

## **Applet 2.2. Economía hídrica de una planta**

### **Introducción**

Este *applet* simula el balance de agua de una planta en condiciones de equilibrio. Dado un déficit de presión de vapor (VPD, en kPa), se calcula la transpiración por unidad de área de hojas según la siguiente ecuación:

$$E = g \cdot \text{VPD}$$

Donde  $E$  es la transpiración foliar y  $g$  la conductancia estomática de las hojas (en  $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{kPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ).

A partir del valor de  $E$ , se considera que el agua transpirada es compensada exactamente (situación de equilibrio) por la que aporta el sistema conductor ( $J$ ), de forma que se cumple la ecuación ( $E = J$ ):

$$g \cdot A_f \cdot \text{VPD} = -k_x \cdot A_x \cdot \frac{\Psi_f - \Psi_s}{\Delta h}$$

$$g \cdot \frac{A_f}{A_x} \cdot \text{VPD} = -k_x \cdot \frac{\Psi_f - \Psi_s}{\Delta h}$$

Donde  $k_x$  es la conductividad hidráulica específica del xilema (en  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{MPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ),  $A_x$  es la superficie conductora del xilema (en  $\text{m}^2$ ),  $\Psi_f$  es el potencial hídrico foliar (en MPa),  $\Psi_s$  el potencial hídrico del suelo (en MPa) y  $\Delta h$  la altura del árbol (en m). La ecuación anterior se soluciona para  $\Psi_f$ , que es la única variable desconocida.

El paso de tiempo del modelo en realidad no importa, puesto que se trata de un modelo en equilibrio. El usuario puede visualizar los resultados del modelo en pasos de tiempo de 12 minutos, 1 hora y 1 día.

El modelo tiene además en cuenta que la conductividad estomática  $g$  y la conductividad hidráulica  $k_x$  pueden verse reducidas a potenciales hídricos bajos (muy negativos). En el caso de  $g$  lo que se simula es un cierto cierre estomático y en el de  $k_x$  la pérdida de conductividad por embolismo de los conductos xilemáticos. Estos procesos se simulan según funciones de Weibull con parámetro de forma  $v = 2$  en los dos casos; el parámetro de posición de la correspondiente función de Weibull se da indicando a qué potencial hídrico foliar se pierde la mitad de la conductancia estomática máxima ( $g$ ) y la mitad de la conductividad hidráulica máxima ( $k_x$ ).

El modelo simula un ciclo diario de 24 horas, de las cuales 12 son de noche y las centrales 12 de día. A lo largo del día va variando sinusoidalmente VPD (o bien la temperatura y la humedad relativa, si así se prefiere), de forma que es mínimo por la noche y máximo a las 12 del mediodía.

### **Applet**

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

<div>Comprobar</div> <div>Inicializar</div> <div>12 minutos</div> <div>1 hora</div> <div>1 día</div>	PLANTA		ENTORNO		<input checked="" type="radio"/> VPD	<input type="radio"/> Temp & e0	
	Cond. estomática	0.01	g/m <sup>2</sup> /kPa/s	Pot. suelo	-2	MPa	
	Pot hidr 1/2 cond est	-2	MPa				
	Cond. hidráulica	0.1	kg/m/MPa/s	Noche	Día		
	Pot hidr 1/2 cond xil	-2	MPa	VPD	0	2	kPa
	Af/Ax	1000		Temperatura	10	20	°C
Altura	12	m	HR	100	30	%	

### Funcionamiento del *applet*

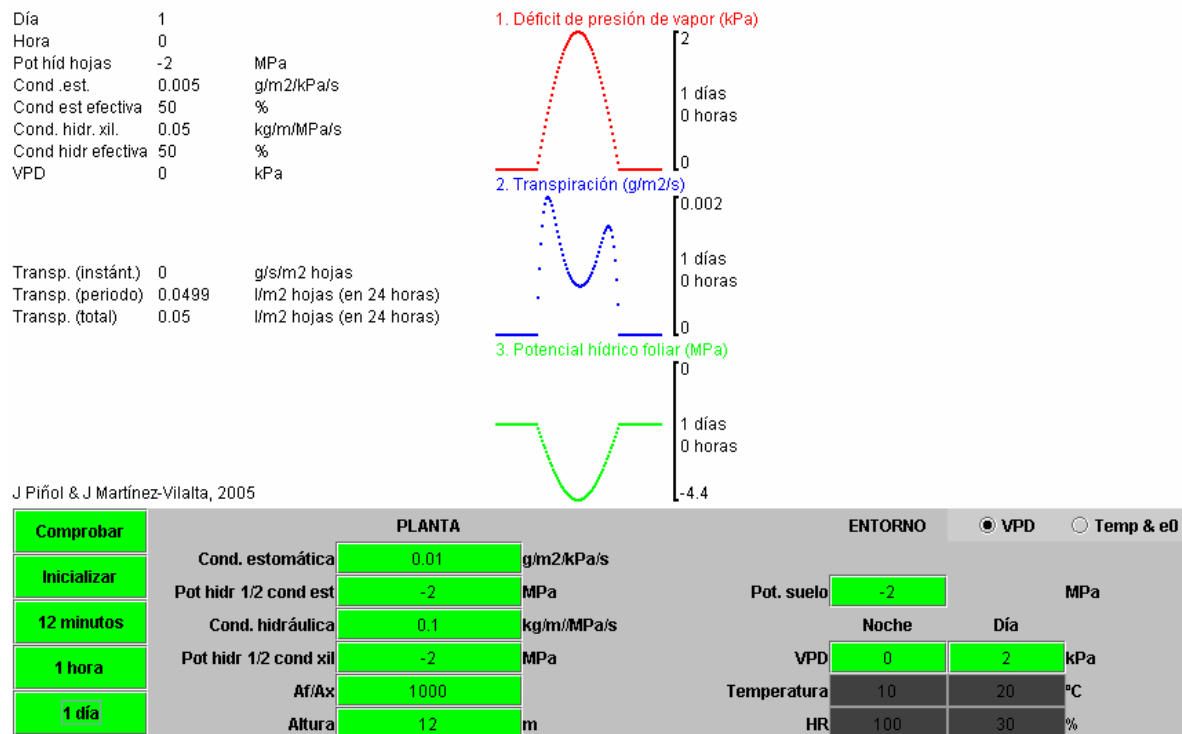
- Entrar los parámetros del ENTORNO en el que se encuentra la planta. Se puede decidir si se proporciona directamente el VPD o si éste debe calcularse a partir de la temperatura y la humedad relativa del aire. VPD (o bien  $T$  y HR) deben proporcionarse para la noche y para el máximo de mediodía. Finalmente, el usuario debe proporcionar el potencial hídrico del suelo ( $\Psi_s$ , siempre negativo o cero y que no cambiará a lo largo de la simulación, puesto que suponemos que a corto plazo el contenido de agua del suelo es constante).
- Entrar los siguientes parámetros de la PLANTA:
  - Conductividad estomática foliar máxima ( $g$ )
  - Potencial hídrico foliar al que se pierde la mitad de  $g$  (un valor muy bajo,  $-100$ , por ejemplo, hace que en la práctica  $g$  sea constante)
  - Conductividad hidráulica máxima del xilema ( $k_x$ )
  - Potencial hídrico foliar al que se pierde la mitad de  $k_x$  (un valor muy bajo,  $-100$ , por ejemplo, hace que en la práctica  $k_x$  sea constante)
  - Cociente entre el área foliar y el área conductora del xilema ( $A_f/A_x$ )
  - Altura del árbol ( $\Delta h$ ).
- Comprobar si los parámetros son correctos (botón "Comprobar").
- Inicializar el modelo (botón "Inicializar"). Con ello se *crea* una planta y se proporcionan los siguientes datos:

Día	0	
Hora	0	
Pot híd hojas	-2	MPa
Cond .est.	0.005	g/m <sup>2</sup> /kPa/s
Cond est efectiva	50	%
Cond. hidr. xil.	0.05	kg/m/MPa/s
Cond hidr efectiva	50	%
VPD	0	kPa

Obsérvese que los valores de la conductancia estomática y de la conductividad

hidráulica no son los máximos, sino que son menores ya que el potencial hídrico de las hojas es de  $-2$  MPa. Se proporciona además el porcentaje que esto representa respecto a los correspondientes valores máximos.

5. Avanzar el modelo. Se puede hacer en pasos de 12 minutos, de 1 hora y de 1 día. En el ejemplo siguiente se ha hecho avanzar el modelo 1 día entero.



El *applet* proporciona valores numéricos de la transpiración instantánea (en 1 segundo), para el último periodo simulado (1 día en este caso) y desde que se ha iniciado la simulación ("total", que en este caso coincide con el anterior). Además, proporciona los gráficos de variación temporal de VPD, transpiración foliar y potencial hídrico foliar.

6. El usuario puede cambiar uno o más de los parámetros del modelo y proseguir con la simulación. De esta forma se pueden visualizar con facilidad los efectos del cambio introducido. Por ejemplo, si se duplica la conductividad hidráulica del xilema  $k_x$  (de  $0,1$  a  $0,2$  kg·m<sup>-1</sup>·MPa<sup>-1</sup>·s<sup>-1</sup>) se observa que con las mismas condiciones ambientales, el árbol transpira más y reduce menos su potencial hídrico foliar.

