**XXIII Simposio Chileno de Física**
Chile,22-24 noviembre 2022 Sistemas No Lineales y Física Matemática

# Transición de fase en la extensión del automata celular Q2R-Potts

Jim Tortella Gana[1*], Felipe Urbina[2†], Felix Borotto [1]

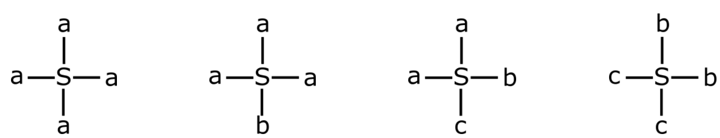
[1]Departamento de Física, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
[2] Vicerrectoría de Investigación, Universidad Mayor, Santiago, Chile.
∗jtortella2017@udec.cl, †felipe.urbina@umayor.cl

## Introducción

Esta investigación trata de una extensión del autómata celular llamado Q2R que fue propuesto por Vichniac en la década de los 80´s [1] para estudiar el modelo de Ising en dos dimensiones. Aquí, presentaremos la dinámica del automata celular Q2R-Potts [2], el cual, es una representación del clásico modelo de Potts para $q = 3$ estados. Este modelo presenta características propias de los sistemas físicos, como por ejemplo: una regla determinista, una dinámica reversible, y conserva una cantidad análoga a la energía $E$. Para esto, hemos utilizado simulaciones numéricas y herramientas de la mecánica estadística, para construir un diagrama de fase y así cuantificar el valor de la energía crítica del sistema, $E_c$, cuya dinámica desarrolla una transición de fase.

## El modelo Q2R-Potts

El autómata celular Q2R-Potts, consiste de un arreglo de tamaño $L = N \times N$ celdas, donde cada celda representa un estado $\sigma_i$ el que puede tomar un valor discreto entre tres posibles ($\sigma_i = a,\ b$, ó $c$). Se considera una vecindad de interacción de 4 vecinos, en la cual si el estado central es $s$, interactúan según la regla de evolución en Fig.[1].




(a) (b) (c) (d)

**Figura 1:** ***Regla de evolución:*** *El estado $s$ evoluciona a $s'$ según: i) En (a) y (b) tenemos que el estado $s' = s$. ii) En (c) y (d) vamos a distinguir tres subcasos. Si $s = a$, entonces $s' = s$. En el caso que $s = b$ $(c)$ tendremos que $s' = c$ $(b)$.*

## Cantidades conservativas y no conservativas

Para caracterizar la dinámica del modelo se define la cantidad conservativa llamada Energía[2]:

$$E = -\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{L}\sum_{j\in V_i}\delta_{\sigma_i\sigma_j} \qquad M(t) = \sum_{p=0}^{2} e^{i\theta_p} n_p(t).$$

donde $\delta_{\sigma_i\sigma_j}$ corresponde a la delta de Kronecker, $\sigma_i$ representa un estado central $(s)$ y $\sigma_j$ los estados vecinos. En la energía se tiene que $\delta_{\sigma_i\sigma_j} = 1$ para $\sigma_i = \sigma_j$, y cero para cualquier otro caso. Por otro lado, la variación en el tiempo será caracterizada por la Magnetización $M(t)$, donde $\theta$ es un ángulo que determina la dirección de $q = 3$ estados igualmente espaciados: $\theta_p = \frac{2\pi p}{3},\ p = 0,\ 1,\ 2$.

# Referencias

[1] *Gérard Y. Vichniac.* Simulating physics with cellular automata. Physica D: Nonlinear Phenomena, 10(1-2):96 - 116, 1984.

[2] *Y. Pomeau and G. Y. Vichniac.* Extensions of Q2R: Potts model and other lattices. 1988 J. Phys A: Math. Gen 21 3297.