

Miniproyecto 1

Uriel Alejandro Lara Estrada

1. Modelado de un incendio forestal usando autómatas celulares

Para este modelo, tomándolo como un sistema excitable, cada celda debería comenzar en estado de reposo, es decir, como un parche de árboles sin quemar, salvo uno que representa la perturbación inicial y comienza en estado excitado.

Ahora, un parche enciende a sus vecinos con una probabilidad p que depende de la sequedad y distancia entre árboles.

$$p = f(d)g(s)$$

Donde f es una función creciente de la sequedad y g una función decreciente de la distancia entre árboles. De este modo, a medida que la sequedad aumenta, p aumenta, y a medida que la distancia aumenta, p disminuye.

Aunque no hay una forma directa de medir la "sequedad", la humedad se mide a manera de porcentaje, por lo que simplemente definimos $d = 1 - h$ donde h es la humedad relativa. Por simplicidad, en la simulación decidí variar directamente a d con un deslizador, y no a h . Tomando como referencia el modelo de Freire y DaCamara, 2019, en este punto busco poder expresar a p como producto de dos porcentajes, y d ya es uno, así que $f(d) = d$, por lo que me gustaría expresar a $g(s)$ como otro.

Para esto, pensé en e^{-s} o $\frac{1}{1+s}$. Ambas toman valores pequeños mientras el valor de s aumenta, aunque dado que no encuentro manera de justificar esa forma para g , me parece más apropiado tomar otra ruta. En este caso, al aumentar la distancia entre árboles, disminuye la densidad de estos, y la densidad ya representa un porcentaje. En este caso, la densidad no representará cuantas celdas inician en estado de reposo, sino que será un valor implícito en la probabilidad de propagar el fuego a las celdas vecinas. De este modo,

$$p = d * k$$

donde k representa la densidad de árboles.

Para esta primer versión del modelo, mi código se encuentra en el archivo "Fire.v1.nlogo". Dado que no hay un valor explícito para s en esta versión, ajusté las repeticiones para encontrar un k_c que sirviera de referencia. Utilizando el analizador de comportamiento de NetLogo, realicé 3100 simulaciones variando los valores de la densidad entre 5.0 y 8.0, pues de variaciones manuales deduje que el umbral se encontraba en ese intervalo. A partir de los datos arrojados construí la siguiente gráfica:

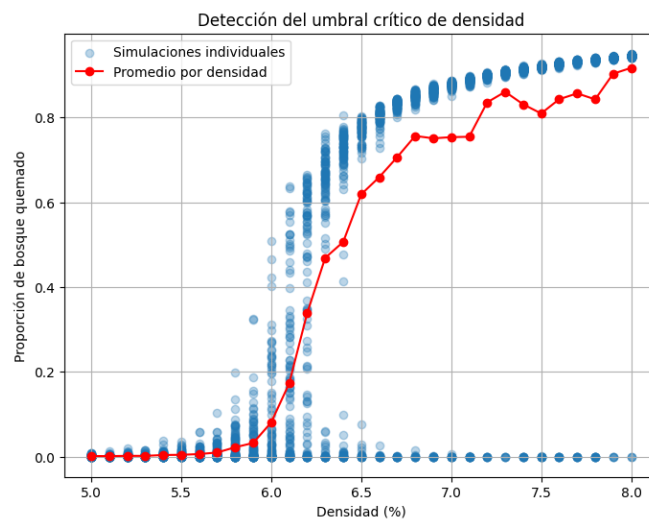


Figura 1: Umbral crítico de densidad

Para la simulación se fijó el valor de sequedad a 1.0. De la gráfica podemos observar que la caída comienza cuando la densidad baja del 6.3 %, y por debajo del 6 %, la proporción quemada del bosque se vuelve muy baja, por lo que ubicaría $k_c \in [6.0, 6.3]$.

En este primer intento, la variable k (densidad) no está descrita explícitamente en términos de la separación s , por lo que se vuelve complicado dar un valor para s_c . Para dar un valor de s_c es necesario que p dependa explícitamente de s .

Segunda versión

En esta segunda versión traté de hacer que la probabilidad dependiera explícitamente de la distancia. Sin alguna referencia que me ayudara a determinar una función para el crecimiento, me decanté por usar e^{-s} , para que la probabilidad disminuya más rápidamente al aumentar s . Así, en esta versión del archivo Fire_v2,

$$p = d * e^{-s}$$

Haciendo ajustes manuales, encontré que el umbral crítico $s_c \in (2.5, 2.8)$. Fijando el valor de sequedad a 1, se volvió a realizar la simulación para encontrar en la gráfica un valor aproximado para s_c . En esta segunda versión,

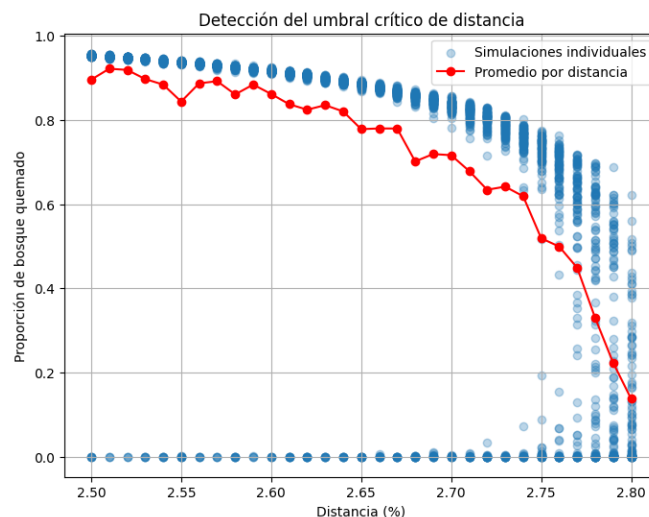


Figura 2: Umbral crítico de separación

podemos ubicar el umbral crítico s_c cerca de 2.79.

Para explorar como afecta la conectividad entre parches a propagar el estímulo, realicé una última versión (Fire_v3), en la que simplemente cambié de vecindades de 4 a 8 vecinos. Con ajustes manuales pude notar un incremento en el umbral crítico que comprobé con simulaciones, recogiendo los resultados en la figura 3.

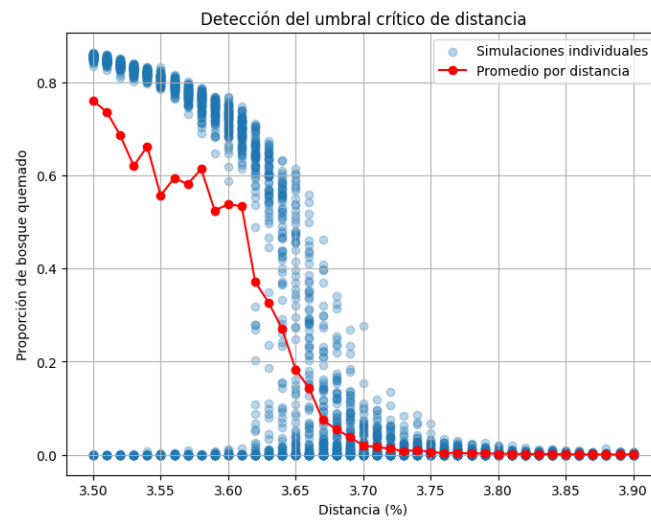


Figura 3: Vecindades de 9 parches

En este caso, podemos ubicar el umbral crítico $s_c \in (3.65, 3.7)$. En relación con los sistemas excitables, nos encontramos que mientras más parches estén conectados en una misma vecindad, más fácil es para el estímulo propagarse y excitar a los parches vecino.

Referencias

Freire, J. G., & DaCamara, C. C. (2019). Using cellular automata to simulate wildfire propagation and to assist in fire management. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 19(1), 169-179. <https://doi.org/10.5194/nhess-19-169-2019>