

Perfil de aplicación de metadatos para piezas anatómicas plastinadas alineado con los principios FAIR. Resultados preliminares

Morgana Carneiro de Andrade¹; María-José Baños-Moreno²; Patrícia Pacheco de Barros³; Gleice Pereira⁴

Resumen. Introducción: La digitalización de piezas anatómicas para la obtención y difusión de objetos anatómicos digitales es un paso más en el camino hacia la accesibilidad del acervo de los museos. Actualmente existe un proyecto de descripción y difusión de la colección de piezas anatómicas del Museo de Ciências da Vida de la Universidade Federal do Espírito Santo. **Objetivos:** Para facilitar la adecuada representación de los objetos asociados a piezas anatómicas plastinadas y de las imágenes generadas, se propone la definición de un perfil de aplicación especializado en este tipo de objetos, que permita identificación y su descripción teniendo en cuenta los principios FAIR. **Metodología:** En este artículo se adopta la metodología Design Science Research, aplicando la búsqueda bibliográfica para la localización y análisis de documentación relacionada con el tema de estudio y en los principios FAIR y la investigación documental para la identificación de páginas web de museos que difunden información sobre objetos anatómicos. **Resultados:** Como resultado, se obtuvo un conjunto de atributos para representación física de las piezas anatómicas, así como de sus representaciones digitales, que se alinearon con los principios FAIR. **Conclusiones:** Con esta propuesta, se pretende avanzar hacia la definición de un perfil de aplicación que mejore la interoperabilidad entre los sistemas de información en el ámbito museológico.

Palabras clave: Piezas anatómicas; Perfil de aplicación; Museos de anatomía; Metadatos; Principios FAIR

Sumario: 1. Introducción; 2. Objetivos; 3. Metodología; 5. Resultados; 6. Conclusiones; 7. Referencias

¹ Filiación Biblioteca General de la Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, Brasil
E-mail: morganaandrade@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9627-0045>

² Filiación Universidad de Murcia, Murcia, España
E-mail: mbm41963@um.es
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9137-1330>

³ Filiación Biblioteca General de la Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, Brasil
E-mail: patricia.barros@ufes.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6359-3339>

⁴ Filiación Departamento de Biblioteconomía de la Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, Brasil
E-mail: gleice.pereira@ufes.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6359-3339>

1. Introducción

El término “anatomía”, de origen griego, puede ser traducido como “cortar en partes”. Se trata de “una rama de la biología que estudia la organización estructural de los seres vivos, que incluye los sistemas, los órganos y los tejidos que los constituyen, la apariencia y la posición de varias partes, las sustancias de las que están hechos, su localización y su relación con otras partes del cuerpo”. Este método hace posible la comprensión de la estructura y función de los seres vivos. En la antigüedad se definía como el acto de explotar las estructuras del cuerpo humano mediante la desecación.

En 2015, Gunther von Hagens inauguró el Museo Humano en Berlín, pero mucho antes, allá por los años 90, este anatomista se había hecho famoso a raíz de la exposición *Los mundos de los cuerpos*, donde utilizó la técnica de la plastificación. Con el paso del tiempo, estas exposiciones se han ido multiplicando, debido principalmente a su potencial valor educativo (Martin et al., 2016). Muchos otros museos alrededor del mundo tienen colecciones de piezas anatómicas de seres vivos (especímenes). En Europa y Estados Unidos se pueden citar el Museo Royal College of Surgeons of England y el Center for the History of Medicine at Countway Library; en Brasil, el Museo de Anatomía Humana Professor Alfonso Bovero da USP, el Museo de Anatomía Humana de la UnB o el Museo de Ciências da Vida (MCV)⁵ de la Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

La importancia que tienen los museos para la cultura y la educación requiere que sus colecciones sean más inclusivas, accesibles y reutilizables (Jedrzejewski et al., 2020; Marreez et al., 2010; Martin et al., 2016). En este sentido, la digitalización de piezas anatómicas para la obtención y difusión de objetos anatómicos digitales (OAD) es, sin duda, un paso más en el camino hacia la accesibilidad del acervo de los museos.

El MCV fue creado en 2008 con el propósito de difundir y popularizar las ciencias de la vida. Posee un laboratorio interdisciplinar e interprofesional, que aglutina la extensión, la investigación, la enseñanza y la difusión de piezas anatómicas reseñables. Estas piezas se exponen al público de forma presencial a través de exposiciones locales y nacionales, así como mediante *tours* virtuales.

Actualmente existe un proyecto de descripción y difusión de la colección de piezas anatómicas de seres vivos (especímenes) del Museo de Ciências da Vida, que se integrará en la Plataforma Acervus (un repositorio digital, desarrollado con el software Tainacan, que tiene como objetivos reunir, preservar y difundir el patrimonio digital de la UFES). En este marco, pronto se reveló la necesidad de aportar información más detallada de las piezas para la adecuada representación de los OAD y de las imágenes generadas. En concreto, para la representación de información de piezas anatómicas plastinadas (un método de conservación de éstas) o conservadas mediante otras técnicas.

Al realizar las primeras búsquedas sobre la representación de información de este tipo de colección, queda patente la escasez de literatura especializada, así como

⁵ <https://linktr.ee/mcv.ufes>

también la práctica ausencia de repositorios digitales o de bibliotecas virtuales que publiquen la descripción de este tipo de material, o de la existencia de perfiles de aplicación de metadatos - PAM (Heery & Patel, 2000) en este campo. Más allá de estos hallazgos, es importante destacar la relevancia de adoptar buenas prácticas para la publicación de datos en la Web (principios FAIR, *Data on the Web Best Practices* - DWBP) (Lóscio, Burle y Calegary, 2017; Wilkinson et al., 2016), dada la tendencia a considerar las "colecciones digitales como datos" (Padilha et al., 2017).

Uno de los estudios con mayor proximidad al objetivo de esta investigación es el artículo titulado “Indexación de imágenes digitales del área de Anatomía: transposición de imágenes para la escritura” (Rezende et al., 2020). Esta investigación amplía el alcance de dicho artículo al proponer la elaboración de un PAM, que establece, además de las propiedades y sus valores, un documento legible por ordenador (DCMI, 2020) alineado con los principios FAIR (Wilkinson et al., 2016) y con las mejores prácticas de publicación de datos en la Web (Lóscio, Burle y Calegary, 2017).

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es avanzar en la definición de un perfil de aplicación especializado en objetos anatómicos y su representación digital (OAD), que permita identificación de este tipo de elementos, así como su descripción, teniendo en cuenta los principios FAIR. De esta forma se pretende contribuir a la organización, compartición y reutilización de los OAD presentes en museos y repositorios digitales.

3. Metodología

Se trata de una investigación aplicada, en la que se adoptó la *Design Science Research* – DSR (Hevner, 2007). Se adoptaron la búsqueda bibliográfica y la investigación documental (búsquedas de sitios web de museos y de repositorios digitales en Google), conforme a la metodología indicada (ver la siguiente figura).

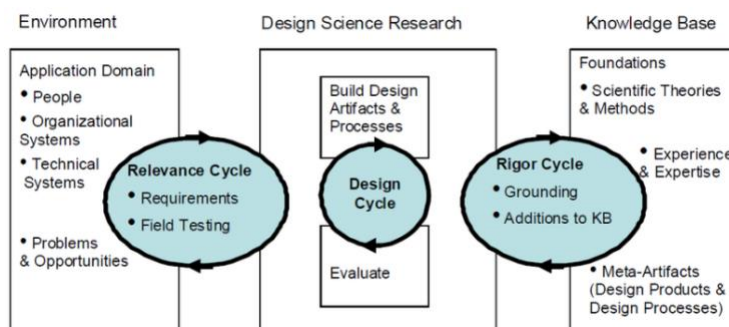


Figura 1. Three circle view of design science research. Source: Hevner (2007)

Para la búsqueda bibliográfica, que fue realizada en las bases de datos Web of Science y Scopus, se trataron diversos aspectos como:

- a) anatomía, Patología y Morfología, para mejorar la comprensión de estos conceptos y sus elementos;
- b) representación del conocimiento y de la información;
- c) identificación de perfiles de aplicación de metadatos (PAM), diccionarios de datos, modelado de datos y vocabularios especializados en piezas anatómicas; y
- d) buenas prácticas para publicación de los datos en la Web, como los principios FAIR (*Findability, Accessibility, Interoperability, Reuse*) y DWBP (*Data on the Web Best Practices*).

El análisis de las páginas web de museos y repositorios, que fue realizado a partir de una búsqueda en la que se empleó el motor de búsqueda de Google, a nivel nacional e internacional, se orientó hacia la identificación y descripción de objetos anatómicos.

Para la elaboración de un PAM especializado en piezas anatómicas se aplicaron las recomendaciones de las DWBP y del DCAT-AP (Dekkers et al., 2023), que define el uso de metadatos para una aplicación o un dominio específico (DCMI, 2020), orientado a humanos y aplicables por máquinas. Fueron definidos los siguientes pasos:

- a) definición del alcance del perfil de aplicación de metadatos;
- b) análisis de los datos de los objetos, así como de las imágenes digitales de la colección del Museo de Ciências da Vida (MCV);
- c) identificación de los requisitos informacionales (atributos);
- d) análisis de los metadatos empleados por la Plataforma Acervus;
- e) modelado de los datos de los objetos y de las imágenes digitales de la colección del Museo;
- f) definición de los valores y de las restricciones de los metadatos, incluyendo la definición de vocabularios controlados o de listas de valores para campos específicos; validación de la consistencia de la propuesta.

El proceso de desarrollo del PAM prevé la participación de profesionales que actúan en las diferentes áreas asociadas al tipo de colección analizada.

5. Resultados

Con la investigación bibliográfica se recuperaron 1.812 artículos, siendo seleccionados 58 trabajos (Tabla 1), que se incorporaron a la Base de Conocimiento (etapa del DSR) . Se localizaron 38 perfiles de aplicaciones en el dominio de los museos. Por otro lado, se obtuvo un total de 100 sitios web de museos, nacionales e internacionales, que difunden información sobre piezas anatómicas (plastinadas o no) y sus características.

Más allá de la identificación de los requisitos informacionales que tienen en cuenta la perspectiva museológica para la representación de las piezas anatómicas (a partir de la bibliografía investigada, el análisis de los sitios web de los museos y los perfiles de las aplicaciones centradas en el patrimonio cultural), se consideró las tecnologías de la Web

Semántica (Berners-Lee, 2006) y los alineamientos con los principios FAIR (Wilkinson et al., 2016) y las DWBP (Lóscio; Burle; Caleyary, 2017).

Tabla 1. Artículos analizados

AUTORES	TÍTULOS
[Anonymous]. (2012)	Online veterinary anatomy museum to share resources worldwide
Aitken (2005)	Formalizing concepts of species, sex and developmental stage in anatomical ontologies
Ashby (2019)	Museums, Students, Anatomy and the Public
Baca (Ed.) (2006)	Cataloging cultural objects: A guide to describing cultural works and their images
Baldock & Burger (2005)	Anatomical ontologies: Names and places in biology
Bard (2011)	A systems biology representation of developmental anatomy
Baud et al. (2005)	Desiderata for Representing Anatomical Knowledge
Berquist et al. (2012)	The Digital Fish Library: Using MRI to Digitize, Database, and Document the Morphological Diversity of Fish
Binding & Tudhope (2016)	Improving interoperability using vocabulary linked data.
Canadelli (2011)	“Scientific Peep Show” The Human Body in Contemporary Science Museums
DCMI (2020)	DC Tabular Application Profiles
de Bono et al. (2012)	ApiNATOMY: A Novel Toolkit for Visualizing Multiscale Anatomy Schematics with Phenotype-Related Information
de Bono et al. (2014)	ApiNATOMY: Towards Multiscale Views of Human Anatomy
Domanski et al. (2023)	Terra Incognita in anatomical museology—A literature review from the perspective of evidence-based care
Durack et al. (2007)	The David L. Bassett Stereoscopic Atlas of Human Anatomy
Edgecombe (2008)	Anatomical nomenclature: Homology, standardization and datasets
FAIRsharing FIP. (2022)	FAIRsharing.org
Findlen (2006)	Anatomy theaters, botanical gardens, and natural history collections
Fonseca & Finn (2016)	The impact of body worlds on adult visitors’ knowledge on human anatomy: A preliminary study
Golub & Liu (2022)	Information and Knowledge Organisation in Digital Humanities: Global Perspectives
Golub et al. (2021)	Knowledge organisation for digital humanities: An introduction
Gomez (2019)	“With their natural skin”. Museological exhibitions of preserved human bodies and remains
Guha et al. (2015)	Schema. org: Evolution of Structured Data on the Web: Big data makes common schemas even more necessary. Queue, 13(9), 10–37
Heery & Patel (2000)	Application Profiles: Mixing and Matching Metadata Schemas

AUTORES	TÍTULOS
Jedrzejewski et al. (2020)	Virtual Anatomy Museum: Facilitating Public Engagement Through an Interactive Application
Jocks et al. (2015)	An investigation to examine the most appropriate methodology to capture historical and modern preserved anatomical specimens for use in the digital age to improve access: A pilot study
Jones (2002)	Re-inventing anatomy: The impact of plastination on how we see the human body
Kiourexidou et al. (2019)	Websites with Multimedia Content: A Heuristic Evaluation of the Medical/Anatomical Museums
Kistler et al. (2013)	The Virtual Skeleton Database: An Open Access Repository for Biomedical Research and Collaboration
Maglia et al. (2007)	An anatomical ontology for amphibians
Marreez et al. (2010)	The Role of Medical Museums in Contemporary Medical Education
Martin et al. (2016)	The Role of a Museum-Based Science Education Program in Promoting Content Knowledge and Science
Marwede & Fielding (2007)	Entities and relations in medical imaging: An analysis of computed tomography reporting
Masuda et al. (1997)	Setting up and features of a database of images of plastinated materials
Mugridge (2007)	Cataloging cultural objects: A guide to describing cultural works and their images
Monza et al. (2019)	New life to italian university anatomical collections: Desire to give value and open museological issues cases compared
Neal et al. (1998)	The digital anatomist structural abstraction: A scheme for the spatial description of anatomical entities
Padilha et al. (2019)	Final report: always already computational: collections as data (version 1)
Pepper et al. (2021)	Automatic Metadata Generation for Fish Specimen Image Collections
Qin & Zeng (2020)	Metadata
Rezende et al. (2019)	Index of digital images anatomical: Incorporation of a written for imagery
Rosse (2001)	Terminologia Anatomica: Considered from the perspective of next-generation knowledge sources
Rosse & Mejino (2003)	A reference ontology for biomedical informatics: The Foundational Model of Anatomy
Rosse et al. (1998)	Motivation and organizational principles for anatomical knowledge representation: The digital anatomist symbolic Knowledge base
Rosse et al. (1998)	The digital anatomist foundational model: Principles for defining and structuring its concept domain
Smith et al. (2005)	Anatomical information science
FORCE11. (2014)	Guiding Principles for Findable, Accessible, Interoperable and Re-usable Data Publishing version b1.0—FORCE11
Tomasi (2018)	Modelling in the digital humanities: Conceptual data models and knowledge organization in the cultural heritage domain

AUTORES	TÍTULOS
Towbin et al. (2021)	The Importance of Body Part Labeling to Enable Enterprise Imaging: A HIMSS-SIIM Enterprise Imaging Community Collaborative White Paper
Turinsky et al. (2008)	Integration of Genomic and Medical Data into a 3D Atlas of Human Anatomy
Tybjerg (2017)	Anatomy Museum: Death and the Body Displayed
Vogt (2021)	FAIR data representation in times of eScience: A comparison of instance-based and class-based semantic representations of empirical data using phenotype descriptions as example
Warren (2012)	Anatomy Museum
Wilkinson et al. (2016)	The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship
Yosakonkun et al. (2021)	Metadata Schema for Managing Digital Data and Images of Thai Human Skulls
Zeng & Chan (2006)	Metadata interoperability and standardization-A study of methodology, Part II
Zhang et al. (2016)	Design and Development of Digital and Innovative Anatomy Museum
Zhang et al. (2017)	Design and development of digital and innovative anatomy museum
Ziegler et al. (2020)	Applications of 3D Paleontological Data at the Florida Museum of Natural History

Fuente: elaboración propia.

Como resultado, se obtuvo un conjunto de atributos para representación física y digital de las piezas anatómicas (Tablas 2 y 3). Esta información hará posible la identificación de metadatos especializados alineados con las buenas practicas de publicación de datos.

Tabla 2. Representación de de las piezas anatómicas

OBJETO: PIEZA ANATÓMICA (ESPECIMEN)	
ATRIBUTO	DEFINICIÓN
Anatomía	Partes del cuerpo humano o de cualquier animal o vegetal para el estudio y conocimiento de su organización interna
Organismo	Conjunto de órganos que componen un ser vivo
Reino	Tipo de organización utilizado para agrupar a los individuos de acuerdo con la similitud entre las características estructurales, anatómicas y genéticas. Está compuesto por un conjunto de filos.
Filo	Compuesto por un conjunto de clases
Clase	Uno de los niveles taxonómicos del sistema de clasificación que agrupa a los seres vivos en diferentes niveles según las relaciones evolutivas existentes entre ellos. Compuesto por un conjunto de ordens

OBJETO: PIEZA ANATÓMICA (ESPECIMEN)	
ATRIBUTO	DEFINICIÓN
Orden	Taxón de alto nivel jerárquico utilizado en el sistema de clasificación científica de los seres vivos para agrupar familias constituidas por especies que presentan entre sí un alto grado de similitud morfofuncional. Compuesto por un conjunto de familias.
Familia	División taxonómica utilizada en la clasificación de los seres vivos compuesta por un conjunto de géneros
Género	División taxonómica utilizada en la clasificación de los seres vivos, inferior a la familia, compuesta por un conjunto de especies
Especie	División taxonómica utilizada en la clasificación de los seres vivos, inferior al género
Nomenclatura	Nombre científico de los animales. Es una combinación binaria que consiste en el nombre del género seguido del epíteto específico
Hábitat	Descripción donde habita o habitó el espécimen y la geolocalización
Sexo	Conjunto de características físicas y funcionales que distinguen al hombre de la mujer
Autor	Creador de la pieza anatómica
Catalogador	Nombre del descriptor de la pieza anatómica
Conservador	Nombre del responsable del procedimiento de conservación de la pieza anatómica
Desecador	Nombre del responsable de los procedimientos de disección
Pintor	Nombre del responsable de la pintura de la pieza anatómica
Plastinador	Nombre del responsable de la plastinación (método de conservación de piezas anatómicas)
Taxidermista	Profesional que aplica e estudia las técnicas de taxidermia
Código de fabricación	Número con el que se registró/archivó la pieza anatómica por la empresa de fabricación
Descripción del estado de conservación	Información sobre los deterioros de la pieza anatómica
Descripción de la adquisición	Información sobre el proceso de adquisición de la pieza anatómica (número de procesos de entrada y quién o cómo se adquirió)
Estado de conservación	Estado de conservación de la pieza anatómica
Exposición	Registro, en orden cronológico creciente, de las exposiciones en las que participó la pieza anatómica
Fecha de adquisición	Fecha en que se adquirió la pieza anatómica
Fecha de producción	Fecha de fabricación o proceso de preservación de la pieza anatómica
Intervenciones	Tratamiento aplicado para la conservación de la pieza
Local de producción	Lugar de producción de la pieza anatómica

OBJETO: PIEZA ANATÓMICA (ESPECIMEN)	
ATRIBUTO	DEFINICIÓN
Lugar de recogida	Geolocalización relacionada a la coleta de la pieza anatómica
Materiales	Información sobre los múltiples materiales utilizados para la confección de la pieza anatómica
Método de adquisición	Forma en que la pieza se incorporó a la colección (compra, donación, cesión)
Periodo de muerte	Fecha de muerte del espécimen
Preparación	Procedimientos adoptados para la conservación de la pieza anatómica
Préstamo	Información sobre el préstamo de la pieza anatómica a otras entidades
Ubicación	Ubicación física de la pieza anatómica en la institución
Citación	Recurso relacionado que hace referencia, cita o señala al recurso descrito
Código de identificación del MCV	Número con el que se registró la pieza el equipo MCV
Código de patrimonio	Referencia inequívoca para la pieza anatómica en la UFES
Colección	Estructura que sirve preferentemente para agrupar documentos con alguna característica común
Descripción	Descripción objetiva y sucinta con características y/o detalles que particularizan y distinguen la pieza anatómica
Dimensiones	Dimensiones en centímetros, con precisión de milímetros
Ejemplares	Cantidad de ejemplares del mismo artículo en el acervo
Es parte de	Una parte de un espécimen
Notas	Información adicional que no se encuentra en otros campos
Palabras clave	Términos libres que describen la pieza anatómica
Placa de identificación	Información de la pieza colocada en la placa de identificación
Premio	Registro de premios que haya recibido la pieza anatómica
Propietario de los derechos de autor	Persona o organización que posee o gestiona los derechos sobre la pieza anatómica
Referencias bibliográficas	Publicaciones y otros tipos de documentos que respaldan la información proporcionada por el catalogador o que ofrecen una descripción más detallada de la obra, así como aquellas en las que se menciona o reproduce la obra
Tema	Temas que representan un objeto y las respuestas que deben proporcionar
Tiene parte	Posee partes que forman parte de un espécimen
Tipo de colección	Tipo de acervo: museológico, archivístico, bibliográfico

OBJETO: PIEZA ANATÓMICA (ESPECIMEN)	
ATRIBUTO	DEFINICIÓN
Tipo de ítem	Indicación de la pieza anatómica
Tirada	Número de ejemplares de una pieza anatómica fabricados en una sola ocasión
Título	Título principal

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Representación digital de las piezas anatómicas

OBJETO: PIEZA ANATÓMICA (IMAGEN ESPECIMEN)	
ATRIBUTO	DEFINICIÓN
Audiodescripción	Recurso de accesibilidad utilizado para la descripción de la pieza anatómica
Cobertura	Describe los lugares retratados en la imagen
Derechos de autor	Documentación de los derechos de autor de la imagen de la pieza anatómica
Duración	Duración del vídeo en horas, minutos, segundos, milésimas de segundo
Fecha de digitalización	Fecha de digitalización de la pieza anatómica
Fecha de la fotografía	Fecha en que se fotografió la pieza anatómica
Fecha de publicación	Fecha de publicación de la imagen en el sitio web
Formato	Formato del objeto
Fotógrafo	Profesional responsable de las imágenes del objeto
Idioma	Idioma del objeto
Ítem relacionado	Enlaces externos que pueden contribuir al enriquecimiento informativo del objeto
Licencia	Derechos sobre la imagen de la pieza anatómica en el repositorio según Creative Commons Brasil
Tipo de acceso	Grado de acceso a la imagen de la pieza anatómica

Fuente: elaboración propia.

El conjunto de atributos presentados en las Tablas 2 y 3 se alinean con las directrices FAIR cuando son contemplados aspectos que corresponden a los 15 principios. La Tabla 4 presenta estos principios y la correspondencia que los satisfacen.

Tabla 4. Adecuación de la colección de las piezas anatómicas a los principios FAIR

PRINCIPIOS	DESCRIPCIÓN
F1. A los (meta)datos se les asigna un identificador globalmente exclusivo y persistente	Identificador único proporcionado por el sistema Tainacan e identificadores locales: Código de Fabricación; Código de Identificación en MCV; Código de Patrimonio
F2. Los datos deben ser descritos con metadatos	Se agregaron atributos que pueden describir detalladamente el elemento, como autor y título. Se

PRINCIPIOS	DESCRIPCIÓN
enriquecidos (definidos por R1 más abajo)	añadió información relevante o relacionada. En este caso, además del dominio, se adoptaron los siguientes atributos: Es parte de, Tiene parte, Referencias bibliográficas, Citas, Tema, Elementos relacionados, Cobertura geográfica y temporal, que serán representados mediante esquemas de metadatos como Dublin Core y específicos del dominio
F3. Los metadatos incluyen clara y explícitamente el identificador de los datos que describen	Los metadatos recibirán un identificador único y persistente, y los valores adoptados, preferiblemente, estarán alineados con LOD que permitirá el uso de API.
F4. Los (meta)datos son registrados o indexados en un recurso de búsqueda	Los metadatos deben ser conformes con los estándares adoptados por sistemas como repositorios digitales y motores de búsqueda (Dublin Core; Schema.org; DCAT-AP)
A1. Los (meta)datos son recuperables por su identificador utilizando un protocolo de comunicación estandarizado	El software que adoptar permite el uso de API. Se considerarán las tres DWBP (Lóscio, Burle y Calegry, 2017): BP23 Hacer que los datos estén disponibles mediante API; BP24 Usar estándares WEB como base para construcción de APIs; BP25 Proporcionar una documentación completa para las APIs
A1.1. El protocolo es abierto, gratuito y universalmente implementable	El protocolo utilizado es HTTP y es posible recabarlos a través de OAI-PMH. Los metadatos y los datos pueden ser accesibles fácilmente y, si es necesario y no hay impedimentos legales, se pueden descargar
A1.2. El protocolo permite un procedimiento de autenticación y autorización cuando es necesario	No es necesario tener una cuenta específica para consultar los metadatos y los datos, solo para la presentación de elementos. El software permite la restricción temporal de los datos y, si es necesario, de metadatos específicos. También habrá un canal para recopilar comentarios de los consumidores de datos y proporcionar comentarios al editor original.
A2. Los metadatos son accesibles, incluso cuando los datos no están disponibles	Los metadatos deben estar siempre preservados. Los metadatos específicos o para control administrativo pueden ser incluidos como privados
I1. Los (meta)datos usan un lenguaje formal, accesible, compartible y ampliamente aplicable para la representación del conocimiento	El software proporciona acceso en RDF y JSON
I2. Los (meta)datos utilizan vocabularios y/o ontologías que siguen los principios de FAIR	Preferiblemente, adoptará vocabularios controlados en SKOS y ontologías. Como fuente de consulta se prevé el uso de Language Open Vocabulary (LOV)
I3. Los (meta)datos incluyen referencias cualificadas para otros (meta)datos	Los atributos "Es parte de", "Tiene parte", "Referencias bibliográficas", "Citas", "Licencia" y "Tiene relación" relacionan metadatos y datos con el uso de enlaces.

PRINCIPIOS	DESCRIPCIÓN
R1. Los (meta)datos se describen detalladamente con atributos precisos y relevantes	La decisión fue representar los objetos con mayor granularidad debido a su especificidad y teniendo en cuenta la diversidad de usuarios (profesores, investigadores, estudiantes de varios niveles)
R1.1. Los (meta)datos se publican con una licencia de uso de datos clara y accesible	Los derechos de autor, el propietario de los derechos de autor y la licencia buscan garantizar la protección de los derechos del autor y cómo se utilizará el objeto.
R1.2. Los (meta)datos están asociados con su origen de forma detallada	La localización de origen del espécimen, el lugar de producción, la fecha de adquisición, una descripción detallada sobre la adquisición y la procedencia tienen como objetivo informar sobre el origen del objeto.
R1.3. Los (meta)datos cumplen los estándares comunitarios relevantes para el dominio	Se adoptarán estándares de metadatos y, preferentemente, vocabularios controlados del campo de las Ciencias de la Salud, como taxonomías, tesauros y ontologías.

Fuente: elaboración propia.

Existe un consenso en la literatura de que los objetos culturales digitales son considerados datos (Padilha et al., 2019), incluso el CCO ya aplica este concepto (Mugridge, 2007). Este estudio consideró, además de los principios FAIR (Wilkinson et al., 2016), las DWBP, que son unas recomendaciones de la World Web Consortium (W3C) que tienen como base el *DC Tabular Application Profiles - DCAT-AP* (Lóscio, Burle e Calegari., 2017; *DCMI*,2020).

Así, con respecto a lo presentado en las Tablas 2 y 3, más allá de la información sobre piezas anatómicas (especímenes), se incluye otra información que permite satisfacer las necesidades de los usuarios del sistema y de las máquinas. Esto hace posible la localización (*Findable*), accesibilidad (*Accessibility*), interoperabilidad (*Interoperability*) y reutilización (*Reuse*) de los datos de las piezas de la colección del Museu de Ciências da Vida (MCV) y de otros museos de anatomía de forma más eficiente.

5.1. Anotaciones preliminares para un perfil de aplicación especializado

Un aspecto importante antes de crear un PAM es la identificación de esquemas de metadatos y vocabularios que representen los objetos, de forma que los datos sean interoperables semánticamente.

Para eso, se investigan los esquemas de metadatos, ontologías y vocabularios existentes, analizando cuáles tenían prioridad sobre otros:

- a) esquemas de metadatos u ontologías presentes en Language Open Vocabularies (LOV), como el DCMI Metadata Terms; Schema.org; Open Biomedical Ontologies; DICOM y DBpedia ontology;

- b) vocabularios: definición de valores das propiedades com base nos vocabulários SNOMED; MESH; Unified Medical Language Systems; y sintaxes basadas en las buenas prácticas
- c) Foundational Model of Anatomy y Europeana Data Model
- d) El estándar de la ISO CIDOC-CRM (CIDOC Conceptual Reference Model; International Standards Organization 2006).

6. Conclusiones

El desarrollo de una estructura para repositorios digitales debe tener en cuenta las necesidades específicas para la representación de objetos de diferentes colecciones con el fin de facilitar la interoperabilidad, comprensibilidad, fiabilidad, el descubrimiento, accesibilidad y reutilización de los datos basadas en la normalización y la adopción de las mejores prácticas para definir propiedades y valores. Este artículo trata de un ámbito que requiere un alto nivel de granularidad, ya que hay que tener en cuenta los distintos niveles de usuarios, desde los escolares (educación museística) hasta los investigadores de alto nivel.

Con este fin, se identificaron los requisitos de información y las especificaciones técnicas del sistema (requisitos funcionales), también se realizó una propuesta de atributos para la representación de especímenes y partes anatómicas (modelos conceptuales) y de sus representaciones digitales alineados con los principios FAIR.

Con esta entrega, pretendemos avanzar hacia la definición de un perfil de aplicación que mejore la interoperabilidad entre los sistemas de información en el ámbito museológico.

7. Referencias

- [Anonymous]. (2012). Online veterinary anatomy museum to share resources worldwide. *Veterinary Record*, 171(21), 520–520. <https://doi.org/10.1136/vr.e7909>
- Aitken, S. (2005). Formalizing concepts of species, sex and developmental stage in anatomical ontologies. *Bioinformatics*, 21(11), 2773–2779. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bti409>
- Akram, M., Nanda, S., Maraver, P., Armananzas, R., & Ascoli, G. (2018). An open repository for single-cell reconstructions of the brain forest. *Scientific Data*, 5. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.6>
- Ashby, J. (2019). Museums, Students, Anatomy and the Public: Bringing Them All Together. *Journal of Morphology*, 280, S34–S34.
- Baca, M. (Ed.). (2006). Cataloging cultural objects: A guide to describing cultural works and their images. American Library Association.
- Baldock, R., & Burger, A. (2005). Anatomical ontologies: Names and places in biology. *Genome biology*, 6(4), 1–6.
- Bard, J. (2011). A systems biology representation of developmental anatomy. *Journal of Anatomy*, 218(6), 591–599. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2011.01371.x>

Baud, R., Lovis, C., Fabry, P., & Geissbuhler, A. (2005). *Desiderata for Representing Anatomical Knowledge*. (R. Engelbrecht, A. Geissbuhler, C. Lovis, & G. Mihalas, Orgs. v. 116, p. 653–65).

Berners-Lee, T. (2006). *Linked Data*. <https://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>

Berquist, R., Gledhill, K., Peterson, M., Doan, A., Baxter, G., Yopak, K., Kang, N., Walker, H., Hastings, P., & Frank, L. (2012). The Digital Fish Library: Using MRI to Digitize, Database, and Document the Morphological Diversity of Fish. *Plos One*, 7(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034499>

Binding, C., & Tudhope, D. (2016). Improving interoperability using vocabulary linked data. *International Journal on Digital Libraries*, 17(1), 5–21.

Canadelli, E. (2011). “Scientific Peep Show” The Human Body in Contemporary Science Museums. *Nuncius-Journal of the History Of Science*, 26(1), 159–184. <https://doi.org/10.1163/182539111X569801>

DCML. DC Tabular Application Profiles. (2020). https://www.dublincore.org/blog/2020/dc_tabular_application_profiles/

de Bono, B., Grenon, P., & Sammut, S. (2012). ApiNATOMY: A Novel Toolkit for Visualizing Multiscale Anatomy Schematics with Phenotype-Related Information. *Human Mutation*, 33(5), 837–848. <https://doi.org/10.1002/humu.22065>

de Bono, B., Grenon, P., Helvensteijn, M., Kok, J., & Kokash, N. (2014). *ApiNATOMY: Towards Multiscale Views of Human Anatomy* (H. Blockeel, M. VanLeeuwen, & V. Vinciotti, Orgs.; Vol. 8819, p. 72–83.

Dekkers, M., Fragkou, P., Sofou, N., Van Nuffelen, B. (2023). DCAT-AP 3.0. <https://semiceu.github.io/DCAT-AP/releases/3.0.0/>

Domanski, J., Domagala, Z., Simmons, J., & Wanat, M. (2023). Terra Incognita in anatomical museology—A literature review from the perspective of evidence-based care. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*, 245. <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2022.152013>

Durack, J., Kung, S., Chase, R., Ladd, A., Krebs, M., & Dev, P. (2007). *The David L. Bassett Stereoscopic Atlas of Human Anatomy*: Developing a Specialized Collection within the Stanford MediaServer Digital Library (R. Larson, E. Rasmussen, S. Sugimoto, & E. Toms, Orgs.; p. 506–506. <https://doi.org/10.1145/1255175.1255306>

Edgecombe, G. (2008). Anatomical nomenclature: Homology, standardization and datasets. *Zootaxa*, 1950, 87–95. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1950.1.8>

FAIRsharing | FIP. (2022). <https://doi.org/10.25504/FAIRsharing.343864>

Findlen, P. (2006). Anatomy theaters, botanical gardens, and natural history collections. *The Camb. History of Science: Early Modern Science* (Vol. 3, p. 272–289). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CHOL9780521572446.013>

Fonseca, G., & Finn, G. (2016). The impact of body worlds on adult visitors’ knowledge on human anatomy: A preliminary study. *Clinical Anatomy*, 29(4), 439–445. <https://doi.org/10.1002/ca.22692>

Golub, K., & Liu, Y.-H. (2022). *Information and Knowledge Organisation in Digital Humanities: Global Perspectives*. Taylor & Francis.

Golub, K., Kamal, A. M., & Vekselius, J. (2021). Knowledge organisation for digital humanities: An introduction. In *Information and Knowledge Organisation in Digital Humanities* (p. 1–22). Routledge.

Gomez, L. (2019). "With their natural skin". Museological exhibitions of preserved human bodies and remains. *Asclepio-Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia*, 71(2). <https://doi.org/10.3989/asclepio.2019.15>

Guha, R. V., Brickley, D., & MacBeth, S. (2015). Schema.org: Evolution of Structured Data on the Web: Big data makes common schemas even more necessary. *Queue*, 13(9), 10–37.

Heery, R., & Patel, M. (2000). Application Profiles: Mixing and Matching Metadata Schemas. *Ariadne*, 25. <http://www.ariadne.ac.uk/issue/25/app-profiles/>

Hevner, A. R. (2007). A three-cycle view of design science research. *Scandinavian journal of information systems*, 19(2), 4.

Jedrzejewski, Z., Loranger, B., & Clancy, J. (2020). Virtual Anatomy Museum: Facilitating Public Engagement Through an Interactive Application. In P. Rea (Org.), *Biomedical Visualisation*, 7(1262):1–18. https://doi.org/10.1007/978-3-030-43961-3_1

Jocks, I., Livingstone, D., & Rea, P. (2015). *An investigation to examine the most appropriate methodology to capture historical and modern preserved anatomical specimens for use in the digital age to improve access—A pilot study*. L. Chova, A. Martinez, & I. Torres, Orgs.; p. 6377–6386.

Jones, D. (2002). Re-inventing anatomy: The impact of plastination on how we see the human body. *Clinical Anatomy*, 15(6), 436–440. <https://doi.org/10.1002/ca.10040>

Kiourexidou, M., Antonopoulos, N., Kiourexidou, E., Piagkou, M., Kotsakis, R., & Natsis, K. (2019). Websites with Multimedia Content: A Heuristic Evaluation of the Medical/Anatomical Museums. *Multimodal Technologies And Interaction*, 3(2). <https://doi.org/10.3390/mti3020042>

Kistler, M., Bonaretti, S., Pfahrer, M., Niklaus, R., & Buchler, P. (2013). The Virtual Skeleton Database: An Open Access Repository for Biomedical Research and Collaboration. *Journal of Medical Internet Research*, 15(11). <https://doi.org/10.2196/jmir.2930>

Lóscio, B. F., Burle, C., & Calegari, N. (2017). *Data on the Web Best Practices*. W3C. <https://www.w3.org/TR/2016/PR-dwbp-20161215/>

Maglia, A., Leopold, J., Pugener, L., & Gauch, S. (2007). *An anatomical ontology for amphibians* (R. Altman, A. Dunker, L. Hunter, T. Murray, & T. Klein, Orgs. p. 367.

Marreez, Y., Willems, L., & Wells, M. (2010). The Role of Medical Museums in Contemporary Medical Education. *Anatomical Sciences Education*, 3(5), 249–253. <https://doi.org/10.1002/ase.168>

Martin, A., Durksen, T., Williamson, D., Kiss, J., & Ginns, P. (2016). The Role of a Museum-Based Science Education Program in Promoting Content Knowledge and Science Motivation. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(9), 1364–1384. <https://doi.org/10.1002/tea.21332>.

Marwede, D., & Fielding, J. M. (2007). Entities and relations in medical imaging: An analysis of computed tomography reporting. *Applied Ontology*, 1, 67–79.

Masuda, Y., Yoshida, Y., Minagawa, K., Zhang, J., & Yohro, T. (1997). Setting up and features of a database of images of plastinated materials. *Acta Anatomica*, 158(1), 10–20.

Monza, F., Cusella, G., Ballestriero, R., & Zanatta, A. (2019). New life to italian university anatomical collections: Desire to give value and open museological issues cases compared. *Polish Journal of Pathology*, 70(1), 7–13. <https://doi.org/10.5114/PJP.2019.84455>

Mugridge, R. L. (2007). Cataloging cultural objects: A guide to describing cultural works and their images. *Library Collections, Acquisitions, and Technical Services*, 31(3-4), 230.

Neal, P. J., Shapiro, L. G., & Rosse, C. (1998). The digital anatomist structural abstraction: A scheme for the spatial description of anatomical entities. *Proceedings of the AMIA Symposium*, 423-427.

Padilha, T. et al. (2019). *Final report: always already computational: collections as data* (version 1). <https://zenodo.org/record/7883759>. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7883759>

Pepper, J., Greenberg, J., Bakis, Y., Wang, X., Bart, H., & Breen, D. (2021). *Automatic Metadata Generation for Fish Specimen Image Collections* (J. Downie, D. McKay, H. Suleman, D. Nichols, & F. Poursardar, Orgs. p. 31–40. <https://doi.org/10.1109/JCDL52503.2021.00015>

Qin, J., & Zeng, M. L. (2020). Metadata. American Library Association.

Rezende, L., Ferreira, J., & Manini, M. (2019). Index of digital images anatomical: Incorporation of a written for imagery. *Biblios-Revista de Bibliotecologia y Ciencias de la Informacion*, 77. <https://doi.org/10.5195/biblios.2019.433>

Rosse, C. (2001). Terminologia Anatomica: Considered from the perspective of next-generation knowledge sources. *Clinical Anatomy*, 14(2), 120–133. [https://doi.org/10.1002/1098-2353\(200103\)14:2<120:AID-CA1020>3.0.CO;2-V](https://doi.org/10.1002/1098-2353(200103)14:2<120:AID-CA1020>3.0.CO;2-V)

Rosse, C., & Mejino, J. (2003). A reference ontology for biomedical informatics: The Foundational Model of Anatomy. *Journal Of Biomedical Informatics*, 36(6), 478–500. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2003.11.007>

Rosse, C., Mejino, J., Modayur, B., Jakobovits, R., Hinshaw, K., & Brinkley, J. (1998). Motivation and organizational principles for anatomical knowledge representation: The digital anatomist symbolic Knowledge base. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 5(1), 17–40. <https://doi.org/10.1136/jamia.1998.0050017>

Rosse, C., Shapiro, L., & Brinkley, J. (1998). The digital anatomist foundational model: Principles for defining and structuring its concept domain. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 820–824.

Smith, B., Mejino, J., Schulz, S., Kumar, A., & Rosse, C. (2005). Anatomical information science. In A. Cohn & D. Mark (Orgs.), *Spatial Information Theory, Proceedings*. v. 3693, p. 149–164.

The Future of Research Communications and e-Scholarship FORCE11. (2014, setembro 10). *Guiding Principles for Findable, Accessible, Interoperable and Re-usable Data Publishing* version b1.0—FORCE11. <https://force11.org/info/guiding-principles-for-findable-accessible-interoperable-and-re-usable-data-publishing-version-b1-0/>

Tomasi, F. (2018). Modelling in the digital humanities: Conceptual data models and knowledge organization in the cultural heritage domain. *Historical Social Research/Historische Sozialforschung*. Supplement, 31, 170–179.

Towbin, A., Roth, C., Petersilge, C., Garriott, K., Buckwalter, K., & Clunie, D. (2021). The Importance of Body Part Labeling to Enable Enterprise Imaging: A HIMSS-SIIM Enterprise Imaging Community Collaborative White Paper. *Journal of Digital Imaging*, 34(1), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s10278-020-00415-0>

Turinsky, A., Fanea, E., Trinh, Q., Dong, X., Stromer, J., Shu, X., Wat, S., Hallgrímsson, B., Hill, J., Edwards, C., Grosenick, B., Yahma, M., & Sensen, C. (2008). *Integration of Genomic and Medical Data into a 3D Atlas of Human Anatomy* J. Westwood, R. Haluck, H. Hoffman, G. Mogel, R. Phillips, R. Robb, & K. Vosburgh, Orgs. Vol. 132, p. 526.

Tybjerg, K. (2017). Anatomy Museum: Death and the Body Displayed. *Medical History*, 61(3), 454–455. <https://doi.org/10.1017/mdh.2017.43>

Vogt, L. (2021). FAIR data representation in times of eScience: A comparison of instance-based and class-based semantic representations of empirical data using phenotype

descriptions as example. *Journal of Biomedical Semantics*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s13326-021-00254-0>

Warren, R. (2012). Anatomy Museum. *Raritan-A Quarterly Review*, 31(4), 151–151.

Wilkinson, M. D., Dumontier, M., Aalbersberg, Ij. J., Appleton, G., Axton, M., Baak, A., Blomberg, N., Boiten, J.-W., da Silva Santos, L. B., & Bourne, P. E. (2016). The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Scientific data*, 3(1), 1–9.

Yosakonkun, S., Tuamsuk, P., Chansanam, W., & Tuamsuk, K. (2021). Metadata Schema for Managing Digital Data and Images of Thai Human Skulls. *DATA*, 6(11). <https://doi.org/10.3390/data6110114>

Zeng, M. L., & Chan, L. M. (2006). Metadata interoperability and standardization-A study of methodology, Part II. *D-Lib Magazine*, 12(6), 1082–9873.

Zhang, Q., Chen, D., Hu, J., & Pan, A. (2016). *Design and Development of Digital and Innovative Anatomy Museum* (S. Li, Y. Dai, & Y. Cheng, Orgs. p. 473–477. <https://doi.org/10.1109/ITME.2016.93>

Zhang, Q., Chen, D., Hu, J.G., & Pan, A.-H. (2017). Design and development of digital and innovative anatomy museum. In Dai Y., Li S., & Cheng Y. (Orgs.), *Proc. Int. Conf. Inf. Technol. Med. Educ.*, ITME (p. 473–477). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.; Scopus. <https://doi.org/10.1109/ITME.2016.0113>

Ziegler, M., Perez, V., Pirlo, J., Narducci, R., Moran, S., Selba, M., Hastings, A., Vargas-Vergara, C., Antonenko, P., & MacFadden, B. (2020). Applications of 3D Paleontological Data at the Florida Museum of Natural History. *Frontiers in Earth Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/feart.2020.600696>