

Dinámica acoplada de nodos y enlaces: un modelo para competición de lenguas.

Raúl Toral¹, Adrià Carro² and Maxi San Miguel¹

¹IFISC(CSIC-UIB), Instituto de Física Interdisciplinar y Sistemas Complejos,
Campus Universitat de les Illes Balears, 07122-Palma de Mallorca, Spain

²Institute for New Economic Thinking at the Oxford Martin School,
University of Oxford, Oxford, United Kingdom

Inspirados por los procesos de competencia lingüística, presentamos un modelo de evolución acoplada de nodos y estados de enlace. En particular, nos centramos en la interacción entre el uso de una lengua y la preferencia o actitud de los hablantes hacia ella, que modelamos, respectivamente, como una propiedad de las interacciones entre hablantes (un estado propio del enlace) y como una propiedad de los hablantes (un estado propio del nodo). Limitamos nuestro estudio al caso de dos lenguas socialmente equivalentes que denominamos A y B y consideramos topologías de redes que tienen una motivación social y están basadas en un mecanismo de cierre triádico (interacciono con los amigos de mis amigos). Por un lado, cada hablante i , con k_i vecinos en su red de interacciones, está caracterizado por una preferencia $x_i \in (0, 1/k_i, 2/k_1, \dots, 1)$ por la lengua A (y una preferencia $1 - x_i$ por la lengua B). Por otro lado, cada interacción entre los hablantes puede tener lugar en uno de los dos idiomas, de manera que cada enlace existente $i - j$ viene caracterizado por una variable binaria S_{ij} que toma el valor $S_{ij} = 1$ si el idioma hablado es A o $S_{ij} = 0$ si es B. El ingrediente esencial del modelo es una dinámica asíncrona pero acoplada entre los nodos y los enlaces. Suponemos que (i) la comunicación entre dos hablantes tiende a ser en la lengua mayormente hablada por ambos en sus conversaciones con otros hablantes y (ii) los hablantes tienden a usar la lengua por la que tienen una mayor preferencia. El primer ingrediente se modela mediante la introducción para cada enlace $i - j$ de la presión F_{ij}^A sobre la lengua A definida como la fracción de la lengua usada por ambos hablantes con sus respectivos vecinos:

$$F_{ij}^A = \frac{k_i^A + k_j^A - 2S_{ij}}{k_i + k_j - 2},$$

siendo k_i^A el número de vecinos de i con los que usa la lengua A. Por otro lado, la preferencia P_{ij}^A en el uso en el enlace de una lengua u otra se mide mediante una función no lineal de las preferencias de cada uno de los hablantes:

$$P_{ij}^A = \frac{x_i x_j}{x_i x_j + (1 - x_i)(1 - x_j)}.$$

El lenguaje hablado en $S_{ij} = 1$ si $F_{ij}^A > P_{ij}^B$ o $S_{ij} = 0$ si $F_{ij}^A < P_{ij}^B$. El último ingrediente es la evolución de la preferencia x_i del hablante i hacia el idioma más hablado por sus vecinos entre sí (modelando así un elemento de presión social). De manera que si T_i es el número total de enlaces entre los vecinos del nodo i y T_i^A es el número de esos enlaces que se dan en la lengua A entonces

$$\begin{aligned} \text{Prob}\left(x_i \rightarrow x_i + \frac{1}{k_i}\right) &= \frac{T_i^A}{T_i}, \text{ if } x_i \neq 1, \\ \text{Prob}\left(x_i \rightarrow x_i - \frac{1}{k_i}\right) &= 1 - \frac{T_i^A}{T_i}, \text{ if } x_i \neq 0. \end{aligned}$$

A diferencia de la mayoría de la literatura anterior, donde la extinción del lenguaje es un resultado inevitable de la dinámica, encontramos una amplia gama de posibles configuraciones asintóticas, que clasificamos como: estados de extinción congelados, estados de coexistencia congelados y estados de coexistencia atrapados dinámicamente. Además, son muy comunes los estados de coexistencia metaestable con tiempos de supervivencia muy largos y que muestran una dinámica no trivial. Es relevante que un análisis de escalamiento con el tamaño del sistema muestra, por un lado, que la probabilidad de extinción de una lengua decrece exponencialmente al aumentar el tamaño del sistema y, por otro lado, que la escala típica temporal de supervivencia de los estados metaestables dinámicos no triviales aumenta linealmente con el tamaño del sistema. Así, la coexistencia dinámica no trivial es el único resultado posible para sistemas suficientemente grandes. Finalmente, se muestra cómo esta coexistencia se caracteriza porque una de las lenguas se hace claramente predominante mientras que la otra se vuelve cada vez más confinada a estructuras tipo gueto: pequeños grupos de hablantes bilingües dispuestos en triángulos, con una fuerte preferencia por la lengua minoritaria y que la utilizan para sus interacciones intragrupo mientras que cambian a la lengua predominante para las comunicaciones con el resto de la población.

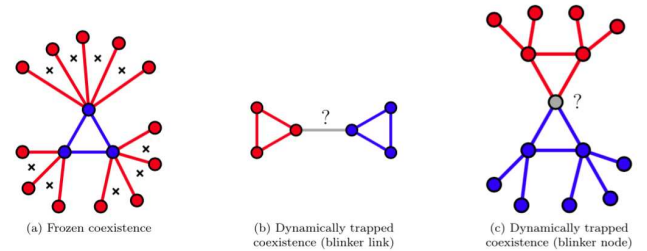


Figure 1: Ilustración esquemática del tipo de motivos estructurales que caracterizan las diferentes configuraciones asintóticas. El uso de las dos lenguas está representado, respectivamente, por enlaces rojos sólidos y enlaces azules discontinuos, mientras que las preferencias de los hablantes están representadas por colores de nodos que van desde el rojo al azul a través del blanco. El color gris se utiliza para representar situaciones parpadeantes o indecisas. Las cruces indican la inexistencia de un enlace.

[1] A. Carro, R. Toral, M. San Miguel, New Journal of Physics **18**, 113056 (2016).