

ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS DE LA
TIERRA

PROYECTO FINAL

Crecimiento de Coral en los Arrecifes

López Dafne y Delgado Merari

GitHub
DafneLopez27 y MerariDelgadoBROWN

February 2, 2021

0.1 Introduccion

Un arrecife a los subsistemas acuáticos que se generan en aguas cálidas y con poca profundidad en los mares tropicales, se caracterizan por su diversidad en especies de flora y fauna.

El arrecife de coral, como bien dice su nombre, son aquellos subsistemas que están contruidos de una gran cantidad de especies de corales, esta diversidad hace un habitat favorable para otras especies de fauna.

Un coral se forma mediante la agrupación de varios pólipos (organismo de cuerpo blando, al igual que las anémonas y medusas) su esqueleto esta formado principalmente de calcio, lo cual conlleva a la estructura de los arrecifes.

Los arrecifes protegen las islas y los continentes de las olas y tormentas, lo que permite que otras especies prosperen en aguas poco profundas cerca de la costa. Los corales reciclan y eliminan el dióxido de carbono, un gas responsable del efecto invernadero. Los arrecifes de coral son laboratorios vivos para científicos y estudiantes. Por lo que el crecimiento de dichos organismos son de suma importancia para la sociedad y para las especies que habitan en los corales.

Para explicar de una mejor manera el crecimiento de coral, utilizaremos un modelo matemático que tomamos de la Tesis “Modelación Matemática de Arrecifes Coralinos “de Machado Marcelo Fernando

pezaremos explicando la estructura de dicho modelo. Primero hay que definir las principales variables que utilizaremos:

c= Variable de coral m= Variable de alga (micro algas) T = Otro tipo de alga (césped)

Este modelo tiene una restricción de espacio en donde la suma de c, m y T representa una porción del espacio, lo cual consideran en 1cm^3

Estos organismos compiten entre ellos por este espacio a medida que avanza el tiempo.

$$T + c + m = 1 \tag{1}$$

En donde si despejamos T , obtenemos una nueva ecuación en donde solo existirán 2 variables.

$$T = 1 - c - m \quad (2)$$

Nuestro modelo a utilizar, sin contar la mencionada restricción

$$\begin{aligned} dm/dt &= amc - gm/m + T + ymT \\ dc/dt &= rTc - dc - amc \quad (3) \end{aligned}$$

- amc = Factor de crecimiento del micro-alga respecto a los corales
- $-gm/m + T$ = Decrecimiento del micro-alga respecto a la alimentación de peces
- ymT = Recubrimiento de la población de tipo césped
- rTc = Factor de crecimiento del coral respecto al otro tipo de alga (césped)
- $-dc$ = Tasa de mortalidad de los corales.
- amc = Factor de crecimiento del micro-alga respecto a los corales.

Ya teniendo en cuenta el significado de cada uno de los factores de mi sistema de ecuaciones podemos agregar la restricción de espacio, ya antes mencionada

$$\begin{aligned} dm/dt &= amc - gm/1 - c + ym(1 - m - c) \\ dc/dt &= rc(1 - m - c) - dc - amc \quad (4) \end{aligned}$$

0.2 Metodología

Al analizar la información tomada de distintas fuentes podemos preguntarnos.

¿Cómo se da el crecimiento del coral en los arrecifes? Como ya se ha mencionado anteriormente los arrecifes de coral cumplen una función bastante importante dentro de los ecosistemas ya que ayudan a especies marinas a que sigan llevando a cabo la cadena de alimentación. Los arrecifes de

coral no llevan e mismo tiempo en nuestro planeta tierra, varia la cantidad de años que llevan en ella, los más antiguos llevan hasta siglos de antigüedad.

Para saber como es el crecimiento de los corales debemos entender el como se reproducen. Los corales tienen dos formas de reproducirse, la primera forma es por medio de gametos (espermatozoide y ovulo) distintos corales arrojan sus gametos y estos se fertilizan en el ambiente por otro coral, la segunda forma es cuando el mismo coral se fertiliza así mismo internamente y lanza el huevo fertilizado al ambiente ambos se adhieren a una superficie y crecen. Por lo que podemos decir que el modelo matemático que utilizaremos relacionara la producción de coral por cada año con la relación de la época, los depredadores u otros organismos vivos que invaden su habitat como es el caso de micro-algas y un alga llamada césped. **Este capítulo tiene como finalidad conocer mas sobre el crecimiento de coral en los arrecifes, así mismo conocer mas sobre su importancia en el equilibrio natural de la Tierra. Cada uno de estos arrecifes cuidan a la sociedad de algún desastre natural y albergan a mas de una cuarta parte del total de las especies marinas.**

Al analizar la información tomada de distintas fuentes podemos preguntarnos.

¿Cómo se da el crecimiento del coral en los arrecifes? Como ya se ha mencionado anteriormente los arrecifes de coral cumplen una función bastante importante dentro de los ecosistemas ya que ayudan a especies marinas a que sigan llevando a cabo la cadena de alimentación. Los arrecifes de coral no llevan e mismo tiempo en nuestro planeta tierra, varia la cantidad de años que llevan en ella, los más antiguos llevan hasta siglos de antigüedad.

Para saber como es el crecimiento de los corales debemos entender el como se reproducen. Los corales tienen dos formas de reproducirse, la primera forma es por medio de gametos (espermatozoide y ovulo) distintos corales arrojan sus gametos y estos se fertilizan en el ambiente por otro coral, la segunda forma es cuando el mismo coral se fertiliza así mismo internamente y lanza el huevo fertilizado al ambiente ambos se adhieren a una superficie y crecen. Por lo que podemos decir que el modelo matemático que utilizaremos relacionara la producción de coral por cada año con la relación de la época, los depredadores u otros organismos vivos que invaden su habitat como es el caso de micro-algas y un alga llamada césped.

Las ecuaciones diferenciales se resuelven en Python con el paquete `Scipy.integrate` usando la función `ODEINT`. `ODEINT` requiere de tres entradas:

- `modelo` : nombre de la función que devuelve valores derivados en los valores de `y` solicitados como `dydt = modelo (y, t)`
- `y0` : Condiciones iniciales de los estados diferenciales
- `t` : Momentos en los que se debe informar la solución. A menudo se calculan puntos internos adicionales para mantener la precisión de la solución, pero no se informan.

Un ejemplo de uso de `Odeint` es con la siguiente ecuación diferencial con parámetro $k = 0.3$, la condición inicial $y_0 = 5$ y la siguiente ecuación diferencial.

$$\frac{rey(t)}{ret} = -ky(t) \quad (5)$$

El código Python primero importa los paquetes `Numpy`, `Scipy` y `Matplotlib` necesarios. El modelo, las condiciones iniciales y los puntos de tiempo se definen como entradas de `ODEINT` para calcular numéricamente $y(t)$. En la figura 1 podemos ver el ejemplo planteado anteriormente.

```
import numpy as np
from scipy.integrate import odeint
import matplotlib.pyplot as plt

# function that returns dy/dt
def model(y,t):
    k = 0.3
    dydt = -k * y
    return dydt

# Initial condition
y0 = 5

# time points
t = np.linspace(0,20)

# solve ODE
y = odeint(model,y0,t)

# plot results
plt.plot(t,y)
plt.xlabel('time')
plt.ylabel('y(t)')
plt.show()
```

Figure 1: Ejemplo de `Odeint`

0.2.1 Objetivos

- Factores ecológicos necesarios para el crecimiento de los corales.
- Obtener los datos promedio del crecimiento de coral de forma anual.
- Datos de temperatura y salinidad de los océanos.

- Obtener el crecimiento conociendo los datos de su reproducción.

Este trabajo tiene un aporte mixto ya que utilizaremos un modelo matemático para explicar un fenómeno natural y así comprobar la hipótesis que planteamos al inicio, al igual nos basamos de distintas referencias. Además que con una ayuda de información confiable podemos dar solución a la pregunta planteada y a cumplir con los objetivos que le dan forma a dicho trabajo.

Para resolver dicho modelo matemático utilizaremos una paquetería de Python, llamada Odeint. Esta herramienta nos ayuda mucho a poder analizar el comportamiento del coral respecto al tiempo y a otros factores ya antes mencionados.

pezaremos a describir y analizar un ejercicio muy sencillo con la herramienta Odeint.

0.3 Resultados

Al empezar nuestro análisis en Python tuvimos que describir el modelo matemático que utilizaremos, lo cual ya se explico desde el inicio. Teniendo en cuenta nuestro modelo original en mente, nos pasaremos con el modelo que contiene la restricción de espacio. Para acordarnos, la pondremos aquí:

$$dm/dt = amc - gm/1 - c + ym(1 - m - c)$$

$$dc/dt = rc(1-m-c) - dc - amc \quad (6)$$

Teniendo ya nuestro sistema de ecuaciones, comenzamos a importar las paqueterías que utilizaremos durante el proceso. Las cuales nos ayudaran a crear gráficas, a llamar funciones trigonométricas, etc.

icamos con definir nuestra función, la cual llamaremos "Crecimiento-coral" dentro de esta función se encontraran nuestras derivadas en función de una sola incógnita, es decir, cambiaremos los valores de tal manera que se pueda calcular nuestra función sin que cambie su forma original. Dicha incógnita es "c" ya que queremos saber el crecimiento de coral.

Una vez creada y en funcionamiento, llamaremos a "linspace" este nos ayudara a crear un intervalo especificado, en donde irán los números de "t" que es nuestro tiempo.

Teniendo en cuenta todos estos factores iniciaremos con implementar la paquetería Odeint, para esto tenemos que tener en cuenta su forma; es decir, tenemos que saber que para la utilización de dicho recurso tenemos que tener:

- Función = Crecimiento-Coral
- Los valores iniciales de nuestras incógnitas, en nuestro caso de "m" y "c".
- Los valores del tiempo (linspace)
- Argumentos extras, en nuestro caso de a, d, g, r y gamma.

En el documento en que nos basamos, contenía dichos valores iniciales y argumentos, por lo que pudimos implementar todos de manera ordenada y correcta.

icíamos con estos valores:

- Función = Crecimiento-Coral
- Los valores iniciales de nuestras incógnitas, en nuestro caso de "m = 0.5625" y "c = 0".
- Los valores del tiempo (linspace)
- Argumentos extras, en nuestro caso de a = 0.7, d= 0.2, g= 0.35, r=0.75 y gamma= 0.8.

Con esos valores pudimos implementarlo para la creación de una gráfica en donde representa el comportamiento del crecimiento de coral.

Utilizamos en total 3 formas distintas de argumentos y valores iniciales, por lo que al final obtuvimos tres gráficas diferentes entre si. Para concluir tuvimos la idea de juntar las gráficas obtenidas para analizar de mejor manera el comportamiento del coral respecto a las macro-algas.

En la figura 2 podemos ver la gráfica que obtuvimos con los datos ya mencionados.

En la figura 3 podemos ver la gráfica que obtuvimos con los datos c=0, m=0.9444, a=0.24, d=0.24, g=0.1, r=1.2, gamma= 1.8.

En la figura 4 podemos ver la gráfica que obtuvimos con los datos c=0, m=0.5, a=0.7, d=0.2, g=0.5, r=1.2, gamma= 1.

En la figura 5 podemos ver la gráfica que obtuvimos con los datos de las tres gráficas ya mencionadas.

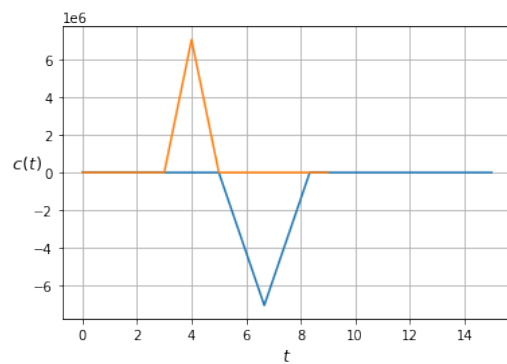


Figure 2: Primer Gráfica

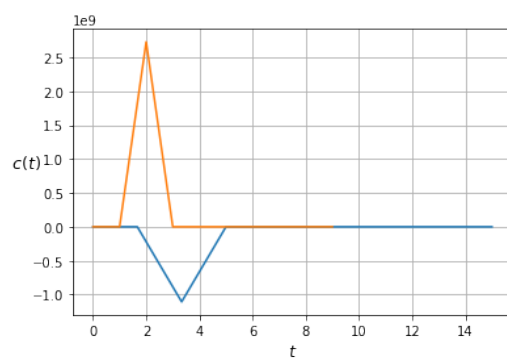


Figure 3: Segunda Gráfica

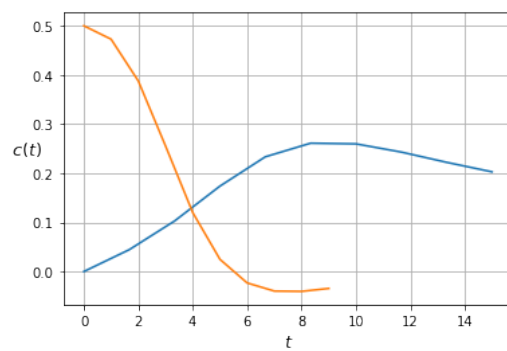


Figure 4: Tercer Gráfica

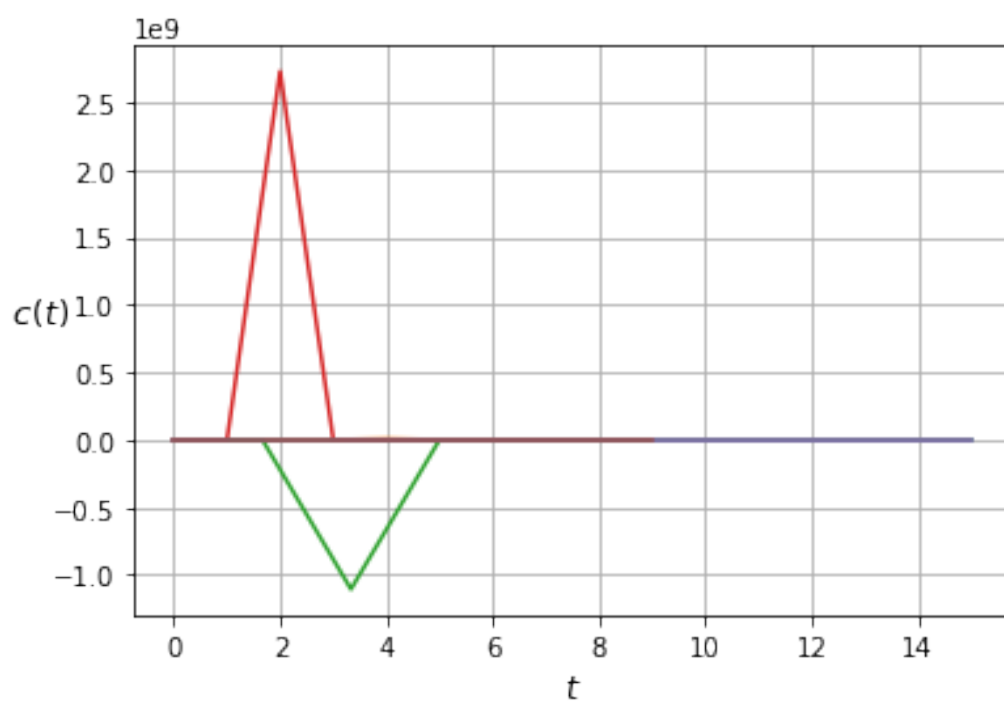


Figure 5: Tercer Gráfica

Bibliography

Machado, F. E. (2009). Modelación Matemática de Arrecifes Coralinos. (Licenciatura). Facultad de Matemática Física y Computación, Santa Clara. Recuperado de: <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/123456789>

Differential Equations (2020) Dynamics and Control, Solve Differential Equations with ODEINT recuperado de <https://apmonitor.com/pdc/index.php/doc/ODEINT>

https://github.com/DafneLopez27/Proyecto_final.git