La principal característica de las especies de ambientes infértiles es producir órganos que permanecen funcionales mucho tiempo. Por ejemplo, suelen ser perennifolias. Sus hojas tienen un alto contenido de compuestos secundarios que las hacen resistentes a daños y a los herbívoros
- En ambientes fértiles, las especies suelen ser caducifolias, son hojas con menos defensas estructurales y químicas y tienen una mayor tasa de recambio.

Eficiencia en el uso de nutrientes

- El grado de eficiencia con el cual un recurso es usado refleja los mecanismos que permiten a una planta crecer en un ambiente en el cual ese recurso es limitante.
- El análisis de la EUN se aplica desde hojas individuales hasta comunidades y ecosistemas; también a distintas escalas temporales, desde medidas instantáneas hasta aquellas que integran el resultado de procesos que ocurren durante muchos años.

Eficiencia en el uso de nutrientes

C, bosques de coníferas;
D, bosques deciduos templados;
M, ecosistemas mediterráneos;
N, bosques templados dominados por especies simbiotas con microorganismos fijadores de N;
T, bosques tropicales perennifolios.



Relación entre la cantidad de nitrógeno en la caída fina y la eficiencia en el uso de nitrógeno (cociente entre la materia seca y el contenido de nitrógeno en la caída a la hojarasca).

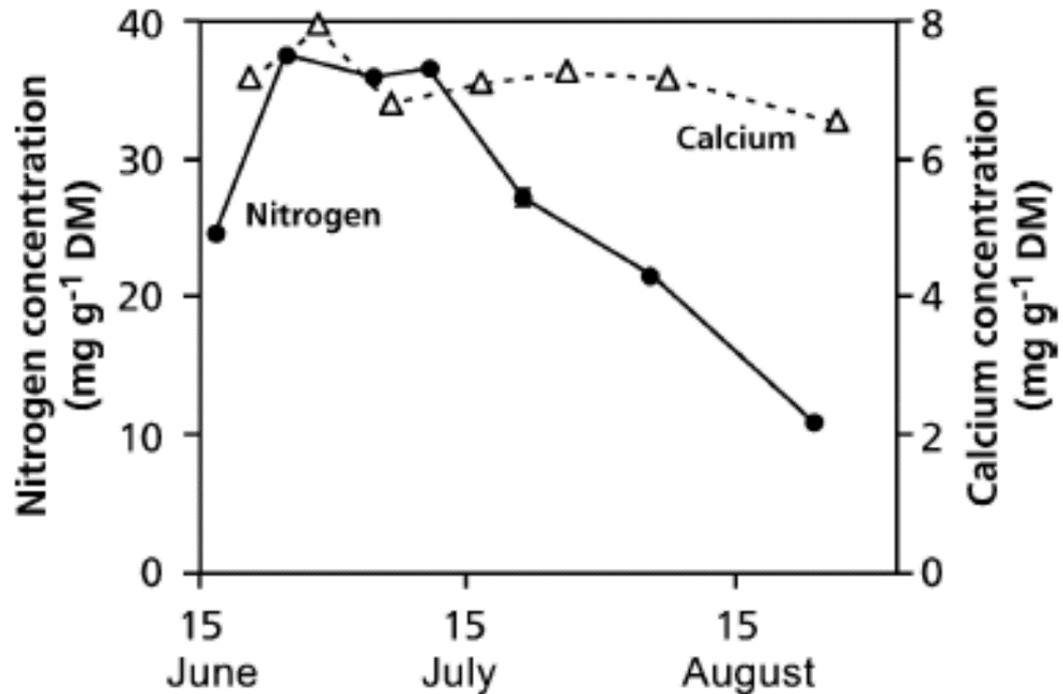
Chapin III, F. S., Matson, P. A., & Vitousek, P. (2011).

Eficiencia en el uso de nutrientes

- A nivel comunitario, el índice de EUN más usado ha sido el de Vitousek (1982).
- El índice de Vitousek se calcula empleando la caída de detritos finos, y es la inversa de la concentración de nutrientes en esa caída.
- Si el bosque tiene su biomasa estable, se puede asumir que la caída es equivalente a la productividad neta y que su contenido de nutrientes refleja su absorción neta

Eficiencia en el uso de nutrientes

- Una mayor cantidad de detritos en la caída por unidad de masa de nutriente absorbido estaría indicando un uso más conservador y una menor pérdida potencial de nutrientes del sistema (por ej. por lixiviación).
- Los árboles siempreverdes suelen tener una mayor caída a la hojarasca por unidad de nutriente, especialmente N, que los árboles deciduos, por lo cual suelen ser dominantes en suelos pobres en nutrientes.



Patrón estacional de las concentraciones de N y Ca en hojas de *Salix pulchra*. DM: dry matter

Redistribución de nutrientes

La redistribución o retraslocación permite retener en el interior de la planta a nutrientes críticos; esos nutrientes son trasladados a sitios en activo crecimiento o a sitios de reserva.

Sólo los nutrientes móviles (N, P, K y en menor medida el Mg) pueden ser redistribuidos.

El Ca forma parte principalmente de la pared celular y de compuestos muy complejos, por lo cual tiene muy baja movilidad dentro de la planta.

Eficiencia de Redistribución de nutrientes

- A nivel foliar se emplean índices relacionados con la reabsorción, retraslocación o redistribución de nutrientes (los más estudiados han sido el N y el P) antes y durante la abscisión foliar.
- La retraslocación no es necesariamente mayor en plantas de sitios infértiles que fértiles.
- La capacidad de dominar en suelos infértiles parece estar asociada a la mayor longevidad foliar, a la demanda reducida de nutrientes y a menores pérdidas por lixiviación, características que suelen reunir las plantas perennifolias.

Growth form	Resorption efficiency (% of maximum pool) ^a	
	Nitrogen	Phosphorus
All data	50.3 ± 1.0 (287)	52.2 ± 1.5 (226)
Evergreen trees and shrubs	46.7 ± 1.6 (108) (a)	51.4 ± 2.3 (88) (a)
Deciduous trees and shrubs	54.0 ± 1.5 (115) (b)	50.4 ± 2.0 (98) (a)
Forbs	41.4 ± 3.7 (33) (a)	42.4 ± 7.1 (18) (a)
Graminoids	58.5 ± 2.6 (31) (b)	71.5 ± 3.4 (22) (b)

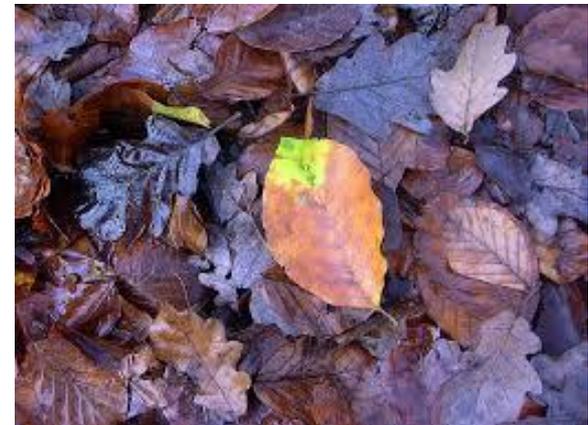
Medias ± ES. Número de especies entre paréntesis. Letras diferentes indican diferencias significativas entre formas de crecimiento. (P < .05)..

Aerts, R. (1995). The advantages of being evergreen. *Trends in ecology & evolution*, 10(10), 402-407.

Aerts, R. (1996). Nutrient resorption from senescing leaves of perennials: are there general patterns?. *Journal of Ecology*, 597-608

DESCOMPOSICIÓN

- Los tejidos vegetales que no son consumidos por herbívoros, mueren naturalmente y se convierten en detritos sobre el suelo (hojas, leño, que forman el mantillo u hojarasca) o detritos subterráneos (raíces).
- Estos detritos posteriormente se descomponen. Los productos de la descomposición pueden estabilizarse, contribuyendo a las reservas de carbono del suelo.
- Por lo tanto, tanto la descomposición como la estabilización de la materia orgánica están estrechamente vinculadas



DESCOMPOSICIÓN

- La descomposición es la ruptura física y química de los detritos (es decir, material vegetal, animal y microbiano muerto).
- La descomposición provoca una disminución de los detritos (necromasa), ya que los materiales se convierten en materia orgánica del suelo, en nutrientes inorgánicos y CO_2 .
- Si no hubiera descomposición, los ecosistemas acumularían rápidamente grandes cantidades de detritos, lo que provocaría un secuestro de nutrientes en formas que no disponibles para las plantas y también a un agotamiento del CO_2 atmosférico.
- La acumulación de estos recursos en los detritos no descompuestos causaría que muchos procesos biológicos se detuvieran.

Principales funciones de la descomposición

- Las principales funciones del proceso de descomposición son:
- **Formación de la materia orgánica (MO) del suelo:**
 - Los materiales parcialmente descompuestos son los que contribuyen a la formación de la materia orgánica del suelo: MO particulada y humus
- **La mineralización de elementos químicos esenciales** (nutrientes) que sostienen la productividad de las plantas. Incluye:
 - la respiración de carbohidratos y liberación de CO_2 y
 - la transformación de compuestos complejos en moléculas inorgánicas simples que pueden ser absorbidas por las plantas. Por ejemplo, la degradación de proteínas libera NH_4 (amonio)

DESCOMPOSICIÓN

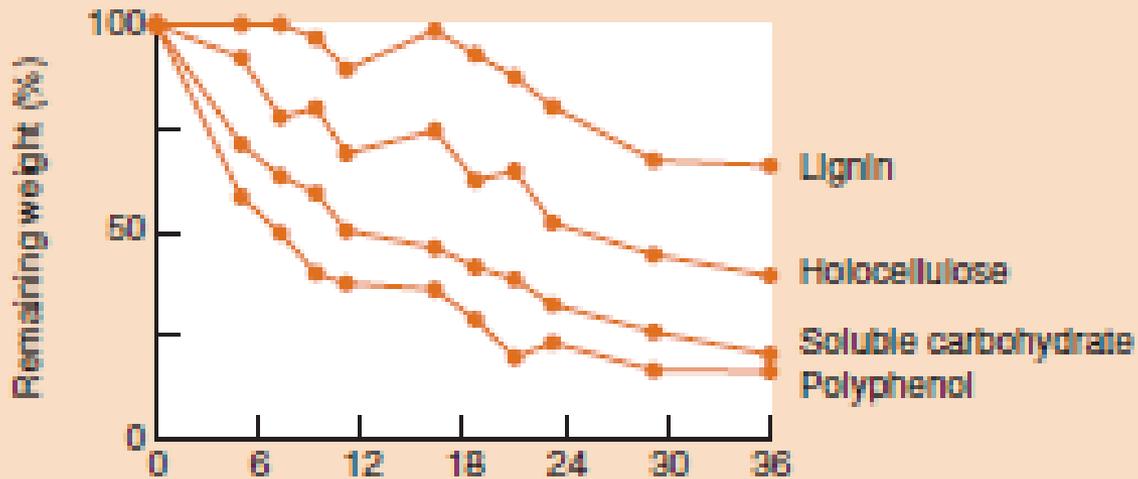
La descomposición incluye la lixiviación, la fragmentación y la alteración química de la MO muerta. Estos procesos producen CO_2 , nutrientes minerales y un conjunto remanente de compuestos orgánicos complejos que son resistentes a la degradación microbiana forman la MO del suelo.

La descomposición resulta de 3 tipos de procesos con diferentes controles y consecuencias:

1.Lixiviación: es el proceso físico por el cual los iones minerales y pequeños compuestos solubles en agua se disuelven y se incorporan a la matriz del suelo. Los materiales solubles son absorbidos por los organismos, reaccionan con la fase mineral del suelo o se salen del sistema disueltos en el agua .

2.Fragmentación: es realizada por animales del suelo que rompen las grandes piezas de materia orgánica en pequeñas, las cuales proveen de alimento para los animales y crea superficies para la colonización de microorganismos. Los animales del suelo también mezclan la materia orgánica en descomposición en el suelo.

3.Alteración química: de la materia orgánica es principalmente una consecuencia de la actividad de hongos y bacterias y es la responsable de la mineralización de los elementos químicos esenciales.



Begon et al. (2006).

En el eje de las X se muestra el tiempo en meses y en el eje de las Y **el peso remanente*** de hojas de *Fagus crenata* en descomposición. Observe la diferencia entre compuestos solubles y lignina en el peso remanente luego de 36 meses desde el inicio del proceso de descomposición

*El peso remanente es el peso de los tejidos que aun no se ha descompuesto, expresado como porcentaje del peso inicial de esos tejidos.

Fases en la descomposición

Lixiviado de la hojarasca

- Lixiviado es el proceso físico por el cual los iones minerales y pequeños compuestos solubles en agua se disuelven y se mueven por el suelo.
- El lixiviado comienza cuando los tejidos están aún vivos, pero es más importante durante la senescencia y una vez que los tejidos se encuentran formando parte del mantillo.

La Fragmentación es llevada a cabo principalmente por la fauna del suelo.

La fauna del suelo puede clasificarse según su tamaño en:

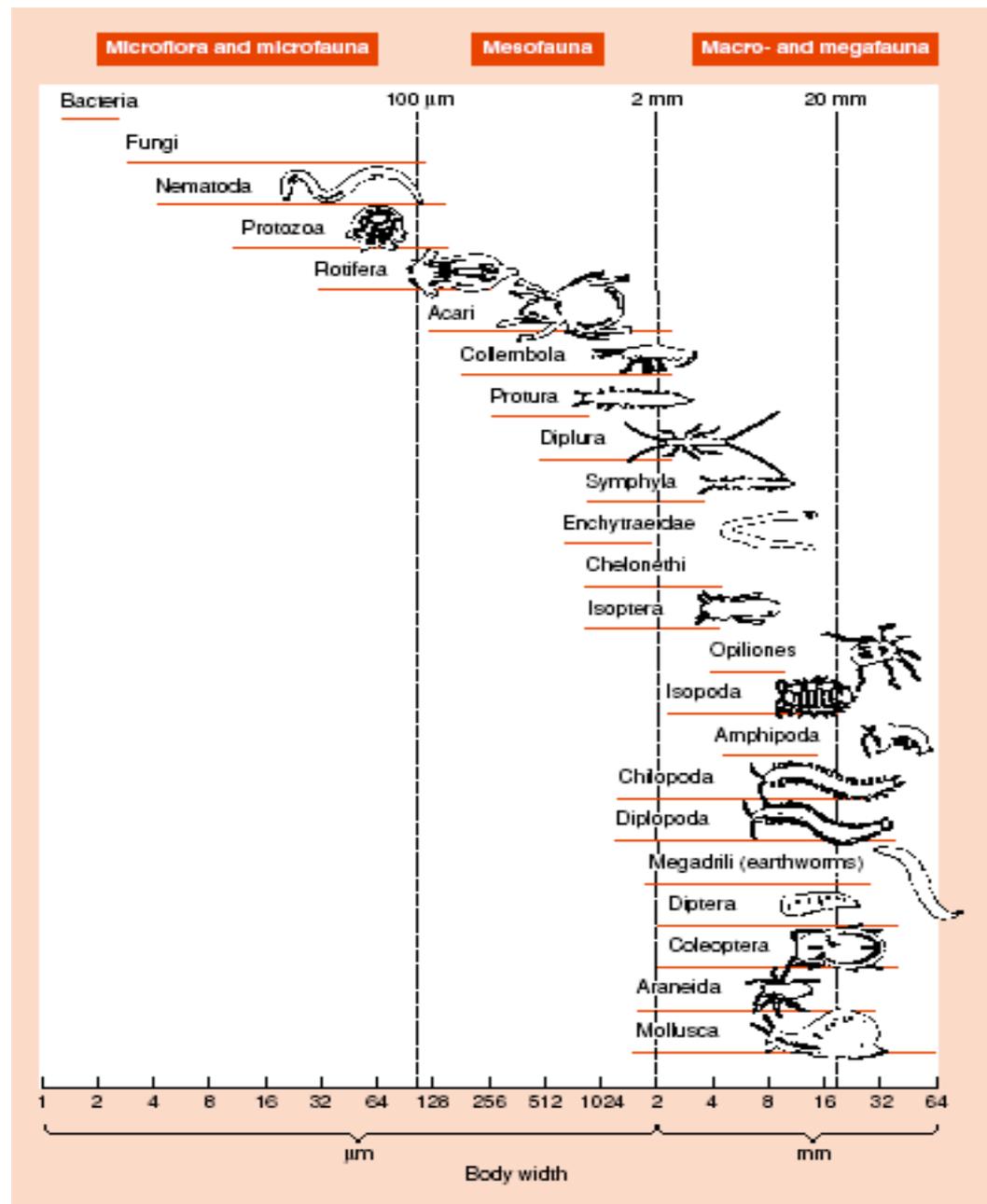
La microfauna: (< 0,01 mm) protozoos, gusanos, nematodos y rotíferos.

La mesofauna: (0,1 mm a 0,2 mm), ácaros y colémbolos, entre otros.

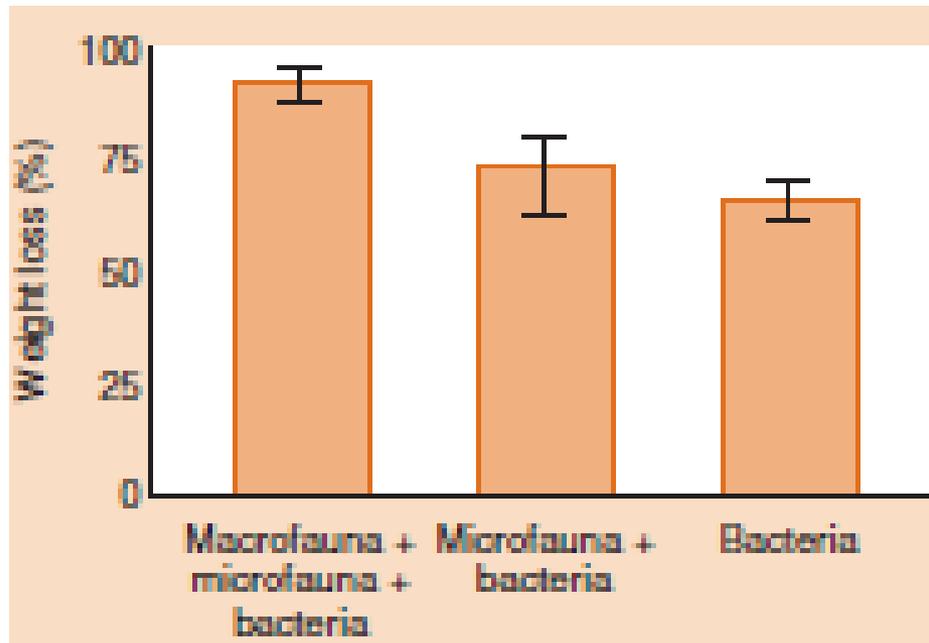
La macrofauna: (2 a 20 mm), isópteros (termitas), diplópodos (milpiés).

La megafauna: (> 20 mm): isópodos (bichos de la humedad), milpiés, lombrices de tierra y babosas.

Begon et al. (2006).







Se estimó la pérdida de peso (eje Y) de hojas de *Spartina marítima* en tres ensayos en los que se permitió la presencia de: (1) macro + microfauna + bacterias; (2) microfauna + bacterias; (3) bacterias. Note que la presencia de la macro y microfauna acelera el proceso de descomposición (estimado aquí por la pérdida de masa de las hojas).

Fases en la descomposición

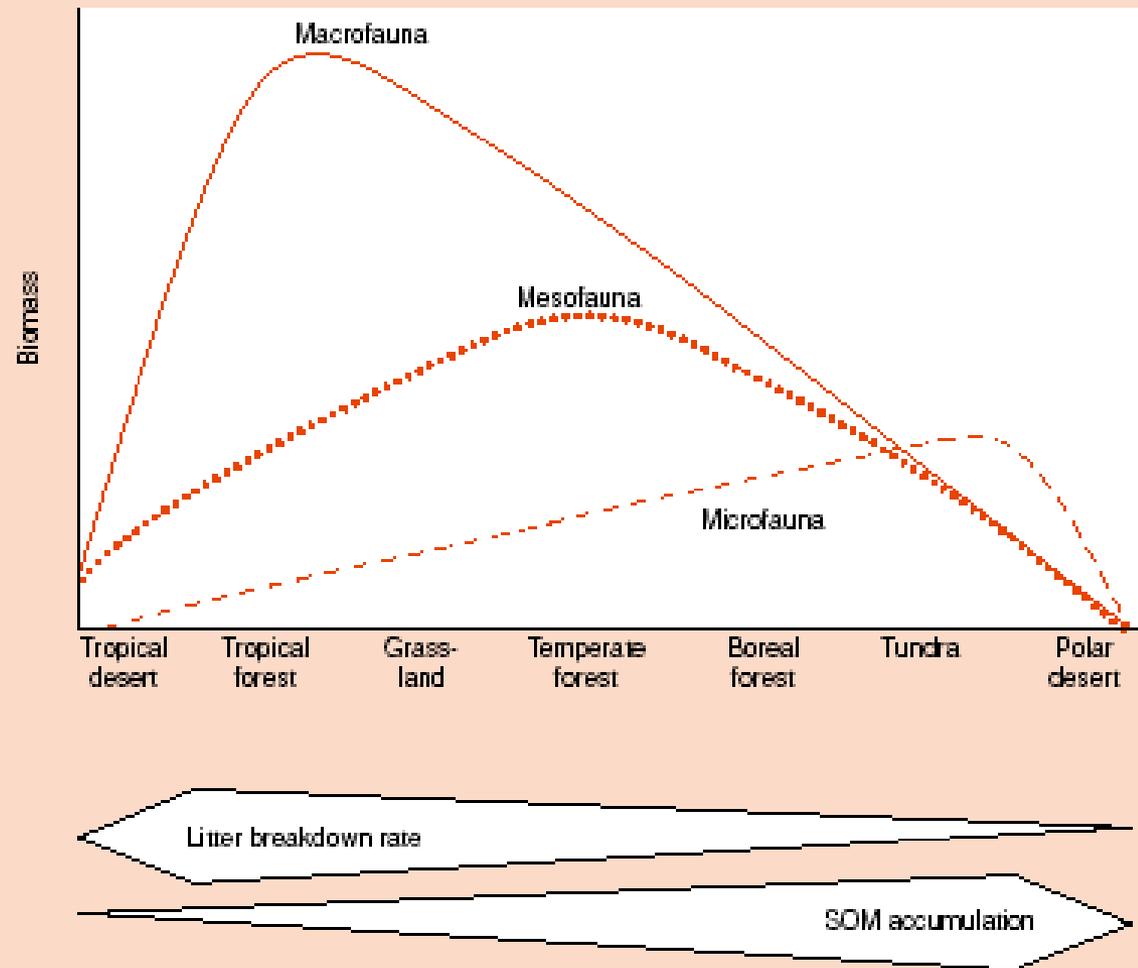
Fragmentación

- La fragmentación crea superficies frescas para la colonización microbiana e incrementa la proporción de masa que es accesible al ataque microbiano. Los animales son los principales agentes de la fragmentación de la hojarasca

La fauna del suelo y la descomposición

Patrones de variación latitudinal en la contribución de la macro, meso y microfauna en la descomposición en ecosistemas terrestres: La acumulación de materia orgánica en el suelo (SOM) (inversamente relacionada con la tasa de descomposición de los detritos) es promovida por las bajas temperaturas y el anegamiento, donde la actividad microbiana se ve afectada.

Begon et al. (2006).



Alteración química: Hongos y bacterias.



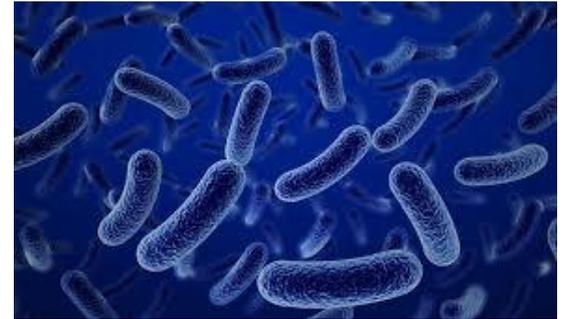
Hongos: son los principales descomponedores iniciales del material vegetal terrestre muerto y junto con las bacterias comprenden el 80 al 90 % del total de la biomasa de descomponedores.

- Su importancia reside en poder secretar enzimas que les permiten penetrar en la cutícula de las hojas o de la corteza suberizada de las raíces para acceder al interior.
- Tienen una ventaja competitiva con respecto a las bacterias en la descomposición de tejidos con baja concentración de nutrientes por su habilidad de importar N y P.

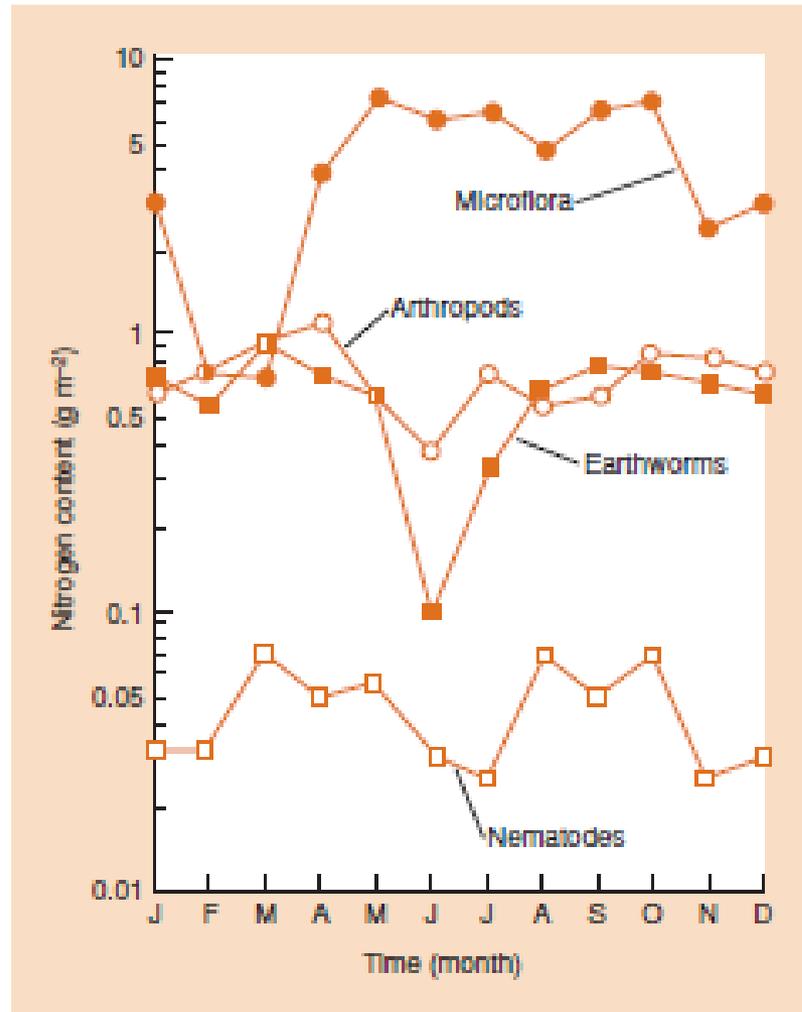
Alteración química: Hongos y bacterias.

Bacterias:

- El pequeño tamaño y el gran cociente superficie-volumen de las bacterias les permite absorber rápidamente sustratos solubles y crecer y dividirse rápidamente.
- La mayor limitante funcional resultante de su pequeño tamaño es que cada bacteria depende completamente del sustrato en donde se mueve.
- Las bacterias y las esporas de los hongos están omnipresentes en el aire y el agua, y con frecuencia se hallan presentes sobre la materia orgánica antes que haya muerto



Alteración química: Hongos y bacterias.



Begon et al. (2006).

Importancia relativa de la microflora (hongos y bacterias) en la descomposición de la hojarasca en bosques templados, comparada con artrópodos, lombrices y nematodos en términos de su contenido de nitrógeno como estimador de su biomasa. Note la importancia de la biomasa de la microflora en la descomposición en relación con su tamaño.

Patrón temporal de la descomposición

- La descomposición es consecuencia de las interacciones de fragmentación, alteración química y lixiviación.
- A medida que la hojarasca se descompone, su masa disminuye aproximadamente exponencialmente con el tiempo.
- La hojarasca foliar frecuentemente pierde del 30 al 70% de su masa en el primer año y otro 20 al 30% de su masa en los próximos 5 a 10 años.

Componente orgánico	Tasa de descomposición
Azúcares, almidón y proteínas simples	 <p>Rápida</p> <p>Lenta</p>
Hemicelulosa, pectina, proteínas	
celulosa	
Ceras	
Lignina y compuestos fenólicos, suberinas, cutinas	

En esta tabla se presentan, en términos generales, los componentes principales de la materia orgánica muerta, en orden de resistencia creciente a la descomposición.

Las hojas son el componente más importante en términos de masa y contenido de nutrientes tanto en la caída como en la hojarasca. La descomposición foliar está fuertemente relacionada con su calidad (en particular con las concentraciones relativas de compuestos solubles en agua, celulosa, lignina y N) y con las condiciones ambientales. Cuanto mayor sea la calidad de un sustrato, más rápida será la descomposición, bajo regímenes adecuados de humedad y temperatura del suelo para las actividades microbianas.

Patrón temporal de la descomposición

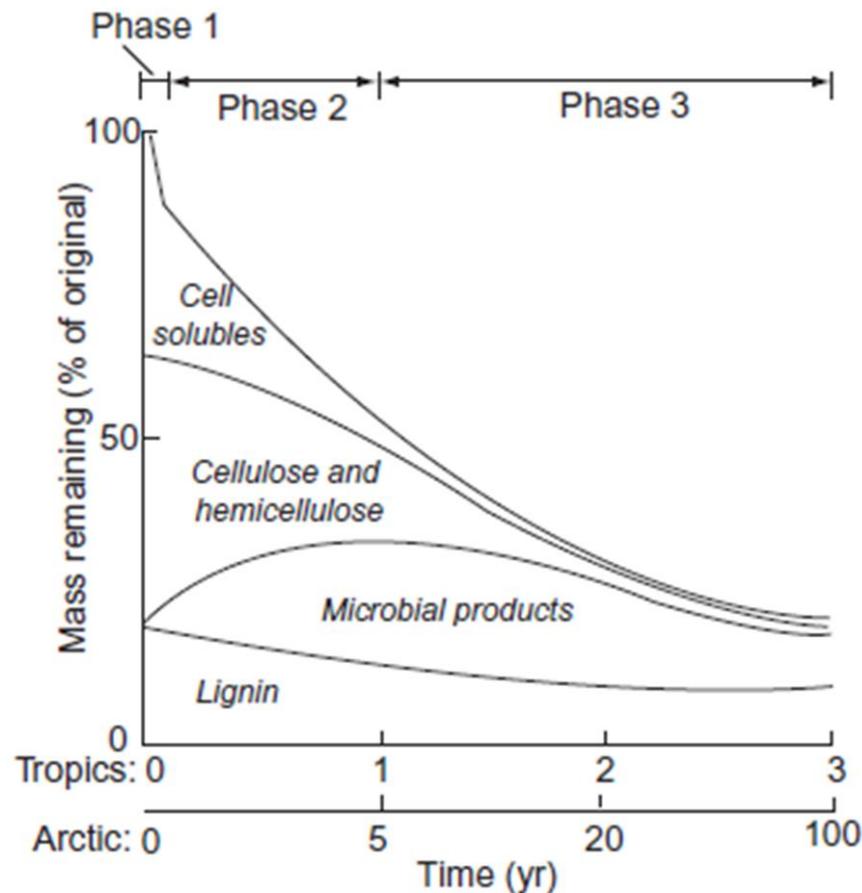
El modelo exponencial de la descomposición, que implica una tasa constante de descomposición, es una aproximación del patrón de declinación de la masa con el tiempo.

El proceso es descrito con más precisión por curva con al menos 3 fases:

1. Durante la primera fase, la lixiviación de sustancias solubles es el proceso dominante. La hojarasca fresca puede perder 5 % de su masa en 24 hs debido a la lixiviación

2. La segunda fase ocurre más lentamente e involucra una combinación de fragmentación (animales), la alteración química (microorganismos) y lixiviado de los productos de la descomposición de la hojarasca.

3. La fase final de la descomposición se produce lentamente e involucra la alteración química de la materia orgánica que es mezclada con el suelo mineral.



Curso de tiempo representativo de la descomposición de la hojarasca que muestra los principales componentes químicos (solubles, celulosa y hemicelulosa, productos microbianos y lignina), las tres fases principales de la descomposición de la hojarasca y las escalas de tiempo comúnmente encontradas en el clima cálido (tropical) y frío (Ártico) ambientes. La lixiviación domina **la primera fase de descomposición**. **La composición del sustrato cambia durante la descomposición** porque las sustancias lábiles se descomponen más rápidamente que los compuestos recalcitrantes, como la lignina y las paredes celulares microbianas.

Patrón temporal de la descomposición

- Cuando se descompone la materia orgánica, por ejemplo el mantillo fino, su masa decrece exponencialmente con el tiempo.
- Una declinación exponencial en la masa implica que una proporción constante de la hojarasca es descompuesta por unidad de tiempo.

$$X_t/X_0 = e^{-k t}$$

$$\ln (X_t/X_0) = -k t$$

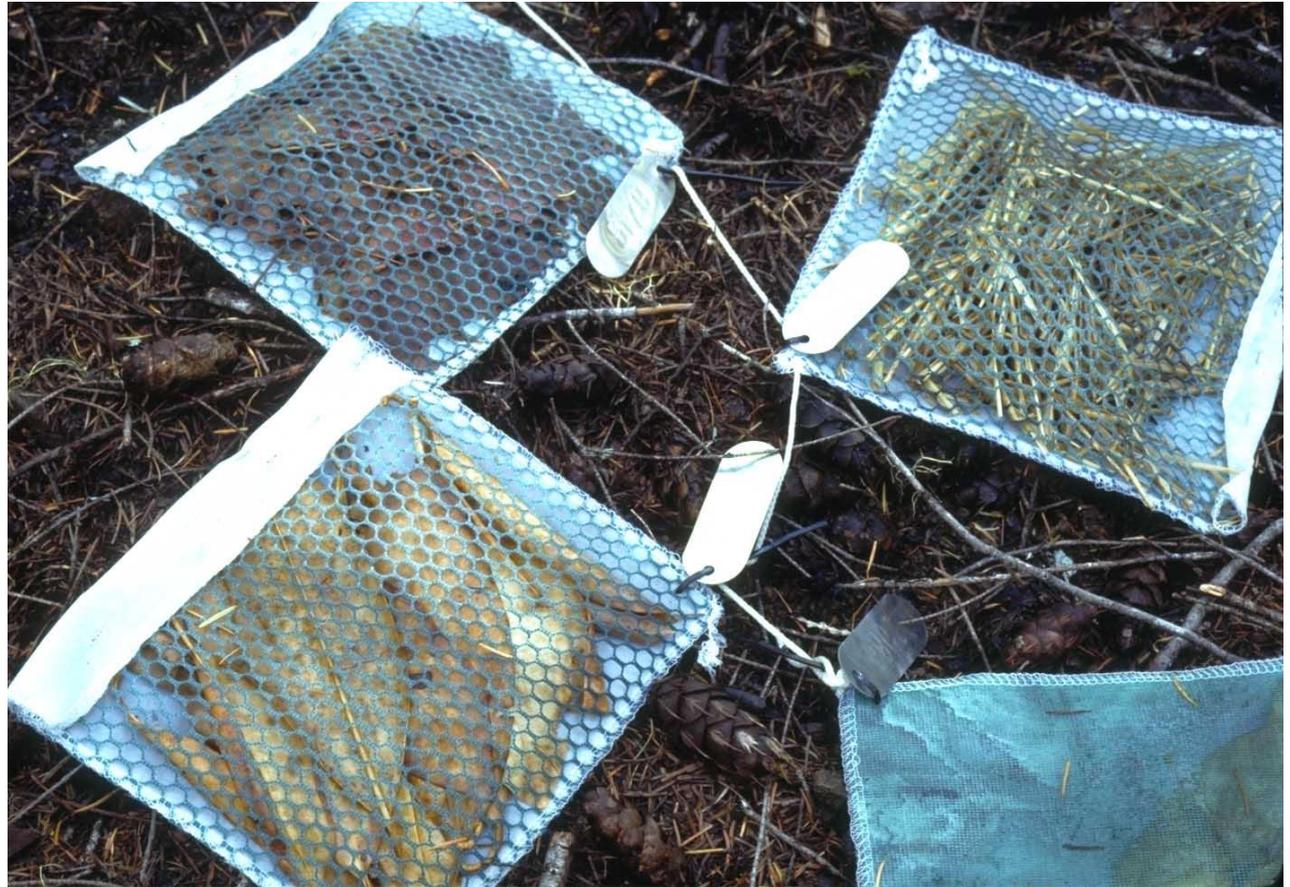
- Donde X_0 es la masa en el tiempo 0 y X_t es la masa en el tiempo t.

k = tasa de descomposición

- Olson, J.S. 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, **44**: 322-331.

ESTIMACIÓN DE LA DESCOMPOSICIÓN

En el caso de hojas y ramas finas se utilizan bolsas de abertura de malla que permita el ingreso de gran parte de la fauna edáfica. Esta abertura de malla tampoco puede ser demasiado grande, porque se podría perder material cuando avanza el proceso de descomposición. Para mayores detalles metodológicos ver el trabajo de Barrera et al. (2004)



Factores que controlan la descomposición

El ambiente físico

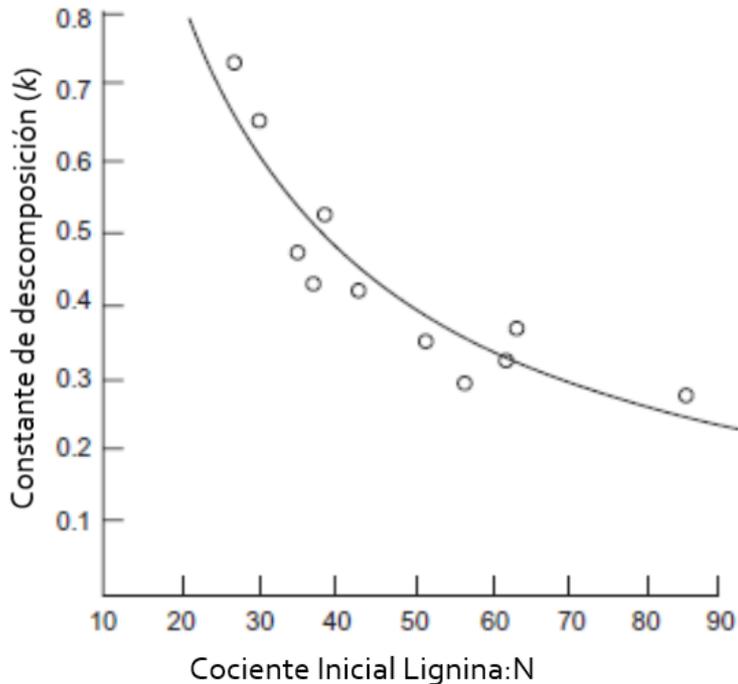
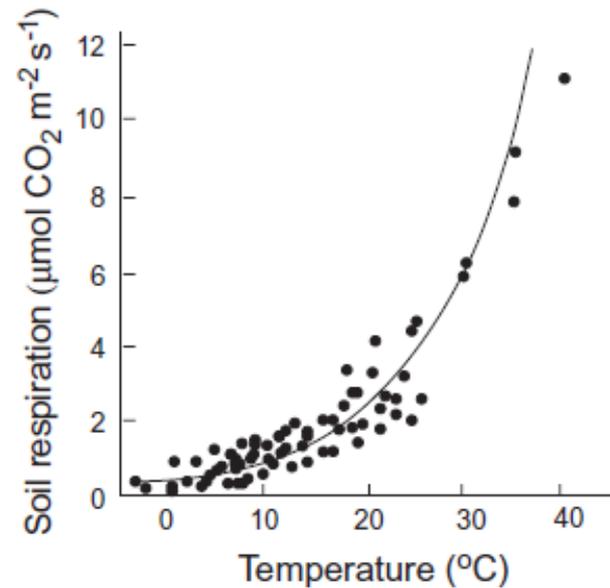
- **Temperatura:** afecta la descomposición directamente promoviendo la actividad microbiana, con el aumento de la temperatura se produce un incremento exponencial de la actividad. La relación a menudo muestra un Q_{10} de 2, es decir incrementa al doble su actividad por cada 10°C
- **Humedad:** la tasa de descomposición en ambientes terrestres generalmente declina cuando disminuye la humedad del suelo, se reduce la capa de humedad sobre la superficie del material y por lo tanto de la tasa de difusión de los microbios sobre el sustrato.

La calidad del material

- **La calidad del sustrato** puede ejercer un control químico predominante sobre la descomposición.
- Una descomposición rápida generalmente tiene altas concentraciones de sustancias lábiles y bajas concentraciones de compuestos recalcitrantes (estos harían que fuera más lenta).
- Una de las características más importantes que determina la calidad del sustrato es **la concentración de nutrientes**.
- N y P sostienen el crecimiento microbiano
- **Los cocientes C:N y Lignina:N** pueden ser predictores de la velocidad de la descomposición de los detritos
- **Detritos con bajos valores iniciales de C:N o Lignina:N (alta concentración de N)** generalmente se descompondrá más rápidamente.

El aumento de la temperatura provoca un aumento exponencial de la respiración microbiana en un amplio rango de temperaturas.

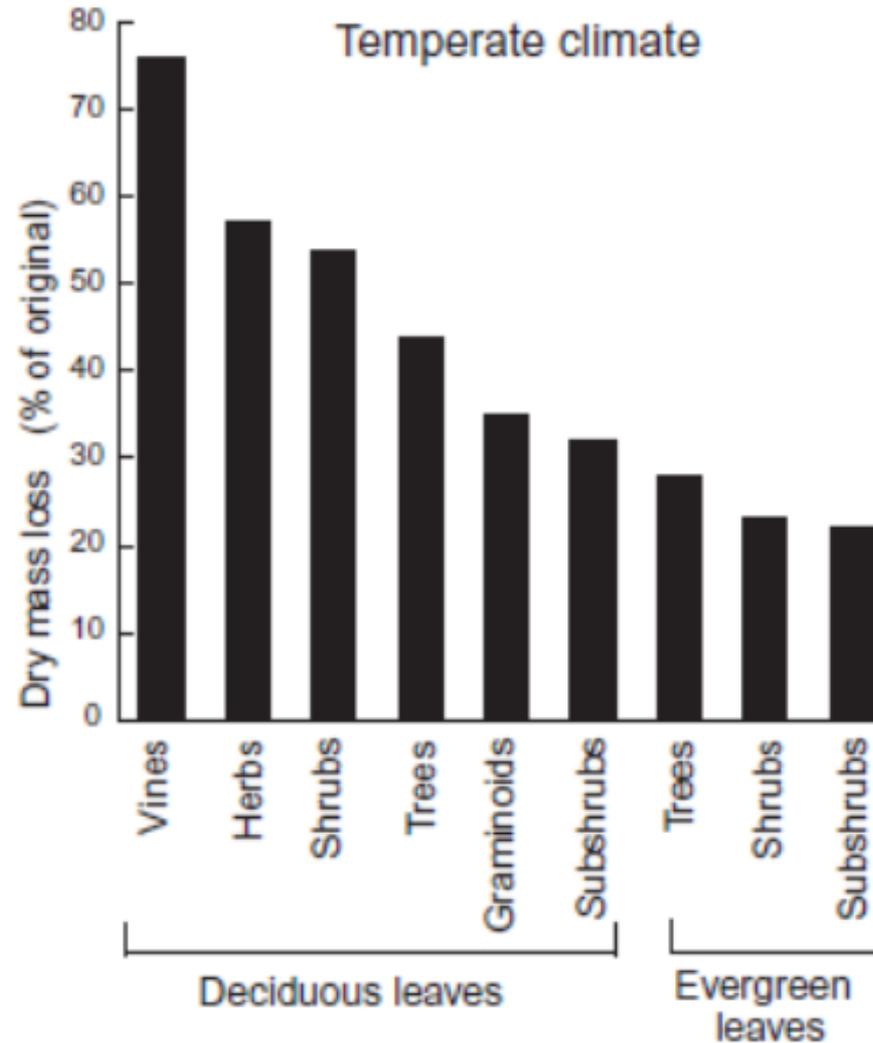
Los descomponedores son más productivos en condiciones cálidas y húmedas, siempre que haya suficiente oxígeno disponible. Esto explica las altas tasas de descomposición en los bosques tropicales.



El cociente Lignina: N se usa como predictor de la velocidad de la descomposición. A mayor cociente inicial en los detritos, más lenta será la descomposición

Calidad del sustrato

Las hojas se descomponen más rápidamente que la madera; las hojas de especies caducifolias se descomponen más rápidamente que las hojas de las perennifolias; las hojas de especies adaptadas a ambientes ricos en nutrientes se descomponen más rápidamente que las hojas de especies que crecen en sitios infértiles



Tasas de descomposición de hojas en similares condiciones de humedad y temperatura

Especie	k (año ⁻¹)	C/N
<i>N. Antartica</i> (ñire)	0,61	66
<i>N. Pumilio</i> (lenga)	0,56	80
<i>N. Betuloides</i> (guindo)	0,13	97

Valores de descomposición foliar, y cociente C/N de las especies de *Nothofagus* en la Tierra del Fuego (Fuente Frangi *et al.* 2004)

Tasa de descomposición (k) de hojas de especies nativas y de ligustro (*Ligustrum lucidum*) en la Selva Marginal de Punta Lara en dos tipos de ambientes.

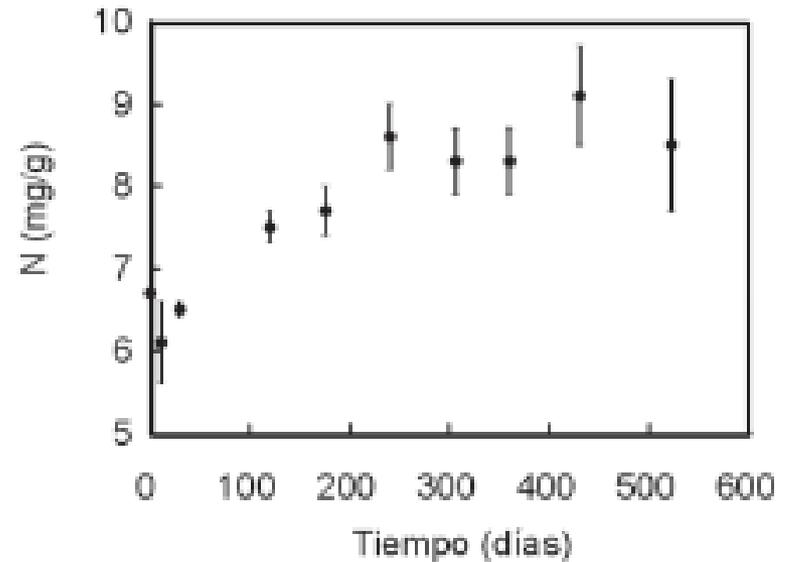
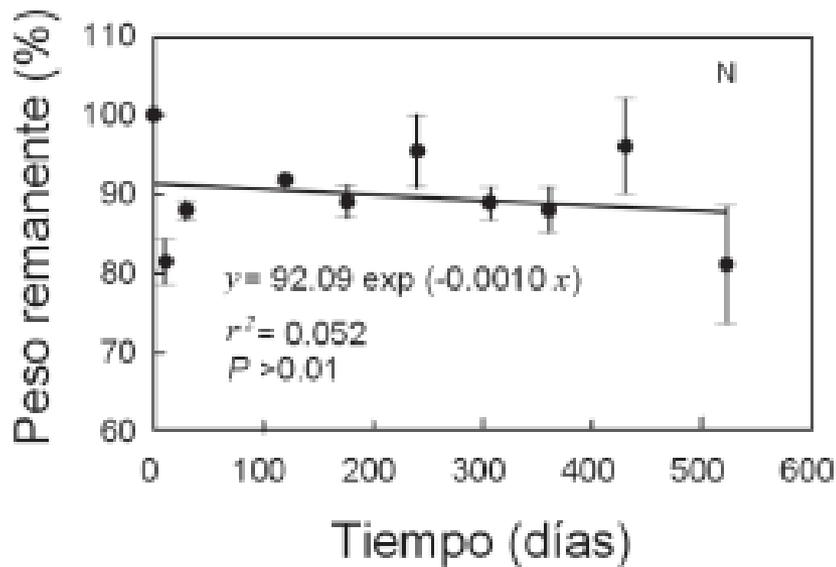
Ambiente-Especies	K (año ⁻¹)	Fuente
Mantillo del bosque		Dascanio et al. (1994)
Especies nativas	1,48	
Ligustro	4,07	
Arroyo		Marano et al. (2013)
<i>Pouteria salicifolia</i>	0,93	
Ligustro	4,09	

Ligustrum lucidum



Pouteria salicifolia





Barrera et al.(2004)

Inmovilización y liberación de nutrientes

- La inmovilización ocurre cuando un nutriente inorgánico es incorporado dentro de una forma orgánica, principalmente durante el crecimiento de los hongos y bacterias. La retención de los nutrientes en la biomasa microbiana es llamada **inmovilización**.
- Contrariamente, la descomposición involucra la liberación de energía y la **mineralización** de los nutrientes, es decir la conversión de un elemento de forma orgánica a una de forma inorgánica.