

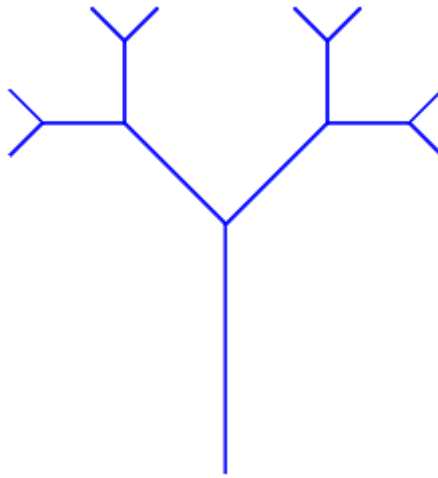
¿POR QUÉ QUEDARSE EN CASA ES BUENO PARA EVITAR LA PROPAGACIÓN DE UN VIRUS?

Una explicación simplificada para jóvenes usando fractales y *Scratch*

Eugenio Roanes Lozanoⁱ

Hola. Me llamo Eugenio y soy profesor de matemáticas. Seguramente estás incómodo por estar encerrado en casa, así que voy a intentar justificar que, aunque estamos todos incómodos sin salir, es bueno que no veas a tus amigos y a los familiares con los que no vives.

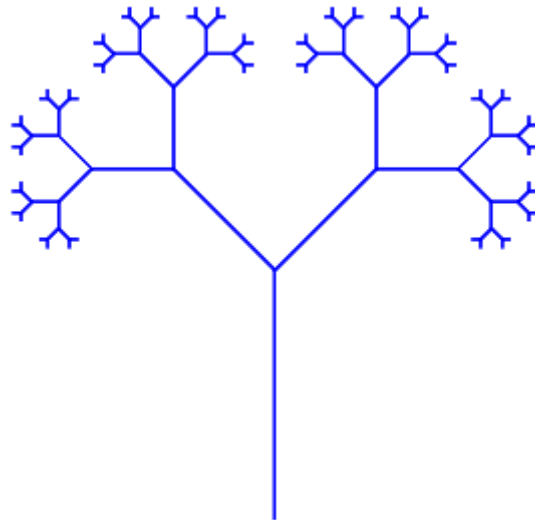
Para ello lo primero que voy a hacer es explicarte qué es un fractal. Un fractal es un objeto geométrico cuya estructura se repite a cualquier escala. Un ejemplo de la naturaleza es el romanesco, una verdura que tal vez hayas comido alguna vez (puedes buscar imágenes en Internet). Un sencillo ejemplo de árbol fractal lo puedes ver en la imagen siguiente:



(bueno, formalmente hay que quitarle el “tallo” a la “planta” para que sea un fractal). Fíjate en que, más arriba del tallo, cada rama se divide en dos ramas, siempre formando el mismo ángulo y decreciendo en tamaño en la misma proporción.

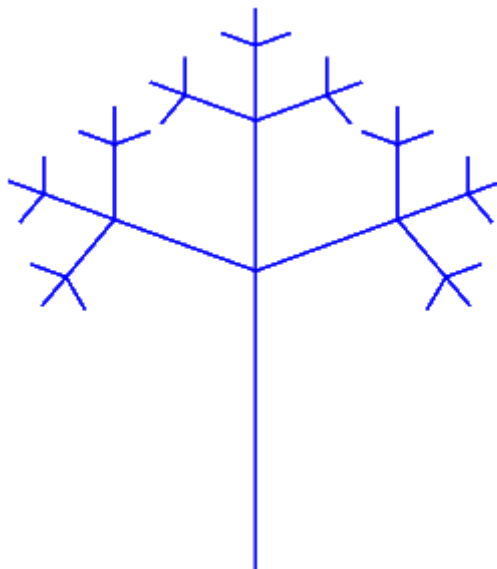
Podemos decir que el árbol de la imagen anterior es de “profundidad 3” pues, después del tallo hay tres niveles de ramas. Podemos hacerlo con cualquier.

El siguiente tiene profundidad 6 (en vez de 3):



Es bastante sencillo crear este dibujo con un procedimiento recursivo en el lenguaje de programación *Scratch*, que posiblemente conozcas del colegio o instituto (o en *Logo*, si eres mayor, o con cualquier Lenguaje que tenga implementada la “Geometría de la Tortuga”). Puedes encontrar el código *Scratch 3* de todos los programas en el Apéndice (donde también encontrarás propuestos más retos).

Y podemos reformarlo un poco para que sea el árbol de tres ramas en cada nivel, en lugar de dos:



Pero no me “enrollo” más.

Para explicaros de modo simplificado cómo funciona el contagio de una enfermedad vamos a hacerlo con una historia. Supongamos que un único gato¹ de *Scratch*



regresa enfermo a Gatolandia con una enfermedad muy contagiosa y se encuentra con sus amigos y familiares, pues los ha echado mucho de menos. No sabemos muy bien a cuántos gatos enferma de media cada gato enfermo (antes de que llegue la orden de QUEDARSE EN CASA, pues los gatos de Gatolandia son muy obedientes y la obedecen enseguida), así que vamos a analizar varios escenarios:

1. Cada gato enfermo infecta a otros dos gatos.
2. Cada gato enfermo infecta a otros tres gatos.
3. Cada gato enfermo infecta a otros cuatro gatos.
4. Cada gato enfermo infecta a otros cinco gatos

1. CADA GATO ENFERMO INFECTA A DOS GATOS

En todas las figuras que siguen, el gato inicialmente contagiado está en el centro. Puedes ver arriba a la izquierda el número de gatos infectados. Tienes el programa general en el apéndice.

1.1 Antes de confinarse todos en casa, sólo da tiempo a que ese primer gato infectado vea a sus amigos una vez (profundidad 1)

Infecta **2** Profundidad **1**
Infectados **3**

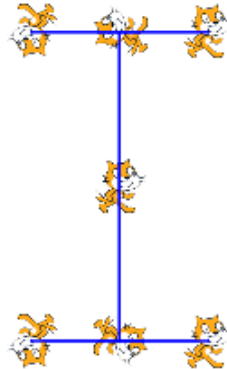


Como veis, con que el gato vea sus amigos o familiares, ya tenemos 3 gatos infectados.

¹ El “gato” de *Scratch* es el cursor gráfico de este lenguaje de programación.

1.2 Antes de confinarse en casa, da tiempo a que el primer gato vea a sus amigos y estos a su vez a sus amigos (profundidad 2)

Infecta **2** Profundidad **2**
Infectados **7**



En este caso, los gatos infectados llegan a 7.

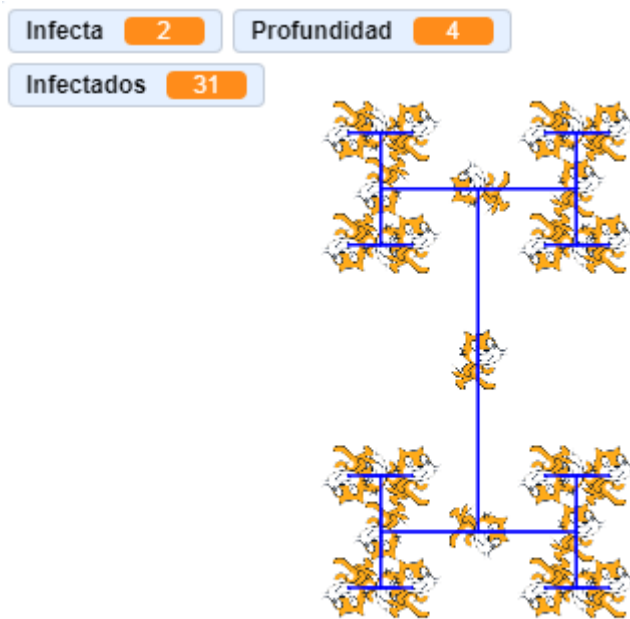
1.3 Antes de confinarse todos en casa, da tiempo a que el primer gato infectado vea a sus amigos una vez, estos a sus amigos, y estos últimos (amigos de los amigos del primer gato infectado) a su vez a sus amigos (profundidad 3)

Infecta **2** Profundidad **3**
Infectados **15**



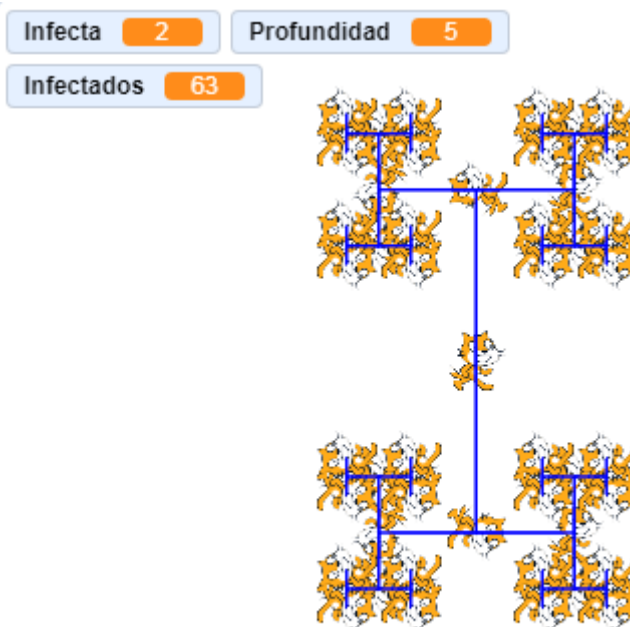
Ya son 15 los gatos enfermos...

1.4 Profundidad 4



¡Y en este nivel son 31 los gatos infectados

1.5 Profundidad 5:



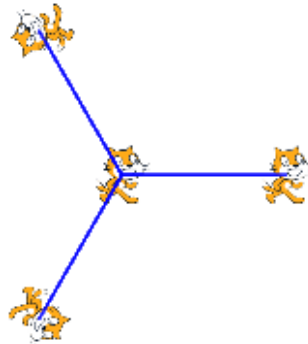
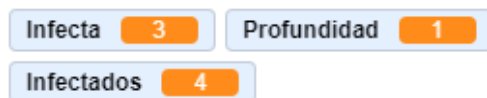
Ya no se ve muy bien cuantos gatos hay, pero podemos ver el número total de infectados en el contador: 31. Y todos a partir de un único gato que llegó enfermo y contagió a dos amigos, éstos a otros dos,...

Reto 1: Si te gustan las “mates”, puedes pensar si se te ocurre como calcular el número total de infectados en las figuras anteriores (pista: a lo mejor es el siguiente o el anterior a algún número conocido).

A continuación vamos a ver qué pasaría si cada gato enfermo contagiara a tres gatos, en lugar de a dos.

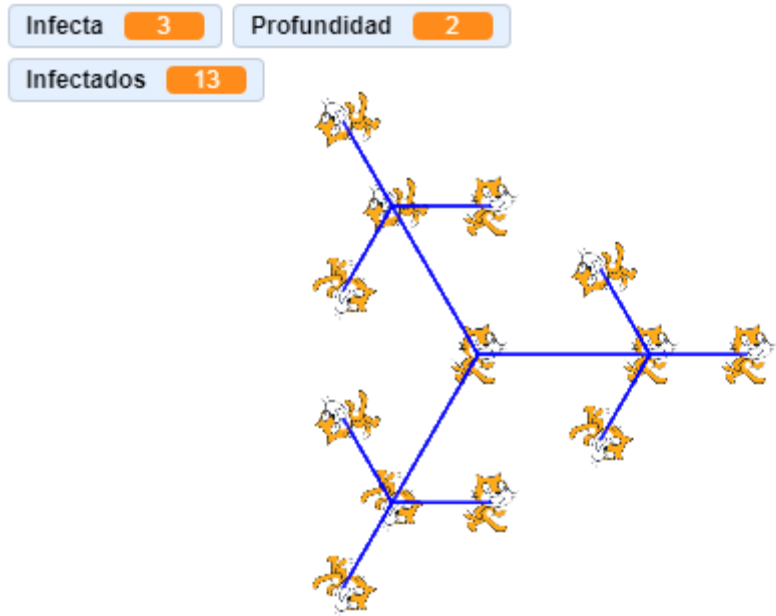
2. CADA GATO ENFERMO INFECTA A TRES GATOS

Ahora ya sabes leer los datos que da la simulación, así que ya no presento cada figura.

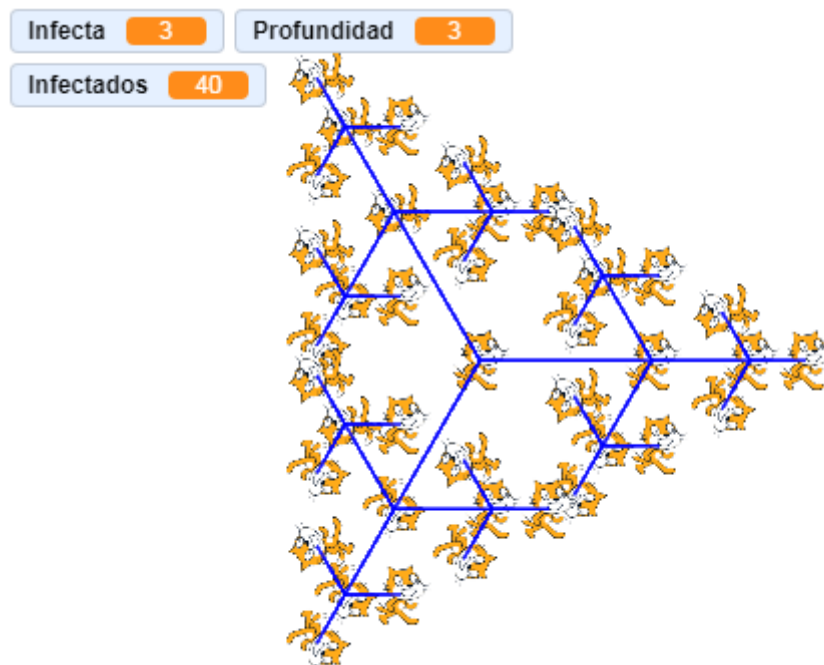


El primer gato enfermo ha contagiado a tres amigos o familiares, antes de confinarse en casa. Hay pues 4 gatos infectados.

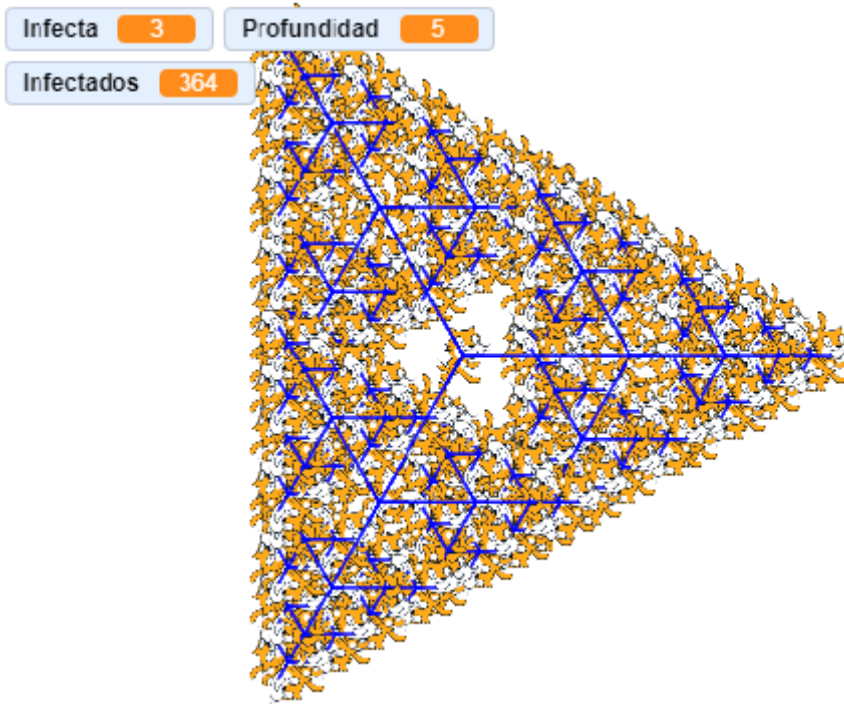
Si cada uno de los gatos de la figura anterior a su vez tiene contacto con sus amigos y familiares pasamos a la situación siguiente, con 13 infectados:



y si cada uno de estos 13 contagiados sigue una vida normal, propaga aún más la enfermedad, ¡y ya tenemos 40!



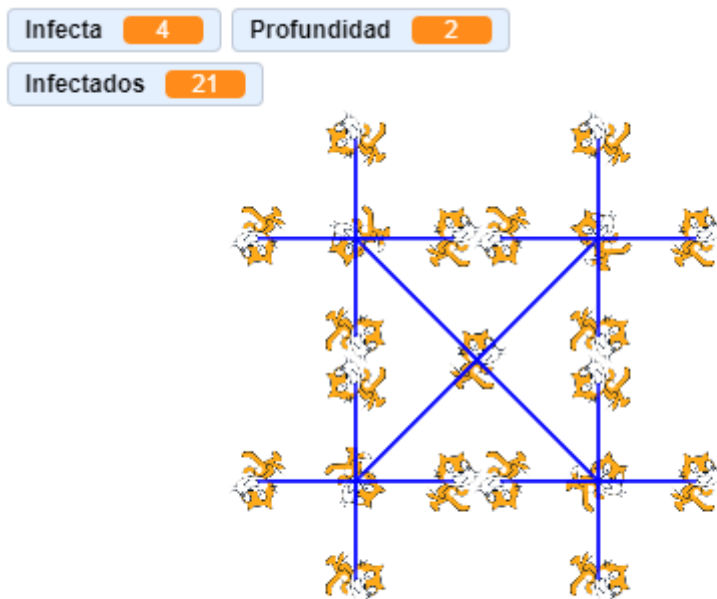
y, si siguen viendo a amigos y familiares, tendremos 364 gatos enfermos:



Terminamos con un ejemplo para el caso 4 y otro del caso 5.

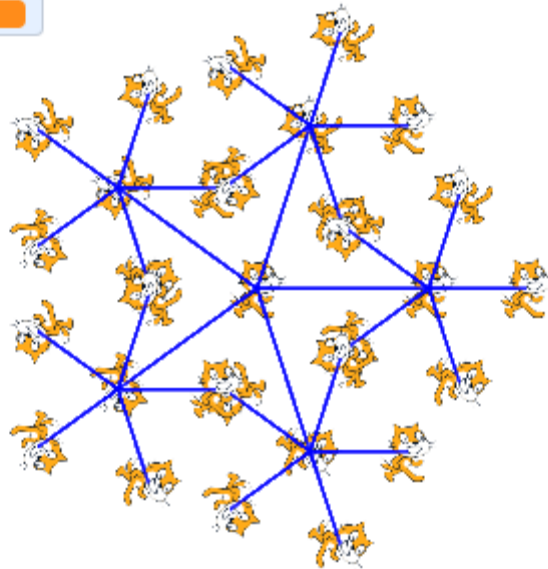
Reto 2: Como verás, si el gato es muy sociable, la propagación es mucho más rápida. Compara los gatos infectados para profundidad 2 en los casos de que cada gato infecta a 2, 3, 4 o 5 gatos.

3. CADA GATO ENFERMO INFECTA A CUATRO GATOS



4. CADA GATO ENFERMO INFECTA A CINCO GATOS

Infecta **5** Profundidad **2**
Infectados **31**



APÉNDICE:

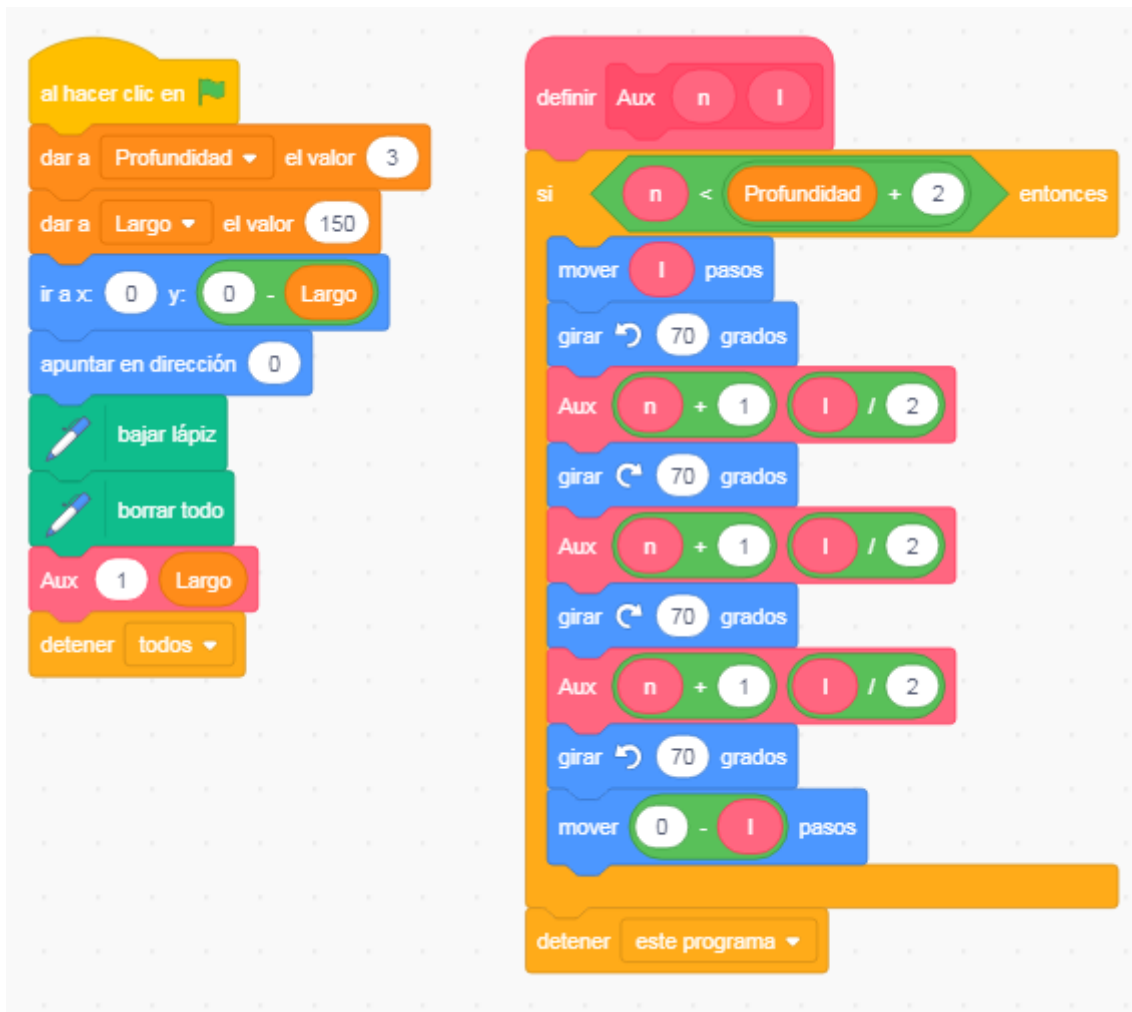
Aquí tienes los procedimientos en *Scratch 3* que generan las figuras anteriores.

- 1) Árbol de dos ramas, profundidad y longitud del primer trazo cualesquiera:

```
al hacer clic en
dar a Profundidad el valor 3
dar a Largo el valor 125
ir a x: 0 y: 0 - Largo
apuntar en dirección 0
bajar lápiz
borrar todo
Aux 1 Largo
detener todos

definir Aux n l
si n < Profundidad + 2 entonces
  mover l pasos
  girar 45 grados
  Aux n + 1 l / 1.75
  girar 90 grados
  Aux n + 1 l / 1.75
  girar 45 grados
  mover 0 - l pasos
detener este programa
```

2) Árbol de tres ramas, profundidad y longitud del primer trazo cualesquiera:



3) Programa de propagación de la enfermedad.

The image shows a Scratch script for a disease propagation simulation. The script is organized into two main sections: initialization and the main simulation loop.

Initialization Section:

- al hacer clic en** (when clicked):
 - dar a Infecta** el valor 3
 - dar a Profundidad** el valor 5
 - dar a Largo** el valor 150
 - BP** (set background picture)
 - esconder** (hide)
 - sellar** (lock)
 - subir lápiz** (raise pencil)
 - ir a x:** 0 **y:** 0
 - dar a Infectados** el valor 0
 - Aux** 1 **Largo** **Infecta**
 - detener todos** (stop all)

Main Simulation Loop:

- definir** Aux n l ve
- si** $n < \text{Profundidad} + 2$ **entonces**
 - si** $n = 1$ **entonces**
 - subir lápiz**
 - si no**
 - bajar lápiz**
 - mover** l **pasos**
 - dar a Infectados** el valor $\text{Infectados} + 1$
 - sellar**
 - girar** $180 - 180 / \text{ve}$ **grados**
 - repetir** ve
 - Aux** $n + 1$ **l** 1.75 **ve**
 - girar** $360 / \text{ve}$ **grados**
 - girar** $360 / \text{ve} + 180 - 180 / \text{ve}$ **grados**
 - si** $n = 1$ **entonces**
 - subir lápiz**
 - si no**
 - bajar lápiz**
 - mover** $0 - l$ **pasos**
- detener este programa** (stop this program)

Reto 3: Ejecuta el programa anterior con unos valores como los de la última figura. Verás como el contador de infectados crece según se realiza el dibujo. ¡Impresiona!

Reto 4: Si intercalas en el último programa un



Inmediatamente después del “Sellar” suena un tambor cada vez que un nuevo gato se contagia.

CONCLUSIÓN

Ya sabes lo que hay que hacer, aunque sea duro: ¡YO TAMBIÉN ME QUEDO EN CASA!

ⁱ Soy profesor del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas en la Facultad de Educación de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) y miembro del Instituto de Matemática Interdisciplinar de la UCM. Mi email es: eroanes@ucm.es