

Foro: Perspectivas Prácticas

Tecnologías de información para lucha anticorrupción: análisis de la contratación pública costarricense

Dagoberto José Herrera Murillo ¹

Gabriel Valerio-Ureña ²

Gabriel Silva Atencio ¹

Jorge Asprón ²

Alejandra Álvarez Alfaro ¹

¹ Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología / Escuela de Ingeniería Informática, San José – Costa Rica

² Tecnológico de Monterrey / Escuela de Humanidades y Educación, Monterrey – México

La corrupción es un fenómeno con consecuencias desastrosas para el bienestar económico, social y político de nuestras sociedades. En particular, la contratación pública es vulnerable debido al elevado valor económico de sus transacciones. La presente investigación analiza el rol que las tecnologías de información pueden jugar en la lucha anticorrupción. Desarrollamos un caso basado en datos abiertos de contrataciones públicas en Costa Rica, con la finalidad de identificar los conceptos principales asociados al sistema de información subyacente. El caso muestra el potencial de las herramientas tecnológicas de análisis de redes sociales para contrarrestar la complejidad de las redes de corrupción. Asimismo, se evidencia la necesidad de disponer de un ecosistema rico en datos anticorrupción, preferiblemente en formato abierto.

Palabras clave: corrupción; transparencia; contratación pública; sistema sociotécnico; análisis de redes sociales.

Tecnologias da informação para a luta contra a corrupção: análise da contratação pública costarriquenha

A corrupção é um fenômeno com consequências desastrosas para o bem-estar econômico, social e político das nossas sociedades. Em particular, a contratação pública é um fator altamente vulnerável devido ao alto valor econômico de suas transações. A pesquisa analisa o papel que as tecnologias da informação podem desempenhar no combate à corrupção. Além disso, desenvolvemos um caso baseado em dados abertos sobre compras públicas na Costa Rica, a fim de identificar os principais conceitos associados ao sistema de informação subjacente. O caso mostra o potencial das ferramentas tecnológicas de análise de redes sociais para ir de encontro a complexidade das redes de corrupção. Mostra também a necessidade de um ecossistema diversificado e sustentável de dados anticorrupção – preferencialmente em formato aberto.

Palavras-chave: corrupção; transparência; contratação pública; sistema sócio técnico; análise de rede.


DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-761220220126>

ISSN: 1982-3134



Artículo recibido en 19 abr. 2022 y aceptado en 30 sept. 2022.

Editora jefe:


Alketa Peci (Fundação Getulio Vargas, Rio de Janeiro / RJ – Brasil) 

Editor adjunto:

Mauricio Dussauge Laguna (Centro de Investigación y Docencia Económicas, Ciudad de México – México) 

Evaladores:

Felipe Fróes Couto (Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros / MG – Brasil) 

Oliver David Meza Canales (Centro de Investigación y Docencia Económicas, Ciudad de México – México) 

Uno de los revisores no autorizó la divulgación de su identidad.

Informe de revisión por pares: el informe de revisión por pares está disponible en este [URL](#).

Information technologies for countering corruption: analysis of the Costa Rican public procurement system

Corruption has disastrous consequences for the well-being of societies. In particular, public procurement is a highly vulnerable factor due to the high value of its transactions. This research analyzes the role that information technologies can play in the fight against corruption. We developed a case based on open data on public procurement in Costa Rica to identify the main concepts associated with the underlying information system. The case shows the potential of technological tools for social network analysis to counter the complexity of corruption networks. It also shows the need for a rich ecosystem of anti-corruption data – preferably in an open format.

Keywords: corruption; transparency; public procurement; socio-technical system; network analysis.

1. INTRODUCCIÓN: CORRUPCIÓN Y GOBIERNO

Comprender la corrupción inicia por reconocer que esta adopta muchas formas y comportamientos: puede suceder en cualquier lugar, puede involucrar a cualquier persona, suele ocurrir de manera solapada con la complicidad de habilitadores profesionales y se adapta a diferentes contextos en respuesta a factores como los cambios en la legislación y la tecnología.

Al momento de hablar de corrupción es difícil no hacer una mención especial a la situación de las compras públicas. En los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (Organisation for Economic Co-operation and Development, 2017), el monto de las contrataciones gubernamentales asciende al 12% de su producto interno bruto y al 29% del gasto público. Este volumen tan significativo de recursos expone a los procesos de contratación pública a riesgos elevados de ineficiencia, mala administración y corrupción.

El siguiente apartado de este artículo proporciona una visión panorámica del sistema sociotécnico que debe tomarse en cuenta para incorporar las nuevas tecnologías a una estrategia anticorrupción. Mientras que la sección del caso de estudio ilustra conceptos relevantes de la tecnología utilizando datos de adjudicaciones de obra pública en Costa Rica.

2. SISTEMA SOCIOTÉCNICO ANTICORRUPCIÓN

Los artefactos tecnológicos no son elementos aislados con vida propia. Su adopción ocurre en un contexto de uso mediado por factores humanos -tanto o más relevantes para el éxito de su adopción que el desempeño mismo de la tecnología-. En el caso particular de las nuevas tecnologías aplicadas a la lucha anticorrupción en el sector público, hay que tomar en consideración las limitaciones presupuestarias, los esquemas de financiamiento inflexibles, la baja tolerancia al riesgo, la carencia de procesos de innovación y las fluctuaciones debidas a los cambios políticos (Gartner, 2019).

Entender el sistema sociotécnico de referencia, la estructura social que opera sobre una base tecnológica, es un paso esencial para que la implementación de la tecnología sea exitosa. Dentro de estos sistemas existe una compleja interacción entre la infraestructura de las sociedades y el comportamiento humano. Las raíces del diseño socio-técnico se encuentran en la teoría general de sistemas (Bertalanffy, 1968), y como tal pueden ser modelados en forma de capas o niveles que nos permiten comprender mejor sus características. En los sistemas socio-técnicos es posible identificar cuatro niveles: mecánico, en referencia a la infraestructura tecnológica física (hardware);

informativa, para las aplicaciones lógicas (software); personal, para identificar la relación con los usuarios y las interfaces computacionales; y comunitario, para describir las estructuras sociales creadas en torno al uso de la tecnología (Whitworth & Ahmad, 2013). La lógica es acumulativa, es decir, que un nivel contiene los elementos del nivel previo; de tal forma que la última capa incluye todos los requerimientos a nivel de hardware, software e interacción humano-computadora.

Nivel mecánico. El hardware se refiere al soporte físico tangible de un sistema informático que contiene componentes electromecánicos. Cualquier esfuerzo de integrar las tecnologías de información a la lucha anticorrupción parte de que, independientemente del modelo de aprovisionamiento, el personal responsable de su puesta en marcha disponga de infraestructura computacional adecuada para almacenar grandes cantidades de datos, ejecutar procedimientos de análisis y desplegar los resultados.

Nivel informativa. Este nivel mapea los componentes del sistema de información que hacen posible la ejecución de tareas específicas y sus conexiones. Los datos son el combustible de la capa. Una vez se dispone de ellos, lo que prosigue es identificar las técnicas de análisis apropiadas para detectar indicios de corrupción. La capa informativa debe proporcionar interfaces para que los usuarios finales consuman, descubran e interpreten hallazgos sobre los datos usando productos como motores de consulta, reportes y tableros de visualización.

Nivel personal. En el contexto de los sistemas anticorrupción, el factor personal estará marcado tanto por el sector de procedencia como por el nivel de alfabetismo digital del usuario en cuestión. Los públicos más relevantes para tal efecto son funcionarios públicos, quienes velan por la aplicación estricta de políticas de prevención, detección y control de la corrupción al interior de las instituciones; periodistas, que monitorean el funcionamiento del sistema de cara a la opinión pública; académicos, que generan investigaciones científicas relacionadas con temáticas de corrupción y capacitan a futuros tomadores de decisiones; ciudadanos, que evalúan las prácticas gubernamentales y; representantes privados, quienes contribuyen denunciando prácticas abusivas y penalizando a colaboradores que se vean involucrados.

Nivel social. Las estructuras sociales, roles y normas comunitarias están en la cúspide de los ecosistemas socio-técnicos. Es en esta etapa donde se reconoce que la acción colectiva es más efectiva que los esfuerzos de personajes dispersos. Si esta capa está bien articulada, ella aporta al sistema ingredientes como libertad, sinergia, productividad, privacidad, justicia, transparencia y resolución de conflictos (Whitworth & Ahmad, 2013). Los sistemas anticorrupción son la máxima expresión de organización comunitaria contra la corrupción. Estos son estructuras de colaboración formal entre todas las partes interesadas del ecosistema anticorrupción (instituciones, medios, academia, ciudadanos, empresas privadas y organizaciones del tercer sector) que unen fuerzas en una coalición motivada por objetivos comunes de transparencia e integridad. Los miembros del ecosistema comparten información, influencia y recursos. Para ser funcionales, estas alianzas reclutan liderazgos gubernamentales con un claro compromiso y sentido de pertenencia (Byrne, Arnold, & Nagano, 2010).

3. EL ESTUDIO DE REDES DE CORRUPCIÓN

La corrupción, como otras actividades criminales, tiene una dinámica de red social (Diviák, Dijkstra, & Snijders, 2018). En las redes de corrupción, múltiples actores se coordinan para planear, ejecutar y solapar una acción. Lo anterior plantea la necesidad de metodologías de análisis que puedan trascender más allá de registros individuales y nos ayuden a comprender las conexiones entre los agentes de la

red (Luna-Pla & Nicolás-Carlock, 2020). El análisis de redes sociales es un mecanismo propicio para comprender estas estructuras complejas.

Como disciplina la ciencia de redes nace a principios del siglo XXI y se nutre de los aportes de la sociología y la teoría de grafos. Barabasi (2016) define cuatro características principales de esta área de conocimiento: un enfoque interdisciplinar para afrontar problemas complejos; una orientación empírica dirigida al análisis de datos reales; una naturaleza cuantitativa que aplica formalismos de áreas como la teoría de grafos y la física estadística; y finalmente, un uso extensivo de herramientas computacionales como bases de datos y algoritmos. La aplicación de esta disciplina al análisis de redes sociales permite modelar con naturalidad fenómenos de liderazgo, comunicación y organización humana.

En la última década, múltiples investigaciones han utilizado el análisis de redes sociales para estudiar casos de corrupción. Por ejemplo, Srivastava y Singh (2018) analizaron el caso emblemático de los Papeles de Panamá. Esta investigación utilizó el software Neo4j para modelar las entidades y las relaciones involucradas en el caso. Esto no solamente permitió visualizar el sistema, sino que facilitó el uso de algoritmos de centralidad para determinar el nivel de importancia de los diferentes actores de la red. Este mismo enfoque ha sido utilizado para analizar sistemas de compras públicas de la Unión Europea (Villedieu, 2016) y Brasil (Van Erven, Holanda, & Carvalho, 2017).

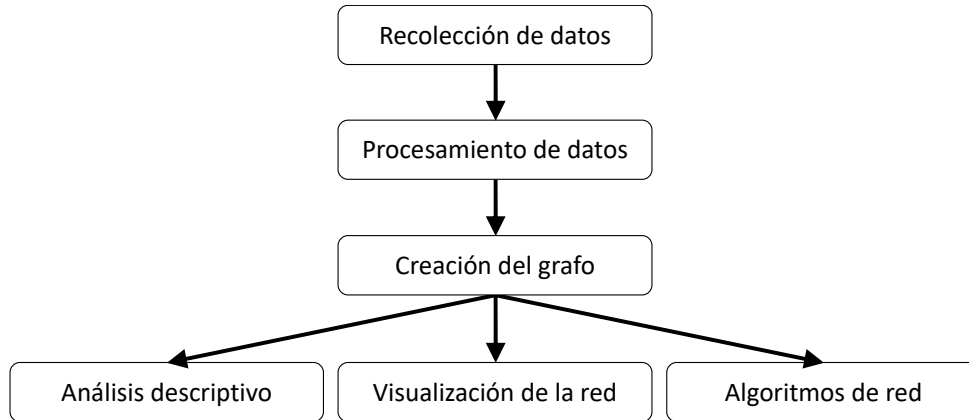
4. CASO DE ESTUDIO, DATOS Y METODOLOGÍA

Costa Rica tiene el lugar 42 de entre 180 naciones medidas en la edición más reciente del Índice de Percepción de la Corrupción de Transparencia Internacional (2020). Esto sitúa a ese país en una posición favorable; ocupa el tercer lugar de América Latina, apenas por detrás de Uruguay y Chile, y muy por delante de los otros países de América Central.

Durante el año 2021 salió a la luz pública un episodio de corrupción emblemático por sus implicaciones mediáticas, judiciales y políticas: el caso Cochinilla. Algunas de las compañías constructoras más grandes del país presuntamente ofrecieron diversos incentivos (dinero, vehículos y servicios sexuales) a funcionarios públicos para recibir un trato preferencial en la asignación de obra pública, especialmente en la construcción y mantenimiento de carreteras. Las irregularidades también involucraron a inspectores, quienes avalaron la calidad de materiales defectuosos. El hecho de que las vías pavimentadas de Costa Rica figuren entre las peores de América Latina hace que el evento cobre mayor relevancia (World Economic Forum, 2019).

El caso Cochinilla señala específicamente a dos empresas constructoras, a las que denominaremos, de aquí en adelante, como proveedor A y B. El objetivo del caso será mostrar el potencial del análisis de redes sociales para diagnosticar la operación de esas dos empresas dentro de la red de obra pública. La Figura 1 muestra los pasos principales de la metodología empleada para desarrollar el caso: primero, la recolección de datos de fuentes relevantes y confiables; segundo, el procesamiento de esos datos para extraer nodos y relaciones; tercero, la creación del grafo según las especificaciones de un modelo. Finalmente, el grafo creado es un habilitador para el análisis descriptivo, la visualización o la aplicación de algoritmos a la red. El código fuente utilizado para desarrollar el caso se muestra en el apartado de material suplementario.

FIGURA 1 FLUJO DE LA METODOLOGÍA SEGUIDA EN EL CASO

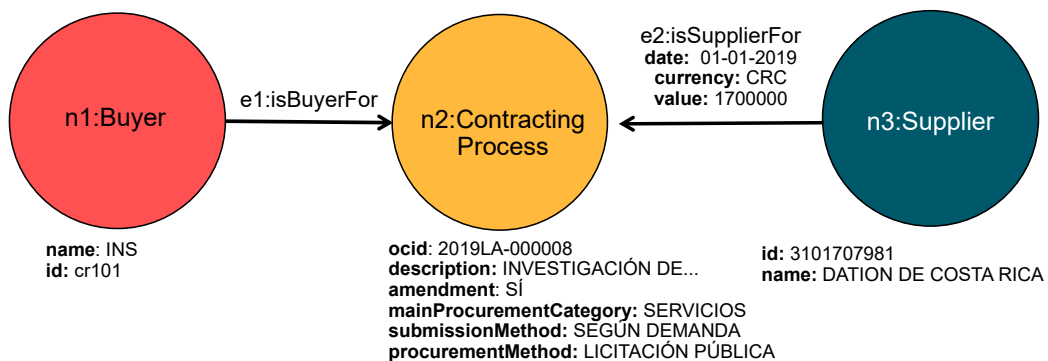


Fuente: Elaborada por los autores.

El conjunto de datos utilizado proviene del Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP, 2022). El SICOP es una plataforma digital de uso obligatorio de la administración central para la tramitación de los procedimientos de contratación administrativa. El conjunto de datos original comprende 103,617 procedimientos de contratación que abarcan un periodo de diez años entre 2011 y 2020.

El siguiente paso del proceso fue la creación de un modelo de datos capaz de capturar las características básicas del problema estudiado. El valor de los hallazgos que se puedan derivar (incluyendo consultas, reportes y visualizaciones) es directamente proporcional a la calidad y las especificaciones de este modelo inicial. Para el diseño del modelo se tomó como referencia los campos formales del Estándar de Datos para las Contrataciones Abiertas (Open Contracting Partnership, 2020) y una ontología para compra pública sugerida por el proyecto europeo TheyBuyForYou (Soylu et al., 2019) para llegar al grafo mostrado en la Figura 2.

FIGURA 2 MODELO DE GRAFO PARA RED DE CONTRATACIÓN PÚBLICA

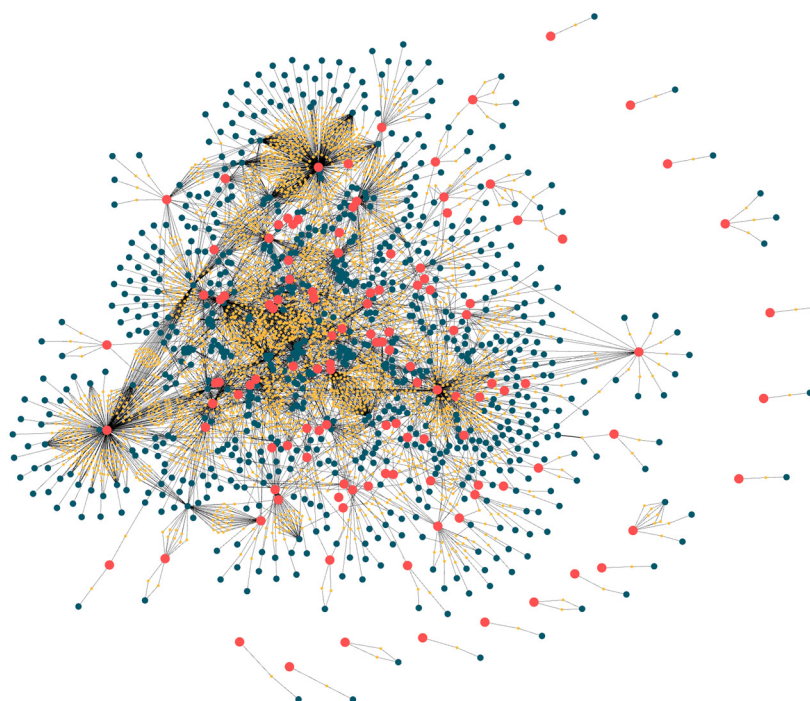


Fuente: Elaborada por los autores usando los campos definidos por el Estándar de Datos para las Contrataciones Abiertas (Open Contracting Partnership, 2020).

El nodo es la unidad fundamental del grafo y se representa con un círculo y sus etiquetas. Los arcos son líneas direccionales que conectan pares de nodos. Tanto los nodos como los arcos pueden tener propiedades asociadas que ayudan a describirlos. A partir de esta especificación se construye un modelo de grafo con tres tipos de nodos: Institution (institución), ContractingProcess (procedimiento de contratación) y Supplier (proveedor). De los nodos que representan a las instituciones se proyectan arcos de tipo isBuyerFor hacia los procedimientos tramitados por ellas. De igual modo, de los nodos que representan a los proveedores se dirigen arcos (identificados con la etiqueta isSupplierFor) hacia los procedimientos adjudicados. De un mismo procedimiento de contratación se pueden derivar contratos hacia múltiples proveedores. Nótese que los nombres de las etiquetas están en inglés debido a que así lo especifica el estándar. La información sobre los contratos individuales está contenida en las propiedades de los arcos de tipo isSupplierFor. Las generalidades del modelo fueron validadas por un periodista especializado en casos de corrupción en la contratación pública.

A pesar de que existen múltiples proveedores de bases de datos de grafos, la tecnología específica escogida para la implementación del modelo fue Neo4j, una base de datos de recurso abierto. Esta plataforma brinda una serie de características que la convierten en una alternativa muy conveniente para modelar una red de compra pública. Por un lado, tiene la capacidad de manejar eficientemente grandes cantidades de datos; dispone de interfaces de usuario amigables y motores de visualización que permiten a públicos no especializados manipular dinámicamente el grafo, para explorar relaciones entre los nodos. Por otro lado, cuenta con librerías para implementar algoritmos de red y operaciones de inteligencia artificial.

Los procedimientos de contratación disponibles se clasifican en cuatro categorías: bienes, servicios, bienes y servicios, y obra pública. La obra pública, que son los procedimientos con los que se trabajó en este caso, representa el 2.3% del número total de procedimientos, pero consume algo más de una cuarta parte del monto total de los contratos. En promedio un procedimiento de obra pública tiene un monto 32 veces mayor a uno de servicios y 9 veces mayor que uno de bienes. El modelo de datos anteriormente descrito fue cargado en Neo4j resultando en 2,996 procedimientos de contratación de obra pública tramitados por 105 instituciones y que otorgaron contratos a 786 proveedores (Ver Figura 3).

FIGURA 3 RED DE OBRA PÚBLICA

Nota: Instituciones (rojo), proveedores (azul) y procedimientos de contratación (amarillo).

Fuente: Elaborada por los autores.

El primer hallazgo que salta a la vista es la dominancia de un gran componente que contiene al 98.3% de los nodos. Los componentes son segmentos de red donde, si se ignora la dirección de los arcos, es posible llegar de un nodo a cualquier otro nodo. Alrededor orbitan algunos componentes menores con pocos nodos. Esta estructura sugiere que ciertos proveedores han servido a múltiples instituciones y que algunos procesos de contratación han beneficiado a varios proveedores simultáneamente, de tal forma que existe la posibilidad de trazar vínculos directos o indirectos entre la mayoría de los agentes del mercado de obra pública en el país.

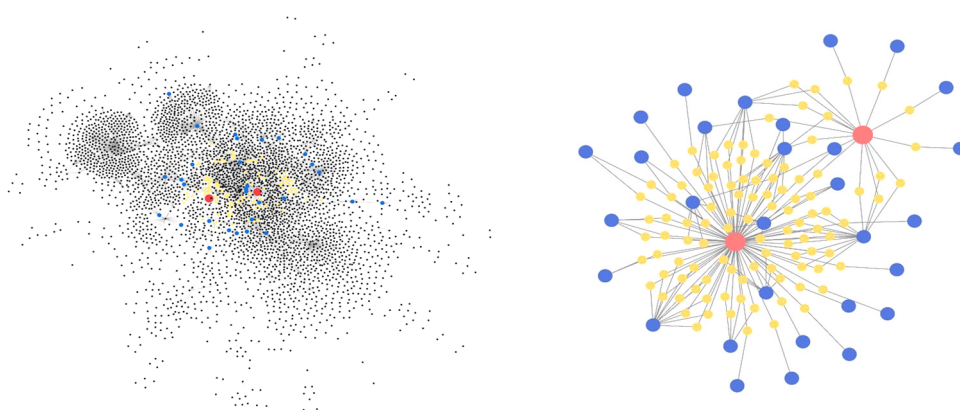
Los proveedores A y B, señalados por el caso Cochinilla, tienen presencia activa en esta red. El proveedor A recibió 90 contratos, mientras que el proveedor B recibió 16 (uno de ellos en consorcio con otra empresa). En el caso de la red de obra pública en cuestión, la mediana de contratos recibidos por los 786 oferentes es de solamente uno. Los 90 contratos del proveedor A son el valor máximo reportado, es decir, el proveedor A es el mayor receptor de contratos; y los contratos de la empresa B la ubican hasta el percentil 95. El número de contratos puede ser un factor trivial si no se toma en cuenta el valor de las transacciones. La sumatoria de los contratos de los proveedores A y B los sitúan en el primer y tercer lugar respectivamente como las mayores receptoras de dinero. Estos totales son 78 y 40 veces mayores al monto total promedio que recibieron las otras empresas.

Otro factor relevante es el nivel de competencia según el tipo de contratación. Mientras que en el caso de las otras empresas el 44% de sus contratos se adjudicaron a través de una licitación, ese porcentaje sube al 79% y al 88% en los proveedores A y B. En principio, las licitaciones son propicias

para adjudicar obras de mayor cuantía a través de una competencia donde entra en juego la calidad y el precio de las ofertas. Esto en claro contraste con las asignaciones directas que suelen justificarse mejor en proyectos de menor valor.

En la Figura 4, la sección de la izquierda muestra el componente principal de la red distinguiendo a los proveedores A y B (rojo), los procedimientos de contratación en los que participaron (amarillo), las instituciones que tramitaron esos procedimientos (azul) y el resto de los actores de la red (nodos en negro). Mientras que la sección de la derecha hace un acercamiento a los nodos del entorno de los proveedores A y B excluyendo a los demás actores.

FIGURA 4 PROVEEDORES A Y B EN LA RED DE OBRA PÚBLICA



Fuente: Elaborada por los autores.

Una inspección superficial del grafo sugiere que los proveedores A y B están situados en el centro de la red de contratación, en lugar de ocupar algún sitio periférico. Sin embargo, más allá de esa interpretación visual, los grafos proporcionan una amplia gama de algoritmos para medir objetivamente el nivel de importancia atribuible a cada actor. La Tabla 1 muestra el resultado de tres de esos algoritmos aplicados a las empresas en cuestión. El grado es el número de vecinos que tiene un nodo. Un grado alto puede ser considerado una evidencia de estatus. La intermediación identifica nodos que funcionan de puente entre diferentes secciones del grafo. Una mayor intermediación sugiere que un nodo tiene control sobre el flujo de información y recursos en la red. La cercanía mide la distancia entre un nodo y todos los demás nodos de la red. Los nodos con mayor cercanía tienen capacidad de diseminar información o recursos dentro de la red a mayor velocidad. Estudios sobre redes criminales caracterizan típicamente a los involucrados en función de estos indicadores. Los grados altos suponen mayor visibilidad, mientras que mayor intermediación y cercanía identifican nodos que conectan y comunican la red. Los líderes de redes criminales suelen tener un grado bajo para permanecer discretos y compensan esa visibilidad con valores altos de los otros indicadores (Diviák et al., 2018).

TABLA 1 MEDIDAS DE CENTRALIDAD DE LA RED DE CONTRATACIÓN DE OBRA PÚBLICA

	Grado	Intermediación	Cercanía
Proveedor A	90	1,412,249	0.22
Proveedor B	16	22,359	0.15
Promedio (n = 786)	4	12,451	0.14
Mediana (n = 786)	1	0	0.14

Fuente: Elaborada por los autores.

Los resultados sugieren que los proveedores A y B tienen valores altos para los tres indicadores. Siendo el proveedor A el nodo de la red que figura de primero para todos ellos. Lo anterior los convierte en nodos altamente visibles en todas las dimensiones de centralidad. En la práctica, percatarse de esto implicaría que son actores cuya actividad debería recibir un seguimiento atento.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El caso desarrollado, sin ser exhaustivo en sus implicaciones e implementación, proporciona una estructura genérica para facilitar el análisis de indicios de corrupción en compra pública utilizando tecnologías de información. Las ventajas de desplegar la información en forma de grafo saltan a la vista. Este tipo de bases de datos ofrecen interfaces de consulta funcionales para usuarios técnicos y no técnicos. Una adopción exitosa de estas tecnologías en el campo dependerá de dotar a la solución de recursos adecuados en los niveles mecánico e informacional; comprender las necesidades de diferentes públicos en el nivel personal y convertir sus hallazgos en acciones concretas a través del nivel comunitario.

Los resultados obtenidos también muestran la importancia de disponer de datos para que el combate a la corrupción esté basado en evidencia y no en meras especulaciones. Sin datos apropiados, frescos, abundantes y de buena calidad no es posible esperar un gran desempeño, inclusive si se tratara de la mejor plataforma de tecnologías de información. Además, si los datos se encuentran en formatos abiertos se garantiza que cualquiera puede acceder, usar, reutilizar, compartir y comparar sus hallazgos. El ejemplo mostrado está limitado a una sola fuente de información, sin embargo, para poblar el grafo más apropiadamente se requieren de otras fuentes de datos, que en el caso costarricense no fue posible de identificar, al menos en formato abierto.

Pensando en futuras líneas de investigación, sería deseable experimentar con implementaciones más complejas de un grafo de conocimiento, donde verdaderamente se vea plasmada la diversidad de fuentes de información. Posiblemente otros países de América Latina mejor posicionados en los rankings de disponibilidad de datos abiertos como Brasil, México o Colombia ofrezcan condiciones favorables para ello. También sería valioso evaluar la implementación sociotécnica desde la perspectiva de los retos que enfrenta el diseñador de políticas públicas para articular una solución en las capas personal y comunitaria. Entre estos retos podríamos mencionar la necesidad de fundamentos regulatorios para el uso de la tecnología anticorrupción y el diseño de mecanismos de interacción entre públicos especializados y no especializados.

REFERENCIAS

- Barabasi, A. L. (2016). *Network science*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Bertalanffy, L. (1968). *General System Theory: Foundations, Development*. New York, NY: George Braziller.
- Byrne, E., Arnold, A. K., & Nagano, F. (2010). *Building Public Support for Anti-Corruption Efforts: Why Anti-Corruption Agencies Need to Communicate and How*. Washington, DC: UNODC, CommGAP, and The World Bank. Recuperado de <https://www.unodc.org/documents/corruption/Publications/StAR/CorruptionWhitePaperpub31110screen.pdf>
- Diviák, T., Dijkstra, J. K. & Snijders, T. A. B. (2018). Structure, multiplexity, and centrality in a corruption network: the Czech Rath affair. *Trends in Organized Crime*, 22, 274-297. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s12117-018-9334-y>
- Gartner. (2019). *2020 CIO Agenda: Resilience During Disruption*. Recuperado de <https://www.gartner.com/en/publications/2020-cio-agenda>
- Luna-Pla, I., & Nicolás-Carlock, J. R. (2020). Corruption and complexity: a scientific framework for the analysis of corruption networks. *Applied Network Science*, 5(13), 1-18. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s41109-020-00258-2>
- Open Contracting Partnertship. (2020). *Open Contracting Data Standard*. Recuperado de <https://standard.open-contracting.org/latest/en/>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2017). *Government at a Glance - 2017 Edition*. Recuperado de https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=GOV_2017
- Sistema Integrado de Compras Públicas. (2022). *Datos Abiertos Adjudicaciones*. Recuperado de <https://www.sicop.go.cr/index.jsp>
- Soylu, A., Elvesæter, B., Turk, P., Roman, D., Corcho, O., Simperi, E., ... Lech, T. C. (2019). Towards an Ontology for Public Procurement Based on the Open Contracting Data Standard. In I. O. Pappas, P. Mikalef, Y. K. Dwivedi, L. Jaccheri, J. Krogstie, & M. Mäntymäki (Eds.), *Digital Transformation for a Sustainable Society in the 21st Century*. (Lecture Notes in Computer Science, Vol. 11701, pp. 230-237). Cham, Switzerland: Springer. Recuperado de https://doi.org/10.1007/978-3-030-29374-1_19
- Srivastava, S., & Singh, A. K. (2018). Graph Based Analysis of Panama Papers. In *Proceedings of the 5^o International Conference on Parallel, Distributed and Grid Computing*, Himachal Pradesh, India. Recuperado de <https://doi.org/10.1109/PDGC.2018.8745785>
- Transparencia Internacional. (2020). *Corruption Perception Index*. Recuperado de <https://www.transparency.org/en/cpi/2020/index/nzl>
- Van Erven, G. C. G., Holanda, M., & Carvalho, R. N. (2017). Detecting Evidence of Fraud in the Brazilian Government Using Graph Databases. In A. Rocha, A. Correia, H. Adeli, L. Reis, & S. Costanzo (Eds.), *Recent Advances in Information Systems and Technologies (Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol. 570, pp. 464-473)*. Cham, Switzerland: Springer. Recuperado de https://doi.org/10.1007/978-3-319-56538-5_47
- Villedieu, J. (2016, enero 04). Exploring €1.3 trillion in public contracts with graph visualization. *Linkurious*. Recuperado de <https://linkurious.com/blog/exploring-e1-3-trillion-in-public-contracts-with-graph-visualization/>
- Whitworth, B., & Ahmad, A. (2013). Socio-Technical System Design. In Interaction Design Foundation (Ed.), *The Encyclopedia of Human-Computer Interaction* (Chap. 24, 2a ed.). Recuperado de <https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed/socio-technical-system-design>
- World Economic Forum. (2019). *Quality of roads*. Recuperado de https://reports.weforum.org/pdf/gci-2017-2018-scorecard/WEF_GCI_2017_2018_Scorecard_EOSQ057.pdf

MATERIAL SUPLEMENTARIO

El código fuente utilizado para desarrollar el caso puede descargarse en el siguiente repositorio: <https://github.com/gvaleriou/tecnologias-de-informacion-para-lucha-anticorrupcion>

Dagoberto José Herrera Murillo

<https://orcid.org/0000-0002-6331-5929>

Maestro en Big Data Management & Analytics; Profesor en la Escuela de Informática de la Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología. E-mail: dherreram752@ulacit.ed.cr

Gabriel Valerio-Ureña

<https://orcid.org/0000-0002-4446-6801>

Doctor en Innovación Educativa; Director del Doctorado en Innovación Educativa del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. E-mail: gvalerio@tec.mx

Gabriel Silva Atencio

<https://orcid.org/0000-0002-4881-181X>

Doctor en Dirección de Empresas; Jefe de cátedra en la Escuela de Informática de la Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología. E-mail: gsilvaa468@ulacit.ed.cr

Jorge Asprón

<https://orcid.org/0000-0001-9332-0553>

Doctorando en Estudios Humanísticos en la Escuela de Humanidades y Educación del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. E-mail: a00884529@tec.mx

Alejandra Álvarez Alfaro

<https://orcid.org/0000-0003-3156-2084>

Licenciada en Informática con Énfasis en Gestión de Recursos Tecnológicos por la Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología. E-mail: aalvareza773@ulacit.ed.cr

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Dagoberto José Herrera Murillo: Conceptualización (Superior); Selección de datos (Superior); Análisis formal (Superior); Software (Superior); Visualización (Superior); Borrador del escrito original (Superior); Revisión del escrito y edición (Igual).

Gabriel Valerio-Ureña: Conceptualización (Soporte); Adquisición de financiación (Superior); Borrador del escrito original (Soporte); Revisión del escrito y edición (Igual).

Gabriel Silva Atencio: Conceptualización (Soporte); Visualización (Soporte); Adquisición de financiación (Soporte); Borrador del escrito original (Soporte); Revisión del escrito y edición (Igual).

Jorge Asprón: Borrador del escrito original (Soporte); Revisión del escrito y edición (Igual).

Alejandra Álvarez Alfaro: Selección de datos (Soporte); Análisis formal (Soporte); Visualización (Soporte).