

Applet 14.1. Circulación de nutrientes en ecosistemas terrestres

Introducción

Este **applet** permite realizar de forma rápida cálculos de circulación de nutrientes en ecosistemas terrestres. Cuando se utilizan la mayoría de compartimentos y flujos que permite el modelo éste adquiere una complejidad considerable, por lo que su correcta utilización requiere un cierto tiempo de aprendizaje. Se han considerado los siguientes 4 compartimentos y 9 flujos:

COMPARTIMENTOS

1. Vegetación (VEG)
2. Materia orgánica muerta (ORG)
3. Nutrientes minerales disponibles (DISP)
4. Roca (ROCA)

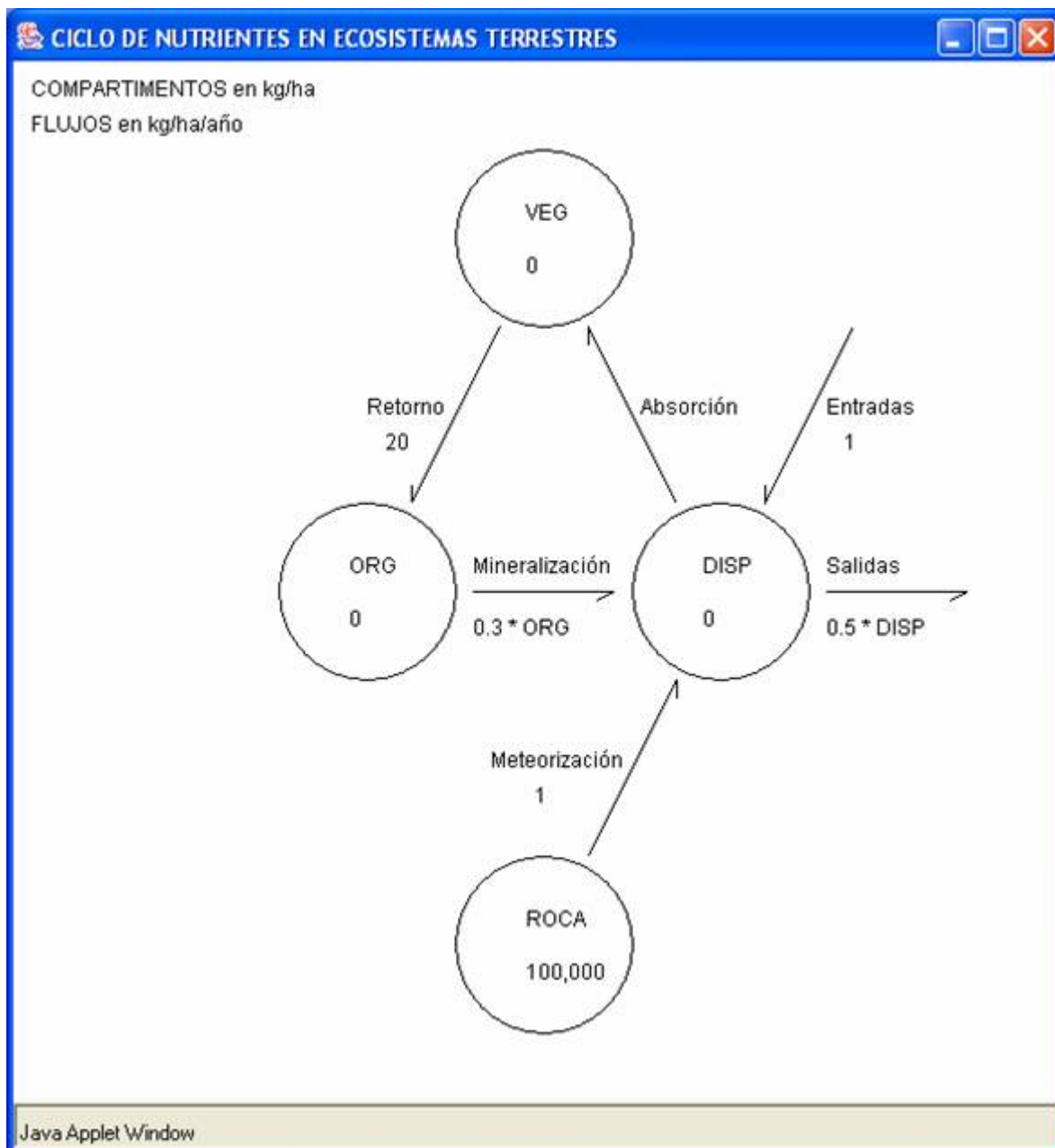
FLUJOS DENTRO DEL ECOSISTEMA

1. Absorción de nutrientes por la vegetación
2. Retorno de nutrientes al suelo (caída de hojarasca y lavado de copas)
3. Mineralización de la materia orgánica muerta

FLUJOS DE ENTRADA Y SALIDA DEL ECOSISTEMA

4. Entradas (básicamente atmosféricas)
5. Entradas por fertilización orgánica
6. Entradas por fertilización mineral
7. Entradas por meteorización de la roca
8. Salidas hidrológicas
9. Cosecha

El paso de tiempo del modelo es de un año. Los compartimentos y flujos se relacionan de la forma que indica el siguiente diagrama, que se puede obtener en cada caso clicando el botón "Esquema" del **applet**.



Los flujos anteriores se calculan de la forma siguiente:

- Absorción.** Se estima la absorción máxima necesaria para satisfacer un crecimiento potencial y compensar las pérdidas por retorno (absorción potencial). Si hay nutrientes disponibles en suficiente cantidad se absorben y la vegetación crece a la tasa potencial; en caso contrario se absorbe solamente la cantidad de nutrientes minerales disponibles (absorción real) y el crecimiento real es menor al crecimiento potencial. Éste se estima con la siguiente función asintótica:

$$\text{Crecimiento potencial} = B_{\text{máx}} \cdot e^{-k(B_{\text{máx}} - B_{\text{ant}})}$$

Donde $B_{\text{máx}}$ es la biomasa máxima (asintótica), B_{ant} es la biomasa de la vegetación en el año anterior, y k es un parámetro que se ajusta de forma que se alcance la mitad de $B_{\text{máx}}$ en el tiempo indicado por el usuario. Éste controla el crecimiento de la vegetación entrando $B_{\text{máx}}$ y el tiempo para alcanzar la mitad de $B_{\text{máx}}$. La cantidad de nutrientes en la biomasa se calcula multiplicando la biomasa por la concentración del nutriente correspondiente.

- Retorno.** El retorno es una cantidad constante que decide el usuario. Se ha preferido este procedimiento a hacer que fuera una parte proporcional de la vegetación porque en los ecosistemas terrestres existe una gran cantidad de biomasa (madera) que no retorna con facilidad al suelo, por lo que la caída de hojarasca y el lavado de copas son flujos relativamente constantes. No obstante, cuando la biomasa es pequeña el retorno pasa a ser proporcional a la biomasa de la vegetación

hasta que éste alcanza su valor máximo.

3. **Mineralización.** Es una proporción (que decide el usuario) de la cantidad de nutrientes en el compartimento de MO muerta (ORG).
4. **Entradas** (deposición atmosférica, principalmente). Es una cantidad constante que decide el usuario.
5. **Fertilización orgánica.** Es una cantidad constante que decide el usuario.
6. **Fertilización inorgánica.** Es una cantidad constante que decide el usuario.
7. **Meteorización** de la roca. Es una cantidad constante que decide el usuario.
8. **Salidas hidrológicas.** Es una proporción (que decide el usuario) de la cantidad de nutrientes en el compartimento de nutrientes disponibles (DISP).
9. **Cosecha.** Es una cantidad constante que decide el usuario. El usuario también decide cada cuantos años se realiza la cosecha.

[Nota: todos los parámetros anteriores son constantes durante el periodo simulado (1, 10 o 100 años). Sin embargo, pueden simularse variaciones temporales cambiando el valor de alguno de los parámetros entre dos periodos de simulación.]

Applet

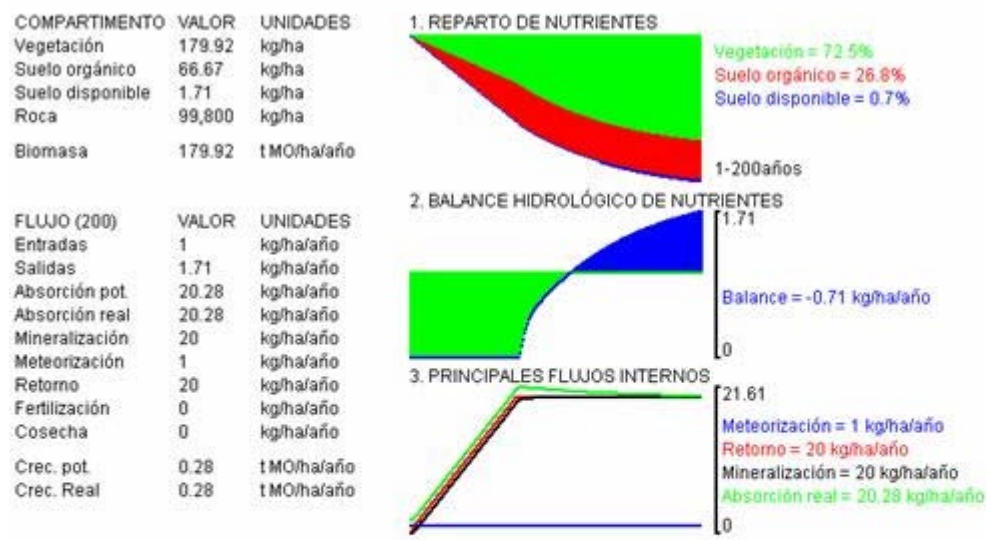
Si el **applet** se ha cargado correctamente se mostrará una imagen como la siguiente:

Comprobar	Esquema	t 1/2	50	años	Biom. máx.	200	t MO/ha	INICIAL		
Inicializar	1 año	Entrada	1	kg/ha/año	Salida	0.5	1/año	Biomasa	0	t MO/ha
10 años	100 años	Meteor.	1	kg/ha/año	Miner.	0.3	1/año	Veget.	0	kg/ha
N	P	Retorno	20	kg/ha/año	Conc.	0.1	%	Suelo org.	0	kg/ha
K	Ca	Fert. min.	0	kg/ha/año	Fert. org.	0	kg/ha/año	Disponib.	0	kg/ha
		Cosecha	0	t MO/ha	Frec.	1	años	Roca	100000	kg/ha

Funcionamiento del applet

1. Entrar los valores de los parámetros que controlan los flujos (cajas de texto centrales).
2. Entrar la concentración de nutriente en la materia orgánica (caja de texto "Conc.").
3. Entrar las cantidades de nutrientes iniciales en los 4 compartimentos.
4. Se puede inicializar el modelo automáticamente con parámetros que recogen, aproximadamente, la circulación de nutrientes en el encinar del Bosque de Poblet (Sierra de Prades, Tarragona).
5. Con el botón "Comprobar" averiguar si todos los parámetros introducidos se encuentran dentro de los rangos permitidos.
6. Con el botón "Esquema" se puede ver un diagrama de los flujos tal como lo interpreta el programa. En el esquema siempre se proporcionan los contenidos iniciales de los compartimentos.
7. Inicializar el modelo con el botón "Inicializar".
8. El modelo se puede ejecutar para un periodo de 1 año (botón "1 año"), 10 años ("10 años") o 100 años ("100 años"), aunque la resolución de los cálculos corresponde a un año. Se obtiene el siguiente output, numérico y gráfico:

- En la parte superior izquierda se dan los contenidos de nutrientes en los distintos compartimentos y también la biomasa de la vegetación.
- El la parte inferior izquierda se dan los principales flujos en el último año simulado (200, en el ejemplo). Al final se da también el crecimiento potencial (si se dispusiera de todos los nutrientes necesarios) y el crecimiento real de la vegetación (el que se ha podido realizar con los nutrientes disponibles).
- En la parte superior derecha se muestra gráficamente el reparto de nutrientes entre la vegetación, la MO muerta y los nutrientes minerales.
- El la parte central derecha se muestran gráficamente las entradas y salidas hidrológicas de nutrientes. La diferencia de las mismas es el balance, el valor del cual se da numéricamente. Cuando las entradas superan las salidas el balance es de color verde; en caso contrario es de color azul.
- En la parte inferior derecha se muestra gráficamente la evolución de los siguientes flujos de nutrientes: meteorización, retorno, mineralización y absorción.



Comprobar	Esquema	t 1/2	50	años	Biom. máx.	200	t MO/ha	INICIAL	
Inicializar	1 año	Entrada	1	kg/ha/año	Salida	0.5	1/año	Biomasa	0 t MO/ha
10 años	100 años	Meteor.	1	kg/ha/año	Miner.	0.3	1/año	Veget.	0 kg/ha
N	P	Retorno	20	kg/ha/año	Conc.	0.1	%	Suelo org.	0 kg/ha
K	Ca	Fert. min.	0	kg/ha/año	Fert. org.	0	kg/ha/año	Disponib.	0 kg/ha
		Cosecha	0	t MO/ha	Frec.	1	años	Roca	100000 kg/ha