
Visualización de datos abiertos de investigación mediante grafos de conocimiento: metodología y aplicación de DDI-RDF y DataCite Ontology

Visualizing open research data using knowledge graphs: methodology and application of DDI-RDF and DataCite Ontology

Eder ÁVILA BARRIENTOS

Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas y de la Información, UNAM, eder@iibi.unam.mx

Resumen

Se analiza el uso de grafos de conocimiento para visualizar datos abiertos de investigación, para ello se exploran sus antecedentes, desarrollo y respectivos niveles de aplicación. Se expone una metodología para el manejo de datos y su análisis mediante el uso de grafos de conocimiento, vocabularios semánticos y ontologías como DDI-RDF y DataCite Ontology. Se han procesado dos conjuntos de datos abiertos de investigación referentes a Musicología y a las Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente, los cuales fueron localizados en los repositorios e-CienciaDatos y CORA respectivamente. Se ha buscado contrastar el tratamiento y visualización de datos textuales y numéricos, con la intención de identificar sus respectivas variables de análisis. Se ha encontrado que la visualización de datos mediante el uso de grafos de conocimiento permite identificar de manera intuitiva e interactiva patrones en los datos, los cuales remiten a una interacción entre sus diversos creadores y actores. Se estima que los grafos de conocimiento son una herramienta que permite visualizar grandes conjuntos de datos, pues en la era de la inteligencia artificial y de los datos masivos, pueden significar un método para identificar comportamientos complejos que sirvan para una latente toma de decisiones.

Palabras clave: Grafo de conocimiento. Visualización de datos. Datos abiertos de investigación. DDI-RDF. DataCite Ontology.

1. Introducción

En la actualidad, la investigación científica genera una gran cantidad de datos abiertos que se encuentran disponibles en diversos formatos y repositorios. Estos datos pueden ser de gran utilidad para la comunidad científica, pero su visualización y análisis puede ser un desafío, especialmente cuando se trata de datos complejos y heterogéneos. Además, esto se traduce en un volumen considerable de datos abiertos, accesibles a la comunidad científica para su análisis y reutilización. Sin embargo, la complejidad y diversidad

Abstract

The use of knowledge graphs to visualise open research data is analysed. It explores the background, development and levels of application of knowledge graphs. A methodology for data management and analysis is presented using knowledge graphs, semantic vocabularies and ontologies such as DDI-RDF and DataCite Ontology. Two sets of open research data related to musicology and earth and environmental sciences were processed. These data were located in the e-CienciaDatos and CORA repositories respectively. The aim was to contrast the handling and visualisation of textual and numerical data in order to identify their respective analysis variables. It was found that the visualisation of the visualisation of data through the use of knowledge graphs allows for the intuitive and interactive identification of patterns in the data, which refer to an interaction between its various creators and actors. Knowledge graphs are seen as a tool that allows the visualisation of large amounts of data, because in the era of artificial intelligence and big data, they can be a method for identifying complex behaviours that serve as a latent decision-making tool.

Keywords: Knowledge graph. Data visualization. Open research data. DDI-RDF. DataCite Ontology.

de estos datos dificulta su comprensión e interpretación.

En este contexto, los grafos de conocimiento emergen como una herramienta para abordar este desafío. Un grafo de conocimiento pretende conectar entidades y conceptos entre sí a través de una estructura que facilita la visualización de datos de una manera intuitiva y comprensible, permitiendo a los investigadores explorar relaciones y patrones que podrían pasar desapercibidos en formatos de datos tradicionales.

De acuerdo con Michailidis (2008) los grafos son entidades útiles ya que pueden representar relaciones entre conjuntos de objetos. Se utilizan para modelar sistemas complejos (por ejemplo, redes informáticas y de transporte, diseños de sitios web, moléculas, etc.) y para visualizar relaciones (por ejemplo, redes sociales, diagramas entidad-relación en sistemas de bases de datos, etc.). Por lo tanto, los grafos de conocimiento son una representación de datos que utiliza un conjunto de nodos y relaciones para representar conceptos y sus relaciones. Esta representación es adecuada para representar datos complejos y heterogéneos, ya que permite representar relaciones entre diferentes tipos de datos. La creciente complejidad de la investigación científica exige nuevas formas de organizar, compartir y analizar los datos. Los grafos de conocimiento ofrecen una representación visual y semántica de las relaciones entre entidades, lo que facilita la comprensión de sistemas complejos. Este trabajo presenta una aplicación práctica de esta tecnología, utilizando DDI-RDF y DataCite Ontology para visualizar datos abiertos de investigación. Al hacerlo, se busca no solo mejorar la accesibilidad y reutilización de los datos, sino también impulsar la colaboración entre investigadores y acelerar el descubrimiento científico.

2. Referente teórico

2.1. Grafos de conocimiento

La investigación de los grafos de conocimiento se remonta a los años 60, cuando se comenzaron a utilizar para representar el conocimiento en el campo de la inteligencia artificial. En la década de 1970, se desarrollaron los primeros sistemas de gestión de conocimiento que utilizaban grafos de conocimiento para representar el conocimiento de un dominio específico.

En la década de 1980, se produjo un gran avance en la investigación de los grafos de conocimiento con el progreso de la teoría de grafos. Esta teoría proporcionó un marco formal para la representación y el razonamiento sobre el conocimiento en forma de grafos.

La teoría de grafos de Euler, desarrollada en 1736, constituye un conjunto de resultados a partir del análisis de la existencia de caminos y ciclos que recorren todas las aristas de un grafo. Su aporte más relevante es el célebre Teorema de Euler, que establece las condiciones necesarias para determinar si un grafo posee un camino o ciclo euleriano. Este teorema no solo marcó el inicio formal de la teoría de grafos, sino que también sentó las bases para diversas aplicaciones

en campos como la matemática, la informática y la optimización.

En la década de 1990, se produjeron avances importantes en la tecnología de la información, lo que hizo posible la construcción y el mantenimiento de grafos de conocimiento a gran escala. Estos avances llevaron al desarrollo de nuevas aplicaciones de los grafos de conocimiento, como la búsqueda en la web, la respuesta a preguntas y la recomendación de productos.

De acuerdo con Sowa (2020) los grafos son un sistema lógico basado en los grafos existenciales de Charles Sanders Peirce y las redes semánticas de la inteligencia artificial. Expresan significados en una forma que es lógicamente precisa, legible para humanos y computacionalmente manejable. Con una correspondencia directa con el lenguaje, los grafos sirven como un lenguaje intermedio para traducir formalismos orientados a computadoras hacia y desde lenguajes naturales.

Bajo esta premisa, en la década de 2000, se produjo un aumento significativo del interés en los grafos de conocimiento, impulsado por el desarrollo de la Web Semántica. La Web Semántica utiliza grafos de conocimiento para representar el significado de los datos en la web.

Sonawane (2022) afirma que un grafo de conocimiento representa a entidades, sus relaciones y una descripción de las mismas. Las entidades pueden ser conceptos abstractos o del mundo real. Un grafo básico se amplía agregando una descripción conceptual de los nodos y las relaciones semánticas entre dichos nodos.

Por su parte, Hogan, et al. (2022) manifiestan que un grafo de conocimiento contiene datos que tienen el propósito acumular y transmitir conocimiento sobre el mundo real, cuyos nodos representan entidades de interés y cuyas aristas representan relaciones entre estas entidades.

En la actualidad, los grafos de conocimiento se utilizan en una amplia gama de aplicaciones, como la búsqueda en la web, la respuesta a preguntas, la recomendación de productos, la gestión de la información, la inteligencia artificial y la ciencia de los datos.

De acuerdo con Kejriwal (2019, p. 7), los grafos de conocimiento se han convertido en una representación de datos muy popular que se encuentra en la intersección del descubrimiento de conocimiento, la minería de datos, la Web Semántica y el Procesamiento del Lenguaje Natural. Cada una de estas comunidades ha tenido tratos con los grafos de conocimiento y sus aplicaciones.

permita reutilizar datos para propiciar el desarrollo de conocimiento científico y académico

Los datos abiertos de investigación se consideran un elemento fundamental de la ciencia abierta, ya que facilitan la colaboración, la innovación y el descubrimiento científico. De acuerdo con la Unión Europea (2024),

[...] los datos abiertos de investigación se refieren a los datos que sustentan los resultados de la investigación científica y que no tienen restricciones de acceso, lo que permite que cualquiera pueda acceder a ellos”.

La definición anterior se basa en los siguientes principios:

- **Acceso:** Los datos abiertos deben ser accesibles a cualquier persona, sin restricciones legales, económicas o técnicas.
- **Reutilización:** Los datos abiertos deben poder ser reutilizados para cualquier propósito, sin restricciones legales o técnicas.
- **Redistribución:** Los datos abiertos deben poder ser redistribuidos libremente, sin restricciones legales o técnicas.
- **Atribución:** Los datos abiertos deben ser atribuibles a sus autores o creadores.

Compartir de la misma manera: Los datos abiertos que se deriven de otros datos abiertos deben compartirse bajo la misma licencia que los datos originales.

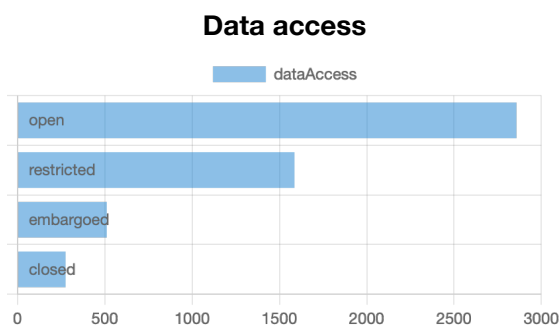


Figura 2. Acceso a los datos (R3data.org, 2024)

En la Figura 2, puede observarse el incremento que tiene la apertura de los datos de investigación colocados en Registry of Research Data Repositories (RE3DATA), pues 2.743 repositorios se encuentran en acceso abierto, 1.544 en acceso restringido, 490 en acceso sujeto a periodo de embargo y 270 en acceso cerrado.

Se estima que la apertura de los repositorios de datos de investigación pueda fomentar en mayor medida la reutilización y visibilidad de los datos

generados por diversas comunidades científicas y académicas. Siempre y cuando los datos puedan descargarse y utilizarse. En este sentido, los datos abiertos de investigación fomentan la colaboración y el intercambio de conocimientos. Los datos abiertos permiten que los investigadores de todo el mundo puedan colaborar en proyectos de investigación, y que los resultados de la investigación sean más accesibles y reproducibles. Además, pueden ser utilizados para desarrollar nuevas aplicaciones y productos, y para generar nuevos conocimientos, mejorar la transparencia y la rendición de cuentas ya que permiten que los ciudadanos puedan verificar los resultados de la investigación, y que los investigadores rindan cuentas de su trabajo.

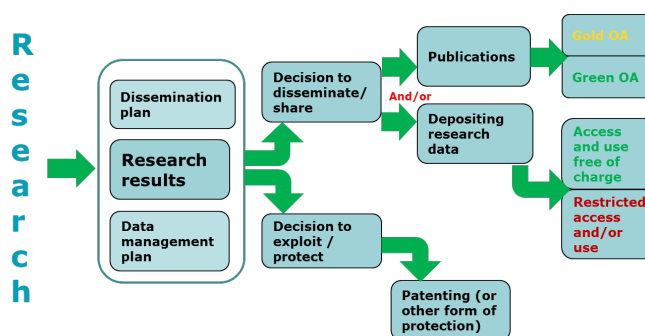


Figura 3. Acceso abierto a publicaciones científicas y datos de investigación en el contexto más amplio de difusión y explotación (European Commission, 2017)

En la Figura 3 puede apreciarse la interacción entre las publicaciones científicas, el acceso abierto y los datos de investigación. Pues estos elementos forman parte de un contexto integral en donde se espera la vinculación entre datos, publicaciones y su accesibilidad a través de sistemas de información interoperables. Por lo tanto, un mecanismo para obtener acceso eficiente a los datos puede estar fundamentado en su correcta visualización. De acuerdo con la European Commission (2017), el acceso abierto a los datos de la investigación refiere al derecho de acceder y reutilizar datos de investigación digitales bajo los términos y condiciones establecidas en políticas y licenciamientos. Por lo tanto, el uso de licencias respalda la apertura de los datos de investigación y los libera de las barreras técnicas, económicas y legales que pudieran intervenir en su libre accesibilidad.

2.3. Visualización de datos

La visualización de datos, como se conoce hoy en día, tiene amplios antecedentes que se remontan a la prehistoria. Aunque el término en sí es relativamente nuevo, la necesidad de comunicar información de forma visual ha existido desde

que los humanos comenzaron a registrar datos de manera periódica. Por ejemplo, en las pinturas rupestres de la prehistoria se pueden apreciar los primeros intentos de visualizar datos a través de imágenes que representaban acontecimientos sobre la caza, la vida espiritual y el entorno natural de las antiguas civilizaciones. Los mapas también son una forma temprana de visualización de datos, que se remonta a la antigua Mesopotamia y Egipto. Estos mapas se usaban para navegar, planificar rutas comerciales y comprender el territorio lo que era necesario en las expediciones que se emprendían.

Durante el siglo XX, la visualización de datos ha experimentado un gran avance con el desarrollo de la computación y la informática. El software de visualización de datos ha permitido a los usuarios crear gráficos y mapas interactivos y complejos. De esta manera, la visualización de datos se ha convertido en una herramienta esencial en una amplia gama de campos, desde las ciencias y la ingeniería hasta los negocios y el periodismo.

El Big Data ha impulsado la necesidad de nuevas técnicas de visualización para manejar grandes conjuntos de datos. La inteligencia artificial se está utilizando para crear visualizaciones de datos más inteligentes e interactivas.

De acuerdo con Gandhi y Pruthi (2020) la visualización es una técnica que se utiliza para analizar los datos de diversas formas para tomar decisiones efectivas. La visualización de datos es un proceso eficaz para presentar datos e información de forma gráfica o pictórica.

En este contexto, la visualización de datos puede entenderse como una técnica que utiliza elementos visuales como gráficos, mapas y diagramas para comunicar información de forma clara y concisa. Su objetivo principal es transformar datos complejos, a menudo numéricos, textuales y alfanuméricos en una representación visual que sea más fácil de entender y analizar por las personas.

Al respecto, Zakaria (2021) afirma que las representaciones de datos visuales son más convincentes que las representaciones basadas en números porque la mente humana puede procesar imágenes gráficas más fácilmente que las tablas de texto numérico porque las tablas generalmente requieren lectura adicional para comprender completamente el significado y la relación de los valores presentados.

De esta manera, la visualización de datos puede facilitar la comprensión de fenómenos través de los elementos visuales que representa y por lo tanto permite a las personas asimilar grandes

cantidades de información de forma rápida y eficiente. Además, hace posible la identificación de patrones y tendencias que no son evidentes en los datos brutos.

No obstante, uno de los desafíos más comunes que enfrenta la visualización de datos, es el gran volumen de Big Data, que se relaciona con diversos tipos de datos generados a partir de múltiples fuentes, incluidas las redes sociales medios, dispositivos y sensores (Muniswamaiah, Agerwala y Tappert, 2023). En este sentido, el manejo de datos resulta trascendental para generar datos susceptibles de visualizarse adecuadamente, con el fin de identificar patrones y comportamientos en ellos.

Por ello, en la visualización de datos, la actividad cognitiva humana permite formar una imagen mental, independientemente de cómo se presente el fenómeno que se describe. Por lo tanto, los datos representan las propiedades del fenómeno que se desea comprender. Notablemente existen fenómenos más complejos que además necesitan de elementos adicionales para alcanzar una mejor comprensión del problema a tratar. En este contexto, los grafos de conocimiento se pueden aplicar para descubrir nuevas relaciones entre entidades que forman parte de un dominio o diversos dominios a la vez.

En la actualidad, se utilizan los grafos de conocimiento para la visualización sobre todo en aplicaciones computacionales y desarrollos tecnológicos, por ejemplo:

- Google Search: desarrolla un grafo de conocimiento para mostrar información relacionada con una consulta de búsqueda. Por ejemplo, si se busca "Barack Obama", el grafo de conocimiento mostrará información sobre su vida temprana, carrera política y logros.
- Facebook: emplea un grafo de conocimiento para mostrar información sobre sus usuarios y sus relaciones entre sí. Por ejemplo, si se ve el perfil de Facebook de un amigo, se verá información sobre sus amigos, familiares y lugares de trabajo.
- Wikipedia: utiliza un grafo de conocimiento para mostrar información sobre las entidades que describe. Por ejemplo, si se consulta la página de Wikipedia sobre "Estados Unidos", se obtendrá información sobre la historia del país, la geografía y el gobierno.

De esta manera, la visualización de datos en la actualidad tiene diversos niveles de aplicación. Su asimilación requiere de personas familiarizadas con el contexto y los datos que se aplicaran

en cada representación. En este sentido, los grafos de conocimiento se pueden utilizar para descubrir nuevas relaciones y conocimientos a partir de grandes conjuntos de datos, pero será necesario que las personas que consulten a dichos datos estén conscientes de su contexto y de sus propiedades, pues la lectura de datos es esencial para su debida interpretación mediante el uso de representaciones gráficas.

3. DDI-RDF y DataCite Ontology

DDI-RDF (Data Documentation Initiative–Resource Description Framework) es una especificación que permite describir y descubrir datos de investigación de manera estructurada y semántica en la Web. Se basa en el estándar DDI (Data Documentation Initiative), ampliamente utilizado en ciencias sociales y humanidades para documentar datos de investigaciones cualitativas. De acuerdo con Bosch et al. (2013) esta especificación admite la identificación programática de los conjuntos de datos relevantes para un propósito de investigación en específico.

Por otra parte, DataCite Ontology es un modelo conceptual que describe las propiedades y relaciones de los datos de investigación, permitiendo así una identificación, búsqueda y recuperación más precisas y eficientes de estos recursos. La Ontología DataCite está escrita en OWL 2 DL para permitir que las propiedades de metadatos de la Especificación del Núcleo de Metadatos DataCite versión 3.1 se describan en RDF (Shotton y Peroni, 2022).

4. Metodología

Se realizó una revisión de la literatura con el objetivo de identificar y analizar recursos de información que abordaran los fundamentos teóricos relacionados con la implementación de grafos de conocimiento como método para la visualización de datos abiertos de investigación. Para ello, se revisaron artículos científicos, capítulos de libros y estudios de caso. Los recursos fueron obtenidos de bases de datos académicas de prestigio, como Elsevier, SpringerLink, IEEE y Emerald; así como de repositorios institucionales, como el de la UNAM, y de sitios web especializados, incluyendo portales institucionales de la Unión Europea y la UNESCO. Esta metodología garantizó un enfoque integral y riguroso para el análisis del objeto de estudio planteado.

Dentro de estas fuentes, se implementaron estrategias de búsqueda relacionadas con los siguientes términos y su equivalente en inglés: grafos de conocimiento, visualización de datos, datos abiertos de investigación, exploración de datos, y descubrimiento de conocimiento.

Cabe señalar que, aunque los términos empleados permitieron recuperar recursos que emplearan dichos términos dentro de su título, fue necesario revisar detalladamente cada recurso para identificar el enfoque disciplinario al que estaban dirigidos. Pues la noción conceptual de grafos de conocimiento y de visualización de datos representa a múltiples variables de estudio, desde aquellas que versan en el rubro técnico y pragmático, hasta aquellas que permiten considerar sus nociones epistemológicas.

Por lo tanto, se seleccionaron recursos publicados de 2016 a 2024, tomando en cuenta criterios que reflejan una condicionante tecnológica y cronológica, pues el fenómeno que se aborda se encuentra en constante dinamismo debido a la aparición de múltiples publicaciones que analizan su impacto en diferentes contextos y disciplinas. Además, la mayoría de los recursos utilizados fueron publicados en idioma inglés.

La periodicidad de los años seleccionados responde a la constante actualización de los contenidos y tópicos que se presenta en el objeto de estudio de los grafos de conocimiento, pues en años recientes la literatura que versa sobre este tema ha crecido exponencialmente. Los recursos de información publicados fuera del rango periódico mencionado, fueron elegidos tomando en cuenta su grado de contribución y pertinencia respecto al análisis del objeto de estudio planteado en este trabajo. Es decir, tomando en cuenta su relevancia para obtener una visión global del tema y que se relacionara con los tópicos de organización de la información y el conocimiento.

Sucesivamente, partiendo del método analítico-sintético, se llevó a cabo la construcción de grafos de conocimiento para representar a datos abiertos de investigación localizados en los repositorios Cora (<https://dataverse.csuc.cat/>) y Eficiencia datos del Consorcio Madroño (<https://edatos.consorcioamadrono.es/>). En la Tabla I (en la página siguiente) se detalla la metodología desarrollada para la construcción de los grafos de conocimiento.

Cabe señalar que la construcción de un vocabulario RDF para representar a los datos abiertos de investigación en el grafo, contribuyó notablemente al establecimiento de relaciones semánticas entre los datos. Pues el grafo de conocimiento necesita de una estructura semántica para establecer relaciones y descripciones de significado entre los datos. Aunado a ello, fue pertinente utilizar la ontología DataCite Ontology y el vocabulario semántico DDI-RDF, para llevar a cabo un mapeo semántico que permitiera estandarizar, las clases, propiedades y metadatos que fueron representados en los grafos.

Etapas	Descripción
Conformación de colección de datos	Se desarrolló una colección de datos basada en los conjuntos de Martin-Nieva (2023) y Rubio-Cuadrado, Camarero Martínez, Gonzalez Gordaliza, Cerioni, Matteo; Montes y Gil Sanchez (2020)
Procesamiento de datos	Se llevaron a cabo los procesos de estructuración de datos, limpieza y mapeo semántico con DDI-RDF y DataCite Ontology. Sin modificar ningún valor de los datos registrados en el conjunto.
Construcción del grafo de conocimiento	Mediante el diseño de un vocabulario que explicara las entidades y relaciones de los datos, se llevó a cabo la carga del conjunto de datos RDF en el software Graph DB.
Depuración y evaluación de los datos	Revisión de la integridad y granularidad de los datos colocados en Graph DB.
Visualización de los datos contenidos en el grafo	Se ejecutaron consultas en el grafo con la intención de recuperar y visualizar los datos cargados en GraphDB

Tabla 1. Etapas del manejo de datos para la construcción del grafo de conocimiento relativo a datos abiertos de investigación

5. Resultados

El proceso para la construcción de grafos de conocimiento se desarrolló de manera individualizada para dar tratamiento a cada uno de los conjuntos de datos abiertos de investigación por lo que ambos procesos siguieron la metodología indicada en la Tabla 1 de este trabajo.

5.1. Grafo de conocimiento de 20th-century art music in Barcelona (Spain): concerts and record-listening sessions in small venues (1948-1960)

En primer lugar, el conjunto relativo a 20th-century art music in Barcelona (Spain): concerts and record-listening sessions in small venues (1948-1960), consta de 940 registros y recoge información de conciertos y sesiones de escucha de discos de música artística del siglo XX en Barcelona (España) entre 1948 y 1960. De acuerdo con Martín Nieva (2023), la investigación se centró en la música programada por varias salas pequeñas y círculos selectos de Barcelona durante el régimen de Franco: Casa Bartomeu, Club 49, Institut français de Barcelone y Joventuts Musicals de Barcelona. En la Figura 4, puede apreciarse una muestra de los datos una vez que han pasado por las etapas de limpieza y estructuración.

Este conjunto de datos consta de 23 elementos descriptivos (entidades) que permiten identificar

los atributos de los datos recabados. Estos elementos son: Composer (Compositor), Work (Obra o pieza musical), Date (fecha), Venue (Recinto), Conductor (Director de orquesta), Player 1 al 16 (músicos que participan en la obra o pieza), Season (Temporada) y Host (anfitrión del evento).

COMPOSER	WORK	DATE	VENUE	CONDUCTOR	PLAYER 1	PLAYER 2
Ignor Stravinsky	Histoire du soldat (1948)	"194810	Casa Bartomeu	Jacques Bouvier P. Siscione		
Serge Prokofiev	Sixty Quartet's 1st B minor op 58 (1931)	"194810	Casa Bartomeu	Agrupació de música de camera de Barcelona. Eduard Boscà (en)		
Berg Leonard	Three and a half centuries for three violins, viola, and cello (1932)	"194810	Casa Bartomeu	Agrupació de música de camera de Barcelona. Eduard Boscà (en)		
Jose Beethoven	Three and a half centuries for two violins, viola, and cello (1932)	"194810	Casa Bartomeu	Agrupació de música de camera de Barcelona. Eduard Boscà (en)	Dimitrios Petras (en)	
Clara Minkus	Prove yourself in 7 op 87 (1925)	"194810	Casa Bartomeu	Agrupació de música de camera de Barcelona. Eduard Boscà (en)		
Max Reger	Glück from Schöpfung (1905-1912)	"194802	Casa Bartomeu	Enllaç Quer de Baixo (en)	Ennet Canes (en)	
Max Reger	Heidenrausch from Schöpfung (1905-1912)	"194802	Casa Bartomeu	Enllaç Quer de Baixo (en)	Ennet Canes (en)	
Max Reger	Am Bräutigam from Schöpfung (1905-1912)	"194802	Casa Bartomeu	Enllaç Quer de Baixo (en)	Ennet Canes (en)	
Max Reger	Waldesrausch from Schöpfung (1905-1912)	"194802	Casa Bartomeu	Enllaç Quer de Baixo (en)	Ennet Canes (en)	
Max Reger	Allegretto from Schöpfung (1905-1912)	"194802	Casa Bartomeu	Enllaç Quer de Baixo (en)	Ennet Canes (en)	
Max Reger	Ernst Moritz Arndt in Schöpfung from Schöpfung (1905-1912)	"194802	Casa Bartomeu	Enllaç Quer de Baixo (en)	Ennet Canes (en)	
Max Reger	Wien als Stadt in Schöpfung from Schöpfung (1905-1912)	"194802	Casa Bartomeu	Enllaç Quer de Baixo (en)	Ennet Canes (en)	
Max Reger	Wien als Stadt in Schöpfung from Schöpfung (1905-1912)	"194802	Casa Bartomeu	Enllaç Quer de Baixo (en)	Ennet Canes (en)	
Max Reger	Die Leier mit Engel walt in Schöpfung (1905-1912)	"194802	Casa Bartomeu	Enllaç Quer de Baixo (en)	Ennet Canes (en)	
Max Reger	Spannweissen from Schöpfung (1905-1912)	"194802	Casa Bartomeu	Enllaç Quer de Baixo (en)	Ennet Canes (en)	
Max Reger	Allegretto from Schöpfung (1905-1912)	"194802	Casa Bartomeu	Enllaç Quer de Baixo (en)	Ennet Canes (en)	
Max Reger	Hahn und Gans from Schöpfung (1905-1912)	"194802	Casa Bartomeu	Enllaç Quer de Baixo (en)	Ennet Canes (en)	
Max Reger	Die Leier mit Engel walt in Schöpfung (1905-1912)	"194802	Casa Bartomeu	Enllaç Quer de Baixo (en)	Ennet Canes (en)	
Richard Strauss	Der Eine from Kapellmeister op 89 (1918-1919)	"194802	Casa Bartomeu	Musikverein Tondorf (en)	Ennet Canes (en)	
Richard Strauss	Freude/Wieser from Kapellmeister op 48 (1900)	"194802	Casa Bartomeu	Audilio Basso de Batagor (en)	Conita Basa (en)	
Richard Strauss	Capriccio from Kapellmeister op 82 (1901-1902)	"194802	Casa Bartomeu	Audilio Basso de Batagor (en)	Conita Basa (en)	
Ennio Morricone	Fori under the Sun (1950-1959)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Conita Basa (en)	
Ennio Morricone	Resuscitatio aus dem cinematischen Raum op. 82 (1959)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Fori under the Sun (1950-1959)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Sancta Roma (1950-1959)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Die Leier op 19 (1925)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	
Ennio Morricone	Parabellum op 1 (1925-1926)	"194802	Casa Bartomeu	Conita Basa (en)	Maria Teresa Barabasi	

información relativa a los músicos que han participado en las obras de Rawsthorne, así como a las fechas y recintos en donde fueron interpretadas las piezas musicales que se registran en el conjunto de datos. La mayor parte de los datos que se presentan en este conjunto, son de carácter textual, pues forman parte de una investigación que ha sido desarrollada en el contexto de las humanidades.

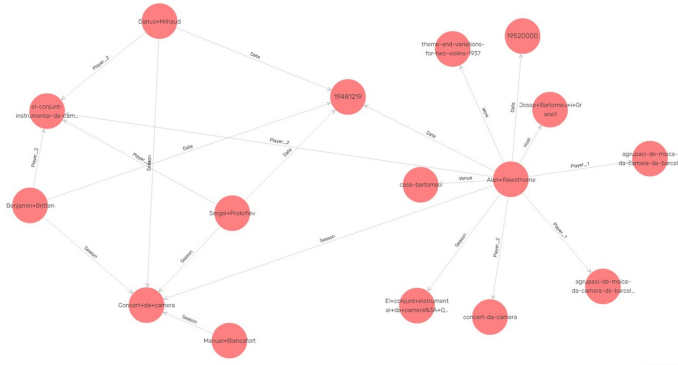


Figura 6. Grafo del conjunto 20th-century art music in Barcelona (Spain)

5.2. Grafo de conocimiento de Datos de dendrocronología y competencia de El Hayedo de Montejo

Este conjunto de datos se encuentra conformado por 682 registros y siete elementos descriptivos que representan las propiedades de los datos que reúne, los cuales corresponden a Parcela, Año, Área Basimétrica, F. Sylvática, Q. Petraea, Q. Pyrenaica y Observaciones acerca del registro de los datos recabados.

All	Parcela	Año	Área basimétrica (a)	F. sylvatica (tant)	Q. petraea (tant)	Q. pyrenaica (ta)	Observaciones
1	28	1994	38.2596142	0.096465535	0.051789173	0.881162238	Se realiza el primer inventario
2	28	1995	38.54856643	0.061074023	0.047719327	0.87953144	
3	28	1996	38.89362867	0.067616004	0.043484862	0.878293788	
4	28	1997	39.2678934	0.073274796	0.039059496	0.877394299	
5	28	1998	40.38783112	0.078831535	0.034471132	0.876819995	
6	28	1999	40.82363419	0.084267341	0.029746462	0.876557895	
7	28	2000	40.81493107	0.089563347	0.024912984	0.876556919	
8	28	2001	41.25866545	0.09470068	0.019997997	0.876918388	
9	28	2002	42.18936735	0.096660469	0.015028786	0.877515022	
10	28	2003	41.69522892	0.104423842	0.010032683	0.878371942	

Figura 7. Muestra del conjunto de Datos de dendrocronología y competencia de El Hayedo de Montejo

En la Figura 7 puede apreciarse que la mayoría de los datos de este conjunto son de carácter numérico pues es un conjunto que ha sido publicado en el área de las Ciencias de la Tierra y de Medio Ambiente. De acuerdo con Rubio Cuadrado et al. (2020), el proyecto de investigación de donde se desprenden estos datos busca conocer la importancia relativa del aumento de la espesura y del cambio climático en el decaimiento del crecimiento radial observado en los árboles de El Hayedo de Montejo (Bosque Nacional de España).

```
RDF Schema alignment
This is a sample Turtle representation of (up-to) the first 10 rows
@prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>.
@prefix owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>.
@prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>.
@prefix foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/>.

<http://127.0.0.1:3333/28> <http://127.0.0.1:3333/Ano> <http://127.0.0.1:3333/1994+>.
<http://127.0.0.1:3333/1995> <http://127.0.0.1:3333/1996> <http://127.0.0.1:3333/1997>.
<http://127.0.0.1:3333/1998> <http://127.0.0.1:3333/1999> <http://127.0.0.1:3333/2000>.
<http://127.0.0.1:3333/2001> <http://127.0.0.1:3333/2002> <http://127.0.0.1:3333/2003>.
<http://127.0.0.1:3333/Área_Basimétrica> <http://127.0.0.1:3333/382596142> <http://127.0.0.1:3333/3854856643>.
<http://127.0.0.1:3333/3889362867> <http://127.0.0.1:3333/392678934> <http://127.0.0.1:3333/4038783112>.
<http://127.0.0.1:3333/4081493107> <http://127.0.0.1:3333/4082363419> <http://127.0.0.1:3333/4125866545>.
<http://127.0.0.1:3333/4169522892> <http://127.0.0.1:3333/4218936735>.
<http://127.0.0.1:3333/F_Sylvatica> <http://127.0.0.1:3333/005465535> <http://127.0.0.1:3333/006174023>.
<http://127.0.0.1:3333/0067616004> <http://127.0.0.1:3333/0073274796> <http://127.0.0.1:3333/0078831535>.
<http://127.0.0.1:3333/0084267341> <http://127.0.0.1:3333/0089563347> <http://127.0.0.1:3333/009470068>.
<http://127.0.0.1:3333/009660469> <http://127.0.0.1:3333/010423842>.
<http://127.0.0.1:3333/Observaciones> <http://127.0.0.1:3333/ee-realiza-el-primer-inventario>.
<http://127.0.0.1:3333/Q_Petraea> <http://127.0.0.1:3333/0010032683> <http://127.0.0.1:3333/0015028786>.
<http://127.0.0.1:3333/0019997997> <http://127.0.0.1:3333/0024912984> <http://127.0.0.1:3333/0029746462>.
<http://127.0.0.1:3333/0034471132> <http://127.0.0.1:3333/0039059496> <http://127.0.0.1:3333/0043484862>.
<http://127.0.0.1:3333/0047719327> <http://127.0.0.1:3333/0051789173>.
<http://127.0.0.1:3333/Q_Pyrenaica> <http://127.0.0.1:3333/081657895> <http://127.0.0.1:3333/0816595019>.
<http://127.0.0.1:3333/0876819995> <http://127.0.0.1:3333/0876918388> <http://127.0.0.1:3333/0877394299>.
<http://127.0.0.1:3333/0877515022> <http://127.0.0.1:3333/0878293788> <http://127.0.0.1:3333/0878371942>.
<http://127.0.0.1:3333/087953144> <http://127.0.0.1:3333/0881162238>.
```

Figura 8. Previsualización de la sintaxis RDF del conjunto de datos mapeado semánticamente

En la Figura 8 se aprecia la construcción de triples RDF mediante el procesamiento de los datos de este conjunto, lo que hace posible su visualización en el software Graph DB a través de identificadores uniformes de recursos (URIs). De acuerdo con Heath y Bizer (2011), estos identificadores pueden incluir cosas tangibles como personas, lugares y eventos, o aquellas que son más abstractas, como el tipo de relación entre personas, el conjunto de todos los eventos relacionados a una persona, o bien la vinculación del evento con fechas y otros elementos. Este principio puede verse como una extensión del alcance de la Web desde los recursos en línea para abarcar cualquier objeto o concepto que está presente en el mundo real.

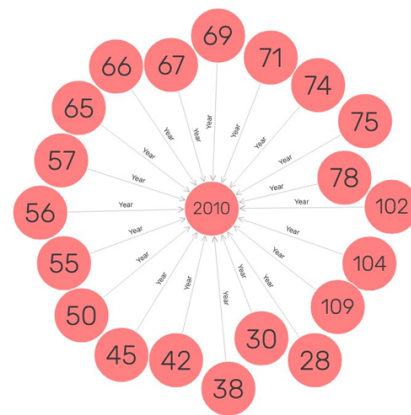


Figura 9. Grafo por año y parcela del conjunto de datos de El Hayedo de Montejo

De esta manera, un grafo RDF es una forma específica de representar información utilizando un gráfico dirigido y etiquetado. Es un componente central del Resource Description Framework (RDF), un estándar del W3C para el intercambio de datos en la web. Además, se ser un elemento esencial para la construcción de datos enlazados (Linked Data) (W3C, 2014). De esta manera, un

grafo de conocimiento puede contener en su estructura la codificación y lógica establecida por RDF para construir de manera técnica las vinculaciones entre los datos que son almacenados en un determinado conjunto.

En la Figura 9 se observa que cuando un nodo del grafo busca ser recuperado por año, se puede tener una visualización de las parcelas que corresponden al análisis efectuado en este periodo de tiempo.

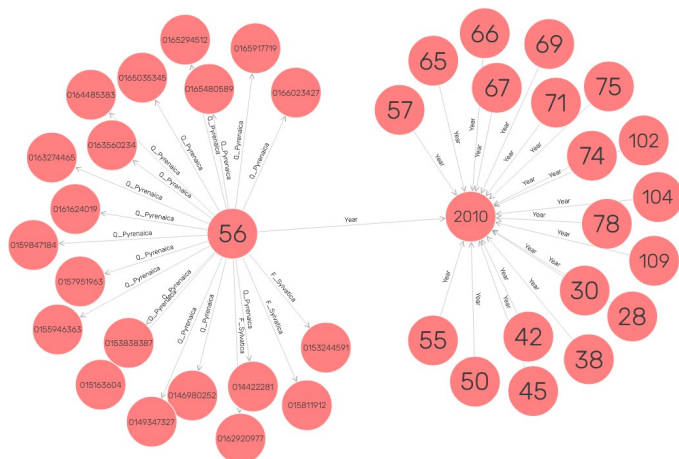


Figura 10. Grafo específico partiendo de año y parcela del conjunto de datos

De esta manera, al momento de pretender realizar una consulta específica en el lienzo del grafo, se tiene la posibilidad de visualizar una mayor cantidad de datos vinculados semánticamente.

Este tipo de navegación es de carácter intuitivo e interactivo ya que mediante la interacción que existe entre el grafo, es posible descubrir aquellos datos que se relacionan con un nodo en específico.

5.3. Uso de DDI-RDF y DataCite Ontology para la integración de conjuntos de datos en un grafo de conocimiento

En la Tabla II se detalla el mapeo realizado entre los metadatos de los repositorios CORA y e-Ciencia Datos y los elementos de la Ontología DataCite. Este proceso permitió identificar tanto las coincidencias como las discrepancias entre los esquemas de metadatos utilizados por ambos repositorios y la ontología. Si bien se encontró una correspondencia significativa en elementos como "Publication date", "Title", "Author", "Description", "Subject", "Keyword", "Notes", "Producer", "Production date", "Distributor", "Distributor date", "Depositor", "Deposit date" y "Kind of data", se obser-

varon importantes brechas en relación a los metadatos "Related publication", "Production place", "Funding Information" y "Time period covered".

Metadatos en CORA y e-Ciencia Datos	DataCiteOntology	Clase	Propiedad
Publication date	dcite:date		x
Title	dcite:title		x
Author	dcite:creator		x
Description	dcite:description_type	x	
Subject	dcite:description_type	x	
Keyword	dcite:description_type	x	
Related publication	N/A	N/A	N/A
Notes	dcite:description_type	x	
Language	N/A	N/A	N/A
Producer	dcite:agent	x	
Production date	dcite:date		x
Production place	N/A	N/A	N/A
Funding Information	N/A	N/A	N/A
Contributor	dcite:contributor		x
Distributor	dcite:agent	x	
Distribution date	dcite:date	x	
Depositor	dcite:agent	x	
Deposit Date	dcite:date		x
Time period covered	N/A	N/A	N/A
Kind of data	Dcite:hasgeneralresourcetype		x

Tabla II. Mapeo de metadatos de los repositorios CORA y e-Ciencia Datos con elementos de DataCite Ontology

Estas diferencias subrayan la necesidad de desarrollar estrategias de armonización y enriquecimiento de los metadatos para lograr una mayor interoperabilidad entre los repositorios y una mejor alineación con los estándares internacionales.

La figura 11 (en la página siguiente) muestra un grafo que expone las relaciones que se establecen entre las propiedades de cada conjunto de datos, en donde dos nodos principales, uno a la izquierda y otro a la derecha, están conectados por una línea central. Cada nodo principal tiene varios nodos secundarios conectados a su alrededor mediante aristas, que corresponden a las propiedades de los conjuntos de datos que se encuentran interconectadas.

Por su parte, en la Tabla III se encuentra el mapeo realizado a los mismos metadatos utilizando los elementos señalados en DDI-RDF Discovery Vocabulary. El esquema de metadatos utilizado en los repositorios CORA y e-Ciencia Datos es el relativo al Data Documentation Initiative Metadata Schema (DDI-Metadata Schema), por lo que DDI-RDF es un vocabulario semántico que se esperaba muestre relativa compatibilidad con los elementos señalados en este esquema.

Metadatos en CORA y e-Ciencia Datos	DDI-RDF Discovery Vocabulary	Clase	Propiedad
Publication date	ddi:date		x
Title	ddi:title		x
Author	ddi:creator		x
Description	ddi:description	x	
Subject	ddi:subject	x	
Keyword	N/A	N/A	N/A
Related publication	ddi:seeAlso		x
Notes	N/A	N/A	N/A
Language	N/A	N/A	N/A
Producer	ddi:hadRole		x
Production date	ddi:date		x
Production place	N/A	N/A	N/A
Funding Information	ddi:fundedBy		x
Contributor	ddi:contributor		x
Distributor	ddi:hadRole		x
Distribution date	ddi:date		x
Depositor	ddi:hadRole		x
Deposite Date	ddi:date		x
Time period covered	N/A	N/A	N/A
Kind of data	ddi:kindOfData		x

Tabla III. Mapeo de metadatos de los repositorios CORA y e-Ciencia Datos con elementos del DDI-RDF Discovery Vocabulary

Sin embargo, al realizar el mapeo, hemos identificado una incompatibilidad fundamental en elementos clave como keywords, notes, language, production place y time period covered. Estos elementos, esenciales para la descripción detallada de los datos, no encuentran correspondencias directas en ambas ontologías.

Además de esta discordancia a nivel de propiedades, tanto DDI-RDF como DataCite Ontology presentan diferencias significativas en la estructuración de sus clases y propiedades. Por ejemplo, la divergencia en la conceptualización de 'producir' como propiedad en DDI-RDF y como clase en DataCite Ontology es ilustrativa de esta problemática.

Estas disparidades tienen implicaciones directas en la eficiencia y efectividad de las búsquedas y recuperación de datos. La heterogeneidad en la representación semántica dificulta la integración de los datos provenientes de diferentes fuentes, lo que a su vez limita la capacidad de descubrir patrones informativos a gran escala.

La ausencia de compatibilidad entre los elementos de metadatos y semánticos inhibe el desarrollo de estrategias de recuperación integrales. Al no existir un mapeo consensuado y armonizado, se dificulta la construcción de consultas que abarquen la totalidad de los atributos descriptivos de un conjunto de datos, lo que a su vez restringe la capacidad de explorar las relaciones existentes entre los mismos.

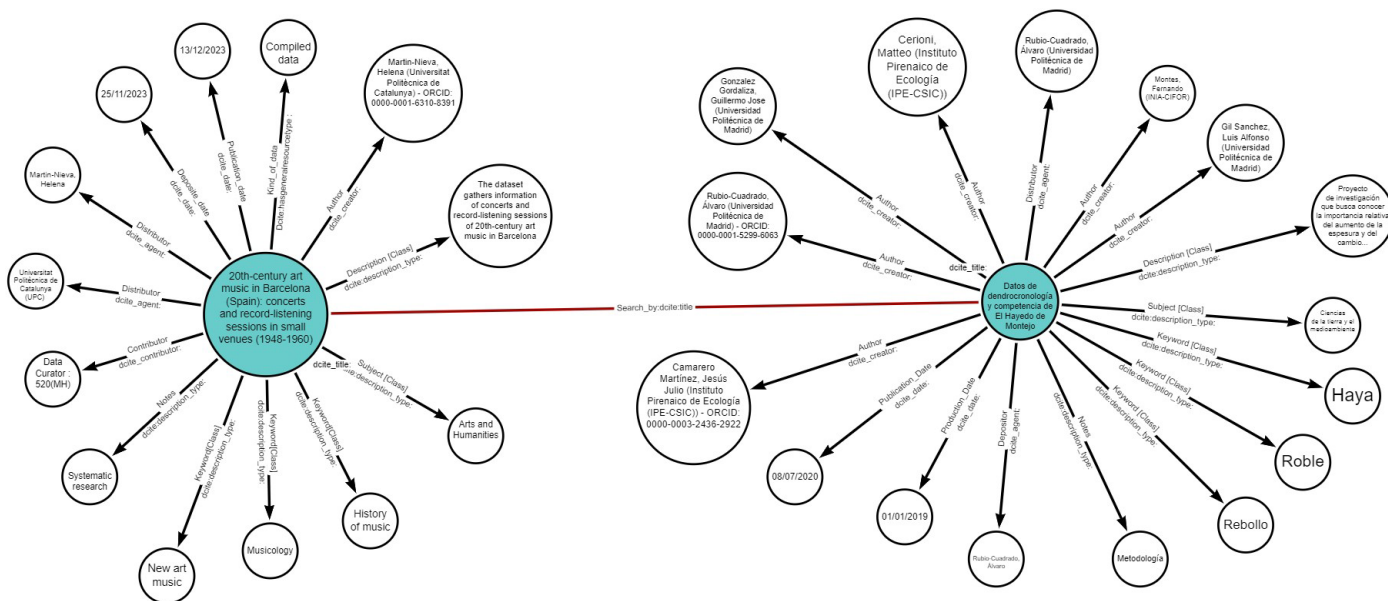


Figura 11. Grafo de conocimiento basado en DataCite Ontology

cuentra relacionado con el dominio al cual pertenecen dichos datos. Estos dominios pueden tratarse de datos que forman parte de la vida cotidiana, el entretenimiento o bien formar parte de campo especializados como el de la investigación. En este sentido, Koltay (2015), sugiere que el concepto de alfabetización en datos pone de manifiesto habilidades como la de traducir grandes cantidades de datos en conceptos abstractos, así como comprender el razonamiento basado en datos. Por lo tanto, la visualización de datos abiertos de investigación mediante el uso de grafos de conocimiento requiere de un determinado grado de competencia y habilidad para dar lectura a los datos que se presentan e interpretarlos mediante el método de visualización que un grafo ofrece.

Si bien Jia (2020) menciona que un grafo de conocimiento puede ser una extensión de datos vinculados, que hace uso de la acumulación de vocabularios y datos vinculados en el entorno de datos masivos. En este trabajo se han combinado el uso de vocabularios, datos abiertos de investigación y grafos de conocimiento para comprender la expresión formal de entidades, relaciones y atributos de representación de datos vinculados en tripletas.

En cuanto a las limitaciones que se presentan en este estudio, se destacan aquellas relacionadas con la lectura de texto, espacios en blanco y palabras acentuadas en el cuerpo textual de la estructura de los grafos, pues el lenguaje utilizado por la aplicación informática Graph DB no ha representado los caracteres no alfanuméricos correspondientes al idioma español, por lo que en algunos nodos y aristas puede observarse la ausencia de estos signos en la descripción de las vinculaciones o en los datos por su mismos.

Asimismo, la construcción de grafos de conocimiento a partir de datos abiertos de investigación puede ser un proceso complejo y laborioso, sobre todo si se contempla que muchos de estos datos pueden no estar estructurados. En este sentido, la visualización de grafos de conocimiento grandes y complejos puede ser un desafío técnico. Además, que la interpretación de los grafos de conocimiento requerirá de un conocimiento del dominio y de las relaciones entre las entidades.

En cuanto al uso de grafos de conocimiento para la visualización de datos abiertos de investigación se estima que estos grafos pueden favorecer a la visualización de redes de colaboración científica, las cuales se establecen entre investigadores, instituciones y proyectos.

Los grafos de conocimiento pueden usarse para visualizar los resultados de experimentos científicos, mostrando las relaciones entre variables y entidades. Además, pueden usarse para visualizar la evolución de un campo de investigación a lo largo del tiempo, mostrando cómo las diferentes entidades se han relacionado entre sí.

Los grafos de conocimiento son una herramienta pertinente para la visualización de datos abiertos de investigación. Sin embargo, existen algunos desafíos que deben ser abordados para que esta herramienta sea ampliamente utilizada. Se espera que, en el futuro, el desarrollo de nuevas técnicas y herramientas facilite la construcción, visualización e interpretación de grafos de conocimiento, lo que permitirá a los investigadores aprovechar al máximo su potencial. De esta manera, la prospectiva acerca de la investigación de este objeto de estudio podría dirigirse a cómo evolucionará el uso de grafos de conocimiento para la visualización de datos abiertos de investigación en el futuro.

7. Consideraciones finales

Los grafos de conocimiento son herramientas efectivas para la visualización de datos abiertos de investigación, permitiendo representar de forma intuitiva y semántica grandes volúmenes de datos. Se identificó que estos grafos facilitan la identificación de patrones y relaciones en los datos, lo cual es útil para la toma de decisiones en contextos de investigación complejos.

La visualización de datos a través de grafos de conocimiento puede facilitar la comprensión de relaciones complejas entre diferentes entidades en un campo de investigación. Esto puede ayudar a los investigadores a identificar patrones, conexiones y tendencias que podrían no ser evidentes en una exploración superficial de los datos.

Es fundamental tomar en cuenta que la visualización de datos a través de grafos de conocimiento no es un fin en sí mismo, sino más bien una herramienta para el análisis e interpretación de datos. Los investigadores deben ser críticos al interpretar la información presentada en el grafo y considerar cómo estas relaciones afectan su investigación y descubrimientos.

La calidad de los datos utilizados para construir el grafo de conocimiento es crucial para la precisión y utilidad de la visualización resultante. Los datos abiertos de investigación pueden variar en términos de precisión, integridad y actualidad, lo que puede influir en la fiabilidad de las relaciones representadas en el grafo.

A medida que el tamaño y la complejidad de los datos aumentan, es importante considerar la escalabilidad y el rendimiento de las herramientas utilizadas para visualizar grafos de conocimiento. Las técnicas de visualización deben ser capaces de manejar grandes volúmenes de datos de manera eficiente, garantizando una experiencia de usuario fluida y receptiva.

El estudio demuestra que la aplicación de ontologías como DDI-RDF y DataCite permite organizar y relacionar semánticamente conjuntos de datos en distintos campos, como la musicología y las ciencias ambientales. Sin embargo, se identifican desafíos técnicos, como la integración de datos no estructurados y las limitaciones en la compatibilidad de metadatos. Finalmente, se propone que el desarrollo de nuevas herramientas de visualización y métodos de estandarización de metadatos podría mejorar la interoperabilidad y facilitar el uso de grafos de conocimiento en la investigación futura.

Referencias

- Ávila, E. (2021). La investigación del SARS-CoV2 mediante el uso de datos abiertos y grafos de conocimiento. // Torres Vargas, G. (coord). La pandemia por COVID-19: un acercamiento desde la bibliotecología y los estudios de la información. México: UNAM, Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas y de la Información, 2021. https://ru.iibi.unam.mx/jspui/bitstream/IIBI_UNAM/248/1/02_pandemia_covid_eder_avila.pdf.
- Bosch, T.; Cyganiak, R.; Gregory, A.; Wackerow, J. (2013). DDI-RDF Discovery Vocabulary: A Metadata Vocabulary for Documenting Research and Survey Data. // Proceedings of the 6th Linked Data on the Web (LDOW) Workshop at the World Wide Web Conference (WWW). Río de Janeiro, Brasil, (Mayo 2013).
- European Commission: DG RTD (2017). H2020 Programme Guidelines to the Rules on Open Access to Scientific Publications and Open Access to Research Data in Horizon 2020. Version 3.2. Unión Europea. https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/grants_manual/hi/oa_pilot/h2020-hi-oa-pilot-guide_en.pdf.
- Gandhi, P.; Pruthi, J. (2020). Data Visualization Techniques: Traditional Data to Big Data. // Anuncia, S. Margret, Gohel, H. A.; Vairamuthu, S. (eds). Data Visualization: Trends and Challenges Toward Multidisciplinary Perception. Singapur: Springer, 2020, 53-74. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2282-6_4.
- Heath, T.; Bizer, C. (2011). Principles of Linked Data. // Linked Data: Evolving the Web into a Global Data Space. Estados Unidos: Springer International Publishing, 2011. Synthesis Lectures on Data, Semantics, and Knowledge. https://doi.org/10.1007/978-3-031-79432-2_2.
- Hogan, A.; et al. (2022). Introduction. // Hogan, A.; et al. (eds). Knowledge Graphs. Cham: Springer International Publishing, 2022, pp. 1-4. Synthesis Lectures on Data, Semantics, and Knowledge. ISBN 978-3-031-00790-3. Disponible en: https://link.springer.com/10.1007/978-3-031-01918-0_1.
- Jia, J. (2020). From Data to Knowledge: The Relationships Between Vocabularies, Linked Data, and Knowledge Graphs. // Journal of Documentation. 2020, 77: 1, 93-105. <https://doi.org/10.1108/JD-03-2020-0036>.
- Kejriwal, M. (2019). What Is a Knowledge Graph? // Kejriwal, M. (ed). Domain Specific Knowledge Graph Construction. Cham: Springer International Publishing, 2019. 1-7. Springer Briefs in Computer Science. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-12375-8>.
- Koltay, T. (2015). Data Literacy: In Search of a Name and Identity. // Journal of Documentation. 2015, 71: 2, 401-415. <https://doi.org/10.1108/JD-02-2014-0026>.
- Liang, S. (2023). Knowledge Graph Embedding Based on Graph Neural Network. // IEEE 39th International Conference on Data Engineering (ICDE). 2023, 3908-3912. <https://doi.org/10.1109/ICDE55515.2023.00379>.
- Martin-Nieva, H. (2023). 20th-Century Art Music in Barcelona (Spain): Concerts and Record-Listening Sessions in Small Venues (1948-1960). CORA. Repositori de Dades de Recerca, 2023, v.1, UNF:6:nMxSxYPA0RomDlucN6Uhow == [fileUNF]. DOI: 10.34810/data926.
- Rubio-Cuadrado, Álvaro; Camarero Martínez, Jesús Julio; Gonzalez Gordaliza, Guillermo Jose; Cerioni, Matteo; Montes, Fernando; Gil Sanchez, Luis Alfonso (2020). Datos de dendrocronología y competencia de El Hayedo de Montejo. https://doi.org/10.21950/VEQWPI_e-cienciaDatos_V1_Competencia.csv [fileName]
- Michailidis, G. (2008). Data Visualization Through Their Graph Representations. // Handbook of Data Visualization. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-33037-0>.
- Muniswamaiah, M.; Agerwala, T.; Tappert, C. (2023). Big Data and Data Visualization Challenges. // IEEE International Conference on Big Data (BigData), diciembre 2023, 6227-6229. <https://doi.org/10.1109/BigData59044.2023.10386491>.
- Rubio-Cuadrado, Á.; et al. (2020). Datos de Dendrocronología y Competencia de El Hayedo de Montejo. e-ciencia-Datos, 2020, v.1. DOI: 10.21950/VEQWPI.
- Shotton, D.; Peroni, S. (2022). The DataCite Ontology <https://sparontologies.github.io/datacite/current/datacite.html>.
- Sonawane, S.; Mahalle, P.; Ghotkar, A. (2022). Knowledge Graph. // Sonawane, S.; Mahalle, P.; Ghotkar, A.; eds. Information Retrieval and Natural Language Processing: A Graph Theory Approach. Singapur: Springer, 2022, pp. 135-149. Studies in Big Data. https://doi.org/10.1007/978-981-16-9995-5_7.
- Sowa, J. (200). Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations. Estados Unidos: Brooks Cole Publishing. <https://www.jfsowa.com/krbook/>.
- UNESCO. Open Research Data [en línea]. 2024. <https://www.unesco.org/en/open-science/open-research-data>.
- Unión Europea. Facts and Figures for Open Research Data - European Commission (2024). https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-2020-2024/our-digital-future/open-science/open-science-monitor/facts-and-figures-open-research-data_en.
- Villazon-Terrazas, B.; et al. (2017). Knowledge Graph Foundations. // Pan, J. Z.; et al. (eds). Exploiting Linked Data and Knowledge Graphs in Large Organisations. Cham: Springer International Publishing. 17-55. https://link.springer.com/10.1007/978-3-319-45654-6_2.
- W3C (2024). RDF Web Standards <https://www.w3.org/RDF/>.
- Zakaria, S. (2021). Data Visualization as a Research Support Service in Academic Libraries: An Investigation of World-Class Universities. // The Journal of Academic Librarianship. 2021, 47: 5, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.acalib.2021>.

Enviado: 2024-02-12. Segunda versión: 2024-11-24.
Aceptado: 2024-11-29.