

UNA INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN DE REDES EN ARQUEOLOGÍA: ¿QUÉ ES Y POR QUÉ LA NECESITAMOS?

An introduction to Archaeological Network Research: What is it and why do we need it?

TOM BRUGHMANS * y DAVID LAGUNA-PALMA **

RESUMEN La investigación de redes en arqueología es una subdisciplina en auge, en la que se estudian una gran variedad de cuestiones sobre el pasado humano a través de la teoría relacional y los métodos formales de redes. Este artículo tiene como objetivo exponer el potencial de la investigación de redes en el ámbito arqueológico. Para ello, comenzamos definiendo la propia subdisciplina, destacando la importancia de cada uno de sus elementos constitutivos y señalando qué tipos de cuestiones históricas pueden abordarse a través de ella. Como resultado, pretendemos ofrecer al lector una comprensión más profunda acerca de “qué” es la investigación de redes, “qué” podemos hacer con ella y, lo que es más importante, “por qué” la necesitamos.

Palabras clave: Investigación de redes, Ciencia de redes, Teoría relacional, Análisis exploratorio de datos, Modelización teórica, Arqueología.

ABSTRACT Network archaeological research is a thriving sub-discipline, in which a wide range of research questions about the human past are studied through relational theory and formal network methods. This paper aims to expose the potential of network archaeological research. To do so, we begin by defining the sub-discipline itself, addressing the importance of each of its constituting elements and what kinds of historical questions can be solved through it. As a result, we aim to provide a deeper understanding of “what” network research is, “what” we can do with it, and, most importantly, “why” we need it.

Key words: Network Research, Network Science, Relational Theory, Exploratory Data Analysis, Theory Modelling, Archaeology.

* Tom Brughmans (Orcid: 0000-0002-1589-7768) Classical Archaeology and Centre for Urban Network Evolutions (UrbNet), Aarhus University, Moesgård Allé 20, 8270 Højbjerg, Dinamarca. t.b@cas.au.dk

** David Laguna-Palma (Orcid: 0000-0001-8425-9324) Departamento de Prehistoria y Arqueología, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Granada, Campus Universitario de Cartuja, 18071 Granada. dlaguna@ugr.es

Fecha de recepción: 04-04-2023. Fecha de aceptación: 19-11-2023.

<http://dx.doi.org/10.30827/CPAG.v33i0.27790>

INTRODUCCIÓN

La investigación de redes en arqueología es una subdisciplina en auge, en la que se estudian una gran variedad de cuestiones sobre el pasado humano a través de la teoría relacional y los métodos formales de redes. Estos estudios abarcan desde las relaciones sociopolíticas entre los estados mayas del periodo clásico, reflejadas a través de sus inscripciones (Munson *et al.*, 2014), hasta la posible comunicación mediante señalización visual entre los *oppida* ibéricos, estudiada a través de las líneas de visión que los conectan (Grau, 2003). Otros ejemplos incluyen las relaciones de parentesco entre las familias de la élite enterradas en el desierto sirio de Palmira (Brughmans *et al.*, 2021), así como el cambio a largo plazo en las interacciones entre las comunidades precolombinas del suroeste de Estados Unidos (Mills *et al.*, 2013). En este sentido, el presente artículo ofrece un recorrido introductorio por la investigación de redes en arqueología: ¿qué es y cómo la definimos?, ¿qué tipos de fenómenos del pasado se han estudiado?, ¿por qué debería interesarnos y qué puede hacer por nosotros que no pueda hacer ningún otro enfoque?

Sin embargo, escapa del propósito de este artículo el llevar a cabo una descripción pormenorizada de las técnicas fundamentales, realizar una revisión bibliográfica exhaustiva o proporcionar una guía práctica sobre cómo emplear los métodos más comunes. Afortunadamente, existen ya un buen número de publicaciones recientes que ofrecen una amplia visión de los enfoques y técnicas abordados en la investigación de redes en el ámbito arqueológico. Autores como Brughmans (2013), Knappett (2013), Collar *et al.* (2015), Mills (2017), Peeples (2019) o Donnellan (2020) han publicado magníficas revisiones críticas acerca de esta subdisciplina. Igualmente, el Oxford Handbook of Archaeological Network Research (Brughmans *et al.*, 2023) ofrece capítulos que revisan todo tipo de aplicaciones, y el Cambridge Manual of Network Science in Archaeology (Brughmans y Peeples, 2023) describe de manera exhaustiva los métodos más comunes, proporcionando un punto de partida para ponerlos en práctica.

¿QUÉ?

Investigación de redes VS ciencia de redes

Utilizamos el término “investigación de redes” para referirnos a cualquier estudio arqueológico que adopte explícitamente una perspectiva relacional, desarrolle aspectos del pensamiento en red o emplee métodos formales de redes (Brughmans *et al.*, 2023). Por otro lado, el término “ciencia de redes” se refiere, de manera más específica, al estudio de los datos de red. Una definición útil de la ciencia de redes es la que Brandes *et al.* (2013) ofrecen en el primer número de la revista *Network Science*, donde esta se describe como “the study of the collection, management, analysis, interpretation, and presentation of relational data” (Brandes

et al., 2013:2). Es importante destacar que esta definición bien podría servir para describir también a los Sistemas de Información Geográfica (SIG), si sustituimos la palabra “relational” por “spatial”: es decir, “the study of... spatial data”. Así, lo que realmente distingue a la ciencia de redes es su enfoque específico sobre los datos de red. Podríamos afirmar, entonces, que la ciencia de redes comprende todos aquellos métodos y enfoques que se ocupan del pensamiento relacional, la representación de ideas relacionales, la gestión de datos relacionales, y su posterior análisis e interpretación. Todo ello con el objetivo de mejorar nuestra comprensión sobre ciertos fenómenos del pasado.

Esta definición también aclara algunas cuestiones semánticas. Aunque pueden encontrarse diferentes términos en la literatura especializada, tales como “análisis de redes”, “análisis de redes sociales”, “redes complejas” o “ciencia de redes”, el uso de cada uno de ellos responde a diferentes casuísticas. Así, por ejemplo, el término “redes complejas” se utiliza normalmente en publicaciones sobre física y ciencias de la computación, a menudo centradas en el desarrollo de métodos y su aplicación a grandes conjuntos de datos. Estos estudios suelen enmarcarse en el ámbito de las ciencias de la complejidad, donde las redes se utilizan frecuentemente para representar sistemas complejos. Por su parte, el concepto “análisis de redes” hace hincapié en el análisis de datos de red, pero no implica necesariamente su recopilación, representación e interpretación. En cambio, “análisis de redes sociales”, se refiere a un campo de estudio propio de las ciencias sociales, y centra su atención en la naturaleza social de los fenómenos estudiados. Sin embargo, este término no abarca adecuadamente aquellos estudios más preocupados por otros factores, como el medioambiente o la cultura material.

En este contexto, aunque el objetivo último de la arqueología sea estudiar aquellos aspectos relacionados con la materialidad o el entorno para comprender mejor las sociedades del pasado, el hecho de no poder hacerlo directamente mediante la observación de las mismas nos lleva a estudiarlas a través de indicadores indirectos, como su cultura material. Por lo tanto, preferimos usar el término “investigación de redes” para referirnos a cualquier estudio que adopte explícitamente una perspectiva relacional, desarrolle aspectos del pensamiento en red o emplee métodos formales de redes. Y reservamos el término “ciencia de redes” para referirnos a aquella investigación relacionada con la gestión, representación o análisis de datos de red.

¿Qué son datos de red?

Los datos de red se componen de dos grupos de elementos principales: un conjunto de objetos (a menudo denominados “nodos” en la terminología de redes), y una serie de conexiones entre pares de estos nodos (generalmente denominados “enlaces” o “aristas”). Los nodos representan las entidades de interés para la investigación y se asume que estas son definibles y delimitadas, al menos a efectos de análisis y comunicación. Dichas entidades pueden representar cualquier elemento susceptible de estudio arqueológico, como semillas, microlitos, individuos, yaci-

mientos, regiones e incluso autores o publicaciones arqueológicas. Por su parte, los enlaces o aristas, como ya se ha mencionado, constituyen las conexiones entre nodos (Brughmans *et al.*, 2023). Estas conexiones son fundamentales, ya que reflejan el motivo por el cual adoptamos una perspectiva relacional en nuestro estudio arqueológico. Nos permiten evaluar la importancia de las relaciones o la conectividad entre los nodos y explorar los diferentes tipos de relaciones que pueden existir entre ellos. Dichas conexiones pueden representar relaciones sociales, como la amistad o el parentesco entre individuos, pero también pueden indicar la presencia común en distintos yacimientos de ciertos elementos de la cultura material (como un tipo concreto de cerámica, metal u objeto lítico).

¿Para qué se utiliza la ciencia de redes en arqueología?

Análisis exploratorio de datos y modelización teórica

Consideramos útil distinguir entre dos grupos de aplicaciones concretas de la ciencia de redes en arqueología: el análisis exploratorio de datos y la modelización teórica.

Buena parte de los estudios publicados pertenecen al primer caso, haciendo uso de la representación de datos de red y su análisis para el estudio de conjuntos de datos arqueológicos (por ejemplo, Leidwanger, 2017). En estos trabajos, la motivación parte de los datos y tiene un carácter fundamentalmente exploratorio, planteando preguntas como: ¿qué patrones exhibe el conjunto de datos arqueológicos?, ¿cómo se estructuran las relaciones?, ¿cómo se relacionan los nodos entre sí?, ¿cuáles son las imperfecciones conocidas o desconocidas del conjunto de datos? El análisis exploratorio requiere de la selección de un aspecto específico del conjunto de datos para ser representado como nodos, y algún otro aspecto como reflejo de las relaciones documentadas entre estos nodos.

Un ejemplo práctico podría ser un conjunto de datos arqueológicos que incluya una lista de yacimientos y las frecuencias de una serie de tipologías cerámicas documentadas en cada uno de ellos. En este caso, los yacimientos podrían representarse como nodos, mientras que la copresencia y frecuencia de un tipo de cerámica como un enlace entre estos nodos (para un ejemplo, véase Mills *et al.*, 2013). Cabe destacar que, en este caso, se trata simplemente de una representación de red de un conjunto de datos arqueológicos que podrían representarse igualmente utilizando herramientas espaciales o textuales (es decir, un mapa o una hoja de cálculo). La representación de datos de red en sí misma, no lleva implícita ninguna suposición teórica sobre lo que significa que dos yacimientos presenten un mismo tipo de cerámica, ni tampoco presupone si dicha coincidencia puede revelar algún tipo de relación que sea de interés para la investigación. Más bien, es responsabilidad del arqueólogo argumentar por qué resulta relevante y de interés que un determinado conjunto de datos sea representado como datos de red, posibilitando así la aplica-

ción de nuevas perspectivas y posibilidades de análisis que otras representaciones no permiten.

Un número menor, aunque en crecimiento, de aplicaciones se ocupa del segundo de los casos, es decir, del uso de datos de red para representar una teoría relacional, explorando cómo se desarrolla a lo largo del tiempo y estudiando sus implicaciones (por ejemplo, Knappett *et al.*, 2008). En estos estudios, la motivación no parte de los datos, sino de la teoría: ¿cuál es mi hipótesis arqueológica sobre un fenómeno relacional del pasado?, ¿qué estructura de red representa mejor mi hipótesis?, ¿qué procesos tienen lugar sobre esta estructura de red como medio (es decir, cómo fluyen los bienes, las personas o las ideas por dicha red)?, ¿cuáles son los procesos que rigen la creación y eliminación de nodos y enlaces? Un caso ilustrativo es el estudio realizado por Knappett, Evans y Rivers (2008, 2011) sobre la conectividad entre comunidades insulares durante el Bronce Medio en el Egeo. En dicho estudio, no contaban previamente con información compilada y publicada que permitiese explorar tales interacciones, lo que imposibilitaba llevar a cabo un análisis exploratorio. No obstante, esto no fue un obstáculo para desarrollar teorías muy detalladas acerca de cómo se estructuraron y evolucionaron las interacciones entre las comunidades del Egeo.

En su modelo de red ARIADNE, Knappett *et al.* (2008) llevaron a cabo una representación formal de una de estas teorías, en la que los nodos representan comunidades insulares con una ubicación espacial específica y las conexiones representaban relaciones de importación y exportación basadas en sus ubicaciones relativas. Esto les permitió explorar qué posición estructural ocupan las diferentes comunidades y cuáles son las oportunidades que se les brindan gracias a su posición y, además, qué sucede en caso de que se elimine una comunidad (como ocurrió con la erupción volcánica de Akrotiri, en la actual Tera; Knappett *et al.*, 2011). En este tipo de estudios, las relaciones se representan explícitamente, ya que el propósito es precisamente comprender cuáles son sus implicaciones. En un contexto ideal, tendríamos acceso a distintos conjuntos de datos arqueológicos independientes, que podrían utilizarse para diseñar simulaciones que demuestren la plausibilidad de tales planteamientos.

Aplicaciones diversas: en su mayoría regionales

Los procedimientos anteriormente descritos han sido empleados para examinar una gran variedad de teorías relacionales y conjuntos de datos arqueológicos. Como resultado, se pueden encontrar numerosos estudios exhaustivos en la literatura especializada (por ejemplo, Brughmans, 2013; Brughmans *et al.*, 2023; Brughmans y Peeples, 2023; Mills, 2017; Peeples, 2019). No obstante, a pesar del creciente número de trabajos, aún existe margen de crecimiento en cuanto a la diversidad de aplicaciones, debido a que —en realidad— apenas hemos arañado la superficie de cómo puede emplearse la investigación de redes en arqueología.

Un indicador de ello es el hecho de que la gran mayoría de trabajos publicados en este campo se centran en el ámbito regional —un ejemplo de ello es el volumen editado por Knappett (2013). De hecho, las aproximaciones a escalas más pequeñas o sobre áreas geográficas más amplias son más bien escasas. Además, la arqueología posee un gran potencial para realizar aportaciones innovadoras que resulten fundamentales para la ciencia de redes en un sentido más amplio. Esto puede lograrse aprovechando aspectos clave de nuestra disciplina, como el uso de datos materiales para estudiar el comportamiento humano y explorar procesos sociales a largo plazo.

Varios ejemplos de aplicaciones son:

Redes sociales: a pesar de ser el pilar fundamental de la ciencia de redes al margen de la arqueología, el estudio explícito de las redes sociales —entendidas como las conexiones interpersonales entre individuos— es muy poco frecuente en nuestra disciplina. Por supuesto, esto se debe casi por completo al hecho de que no podemos observar directamente la interacción de las personas que estudiamos. Esto ha llevado a los arqueólogos a ser especialmente creativos y a teorizar de forma muy precisa en los pocos intentos de estudiar explícitamente las redes sociales del pasado.

Un ejemplo es el trabajo realizado por Shawn Graham (2009), el cual exploró las conexiones interpersonales entre individuos involucrados en el comercio de ladrillos en el valle del Tíber, en torno a la antigua Roma. Para ello, estudió tanto los ladrillos como las fuentes escritas, lo que le permitió identificar los nombres de distintos grupos de individuos responsables de la fabricación de estos materiales. En primer lugar, los ladrillos suelen llevar un sello que incluye un nombre que podría referirse a la persona responsable del taller donde se fabricaron. En segundo lugar, mediante la excavación e identificación de los hornos de cocción donde se produjeron estos ladrillos, se logró determinar —en conjunto con las fuentes escritas— quién era el propietario de los terrenos donde se ubicaban estos hornos. En tercer lugar, la caracterización arqueométrica de los ladrillos le permitió identificar los lugares de extracción de la arcilla y, una vez más, determinar quién era el propietario de los terrenos en los que se encontraban estos recursos. Todo ello permitió a Graham reconstruir una red interpersonal que incluía desde las personas que manipulaban la arcilla para fabricar objetos tan cotidianos como los ladrillos, hasta alcanzar a los miembros de la propia familia imperial. Es cierto que el valle del Tíber y la capital imperial de Roma ofrecen fuentes excepcionalmente bien documentadas y estudiadas, por lo que este enfoque no puede aplicarse en todos los casos. No obstante, es un excelente ejemplo de cómo la creatividad, la arqueología y la combinación de distintos tipos de fuentes pueden ayudarnos a acercarnos un poco más a los individuos del pasado.

Redes de transporte: las rutas de transporte, incluidas las carreteras, los ríos navegables y las rutas marítimas, también pueden conceptualizarse como redes. Esta perspectiva es habitual cuando utilizamos —por ejemplo— un software de búsqueda de rutas para formular preguntas relacionales del tipo: “¿cómo puedo

desplazarme a pie de mi casa al trabajo utilizando vías transitables?”. Estas cuestiones pueden resolverse mediante representaciones en red de las rutas de transporte.

Volviendo a la potencial aplicabilidad de estos enfoques en el ámbito de la arqueología, un ejemplo pionero es el estudio de Leif Isaksen (2008) sobre el sistema de transporte romano en la provincia Bética, en el sur de la península ibérica. Este estudio se basó en cuatro fuentes diferenciadas: rutas documentadas tanto a través de evidencia material como de fuentes textuales, como los vasos de Vicarello, los itinerarios Antoninos y la Cosmografía de Rávena, además de los tramos navegables de los ríos Genil y Guadalquivir. En su modelo, los asentamientos romanos distribuidos a lo largo de estas rutas se representaron como nodos, y cada uno de ellos se conectó con otros por medio de un enlace si al menos una fuente indicaba que se podía viajar entre ellos. Esta representación de red ha permitido no solo estudiar la estructura de las fuentes citadas, sino también plantear preguntas como: ¿qué ruta se podría haber seguido para viajar de Corduba a Gades, y cuánto tiempo y recursos eran necesarios? (Para otros ejemplos en la península ibérica, véase Carreras y De Soto, 2013; De Soto, 2019; De Soto y Carreras, 2021). Igualmente, una representación de esta idea aplicada a todo el Imperio Romano puede explorarse en ORBIS, Stanford Geospatial Model of the Roman Empire (Scheidel, 2014) (fig. 1).

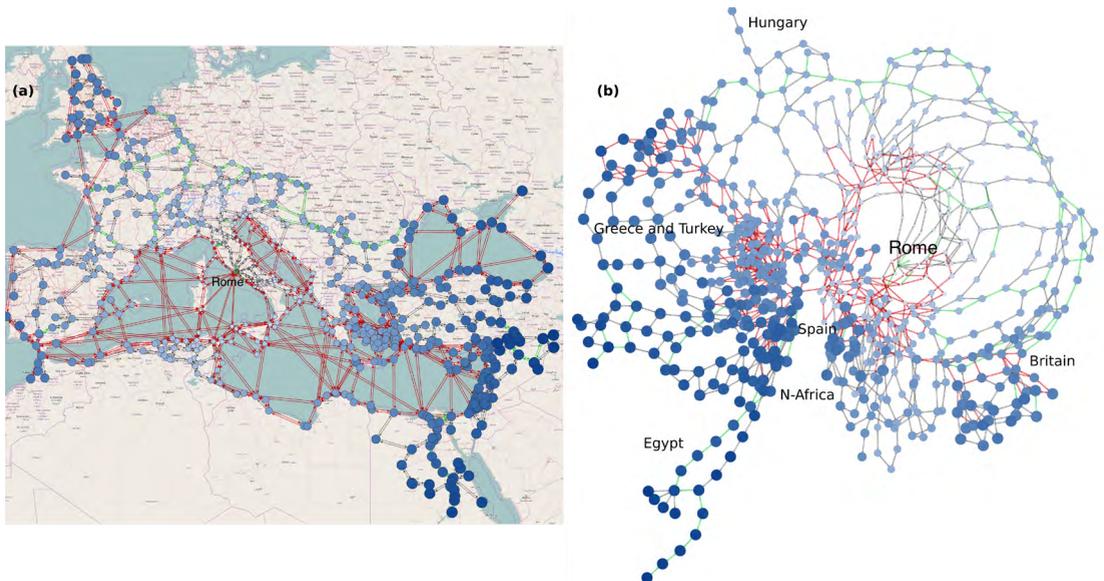


Fig. 1.—(a) Representación geográfica y (b) topológica de la red de transporte romana (fuente: orbis.stanford.edu; Meeks *et al.*, 2014). Los nodos representan los asentamientos romanos y los enlaces las conexiones viarias, fluviales o marítimas entre ellos. El tamaño y el color de los nodos representa la distancia física con Roma a través de la red: cuanto más grande y oscuro es el nodo, más lejos se encuentra este asentamiento de Roma siguiendo las rutas del sistema de transporte. Obsérvese la caída de los resultados con la distancia a Roma estructurada por las rutas de transporte en lugar de la distancia a “vuelo de pájaro”. Los colores de los enlaces representan su tipología: rojo = mar, verde = río, gris = carretera. Fondo © Openstreetmap (figura de Brughmans y Peeples, 2020:Fig. 15.6).

Redes de visibilidad: la capacidad de ver elementos en el paisaje circundante es un tema frecuente en la arqueología del paisaje, aunque no tanto en la investigación de redes (para una excepción, véase O’Sullivan y Turner, 2001). Crear representaciones de redes de los fenómenos de visibilidad es un área en la que los arqueólogos han diversificado ampliamente sus investigaciones (para diversos métodos, véase Brughmans y Brandes, 2017; Rawat *et al.*, 2021). En este tipo de redes, tanto la ubicación del observador como la del objeto observado se conceptualizan como nodos. Si se puede trazar una línea de visión para conectar el nivel de los ojos del observador con la ubicación observada, entonces esta línea de visión puede representarse como un enlace dirigido entre los dos nodos.

Los arqueólogos han empleado las redes de visibilidad principalmente para el estudio de dos fenómenos: la señalización y el control visual. La señalización visual implica el uso de fuego, humo, luz o banderas para transmitir información entre distintas ubicaciones. Estos mecanismos resultaban muy útiles al conectar —por medio de ubicaciones intermedias— un gran número de emplazamientos distribuidos a lo largo de una amplia región. Este sistema es especialmente robusto cuantos más caminos diversos pueda seguir la información a través de diferentes ubicaciones. Por otro lado, mientras que la señalización visual se asocia con caminos y la intervisibilidad (bidireccional) entre determinados lugares, los fenómenos de control visual tienen más que ver con la visibilidad (generalmente unidireccional) entre una ubicación y sus inmediaciones. Esto implica la capacidad que se tiene desde un punto en el paisaje para observar directamente determinados lugares de interés (es decir, de controlarlos visualmente).

Un ejemplo de ello sería cómo aquellos asentamientos que desempeñaban un papel central en la organización política o económica de una determinada región habrían estado situados en determinados lugares desde los que pudiesen controlar visualmente el paisaje circundante, observando el movimiento de amigos y enemigos, vigilando zonas clave de extracción de recursos y/o los asentamientos dependientes. Algunos de los trabajos publicados sobre control visual y señalización a través de fenómenos de visibilidad son los estudios sobre los *oppida* de la Edad del Hierro en el Este de la península ibérica (Grau, 2003, 2004, 2005; Ruestes, 2008) o sobre los patrones de asentamiento de la Edad del Hierro y época romana en el sur peninsular de Brughmans *et al.* (2014, 2015) y Keay y Earl (2011) (fig. 2).

Redes de similitud: la aplicación más común de los métodos de redes en arqueología es el estudio exploratorio de similitudes entre conjuntos de materiales documentados en distintos yacimientos (Östborn y Gerding, 2014, 2015, 2023). En estas redes de similitud arqueológica, cada yacimiento se representa como un nodo, y se establece una conexión entre dos nodos si los materiales documentados en ellos son similares en función de alguna definición de similitud previamente establecida. Podría decirse que la definición más sencilla de este tipo de aproximaciones es la copresencia: si el mismo artefacto (por ejemplo, un tipo de cerámica) se documentó en un par de yacimientos, entonces se considera que el tipo de artefacto está copresente en ambos y se establece una relación entre ellos (fig. 3). Tal red

proporción (por ejemplo, tipo X = 25% y tipo Y = 75% en ambos yacimientos), entonces los yacimientos A y B serán altamente similares según el coeficiente de Brainerd-Robinson. Esta medida también requiere cierto grado de confianza en las frecuencias registradas de los tipos de artefactos, en el sentido de que la representación proporcional de cada tipo debe ser fiable. A diferencia del método de copresencia, que trata por igual yacimientos con frecuencias totales muy diferentes, ya que en este caso solo importa la proporción relativa de tipos de artefactos.

Redes bibliométricas: como arqueólogos, no estudiamos exclusivamente fenómenos del pasado, sino que —a veces— nos centramos en el presente, en la estructura de nuestros conjuntos de datos, nuestra recopilación de los mismos, el proceso de creación de conocimiento y las comunidades académicas responsables de su creación. Los enfoques de redes bibliométricas resultan especialmente valiosos para estos fines (Mickel *et al.*, 2023). Un ejemplo particularmente inspirador lo encontramos en el trabajo de Allison Mickel (2016), quien exploró las relaciones entre los investigadores a través de los diarios de excavación del yacimiento de Çatal Höyük (Turquía). Adicionalmente, también podrían crearse redes de citación para explorar las influencias explícitas entre publicaciones, representando cada publicación como un nodo y un enlace dirigido entre ellas cuando son citadas (Brughmans, 2013). Este enfoque podría aplicarse a toda una disciplina para identificar comunidades centradas en torno a diferentes temas o grupos de artículos con fuentes compartidas, como demuestran los análisis de redes de citas llevado a cabo por Anthony Sinclair (2016, 2018).

Las comunidades académicas también pueden explorarse mediante la creación de redes de coautoría en las que los nodos representan a los autores y un par de nodos se conectan entre sí si estos han compartido autoría en al menos una publicación (fig. 4) (por ejemplo, Brughmans y Peebles, 2017). No obstante, las comunidades académicas no solo están conectadas por un corpus de publicaciones previas, también las conectan conjuntos de datos arqueológicos u observaciones de uso común. Así, las citas de determinados objetos o artefactos individuales pueden revelar comunidades de práctica arqueológica. Este fue el enfoque del estudio de Brughmans, Pérez y Remesal Rodríguez (2023), quienes conectaron publicaciones entre sí si ambas citaban el mismo tipo de ánfora romana acompañada de un sello (según la información recogida en la base de datos CEIPAC de inscripciones romanas), dando como resultado comunidades que tienden a citar los mismos grupos de objetos arqueológicos.

¿POR QUÉ?

¿Qué tiene de especial la investigación de redes?

En las secciones previas, se ha descrito qué se puede hacer y qué se ha hecho hasta ahora a la hora de aplicar ciencia de redes a cuestiones de investigación

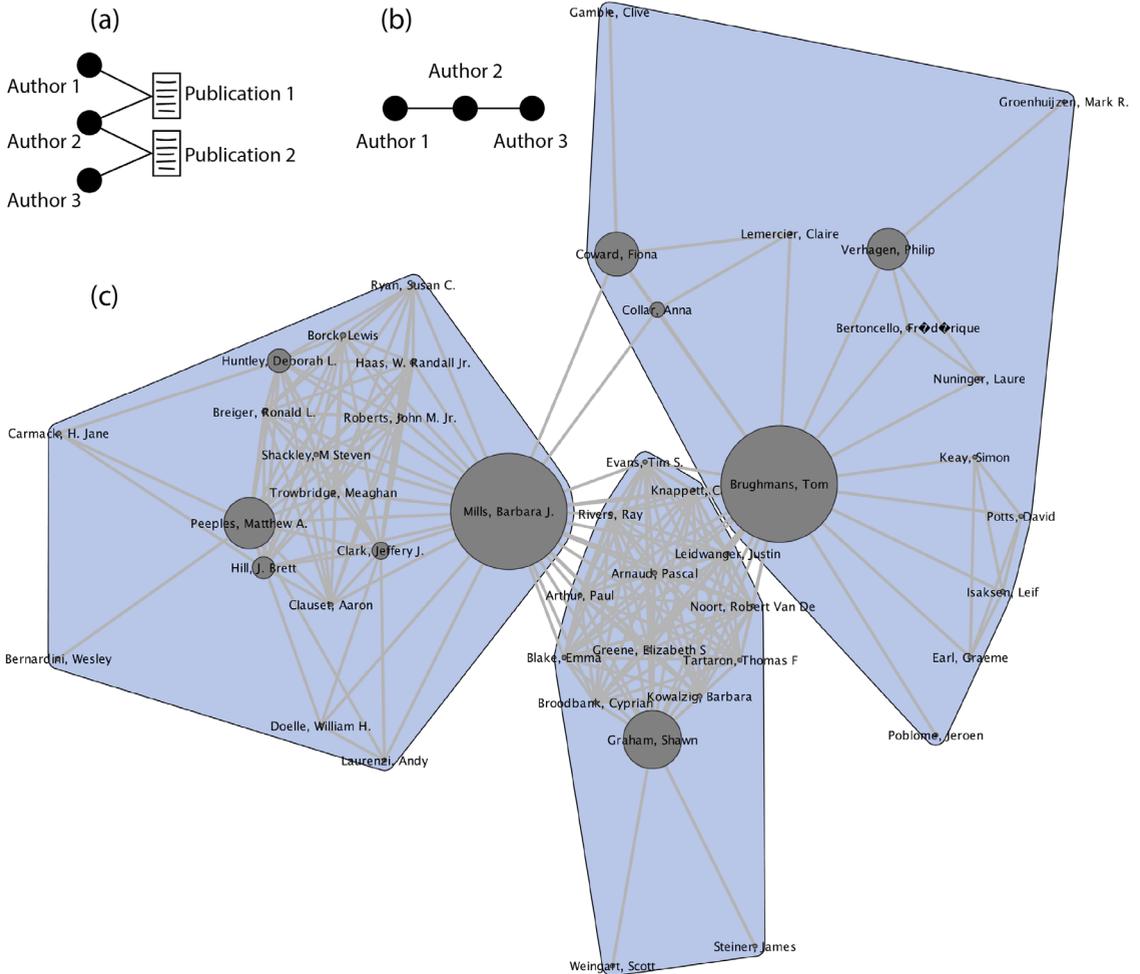


Fig. 4.—(a) Una red de coautoría puede ser creada representando al autor de una publicación como un nodo y (b) conectando pares de autores que han publicado un artículo juntos. (c) A modo de ejemplo, se representa una red de coautoría basada en publicaciones de investigación de redes en arqueología (solo se muestra el componente principal de la red). Los polígonos de color azul identifican comunidades de autores que publican más entre sí que con miembros de otras comunidades (método de Louvain). Por otro lado, el tamaño de los nodos representa el grado de intermediación, que indica el grado de relevancia en que los autores actúan como intermediarios entre diferentes comunidades (figura c de Brughmans y Peeples, 2017:Fig. 4).

arqueológica. Sin embargo, estas cuestiones quizás no sean suficientes, por sí mismas, para evidenciar con claridad por qué los arqueólogos deberíamos aplicarla. De hecho, gran parte del análisis exploratorio consiste simplemente en aplicar una representación alternativa a un conjunto de datos arqueológicos, y la exploración y el modelado de estos también podría realizarse igualmente utilizando representaciones de datos espaciales o textuales. En tales casos, la investigación de redes no

es una necesidad, sino un complemento más al que podemos recurrir. No obstante, es perfectamente válido que apliquemos estos enfoques por tales motivaciones, ya que una representación de red nos ayuda a reflexionar sobre aspectos relacionales y a considerar lo que pueden significar las relaciones en los conjuntos de datos, aunque estas supuestas relaciones no sean la motivación inicial para optar por un enfoque de red. La exploración de datos y la experimentación son fundamentales en cualquier proceso de investigación ya que pueden revelar nuevos planteamientos.

Ahora bien, podemos identificar otra motivación para hacer investigación de redes que no sea simplemente “porque podemos”. ¿Qué nos permite hacer la investigación de redes que no nos posibilita ningún otro enfoque?, y ¿realmente necesitamos de este tipo de planteamiento? La respuesta a ambas preguntas es un sí, debido a la siguiente razón: la investigación de redes nos permite abstraer, representar y analizar las teorías relacionales que generalmente planteamos.

Las teorías relacionales son cualquier expresión del por qué las relaciones son importantes. Consideremos, por ejemplo, el caso de dos antiguas ciudades romanas: A y B. Podríamos teorizar que las fuertes relaciones sociales entre determinados grupos de individuos de ambas ciudades eran importantes porque a través de las mismas se podían transmitir a la ciudad B creencias religiosas muy arraigadas en la ciudad A (o a la inversa). No es extraño encontrar este tipo de enfoques en una publicación arqueológica, y está claro que se trata de una perspectiva relacional, ya que afirma que las relaciones entre individuos de distintas ciudades son clave para explicar un determinado fenómeno. Sin embargo, esta teoría adolece de ciertas indefiniciones: ¿qué se entiende por relaciones “fuertes”?, ¿cuántas relaciones son necesarias y qué procesos conducen a la “adopción” de una creencia? Al tratar de responder a estas preguntas, resulta evidente que aún queda mucho por hacer en cuanto a los aspectos relacionales de este caso. Aquí es donde la investigación de redes se vuelve crucial.

La investigación de redes nos ofrece una vía para abordar estos planteamientos relacionales de forma muy explícita, debido a que nos proporciona una gran cantidad de conceptos como “centralidad”, “comunidades”, “agrupación”, “rutas”, etc. En esencia, nos permite tener acceso a todo un campo de estudio dedicado a la descripción de cualquier tipo de configuración estructural que se pueda imaginar. Además, los conceptos derivados de la investigación de redes nos proporcionan herramientas para describir, comunicar, detallar y representar tales supuestos. Esto es un recurso increíblemente valioso. No obstante, lo que hace que estos enfoques sean especialmente relevantes, más allá de proporcionarnos un mero diccionario de términos estructurales, es que cada uno de estos términos puede representarse formalmente mediante datos de red, y que se ha desarrollado una gran cantidad de métodos para explorarlos y estudiarlos.

Volviendo a nuestro ejemplo anterior sobre las dos ciudades romanas A y B, ahora podemos concretar nuestra hipótesis estableciendo una teoría relacional mediante conceptos que pueden representarse como datos de red y posteriormente analizarse/explorarse/simularse. Así, podríamos distinguir entre “enlaces fuertes” y “enlaces débiles”, especificando que las creencias fuertemente arraigadas se transmiten y adoptan preferentemente a través de enlaces fuertes y se inhiben

cuando existen enlaces débiles. Al mismo tiempo, podríamos especificar entonces la estructura de las redes sociales en las ciudades constituidas por comunidades de individuos, en las que estos últimos tienden a estar conectados preferentemente con individuos de su misma comunidad y ciudad, mientras que se habrían relacionado de manera mucho más esporádica con sujetos de otras comunidades y ciudades (fig. 5a).

Para este caso específico, podemos conceptualizar y representar estas relaciones mediante un conjunto de puntos (nodos) y líneas (enlaces), y explorarlas visualmente como una forma mucho más explícita y comprensible de transmitir una teoría relacional. En lugar de limitarnos simplemente a representar una teoría con un único modelo de red, podemos generar un gran número de modelos de la misma, ajustando aquellos parámetros sobre los que no estamos seguros dentro de rangos realistas, como —por ejemplo— el número de personas en cada ciudad o la prevalencia de vínculos fuertes frente a débiles. Mediante la simulación de estas diferentes configuraciones, podemos comprender mejor las características estructurales clave de la teoría que estamos estudiando. En la práctica, este proceso equivale a explorar multitud de realidades pasadas alternativas, lo que proporciona una mejor idea de lo que podría haber sido posible en términos de estructura de red si la teoría fuese correcta (fig. 5b).

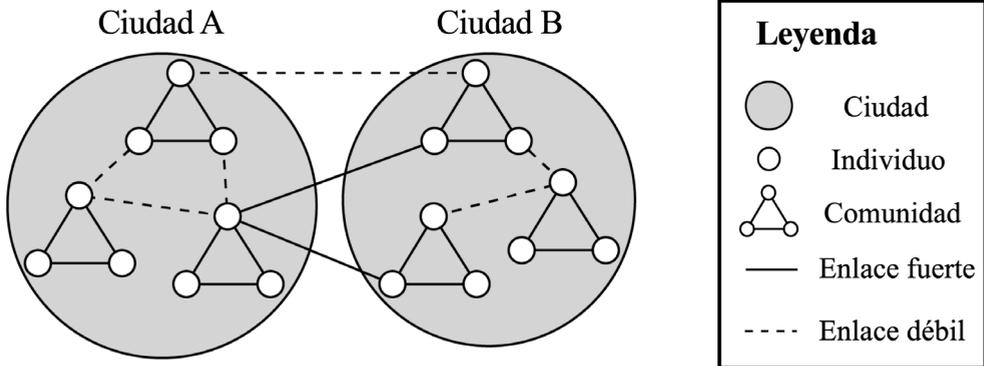
Si, además, disponemos de datos arqueológicos que podamos usar para examinar esta teoría relacional, podemos representarlos como datos de red y estudiar en qué medida presentan la misma estructura que las redes teorizadas (fig. 5c): ¿reflejan nuestras observaciones la estructura que esperaríamos encontrar a la luz de nuestra teoría relacional? Podemos profundizar más simulando un proceso de adopción de una innovación en esta red y explorar con qué rapidez la adoptan todos los miembros de una ciudad (fig. 5d).

Todo esto es posible porque la investigación de redes proporciona conceptos relacionales específicos que pueden representarse como datos de red y ser analizados. Además, es fundamental subrayar que esta investigación sobre redes forma parte de la investigación arqueológica. Esto se debe a que el análisis crítico de los datos arqueológicos es esencial para determinar si es apropiado representarlos como datos de redes y cuál es la mejor manera de hacerlo. Del mismo modo, la crítica a nuestra hipótesis arqueológica determina si los aspectos relacionales de la misma pueden mapearse como conceptos de redes y cómo hacerlo. Al igual que con cualquier otra técnica formal, los arqueólogos que se adentran en la investigación de redes deben, ante todo, mantener una perspectiva crítica y permitir que su entendimiento de los datos y la teoría les guíen hacia la elección del enfoque más apropiado.

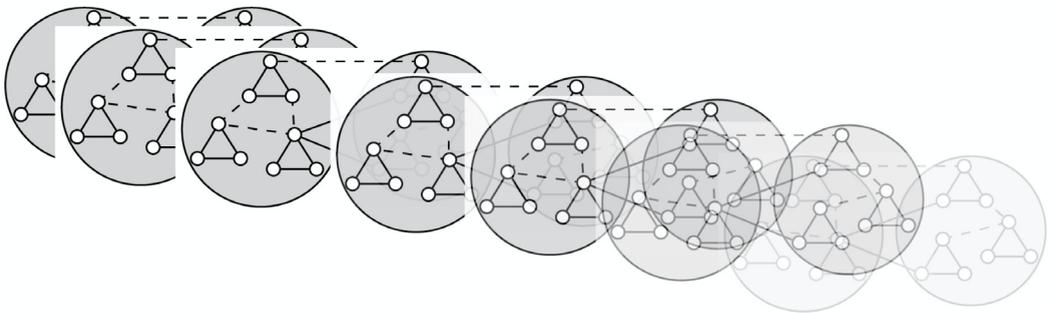
Supuestos de dependencia

Es posible profundizar un poco más sobre los tipos de teorías relacionales que se utilizan en arqueología para los que necesitamos emplear enfoques de red.

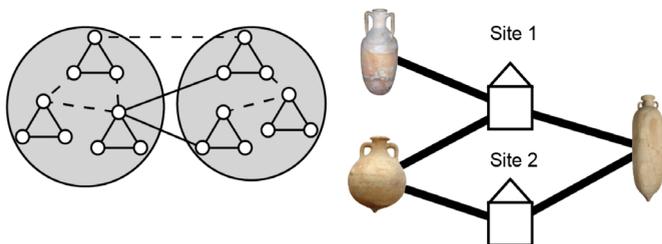
(a) Descripción de una teoría relacional mediante conceptos de red



(b) Representación de un rango de variación realista mediante la iteración de versiones alternativas



(c) Comparación con datos arqueológicos



(d) Simulación del proceso

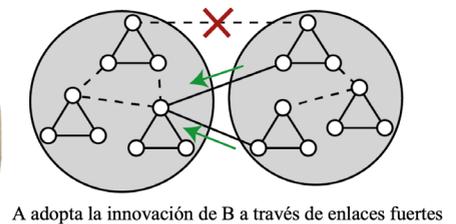


Fig. 5.—Ejemplos de cómo la representación formal de una teoría relacional a partir de datos de red puede ser de gran utilidad en investigación arqueológica.

En este sentido, identificamos tres tipos de teorías relacionales abstractas, a las que solemos referirnos como “supuestos de dependencia”. Estos supuestos son formulados para explicar la importancia de las relaciones entre enlaces y nodos, y por qué dependen unos de otros. Cuando nuestra hipótesis incluya tales supuestos de dependencia, entonces la investigación de redes será particularmente útil para nuestro estudio.

Utilizaremos el mismo ejemplo que en las páginas anteriores para ilustrar brevemente los tres tipos de supuestos de dependencia (fig. 6). Consideremos un conjunto formado por tres ciudades romanas A, B y C, las cuales representaremos como nodos. Estas ciudades están interconectadas por dos rutas de transporte, una que va de A a B y otra de B a C. Además, disponemos de información adicional sobre estas ciudades (riqueza, número total de monumentos...) a la que denominaremos “atributos”.

1) *Atributos de nodo dependientes de otros atributos*

El primer tipo de supuesto de dependencia es el más sencillo y está presente de forma generalizada en arqueología. Aunque en realidad no requiere de métodos de redes para estudiarlo, lo incluimos aquí para ofrecer una visión más completa de la diversidad de tipos de relaciones presentes en los datos arqueológicos. Del mismo modo, buscamos demostrar la simplicidad y ubicuidad de la teoría relacional dentro de este campo. Podemos plantearnos las siguientes preguntas relacionales: ¿cómo afecta un atributo a otro?, ¿cómo cambian estos atributos a lo largo del tiempo?

Podríamos formular el supuesto de dependencia según el cual el número de monumentos de una ciudad depende de su estatus, o de su riqueza total, y que —por lo tanto— el número de monumentos aumenta a medida que crece su riqueza (fig. 6a). Asumimos que los monumentos están relacionados con la riqueza y el estatus, por tanto, deducimos la existencia de una relación entre estos atributos. Sin embargo, aunque se trata de una teoría relacional, tales relaciones entre atributos de nodos se podrían explorar mejor estadísticamente.

2) *Nodos dependientes de enlaces*

El segundo tipo de supuesto de dependencia aborda la relación entre los nodos y enlaces. Se trata de supuestos acerca de la posición de los nodos y su estudio requiere de métodos de redes. Podemos plantearnos la siguiente pregunta relacional: ¿cómo afecta un nodo a otro a través de las relaciones presentes y ausentes?

Podríamos formular el supuesto de dependencia de que la riqueza de una ciudad depende de su ubicación dentro de la red de transporte (fig. 6a): la ciudad B ocupa una posición más favorable que las otras dos porque todo el comercio entre A y C tiene que pasar necesariamente por ella (lo que tendría un impacto en la riqueza de la ciudad B).

Es importante destacar que estamos ante una hipótesis arqueológica sobre por qué importan las relaciones entre nodos, ya que la presencia o ausencia de conexiones tiene una consecuencia directa sobre las entidades que estamos estudiando. En este caso particular, la mayor riqueza de la ciudad B puede explicarse por su posición en la red y, más concretamente, por su ubicación como intermediaria entre las ciudades A y C. La ciencia de redes puede ser útil en este caso ya que

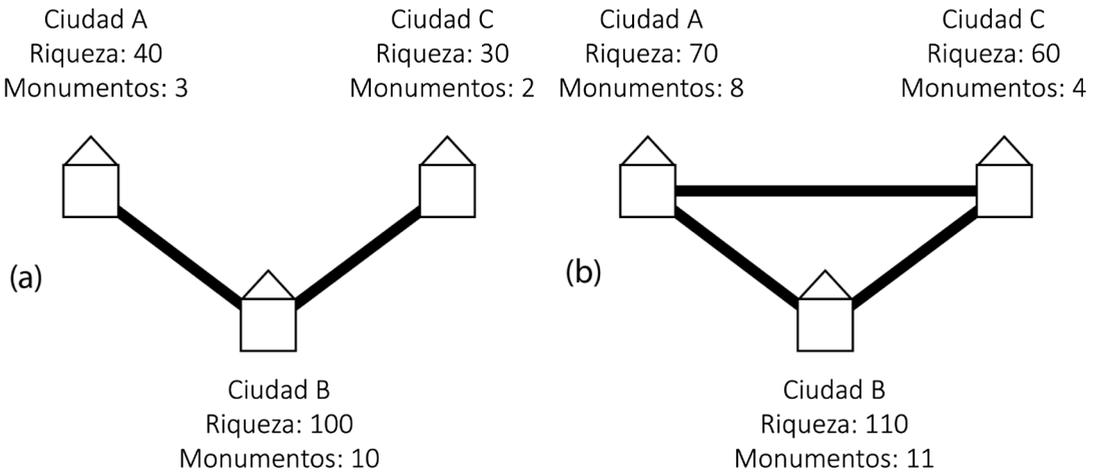


Fig. 6.—(a) Tres ciudades de las que tenemos información sobre dos de sus atributos: la riqueza acumulada y el número de monumentos erigidos en la ciudad. La ciudad A está conectada por una ruta con la ciudad B, que a su vez está conectada por otra ruta con la ciudad C. (b) En una segunda fase se construye una nueva ruta entre las ciudades A y C.

aporta diversas herramientas para analizar esta situación, como el concepto de “centralidad” entre elementos (una métrica que indica por qué nodo se pasa con más frecuencia en los caminos de la red), el cual puede utilizarse para describir la importancia de la posición de las ciudades para aumentar su riqueza. Podemos aplicar esta métrica a las redes observadas y especificar qué tipos de patrones (o configuraciones de nodos y enlaces) esperaríamos observar si esta hipótesis fuese correcta (por ejemplo, esperaríamos ver muchos triángulos abiertos, en los que algunos nodos —como la ciudad B— están conectados a más nodos y actúan como intermediarios clave).

3) Enlaces dependientes de enlaces

El tercer y último tipo de supuesto de dependencia aborda las relaciones entre enlaces. Este abarca los supuestos en los que la estructura de la red cambia con el tiempo a través de la presencia y ausencia de enlaces, y requiere de métodos de redes para su estudio. Podemos plantearnos la siguiente pregunta relacional: ¿cómo afecta la presencia o ausencia de una relación a la presencia o ausencia de otras relaciones?

Podríamos formular el supuesto de dependencia de que la estructura de la red de transportes se viese ampliada con la creación de una ruta directa entre las ciudades A y C como resultado de la intencionalidad, por parte de estos dos núcleos urbanos, de eliminar la posición privilegiada de la ciudad B (fig. 6b). Desde esta

perspectiva, la creación de la nueva ruta habría surgido como resultado directo de la preexistencia de las otras dos rutas (en otras palabras, se supone que la configuración previa de las relaciones da lugar a una nueva).

Este planteamiento se constituye como una hipótesis arqueológica sobre por qué importan las relaciones entre nodos, debido a que la presencia o ausencia de relaciones en un primer momento afecta a su existencia o inexistencia en un momento posterior. La ciencia de redes nos ofrece las herramientas necesarias para representar y estudiar cómo estos cambios en la red pueden tener implicaciones para las posiciones y oportunidades de los nodos (por ejemplo, la ciudad B perdería su posición de intermediario) y nos permite construir modelos teóricos que podrían describir dichos cambios. Finalmente, si se dispone de observaciones empíricas de tales cambios en la red, entonces podemos explorar la validez y plausibilidad de nuestra hipótesis.

¿Cuándo debo hacer investigación de redes?

Siempre es valioso aplicar distintos enfoques a nuestros datos y planteamientos teóricos, puesto que nos proporciona perspectivas diversas y puede ayudarnos a identificar fenómenos inesperados. No obstante, existen casos en los que la investigación de redes demuestra ser más útil que otras aproximaciones. Probablemente deberíamos emplear métodos de redes cuando nuestra hipótesis arqueológica parta de la base de que las relaciones importan. Más específicamente, cuando podamos describir explícitamente que las unidades analíticas de nuestra investigación tienen diferentes oportunidades o desafíos en función de su posición en la estructura de las relaciones (es decir, cómo los nodos se ven afectados por los enlaces). También deberíamos recurrir a estas aproximaciones cuando podamos describir explícitamente cómo cambian las relaciones como resultado de la existencia de otras relaciones (es decir, cómo los enlaces se ven afectados por otros enlaces). Quizás las siguientes preguntas nos puedan ayudar en este proceso de evaluación:

- ¿Qué procesos históricos son de interés y de qué manera pueden ser representados utilizando mis datos arqueológicos?
- ¿Qué teoría, ya sea arqueológica o relacional, podría proporcionar una explicación para los patrones observados en mis datos?
- ¿De qué manera podría representarse y evaluarse esta hipótesis mediante el uso de las evidencias arqueológicas disponibles?
- ¿Cuáles son las limitaciones de mis datos y qué otra información necesitaría recopilar para poder evaluar de manera exhaustiva esta hipótesis o representar el proceso de la red?

CONCLUSIONES

Hemos ofrecido una breve introducción a la investigación de redes en el ámbito de la arqueología, aclarando qué es, cómo se ha utilizado, por qué es útil y por qué puede permitirnos enfoques que otras aproximaciones no permiten. A pesar de ello, nos hemos limitado a presentar los argumentos teóricos fundamentales, aunque no hemos abordado la mayoría de los desafíos y aspectos técnicos de los enfoques metodológicos actuales. Es importante destacar, que la realidad de pensar en redes y hacer redes es, por supuesto, diferente y mucho más compleja, presentando numerosos retos para los arqueólogos en un futuro inmediato. Sin embargo, esta complejidad también ofrece el potencial para que la arqueología contribuya de manera significativa al desarrollo de la ciencia de redes en general. En este sentido, nos surgen algunas cuestiones como: ¿Cómo puede la naturaleza material de nuestros datos conducir a formas innovadoras de observar las sociedades humanas actuales?, ¿de qué manera las incertidumbres con las que constantemente tratamos pueden inspirar nuevos métodos para cuantificar y manejar dichas incertidumbres?, o ¿cómo pueden nuestras perspectivas aportar nuevos conocimientos sobre los cambios a largo plazo en las redes sociales humanas? Actualmente, la investigación de redes se ha consolidado como un componente integral dentro del ámbito de la investigación arqueológica, y este artículo debe considerarse meramente como un punto de partida.

AGRADECIMIENTOS

The Past Social Networks Project ha sido financiado por The Carlsberg Foundation's Young Researcher Fellowship (CF21-0382). Danish National Research Foundation (DNRF) Centre of Excellence for Urban Network Evolutions (UrbNet) (DNRF119).

BIBLIOGRAFÍA

- BITRIÀ, C.R. (2008): "A Multi-technique GIS Visibility Analysis for Studying Visual Control of an Iron Age Landscape", *Internet Archaeology* 23. <https://doi.org/10.11141/ia.23.4>
- BRAINERD, G.W. (1951): "The place of chronological ordering in archaeological analysis", *American Antiquity* 16:4, pp. 301-313.
- BRANDES, U., ROBINS, G., MCCRANIE, A.N.N. y WASSERMAN, S. (2013): "What is network science?", *Network Science* 1:1, pp. 1-15. <https://doi.org/10/gcw8nw>
- BRUGHMANS, T. (2010): "Connecting the dots: towards archaeological network analysis", *Oxford Journal of Archaeology* 29:3, pp. 277-303.
- BRUGHMANS, T. (2013): "Thinking Through Networks: A Review of Formal Network Methods in Archaeology", *Journal of Archaeological Method and Theory* 20, pp. 623-662. <https://doi.org/10.1007/s10816-012-9133-8>
- BRUGHMANS, T., BOBOU, O., KRISTENSEN, N.B., THOMSEN, R.R., JENSEN, J.V., SE-

- LAND, E.H. y RAJA, R. (2021): "A kinship network analysis of Palmyrene genealogies", *Journal of Historical Network Research* 6:1. <https://doi.org/10.25517/jhnr.v6i1.65>
- BRUGHMANS, T. y BRANDES, U. (2017): "Visibility Network Patterns and Methods for Studying Visual Relational Phenomena in Archaeology", *Frontiers in Digital Humanities* 4. <https://doi.org/10.3389/fdigh.2017.00017>
- BRUGHMANS, T., KEAY, S. y EARL, G. (2014): "Introducing exponential random graph models for visibility networks", *Journal of Archaeological Science* 49, pp. 442-454. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.05.027>
- BRUGHMANS, T., KEAY, S. y EARL, G. (2015): "Understanding Inter-settlement Visibility in Iron Age and Roman Southern Spain with Exponential Random Graph Models for Visibility Networks", *Journal of Archaeological Method and Theory* 22:1, pp. 58-143. <https://doi.org/10.1007/s10816-014-9231-x>
- BRUGHMANS, T., MILLS, B.J., MUNSON, J.L. y PEEPLES, M.A. (eds.). (2023): *The Oxford Handbook of Archaeological Network Research*, Oxford University Press.
- BRUGHMANS, T. y PEEPLES, M.A. (2017): "Trends in Archaeological Network Research: A Bibliometric Analysis", *Journal of Historical Network Research* 1, pp. 1-24.
- BRUGHMANS, T. y PEEPLES, M.A. (2020): "Spatial networks", *Archaeological Spatial Analysis: A Methodological Guide* (M. Gillings, P. Hacigizeller y G. Lock, eds.), Routledge, pp. 273-295.
- BRUGHMANS, T. y PEEPLES, M.A. (2023): *Network Science in Archaeology*, Cambridge University Press.
- BRUGHMANS, T., PÉREZ GONZÁLEZ, J. y REMESAL RODRÍGUEZ, J. (2023): "A bibliographic network study of Roman amphora epigraphy".
- CARRERAS, C. y DE SOTO, P. (2013): "The Roman Transport Network: A Precedent for the Integration of the European Mobility", *Historical Methods: A Journal of Quantitative and Interdisciplinary History* 46:3, pp. 117-133. <https://doi.org/10.1080/01615440.2013.803403>
- COLLAR, A., COWARD, F., BRUGHMANS, T. y MILLS, B.J. (2015): "Networks in Archaeology: Phenomena, Abstraction, Representation", *Journal of Archaeological Method and Theory* 22:1, pp. 1-32. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10816-014-9235-6>
- DE SOTO, P. (2019): "Network Analysis to Model and Analyse Roman Transport and Mobility", *Finding the Limits of the Limes: Modelling Demography, Economy and Transport on the Edge of the Roman Empire* (P. Verhagen, J. Joyce y M.R. Groenhuijzen, eds.), Springer International Publishing, pp. 271-289. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04576-0_13
- DE SOTO, P. y CARRERAS, C. (2021): "The Role of Politics in the Historical Transport Networks of the Iberian Peninsula and the Pyrenees from Roman Times to the Nineteenth Century", *Social Science History* 45: 2, pp. 233-260.
- DONNELLAN, L. (2020): *Archaeological Networks and Social Interaction*, Routledge.
- GOLITKO, M., MEIERHOFF, J., FEINMAN, G.M. y WILLIAMS, P.R. (2012): "Complexities of collapse: The evidence of Maya obsidian as revealed by social network graphical analysis", *Antiquity* 86, pp. 507-523. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00062906>
- GRAHAM, S. (2009): "The space between: The geography of social networks in the Tiber valley", *Mercator Placidissimus: The Tiber Valley in Antiquity New research in the upper and middle river valley* (Vol. 1-February) (F. Coarelli y H. Patterson, eds.), Edizioni Quasar.
- GRAU MIRA, I. (2003): "Settlement Dynamics and Social Organization in Eastern Iberia during the Iron Age (Eighth-Second Centuries BC)", *Oxford Journal of Archaeology* 22:3, pp. 261-279. <https://doi.org/10.1111/1468-0092.00187>
- GRAU MIRA, I. (2004): "La construcción del paisaje ibérico: aproximación SIG al territorio protohistórico de la Marina Alta", *SAGVNTVN (P.L.A.V.)* 36, pp. 61-75.
- GRAU MIRA, I. (2005): "Romanization in Eastern Spain: a GIS approach to Late Iberian Iron Age landscape" (J.F. Berger, F. Bertoncello, F. Braemer, D. Gourguen y M. Gazebeek, eds.), *Temps et Espaces de L'homme En Société, Analyses et Modèles Spatiaux En Archéologie*, XXVème Rencontres Internationales D'Archéologie et D'Histoire d'Antibes, Éditions APDCA, Antibes, pp. 325-334.
- ISAKSEN, L. (2008): "The application of network analysis to ancient transport geography: A case

- study of Roman Baetica”, *Digital Medievalist* 4. <https://doi.org/10.16995/dm.20>
- LEIDWANGER, J. (2017): “From Time Capsules to Networks: New Light on Roman Shipwrecks in the Maritime Economy”, *American Journal of Archaeology* 121:4, pp. 595. <https://doi.org/10.3764/aja.121.4.0595>
- KEAY, D. y EARL, G.P. (2011): “Towns and territories in Roman Baetica”, *Settlement, urbanization, and population* (A. Bowman y A. Wilson, eds.), Oxford University Press, pp. 276-316.
- KNAPPETT, C. (2011): *An archaeology of interaction: Network perspectives on material culture and society*, Oxford University Press.
- KNAPPETT, C. (2013): *Network analysis in archaeology*, New approaches to regional interaction, Oxford University Press.
- KNAPPETT, C., EVANS, T. y RIVERS, R. (2008): “Modelling maritime interaction in the Aegean Bronze Age”, *Antiquity* 82:318, pp. 1009-1024. <https://doi.org/10.1017/S0003598X0009774X>
- KNAPPETT, C., EVANS, T. y RIVERS, R. (2011): “The Thera eruption and Minoan palatial collapse: New interpretations gained from modelling the maritime network”, *Antiquity* 85:329, pp. 1008-1023. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00068459>
- MEEKS, E., SCHEIDEL, W., WEILAND, J. y ARCENAS, S. (2014): “ORBIS (v2) Network Edge and Node Tables”, *Stanford Digital Repository*. Available at: <http://purl.stanford.edu/mn425tz9757>.
- MICKEL, A. (2016): “Tracing Teams, Texts, and Topics: Applying Social Network Analysis to Understand Archaeological Knowledge Production at Çatalhöyük”, *Journal of Archaeological Method and Theory* 23:4, pp. 1095-1126. <https://doi.org/10.1007/s10816-015-9261-z>
- MICKEL, A., BRUGHMANS, T. y SINCLAIR, A. (2023): “Knowledge Networks”, *The Oxford Handbook of Archaeological Network Research* (T. Brughmans, B.J. Mills, J.L. Munson y M.A. Peeples, eds.), Oxford University Press.
- MILLS, B.J. (2017): “Social Network Analysis in Archaeology”, *Annual Review of Anthropology* 46, pp. 379-397. <https://doi.org/10.1146/annurev-anthro-102116-041423>
- MILLS, B.J., CLARK, J.J., PEEPLES, M.A., HAAS, W.R., ROBERTS, J.M., HILL, J.B., HUNTER, D.L., BORCK, L., BREIGER, R.L., CLAUSET, A. y SHACKLEY, M.S. (2013): “Transformation of social networks in the late pre-Hispanic US Southwest”, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1073/pnas.1219966110>
- MUNSON, J., AMATI, V., COLLARD, M. y MACRI, M.J. (2014): “Classic Maya Bloodletting and the Cultural Evolution of Religious Rituals: Quantifying Patterns of Variation in Hieroglyphic Texts”, *PLOS ONE* 9:9, pp. e107982. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107982>
- ÖSTBORN, P. y GERDING, H. (2014): “Network analysis of archaeological data: A systematic approach”, *Journal of Archaeological Science* 46, pp. 75-88. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.03.015>
- ÖSTBORN, P. y GERDING, H. (2015): “The Diffusion of Fired Bricks in Hellenistic Europe: A Similarity Network Analysis”, *Journal of Archaeological Method and Theory* 22:1, pp. 306-344. <https://doi.org/10.1007/s10816-014-9229-4>
- ÖSTBORN, P. y GERDING, H. (2023): “Inference from archaeological similarity networks”, *The Oxford Handbook of Archaeological Network Research* (T. Brughmans, B.J. Mills, J.L. Munson y M.A. Peeples, eds.), Oxford University Press.
- O’SULLIVAN, D. y TURNER, A. (2001): “Visibility graphs and landscape visibility analysis”, *International Journal of Geographical Information Science* 15:3, pp. 221-237. <https://doi.org/10.1080/13658810151072859>
- PEEPLES, M.A. (2019): “Finding a Place for Networks in Archaeology” *Journal of Archaeological Research*. <https://doi.org/10.1007/s10814-019-09127-8>
- RAWAT, N.S., BRUGHMANS, T., NAUTIYAL, V. y CHAUNIYAL, D.D. (2021): “Networked medieval strongholds in Garhwal Himalaya, India”, *Antiquity* 95:381, pp. 753-772. <https://doi.org/10.15184/ajq.2021.4>
- RUESTES BITRIÀ, C. (2008): “Internet Archaeol. 23. Ruestes. Summary”, *Internet Archaeology* 23.
- SINCLAIR, A. (2016): “The Intellectual Base of Archaeological Research 2004-2013: A visualisation and analysis of its disciplinary

links, networks of authors and conceptual language”, *Internet Archaeology* 42. <https://doi.org/10.11141/ia.42.8>.

SINCLAIR, A. (2018): “From Specialty to Specialist: a citation analysis of Evolutionary Anthropology, Palaeolithic Archaeology and the work of John Gowlett 1970-2018”, *Lands-*

capas of Evolution: Studies in Honour of John Gowlett (A. Sinclair, R. Hosfield, M. Grove, J. Cole y J. McNabb, eds.), Archaeopress, pp. 175-201.

SCHEIDEL, W. (2014): “The shape of the Roman world: modelling imperial connectivity”, *Journal of Roman Archaeology* 27, pp. 7-32.