

Applet 15.1. El planeta de las margaritas

Introducción

Este **applet** implementa el modelo del planeta de las margaritas de Watson y Lovelock (1983) en su versión espacialmente explícita. Se trata de un planeta muy simple en el que sólo viven dos especies de organismos, las margaritas claras y las margaritas oscuras. El planeta tiene agua suficiente y en la atmósfera no hay nada que varíe temporalmente y que pueda afectar su balance de energía. El punto clave es que las dos margaritas son de colores distintos y, por tanto, reflejan de forma distinta la radiación solar (tienen distinto albedo, f); de esta forma pueden alterar la temperatura de la superficie donde crecen. Si el albedo del suelo desnudo del planeta es f_s (es decir, de la energía solar recibida se refleja una proporción f_s), entonces el albedo de las margaritas oscuras es $f_o < f_s$ y el albedo de las margaritas claras es $f_c > f_s$.

El cálculo de la temperatura del planeta se basa en el balance entre la energía que llega del sol y la que emite el propio planeta. Esta última se calcula con la ecuación de Stefan-Boltzmann. La energía que recibe el planeta depende de la luminosidad del sol, del tamaño del planeta y de su albedo; el albedo planetario se calcula a partir de los albedos y las proporciones de recubrimiento de suelo desnudo, margaritas claras y margaritas oscuras. El balance entre la energía recibida y la emitida permite calcular la temperatura de equilibrio del planeta.

El crecimiento de las margaritas no es posible a temperaturas inferiores a 5 °C ni a temperaturas superiores a 40 °C. Entre 5 y 40 °C el crecimiento varía según una ley cuadrática con máximo a una temperatura de 22,5 °C. Por otra parte, las margaritas mueren con una probabilidad g a cada paso de tiempo.

La temperatura alrededor de una zona ocupada por margaritas claras será algo más fresca que la temperatura media del planeta, puesto que las margaritas claras absorben menos radiación, mientras que lo contrario ocurrirá en las zonas ocupadas por margaritas oscuras.

Nuestro planeta es un cuadrado de 250 x 250 píxeles, en el que van apareciendo y desapareciendo margaritas según un autómata celular con las siguientes leyes: (1) Si un píxel está ocupado por margaritas, dejará de estarlo con una probabilidad g . (2) Si el píxel está libre puede ser ocupado por margaritas de la especie que se encuentre en un entorno de dos píxeles a su alrededor; en el cálculo de esta probabilidad intervienen las tasas de crecimiento y de mortalidad de las margaritas y el número de píxeles ocupados por cada una de las especies en el entorno considerado. Las margaritas no evolucionan, es decir las margaritas de una especie sólo tienen como descendientes margaritas de la misma especie.

A cada iteración se permite la aparición en una posición aleatoria de una margarita de una especie elegida también al azar.

El **applet** permite utilizar entre 1 y 4 especies de margaritas, así como elegir su mortalidad y los albedos del suelo, de las margaritas más oscuras y de las más claras. El **applet** permite simular un planeta con un sol con una luminosidad constante o bien simular un ciclo solar (como el de nuestro sol), que consiste en un aumento lineal de la luminosidad del sol entre un valor mínimo y un máximo que fija el usuario. Estos valores se introducen en relación a un valor de luminosidad igual a 1, correspondiente, aproximadamente, a la que ahora recibe la Tierra procedente del sol.

Applet

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

Comprobar			Número de especies	2
Crear			Albedo suelo	0.5
1 paso	Albedo margaritas oscuras	Gamma	0.3	Albedo margaritas claras
10 pasos			0.25	
Ciclo solar - 30 pasos	Luminosidad inicial del sol			Luminosidad final del sol
Ciclo solar - completo			0.5	
				2

Funcionamiento del *applet*

1. Entrar el número de especies de margaritas (1-4).
2. Entrar la mortalidad (g) de las margaritas.
3. Entrar el albedo del suelo, el de la margarita más oscura y el de la más clara. Si sólo hay una especie de margaritas ésta tendrá un albedo como el de la casilla de las margaritas oscuras.
4. Seleccionar la luminosidad inicial y final del sol (sólo se usa si se simula un ciclo solar).
5. Con el botón "Comprobar" averiguar si todos los parámetros introducidos se encuentran dentro de los rangos permitidos.
6. Inicializar el modelo con el botón "Crear".
7. Avanzar el modelo con los botones "1 Paso" o "10 Pasos". En este caso se simula un sol con una luminosidad constante igual a "Luminosidad inicial".
8. Simular un ciclo solar completo con el botón "Ciclo solar - completo". Se simulan los 300 pasos de tiempo que "dura" este sol. El ciclo solar empieza con una luminosidad igual a la "Luminosidad inicial" y acaba con una luminosidad igual a la "Luminosidad final".
9. Simular 30 pasos de un ciclo solar completo con el botón "Ciclo solar – 30 pasos". Como el anterior, pero 30 pasos en lugar de 300. Clicar 10 veces este botón equivale a clicar una vez el botón "Ciclo solar - completo".

El *applet* proporciona los siguientes resultados:

- En la parte superior izquierda se muestra un mapa del planeta, indicando la presencia de suelo desnudo (naranja) y de las distintas especies de margaritas (gama de verdes). A la derecha de este mapa se dan los valores numéricos de la luminosidad del sol en ese momento, de las temperaturas real y potencial del planeta, del albedo del planeta, y de la proporción de suelo desnudo y de las distintas especies de margaritas.
- En la parte superior derecha se proporciona el mapa de temperaturas locales del planeta. Este mapa se asemeja al de la izquierda, sólo que la temperatura local se promedia para un cierto entorno de cada píxel.
- En la parte inferior izquierda se muestra la variación temporal de la proporción de suelo desnudo y de las distintas especies de margaritas a lo largo de la simulación.
- En la parte inferior derecha se muestra la evolución temporal de la temperatura potencial (naranja) y de la temperatura real del planeta (rojo). Se indica también con líneas horizontales azules los límites de habitabilidad del planeta (5-40 °C en este caso).

15.1. El planeta de las margaritas

