

AÑO 30 NO. ESPECIAL 13, 2025  
ENERO-JUNIO



AÑO 30 NO. ESPECIAL 13, 2025

ENERO-JUNIO



# Revista Venezolana de Gerencia



UNIVERSIDAD DEL ZULIA (LUZ)  
Facultad de Ciencias Económicas y Sociales  
Centro de Estudios de la Empresa

ISSN 1315-9984

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons  
Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported.  
[http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es\\_ES](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es_ES)

Como citar: Redroban-Ortiz, C., Matute-Petroche, J., Rivas-Tovar, L., y Torres-Maldonado, X. (2025). Redes aplicadas a procesos de formación en entidades fiscalizadoras superiores. *Revista Venezolana De Gerencia*, 30(Especial 13), 98-116. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.30.especial13.7>

Universidad del Zulia (LUZ)  
Revista Venezolana de Gerencia (RVG)  
Año 30 No. Especial 13, 2025, 98-116  
Enero-Junio  
ISSN 1315-9984 / e-ISSN 2477-9423



# Redes aplicadas a procesos de formación en entidades fiscalizadoras superiores

**Redroban-Ortiz, Carlos\***  
**Matute-Petroche, Jessica\*\***  
**Rivas-Tovar, Luis\*\*\***  
**Torres-Maldonado, Xavier\*\*\*\***

## Resumen

El objetivo del artículo es demostrar cómo la metodología de redes complejas sirve en procesos investigativos en cualquier nivel de formación educativa como una herramienta que se puede aplicar a estudios cuantitativos con alcance descriptivo. Para lograrlo, se analizaron Entidades Fiscalizadoras Superiores distribuidas en cerca de 200 países a nivel mundial. Los resultados permitieron describir la estructura topológica y comunitaria de estos organismos internacionales de fiscalización y control de la gestión pública. Se muestra que desde las propiedades mesoscópicas se puede comprender la estructura comunitaria y modularidad de la red de fiscalización; como también, desde las propiedades microscópicas, aplicando métricas de centralidad, son fácilmente identificables las organizaciones (nodos) más importantes de este sistema mediante conexiones por el tipo de entidad y modelo de control (enlaces) en función de ubicación a nivel mundial y/o regional. El estudio permitió demostrar la relevancia conceptual, metodológica y práctica al aplicarse la teoría de las redes complejas en un contexto nunca antes explorado con esta metodología, como fue el contexto de la fiscalización mundial.

**Palabras clave:** entidades fiscalizadoras superiores; redes complejas; procesos de formación.

**Recibido:** 24.02.25

**Aceptado:** 14.05.25

\* Profesor-Investigador de la Universidad Tecnológica ECOTEC, Samborondón, Ecuador. Doctor (c) en Administración de Empresas por la Pontificia Universidad Católica Argentina, MBA, MSC, MTIE, MDPCP. Email: [credrobano@ecotec.edu.ec](mailto:credrobano@ecotec.edu.ec), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0672-5323>

\*\* Profesora-Investigadora de la Facultad de Economía y Empresa de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador, MBA. Directora de Unidad Financiera de la Universidad. Email: [jessica.matute@cu.ucsg.edu.ec](mailto:jessica.matute@cu.ucsg.edu.ec), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4598-3026>

\*\*\* Profesor e Investigador Nacional nivel III CONAHCYT del Instituto Politécnico Nacional, México. Email: [larivast@ipn.mx](mailto:larivast@ipn.mx), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5186-9895>

\*\*\*\* Profesor de la Universidad Central del Ecuador. PhD en Administración Pública, Magíster en Ciencias Internacionales, Ingeniero Comercial, Abogado, Contralor General del Estado de la República del Ecuador período 2023-2028. Email: [xmtorres@uce.edu.ec](mailto:xmtorres@uce.edu.ec), ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5338-0449>

# Complex Networks Applied in Educational Formation Process: Analysis in Supreme Audit Institutions

## Abstract

The objective of the article is to demonstrate how the methodology of complex networks is useful in research processes at any level of educational training as a tool that can be applied to quantitative studies with descriptive scope. In order to achieve this, Supreme Audit Institutions distributed in nearly 200 countries worldwide were analyzed. The results made it possible to describe the topological and community structure of these international public management auditing and control bodies. It is shown that from the mesoscopic properties it is possible to understand the community structure and modularity of the audit network; as well as from the microscopic properties, applying centrality metrics, the most important organizations (nodes) of this system are easily identifiable through connections by type of entity and control model (links) according to their location at the global and/or regional level. The study made it possible to demonstrate the conceptual, methodological and practical relevance of applying the theory of complex networks in a context never before explored with this methodology, such as the context of global auditing.

**Keywords:** supreme audit institutions; complex networks; educational formation process.

## 1. Introducción

Weaver (1948), al exponer el contexto histórico de la complejidad, señalaba que antes de 1900, la ciencia trató principalmente problemas de simplicidad, donde se construían modelos sencillos y se planteaban hipótesis para analizar determinadas problemáticas. Luego la ciencia desarrolló una gama de herramientas que permitió modelar problemas con un gran número de variables aplicando métodos sobre todo econométricos, donde las estadísticas jugaban un papel fundamental en el análisis, al que los denominó problemas de complejidad desorganizada.

A finales de la década del noventa, con el auge del internet, la ciencia de las redes complejas se abrió paso en los procesos investigativos con dos artículos influyentes: “*Collective dynamics of ‘small-world’ networks*” de Duncan Watts y Steven Strogatz, donde formalizaron el concepto de redes de mundo pequeño; y “*Emergence of Scaling in Random Networks*” de Lászlo Barabási y Réka Albert, donde formalizaron el modelo de redes libre de escala (Barabási y Albert, 1999; Watts y Strogatz, 1998). Aunque Weaver (1948) no tuvo la oportunidad de constatar la aplicación de la metodología de redes complejas, años antes ya trató sobre los problemas de complejidad

organizada, donde el factor relacional entre los diversos factores y agentes de un sistema jugaba un papel fundamental en su análisis, por lo que recomendaba abordar problemas de complejidad organizada en el futuro.

Pese a que a lo largo del tiempo tanto el objeto de estudio como los métodos de investigación han experimentado cambios para una mayor científicidad, las diferentes disciplinas siguen desarrollando estudios con enfoques cuantitativos, cualitativos y mixtos, de los cuales, según el análisis de obras disponibles a través de Google Ngram, sobresalen los estudios mixtos. Estos resultados no son exclusivos para libros publicados, ya que Sánchez Gómez et al. (2025), en su artículo, realizan un análisis bibliométrico de una amplia muestra de artículos académicos en el campo de la educación, en el cual también sobresale el enfoque mixto.

En el siglo XXI, la ciencia de la complejidad se abrió paso en el contexto investigativo, pero con un aparente predominio en las ciencias duras, lo cual se refleja en los reconocimientos de científicos que han sido galardonados con los premios Nobel de Física o Química por estudios relacionados con la complejidad en el que el factor relacional de sus agentes ha sido fundamental y para explicarlo ha sido necesario el uso de la metodología de redes complejas (De Jorge, 2024; Manabe, 2023; Mulet, 2021).

Para cualquier nivel de formación, la estructura metodológica investigativa se centra en estudios experimentales o no experimentales, que pueden tener enfoques cualitativos, cuantitativos o mixtos, con alcances descriptivos, correlacionales, explicativos y/o exploratorios, con cortes transversales (en un período determinado de tiempo)

o longitudinales (a lo largo del tiempo) (Cueva et al., 2023; Hernández Sampieri et al., 2014).

En este artículo se acoge la recomendación de Warren Weaver para introducir una metodología de la complejidad en procesos investigativos, específicamente las redes complejas que estudian las interrelaciones que existen entre los agentes de un ecosistema analizado. Mediante un estudio no experimental, con un enfoque cuantitativo, con alcance descriptivo y corte transversal, se aplicó la metodología de redes complejas en el estudio de caso centrado en las Entidades Fiscalizadoras Superiores (EFS). Estas EFS constituyen la piedra angular del control y fiscalización de los recursos públicos en casi doscientos países a nivel mundial, las cuales cumplen su misión ejecutando procesos técnicos denominados genéricamente auditorías gubernamentales, aplicando procedimientos estandarizados por la Organización Internacional de Entidades Fiscalizadoras Superiores (INTOSAI).

## **2. Redes complejas y entidades fiscalizadoras superiores**

La metodología de redes complejas se aplicó al contexto de las Entidades Fiscalizadoras Superiores (EFS); y el marco conceptual sobre el cual se desarrolló este artículo se fundamentó en la teoría de redes complejas aplicando métricas de centralidad y de modularidad comunitaria. Las Entidades Fiscalizadoras Superiores – EFS, constituyen los principales organismos de fiscalización del sector público en 195 países a nivel mundial; se encuentran asociadas a nivel internacional a

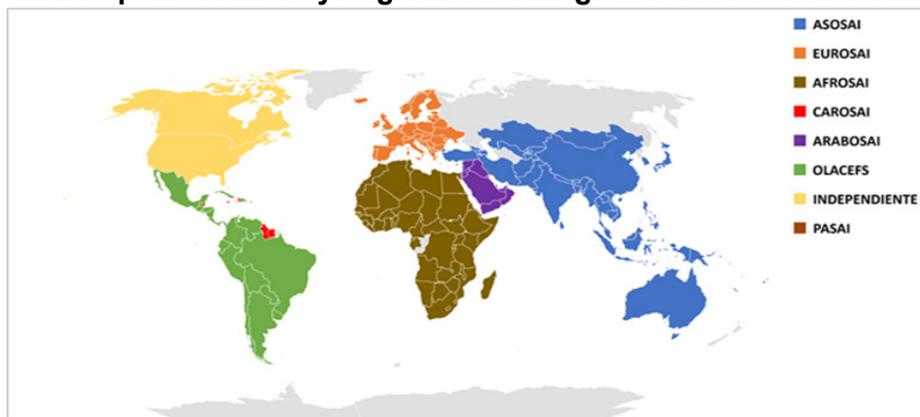
la International Organization of Supreme Audit Institutions (INTOSAI) -Organización Internacional de Entidades Fiscalizadoras Superiores (por sus siglas en inglés)- y a nivel regional a siete organizaciones normalmente distribuidas por zonas geográficas en cada continente (Cordery y Hay, 2019; Ferry et al., 2023).

Estas organizaciones gubernamentales, pese a que tratan de estandarizar sus procesos de control y fiscalización a través de directrices que se emiten desde la INTOSAI para la ejecución de las auditorías a la gestión pública, presentan características particulares, en función de sus orígenes, situación geográfica, entorno social, contexto político, etc. Algunas EFS, pese a estar posicionadas geográficamente en un mismo continente, se administran bajo un cuerpo colegiado y otras bajo una autoridad unipersonal; así también unas EFS manejan un modelo de gestión y dirección anglosajón o de Westminster, conocido también como el modelo parlamentario, otras bajo el

modelo judicial o napoleónico, y otras bajo el modelo de junta que se encuentra presente en algunos países, sobre todo europeos (Arias, 2018; INTOSAI, 2020; Kose y Tuysuz, 2021; Stephenson, 2017; Valencia-Tello, 2022).

La buena o mala gestión de las EFS impacta directamente en la confianza de la ciudadanía, que espera de éstas buenos resultados respecto de la transparencia, relevancia y ejemplo, independiente de los mandatos o modelos en que se desenvuelven. Si bien algunas EFS son miembros de pleno derecho directamente de la INTOSAI y también son miembros en más de un organismo regional, existen los casos de Estados Unidos, Canadá y Timor Oriental que, si bien es cierto, son miembros de pleno derecho de la INTOSAI, estas EFS no están asociadas a ninguna organización regional, por lo que para efectos de esta investigación se los ha identificado dentro del grupo "Independiente", conforme se evidencia en la ilustración 1.

### Ilustración 1 EFS por cada País y Organización Regional a Nivel Mundial



La INTOSAI a nivel mundial y las organizaciones regionales, concurrentemente, emiten reportes e informes sobre la gestión que realizan las EFS asociadas. En dichos documentos se presenta información con el típico sistema econométrico donde sus resultados permiten visualizar los datos bajo un análisis de moda, mediana, varianza, promedios, medias, etc. Sin menospreciar dicha metodología econométrica y su importancia en el análisis de datos, este trabajo parte con un enfoque diferente en el que prima el análisis de las relaciones que existen entre los actores del ecosistema que se estudia, y en el cual se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿Es posible describir las características de las Entidades de Fiscalización Superiores desde una concepción diferente a la econométrica?

Para responderla, se optó por utilizar la teoría de redes complejas y plantear una metodología considerando las métricas de centralidad y de modularidad comunitaria para analizar a las EFS, desde otra visión del contexto investigativo enfocadas en la importancia de los actores, su posición dentro de la red y las relaciones relevantes existentes que para el caso de estudio están representados por el “Tipo de Entidad” y el “Modelo de Gestión”.

## **2.1. Modelos de gestión en entidades fiscalizadoras superiores**

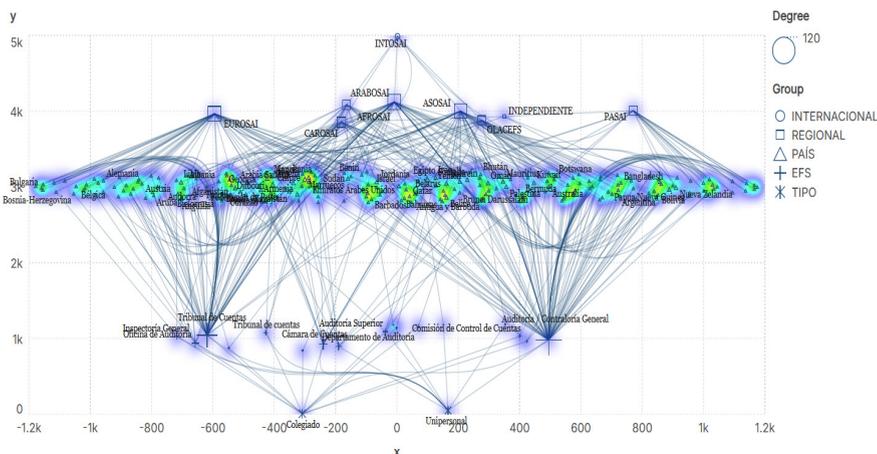
La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) identificó tres modelos de

gestión y dirección de las EFS a nivel mundial a saber: a) El Modelo Anglosajón o de Westminster; b) El Modelo Judicial o Napoleónico; y, c) El Modelo de Junta o Colegiado (Arias, 2018; INTOSAI, 2022). La INTOSAI, en la última encuesta global realizada a las EFS en el año 2020, ha identificado modelos en los que las EFS responden a los modelos jurisdiccional y legislativo, otro donde el titular de la EFS es una sola persona (Presidente o Auditor General); otro modelo en los que un Consejo Directivo es el órgano que desempeña ese papel y algunas EFS que se consideran tener una configuración institucional diferente, a las cuales las agruparon en la categoría “otras” (INTOSAI, 2020). En Latinoamérica, la Misión Kemmerer, influyó considerablemente en la reconfiguración de las EFS de Colombia, Chile, Ecuador, Bolivia, Perú y Venezuela a tal punto que en la mayoría de los casos transformó sus sistemas de control pasando de cuerpos colegiados al modelo unipersonal como se lo manejaba en el sistema anglosajón (Arias, 2018; Betancourt y Manigat, 2024; Ferreira y Gismano, 2019; Granda, 2023; Maes, 2024).

Para efectos de esta investigación, se ha establecido una clasificación operativa de las EFS, identificándolas en unipersonales (que incluye el modelo anglosajón), ya que están regentados por una autoridad única; y colegiados (que abarca al modelo judicial y al modelo de junta), pues la dirección de la EFS está a cargo de un cuerpo colegiado. Con base en esta clasificación, se determinó que las EFS a nivel global se encuentran distribuidas, según muestra la ilustración 2.

## Ilustración 2

### Topología y Clasificación de las EFS



## 2.2. Redes complejas

Una red es un catálogo de los componentes de un sistema, a menudo llamados nodos o vértices, y las interacciones directas entre ellos, llamadas vínculos o aristas; esta representación de red ofrece un lenguaje común para estudiar sistemas que pueden diferir mucho en naturaleza, apariencia, alcance, relevancia, etc. (Barabási y Albert, 2015; Boccaletti et al., 2006). Pocas disciplinas pueden identificar su punto de origen; entre ellas, la ciencia de las redes. Para comprenderla, se debe remontar al año 1736, cuando el matemático Leonhard Euler trató de resolver el problema de los puentes de Königsberg, el cual dio origen a la teoría de grafos. Si bien la teoría de grafos es parte de las matemáticas, esta sirvió de base para el estudio de las redes (Barabási y Albert, 2015; Newman, 2018; Watts, 2006). Posteriormente, Paul Erdős y Alfred Rényi inventaron la teoría formal de grafos aleatorios, en la

cual un nuevo nodo se enlaza con igual probabilidad con el resto de la red (Erdős y Rényi, 1959).

Watts y Strogatz (1998) demostraron que las redes de mundo pequeño no solo están presentes en las estructuras sociales, sino que están presentes en toda clase de sistemas interconectados en red; genéricamente se trata de un modelo de generación de grafos aleatorios con distancias medias pequeñas y valores altos del coeficiente de agrupamiento, al que se lo conoce como redes de mundo real (Watts, 2006). Por otra parte, Barabási y Albert, partiendo de un análisis del modelo de grafos aleatorios de Erdős, demostraron que muchas de las redes del mundo real tienen distribuciones de grado cuyo comportamiento obedece a lo que se denomina una ley de potencia. Llegaron a la conclusión de que muchas redes reales como la www, internet, red de actores, redes metabólicas, etc., eran redes sin escala (Barabási, 2022; Barabási y Albert, 2015).

## 2.3. Métricas de centralidad

Existen varias métricas para determinar el comportamiento y relevancia tanto de los nodos como de sus relaciones en una red (Bae y Kim, 2014; Chen et al., 2012; Chen y Redner, 2010; Li Wang et al., 2022; Rivas-Tovar, 2024; Zhu y Hao, 2024); en este estudio se usaron las métricas más importantes respecto de la centralidad que resaltan la relevancia de los nodos dentro de una red. Entre las métricas más comunes que se aplican con las medidas de centralidad están: el grado, la intermediación, la cercanía y el eigenvector (Barabási, 2013; Guilbeault y Centola, 2021; Newman, 2003; Sayama, 2015). La centralidad de grado determina que tan conectados están los nodos en la red, la centralidad de intermediación determina la importancia que tiene un nodo como intermediario en la red, la centralidad de cercanía mide el camino más corto entre dos nodos  $i$  y  $j$ , ayudando a identificar nodos que estén más cerca de otros nodos en la red; y, la centralidad del vector propio determina la importancia de estar conectado a otros nodos importantes en la red (Barabási y Albert, 2015; Newman, 2018; Redroban-Ortiz et al., 2024; Sayama, 2015).

## 2.4. Modularidad comunitaria

La modularidad permite organizar muchos nodos según su distribución estructural en cada comunidad, mide la calidad de la división de la red en comunidades o *clusters*, lo que permite simplificar y resaltar las propiedades estructurales de una red,

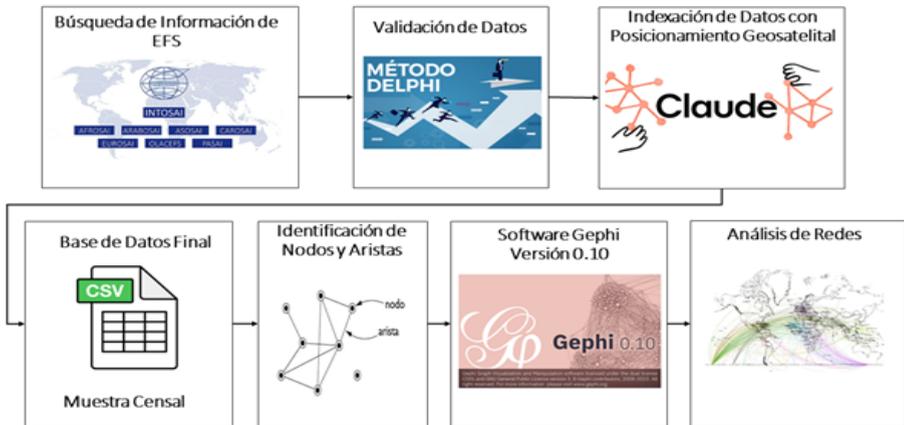
generando subunidades fuertemente interconectadas (Abdi et al., 2024; Rani y Mehrotra, 2020; Rivera-Romano et al., 2020; Xu et al., 2022; Zhu y Hao, 2024). Sayama (2015) sostiene que ni las propiedades microscópicas de una red ni las propiedades macroscópicas pueden explicar cómo se organiza una red a escalas espaciales intermedias entre esos dos extremos; para ello es necesario analizar las propiedades mesoscópicas típicas de una red, como la estructura comunitaria y la modularidad de una red.

La comunidad se define como “un conjunto de nodos que están conectados más densamente entre sí que con el resto de la red; las comunidades pueden o no solaparse entre sí, dependiendo de sus definiciones” (Sayama, 2015, p. 400). Existen muchas formas de detectar comunidades; sin embargo, una de las más utilizadas es el método de Lovain, que consiste en un algoritmo heurístico muy rápido y eficiente que maximiza la modularidad de la estructura no superpuesta por medio de un proceso de optimización jerárquica iterativa.

## 3. Metodología: fundamentación de las redes complejas

Para demostrar si es posible describir las características de las Entidades Fiscalizadoras Superiores desde una concepción diferente al sistema econométrico, se utilizó la metodología de redes complejas, en función de los pasos detallados en la estructura de investigación, conforme se evidencia en el diagrama 1.

## Diagrama 1 Modelo de Estructura de Investigación



Un análisis econométrico se centra en relaciones estadísticas y puede usar herramientas como la correlación y la regresión para medir la colinealidad entre variables; por otra parte, la metodología de redes complejas se centra en analizar las interacciones estructurales entre los nodos (que pueden representar variables, actores o entidades) y las conexiones entre ellos (enlaces). Con corte al 31 de diciembre de 2023 se realizó la búsqueda de la información general de las 195 EFS de todos los países del mundo asociadas a la INTOSAI, respecto de su identificación, asociación, tipología, modelo de gestión y ubicación. Una vez recabada la información de las EFS a nivel mundial y regional; aplicando el enfoque del método Delphi se validó la información a través de expertos en el tema. Confirmada la data se indexó información relacionada al posicionamiento geo satelital de cada uno de los países de las EFS, para lo cual se optó por utilizar inteligencia artificial

por medio del asistente de inteligencia artificial **CLAUDE.AI**, el cual se basa en algoritmos de aprendizaje profundo y utiliza redes neuronales para procesar y comprender el lenguaje humano (Maldonado, 2023).

El *prompt* de búsqueda se diseñó sobre la base del modelo RODES el cual asigna órdenes claras con una estructura compuesta por un Rol, un Objetivo, Detalles de búsqueda, Ejemplo y Verificación de Sentido. Obtenida la información de las coordenadas y luego del proceso de indexación con IA, se procedió a validar la información de las coordenadas de cada país en el portal de **geodatos.net**, para posteriormente migrarla al formato CSV. La data del archivo se organizó en seis columnas de datos que describen a las EFS, el tipo de asociación, el nombre de la EFS en cada país, el modelo de Gestión por Tipo de Entidad; y, las coordenadas del país a la que pertenece cada EFS, conforme la estructura en el cuadro 1.

## Cuadro 1 Diccionario de códigos de columnas para análisis de redes

Código de columna	Descripción	Categoría	Función Gephi
Id EFS	Identificación del país de la Entidad Fiscalizadora Superior.	Ninguna	String
Asociación	Tipo de asociación de la EFS y/o del organismo asociativo.	Mundial; Regional; Miembro	String
Tipo de Entidad	Nombre de la EFS en cada País agrupadas por características similares.	Auditoría / Contraloría General; Auditoría Superior; Cámara de Cuentas; Comisión de Control de Cuentas; Consejo Superior de la Contraloría General; Control Superior; Corte de Cuentas; Departamento de Auditoría; Inspectoría General; Junta Federal de Fiscalización Superior; Ministerio de Hacienda y presupuesto; Oficina de Auditoría; Real Autoridad de Auditoría; Sala de Cuentas del Tribunal Supremo; Tribunal de Cuentas	String
Modelo de Gestión	Modelo de Gestión por Tipo de Entidad.	Colegiado; Unipersonal	String
Longitud	Coordenada del país de la EFS que proporciona la localización de un lugar en dirección Este u Oeste desde el meridiano de Greenwich.	Ninguna	Double
Latitud	Coordenada del país de la EFS que proporciona la localización de un lugar en dirección Norte o Sur desde el Ecuador.	Ninguna	Double

La estructura sirvió para identificar y asignar atributos a los 224 nodos formados por países y organizaciones de la EFS; así como también permitió identificar de qué forma se relacionan los nodos en la red de

255 aristas. Las variables que se utilizaron para el análisis de las redes estructuradas tanto con sus métricas de centralidad como de comunidad y modularidad, se presentan en el cuadro 2.

## Cuadro 2 Matriz de variables para análisis de redes

Variable	Definición Conceptual	Definición Operativa	Indicador
a.- Centralidad de Grado	La centralidad de grado captura la conectividad básica de los nodos. Cuenta el número de conexiones existentes entre los nodos de una red (Newman, 2003).	Conexiones existentes entre una EFS y las demás EFS analizadas.	<i>Degree:</i> Grado del nodo.- Número de conexiones directas.
b.- Centralidad de Intermediación	La centralidad de intermediación determina la importancia que tiene un nodo como intermediario en la red (Barabási y Albert, 2015; Newman, 2003).	Cantidad de veces que una EFS aparece en los caminos más cortos entre otras EFS de la red estructurada.	<i>Betweenness centrality:</i> Porcentaje de caminos más cortos que pasan por cada EFS.

## Cont... Cuadro 2

Variable	Definición Conceptual	Definición Operativa	Indicador
c.- Centralidad de Cercanía	La centralidad de cercanía mide el camino más corto entre dos nodos de una red (Newman, 2003; Sayama, 2015).	Inversa de la suma de las distancias mínimas entre una EFS y todas las demás EFS de la red.	<i>Closeness centrality</i> : Inversa de la distancia promedio de una EFS a todas las demás.
d.- Centralidad de Eigenvector	La centralidad de eigenvector determina la importancia de estar conectado a otros nodos importantes en la red (Barabási y Albert, 2015; Newman, 2003; Sayama, 2015).	Valor del vector propio asociado al nodo que representa una EFS calculado a partir de la matriz de adyacencia de la red.	<i>Eigenvector centrality</i> : Valor asociado al nodo de la EFS en el cálculo del vector propio de la matriz de adyacencia.
e.- Comunidad	La comunidad se define como el conjunto de nodos que están conectados más densamente entre sí que con el resto de los demás nodos en la red (Barabási y Albert, 2015; Newman, 2003).	Grupo de EFS que están densamente interconectados y perfectamente identificados en la red, aplicando el algoritmo de Lovaina.	<i>Community detection</i> : Asignación de la EFS a una comunidad particular en la red.
f.- Modularidad	La modularidad mide la calidad de la división de la red en comunidades o <i>clusters</i> (Newman, 2003; Sayama, 2015).	Diferencia entre la densidad de conexiones en las comunidades detectadas.	<i>Modularity coefficient</i> : De entre una escala de -1 a 1, un valor positivo indica la presencia de comunidades bien definidas.

El análisis de datos estructurando redes complejas se realizó con el *software open source Gephi* Versión 0.10.1. Los archivos están disponibles para descarga desde sus respectivos vínculos, en los cuales se encuentra la estructura de los nodos representados por "Id EFS", que corresponden a la identificación del país de la EFS con sus atributos, así como la estructura de enlaces representados por el "Tipo de Entidad" y el "Modelo de Gestión".

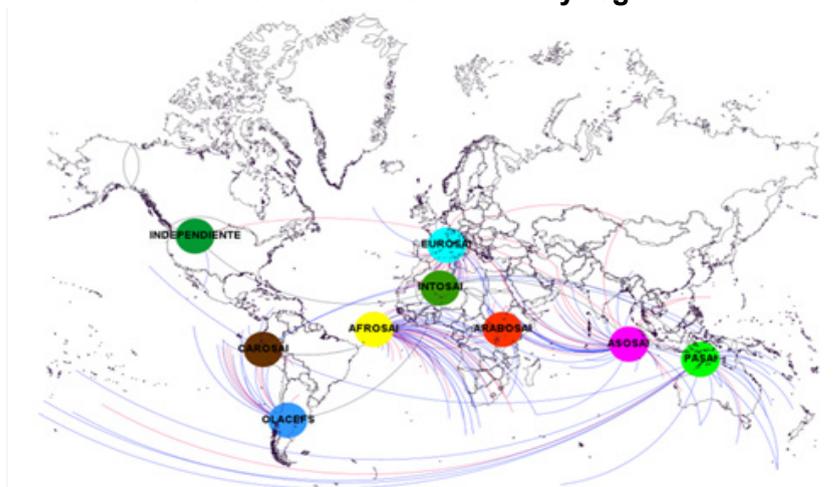
#### 4. Red comunitaria de las entidades fiscalizadoras superiores

Los resultados se clasificaron en tres tipos: a) los que aplicando la metodología de redes complejas

permiten describir las características de las EFS; b) los resultantes de aplicar las métricas de centralidad; y, c) los resultantes de aplicar las métricas de modularidad. Los hallazgos descriptivos de la muestra censal, permitió diagramar la estructura de redes no dirigidas para su posterior análisis.

La primera red, según la ilustración 4, presenta la posición geo satelital de las EFS a nivel mundial, para lograrlo, al momento de importar los datos fue necesario parametrizar los datos de longitud y latitud en la categoría "DOUBLE", pues son los que permiten ubicar las coordenadas en las dimensiones "X" y "Y" del plugin "Geo-layout" y "Map of Countries" de Gephi. Esto permitió visualizar los patrones relacionados a la tipología y modelo de control.

### Ilustración 4 Red de EFS a nivel mundial y regional



Los resultados de aplicar las métricas de centralidad de: grado,

cercanía, intermediación y eigenvector, se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1**  
**Resultado de métricas de centralidad con Gephi Versión 0.10.1**

EFS	Grado	Cercanía	Intermediación	Eigenvector
AFROSAI	55	0.403986	0.386756	0.974436
EUROSAI	53	0.401079	0.372033	0.965648
ASOSAI	49	0.39539	0.307769	<b>1.000000</b>
CAROSAI	26	0.365574	0.203228	0.872432
OLACEFS	23	0.365574	0.202225	0.937825
INTOSAI	8	<b>0.509132</b>	<b>0.623715</b>	0.543872

Nota: Las Métricas de Intermediación, Cercanía y Vector Propio van en Rango entre 0,0000 y 1

Los resultados de aplicar las métricas de comunidad y modularidad, en función de las variables detalladas en la tabla 3, con el software Gephi son: **Parámetros:** *Randomize: On; Use edge weights: On; Resolution: 1.0. Resultados:* *Modularity: 0.697; Modularity with resolution: 0.697; Number of Communities: 8.*

En la primera red estructurada se

muestra la ubicación a nivel mundial de todas las Entidades Fiscalizadoras Superiores asociadas a siete órganos regionales y uno internacional. El cuadro 3 muestra los colores del tipo de entidad de cada EFS (nodos) distribuidas a nivel mundial; y sus relaciones (aristas) en base al modelo de gestión “Unipersonal” (arista azul) o “Colegiado” (arista roja).

### Cuadro 3

#### Colores identificadores del tipo de EFS a nivel mundial

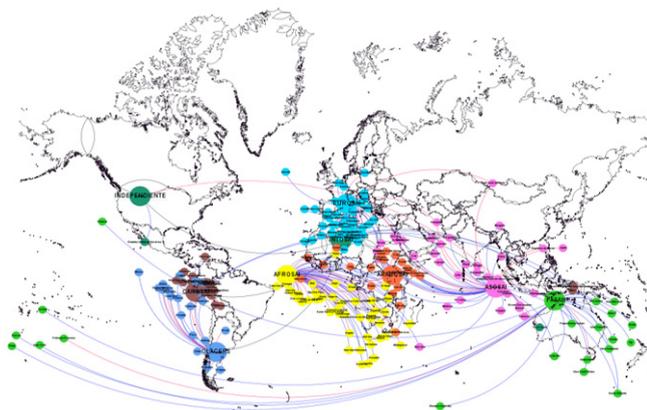
TIPO DE ENTIDAD	Color	TIPO DE ENTIDAD	Color
Auditoría / Contraloría General	Verde	Inspectoría General	Cian
Auditoría Superior	Naranja	Junta de Auditoría	Gris
Cámara de Cuentas	Grigio	Junta Federal de Fiscalización Superior	Púrpura
Comisión de Control de Cuentas	Verde claro	Ministerio de Hacienda y presupuesto	Naranja claro
Consejo Superior de la Contraloría General	Morado	Oficina de Auditoría	Naranja
Control Superior	Cian	Real Autoridad de Auditoría	Rosa
Corte de Cuentas	Magenta	Sala de Cuentas del Tribunal Supremo	Magenta
Departamento de Auditoría	Amarillo	Tribunal de Cuentas	Marrón

La ilustración 5 muestra los patrones relacionados al tipo de las EFS según la tabla 4, en la que se evidencia que las 195 EFS a nivel global (nodos), se encuentran distribuidas de la siguiente manera: a) Un 64% en el modelo unipersonal (aristas color azul), conformada por instituciones de control denominadas: Auditoría General, Contraloría General, Oficina de Auditoría,

Departamento de Auditoría, Inspectoría General, etc.; y, b) Las EFS que se administran bajo un modelo colegiado (aristas color rojo), representan un 36% en el que se identifican instituciones de control denominadas: Tribunal de Cuentas, Cámara de Cuentas, Comisión de Control de Cuentas, Corte de Cuentas, Sala de Cuentas, Junta Federal de Fiscalización Superior, etc.

### Ilustración 5

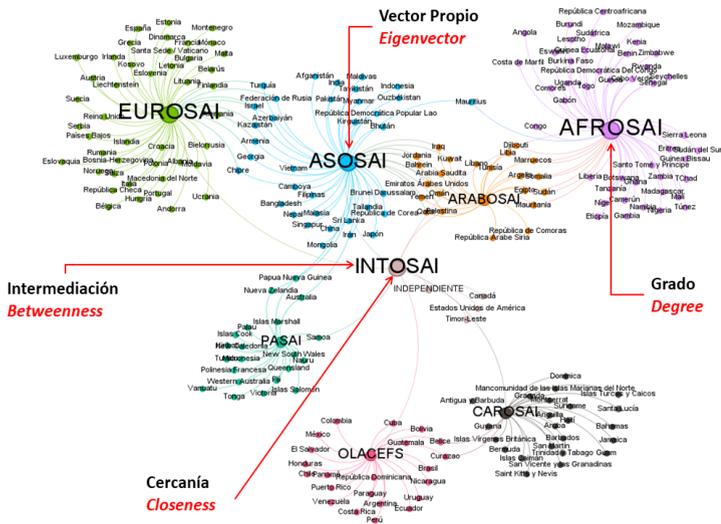
#### Red de EFS a nivel mundial por tipo y modelo de gestión



Entre los resultados, se destaca los de la Ilustración 6 que muestra los patrones de aplicar las métricas de centralidad de grado (*Degree Centrality*), intermediación (*Betweenness Centrality*), cercanía (*Closeness*)

*Centrality*) y vector propio (*Eigenvector Centrality*), estas métricas permiten identificar a los nodos (EFS) más importantes en función del objeto de estudio.

**Ilustración 6**  
**Red de EFS en función de las métricas de centralidad**



Es así que, sobre las métricas aplicadas, se obtienen los nodos y su relación en las redes.

- Sobre la métrica de grado, los datos muestran que la Organización Regional AFROSAI es el nodo más conectado en la red; se conecta directamente con 55 EFS de la red. En la tabla 3 se presentan los resultados de los seis primeros nodos con más conexiones por el grado en función de sus conexiones con los demás nodos de la red.
- Sobre la métrica de centralidad de intermediación, los datos muestran

que el organismo internacional INTOSAI es el nodo intermediario de la red, variable que permite medir la frecuencia con la que este nodo aparece en el camino más corto entre los nodos de la red.

- Sobre la métrica de centralidad de cercanía, los datos muestran que, en este escenario de análisis, al igual que la centralidad de intermediación, el organismo internacional INTOSAI también es el nodo con mayor cercanía, variable que permite medir la distancia media entre un nodo inicial y todos

los demás nodos de la red.

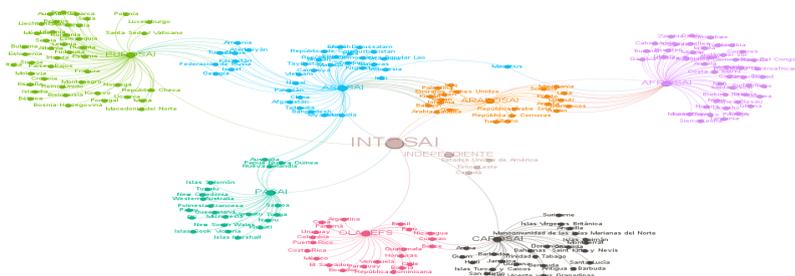
- Sobre la métrica de centralidad de eigenvector, los datos muestran que la Organización Regional ASOSAI es el nodo con mayor valor, lo que significa que este nodo es el más importante en la red en base a sus conexiones.

Finalmente, en la tercera sección de resultados, en la figura 7, se evidencian los patrones comunitarios aplicando las métricas de comunidad

y modularidad. Gephi calcula estas métricas con el algoritmo de Lovaina, el cual aplica un método heurístico para optimizar la modularidad que extrae la estructura comunitaria de grandes redes.

En la ilustración 7, se visualizan las comunidades agrupadas por ocho grupos de colores que corresponden a las siete organizaciones regionales más una comunidad conformada por EFS independientes distribuidas en cada continente; así, tenemos:

### Ilustración 7 Red comunitaria de las entidades fiscalizadoras superiores



- Con el color verde están las EFS que son parte de la EUROSAI.
- Con el color celeste están las EFS que son parte de ASOSAI.
- Con el color anaranjado están las EFS que son parte de ARABOSAI.
- Con el color lila están las EFS que son parte de AFROSAI.
- Con el color turquesa están las EFS que son parte de PASAI.
- Con el color rojo están las EFS que son parte de la OLACEFS.
- Con el color negro están las EFS que son parte de CAROSAI; y
- A las EFS que no son parte de ninguna organización regional, pero sí son miembros de pleno derecho de la INTOSAI, se las consideró en un grupo denominado INDEPENDIENTE y que constan en la red comunitaria de Entidades Fiscalizadoras Superiores con el color café.

Los resultados permiten afirmar que es posible describir las características de las Entidades Fiscalizadoras

Superiores mediante las variables de centralidad y modularidad usando redes complejas. Existe una ausencia de estudios relacionados con el análisis de las EFS mediante la metodología de redes complejas para las Entidades Fiscalizadoras Superiores, por lo que este estudio se convierte en el primero en este contexto. Identificar a las EFS más importantes en función de las variables estudiadas es relevante para determinar cuál es la EFS idónea, por ejemplo, para liderar una acción de control específica en la que se involucre la participación de más EFS o para ejecutar procesos de fiscalización en cierta zona geográfica con fines comunes de las demás EFS.

Para ello, las métricas de centralidad de grado, intermediación, cercanía y eigenvector, así como las métricas de modularidad y comunidad, pueden ayudar a identificar de forma técnica y ágil a las EFS más adecuadas para implementar algún programa o proyecto en función del objetivo que se persiga, por ejemplo, auditorías coordinadas o cooperativas entre EFS en función de la zona, experiencia, recursos o conexiones, etc. El análisis de redes complejas mediante Gephi favorece la comprensión del funcionamiento y distribución de las EFS a nivel mundial.

Esta investigación no validó los tres tipos de modelos mencionados por la OCDE: a) el Modelo anglosajón, llamado también Parlamentario; b) el Modelo Judicial o Napoleónico; y c) el Modelo de Junta o Colegiado. Por el contrario, abordó la clasificación desde otro enfoque que demostró que en las EFS a nivel global solo hay dos grandes modelos de gestión:

- El 64% adopta el Modelo Unipersonal con instituciones de control denominadas: Auditoría General, Contraloría General,

Oficina de Auditoría, Departamento de Auditoría, Inspectoría General, etc.; y

- El 36% de EFS restantes han adoptado el Modelo Colegiado con instituciones de control denominadas: Tribunal de Cuentas, Cámara de Cuentas, Comisión de Control de Cuentas, Corte de Cuentas, Sala de Cuentas, Junta Federal de Fiscalización Superior, etc.

La Organización Regional AFROSAI exhibe la más alta centralidad de grado con un valor de 55. La más alta intermediación y la centralidad de cercanía en congruencia con su prominencia institucional corresponden a la INTOSAI, con 0.623715 y 0.509132 respectivamente. En cuanto a la métrica de centralidad de eigenvector, el valor más representativo corresponde a la Organización Regional ASOSAI con un valor de 1.

## 7. Conclusiones

En el desarrollo de la investigación se acogió la recomendación de Warren Weaver, aplicando una metodología derivada de las ciencias de la complejidad en procesos investigativos, aplicando su estructura conceptual y metodológica en un caso de estudio no experimental, con un enfoque cuantitativo, con alcance descriptivo. Se aplicó la metodología de redes complejas en el contexto de las Entidades Fiscalizadoras Superiores como organismos de control y fiscalización a nivel mundial. El desarrollo de la investigación permitió demostrar que sí es posible describir las características de las Entidades de Fiscalización Superiores desde una concepción diferente a la econométrica; se analizaron las EFS desde otra visión del contexto investigativo donde priman

la importancia de los actores, su posición dentro de una red y las relaciones entre sus actores.

Las métricas permitieron identificar a las organizaciones (nodos) más importantes de este sistema de control y fiscalización mediante conexiones por el tipo de entidad y modelo de control (enlaces) en función de ubicación a nivel mundial y/o regional. Los mapas elaborados permitieron visualizar a las EFS agrupadas por ocho comunidades que corresponden a las siete organizaciones regionales más una comunidad conformada por EFS independientes distribuidas en cada continente. Los hallazgos permitieron refutar la taxonomía de los tres modelos de control gubernamental establecida por la OCDE y se demuestra que solo hay dos grandes modelos de gestión: el Modelo Unipersonal, en el cual están el 64% de las EFS, y el Modelo Colectivo, en el cual están el 36% de las demás EFS.

El estudio reveló la escasez absoluta de investigaciones y artículos aplicando la metodología de redes complejas en el contexto de las EFS, generando un atento llamado a los investigadores en todos los niveles de formación a probar esta técnica para identificar, por ejemplo, patrones de cooperación entre las EFS usando métricas de centralidad con redes complejas, para lo cual ponemos a disposición los datos de las EFS y sus coordenadas en el siguiente enlace: <https://github.com/carluiredro/Networks-EFS.git>. Los datos que se adjuntan servirán para que, por una parte, los investigadores expertos confirmen los hallazgos reportados en este documento; así como también para que nuevos investigadores comiencen a experimentar y desarrollar habilidades mediante la práctica con el uso de la metodología de redes complejas.

## Referencias

- Abdi, G. R., Refahi Sheikhani, A. H., Kordrostami, S., Zarei, B., & Falah Rad, M. (2024). Identifying communities in complex networks using learning-based genetic algorithm. *Ain Shams Engineering Journal*, 15(12). <https://doi.org/10.1016/j.asej.2024.103031>
- Arias, H. (2018). *La vigilancia superior de la Hacienda Pública en Costa Rica* [Tesis doctoral, Universidad de Salamanca]. <https://acortar.link/JJX5y>
- Bae, J., & Kim, S. (2014). Identifying and ranking influential spreaders in complex networks by neighborhood coreness. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 395, 549-559. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2013.10.047>
- Barabási, A. (2022). *Ciencia de Redes* (1ra. ed.). ITESO. <https://books.google.com.ec/books?id=v0uIEAAQBAJ>
- Barabási, A., & Albert, R. (2015). *Network Science by Albert-László Barabási*. Cambridge University Press. <http://networksciencebook.com/>
- Barabási, A.-L. (2013). Network science. *Philosophical Transactions. Series A, Mathematical, Physical, and Engineering Sciences*, 371(1987), 20120375. <https://doi.org/10.1098/rsta.2012.0375>
- Barabási, A.-L., & Albert, R. (1999). Emergence of Scaling in Random Networks. *Science*, 286(5439), 509-512. <https://doi.org/10.1126/science.286.5439.509>
- Betancourt, R. G., & Manigat, M. P. (2024). The Making of Latin-American Neo-Metalista Monetary Policy in the Twenties: The Case of the Andean Countries Visited by E.

- W. Kemmerer. *Studies in Economic History, Part F3097*, 151-176. [https://doi.org/10.1007/978-981-97-0134-6\\_9](https://doi.org/10.1007/978-981-97-0134-6_9)
- Boccaletti, S., Latora, V., Moreno, Y., Chavez, M., & Hwang, D.-U. (2006). Complex networks: Structure and dynamics. *Physics Reports*, 424(4-5), 175-308. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2005.10.009>
- Chen, D., Lü, L., Shang, M.-S., Zhang, Y.-C., & Zhou, T. (2012). Identifying influential nodes in complex networks. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 391(4), 1777-1787. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2011.09.017>
- Chen, P., & Redner, S. (2010). Community structure of the physical review citation network. *Journal of Informetrics*, 4(3), 278-290. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2010.01.001>
- Cordery, C. J., & Hay, D. (2019). Supreme audit institutions and public value: Demonstrating relevance. *Financial Accountability and Management*, 35(2), 128-142. <https://doi.org/10.1111/faam.12185>
- Cueva, T., Jara, O., Arias, J., Flores, F., y Balmaceda, C. (2023). Métodos mixtos de investigación para principiantes. En *Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.106>
- De Jorge, J. (2024). *Nobel de Química 2024 para la inteligencia artificial de Google que predice la estructura de las proteínas*. Diario ABC. <https://www.abc.es/ciencia/nobel-quimica-2024-20241009112344-nt.html>
- Erdős, P., & Rényi, A. (1959). On random graphs. *Publications Mathematicae*, 6, 290-297. <https://snap.stanford.edu/class/cs224w-readings/erdos59random.pdf>
- Ferreira, C. A., y Gismano, Y. (2019). Análisis comparado entidades fiscalizadoras superiores: Control externo en el sector público. *Centro de Estudios de Administración*, 3(2). <https://revistas.uns.edu.ar/cea/article/view/1827>
- Ferry, L., Hamid, K., & Hebling Dutra, P. (2023). An international comparative study of the audit and accountability arrangements of supreme audit institutions. *Journal of Public Budgeting, Accounting and Financial Management*, 35(4), 431-450. <https://doi.org/10.1108/JPBAFM-10-2022-0164>
- Granda, V. (2023). *Derecho de control, contraloría y tribunal de cuentas o de recursos públicos en Ecuador. Tipos, sistemas y ordenamiento jurídico*. Corporación editora nacional.
- Guilbeault, D., & Centola, D. (2021). Topological measures for identifying and predicting the spread of complex contagions. *Nature Communications*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-021-24704-6>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill España. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008>
- Kose, H. O., & Tuysuz, Z. (2021). The Role of Jurisdictional Power of SAs in Increasing the Effects of Public Auditing and the Ethics of Fiscal Jurisdiction. *Contributions to Finance and Accounting, Part F213*, 3-24. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-72628-7\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-72628-7_1)
- Li Wang, L., Chen, C., & Li, H. (2022). Link Prediction of Complex Network Based on Eigenvector Centrality. *Journal of Physics:*

- Conference Series, 2337(1), 012018. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2337/1/012018>
- Maes, I. (2024). Robert Triffin's Latin American Missions for the Federal Reserve System in the 1940s. *Studies in Economic History, Part F3097*, 317-332. [https://doi.org/10.1007/978-981-97-0134-6\\_17](https://doi.org/10.1007/978-981-97-0134-6_17)
- Maldonado, J. (2023). *Así es Claude, la IA de Amazon que busca destronar a ChatGPT*. Observatorio Blockchain. <https://acortar.link/XSpTNU>
- Manabe, S. (2023). Nobel Lecture: Physical modeling of Earth's climate. *Reviews of Modern Physics*, 95(1), 010501. <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.95.010501>
- Mulet, R. (2021). The 2021 Physics Nobel Prize: Climate and Disorder: El Premio Nobel de Física de 2021: Clima y Desorden. *Revista Cubana de Física*, 38(2), 127-131. <https://link.gale.com/apps/doc/A688143346/AONE?u=anon~eb2283bf&sid=googleScholar&xid=3c1a25f5>
- Newman, M. (2018). *Networks*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198805090.001.0001>
- Newman, M. E. J. (2003). The Structure and Function of Complex Networks. *SIAM Review*, 45(2), 167-256. <https://doi.org/10.1137/S003614450342480>
- Organización Internacional de Entidades Fiscalizadoras Superiores- INTOSAI. (2020). *Informe de la Revisión Global de las EFS 2020* (De información No. V0101; INTOSAI Development Initiative, p. 51). INTOSAI. <https://acortar.link/uN1mBy>
- Organización Internacional de Entidades Fiscalizadoras Superiores- INTOSAI. (2022). *Plan estratégico 2023-2028* (p. 14). INTOSAI. <https://acortar.link/O04mlt>
- Rani, S., & Mehrotra, M. (2020). Determining network communities based on modular density optimization. *Recent Advances in Computer Science and Communications*, 13(2), 128-136. <https://doi.org/10.2174/2213275912666181205153024>
- Redroban-Ortiz, C., Rivas-Tovar, L. A., Torres, X., Jaramillo, L., y Almeida, C. (2024). Redes complejas como metodología para el control gubernamental en procesos de contratación pública en Ecuador. *Revista Española de la Transparencia*, 20. <https://doi.org/10.51915/ret.346>
- Rivas-Tovar, L. (2024). *Sistemas Complejos. Sistemas en los límites del Caos* (En revisión). Instituto Politécnico Nacional / Tirant.
- Rivera-Romano, L. S., Juárez-Cano, G., Hernández-Lemus, E., Vallejo, M., y Martínez-García, M. (2020). Estructura de comunidades en las redes semánticas de la investigación biomédica sobre disparidades en salud y sexismo. *Biomédica*, 40(4). <https://doi.org/10.7705/biomedica.5182>
- Sánchez, M. C., Cabanillas, J. L., Del Brio, I., y Verdugo, S. (2024). Métodos de investigación en el área educativa. Análisis bibliométrico: estudio comparativo entre Scopus y WoS. *Revista española de educación comparada*, 46, 141-172. <https://doi.org/10.5944/reec.46.2025.40201>
- Sayama, H. (2015). *Introduction to the Modeling and Analysis of Complex Systems* (Primera). SUNY. <https://acortar.link/PVuRso>
- Stephenson, P. J. (2017). Norms, legitimacy and institutional independence: the active role of the

- European Court of Auditors in setting international standards. *Journal of contemporary European research*, 13(2). <https://doi.org/10.30950/jcer.v13i2.781>
- Valencia-Tello, D. C. (2022). External control of public administration: Analysis of the Brazilian case. *Revista de Direito Economico e Socioambiental*, 13(2), 276-301. <https://doi.org/10.7213/revdireconsoc.v13i2.29872>
- Watts, D. (2006). *Seis grados de separación. La ciencia de las redes en la era del acceso*. Ediciones Paidós Ibérica S.A.
- Watts, D. J., & Strogatz, S. H. (1998). Collective dynamics of 'small-world' networks. *Nature*, 393(6684), 440-442. <https://doi.org/10.1038/30918>
- Weaver, W. (1948). Science and Complexity. *American Scientist*, 36(4), 536-544. <https://www.jstor.org/stable/27826254>
- Xu, Y., Ren, T., & Sun, S. (2022). Community Detection Based on Node Influence and Similarity of Nodes. *Mathematics*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/math10060970>
- Zhu, X., & Hao, R. (2024). Identifying influential nodes in social networks via improved Laplacian centrality. *Chaos, Solitons and Fractals*, 189. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2024.115675>