

# PROPUESTA DE RED COMPLEJA PARA EL ANÁLISIS DE LA COBERTURA EDUCATIVA TERRITORIAL Y DE LA COMPLEMENTARIEDAD URBANO-RURAL DE LOS RECURSOS PÚBLICOS EDUCATIVOS.



Presentado en EXIDO 22 (2022).

Óscar Luis Alonso Cienfuegos<sup>1</sup>

Ana Isabel Otero Sánchez<sup>2</sup>

## RESUMEN

En este artículo utilizaremos el enfoque y metodología de las redes complejas para analizar la distribución territorial de la oferta pública de enseñanza secundaria en Asturias, basándonos en los distintos núcleos poblacionales, que son los distintos nodos de la red, y los servicios educativos que los pueden conectar. Esta propuesta inicial servirá de base para la incorporación futura de la red en un sistema complejo socio tecnológico que nos permita analizar la dinámica territorial y la complementariedad urbano-rural de la región. La educación es un servicio básico y la enseñanza secundaria forma a futuros universitarios y trabajadores que deberán tomar en breve una decisión sobre su modo de vida. Un sistema de oferta educativa más equilibrado desde el punto de vista territorial podría conseguir un mayor arraigo de los alumnos en su territorio, por lo que un sistema alternativo al actual puede ser considerado. Para ello debemos analizar la estructura de este, basado en la educación presencial en unos pocos centros ubicados en cabeceras comarcales, que considerado como una red compleja sigue un modelo de red libre de escala.

**Palabras clave:** Red compleja, oferta pública de educación secundaria, medidas de estructura de red, análisis topológico.

---

<sup>1</sup> Universidad Internacional de La Rioja (UNIR). [oscarluis.alonso@unir.net](mailto:oscarluis.alonso@unir.net); [o.alonsocienfuegos@gmail.com](mailto:o.alonsocienfuegos@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidad Internacional Isabel I de Castilla. [anaisabel.otero@ui1.es](mailto:anaisabel.otero@ui1.es); [anabeloterosan@gmail.com](mailto:anabeloterosan@gmail.com)

## **ABSTRACT**

In this article we will use the approach and methodology of complex networks to analyze the territorial distribution of the public offer of secondary education in Asturias, based on the different population centers, which are the different nodes of the network, and the educational services that can connect them. This initial proposal will serve as a basis for the future incorporation of the network into a complex socio-technological system that will allow us to analyze the territorial dynamics and the urban-rural complementarity of the region. Education is a basic service and secondary education trains future university students and workers who will soon have to make a decision about their way of life. A more territorially balanced system of educational supply could achieve a greater rooting of students in their territory, so an alternative system to the current one could be considered. To this end, we must analyze the structure of this system, based on face-to-face education in a few centers located in county capitals, which, considered as a complex network, follows a scale-free network model.

**Keywords:** Complex network, public offer of secondary education, network structure measures, topological analysis.

## **INTRODUCCIÓN**

Definiremos una estructura de red compleja que considere como nodos las unidades de población diseminadas en un territorio concreto, para describir las interacciones entre dichos nodos en términos de un residente que utilice los servicios públicos de educación secundaria, que se ubican en algunos de ellos.

Esto permitirá sentar las bases para poder realizar posteriormente un análisis de las propiedades emergentes, inherentes a cualquier sistema complejo, que podremos usar para verificar la idoneidad o no de ciertas pautas de gestión del territorio. Consideraremos

los recursos educativos públicos que las administraciones públicas utilizan para cubrir las necesidades educativas de un territorio concreto.

Varios son los autores que han utilizado el enfoque de redes complejas para analizar la estructura territorial de aspectos o variables que permiten establecer conexiones entre distintos pueblos o ciudades repartidos espacialmente en territorios concretos como Wang et al. (2011), De Montis et al. (2010), Schintler et al. (2005) o Liu et al (2020). El análisis de la validez del enfoque de la complejidad para estudiar distintos aspectos del sistema educativo ha sido abordado también por distintos autores como Lemke y Sabelli (2008), Jacobson (2015), Jacobson et al (2019) o Mason (2008).

Nuestra propuesta utiliza un enfoque basado en una combinación de las líneas de investigación propuestas por los autores anteriores, definiendo una red compleja cuyos nodos son los pueblos y ciudades distribuidos espacialmente y considerando algunos aspectos del sistema educativo como un sistema complejo para intentar comprender sus propiedades, características y funcionamiento.

## **CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE RED**

Los nodos se determinan por las unidades poblacionales, es decir los núcleos de población definidos por el nomenclátor en las bases de datos de estadísticas oficiales (Instituto Nacional de Estadística). Pueblos y ciudades configuran las acumulaciones de población con una estructura histórica y socioeconómica claramente definida.

$$\text{Número de unidades poblacionales (N)} = 6942$$

Consideraremos que existe un enlace cuando entre dos poblaciones se da una situación en la que una de ellas ofrece un servicio educativo de educación secundaria y cualquier potencial alumno residente en otra y que cumpla los requisitos administrativos necesarios pudiese optar a matricularse y cursar sus estudios en el centro correspondiente si lo deseara, siempre que la distancia lo permitiera.

Una vez hayamos planteado la red analizaremos sus propiedades estructurales y topología, para su análisis, incluyendo un contraste estadístico para verificar si existe similitud con una topología ajustada a una ley de potencias, propia de las redes libres de escala, que nos permita aproximar su funcionamiento.

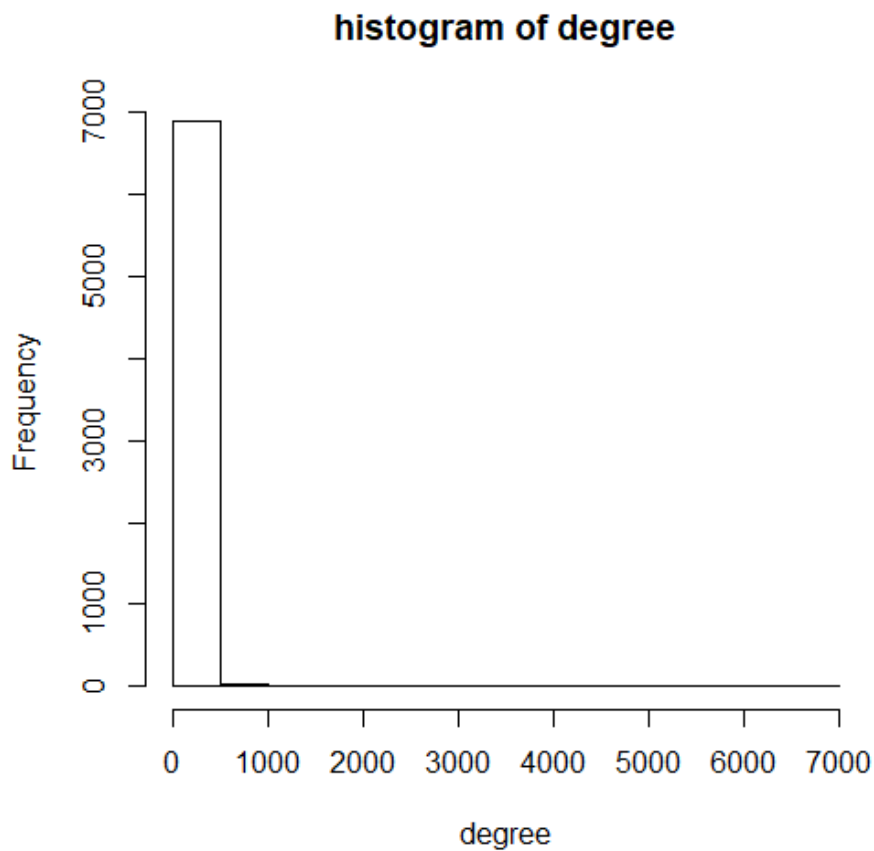
La fuente de información estadística de la que se han obtenido los datos es el Instituto Nacional de Estadística de España (INE). Para la construcción y el análisis de la red compleja propuesta se ha utilizado "R".

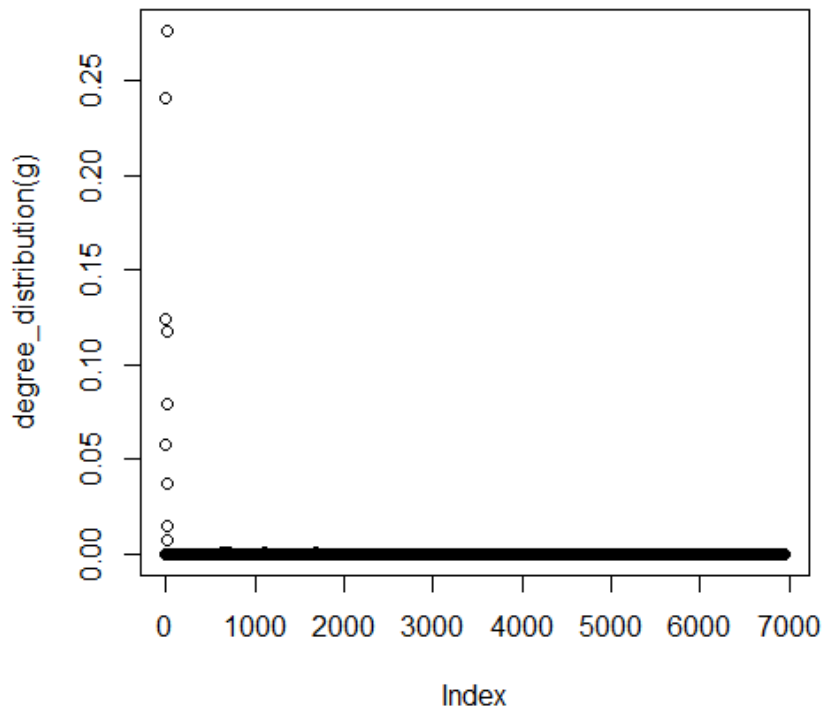
**Tabla 1. Indicadores de la red.**

Número vértices	Número Enlaces	Densidad	Grado medio	Coefficiente clustering global (transitividad)	Longitud promedio caminos	Diámetro
6942	43630	0.001810959	12.56986	0.007193096	1.998204	2

**Fuente: Elaboración propia**

**Figuras 1 y 2. Distribución de grado.**





**Fuente:** Elaboración propia

### **ANÁLISIS DE LA TOPOLOGÍA DE LA RED. COMPARACIÓN ESTADÍSTICA ENTRE LA RED OBSERVADA Y REDES ALEATORIAS.**

En principio nuestra red presenta unos pocos nodos altamente conectados y el resto con una conexión baja, por lo que se esperan similitudes con una red libre de escala. La topología propia de estas redes es la que tiene una distribución de grado que se ajusta a una ley de potencias, en vez de una ley exponencial, más propia de redes de tipo Small World, o una ley de Poisson, propia de redes Erdős- Renyi.

**Topología Ley de Potencias:**  $P(k) = Ck^{-\gamma}$

**Topología Exponencial:**  $P(k) = Ce^{-\alpha k}$

**Topología de Poisson:**  $P(k) = e^{-z} \frac{z^k}{k!}$

Para nuestro análisis realizaremos un ajuste del conjunto de datos para simular una red libre de escala y compararemos los datos originales con dicho ajuste, para verificar, mediante un contraste estadístico, si estos siguen o no una ley de potencias.

El ajuste se realiza por el método de máxima verosimilitud. La prueba de Kolmogorov-Smirnov que compara la distribución ajustada con el vector de entrada tiene un estadístico de prueba de 0.005755396. Valores bajos del mismo denotan mejor ajuste, como en este caso.

La hipótesis nula planteada en el contraste considera que los datos originales podrían haberse extraído de la distribución ajustada a la ley de potencias. En nuestro caso se obtiene un p-valor de 0.9753968, cuando se necesitaría que fuese menor de 0.05 para poder rechazar la hipótesis nula.

## **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

Los resultados indican de forma clara un comportamiento propio de una red libre de escala, es decir unos pocos “hubs” o nodos con altas conexiones son la característica fundamental de la estructura y la topología de la red que subyace en la distribución de los servicios públicos educativos en el territorio de referencia. Un desarrollo en el territorio más equitativo y con una menor incidencia en los núcleos más urbanos en favor de las zonas rurales, podría ser contemplado, ya que la situación actual tiene una tendencia a centralizar en unos pocos núcleos poblacionales, cabeceras de comarca, la actividad educativa. Si se actuase complementando la oferta existente del modelo actual, aprovechando las ventajas posibles de la formación online, no presencial y de la creación de más centros con internado en los casos en los que las materias requieran presencialidad obligada se obtendría una red con otras características, que pudiese contribuir a un reequilibrio territorial.

Se podría considerar la posibilidad de una distribución espacial de los servicios básicos en su conjunto, dadas las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías, para lo que se necesita una profundización en la investigación multidisciplinar para su desarrollo. El reequilibrio territorial de un servicio básico y fundamental como es la educación, especialmente a la hora de fijar población en zonas rurales, podría evitar la fuga de talento joven y fomentar un mayor arraigo de los estudiantes en sus poblaciones de origen.

## **BIBLIOGRAFÍA**

De Montis, A., Chessa, A., Campagna, M., Caschili, S. and Deplano, G. (2010). Modeling commuting systems through a complex network analysis: A study of the Italian islands of Sardinia and Sicily. *Journal of Transport and Land Use*. Volume 2, No. 3/4 (Winter 2010), pp 39-55

Jacobson, M. J. (2015). Education as a complex system: Implications for educational research and policy. In B. A. Furtado, P. A. M. Sakowski, & M. H. Tóvolli (Eds.), *Modeling Complex Systems for Public Policies* (pp. 301-316). Brasilia, Brazil: IPEA.

Jacobson, M.J., Levin, J.A. and Kapur, M. (2019). Education as a Complex System: Conceptual and Methodological Implications. *Educational Researcher*, Vol. 48 (2), pp 112–119. DOI: 10.3102/0013189X19826958

Lemke, J. and Sabelli, N. (2008). Complex systems and educational change: Towards a new research agenda. *Educational Philosophy and Theory*, 40(1), 118–129. doi:10.1111/j.1469-5812.2007.00401.x

Liu, W., Hou, Q., Xie, Z. and Mai, X. (2020). Urban Network and Regions in China: An Analysis of Daily Migration with Complex Networks Model. *Sustainability*. 12(8):3208. <https://doi.org/10.3390/su12083208>

Mason, M. (2008) Complexity Theory and the Philosophy of Education. *Educational Philosophy and Theory*, 40:1, 4-18, DOI: 10.1111/j.1469-5812.2007.00412.x

Schintler, L.A., Gorman, S.P., Reggiani, A., Patuelli, R., Gillespie, A., Nijkamp, P., Rutherford, J. (2005). Complex Network Phenomena in Telecommunication Systems. *Networks and Spatial Economics* 5, pp 351–370 <https://doi.org/10.1007/s11067-005-6208-z>

Wang, J., Mo, H., Wang, F. and Jin, F. (2011). Exploring the network structure and nodal centrality of China's air transport network: A complex network approach. *Journal of Transport Geography*, Volume 19, Issue 4, pp 712-721