

(1) Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile

(2) Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile

Resumen

Un sistema complejo en que la dinámica se da sólo bajo una condición extrema, es llamado crítico. Si en cada instante de tiempo el sistema tiene propiedades internas (y no externas, como la gravedad) que encaminan la dinámica, el sistema se dice autorganizado. Un sistema con ambas propiedades se dice que presenta criticalidad autorganizada. En el siguiente trabajo se pretende mostrar la criticalidad autorganizada como factor preponderante en el fenómeno de las avalanchas.

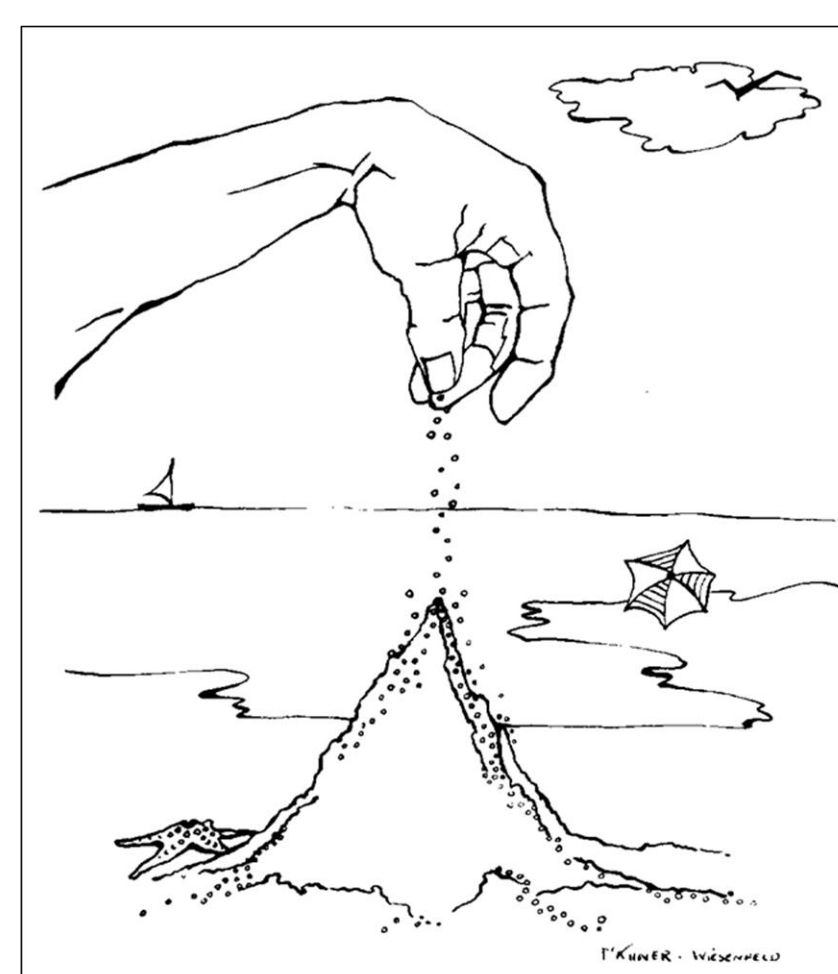


Fig. 1.- Criticalidad autorganizada: ¿cuánto se puede forzar un sistema hasta que su naturaleza desencadene una dinámica?

Introducción

Las avalanchas son procesos naturales por los que un sistema geológico vuelve a un equilibrio estable luego de que un peso añadido a uno o varios puntos (por ejemplo, debido a lluvias) supera el umbral crítico que puede soportar. El modelo de pila de arena^[1] propuesto por Bak, Tang y Wiesenfeld muestra una de las formas en que el sistema regresa a un equilibrio.



Fig. 2.- Modelo de pila de arena: el cono puede crecer tanto como sus propiedades internas le permitan soportar su propio peso.

Se usará este modelo para obtener posibles pasos de avalanchas en un sistema en que la criticalidad está dada por la orografía de la región de estudio. En particular, se probará sus resultados en un entorno del Cajón del Maipo, zona estudiada por avalanchas de barro ocurridas en sus ríos y quebradas, con la esperanza de poder aplicarlo a otros tipos de avalanchas.

Método

En una matriz, el modelo de pila de arena propone tener un valor crítico fijo k común a todas sus celdas. Si $z(x,y)$ representa el peso en la celda (x,y) , cuando $z(x,y) > k$ el arreglo se actualiza según:

$$\begin{aligned} z(x,y) &\rightarrow z(x,y) - 4 \\ z(x \pm 1,y) &\rightarrow z(x \pm 1,y) + 1 \\ z(x,y \pm 1) &\rightarrow z(x,y \pm 1) + 1 \end{aligned}$$

y manteniendo $z(x,y) = 0$ en el borde.

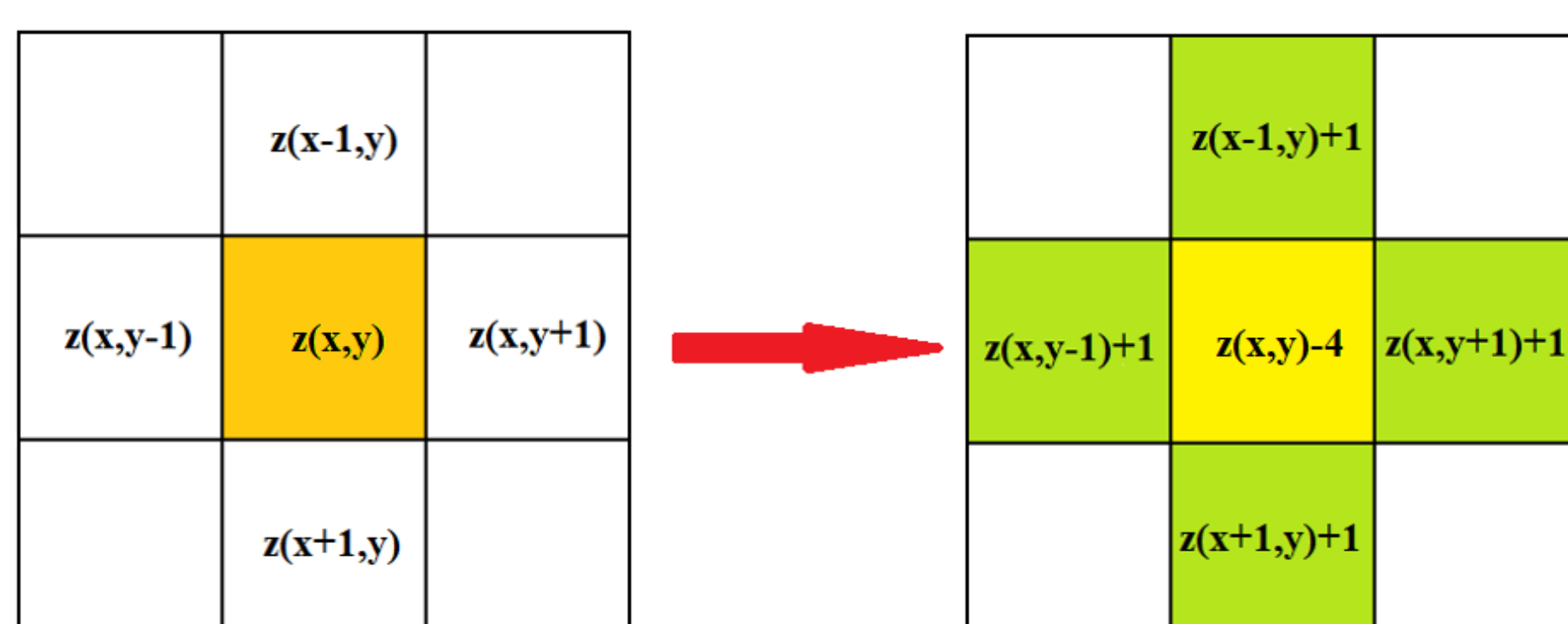


Fig. 3.- Una iteración a partir de una celda en que se supera el valor k .

Resultados

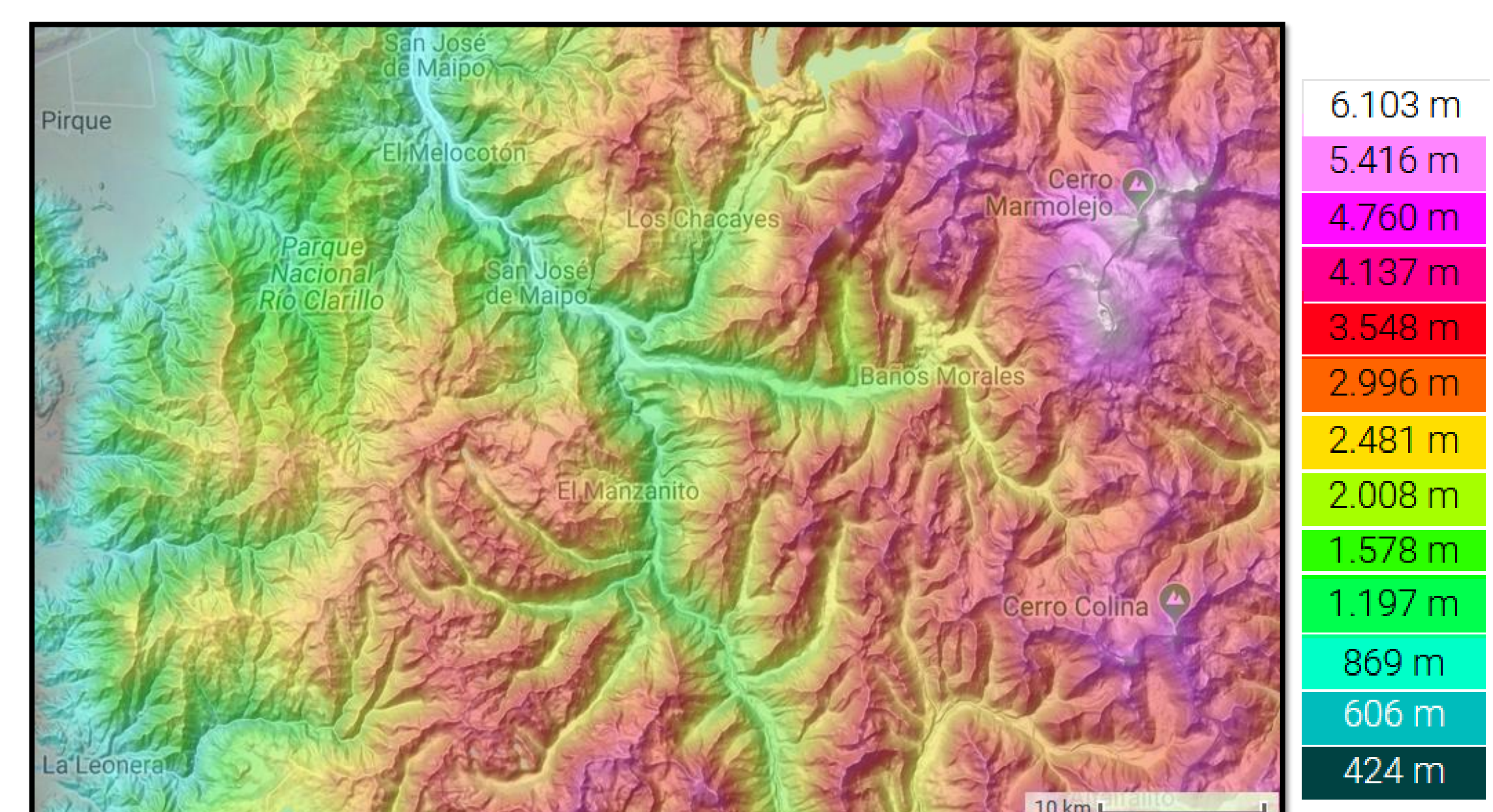


Fig. 4.- Relieve de Cajón del Maipo y alrededores.

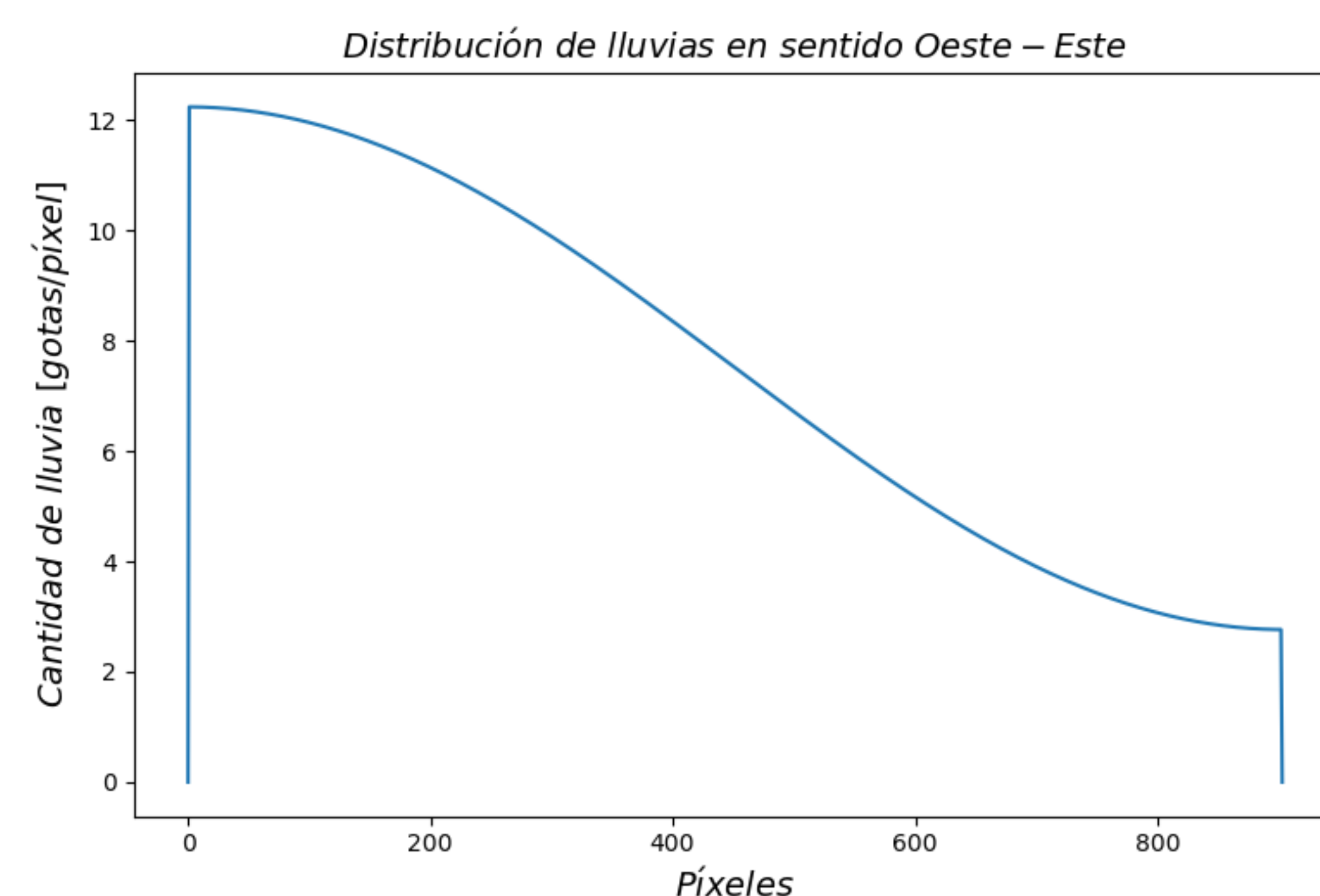


Fig. 5.- Un tiempo de lluvia con distribución acorde al promedio anual^[2].

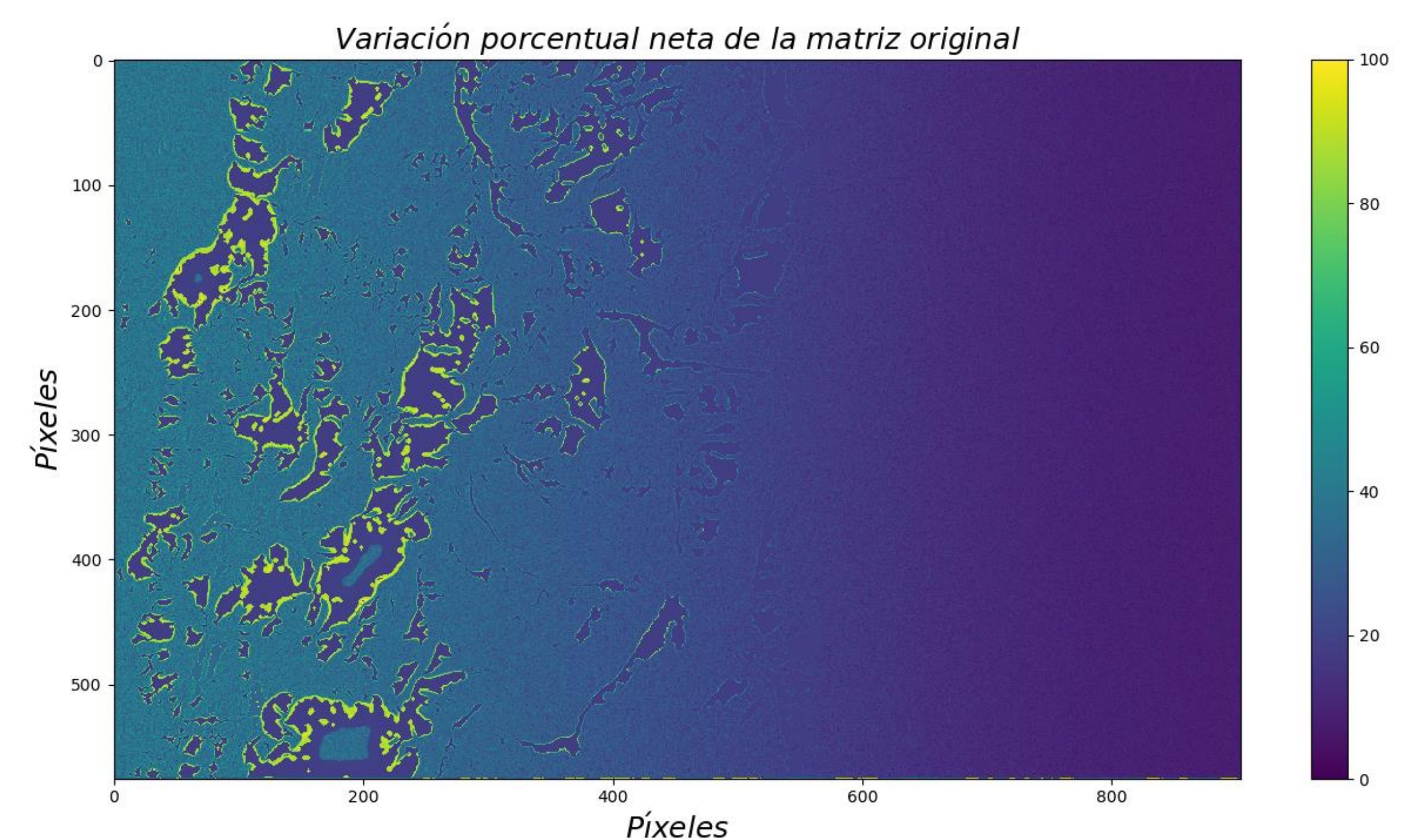


Fig. 6.- Paso neto de material luego de 15 tiempos de lluvia en Cajón del Maipo. Zonas de borde amarillo representan pasos de avalanchas.

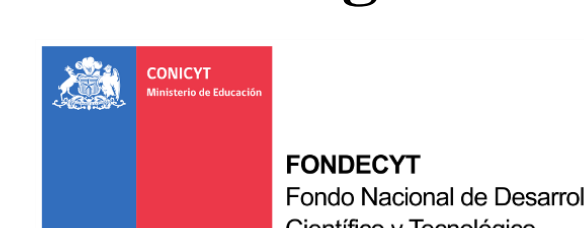
Conclusiones

Aunque el modelo de pila de arena sobresimplifica el fenómeno de avalancha, es consistente con lo que la intuición indica. Un aspecto que no considera es la variabilidad del valor k , lo que numéricamente complejiza el algoritmo y acota los alcances de la simulación. No obstante, este esquema ha sido capaz de modelar el paso de una avalancha en la zona central del país, abriendo nuevas posibilidades de modelamiento de esta compleja situación geológica con un método sencillo, el que podría generar advertencias de manera oportuna y a bajo costo computacional.

Referencias

- [1] Bak P., Tang C., Wiesenfeld K. (1987) *Self-Organized Criticality: An Explanation of 1/f Noise*.
[2] SAG, Informe 1 Estudio Climático.

Agradecimientos



Este trabajo fue desarrollado con el apoyo de FONDECYT, Proyecto 11160452.