

Daisy World

Maisa ROJAS

November 4, 2015

1 Objetivo

Este laboratorio tiene como objetivo correr el modelo de evolución del planeta “Daisy World” originalmente inventado por los autores Watson y Lovelock (1983). Los programas matlab que aquí se usan son trabajo de Mark Wittwer, realizados para su proyecto de Ingeniería Ambiental.

2 Introducción

En 1983, en respuesta a críticas que había recibido James Lovelock sobre su hipótesis de Gaia, Watson y Lovelock publican un modelo llamado “Daisy World” o “Mundo de Margaritas”. La hipótesis de Gaia propone básicamente que el planeta Tierra puede ser considerado como un organismo vivo que tiene la propiedad de autoregulación.

El mundo imaginario Daisy World, es un planeta tipo Tierra que orbita un Sol cuya luminosidad va creciendo paulatinamente, tal como ocurre con nuestro Sol. El planeta no tiene atmósfera u océano, pero sí suelos fértiles en los cuales crecen dos tipos de plantas: margaritas blancas y margaritas negras. Ambas plantas difieren solamente en la cantidad de radiación solar que absorben, o en su “albedo”. De esta manera, cuando hay muchas margaritas blancas, la temperatura local es más fría que sin la presencia de ellas, y con margaritas negras la temperatura local es más cálida que sin la presencia de éstas. A su vez las margaritas crecen dentro de ciertos rangos de temperatura. De esta manera, la temperatura final de equilibrio del planeta depende por un lado de la luminosidad del sol y también de la cantidad y tipo de margaritas que crezcan sobre él, demostrando como la vida misma puede regular la temperatura del planeta para mantenerla dentro de los rangos propicios para la vida misma, es decir dando soporte la hipótesis de Gaia.

2.1 Formulación del Modelo

El modelo original consta de 6 ecuaciones que se describen a continuación. Las variables claves son:

- A_n : Albedo de margaritas negras (Black Daisies).
- A_b : Albedo de margaritas blancas (White Daisies).
- α_n : fracción de planeta cubierto por margaritas negras (Black Daisies).
- α_b : fracción de planeta cubierto por margaritas blancas (White Daisies).
- T_n : Temperatura local donde existen margaritas negras.
- T_b : Temperatura local donde existen margaritas blancas.
- S_o : luminosidad solar.

Como siempre, se asume que el planeta se encuentra en balance energético, por lo que modelo de orden cero nos dice, que la temperatura del planeta se iguala a la de un cuerpo negro, y la energía entrante es la luminosidad solar menos el albedo:

$$\sigma T^4 = \frac{S_o}{4}(1 - A_p) \quad (1)$$

Donde

T_e = Temperatura de emisión de cuerpo negro en balance energético [K]
 S_o = Luminosidad solar [W/m^2]
 $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} [\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4}]$, constante de Stefan-Boltzman
 A_p = Albedo planetario promedio.

Esto se puede describir para obtener la temperatura efectiva del planeta:

$$T_e = \left(\frac{S_o}{4\sigma}(1 - A_p)\right)^{1/4} \quad (2)$$

El albedo planetario es simplemente la suma de los albedos de cada “tipo” de suelo existente en el planeta por el “area” que ocupa:

$$A_p = A_n\alpha_n + A_b\alpha_b + A_{sin}\alpha_{sin} \quad (3)$$

Combinando el balance global y el local, se cumple que:

$$T_i = a((A_p - A_i) + T_i^4) \quad (4)$$

Las ecuaciones de crecimiento de cada margarita están dadas por:

$$\frac{d\alpha_n}{dt} = \alpha_n(\beta x - \gamma) \quad (5)$$

de igual manera:

$$\frac{d\alpha_b}{dt} = \alpha_b(\beta x - \gamma) \quad (6)$$

Donde $x = 1 - \alpha_n - \alpha_b$ es la proporción de suelo sin margaritas y p es la proporción del planeta con tierra fértil.

$$\beta = (T_i - T_{min}) * (T_{max} - T_i) \frac{4}{(T_{max} - T_{min})^2} \quad (7)$$

es la tasa de crecimiento de las margaritas que depende de la temperatura y ocurre solamente entre los rangos de T_{min} y T_{max} .

Finalmente γ es la tasa de muerte de las margaritas que es una constante.

3 Actividades

- a. Corre el modelo tal cual, sin cambiar ningún parámetro. Deberías obtener 2 figuras. Explica brevemente lo que muestran los gráficos (cada curva) y da una interpretación.

```
>> daisyworld0D(0.6, 2.6)
```

- b. Produce el gráfico de β versus temperatura. Para eso debes copiar directamente a matlab las líneas de la función beta.m y definir las constantes necesarias.

```
> plot(Ti,beta)
```

Interpreta el gráfico.

Cambia los valores de lowgrowthK y highgrowthK y vuelve a hacer el gráfico e interpreta nuevamente.

- c. Ahora corre el planeta solamente con margaritas blancas. Esto se logra editando en el programa matlab, poniendo el area inicial de las margaritas negras a cero:

```
iniblack = 0;
```

Explica el resultado.

- d. Repite lo mismo que en (c), pero seteando las margaritas blancas a cero. Explica el resultado

- e. Compara el mundo con margaritas blancas y con margaritas negras solamente. Que diferencias hay?

- f. Vuelve a realizar la actividad (a), con los valores de lowgrowthK y highgrowthK definidos en la actividad (b).

4 Daisyworld con re-alimentaciones

Ahora vas a correr el modelo con algunas modificaciones. Primero se incluye la dimensión latitudinal. Esto significa básicamente que la insolación va a depender

de la latitud, y así la también la temperatura local. Una vez incluida esta modificación al modelo original se le han agregado otros procesos como por ejemplo la realimentación de CO_2 , vapor de agua y hielo-albedo.

4.1 Actividades

- a. Corre el script del modelo con variación latitudinal:
`>> daisylatitude1(0.6, 2.6).`
Interpreta cada una de las 3 figuras que aparecieron.
 Cómo varía el albedo con latitud?
 Cómo varía la temperatura con el tiempo? Escoge 3 latitudes y grafica la evolución de la temperatura versus tiempo.
 Cómo evolucionan las margaritas en este mundo?
- b. Ahora corre el modelo con realimentación de CO_2 :
`>> daisyCO21(0.6, 2.6).`

Interpreta cada una de las 4 figuras que aparecieron.
 Cuál es el efecto principal de incluir CO_2 en este mundo?
 Cómo varía la temperatura con el tiempo. Escoge 3 latitudes y grafica la evolución de la temperatura versus tiempo.
- c. Finaliza con una pequeña reflexión personal sobre este laboratorio (1 párrafo).

References

- [1] Watson A.J. and J.E. Lovelock, 1983: Biological homeostasis of the global environment: the parable of Daisyworld. *Tellus*, 35B, pgs 284-289.
- [2] Wittwer, 2005: Environmental Engineering Project.