



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

FACULTAD REGIONAL SANTA FE

DOCTORADO EN INGENIERÍA, MENCIÓN SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Tesis Doctoral

***Modelo de Interoperabilidad en repositorios
institucionales de acceso abierto para objetos de
aprendizaje***

Ing. Valeria Celeste Sandobal Verón

Directora: Dra. María de los Milagros Gutiérrez

Co-directora: Dra. Mariel Alejandra Ale

Santa Fe

Junio 2023

Se presenta esta tesis en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Tecnológica Nacional para la obtención del grado académico de Doctor en Ingeniería, mención Sistemas de Información

***Modelo de Interoperabilidad en repositorios
institucionales de acceso abierto para objetos de
aprendizaje***

por

Ing. Valeria Celeste Sandobal Verón

Directora: Dra. María de los Milagros Gutiérrez

Co-directora: Dra. Mariel Alejandra Ale

Jurado de Tesis:

Dra. Verónica Bollati

Dr. Pablo Becker

Dra. Georgina Stegmayer

Santa Fe

Junio 2023

Agradecimientos

Esta tesis doctoral ha sido un gran esfuerzo en lo personal, pero no hubiese llegado a esta etapa de finalización si no estaría rodeada de muchas personas que con su afecto y cariño han estado durante todos los momentos de este largo proceso.

En primer lugar, agradecer a Guadalupe, Juliana y Joaquín, los motores de mi andar por esta vida, por el amor y comprensión con la que me acompañaron porque sin ellos nada de esto hubiese sido posible.

A mi mamá y a mi papá por ser ejemplo de personas trabajadoras y de superación, luchadores incansables, que me brindaron apoyo y palabras de aliento para llegar al objetivo.

A mis hermanos, Marina y Nicolás, incondicionales, que se pusieron a disposición para acompañar a mis pequeñas niñas en todo el proceso.

A mis suegros y cuñados siempre dispuestos para asistir y colaborar con el cuidado de mis hijas.

Desde lo institucional, gracias a aquellas personas que creyeron en mí, en que podría llegar a buen puerto y me empujaron a tomar este camino: Nidia, María y Cuny. A las personas que entendieron y supieron de la importancia de este trayecto académico y que me suplieron durante algunas ausencias: Alejandro, Marcela, Analía y Germán.

Para mis amigos; Verónica y Noelia por darme siempre palabras de aliento para no abandonar este largo y arduo proceso de formación; a Fabiola por sus palabras de aliento y recordarme el hacer las cosas con pasión, que es lo que nos motiva; a Julia, Juan y Beto que hicieron que los días por Santa Fe fueran mucho más llevaderos y agradables al estar lejos de mi familia.

Por último, y no menos importante, mi más sincero agradecimiento a Milagros y Mariel, mi directora y codirectora, por su paciencia, su colaboración, su dirección y conocimiento, que hicieron posible la finalización de esta tesis.

Dedicada esta tesis a mi Abuela Martina

Prefacio

Los repositorios digitales surgen como una solución a lo que se denominó la crisis del modelo tradicional de comunicación científica. Las iniciativas de acceso abierto son una alternativa a esta forma de comunicación. A través de las declaraciones de Budapest (Chan, y otros, 2002), Bethesda (Brown, y otros, 2003), Berlín (Max Planck Society, 2003) y Salvador (Congresso Mundial de Informação em Saúde e, 2005) se buscó que los investigadores expongan sus trabajos de manera pública con el objetivo de poder compartir, reutilizar y generar servicios a partir de las publicaciones compartidas. A estas iniciativas se sumaron las universidades e instituciones educativas, vislumbrando en los repositorios la forma de exponer los trabajos que se realizan en las mismas. De allí que surgen los Repositorios Institucionales (RI). Al incluir en los repositorios institucionales material educativo, que se definen como objetos de aprendizaje (OA), aparece un nuevo término para estos repositorios, denominados como Repositorios de Objetos de Aprendizaje (ROA). Un OA se caracteriza por ser utilizado específicamente en el aprendizaje, enseñanza y evaluación de los estudiantes.

Los objetos digitales almacenados en los repositorios para poder ser recuperados son definidos a través de lo que se denominan metadatos. Los mismos son descripciones que aportan mayor información sobre los objetos digitales almacenados en los repositorios, facilitando su recuperación, teniendo en cuenta criterios de búsquedas. En la actualidad, existe una gran variedad de estándares de metadatos, y los repositorios implementan aquellos que permiten definir de mejor manera los objetos digitales que almacenan, y de esa manera, cumplir sus objetivos. Es así como el estándar Dublin Core (DC) (DCMI T. , 2012) es el estándar más utilizado por los repositorios, ya que permite describir de manera general cualquier tipo de objeto digital. Para el caso específico de los OA se utilizan estándares más específicos tal como lo es Learning Object Metadata (LOM) (IEEE Standard for Learning Object Metadata, 2002). Si bien este último permite una mayor especificidad al momento de describir un OA, son muy pocos los repositorios que lo implementan debido a la extensa cantidad de metadatos que presenta. En menor medida hay repositorios que utilizan los estándares Metada Object

Description Schema (MODS) (Metadata Object Description Schema , 2018) y un estándar que recientemente se ha comenzado a utilizar que se denomina DataCite (DataCite, 2016).

Un objetivo importante, dentro de las iniciativas de acceso abierto, es aumentar el descubrimiento de los objetos almacenados en RI. Garantizar la interoperabilidad entre los repositorios y el uso de estándares de metadatos es sin duda la forma de alcanzar dicho objetivo. La *Confederation of Open Access Repositories* (COAR) en su informe de 2012 (COAR, 2012) especifica que “el valor de estos repositorios se sustenta en la posibilidad de interconexión entre ellos, de manera de poder crear redes de repositorios y de esa forma aumentar la visibilidad, la reutilización de los recursos que en ellos se encuentran no solo por humanos sino también por máquinas”. La interoperabilidad se define como, la habilidad de dos o más sistemas para intercambiar información y utilizar esa información intercambiada. De acuerdo a la IEEE la interoperabilidad puede ser a nivel sintáctico, haciendo referencia a la capacidad de dos sistemas para que puedan establecer una comunicación e intercambiar información, lo cual podrán realizarlo a través de protocolos de comunicación y transferencia, codificación de caracteres y formato de datos; y la interoperabilidad semántica, haciendo referencia a proveer al receptor de los mecanismos necesarios para interpretar correctamente la información recibida de manera automática, sin intervención humana. En este tipo de interoperabilidad debe tenerse en cuenta los formatos de metadatos, los vocabularios controlados, ontologías y directrices de interoperabilidad. A nivel sintáctico el formato de los datos intercambiados es solucionado a través de los estándares HTML para la visualización de la información, XML para el intercambio de información y RDF que permite, a través de la utilización de tripletas, dar mayor significado a la información que se quiere intercambiar. Particularmente en los ROA, la interoperabilidad sintáctica se da a través de la implementación del protocolo Open Access Initiative- Protocol for Metadata Harvesting (OAI-PMH), que es el que se habilita desde el software de gestión de repositorios para que el intercambio de metadatos sea posible. Sin embargo, estas soluciones a nivel sintáctico no son suficientes para llevar a cabo el intercambio de información entre sistemas de manera correcta, ya que no solo intercambian

información, sino que también deben conocer el significado de los datos que se reciben, lo que les permitirá ser capaces de procesar y utilizar correctamente esa información. La interoperabilidad a nivel semántico resuelve este tipo de problemas. En el contexto de los SI las ontologías son las herramientas más utilizadas para dar soporte a la interoperabilidad semántica.

En particular, para el caso de lograr la interoperabilidad semántica en los ROA, se pueden identificar tres posibles enfoques del uso de ontologías que den soporte a este nivel de interoperabilidad que se quiere lograr (Stuckenschmidt, Heiner, 2003):

- Enfoque de ontología simple: se utiliza una única ontología global para la representación de los conceptos comunes. La principal ventaja de este enfoque es que resulta fácil integrar datos similares de diferentes fuentes de datos, mientras que la desventaja es que, los cambios en las fuentes de información pueden afectar a la ontología global.
- Enfoque de ontologías múltiples: se utilizan ontologías múltiples, una por cada fuente de dato. En este caso, los cambios en las ontologías locales no afectan al resto, pero al no tener un vocabulario común continúa la dificultad de comparar diferentes ontologías.
- Enfoque híbrido: para este enfoque se realiza una combinación de la utilización de una ontología global para definir un vocabulario compartido, y ontologías locales para cada una de las fuentes de datos. El vocabulario compartido contiene los términos básicos y comunes de las fuentes de datos. Entre las ventajas de este enfoque se encuentra la posibilidad de incluir nuevas fuentes de datos de manera relativamente fácil, ya que solo sería necesario agregar las reglas de mapeo, dado que los conceptos ya están definidos en el vocabulario compartido.

En esta tesis se propone como solución a la problemática de la interoperabilidad a nivel semántico entre repositorios de objetos de aprendizaje un modelo de interoperabilidad, el cual **da solución a la heterogeneidad de los repositorios a nivel de metadatos, utilizando un enfoque híbrido de ontologías**. De esta manera, el modelo propuesto está compuesto por ontologías locales que representan los estándares de metadatos implementados por cada ROA; una ontología global o

vocabulario compartido que permite unificar conceptos, y un conjunto de reglas de mapeo que establecen las similitudes entre las ontologías locales y el vocabulario compartido. Una de las ventajas de la utilización del enfoque híbrido es que puede incorporarse, con un esfuerzo razonable, nuevos estándares, siendo solo necesario el mapeo entre la nueva ontología y el vocabulario compartido.

En este trabajo se adoptó el método propuesto por (Wang & Ye, 2009) (Buccella, Brisaboa, & Cecich, 2003) para el desarrollo de la ontología con enfoque híbrido, donde se definen tres etapas: (i) Definición del vocabulario compartido, que a su vez se divide en tres pasos: el análisis de las fuentes de datos, análisis y definición de los términos comunes y por último la definición de la ontología global, (ii) Definición de las ontologías locales que incluye dos pasos: el análisis de las bases de datos y la definición de la ontología local; y (iii) Mapeo entre las ontologías locales y ontología global o vocabulario compartido.

Para la implementación del modelo de interoperabilidad se desarrolló la etapa i y iii. La etapa ii se considera realizada ya que se utilizaron ontologías disponibles de los diferentes estándares de metadatos. En la primera etapa, para definir la ontología que representa el vocabulario compartido entre los repositorios, se siguió la metodología Methontology. Luego, para realizar la etapa iii, se aplicó la estrategia de mapeo propuesta por (Euzenat & Shvaiko, 2013), particularmente el mapeo basado en contexto, la cual propone seleccionar las ontologías que se tendrán en consideración para el mapeo y luego los términos de acuerdo al contexto en el cual serán utilizados. Para realizar la representación de los mapeos, se utilizó SWRL combinado con OWL y RuleML propuesto por (Horrocks, y otros, 2003).

Para el desarrollo del vocabulario compartido se analizaron los estándares de metadatos: DC por considerarse el de mayor utilización en los repositorios, LOM ya que es el estándar propuesto para la descripción específicamente de OA, MODS y DataCite. Asimismo, se tuvo en consideración durante el análisis las Directrices del Sistema Nacional de Repositorios Digitales (SNRD) (Sistema Nacional de Repositorios Digitales, 2015). Para la definición de los términos que deben formar parte del vocabulario compartido se consideró aquellos que están presentes en la mayoría de los estándares utilizados, como así también el nivel de especificidad con que

permiten describir los OA, este es el caso de los metadatos de tipo educativos propuesto por LOM, teniendo en cuenta que se utilizó el mapeo basado en contexto. A la ontología desarrollada como vocabulario compartido (OntoVC) se incorporaron reglas Semantic Web Rule Language (SWRL) que permiten establecer restricciones entre los conceptos que no pueden ser definidas a través de clases, atributos y relaciones. Asimismo, se incorporaron reglas SWRL que permiten definir las relaciones entre los metadatos general (los tipos definidos por el SNRD y Driver, además de la versión) y los específicos para OA (tipo de recurso educativo, nivel y tipo de interactividad, nivel educativo de los destinatarios del OA, dificultad que presenta el OA para trabajar con él, entre otros). Por ejemplo, si un OA es del tipo Snrd "software", tendrá un nivel de interactividad "medium" o podría llegar a tomar el valor "very high" si se trata de un software de simulación. Para la validación de la ontología que representa el vocabulario compartido, llamada en esta tesis OntoVC, se pobló la ontología a través de instancias obtenidas de los repositorios: Repositorio Institucional Abierto (RIA) – Universidad Tecnológica Nacional, Servicio de Difusión de la Creación Intelectual (SEDICI) de la Universidad Nacional de La Plata, Repositorio Hipermedial (RepHipUNR) de la Universidad Nacional de Rosario, Repositorio Multimedia Educational Resource for Learning and On Line Teaching (Merlot) de la Universidad Estatal de California, Repositorio Graduate! de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco y Repositorio Proyecto Agrega², el cual es una federación de repositorios de objetos digitales de instituciones educativas españolas. Estas instancias replicadas en la ontología desarrollada en Protége permitieron responder a preguntas de competencias utilizando consultas SPARQL Protocol and RDF Query Language (SPARQL).

Para validar el modelo propuesto se utilizó las mismas instancias mencionadas en el párrafo anterior para elaborar casos de estudio. Se contempla la posibilidad de realizar el depósito de un OA desde OntoVC con las correspondientes reglas de mapeo hacia el repositorio donde se quiere almacenar el OA, en particular se tomó un ROA que implementa el estándar DC. También se considera la posibilidad de realizar una consulta desde un ROA con estándar DC, para lo cual se realiza el mapeo a OntoVC, y luego a un ROA que implementa el estándar LOM. Los resultados parciales de esta tesis fueron publicados en congresos internacionales,

nacionales y en revistas periódicas, a continuación, se detallan dichas contribuciones:

1. Sandobal Verón, Valeria Celeste; Ale, Mariel Alejandra; Gutiérrez, Ma. De los Milagros (2023). "Semantic Interoperability Model for Learning Object Repositories". *International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies*.
2. Sandobal Verón, Valeria C.; Ale, Mariel A.; Gutiérrez, Ma. De los Milagros (2018). "OntoVC: vocabulario compartido para la interoperabilidad semántica en repositorios de objetos de aprendizajes". *Revista Eletrônica Argentina-Brasil de Tecnologias da Informação e da Comunicação*, [S.l.], v. 1, n. 8, abr. 2018. ISSN 2446-7634. Artículo seleccionado de las 46 JAIIO – 3er. Simposio Argentino en Ontologías y sus aplicaciones para extender la publicación. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.1228477>.
3. Sandobal Verón, Valeria C.; Ale, Mariel A.; Gutiérrez, Ma. De los Milagros (2017). "Análisis de interoperabilidad en repositorios institucionales". 5to Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información, Ing. de Sistemas, Ing. De Software y Gestión de Proyectos. Santa Fe, Argentina. ISSN: 2347-0372. Pág. 429-440
4. Cuenca Pletsch, Liliana R.; Cernadas, María Alejandra; Sandobal Verón, Valeria C. (2017). "Modelo para la evaluación del Repositorio de Objetos de Aprendizaje." WICC 2017. XIX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA). Pág: 1290-1294. ISBN: 978-987-42-5143-5
5. Sandobal Verón, Valeria C.; Ale, Mariel A.; Gutiérrez, Ma. De los Milagros (2017). "OntoVC: vocabulario compartido para la interoperabilidad semántica en repositorios de objetos de aprendizaje." 46 JAIIO – 3er. Simposio Argentino en Ontologías y sus aplicaciones. Córdoba, Argentina. ISSN: 2451-7518.
6. Sandobal Verón, Valeria C.; Ale, Mariel A.; Gutiérrez, Ma. De los Milagros (2016). "An interoperability model based on ontologies for learning object repositories." En *Proceedings of the 2016 International Symposium on*

Computers in Education. Pp Editorial IEEE Conference. DOI: 10.1109/SIIE.2016.7751843.

7. Sandobal Verón, Valeria C.; Ale, Mariel A.; Gutiérrez, Ma. de los Milagros (2015). "DCOntoRep: hacia la interoperabilidad semántica de Repositorios Institucionales de Acceso Abierto." En Proceedings Argentine Symposium on Ontologies and their Applications 2015. Vol 1449, Pág.91-100. <http://ceur-ws.org/Vol-1449/saoa2015-10.pdf>
8. Espinoza, Marcelo; Zaragoza, Germán; Zubieta, Manuel; Cuenca Pletsch, Liliana R.; Sandobal Verón, Valeria C.; Cernadas, Ma. Alejandra. "Vinculando el repositorio institucional Dspace con la plataforma virtual Moodle". XX Congreso Internacional en Informática Educativa. Santiago, Chile. ISBN: 978-956-19-0929-8. Vol. 11, pág. 804-809
9. Salinas, D.; Cernadas, Ma. Alejandra; Sandobal Verón, Valeria C.; Cuenca Pletsch, Liliana R. (2015). "Propuesta de evaluación del impacto en la implementación de un repositorio de objetos de aprendizaje en la UTN-FRRe." X Congreso de Tecnologías en Educación y Educación en Tecnología. Corrientes, Argentina. ISBN: 978-950-656-154-3. Pág. 631-636
10. Sandobal Verón, Valeria C.; Cernadas, María Alejandra; Cuenca Pletsch, Liliana R. (2015). "Primeros pasos hacia la preservación de objetos de aprendizaje: una comparación entre el estándar de metadatos utilizado en Dspace y el diccionario de datos PREMIS". Revista UNNE. Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica. Claves para el desarrollo. Corrientes: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. Vol.2 p207- 219. ISSN: 2422-6424.
11. Cuenca Pletsch, Liliana R.; Sandobal Verón, Valeria C.; Cernadas, Ma. Alejandra; Maurel, Ma. del Carmen (2015). "Modelización y desarrollo de un repositorio de objetos de aprendizaje para la gestión del conocimiento". XVII Workshop de investigadores en ciencias de la computación. Salta, Argentina.
12. Cuenca Pletsch, Liliana R.; Sandobal Verón, Valeria C.; Cernadas, María Alejandra. (2014). "Aplicación de un instrumento de Evaluación en Objetos de Aprendizaje del Campus Virtual de la FRRe". Revista UNNE.

Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica. Claves para el desarrollo. Volumen 1. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. ISSN: 2422-6424

13. Sandobal Verón, Valeria C.; Ale, Mariel A.; Gutiérrez, Ma. de los Milagros (2014). "Hacia la integración de la producción científica y pedagógica de las Universidades Nacionales a los repositorios de acceso abierto. Un análisis situacional." III Jornadas de Investigación en Ingeniería del NEA y Países Limítrofes. Resistencia, Chaco, Argentina. ISBN: 978-950-42-0157-1.

Contenido

Agradecimientos	4
Prefacio	5
Contenido	13
Índice de tablas	15
Índice de figuras	16
Capítulo 1: Introducción.....	18
1.1 Contexto	18
1.2 Problemática y Objetivos propuestos	23
1.3 Principales contribuciones	29
1.4 Organización de la tesis	30
Capítulo 2: Marco Teórico	32
2.1 Repositorios de Acceso Abierto.....	32
2.2 Redes de repositorios de acceso abierto	41
2.3 Estándares de Metadatos.....	42
2.3.1 Estándar Dublin Core (DC)	43
2.3.2 Estándar Learning Object Metadata (LOM)	46
2.3.3 Estándar Metadata Object Description Schema (MODS)	49
2.3.4 Estándar DataCite	50
2.4 Directrices para repositorios	53
2.5 Interoperabilidad	59
2.6 Ontologías	64
2.6.1 Soluciones ontológicas para la interoperabilidad	65
2.6.2 Metodologías para el desarrollo ontologías	66
2.6.3 Mapeo de ontologías	69
Capítulo 3: Modelo de Interoperabilidad para Repositorios de Objetos de Aprendizaje	78
3.1 Modelo de Interoperabilidad Propuesto.....	78
3.2 Desarrollo del modelo	82
3.3 DCOntoRep.....	84
3.3.1 Enriquecimiento de la ontología	93
3.3.2 Definición de reglas de integración y derivación.....	95
3.3.3 Evaluación.....	96
3.4 Vocabulario Compartido – Ontología OntoVC	97
3.4.1 Definición de reglas de integración y derivación.....	102
3.4.2 Evaluación.....	105
Capítulo 4: Capa Mediador: Reglas de Mapeo entre Ontologías	111
4.1 Mapeo con la herramienta semiautomática/automática – AgreementMaker.....	112

4.1.1 Mapeo entre las ontologías tomadas como referencia OntoDC, OntoLOM y OntoMODS	113
4.1.2 Mapeo entre el vocabulario compartido OntoVC y las ontologías tomadas como referencia OntoDC, OntoLOM y OntoMODS	117
4.2 Reglas de mapeo - Categoría <i>Content</i>	121
4.3 Reglas de Mapeo - Categoría <i>Instantiation</i>	126
4.4 Reglas de Mapeo - Categoría <i>IntellectualProperty</i>	133
Capítulo 5: Prueba de conceptos.....	137
5.1 Contexto.....	137
5.2 Depósito de OA	139
5.2.1 Ejemplo 1 – RIA - Creación de la instancia y mapeo de reglas para el depósito	140
5.2.2 Ejemplo 2 – Graduate! - Creación de la instancia y mapeo de reglas para el depósito .	148
5.3 Búsquedas de OA.....	157
5.3.1 Validación de instancias creadas en el programa Protégé	158
5.3.2 Consultas hacia repositorios locales	159
Capítulo 6: Conclusiones y Trabajos Futuros	163
Anexos.....	168
Anexo 1	168
1.1 Análisis de los metadatos de la categoría <i>Content</i>	168
1.2 Análisis de los metadatos de la categoría <i>IntellectualProperty</i>	169
1.3 Análisis de los metadatos de la categoría <i>Instantiation</i>	170
1.4 Análisis del metadato <i>Type</i> de la categoría <i>Instantiation</i>	171
Anexo 2: Reglas de Integración y derivación	174
2.1 Relación entre los valores que puede tomar la etiqueta SNRD y su equivalencia en la etiqueta "Driver".....	174
2.2 Relación entre los valores que puede tomar la etiqueta "Driver" y los posibles valores que puede tomar "Version".....	175
2.4 Relación entre los valores que puede tomar la etiqueta <i>ResourceType</i> , <i>InteractivityType</i> relacionado con <i>InteractivityLevel</i>	180
2.5 Relación entre los valores que puede tomar la etiqueta <i>Context</i> y <i>AgeRange</i>	181
2.6 Relación entre los casos de Tesis y la obligatoriedad de tener al menos un colaborador del tipo director.....	181
2.7 Relación entre los casos de Tesis y la obligatoriedad de contar una fecha de defensa	182
2.8 Relación entre los casos de que el metadato <i>Versión</i> tenga como valor <i>Published</i> y la obligatoriedad de contar una fecha de publicación	182
Bibliografía.....	184

Índice de tablas

Tabla 2.1 Descripción de los metadatos de la categoría Educational.....	44
Tabla 2.2 Descripción de los metadatos de la categoría Educational.....	48
Tabla 2.3 Descripción de los metadatos de DataCite.....	52
Tabla 2.4 Recomendaciones de las directrices SNRD.....	59
Tabla 3.1: Escenario Depósito de un nuevo OA.....	86
Tabla 3.2: Escenario Búsqueda de OA.....	87
Tabla 4.1: Reglas de mapeo para los conceptos de la categoría Content.....	122
Tabla 4.2: Reglas de mapeo para los conceptos de la categoría Content.....	127
Tabla 4.3: Correspondencias entre los valores Snrd, Driver y LearningResourceVocabularyItem....	129
Tabla 4.4: Correspondencias entre los valores Snrd, DC y MODS para el concepto Type.....	129
Tabla 4.5: Mapeos de los conceptos de la categoría Educational.....	131
Tabla 4.6: Mapeos de los conceptos de la categoría IntellectualProperty.....	133
Tabla 5.1: Reglas de mapeo de OntoVC a OntoDC.....	145
Tabla 5.2: Reglas de mapeo de OntoVC a OntoDC para los casos particulares de Affiliation y Driver.....	146
Tabla 5.3: Reglas de mapeo de OntoVC a OntoLOM.....	147
Tabla 5.4: Reglas de mapeo de OntoVC a OntoLOM para los conceptos InteractivityType, TypeResource, InteractivityLevel.....	148
Tabla 5.5: Reglas de mapeo de OntoVC a OntoDC.....	152
Tabla 5.6: Reglas de mapeo de OntoVC a OntoDC de los conceptos del tipo Educational.....	154
Tabla 5.7: Reglas de mapeo de OntoVC a OntoLOM.....	155
Tabla 5.8: Reglas de mapeo de OntoVC a OntoLOM, categoría Type.....	156
Tabla 5.9: Reglas de mapeo de OntoVC a OntoDC para palabra clave y autor.....	160
Tabla 5.10: consultas SPARQL para orígenes de datos con OntoDC.....	160
Tabla 5.11: Reglas de mapeo de OntoVC a OntoLOM para palabra clave y autor.....	161
Tabla 5.21: Reglas de mapeo de OntoVC a OntoLOM para subject y autor.....	161

Índice de figuras

Figura 1.1: Interoperabilidad semántica a través de mapeo ontológico	27
Figura 1.2 Consultas a través del VC	29
Figura 2.1: Rutas de publicación	34
Figura 2.2 : Arquitectura de ROA.....	39
Figura 2.3 Modelos de organización de ROA	40
Figura 2.4 Etiquetas Dublin Core	44
Figura 2.5 Categorías del estándar LOM	47
Figura 2.6 Etiquetas del estándar MODS	50
Figura 2.7 Metadatos obligatorios para el estándar DataCite	51
Figura 2.8 Puntos relevantes de las Directrices Driver 2.0	55
Figura 2.8 Historia de las directrices a nivel europeo	56
Figura 2.10 Principales definiciones de las Directrices SNRD	58
Figura 2.11 Enfoque para representar ontologías	66
Figura 2.12 Enfoques para el mapeo de ontologías	70
Figura 3.1: Modelo propuesto de interoperabilidad	79
Figura 3.2 Consulta desde el VC.....	81
Figura 3.3: Depósito de OA desde el VC	82
Figura 3.4: Categorías de los Metadatos DC	88
Figura 3.5: Términos definidos para la categoría Content	90
Figura 3.6: Términos definidos para la categoría IntelectualProperty	91
Figura 3.7: Términos definidos para la categoría Instantiation	92
Figura 3.8: Incorporaciones en los términos Title, Language y Coverage	93
Figura 3.9: Vista Protege de las ontologías importadas	94
Figura 3.10: Incorporación de la clase Affiliation	95
Figura 3.11: Resultado de la evaluación DCOntoRep con Oops	97
Figura 3.12: Cambios realizados en la categoría Content – Vista de OWL Viz.....	100
Figura 3.13: Cambios realizados en la categoría IntelectualProperty	101
Figura 3.14: Vista en OWL Viz de la clase Type	102
3.15 Resultado de evaluación de OntoVC con la herramienta Oops	106
Figura 3.16: vista de Protegé con las Instancias creadas.....	107
Figura 3.17 Consulta SPARQL y resultado de los OA del tipo "Objeto de Conferencia"	108
Figura 3.18: Consulta SPARQL y resultado de los OA dentro del contexto "HigherEducation"	108
Figura 3.19 Consulta SPARQL y resultado de los OA que tienen como tipo de recurso "narrativeText"	109
Figura 4.1 Vista AgreementMaker – Parte de Coincidencias con la técnica "Parametric string matcher"	114
Figura 4.2 Vista AgreementMaker –Coincidencias con la técnica "Parametric string matcher"	116

Figura 4.3 Vista AgreementMaker –Coincidencias con la técnica “Base similarity matcher”	118
Figura 4.4 Vista AgreementMaker –Coincidencias de clases y propiedades del tipo educativas con la técnica “Parametric string matcher”	119
Figura 4.5 Vista AgreementMaker –Coincidencias de clases con la técnica “Base similarity matcher”	120
Figura 4.5 Valores de los conceptos Language y Title y reglas para las distintas ontologías	125
Figura 4.6 Valores de los conceptos Type, Version y Format y reglas para las distintas ontologías .	131
Figura 4.7 Valores de los conceptos Creator, Rights y UriLicense y reglas para las distintas ontologías	135
Figura 5.1 Operatoria para el depósito de un OA en repositorios con estándar DC y LOM	140
Figura 5.2 Metadatos cargados en el RIA del OA tomado como ejemplo	141
Figura 5.3 Instancias de la categoría Content	142
Figura 5.4 Instancias de la categoría Instantiation	143
Figura 5.5 Instancias de la categoría IntelectualProperty	144
Figura 5.6 Printscreen que muestra los metadatos existentes en Graduate! del OA tomado como ejemplo	149
Figura 5.7 Instancias de la categoría Content	150
Figura 5.8 Instancias de la categoría Instantiation	151
Figura 5.9 Instancias de la categoría IntelectualProperty	152
Figura 5.10 Operatoria del modelo propuesto desde el repositorio cosechador.....	157
Figura 5.11 Pantalla de Protégé, en la sección de individuals.....	158
Figura 5.12 Resultados obtenidos con la palabra clave “ecuaciones diferenciales”	159
Figura 5.12 Resultados obtenidos con el autor “Del Valle”	159

Capítulo 1: Introducción

En este capítulo se presenta el ámbito de los repositorios de acceso abierto para objetos de aprendizaje y la posibilidad de interoperar entre ellos. En la sección 1.1 se describe el contexto en el que surgen los repositorios institucionales y luego, los repositorios de objetos de aprendizaje. En la sección 1.2 se describe la problemática detectada y se detallan los objetivos que se definieron para el desarrollo de la tesis. En la sección 1.3 se mencionan las principales contribuciones obtenidas en el desarrollo de la presente tesis. En la sección 1.4 se detalla la organización de los capítulos de la tesis.

1.1 Contexto

Aproximadamente en el año 2000 comienzan a surgir iniciativas denominadas de Acceso Abierto como reacción a lo que se denominó crisis del modelo tradicional de comunicación científica. Dicha crisis surge debido a los excesivos costos que los investigadores debían pagar para poder publicar los resultados de sus investigaciones en revistas científicas y el monopolio en pocas empresas editoriales, lo que conllevaba a la dificultad de los autores de acceder a los propios resultados de investigación. Relacionado con esto, se encuentra el alto precio de suscripción que exigen estas editoriales para poder tener acceso a sus revistas, lo que lleva a restringir el acceso a los artículos, ya que está sujeto a la disponibilidad presupuestaria tanto de investigadores e instituciones que quieran ingresar a los mismos. Tal como lo manifiesta (Suber, 2012) “el problema de fondo es que contribuimos con nuestro tiempo y dinero público para crear nuevo conocimiento y luego el control de los resultados lo ejercen empresas que creen, correcta o incorrectamente, que sus ingresos y su supervivencia dependen de limitar el acceso a ese conocimiento”. Ante esta paradoja en donde los investigadores publican sus resultados de investigación, realizan evaluaciones de sus pares sin recibir compensación alguna, y las editoriales cobran acceso, surgen las iniciativas de Acceso Abierto (AA).

La primera iniciativa del movimiento OAI (por sus siglas en inglés Open Access Initiative) se dio en Santa Fe (Nueva México, 1999), el cual tenía como objetivo proponer una solución para la recolección de datos. Este primer paso permitiría a los proveedores de eprints (depósito de documentos científicos a texto completo compartidos por los científicos en su versión anterior a la aprobada por las revistas) publicar sus metadatos a través de una interfaz estándar. Este movimiento, despertó interés en otras disciplinas que exigieron una revisión de los acuerdos realizados. También fue necesario trabajar sobre la credibilidad ya que esta iniciativa no contaba con una estructura organizativa que la avale, haciendo dudar a un profesional si adoptar o no sus recomendaciones. De allí, surge la necesidad de obtener respaldo. Es así que, en el año 2000, la Digital Library Federation y la Coalition of Networked Information de los Estados Unidos confirman su apoyo a la misma. Uno de los principales temas en la convención de Santa Fe fue la recolección de metadatos, que permite a los proveedores de datos exponer sus metadatos para que otros repositorios puedan acceder a los objetos digitales.

De esta manera surge la Iniciativa de Archivos Abiertos (OAI de su sigla en inglés Open Archives Initiative), cuyos pilares son: la consolidación de los archivos académicos con alcance mundial, acceso libre a los archivos (como mínimo a los metadatos), interfaces similares para los archivos y proveedores de servicios y protocolo de bajo nivel/implementación sencilla (se basa en Hipertext Transfer Protocol - HTTP, Extensible Markup Language - XML, Dublin Core - DC).

Ante este movimiento surgen diversas declaraciones sobre los objetivos del AA y sus alcances. Así la iniciativa de Budapest (Chan, y otros, 2002) establece que se podrá "leer, descargar, copiar, distribuir, imprimir, buscar o usar los resultados de investigación publicados con cualquier propósito legal, sin ninguna barrera financiera, legal o técnica". Ahora bien, se hace una referencia especial al respeto hacia los autores, estableciendo que "la única limitación en cuanto a la reproducción y distribución es que se deberá dar a los autores el control sobre la integridad de sus trabajos y el derecho de ser adecuadamente reconocidos y citados". En la declaración de Bethesda (Brown, y otros, 2003) se amplían los

derechos que tienen los usuarios sobre las obras publicadas, estableciendo otorgar “a los usuarios un derecho libre, irrevocable, universal y perpetuo de acceso y licencia para copiar, utilizar, distribuir, transmitir y presentar el trabajo públicamente y hacer y distribuir obras derivadas”. Asimismo, en Berlín (Max Planck Society, 2003) se solicita a los autores depositar de forma inmediata la publicación inicial en al menos un repositorio en línea. Luego, en Declaración de Salvador (Congreso Mundial de Informação em Saúde e, 2005) se pretende instar a los gobiernos que hagan del AA una prioridad en las políticas de desarrollo científico, para que los resultados de investigación financiados por el estado estén disponibles en AA.

En (Suber, 2012) se mencionan algunos argumentos a favor de la consolidación del AA, entre las que se puede mencionar:

- El AA incrementa la visibilidad de los investigadores e instituciones que aporta a la ciencia escrita.
- El AA facilita la diseminación de las publicaciones científicas y académicas entre sectores que dan un uso relevante a la ciencia.
- El AA desarrolla plataformas digitales y bases de datos cuyos contenidos pueden ser identificados e importados en línea.
- El AA crea un portfolio de servicios que ayudan a la consolidación de las publicaciones científicas y académicas y garantizan la calidad de sus contenidos.
- El AA considera la sustentabilidad de las revistas académicas más allá del modelo de negocios.
- El AA facilita la cooperación y complementariedad entre comunidades de investigación flexibles e interactivas.
- El AA inspira el desarrollo de la ciencia a partir de un gran diálogo global, multicultural y multidisciplinario.
- El AA permite realizar un seguimiento de la producción académica de los investigadores y caracterizar sus estrategias de trabajo.
- El AA resguarda los derechos de autor bajo los términos de distintas licencias legales.

- El AA moderniza los sistemas nacionales de ciencia y tecnología.
- El AA refrenda el compromiso de las universidades y centros de investigación públicos por hacer el conocimiento un bien común.
- El AA garantiza que el conocimiento sea parte de la ampliación de derechos de última generación.

Los avances del AA se han dado en todas partes del mundo a través del establecimiento de estándares, directrices y de la promulgación de leyes que hacen del AA un compromiso a nivel país, regional y mundial. En particular en Argentina se han realizado avances en relación con la implementación de repositorios institucionales de AA, a partir de la promulgación de la Ley 26899 de Repositorios Institucionales de AA del año 2013 (Congreso de la Nación Argentina, 2013) donde en sus artículos de mayor relevancia establece:

- que los organismos e instituciones públicas que perciban financiamiento del Estado Nacional deberán implementar Repositorios Digitales Institucionales de acceso abierto, donde se depositarán las producciones científico-tecnológicas resultados de actividades de investigación
- que los investigadores, tecnólogos, docentes, becarios de posdoctorado y estudiantes de maestrías y doctorados cuya actividad de investigación sea financiada con fondos públicos deberán depositar sus producciones en los repositorios de la institución a la que pertenecen.
- que el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva será la autoridad de aplicación de la presente ley.

Teniendo en cuenta la ley antes mencionada el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva crea a partir de la Resolución 469 el Sistema Nacional de Repositorios Digitales (SNRD), que tiene como objetivo fundamental conformar una red interoperable de repositorios a partir del establecimiento de políticas, estándares y protocolos comunes a todos los integrantes del sistema. Como una de las primeras medidas el SNRD publica las Directrices SNRD orientadas a los administradores de repositorios digitales, para que puedan ajustarse a las políticas, estándares y protocolos establecidos. En estas directrices se establece

que el estándar de Metadato a ser utilizado es el Dublin Core (DC) no cualificado, identificando aquellos metadatos que son de uso obligatorio, obligatorio si fuese aplicable, recomendado u opcional. Otra de las condiciones establecidas por el SNRD es la utilización del protocolo OAI-PMH (Open Access Initiative – Protocol Metadata Harvesting) que permite tomar los metadatos de los objetos digitales depositados en los repositorios. Este es un primer paso hacia la interoperabilidad entre repositorios.

Cabe destacar que a nivel de crecimiento la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva a través del SNRD es socio de LA Referencia¹ (Red de Repositorios de acceso abierto a la ciencia) que tiene como objetivo principal la visibilidad de la producción científica de las instituciones de educación superior e investigación de América Latina.

Como se mencionó anteriormente, para dar soporte a estas iniciativas de AA surgen los repositorios digitales de AA. A las iniciativas de AA se van sumando las universidades e instituciones educativas, por lo que surgen los repositorios institucionales (RI), que permiten la difusión de las producciones realizadas por los miembros de una misma institución, ya sea material académico o de investigación, buscando organizar este material, como así también ofrecer servicios de gestión y preservación. De este material digital almacenado en los RI, surgen los que se denominan objetos de aprendizaje (OA). Los OA se diferencian de los otros recursos almacenados en el RI porque están específicamente destinados a utilizarse como material para el proceso de enseñanza-aprendizaje. De esta manera, los OA tienen otras características que difieren de los demás materiales digitales. Los OA pueden definirse como “cualquier recurso digital que puede ser utilizado para la enseñanza” (Wiley, 2002), concepto que se tomará en el desarrollo de esta tesis. Los OA son almacenados en repositorios que se denominan repositorios de objetos de aprendizaje (ROA). Así como los RI, los ROA permiten realizar la gestión en particular de los OA, es decir que permiten almacenar, buscar, recuperar y preservar los OA. En el contexto de los ROA de AA, la interoperabilidad es la

¹ <http://www.lareferencia.info/vufind/>

característica más importante sobre la que descansa el principal objetivo del AA. La principal diferencia entre los RI y los ROA son los tipos de material digital que almacenan, los ROA sólo contienen en sus repositorios OA; mientras que los RI podrían almacenar cualquier tipo de material digital.

El valor de estos repositorios se sustenta en la posibilidad de interconexión entre ellos, de manera de poder crear redes de repositorios y de esa forma aumentar la visibilidad, la reutilización de los recursos que en ellos se encuentran no solo por humanos sino también por máquinas (COAR, 2012).

En los repositorios los OA se especifican a través de metadatos. Los metadatos son descripciones sobre datos, que permiten obtener mayor información sobre el OA, y además poder recuperar información almacenada teniendo en cuenta los criterios de búsquedas seleccionados.

En la actualidad, existe una gran variedad de estándares de metadatos, y los repositorios implementan aquellos que permiten definir de mejor manera los OA que almacenan y que le permiten cumplir sus objetivos. Es así como el estándar Dublin Core (DC, (DCMI T. , 2012)) es el estándar más utilizado por los repositorios, ya que permite describir de manera general cualquier tipo de objeto digital. Para una descripción más específica de los OA se utiliza el estándar Learning Object Metadata (LOM, (IEEE Standard for Learning Object Metadata, 2002)). Si bien este último permite una mayor especificidad al momento de describir un OA, son muy pocos los repositorios que lo implementan debido a la extensa cantidad de metadatos que presenta. En menor medida hay repositorios que utilizan los estándares Metadata Object Description Schema (MODS, (Metadata Object Description Schema , 2018)) y un estándar que recientemente se ha comenzado a utilizar que se denomina DataCite (DataCite, 2016).

1.2 Problemática y Objetivos propuestos

Las organizaciones basadas en conocimiento científico-académico, tienen en los resultados de sus trabajos su activo máspreciado y en consonancia con ello establecen proyectos de depósitos institucionales gestionados y controlados por la propia institución con el objetivo de facilitar el AA irrestricto y rápido a sus resultados

de investigación y docencia, propiciando con ello, una mayor visibilidad y frecuencia de citas para los autores.

En este contexto, el movimiento para el AA ha desarrollado, en muy poco tiempo, un alto nivel de madurez en la renovación de los modelos de comunicación científica y el planteamiento de alternativas sostenibles a los modelos existentes. Los repositorios digitales y las revistas de AA constituyen una alternativa de creciente importancia para la comunicación pública de documentos científicos y académicos, que aprovechan las posibilidades que ofrece Internet para la difusión del conocimiento más allá de las restricciones marcadas por los intereses comerciales. Los repositorios son una de las tecnologías que posibilitan un mejor acceso a los OA, aunque se debe mencionar que existen otros modos de acceso como los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA), revistas abiertas, sitios web temáticos, wikis, comunidades virtuales, redes sociales, entre otras (Bongiovani, Gómez, & Miguel, 2011).

Surge así un nuevo desafío: la necesidad de describir correctamente los OA almacenados en los repositorios de manera que puedan ser descubiertos por motores de búsquedas y, de esta manera, facilitar su localización. Para afrontarlo es necesario tener en cuenta los diferentes tipos de OA que pueden ser compartidos y la variedad de estándares de metadatos propuestos para la descripción de los mismos. Esta diversidad afecta sensiblemente la interoperabilidad de la información y particularmente su búsqueda, recuperación y reuso. Los metadatos son fundamentales para garantizar el éxito en la interconexión entre repositorios y facilitar el desarrollo de sistemas de búsqueda, tales como los sistemas recomendadores. La calidad y pertinencia de los metadatos definidos para los OA se evalúa a la luz del cumplimiento de estándares de metadatos (Morales Morgado, Campos, Yang, & Ferrera-Fernández, 2014).

Desde el punto de vista tecnológico, los metadatos constituyen una parte fundamental no sólo de los OA para que éstos puedan ser encontrados y reutilizados, sino también de los repositorios en sí, ya que hacen posible que aumenten los niveles de confianza en la utilización de herramientas de búsqueda

y consulta. A nivel educativo, los metadatos hacen posible que se pueda evaluar la pertinencia y calidad de los OA incluidos en los resultados de la búsqueda, a partir de un fin educativo concreto, y de acuerdo al perfil del usuario que realiza la búsqueda.

Como se mencionó anteriormente, la interoperabilidad es la característica que hará posible la implementación del AA. En este sentido y teniendo en cuenta que los repositorios pueden implementar diferentes estándares de metadatos, es necesario proveer un mecanismo que permita a los mismos compartir el significado asignado a los metadatos utilizados. En la búsqueda de mitigar estos problemas se proponen soluciones ontológicas. Este tipo de soluciones permiten enriquecer los orígenes de datos proporcionándoles significado semántico, permitiendo de esta manera compartir información y su significado. Por lo cual, el principal foco estará en la interoperabilidad semántica, que encontrará la solución en el uso de ontologías, las que proponen la conceptualización de la información. Están basadas en redes semánticas, lógica descriptiva y reglas de inferencia que les permiten a los sistemas inferir en base a relaciones entre conceptos (Van Assche , 2006). La búsqueda de soluciones de interoperabilidad semántica entre ROA ha llevado a proponer e implementar diferentes opciones: entre las que se puede mencionar la implementación de ontologías de alto nivel, como las de Dublin Core (DC), Learning Object Metadata (LOM) y otros estándares de metadatos; donde si bien se busca dar una mejor definición de los términos utilizados no resulta suficiente para la interoperabilidad entre ROA dado que se continúa con el problema de la heterogeneidad de metadatos cuando los ROA utilizan diferentes ontologías representando diferentes estándares.

A nivel de soluciones ontológicas existen diferentes enfoques para el desarrollo de ontologías cuando se quiere integrar diferentes fuentes de datos. Una de las opciones es lo propuesto por (Stuckenschmidt & Harmelen, 2005), que define 3 enfoques: un *enfoque de ontología simple* donde hay una sola ontología global para todas las fuentes de datos; un *enfoque de ontologías múltiples* donde cada fuente de datos cuenta con una ontología y se comunican entre sí; y un *enfoque*

híbrido que resulta de la combinación de las anteriores, que plantea una ontología por cada fuente de datos y luego una ontología global que está compuesta por los términos comunes (vocabulario compartido).

Ahora bien, si se considera que cada uno de los ROA implementa un estándar de metadatos diferentes, haciendo que la interoperabilidad entre ellos se dificulte ya que no utilizan los mismos metadatos, es posible plantear la hipótesis de que **“el desarrollo de ontologías con enfoque híbrido a nivel de metadatos permitirá la interoperabilidad semántica entre los ROA”**.

Si se considera la construcción de ontologías a partir de los estándares DC y LOM, uno por ser el más utilizado en la implementación de repositorios y el otro porque define con mayor exactitud los OA; se tendrá como resultado una mejor y completa conceptualización del dominio de los metadatos. A partir de esta ontología, es posible establecer mapeos que identifiquen la equivalencia de conceptos que hay entre los estándares considerados. En el gráfico de la Figura 1.1 se muestra la necesidad de alinear dichos conceptos cuando un usuario requiere una búsqueda. En este caso, se tomó como ejemplo un caso simple en donde el concepto *creator* definido en LOM es equivalente al concepto *author* definido en DC. Luego, ante la necesidad de buscar un libro por su autor, se hace necesario que a nivel de sistema estas equivalencias sean establecidas de manera tal que puedan ser usadas por un mediador que transforme la búsqueda de acuerdo con el concepto equivalente en los distintos repositorios. Así, si un usuario realiza una búsqueda a través del metadato *creator*, el mediador podrá transformar la búsqueda en otro ROA que use DC para buscar por el metadato *author* y viceversa.



Figura 1.1: Interoperabilidad semántica a través de mapeo ontológico

Hasta ahora, los RI implementados como medidas para facilitar la interoperabilidad, utilizan como buenas prácticas los estándares de metadatos más difundidos, sumando a esto la adopción de las directivas del SNRD.

Sin embargo, tal como se plantea, esto no es suficiente para lograr la interoperabilidad a nivel semántico y aún menos para lograr la interoperabilidad pragmática o intención de uso del dato.

Por lo dicho, se define como objetivo principal de esta tesis **“Proponer en el marco de las Universidades Públicas Argentinas, un modelo para la descripción de OA que de soporte a la interoperabilidad semántica en contextos de acceso abierto”**.

Como objetivos específicos se plantean los siguientes:

- Obtener un informe técnico de los requerimientos de infraestructura, protocolos y formato de intercambio de información entre los repositorios existentes.
- Investigar y comparar el intercambio de información que puede darse entre los distintos RI existentes en Universidades Argentinas.
- Identificar las categorías de OA para las cuales se requiere definir el modelo de interoperabilidad.

- Identificar e informar los criterios de búsqueda y su relación con los metadatos.
- Definir las necesidades de alineamiento conceptual de los modelos para dar soporte a la interoperabilidad a nivel semántico de los repositorios.
- Desarrollar un modelo que garantice la integración de los distintos repositorios considerando los aspectos sintácticos y semánticos en el intercambio de información entre ellos.
- Considerar los servicios necesarios para el intercambio de información interoperable entre los distintos repositorios.
- Validar el modelo utilizando herramientas de software que permitan construir un prototipo del mismo y el desarrollo de un caso práctico.

Para dar soporte a la interoperabilidad semántica se propone en la presente tesis el *desarrollo de una ontología con enfoque híbrido*, que permita establecer un vocabulario compartido y ontologías locales de cada uno de los repositorios involucrados. El desarrollo con este tipo de enfoque deberá incluir los mapeos necesarios entre el vocabulario compartido y las ontologías locales. Ésto hará posible el depósito desde el vocabulario compartido (Figura 1.2.a) y la consultas desde los repositorios al vocabulario compartido y de allí a los otros repositorios (Figura 1.2.b); como así también desde el vocabulario compartido hacia los repositorios (Figura 1.2.c).

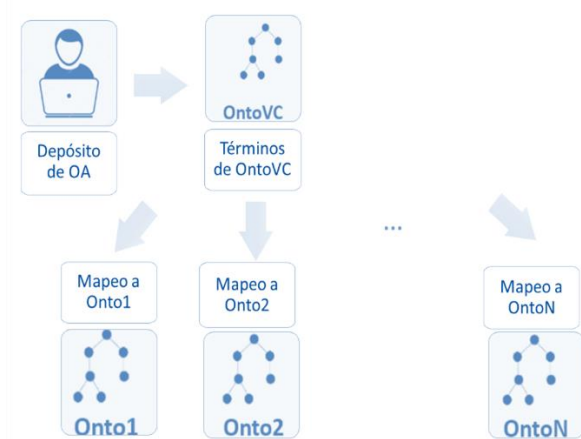


Figura 1.2.a Depósito desde el Vocabulario Compartido

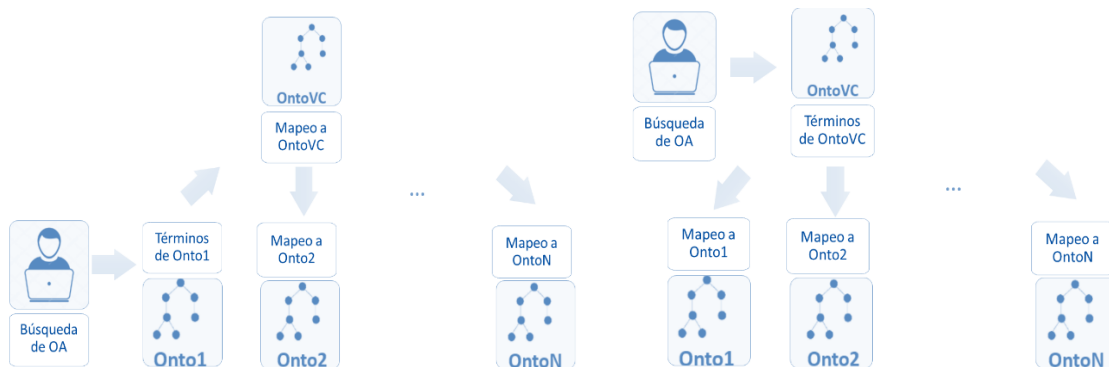


Figura 1.2.b Consulta desde ROA

Figura 1.2.c Consulta desde el Vocabulario Compartido

Figura 1.2 Consultas a través del VC

La selección del enfoque híbrido se sustenta en que la definición del vocabulario compartido con los términos (o metadatos), que la mayoría de los estándares contienen, permitirá la flexibilidad de incluir otros repositorios independientemente del estándar que implementan, siendo únicamente necesario el desarrollo de la ontología local y los mapeos con el vocabulario compartido.

1.3 Principales contribuciones

El principal aporte de esta tesis consiste en el desarrollo de un modelo que permita la interoperabilidad semántica entre ROA a nivel de metadatos; proporcionando una mejor descripción de los OA que permita que sean localizados fácilmente por los sistemas de búsquedas como así también incluir los metadatos que describen particularmente a los OA.

El principal problema que enfrenta la interoperabilidad a nivel semántico es la diversidad de estándares de metadatos que los repositorios implementan, por lo cual este modelo pretende:

- Seleccionar los metadatos comunes a los estándares de metadatos que formen parte del vocabulario compartido, y a partir de los cuales puedan comunicarse los repositorios
- Describir con mayor especificidad, a través de metadatos, los OA. Sin caer en la excesiva cantidad que propone LOM ni con la generalidad de DC.

- Establecer los mapeos necesarios para que el vocabulario compartido pueda comunicarse con los repositorios a través de las ontologías locales.
- Proponer un modelo flexible, a través del desarrollo de enfoque híbrido, que permite incorporar nuevas fuentes de datos con un esfuerzo mínimo, de desarrollo de la ontología local y los mapeos necesarios para la comunicación con el vocabulario compartido.

1.4 Organización de la tesis

La tesis se encuentra organizada de la siguiente manera: en el capítulo 1 se realiza una introducción del contexto en el que surgen los repositorios, la incorporación de los RI y luego de los ROA; además de describir la problemática a la que se da solución planteándose los objetivos propuestos.

En el capítulo 2 se realiza el marco teórico definiendo: los repositorios de acceso abierto, las iniciativas, las rutas de publicación, las redes de repositorios, los estándares de metadatos, interoperabilidad y los tipos de interoperabilidad. También se menciona el concepto de ontologías y se presentan soluciones ontológicas enfocados principalmente en la resolución del problema de fuentes de datos heterogéneas; el desarrollo de ontologías con enfoque híbrido y por último el mapeo entre ontologías.

En el capítulo 3 se presenta el modelo propuesto con la descripción del enfoque híbrido, luego se realiza la descripción de DCOntoRep, ontología que combina el estándar DC y las directrices SNRD, que se toma como base para el desarrollo del vocabulario compartido; por último, se describe OntoVC, ontología del vocabulario compartido, siguiendo el enfoque híbrido.

En el capítulo 4 se describen los mapeos realizados entre el vocabulario compartido y los estándares tomados como referencia: DC, LOM, MODS y DataCite; siguiendo la clasificación de las categorías propuestas por DC para la clasificación de metadatos: contenido, propiedad intelectual e instanciación.

En el capítulo 5 se presenta un caso de estudio, donde se realiza el depósito de un OA desde el vocabulario compartido hacia un repositorio que implementa el estándar DC y LOM; y la consulta desde el repositorio hacia el vocabulario

compartido para ser luego diseminado hacia otros repositorios que pueden implementar DC, LOM, MODS o DataCite.

Por último, en el capítulo 6 se presentan las conclusiones, los principales aportes de la tesis y los trabajos futuros.

Capítulo 2: Marco Teórico

En el capítulo anterior se realizó una descripción del contexto del AA, una descripción breve de los diferentes tipos de repositorios y los materiales digitales que cada uno de ellos almacenan. En este capítulo se describe el estado de arte de los temas que se abordan a lo largo de la tesis, desde los repositorios de AA, la interoperabilidad entre estos y posibles soluciones desde el punto de vista ontológico. Así, en la sección 2.1 se realiza una introducción de los Repositorios de Acceso Abierto, las rutas de publicación y el concepto más detallado de Repositorios Institucionales (RI) y Repositorios de Objetos de Aprendizaje (ROA); como así también la definición de objetos de aprendizaje (OA) y sus características. Además de la clasificación de los ROA de acuerdo a la distribución de los OA y los metadatos. Luego, en la sección 2.2 se describen las redes de repositorios a nivel argentino, latinoamericano y mundial. En la sección 2.3 se desarrolla el tema de los estándares de metadatos, a partir de qué son los metadatos hasta llegar a los diferentes estándares y los metadatos que cada uno de ellos define. En la sección 2.4 se elabora una reseña de las principales directrices para repositorios que se implementan en la actualidad. A partir de la sección 2.5 se desarrollan los temas que forman parte del núcleo central de la tesis, iniciando con el concepto de interoperabilidad, los diferentes niveles de interoperabilidad. Para luego en la sección 2.6 presentar una de las posibles soluciones de la interoperabilidad semántica: las ontologías, sus características, las metodologías de desarrollo especialmente la utilizada en el enfoque híbrido, y el mapeo entre diferentes ontologías.

2.1 Repositorios de Acceso Abierto

Los repositorios surgen como parte de la iniciativa de AA, proporcionando una herramienta al área científico-tecnológica que le permite la difusión de sus trabajos a un menor costo que la manera tradicional, además de acortar los tiempos entre la finalización de un trabajo académico y su publicación en una revista. Se puede definir a un repositorio digital como "una colección de objetos digitales basada en la Web, de material académico producido por los miembros de una institución (o

varias) con una política definida, cuyas características más importantes son: auto-archivo, interoperabilidad, libre acceso y preservación a largo plazo" (Alonso, Subirats, & Martínez Conde, 2008). Aquí se pueden identificar algunas de las características que el movimiento de AA persigue donde toman gran importancia dos de ellas: el libre acceso y la preservación a largo plazo. Esto se debe que en general, los objetos digitales en general se alojan en servidores que con el tiempo pueden perder sus referencias, como así también cambiar el formato en el que fueron alojados, no perdurando en el tiempo.

Un factor importante a tener en cuenta al momento de la publicación de resultados de investigación, son las restricciones que imponen las editoriales que obligan al autor a ceder sus derechos sobre su trabajo científico, afectando seriamente la divulgación del mismo en forma gratuita.

En este contexto se pueden identificar tres rutas de publicación (Figura 2.1):

- **Ruta dorada:** en este caso se trata de aquellas revistas que publican artículos los cuales se encuentran en AA de manera inmediata. Este tipo de revista presenta dos situaciones: en donde es completamente de AA, o por algún pago por parte del autor o de una institución a la que está vinculado.
- **Ruta paga:** se envía el artículo a una revista que es de acceso pago, para que sea evaluado, al ser aprobado el autor debe realizar una cesión exclusiva de derechos de uso en favor de la editorial.
- **Ruta verde:** también conocida como autoarchivo, se implementan a través de repositorios institucionales o temáticos, en donde la versión evaluada de un artículo es depositada en estos repositorios. Esta publicación puede estar limitada por un período de embargo establecido por las editoriales donde se ha aceptado y publicado el artículo. El autor en este caso debe establecer las condiciones de uso del artículo depositado.



Rutas de publicación



Figura 2.1: Rutas de publicación

Los Repositorios Institucionales (RI) surgen como el soporte para poder llevar a cabo las iniciativas de AA. Los RI pueden definirse como “un conjunto de servicios que ofrece la universidad a los miembros de la comunidad para la gestión y disseminación de materiales digitales creados por la misma institución y sus miembros. Es esencialmente un compromiso organizacional a la custodia de estos materiales digitales, incluyendo su preservación a largo plazo, organización, acceso y distribución” (Lynch, 2003). Los RI cuentan con políticas institucionales definidas por cada una, donde se describen las formas de depósito, el manejo de los derechos de autor, las herramientas de preservación y el proceso de aceptación del material que se publica y difunde a través del repositorio. Los beneficios de la implementación de un RI son principalmente la posibilidad de acceder libre y gratuitamente a los trabajos de sus miembros, ampliar la visibilidad de estos trabajos a nivel nacional, regional e internacional; brindar al estudiante fuentes de consulta confiable a través del acceso a tesis, proyectos finales, material de cátedra, entre otros.

Según (Gibbons, 2004) un repositorio tiene que ser un proyecto colaborativo y multidisciplinario de varias áreas de la institución, para que cada una de las áreas se sienta involucrada y con representación en el proyecto. Asimismo, (Crow, 2002) define a los repositorios institucionales como “colecciones digitales que capturan y preservan la producción intelectual de las comunidades universitarias para que esté a disposición de los usuarios en forma gratuita. Además, sirven como indicador tangible de la calidad de la institución, aumenta la visibilidad, prestigio y el valor público”.

La implementación de un RI lleva a la determinación de políticas, por un lado, de la institución con respecto al acceso abierto, como un requisito o recomendación; y por otro las políticas del repositorio, en donde se definen el conjunto de normas que rigen el uso y el depósito (Melero & Abad García, *Revistas Open Access: Características, Modelos Económicos y Tendencias*, 2011). Teniendo en cuenta esta distinción en la política de un repositorio se establecen como puntos importantes (Silva & Tomaél, 2011): a) la responsabilidad por la creación, implementación y mantenimiento del repositorio, ya que será la cara visible de la institución, deberá establecerse claramente cómo se lo creará, con qué software, quién o quiénes serán los encargadas de mantenerlo actualizado, entre otras actividades; b) el contenido propuesto e implementado: es relevante definir el contenido que será publicado en el repositorio. Así por ejemplo debe definirse si se publicarán solo los resultados de investigación o también podrá contarse con material educativo, si será de un solo tema o abarcará todos los tópicos que se desarrollan en la institución; entre otras decisiones; c) los aspectos legales respecto a los documentos y las licencias: aquí deberá tenerse especial cuidado con la publicación de los artículos de investigación que han sido publicados en otras revistas, controlando por ejemplo los períodos de embargo; d) estándares de metadatos: en este punto deberá definirse el estándar de metadatos a utilizar dependiendo de los objetos digitales que se depositen; e) directrices de preservación digital: definir cuáles serán las estrategias para lograr la preservación de los objetos digitales evitando así la posibilidad de no acceso a los mismo; f)

política y niveles de acceso: se deberá definir los posibles niveles de acceso de usuario o si por el contrario, será el mismo nivel para todos; g) financiamiento del repositorio: para que el repositorio cumpla con su objetivo deberá contar con financiamiento para su mantenimiento y puesta a punto.

La arquitectura sobre la que trabajan los repositorios está basada en dos elementos (Melero, Research Gate, 2006): los proveedores de datos (data providers) y los proveedores de servicios (service providers). Para que esta arquitectura pueda funcionar se implementa el protocolo OAI-PMH (Open Access Initiative – Protocol Metadata for Harvesting) que permite recolectar los metadatos de los documentos. Los proveedores de datos están representados por los repositorios institucionales y almacenan y difunden la producción de su propia institución. Los proveedores de servicios son aquellos que solicitan cosechar los metadatos de los repositorios institucionales, por eso se los denomina generalmente “cosechadores”, no cuentan con material propio, sino que hacen visible la producción de diferentes repositorios.

Continuando con herramientas que posibilitan la interoperabilidad, aparece en escena el estándar de interoperabilidad Simple Web-service Offering Repository Deposit (SWORD), en (Lewis, y otros, 2009), que permite: (i) que un autor pueda publicar en un repositorio desde el depósito de los metadatos hasta el almacenamiento final de su producción, (ii) realizar la copia de un sistema de información a un repositorio, (iii) depositar desde una herramienta de autor, (iv) comunicación de repositorio a repositorio, (v) crear una interfaz personalizada, (vi) depósito en múltiples repositorios y (vii) permitir depósito a través de una máquina, por ejemplo equipo de laboratorio.

En el capítulo 1 se mencionó que, a partir de los RI, aparecen en escena un tipo especial de repositorios, los denominados repositorios de objetos de aprendizaje (ROA) que vienen a ser el soporte de un tipo especial de objeto digital, denominado objeto de aprendizaje (OA). En (López Guzmán, 2005) se menciona que la IEEE establece que se pueda considerar a los objetos de aprendizaje como “una entidad, digital o no digital, que puede ser utilizada, reutilizada y referenciada

durante el aprendizaje apoyado con tecnología". Por otra parte, (The JORUM+ Project Teams at EDINA and MIMAS, 2004) afirma que "un OA es cualquier recurso que puede ser utilizado para facilitar la enseñanza y el aprendizaje y que ha sido descrito utilizando metadatos". Una definición más compleja de OA es dada por Polsani (2003), quien establece que los OA deben existir de forma independiente y contener: a) un objetivo que debe describir la intensidad de la actividad de aprendizaje; b) la actividad de aprendizaje que sirve de apoyo al proceso de enseñanza y c) la valoración/evaluación que permite comprobar que el alumno cumplió con el objetivo propuesto. Esta definición es muy específica y restrictiva y se adapta más específicamente a las producciones académicas, en donde un artículo científico no podría ser considerado un OA. Dado que en esta tesis se trabaja con RI en donde es necesario publicar la mayor cantidad de resultados de una institución académica, tanto de docencia como de investigación, se adopta una definición de OA más abarcativa dada por JORU+. De esta manera se tienen en cuenta para la definición del modelo de interoperabilidad la diversidad de OA que pueden encontrarse en este tipo de instituciones.

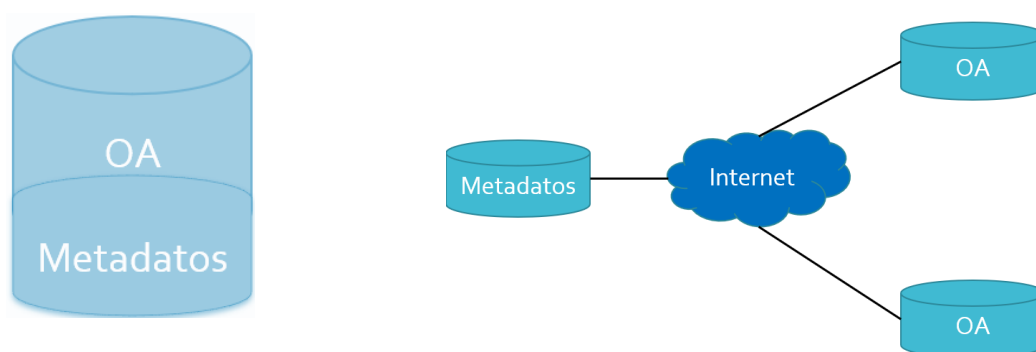
De los OA se requiere que tengan características como: accesibilidad: desde el punto de vista que los OA deben ser etiquetados de manera correcta al ser almacenados y puedan ser recuperados de manera fácil en un repositorio; reusabilidad: con esta característica se busca que una vez creado el OA, este pueda ser utilizado independientemente del entorno (independiente de la plataforma) en el que se lo aplique; interoperabilidad: se pretende que los OA puedan ser usados, reutilizados y obtenidos independientemente de la forma en que han sido etiquetados y no dependan de los sistemas de gestión de los repositorios en donde han sido almacenados; portables que se tenga la posibilidad de albergar el OA en diferentes plataformas sin necesidad de realizar cambios en la estructura o contenido; y durable en el sentido que no deben sufrir cambios con las actualizaciones de hardware y software (Rehak & Mason, 2003).

Los OA pueden clasificarse según su uso pedagógico (ASTD & SmartForce, 2002) en:

- Objetos de instrucción, son aquellos destinados al apoyo en el aprendizaje, donde en la mayoría de los casos el estudiante tiene un rol pasivo en la interacción con el OA. A la vez este tipo de OA puede dividirse en:
 - *objetos de lección*: combinan textos, imágenes, videos, animación, preguntas y ejercicios para crear aprendizaje interactivo
 - *objetos workshop*: en este tipo de OA se reproduce lo realizado en los eventos en donde un experto expone sobre una temática y tiene una comunicación directa con el auditorio, a través de herramientas como ser: aplicaciones de software, presentaciones con diapositivas, actividades en pizarra, entre otras.
 - *objetos seminarios*: este OA corresponde a la presentación de un experto por medio de audio, video, diapositivas: además existe un intercambio de mensajes con el auditorio a través de preguntas y respuestas.
 - *objetos artículos*: son OA que contienen textos breves que pueden contener material de estudio con gráficos, tablas, etc.
 - *objetos whitepapers*: al igual que el anterior contiene textos breves, pero se destaca por desarrollar temas complejos.
 - *objetos caso de estudio*: son OA basados en textos que realizan análisis de implementaciones de software, experiencias pedagógicas, etc.
- Objetos de colaboración: son aquellos OA diseñados para aprendizaje del tipo colaborativo, entre los que pueden mencionarse: *monitores de ejercicios*, en este caso el estudiante realiza ejercicios que son monitoreados por un tutor; *chats* caracterizados por el intercambio de mensajes sincrónicos los cuales permiten al alumno realizar consultas en tiempo real; *foros* en este caso el intercambio de mensajes es asíncrono, es por ello que se lo conoce como pizarra de discusión; *reuniones on-line*; para realizar trabajos en conjunto en tiempo real.

- Objetos de Práctica: este tipo de OA tiene un alto nivel de interacción por parte del alumno, enfocado especialmente en el autoaprendizaje. Entre los tipos de OA de práctica pueden mencionarse: juego de roles, simulación (de software, de código, conceptual, de modelo de negocios), laboratorios on-line, proyectos de investigación (actividades relacionadas con el análisis e investigación)
- Objetos de Evaluación: en este caso el OA tiene como objetivo principal conocer el nivel de conocimiento que el alumno ha adquirido a lo largo de su instrucción. Pueden ser del tipo: pre-evaluación, evaluación de proficiencia y test de rendimiento y test de certificación

Como se mencionó anteriormente, los ROA almacenan los OA, y estos pueden dividirse en dos grandes grupos: a) los que contienen ambos, los OA y sus metadatos (Figura 2.2.a), y b) los que solo agregan los metadatos y los OA están almacenados remotamente en otros repositorios (Figura 2.2.b) (Downes, 2003). En algunos ROA se da una opción más que utiliza las dos formas antes mencionadas, es decir que almacenan sus propios OA, producto de las actividades de la institución, con los correspondientes metadatos; y por otro lado actúan de cosechador recolectando otros OA de diversos repositorios, almacenando solo los metadatos y contando, para poder acceder a ellos, con un enlace al ROA de origen.



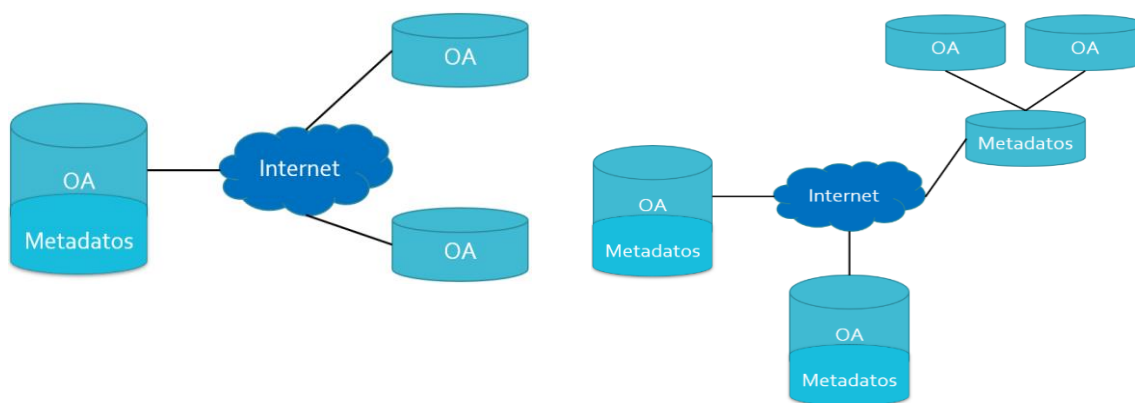
2.2.a Metadatos y OA en un solo servidor

2.2.b Metadatos en un servidor y los OA se vinculan

Figura 2.2 : Arquitectura de ROA

(Downes, 2003) propone dos modelos diferentes de ROA de acuerdo a la forma en que se organizan los metadatos, a saber:

- Centralizados, estos son los más comunes, donde los metadatos de los OA están contenidos en un mismo servidor, aunque el OA se encuentre en otro. (Figura 2.3.a)
- Distribuidos, en este caso el ROA opera a través de varios servidores, cada uno de ellos almacena varios grupos de metadatos y se comunican para su intercambio. (Figura 2.3.a)



2.3.a ROA centralizado

2.3.b ROA distribuido

Figura 2.3 Modelos de organización de ROA

(Looms & Christensen, 2002) propone un conjunto básico de funciones que los repositorios deben proveer a fin de dar acceso a los OA en un ambiente seguro. Estas funciones son:

- Buscar/encontrar: habilidad para localizar un OA apropiado. Esto incluye la habilidad para su despliegue.
- Pedir: un OA que ha sido localizado.
- Recuperar: recibir un OA que ha sido pedido.
- Enviar: entregar a un repositorio un OA para ser almacenado.
- Almacenar: incorporar dentro de un registro de datos un objeto, con un identificador único que le permita ser localizado.
- Colectar: obtener metadatos de los objetos de otros repositorios por búsquedas federadas.
- Publicar: proveer metadatos a otros repositorios.

Como puede apreciarse los ROA son el soporte para los OA, para que los mismo puedan ser almacenados, buscados, utilizados y reutilizados, de una manera eficiente.

2.2 Redes de repositorios de acceso abierto

La **Confederación de Repositorios de Acceso Abierto** (COAR por sus siglas en inglés Confederation of Open Access Repositories) es una asociación internacional con más de 140 miembros y socios que tiene como principal objetivo reunir a la comunidad de repositorios para construir redes de repositorios alineando políticas y prácticas, actuando como el principal vocero en la temática de repositorios. Entre las principales actividades están la de proveer lineamientos en:

- Ser la voz unificada internacionalmente para aumentar la visibilidad de las redes de repositorio como infraestructura clave para la ciencia abierta.
- Alineamiento e interoperabilidad a través de la construcción de una base de conocimiento global teniendo como medio la armonización de estándares y prácticas
- Incentivar las relaciones apoyando la práctica para repositorios y acceso abierto.
- Construir capacidades con el propósito de mejorar las habilidades y competencias para la gestión de datos de investigación y repositorios.
- Adopción de servicios que agregan valor promoviendo el uso de tecnologías web y nuevas funcionalidades para repositorios.

A nivel latinoamericano, **LA Referencia**² es el portal de la red federada de repositorios institucionales de acceso abierto a la ciencia. Esta red nace de un acuerdo firmado en el año 2012, entre autoridades de los países de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, El Salvador, México, Perú y Venezuela. Entre las principales características de LA Referencia es que la cosecha se realiza a través de nodos nacionales. Es decir, LA Referencia se nutre de repositorios nacionales que son los encargados de cosechar el repositorio de sus respectivos países. En

²<http://www.lareferencia.info/vufind/>

concordancia con este acuerdo y a partir de la Ley de Acceso Abierto 26899 en Argentina, se crea el Sistema Nacional de Repositorios Digitales (SNRD) representando al nodo nacional.

El SNRD, como se mencionó en el capítulo 1, establece directrices y políticas que permitan a los Administradores de repositorios implementar repositorios que puedan ser cosechados en una primera instancia por el SNRD, para luego ser cosechado por LA Referencia a nivel latinoamericano. Consiguiendo así una mayor visibilidad de la producción académica, científica, tecnológica del país.

Las Directrices SNRD tiene su primera versión en el año 2013 (Ministerio de Ciencia, Tecnología , 2015), y establece como principal objetivo las características que los repositorios deberán cumplir para poder ser adheridos al SNRD. Estas directrices están integradas a las "Directrices Driver 2.0. Directrices para proveedores de contenido – Exposición de recursos textuales con el protocolo OAI-PMH". Agregando aquellas consideraciones que se crean necesarias para la mejor descripción de las producciones académicas, de ciencia y tecnología de las instituciones del país.

En su versión de 2015 las directrices del SNRD (Sistema Nacional de Repositorios Digitales, 2015) contemplan las directrices de "Open AIRE Guidelines: For Literature repositories 3.0" y el documento "Metadatos y políticas de cosecha" de LA Referencia. De esta manera, se asegura la compatibilidad e interoperabilidad con los proyectos Open AIRE y LA Referencia, entre otros.

2.3 Estándares de Metadatos

Los metadatos permiten describir los objetos digitales (OD), y de esta manera poder recuperar información almacenada teniendo en cuenta los criterios de búsquedas seleccionados. (Senso & De la Rosa Piñero, 2003) definen los metadatos como "toda aquella información descriptiva sobre el contexto, calidad, condición o características de un recurso, dato u objeto que tiene la finalidad de facilitar su recuperación, autenticación, evaluación, preservación o interoperabilidad". Por otro lado, (Morales Morgado, Campos, Yang, & Ferrera-Fernández, 2014) definen los metadatos como un conjunto de atributos o etiquetas que describen las

principales características de un OA y proporcionan información adicional sobre el mismo.

En el contexto de esta tesis, donde se hace necesario describir OA, se consideran inicialmente la descripción de dos estándares de metadatos que son los más relevantes: DC y LOM. Para luego continuar con la descripción de los estándares MODS y DataCite que surgen como alternativas de los dos primeros.

2.3.1 Estándar Dublin Core (DC)

DC (DCMI T. , 2012) es un estándar utilizado para la descripción de cualquier Objeto Digital (OD) presente en la web. Es un estándar muy utilizado para describir OA, dado que es genérico y permite una descripción adecuada, sin embargo, no permite describirlo desde el punto de vista pedagógico o académico. Los elementos de DC poseen nombres descriptivos pretendiendo tener un entendimiento a nivel semántico de los conceptos y busca la interoperabilidad global a través de la utilización de algunos vocabularios controlados. Las etiquetas utilizadas, en una de las primeras versiones de DC, se clasifican en (Figura 2.4): etiquetas relacionadas con el contenido del OD (*Content*), etiquetas relacionados a la propiedad intelectual (*Intellectual Property*) y etiquetas relacionados con la instancia del recurso (*Instantiation*).

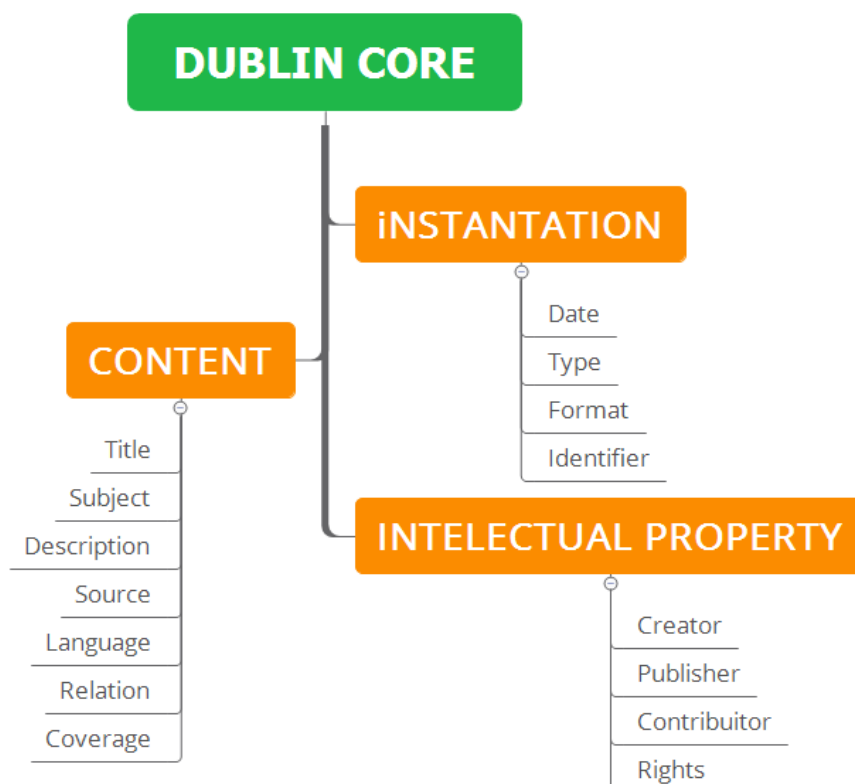


Figura 2.4 Etiquetas Dublin Core

La categoría Contenido (Content) describe de manera general al OD, entre los que se encuentran el título, el idioma del OD, el material con la que se relacionada, una breve descripción del OD, que generalmente está representado por el abstract o resumen; relación donde se identifica otro recurso relacionado con el OD que se describe. Por otro lado, la categoría Instancia (Instantiation) donde se identifica a la instancia que se está describiendo del OD, en donde se especifica el formato, el tipo de OD y las diferentes fechas por las cuales puede ser identificado como fecha de publicación, fecha de actualización, entre otros. Por último, la categoría Propiedad Intelectual (Intellectual Property) donde se describe los derechos de autor y los derechos de uso del OD. Una descripción de las etiquetas DC se realiza en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Descripción de los metadatos de la categoría Educational

Categoría	Etiqueta	Descripción
<u>Contenido</u>	<i>Title</i>	Describe el título, el nombre dado al OD
	<i>Subject</i>	El tópico del OD generalmente es expresado a través de palabras claves o frases que describen el contenido del OD
	<i>Description</i>	Descripción textual del OD tal como un resumen cuando el OD es un documento o una descripción del contenido cuando se trata de un OD visual
	<i>Source</i>	Define un OD a partir del cual se realizó el OD que se está describiendo
	<i>Language</i>	Se utiliza para indicar la lengua en la cual ha sido escrito el OD, se utiliza la recomendación para idiomas de RFC 1766
	<i>Relation</i>	Se usa para identificar un segundo recurso con el cual se relaciona el OD
	<i>Coverage</i>	Se emplea para indicar las características de cobertura espacial y/o temporal del contenido intelectual del recurso
<u>Propiedad Intelectual</u>	<i>Creator</i>	Se describe la persona u organización responsable de la creación del contenido intelectual del OD
	<i>Publisher</i>	Es una Referencia de la entidad responsable de hacer disponible el OD
	<i>Contributor</i>	Es el nombre de los colaboradores que hayan aportado significativamente a la producción del OD
	<i>Rights</i>	Es una referencia, por ejemplo, una URL, para indicar los derechos que el autor indica se tiene sobre el OD
<u>Instancia</u>	<i>Date</i>	Se utiliza para indicar una fecha significativa del OD, como ser fecha de publicación o en caso de que se trate una tesis, fecha de defensa
	<i>Type</i>	Se utiliza para indicar la categoría del recurso, tomando como valores posibles los propuestos por el vocabulario controlado DCMIType
	<i>Format</i>	Se refiere al formato de datos de un OD, usado para identificar generalmente el software necesario para mostrarlo se toman valores del vocabulario controlado MIME Type
	<i>Identifier</i>	Se usa una secuencia de caracteres que permita identificar unívocamente al OD, como por ejemplo URI, DOI, entre otros

Las etiquetas descritas con anterioridad corresponden a lo que se denomina **DC Simple o No cualificado**. Este estándar en su versión **Cualificado** agrega elementos que permiten redefinir algunos conceptos como ser:

- *alternative*, relacionada con la etiqueta *Title*.
- *available*, *created*, *dateAccepted*, *dateCopyrighted*, *dateSubmitted* todas etiquetas que dan mayor especificidad a la etiqueta *Date*.
- *abstract*, *TableOfContent* que permiten diferenciar dos de las formas más utilizadas para describir los OD, en este caso redefinen la etiqueta *description*.
- *accessRights*, *license*, *rightsHolder* estas etiquetas representan los derechos de acceso, el documento legal que otorga el permiso para realizar algo con el recurso y los titulares de los derechos; estos metadatos redefinen *rights*.

Por otro lado en DC Cualificado se agregan etiquetas como por ejemplo: *audience* (audiencia): que representan los destinatarios del recurso; *educationLevel* (nivel educativo) para representar el nivel educativo o contexto de aprendizaje para el cual se ha realizado el recurso; *instructionalMethod* (método de instrucción) describe un proceso que se utiliza para generar conocimiento, actitudes; *provenance* (procedencia) en este caso se define cualquier cambio en la propiedad del recursos desde su creación.

2.3.2 Estándar Learning Object Metadata (LOM)

El estándar **LOM** (IEEE Standard for Learning Object Metadata, 2002) proporciona la definición de metadatos específicamente para OA. El mismo propone la división en nueve categorías de nivel superior que permiten describir con más detalle los diferentes aspectos de cada uno de los OA (Figura 2.5). Las categorías son las siguientes: **General** que incluye información general del OA; **LifeCycle** donde se describe la historia y el estado actual del OA y las entidades que lo han afectado en su evolución, **Meta-Metadatos** esta categoría se utiliza para incluir información de la creación de la instancia de OA, quién creó la instancia, cuándo y con qué referencias, **Technical** se describen los requerimientos técnicos y las características

del OA, **Rights** esta categoría define los derechos de propiedad intelectual y las condiciones de uso del OA, **Relation** se define aquí si el OA tiene alguna relación con otro OA, **Annotation** en esta categoría se describe el uso educativo del OA o también una evaluación del OA, sugerencias de uso, **Classification** en esta categoría se define la clasificación del OA; hasta aquí metadatos que también se definen en el estándar DC, quizás con un poco más de detalle.

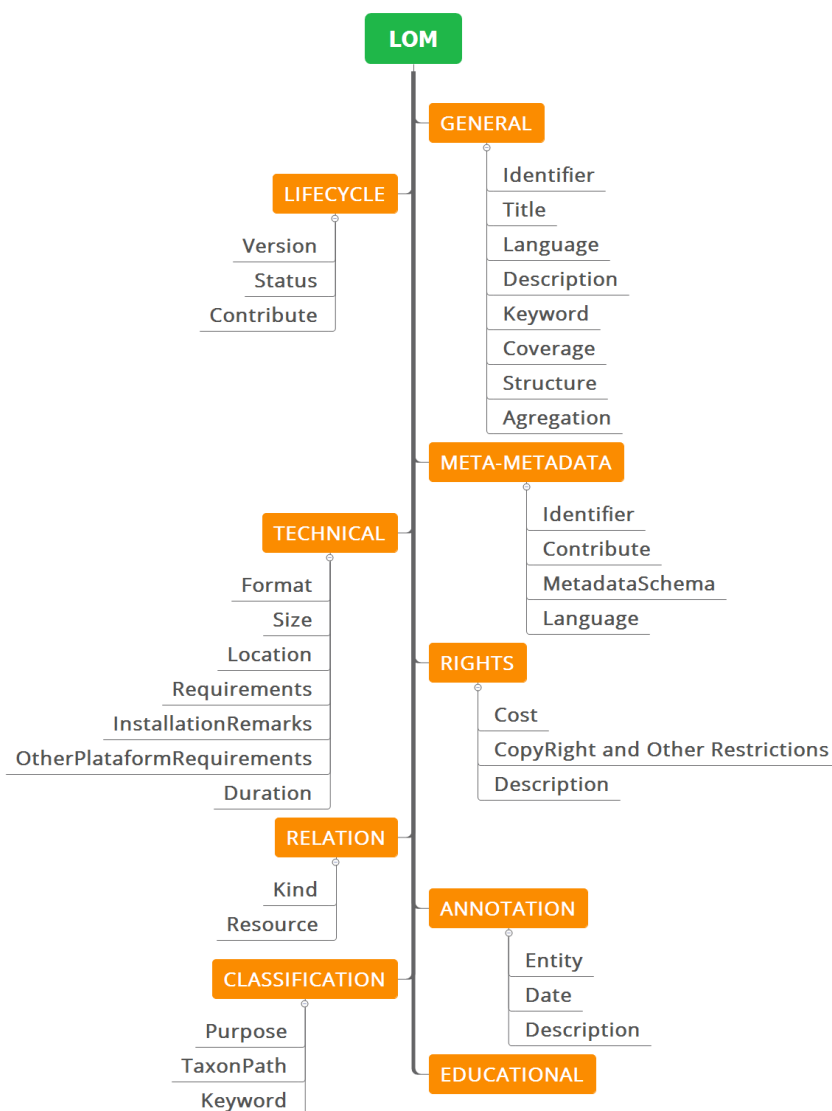


Figura 2.5 Categorías del estándar LOM

Ahora bien, la categoría que distingue a este estándar de los demás es *Educational*, ya que toma de referencia etiquetas que se consideran pertinentes para la correcta descripción de un OA (Tabla 2.2). En el Anexo 1 se presentan las relaciones entre los valores de los metadatos del tipo educacional.

Tabla 2.2 Descripción de los metadatos de la categoría Educational

Subcategoría	Descripción	Posibles valores
<u>InteractivityType</u>	Describe el tipo de interacción predominante del OA	Active: requiere acciones por parte del lector Expositive: el OA se utiliza para mostrar información y el rol del lector es más pasiva Mixed: se combinan las características de active y expositive
<u>InteractivityLevel</u>	Define el nivel de interactividad requerido por parte del lector	Very high, High, Medium, Low, Very low
<u>LearningResourceType</u>	Permite clasificar al OA como un recurso de aprendizaje, indicando el tipo al que hace referencia. En el caso de que el OA combine varios de los tipos se incluirá el más preponderante.	Exercise, Simulation, Questionnaire, Narrative text, Slide, Exam, Lecture
<u>SemanticDensity</u>	Hace referencia al grado de precisión de un OA y puede medirse según su tamaño, rango; o en el caso de video y audio en duración.	Very high, High, Medium, Low, Very low
<u>Intendedenduser role</u>	Se definen los destinatarios para los cuales el OA fue diseñado.	Teacher, Author, Learner y Manager
<u>Context</u>	Se utiliza para identificar al principal entorno hacia el cual está dirigido el OA	School, Higher education, Training y other
<u>Typicalagerange</u>	Se define un rango de edad de los destinatarios para los cuales está orientado el OA.	Rango de edad mínima y máxima
<u>Difficulty</u>	Representa el grado de dificultad que presenta el OA para trabajar con él	Very easy, Easy, Medium, Difficult y Very difficult
<u>Typicallearning time</u>	Se utiliza esta etiqueta para definir el tiempo aproximado de trabajo para los destinatarios del OA	

<u>Description</u>	En esta etiqueta se realiza una breve descripción de cómo utilizar el OA.	
<u>Language</u>	Idioma que se prevé utilizará el destinatario del OA.	

Como puede notarse la extensa cantidad de metadatos que utiliza el estándar LOM hizo que pocos repositorios lo adopten como estándar para la descripción de los objetos que contienen. Además, la complejidad al momento de la descripción de las etiquetas dificulta aún más la implementación de este estándar, que, si bien tiene como ventaja la especificidad en la descripción, no resulta suficiente para que los repositorios lo utilicen.

A estos estándares descritos, se van incorporando nuevos buscando el equilibrio entre la generalidad con los que describe los objetos digitales el estándar DC y la enorme cantidad de etiquetas que utiliza LOM. Así comienzan a utilizarse estándares como Metadata Object Description Schema (MODS) y más recientemente DataCite (International Data Citation). También surge como una opción para los repositorios utilizar el estándar Machine-Readable Cataloging (MARC), que si bien es ampliamente utilizado por las bibliotecas no es tan popular para los repositorios.

2.3.3 Estándar Metadata Object Description Schema (MODS)

En el caso de **MODS** (Metadata Object Description Schema , 2018) es utilizado principalmente para la definición de elementos bibliográficos. Define una serie de elementos de alto nivel los que, a su vez, se subdividen en otros de mayor detalle, y difieren en nivel de especificidad de acuerdo con el elemento a describir. Los elementos de alto nivel de MODS se muestran en la figura 2.6.

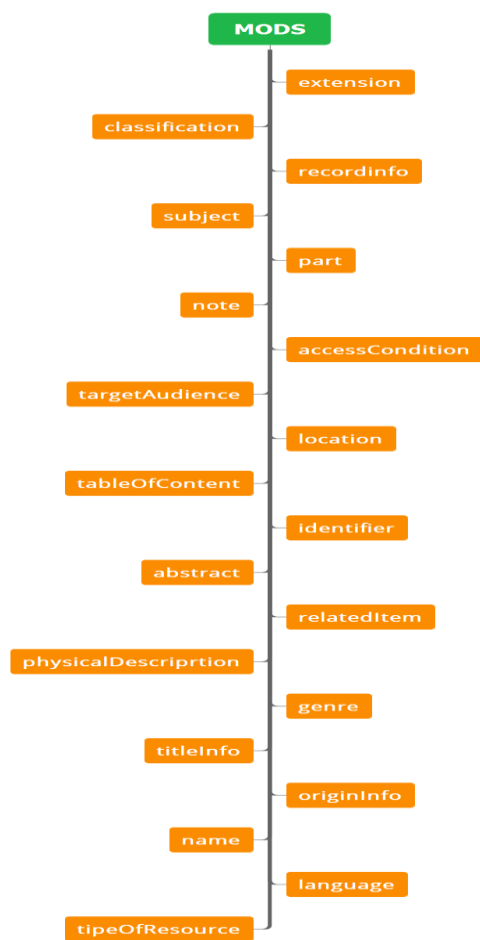


Figura 2.6 Etiquetas del estándar MODS

La mayoría de las etiquetas mostradas en la figura tienen como subelementos: *type*, *authority*, *authorityURI* y *valueURI*, que representan el tipo de la etiqueta que se está describiendo, el vocabulario controlado de la cual se toma el valor, la URI que identifica a ese vocabulario controlado de donde se ha seleccionado el término y la URI que identifica al valor del vocabulario controlado, respectivamente.

En el caso particular de la etiqueta *language* no recomienda un esquema en particular, como es el caso de DC y LOM; por lo cual en el subelemento *language Term* debe definirse el esquema a adoptar, como por ejemplo iso639-2b.

2.3.4 Estándar DataCite

Recientemente, se ha puesto en consideración la utilización del estándar **DataCite** (DataCite, 2016) que tiene tres objetivos principales: establecer, a través

de los metadatos, un acceso más fácil a los datos de investigación científica en Internet; aumentar la aceptación de los datos de investigación como una contribución legítima y respaldar el archivo de datos que permitirá que los resultados se verifiquen y estén disponibles en futuros estudios. Una de las principales características que busca DataCite es la identificación a largo plazo, mediante la utilización de Identificadores de Objetos Digitales (DOI por sus siglas en inglés) y considerar la incorporación de otros esquemas en el futuro, buscando flexibilidad y extensibilidad. El esquema propuesto por DataCite con sus metadatos de carácter obligatorio se muestran en la Figura 2.7.

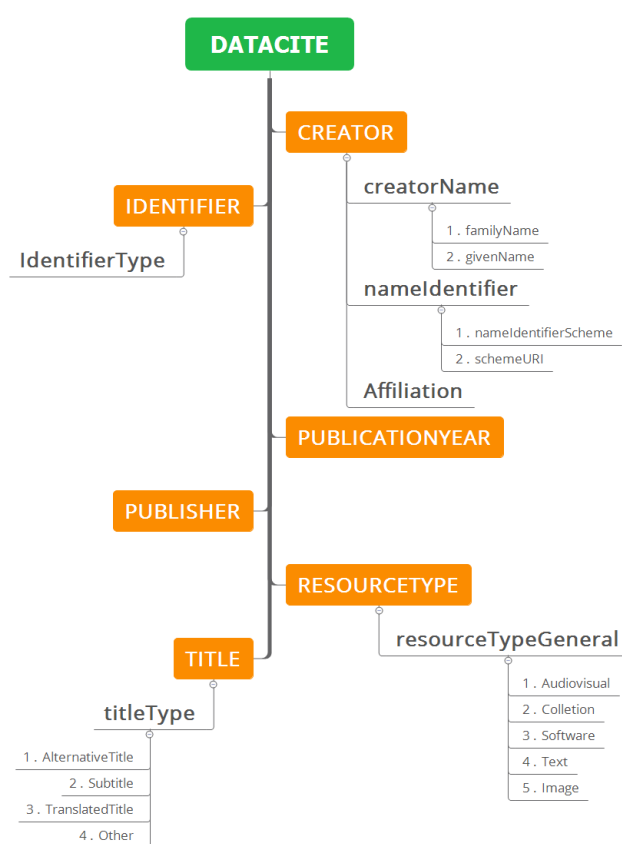


Figura 2.7 Metadatos obligatorios para el estándar DataCite

En el caso de la etiqueta Creator donde a través de la etiqueta nameIdentifierScheme se especifica el esquema utilizado para identificar al autor, algunos ejemplos son: ORCID y ISNI. Estos esquemas permiten identificar de manera unívoca a los autores de los OD. La etiqueta ResourceType, además de los tipos mostrados en la figura, puede tomar los siguientes valores: dataset, event,

interactiveResource, *model*, *physicalobject*, *service*, *spund*, *workflow* y *other*. Para *Identifier* se incluye el valor en esta etiqueta, por ejemplo 10.12.1.3/algo y en *identifierType* se incluye el nombre de la lista controlada utilizada, para el ejemplo DOI.

Este esquema, además, propone etiquetas que son de uso recomendado u opcional, entre las cuales puede mencionarse a: *subject*, *contributor*, *language*, *forma*, *rights*. En la tabla 2.3 se muestran estas etiquetas con su descripción.

Tabla 2.3 Descripción de los metadatos de DataCite

Nivel de obligatoriedad	Etiqueta	Descripción
<u>Recomendado</u>	<i>Subject</i>	Se prevé completar con el tema, palabras claves, código de clasificación o frases que describan el OA
	<i>Contributor</i>	Se define las personas o instituciones que colaboraron con la recolección, administración, distribución o contribuyeron de alguna manera con el desarrollo del OA
	<i>Date</i>	En esta categoría servirá para mencionar las fechas importantes en el ciclo de vida del OA. Se recomienda utilizar el formato de la W3CDTF, como, por ejemplo: YYYY o YYYY-MM-DD
	<i>RelatedIdentifier</i>	Identificar global y único de los recursos relacionados con el OA
	<i>Description</i>	Se completa toda la información que se considere pertinente del OA y que no ha sido descrita en las etiquetas anteriores
	<i>GeoLocation</i>	En esta etiqueta se debe completar la información de la región o lugar donde se han recopilado los datos o sobre los cuales se enfocaron los datos
<u>Opcional</u>	<i>Language</i>	Se indica el idioma primario en el que está escrito el OA. Se recomienda la utilización de los estándares ISO 639-1 o IETF BCP 47
	<i>AlternatIdentifier</i>	Se utiliza para indicar otro identificador para el OA que no sea el primario, indicado anteriormente en <i>identifier</i>
	<i>Size</i>	Se completa con información sobre el tamaño del OA. Por ejemplo, 10 páginas, 7 MB

	<i>Format</i>	Se refiere al formato técnico del OA. En lo posible se recomienda utilizar los tipos MIME, por ejemplo: application/PDF, text/ XML, video/mpeg
	<i>Version</i>	Debe indicarse el número de versión del OA. Se sugiere utilizar el formato: versión_mayor. versión_menor
	<i>Rights</i>	Se incluye la información sobre derechos de autor y los derechos de uso sobre el OA
	<i>FundingReference</i>	Se debe completar con los datos del apoyo financiero que se está recibiendo, en caso de que corresponda

Como puede notarse este estándar recaba importante información sobre los financiadores de los proyectos, la ubicación de la fuente de los datos para la investigación o donde se aplican esos datos, como así también hace una clara división entre el apellido y el nombre tanto de autores como de colaboradores para apuntar a una búsqueda más optimizada a partir de estos datos.

2.4 Directrices para repositorios

Junto con la implementación de los repositorios y para que los mismos puedan funcionar de manera correcta y cumplir con los objetivos que se propusieron en las diferentes convenciones de acceso abierto, resulta necesaria la definición de directrices. Las mismas tienen como meta definir una base común entre los repositorios para posibilitar su interoperabilidad, para ello establecen reglas que deben ser seguidas cuando se completan los metadatos. Así se logra que exista una única interpretación para los contenidos de los metadatos que describen un objeto.

La primera de las directrices surgidas y aprobadas para su implementación fue **Digital Repository Infrastructure Vision for European Research (Driver)** (Digital Repository Infrastructure, 2008), que es parte de un proyecto financiado por la Unión Europea. Este proyecto tiene como objetivo el desarrollo de una infraestructura de servicios y de datos para las redes de repositorios. Driver pretende recolectar los recursos alojados en repositorios digitales de instituciones y

organismos de investigación para poder lograr una visualización a nivel europeo de las producciones científicas realizadas. Driver se considera como una red de repositorios digitales polifacética al abarcar diferentes países, distintos recursos como texto, dato o multimedia; diferentes plataformas tecnológicas, distintas políticas de metadatos, entre otros elementos.

En su versión 2.0, Driver establece las directrices para proveedores de contenidos, sobre todo aquellos que requieran implementar un nuevo repositorio para realizar la definición de las políticas de administración de datos y para los que ya los tienen implementados, ayudarlos a mejorar los servicios que ofrecen. Las directrices Driver abarcan cinco temas centrales: colecciones, metadatos, implementación del protocolo OAI-PMH, prácticas recomendadas y vocabularios y semántica. Como puede apreciarse, Driver no es considerado un estándar, pero se basa en la utilización de estos, como el protocolo OAI-PMH o DC. Resulta conveniente resaltar que el uso de las directrices Driver no indica que un OD ha logrado un nivel de calidad o no, teniendo en cuenta que los recursos son recolectados de otros repositorios y se da por hecho que se ha realizado esa verificación de calidad mínima.

Como se mencionó anteriormente, Driver considera diferentes tipos de OD entre los cuales abarca a los artículos científicos, tesis doctorales, documentos de trabajo, libros electrónicos y documentos similares que formen parte de resultados de investigación. Además, estos recursos deben cumplir con la característica de tener acceso abierto sin necesidad de pago de alguna licencia, control de acceso con contraseña, etc. Algunos puntos importantes en la definición de las directrices se muestran en la figura 2.8.

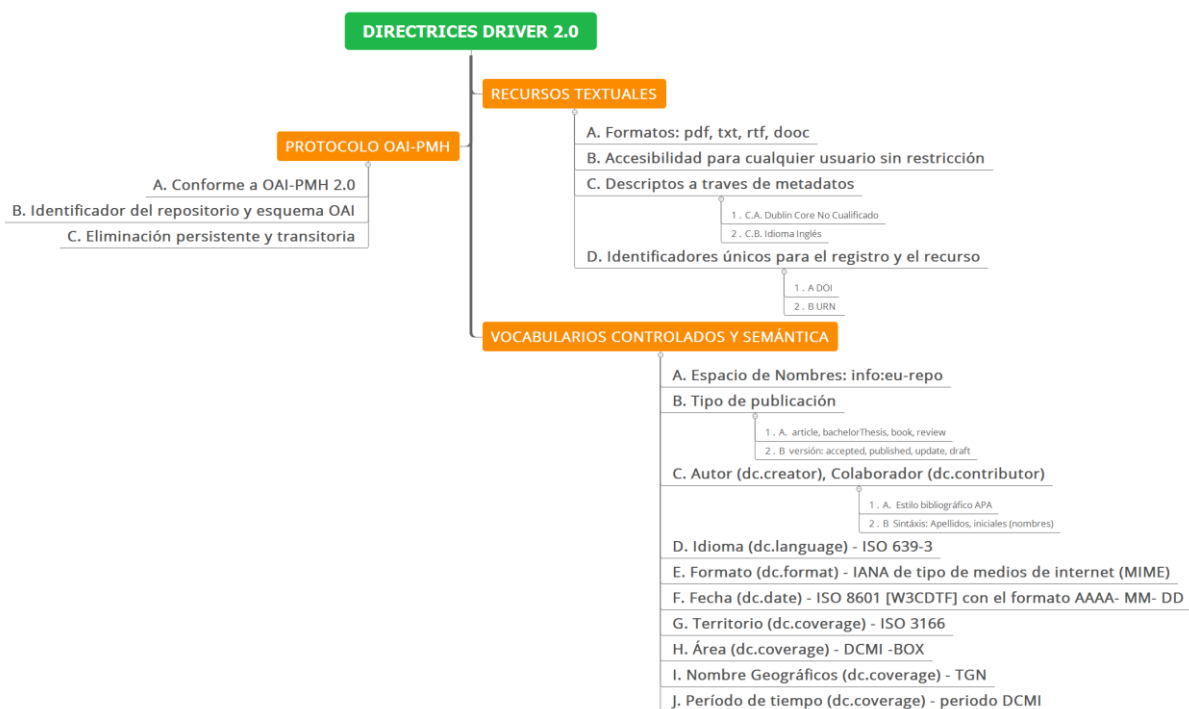


Figura 2.8 Puntos relevantes de las Directrices Driver 2.0

Con los puntos principales antes mencionados Driver pretende definir la estructura de implementación de repositorios institucionales a nivel europeo, lo que luego se tomaría de referencia en otras directrices por ejemplo a nivel latinoamericano, donde redes de repositorios como **LaReferencia** basan sus directrices en lo definido por Driver con el objetivo principal de la búsqueda de interoperabilidad entre los repositorios.

Luego del proyecto Driver, le sucedieron OpenAIRE y OpenAIREplus (Figura 2.9). **OpenAire** (Open Access Infraestructure for Research in Europe) (OpenAIRE, 2018) surge como sucesor de Driver, con un Proyecto financiado por el programa Marco de la EC 7 destinado a apoyar la implementación del acceso abierto en Europa. Tenía tres objetivos principales: (i) disponer de estructuras que permitan a los propios investigadores depositar sus publicaciones, y la divulgación en todos los estados europeos miembros, a través de la creación de las Oficinas Nacionales de Enlace de Acceso Abierto; (ii) implementar una infraestructura electrónica para la administración de artículo revisados por pares y otras formas de publicación como pre-impresiones o publicaciones en conferencias. Se debe contar con servicios de

búsqueda y navegación, además de herramientas de valor agregado como monitoreo a través de análisis de documentos y estadísticas de uso; (iii) trabajar con varias unidades temáticas para conocer y analizar los requisitos, prácticas, incentivos, flujos de trabajo, modelo de datos y tecnologías para depositar, acceder y manipular conjunto de datos de investigación.



Figura 2.8 Historia de las directrices a nivel europeo
Fuente: Sitio Web OpenAire. <https://www.openaire.eu/openaire-history>

En el caso de **OpenAIREplus** (2nd Generation of Open Access Infraestructure for Research in Europe) (Proyecto OpenAIREplus, 2011) tiene como principal objetivo apoyar el trabajo de los investigadores europeos mediante la creación y el correcto funcionamiento de una infraestructura de acceso abierto robusta, sostenible y participativa. Por otro lado, busca enlazar las publicaciones científicas con el conjunto de datos relacionados. Además, pretende (i) ampliar su infraestructura técnica y humana para poder albergar no solo las publicaciones científicas, sino todo el espectro de producciones científicas asegurando el acceso abierto a las mismas; (ii) incorporar los mecanismos y herramientas necesarias para dar soporte al conjunto de datos científicos; (iii) hacer que sus recursos de información científica estén disponibles para proveedores de servicios, así como para otras comunidades y sectores de la sociedad; (iv) establecer conexiones con otras infraestructuras y sistemas de contenido de investigación como D4Science, CRIS, DataCite, para permitir la recolección de sus recursos; (v) estudiar aspectos legales de las publicaciones y conjunto de datos, promoviendo modelos particulares de licencias de acceso abierto para contenido específico.

En el marco del proyecto OpenAIREplus se definen las recomendaciones “Open Aire Guidelines: For Literature repositories 3.0”, donde se busca que, al implementar estas directrices, los administradores de repositorios no sólo permitirán a los investigadores depositar sus publicaciones, sino que además estas publicaciones podrán ser incorporados en la infraestructura OpenAIRE. En esta versión también, se considera a las directrices Driver 2.0, las cuales fueron adaptadas en su totalidad para ser parte de estas directrices. Las principales incorporaciones en esta versión de las directrices son: (i) el set OpenAIRE OAI se renombra, de *ec_fundedresources* a *openaire*; (ii) se definen nuevos elementos para indicar identificadores alternativos, relaciones con otras publicaciones (*referencias*) y *relaciones* con conjuntos de datos de investigación; (iii) las recomendaciones de cómo usar los elementos DC se han heredado de las directrices Driver.

A nivel nacional surgen las Directrices para proveedores de contenidos del **Sistema Nacional de Repositorios Digitales (SNRD)**. El SNRD se crea por una resolución del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, teniendo como principal objetivo la creación de una red interoperable de repositorios digitales en ciencia y tecnología, realizando la definición de directrices comunes a todos los integrantes del sistema. Su primera versión se realiza en el año 2013, luego de la aprobación de la Ley 26.899 de Repositorios digitales institucionales de Acceso Abierto (Congreso de la Nación Argentina, 2013). La versión que actualmente se utiliza para poner en marcha repositorios y adecuar los ya implementados, fue definida en el año 2015 (Ministerio de Ciencia, Tecnología , 2015). Las principales características de estas directrices se muestran en la Figura 2.10.

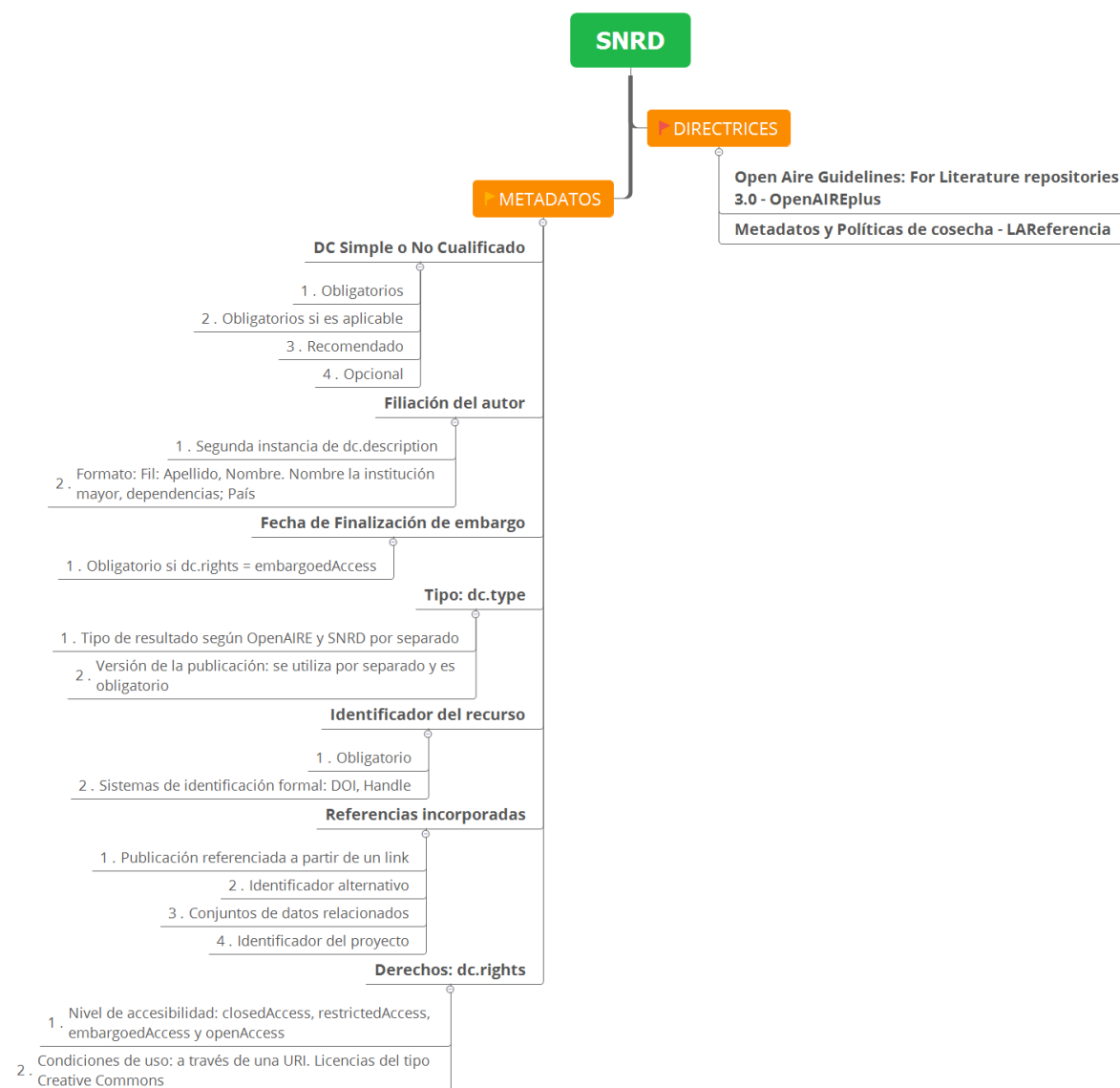


Figura 2.10 Principales definiciones de las Directrices SNRD

Esta actualización de las directrices del SNRD que incluyen lineamientos definidos por directrices internacionales y latinoamericanos tienen objetivo de promover la interoperabilidad entre los repositorios a nivel mundial.

Las directrices SNRD también tienen sus bases en la guía desarrollada por LA Referencia sobre metadatos y políticas de cosecha. Entre los objetivos que propone se encuentra facilitar la incorporación de los nodos nacionales, que estarán al tanto de los metadatos de carácter obligatorio y recomendados. Por

otro lado, también pretende actualizar las recomendaciones de calidad de los metadatos en relación con lo establecido por Driver (Tabla 2.4).

Tabla 2.4 Recomendaciones de las directrices SNRD

Metadato involucrado	Cambio/incorporación
Format	Pasa a ser <i>recomendado</i>
description, subject, language, Publisher	Pasan a ser <i>obligatorios</i>
Contributor	<i>Obligatorio</i> en caso de que se trate de una tesis
relation, coverage, audience	Se incluyen como <i>opcionales</i>
Rights	Pasa a ser <i>obligatorio</i>

Además, una de las consideraciones más importantes es que se recomienda fuertemente a los nodos nacionales la utilización de identificadores de repositorios y de institución. En cuanto al campo *dc:right* pasa a ser obligatorio, lo que permitirá a LA Referencia dejar sin cosechar aquellos OD que tengan los valores *closedAccess* y *restrictedAccess*; ya que promueve la visibilidad de toda aquella producción científica con la característica de acceso abierto (valor *openAccess*).

Como puede verificarse a lo largo de la descripción de esta sección, desde las entidades nacionales, latinoamericanas e internacionales se busca la forma de implementar redes de repositorios interoperables, minimizando la intervención humana, con la incorporación de directrices comunes, pero dejando abierta la posibilidad de incorporar condiciones que cada región, institución crea conveniente.

2.5 Interoperabilidad

El concepto de interoperabilidad ha ganado preponderancia en los últimos tiempos, constituyéndose en un reto para el funcionamiento de los sistemas de información. Existen diferentes definiciones de interoperabilidad, como las dadas por la I Cumbre Europea de Interoperabilidad en la iAdministración (I Cumbre Europea de Interoperabilidad en la iAdministración, 2006) donde se la define como “un elemento multidimensional, que integra los aspectos técnicos, semánticos, organizativos, jurídicos y culturales, exigiendo la existencia de equipos humanos especializados y multidisciplinarios dentro de las administraciones y el fomento de grupos de trabajo interadministrativos y de órganos de composición mixta pública-

privada de interoperabilidad”(Comisión Europea, 2006). Luego, puede mencionarse el concepto dado por la (IEEE, 1991) que lo determina como “la habilidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar información y utilizar la información intercambiada”.

Ahora bien, relacionando la interoperabilidad con los ROA tomamos la definición realizada por (Rodrigues, 2012), donde la describe como “la habilidad de los sistemas para comunicarse con otros intercambiando información, metadatos, y objetos digitales entre ellos con un ida y vuelta en un formato utilizable”. Es decir, que agrega a los conceptos de interoperabilidad mencionados anteriormente los elementos que componen el entorno de los repositorios, como ser: metadatos y objetos digitales (dentro de los cuales se encuentran los objetos de aprendizaje).

Volviendo específicamente a la interoperabilidad, pueden considerarse diferentes niveles de interoperabilidad, como los propuestos por (Euzenat J. , 2001), mencionados a continuación:

- Codificación: tiene como característica que es posible segmentar la información a través de la representación en caracteres.
- Léxico: representa un siguiente nivel al de codificación, donde resulta posible la representación en palabras o símbolos.
- Sintáctico: avanzando en el nivel de interoperabilidad, en este caso es factible poder estructurar la información en oraciones estructuradas o fórmulas o afirmaciones.
- Semántico: en este caso se logra la representación de la información a través del significado proposicional.
- Semiótico: en este último nivel de interoperabilidad se busca la representación del significado pragmático o su significado en su contexto.

En lo que se refiere a los ROA, según (Lisowska-Navarro & Garrido Arenas, 2014), puede considerarse los siguientes niveles de interoperabilidad:

- Infraestructura: puede implementarse a través de la utilización de protocolos, tales como ISO-OSI (Modelo de referencia de interconexión de

sistemas abierto)³ y TCP/IP (Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet)⁴ para llevar a cabo el intercambio de datos.

- Sintaxis: en este nivel se busca que los sistemas de información tengan la capacidad de leer datos de otros sistemas con iguales características, lo que permitirá obtener una representación que pueda ser compatible entre los sistemas involucrados.
- Estructura: en este nivel se considera la existencia de modelos lógicos comunes, por lo cual los sistemas de información tendrán la posibilidad de comunicarse entre sí a través de protocolos.
- Semántica: en el nivel más alto de interoperabilidad se busca la capacidad, en este caso de los repositorios, de tener un entendimiento común de los términos que se intercambiarán, incluidos los metadatos.

Por su parte, la IEEE propone una clasificación más acotada, ya que se simplemente toma la **interoperabilidad sintáctica**, definiéndola como la capacidad de dos sistemas para que puedan establecer una comunicación e intercambiar información, lo cual podrán realizar a través de protocolos de comunicación y transferencia, codificación de caracteres y formato de datos; y la **interoperabilidad semántica** que hace referencia a que el receptor cuenta con los mecanismos necesarios que le posibilitan interpretar correctamente la información recibida de manera automática, sin intervención humana. En este nivel de interoperabilidad debe considerarse los formatos de metadatos, los vocabularios controlados, ontologías y directrices de interoperabilidad.

Para lograr la interoperabilidad semántica en ROA (o en RI en general) la utilización de un estándar en particular no garantiza en sí este nivel de interoperabilidad, dado que los diferentes estándares utilizan diferentes metadatos para describir el mismo término, como así también utilizan el mismo metadato para hacer referencia a términos diferentes. A esto debe sumarse, la gran variedad de estándares de metadatos que existen y que las organizaciones encargadas de

³<https://www.iso.org/ics/35.100/x/>

⁴ <http://www.tcpipguide.com/>

implementar ROA (o RI) pueden optar entre los estándares de metadatos para implementarlos en sus repositorios. Si bien, a nivel internacional existen directrices que recomienda la utilización de un estándar de metadato en particular, de acuerdo con los objetivos que persigue la organización y el tipo de material digital que albergan en sus RI, éstas optarán por usar el que más se adecue a sus requerimientos. A nivel de interoperabilidad semántica las ontologías surgen como una solución para mediar con los problemas de heterogeneidad semántica, que permiten explicitar el conocimiento sin ambigüedad y de una forma que pueda ser procesada por las máquinas. Por ello, se necesita definir claramente la semántica de los metadatos involucrados, con el objetivo de facilitar la representación, la búsqueda y el intercambio de los OA.

Diversos autores propusieron soluciones que permiten obtener esta interoperabilidad a nivel semántico, aplicando diversas metodologías y técnicas; como se describen a continuación. En (Vian, Rocha Campos, Giuffra, & Azambuja Silveira, 2011), los autores reutilizan ontologías DC y LOM e identifican términos comunes para definir un vocabulario compartido. Luego establecen reglas de coincidencia entre ellas. Los principales componentes de este enfoque son los repositorios, un sistema multiagente (compuesto por un agente de índice y un agente de búsqueda), reglas de coincidencia, ontologías de dominio y un servicio de búsqueda mediante una interfaz; este caso en particular toma como ontología de dominio conceptos de la seguridad de la información. (Koutsomitropoulos, Alexopoulos, Solomou, & Papatheodorou, 2010) proponen una ontología basada en DC con metadatos adicionales de LOM, como versión, estado, tipo de interactividad, tipo de recurso, papel del usuario final previsto, contexto y dificultad, entre otros. La propuesta implementa también la ampliación del protocolo de recolección de OAI, en particular utilizando el software de Gestión DSpace. Los autores señalan que estas particularidades podrían aplicarse en cualquier repositorio cumpla con OAI, lo que permitiría la exportación y reutilización de metadatos educativos. En (Casali, Deco, Romano, & Tomé, 2013), los autores proponen un asistente de sistema para cargar y gestionar OA que utiliza una

ontología LOM, para lo cual desarrollaron un vocabulario común basado en LOM. La ventaja de este enfoque es su flexibilidad y adaptabilidad en caso de cambios, asistiendo a los usuarios en la carga de metadatos, actividad que requiere de mucho trabajo y conocimiento, para que puedan ser incorporados correctamente y faciliten la búsqueda de OA. En (Koutsomitropoulos, Dimitrios; Solomou, Georgia, 2018), los autores proponen una ontología que facilita la descripción y recuperación de OA. La ontología, basada en LOM, permite la interoperabilidad semántica entre repositorios. El uso de Simple Knowledge Organization System (SKOS) promueve la transformación de tesauros organizacionales y, por lo tanto, el descubrimiento de OA en ROA heterogéneos. En (Koutsomitropoulos, Dimitrios, 2019), el autor sugiere alinear metadatos de diferentes repositorios, considerando que los metadatos más representativos son el título, la descripción y las palabras clave. Estos metadatos se corresponden en un esquema ontológico, los OA se clasifican según los estándares SKOS y se guardan en un repositorio ontológico, lo que ayuda a los profesores a reutilizar los OA previamente clasificados. En (Koutsomitropoulos, Dimitrios; Andriopoulos, Andreas; Likothanassis, Spiridon, 2020) los autores sugieren realizar una consulta federada en diferentes repositorios y luego alinear los metadatos recuperados en una ontología combinada de los estándares DC y LOM. Finalmente, hay metadatos que se completan automáticamente utilizando palabras clave vinculadas a tesauros temáticos para dominios específicos. En este caso, los metadatos incrustados deben ser revisados por un curador o instructor que decide sobre la incorporación del OA abierto en el repositorio común. En (Castillo, Cervantes, Medina, & Zechinelli-Martini, 2019), los autores proponen una ontología para conceptualizar las principales características del repositorio POHUA (Repositorio de la Universidad de las Américas Puebla, México), mencionando como principales resultados: el análisis de prácticas para la creación de repositorios de AA que lo aplicaron para POHUA, pero que podría considerarse una guía para otras instituciones con el mismo contexto de esta universidad de México; este análisis resultó en una plantilla general de elementos que deben tenerse en cuenta al momento de que dos o más repositorios

interactúen. En (Justo López, López Morteo, Flores Ríos, & Castro García, 2019), los autores sugieren evaluar las instituciones según dimensiones como la técnica, sintáctica, semántica, organizacional, cultural y educativa para definir un modelo de interoperabilidad para repositorios y sistemas de gestión del aprendizaje (LMS). (Patrício, Cordeiro, & Nogueira Ramos, 2018) proponen el desarrollo de una superontología para mitigar las limitaciones identificadas entre las ontologías bibliográficas existentes y las técnicas de datos abiertos vinculados. Según los autores, hay una falta de un marco conceptual común para la diversidad de estándares, que generalmente se utilizan juntos, así como limitaciones en los lenguajes web semánticos para los requisitos de interoperabilidad de los datos bibliográficos. En conclusión, su propuesta mejora las contribuciones existentes con un modelo de interoperabilidad, donde las principales características son las reglas de asignación, lo que permite que el repositorio mantenga su vocabulario.

2.6 Ontologías

Existen diferentes conceptos de ontología, el concepto mayormente utilizado es el de (Gruber, 1993) que define a una ontología como “una especificación explícita de una conceptualización”. Esta definición se enmarca en un contexto o entorno, donde la especificación obtenida está directamente relacionada con ese contexto. A esta definición, (Borst, 1997) agrega que esa especificación obtenida a través de un modelo formal debe ser compartida por las partes involucradas en el proceso, entonces define una ontología como “una especificación formal de una conceptualización compartida”. En (Gómez-Pérez, Fernández-López, & Corcho, 2004) se concluye que las ontologías tienen como objetivo principal “capturar el conocimiento consensuado de manera genérica, y que pueden reutilizarse y compartirse entre aplicaciones de software y grupo de personas”. Para poder plasmar ese conocimiento, las ontologías tienen los siguientes elementos:

- Clases: representan los conceptos del dominio que se quiere formalizar, en general las clases se organizan en jerarquías donde se puede utilizar la relación de herencia

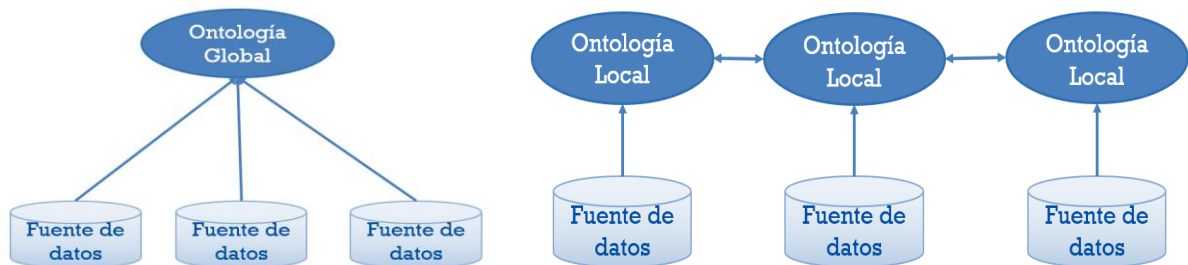
- Atributos: representan valores que caracterizan a una instancia en particular.
- Relaciones: representan asociaciones entre conceptos del dominio. Generalmente, son del tipo binaria, donde el primer argumento de la relación se denomina dominio y el segundo argumento o rango.
- Axiomas: se utiliza para representar conocimiento que no pueden ser representados por los otros componentes. Se lo utiliza para inferir nuevo conocimiento, y por otro para verificar la consistencia de la ontología.
- Instancias: se utilizan para representar elementos o individuos en una ontología

2.6.1 Soluciones ontológicas para la interoperabilidad

Existen diferentes enfoques para representar ontologías cuya finalidad es resolver la heterogeneidad de las fuentes de datos (Stuckenschmidt, Heiner, 2003):

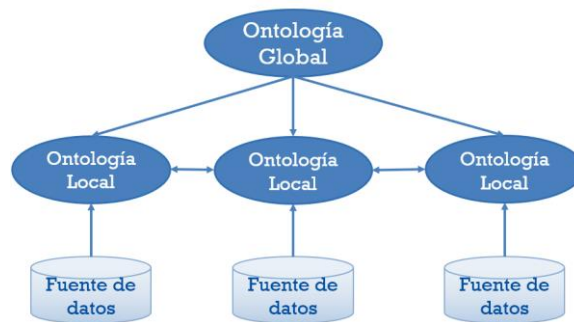
- Enfoque de ontología simple (Figura 2.11.a): se utiliza una única ontología global para la representación de los conceptos comunes. Este tipo de enfoques se emplea generalmente cuando todas las fuentes de datos que se necesitan integrar cuentan con los mismos datos. La principal ventaja de este enfoque es que resulta fácil integrar datos similares de diferentes fuentes de datos, siendo su principal desventaja, los cambios en las fuentes de información que pueden afectar a la ontología global
- Enfoque de ontologías múltiples (Figura 2.11.b): se utilizan varias ontologías, una por cada fuente de dato. En este caso, los cambios en las ontologías locales no afectan al resto, pero al no tener un vocabulario común continúa la dificultad al construir el mapeo ontológico. Este mapeo resulta cada vez más complejo al ir aumentando la cantidad de ontologías que representan las fuentes de datos.
- Enfoque híbrido (Figura 2.11.c): para este enfoque se realiza una combinación; con la utilización de una ontología global para definir un vocabulario compartido, y ontologías locales para cada una de las fuentes de datos. El vocabulario compartido contiene los términos básicos

y comunes de las fuentes de datos. Entre las ventajas de este enfoque se encuentra la posibilidad de incluir nuevas fuentes de datos de manera relativamente fácil, ya que solo es necesario agregar las reglas de mapeo, dado que los conceptos ya están definidos en el vocabulario compartido.



2.11.a Enfoque de ontología simple o global

2.11.b. Enfoque de ontologías múltiples



2.11.c. Enfoque híbrido

Figura 2.11 Enfoque para representar ontologías

La aplicación de una u otra solución dependerá de las fuentes de datos que están involucradas y cuál es el objetivo principal de la interoperabilidad que se quiere lograr. También deberá tenerse en cuenta si la posibilidad de incorporar nuevas fuentes de datos es algo habitual o estará predeterminado.

2.6.2 Metodologías para el desarrollo de ontologías

En la actualidad existe una gran cantidad de métodos y metodologías para el desarrollo de ontologías. Entre las que podemos mencionar: Methontology (Fernández-López, Gómez-Pérez, & Juristo, 1997), Método 101 (Noy & McGuinness, 2001), Metodología NeOn (Suárez-Figueroa, 2010), ANEMONE (Özacar, ÖZTÜRK, & ÜNALIR, 2011), entre otras.

La metodología Methontology se enfoca en la reutilización de ontologías existentes y la definición de ontologías modulares y escalables. Asimismo, promueve la participación de expertos del dominio con el objetivo de asegurar la calidad y la significación de la ontología en la aplicación del contexto específico para el cual fue desarrollada. Esta metodología incluye un ciclo de vida donde se proponen las siguientes actividades: de gestión como ser: control y aseguramiento de la calidad; de soporte: adquisición de conocimiento, integración, evaluación, documentación y manejo de la configuración; y de desarrollo: especificación, conceptualización, formalización, implementación y mantenimiento. Es importante mencionar que se describen claramente las actividades a realizar, pero no se identifica el orden en que deben realizarse.

Por otro lado, el Método 101 propone una guía para el desarrollo de una primera ontología. Los pasos que sugieren son: determinar dominio y alcance, considerar el reuso de ontologías existentes, enumerar términos importantes, definir clases y jerarquías, definir propiedades de clases, definir aspectos de propiedades y crear instancias.

En el caso de la Metodología Neon es utilizada para el desarrollo de redes de ontologías, proponiendo para ello 9 escenarios posibles que a su vez son flexibles y pueden combinarse entre ellos. Los escenarios propuestos por la metodología Neon son: desarrollo de redes de ontologías desde la especificación hasta la implementación, desarrollo de redes de ontologías mediante reutilización y reingeniería de recursos no ontológicos, desarrollo de redes de ontologías mediante la reutilización de recursos ontológicos, desarrollo de redes de ontologías mediante la construcción, reutilización y reingeniería de recursos ontológicos, desarrollo de redes de ontologías mediante reutilización y mezcla de recursos ontológicos, desarrollo de redes de ontologías mediante reutilización, mezcla y reingeniería de recursos ontológicos, desarrollo de redes de ontologías mediante reutilización de patrones de diseño ontológicos, desarrollo de redes de ontologías mediante reestructuración de recursos ontológicos y desarrollo de redes de ontologías mediante la localización de recursos ontológicos.

Por su lado, ANEMONE plantea la construcción de una red jerárquica de módulos ontológicos. Los módulos son los siguientes: módulo ontológico base, módulos ontológicos de dominio de mayor nivel, módulos ontológicos que definen el conocimiento específico y módulos ontológicos locales.

Como se mencionó anteriormente y se enumeró existe una gran cantidad de métodos y metodologías para el desarrollo de ontologías, sin embargo, en esta tesis teniendo en cuenta las particularidades del contexto descrito en el capítulo 1 se aborda el enfoque para el desarrollo de ontologías híbrida que se describe a continuación.

2.6.2.1 Método de construcción para un enfoque de ontología híbrida

En esta sección se describe un método para el desarrollo de ontologías especialmente con enfoque híbrido. Es decir, aquellas que cuenta con una ontología global o vocabulario compartido, y una ontología por cada fuente de dato; comunicándose entre sí a través de reglas de mapeo.

Este método de construcción para un enfoque de ontología híbrida (Buccella, Brisaboa, & Cecich, 2003) (Wang & Ye, 2009) tiene sus bases en la integración de datos utilizando ontologías. El método presenta tres etapas, a saber:

- Construcción del vocabulario compartido, esta etapa a la vez tiene 3 pasos: (i) *análisis de la información de las fuentes de datos*: que incluye un análisis completo de la información almacenada como por ejemplo qué tipo de información, el significado de la información. Este análisis servirá para considerar los problemas de heterogeneidad que puedan presentar los datos almacenados; (ii) *búsqueda de términos*, se realiza una búsqueda de aquellos términos y conceptos que deberán ser incluidos en el vocabulario compartido; y (iii) *definir la ontología global* de acuerdo a los conceptos seleccionados en el paso anterior
- Construcción de ontologías locales, en este caso incluye dos pasos: (i) *análisis de la información de las fuentes de datos*, cada fuente debe analizarse de manera independiente; (ii) *definición de la ontología local* en base al análisis realizado en el paso anterior

- *Mapeo*, aquí se definen las reglas de mapeo entre los conceptos de la ontología global y las ontologías locales. Esta etapa debe resolver problemas de heterogeneidad semántica a través de la conexión entre los términos.

Según los autores este enfoque tiene como ventaja la de poder agregar nuevas fuentes de datos sin modificación del vocabulario compartido, solo deberán agregarse los mapeos necesarios entre la nueva fuente de dato y la ontología global. Por otro lado, se menciona como desventaja el tiempo en el que se deberá incurrir para la definición del vocabulario compartido. De todas maneras, se considera que los esfuerzos puestos en esta definición compensarán en cuanto a la incorporación de nuevas fuentes de datos en caso de que se implemente otro tipo de ontología.

2.6.3 Mapeo de ontologías

El mapeo ontológico puede clasificarse en tres categorías: fusión, alineación e integración. Entendiéndose a la **fusión** de ontologías como la generación de una única ontología, a partir de dos o más existentes y diferentes, pero con el mismo dominio. La **integración** es el desarrollo de una nueva y única ontología a partir de dos o más existentes y diferente y que además son de temas diferentes. Por otro lado, la **alineación** es el proceso de establecer vínculos entre dos ontologías originales, donde como primera etapa se realiza un matching de las ontologías involucradas para establecer las correspondencias entre las mismas; y luego la alineación propiamente dicha, donde se utilizan diferentes representaciones para expresar las coincidencias obtenidas.

En (Euzenat & Shvaiko, 2013) se propone una clasificación de enfoques para mapear ontologías, que puede visualizarse en la Figura 2.12.

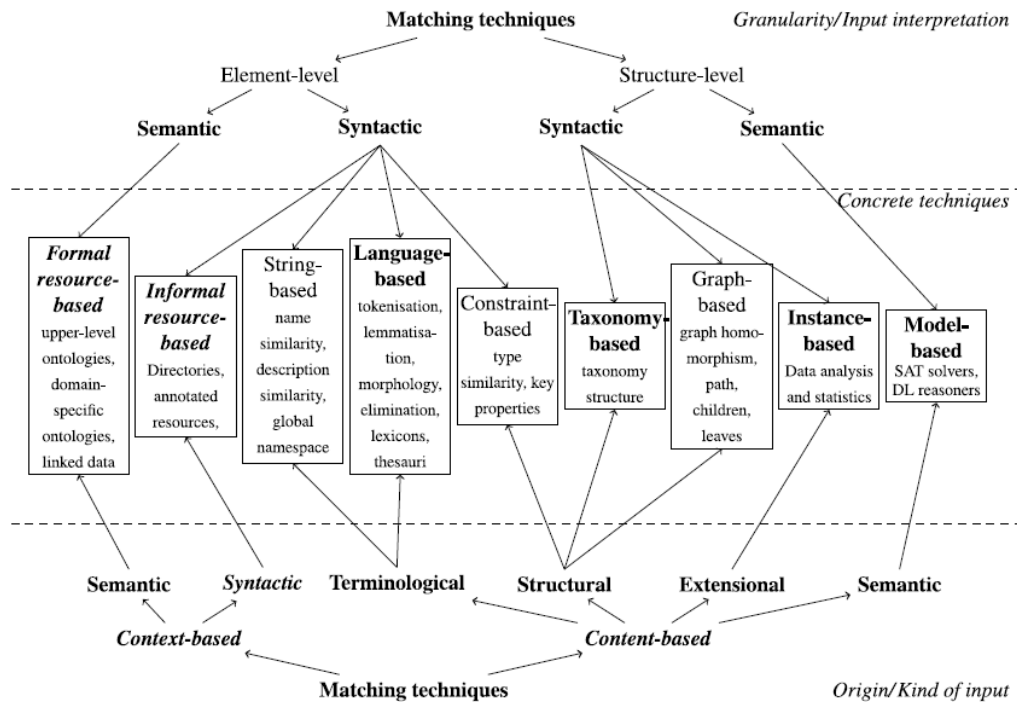


Figura 2.12 Enfoques para el mapeo de ontologías
Fuente: *OntologyMatching*. Euzenat, Shvaiko

Donde la clasificación realizada desde la parte superior (técnicas a nivel de elemento y estructura) tienen en cuenta la granularidad y la interpretación de los elementos de entrada. Mientras que la parte inferior (basado en contexto y en contenido) se basa en el origen de la información y el tipo de entrada.

En el caso de las técnicas basadas en elementos se tiene en cuenta las entidades de las ontologías o sus instancias independientemente de sus relaciones con otra entidad. En cambio, las que consideran a nivel de estructura consideran las relaciones de las entidades de la ontología y sus instancias con otras entidades e instancias.

Las técnicas concretas que se encuentran en la capa intermedia, de acuerdo con la Figura 2.12, son:

- **Basada en string:** este tipo de técnica se utiliza generalmente para buscar coincidencias entre nombres y descripciones de entidades de la ontología. Se considera que cuanto más similares son las cadenas existe mayor probabilidad de que tengan el mismo significado. En este caso se

utilizan técnicas como similitud de nombres, similitud de descripciones y espacios de nombres globales.

- Basada en lenguaje: estas técnicas consideran los nombres que están en algún lenguaje natural, se basan en técnicas de procesamiento del lenguaje natural utilizando las propiedades morfológicas de las palabras. En general se utilizan antes de técnicas basadas en string. Ejemplos específicos de estas técnicas son: léxicos, tesauros de dominio específico.
- Basada en restricciones: en este caso utilizan algoritmos que se aplican a las definiciones internas de las entidades como ser: tipos, cardinalidad de atributos y claves. Se puede utilizar similitud de tipos y propiedades claves.
- Basadas en recursos informales: considerando que las ontologías pueden estar relacionados con otros recursos como ser enciclopedias o imágenes, estas técnicas tienen en cuenta como se relacionan las entidades de la ontología con esos recursos. Por lo general, dos clases relacionadas con el mismo conjunto de imágenes podrían considerarse equivalente.
- Basadas en recursos formales: en este caso se utilizan las relaciones que tiene la ontología analizada con otros recursos formales, como puede ser otra ontología. Técnicas específicas pueden ser: ontologías de alto nivel, ontologías de dominios específicos, datos vinculados (linked data).
- Basados en grafos: esta técnica considera las ontologías de entrada (incluidos los esquemas de bases de datos y las taxonomías) como grafos etiquetados. La comparación de similitud entre un par de nodos de las ontologías está dada por la posición que ocupan cada uno de los nodos en los grafos. Se considera que, si dos nodos de dos ontologías son similares, sus vecinos también deben serlo de alguna manera.
- Basadas en taxonomías: en este caso solo se consideran las relaciones de especialización, considerándose que este tipo de relaciones conecta términos que son similares, y a la vez sus vecinos también lo son.

- Basados en modelos: compara dos modelos, y de ellos se considera que si dos entidades son iguales entonces comparten las mismas interpretaciones. Se utilizan métodos del tipo deductivo.
- Basadas en instancias: se comparan conjunto de instancias de clases para decidir si esas clases coinciden o no. Pueden utilizar un razonamiento simple de teoría de conjuntos o análisis de datos más elaborados y técnicas estadísticas.

Luego de haber realizado el mapeo entre las ontologías, donde se identifican las coincidencias, es necesario realizar lo que se denomina alineación. Para poder realizar esta alineación, en (Euzenat & Shvaiko, 2013) se presentan varios frameworks y representaciones para formalizar las alineaciones, entre las que se puede mencionar:

- Alineaciones por formato: en este caso se prefiere expresar las alineaciones en un lenguaje declarativo, este tipo de representación brinda la posibilidad de distribuir y compartir las alineaciones entre aplicaciones. Algunas herramientas de este tipo son: MAFRA (MApping FRAmework) proporciona una ontología, llamada "Semantic Bridge Ontology", la instanciación de esta ontología es un documento de mapeo de ontologías. OWL también puede considerarse un lenguaje para expresar correspondencia entre ontologías. Sin embargo, presenta algunas desventajas como: que obliga el uso del lenguaje OWL, mezcla correspondencias y alineaciones, no puede expresar las transformaciones de datos, entre otras. Una opción a OWL es C-OWL (Contextualized OWL) propuesta realizada por Bouquet para realizar el mapeo entre ontologías heterogéneas. Las nuevas construcciones que se realizan se denominan "reglas puente" y permiten la expresión de relaciones entre clases, relaciones e individuos. Utilizan 5 tipos de relaciones: más general, más específica, equivalente, disjunta y superposición, para relacionar la ontología origen con la de destino. Luego, para poder obtener una mayor expresividad a nivel de reglas surge la opción de utilizar SWRL (Semantic

Web Rule Language) que es un lenguaje de reglas para la web semántica, que extiende OWL utilizando el formato de cláusulas de Horn de primer orden. Donde estas reglas pueden entenderse como correspondencia entre ontologías, sobre todo si se las combina con RuleML, donde se define una regla con un cuerpo (ontología destino) y una cabeza (ontología origen)

- Metadatos de alineación: en este caso se utiliza información de la ontología que se describe a través de metadatos, en algunos casos podría ser a través de: (i) identificación de metadatos: alineación de ontologías, lenguaje en el cual está definida la ontología, el tipo de alineación, el contexto de aplicación, entre otros; (ii) metadatos de procedencia: algoritmo u operación que proporcionó la alineación o si se realizó manualmente, fuentes externas que pueden haberse utilizado, fecha en que se crearon las correspondencias, usuario que realizó la correspondencia, etc.; (iii) metadatos de calificación: confianza de cada correspondencia, limitaciones del uso de la alineación, argumentos a favor o en contra de una correspondencia.
- Frameworks para la alineación: algunos de los frameworks más utilizados son (i) COMA++ que proporciona un marco para combinar los resultados obtenidos y una plataforma para evaluar la efectividad de los diferentes comparadores; permite importar, almacenar y editar esquemas; (ii) GOMMA que es un framework para la correspondencia y el mapeo genérico de ontologías, se compone de tres niveles a saber: repositorio, componentes funcionales, herramientas construidas sobre los niveles anteriores como OntologyMatcher; (iii) NeOnToolkit para la gestión de ontologías cuenta con un soporte para realizar la alineación de ontologías en tiempo de ejecución y de diseño, proveyendo las siguientes funciones: recuperar alineaciones que estén disponibles en el servidor, mapeo de ontologías, representar las alineaciones en un formato en particular, carga

y almacenar las alineaciones obtenidas de manera permanente en el repositorio.

Por otro lado, y de diferentes autores en la actualidad se utilizan otras herramientas, como las que se describen a continuación:

- Silk (Silk, University of Mannheim;, s.f.) es un framework de código abierto que permite integrar fuentes de datos heterogéneas. Silk permite: generar vínculos entre elementos de datos relacionados de diferentes fuentes de datos vinculados; editores de linked data pueden utilizarlo para establecer relaciones RDF entre sus datos y datos disponibles en la Web; y también aplicar transformaciones a fuentes de datos estructuradas. En el módulo de Silk-Link Specification Language se puede definir qué tipos de enlaces RDF pueden descubrirse entre las diferentes fuentes de datos y las condiciones que deben cumplir para estar conectadas. Silk accede a las fuentes de datos a través de SPARQL. Las transformaciones de datos que permite Silk tiene el objetivo de uniformar esquemas y formato de datos que provienen de diferentes fuentes, para optimizar la interconexión. En este módulo, Silk permite crear y ejecutar reglas de transformación del tipo "lightweight". Como se mencionó anteriormente en uno de los módulos de Silk se realiza una entrada manual de especificaciones de enlaces, lo que significa que no es posible descubrir todos los enlaces de manera automática. Teniendo en cuenta lo mencionado, se considera que Silk es más una herramienta para interconectar datos que para descubrir alineaciones.

- Limes (Limes, Agile Knowledge Engineering and Semantic Web (AKSW;, s.f.) es un framework que permite descubrir enlaces entre diferentes fuentes de datos vinculadas. Por ejemplo, podría tomarse una fuente de datos novedosa y una fuente de datos existente como DBPedia. El framework de Limes consta de 8 capas, donde el proceso de matching comienza en el módulo Controlador que realiza la llamada al módulo de Configuración que permite conocer la información necesaria para la comparación de instancias, contiene además las URL de las fuentes de datos, la base de conocimiento objetivo, las restricciones sobre las instancias a mapear, la expresión métrica que se utilizará con el correspondiente

umbral. Luego, el módulo de Consulta utiliza esta información para recuperar del origen y destino instancias y propiedades que cumplen con las restricciones definidas. Luego de que las instancias son almacenadas en caché, el controlador elige entre realizar el módulo Link Discovery o Machine Learning. El objetivo principal del módulo Link Discovery es identificar los mapeos entre entidades que cumplen con las condiciones definidas. El módulo de Machine Learning llama al algoritmo de aprendizaje automático que fue incluido en el archivo de configuración para identificar una especificación de enlace adecuada para el origen y la base de conocimiento, luego ejecuta el algoritmo. Con esa salida se realiza en mapeo. Estos últimos módulos proporcionan una salida en formato XML o RDF.

- *AgreementMaker* (Cruz, Palandri Antonelli, & Stroe, AgreementMaker: Efficient Matching for Large Real-World, 2009) realiza la alineación entre dos ontologías utilizando diferentes técnicas de matching que incluyen: correspondencia de conceptos en forma individual, alineación de conceptos de acuerdo con la estructura de las ontologías y uso de datos relacionados con los conceptos de las ontologías. Como se mencionó anteriormente, AgreementMaker realiza mapeo entre pares de ontologías, donde una es identificada como fuente (desde donde se definen los mapeos) y la otra se denomina objetivo. La herramienta cuenta con 3 capas, donde: la 1° capa es un proceso automático, compara el significado de cada concepto en la primera ontología con cada concepto de la segunda ontología. La medida de similitud de los conceptos puede tomar valores de 0 a 100; la 2° capa consiste en un proceso manual y en este caso es necesario de un experto en el dominio de las ontologías para poder llevarla a cabo, pueden establecerse mapeos del tipo subconjunto, subconjunto completo, superconjunto, entre otros; la 3° capa se ejecuta un proceso semiautomático por contexto, en esta capa se consideran mapeos establecidos en mapeos anteriores; y luego para obtener resultados se establece la importancia de las capas asignando un nivel de prioridad a cada una, la cual es realizado por un experto del

dominio. Teniendo en cuenta esta prioridad los mapeos se realizan de manera automática.

Por otro lado, se consideró la posibilidad de utilizar Machine Learning teniendo en cuenta los avances recientes en el área de gráficos de conocimiento que han llevado a la aplicación de estas técnicas para la solución del matching ontológico. (Doan, Madhavan, Domingos, & Halevy, 2004) desarrollaron GLUE, un sistema que emplea técnicas de aprendizaje para crear de forma semiautomática mapeos semánticos entre ontologías. (Ichise, 2009) propone el uso de varias medidas de similitud de conceptos para un aprendizaje automático utilizando datos del mundo real. De manera similar, (Nezhadi, Shadgar, & Osareh, 2011) presentaron un método para combinar medidas de similitud de diferentes categorías sin tener instancias de ontologías o comentarios de los usuarios con respecto a la alineación de dos ontologías dadas. Más recientemente, (Laadhar, Ghazzi, Megdiche, Ravat, & Teste, 2020) proponen POMap ++ como un nuevo enfoque de aprendizaje de emparejamiento local que combina la partición de ontologías con el aprendizaje de emparejamientos de ontologías. Por otro lado, (Iyer, Agarwal, & Kumar, 2021) proponen VeeAlign, un sistema de alineación de ontologías basado en aprendizaje profundo supervisado, que calcula una representación contextualizada de conceptos en función no solo de su etiqueta, sino también de los conceptos vecinos multifacéticos que lo rodean. (Bento, Zouaq, & Gagnon, 2020) presentan una metodología para alinear ontologías automáticamente utilizando técnicas de aprendizaje automático. Específicamente, los autores utilizan redes neuronales convolucionales para realizar coincidencias de cadenas entre etiquetas de clase mediante incrustaciones de caracteres. Finalmente, (Hertling, Portisch, & Paulheim, 2020) presentan, una extensión de aprendizaje automático para Matching and Evaluation Toolkit (MELT) que facilita la aplicación del aprendizaje supervisado para la ontología y la coincidencia de instancias.

Aunque estas propuestas presentan resultados prometedores, todavía no han podido lograr resultados impresionantes en el emparejamiento de ontologías y, por lo general, se han desempeñado peor que los enfoques basados en reglas. Algunas

de las principales razones de esto son el modelado deficiente del contexto, el sobreajuste de los modelos DL estándar y la escasez de conjuntos de datos, causada por el desequilibrio de clases de los pares de alineación positivos frente a los pares negativos. Otros problemas por resolver son la integración del tamaño más grande que aún no es factible con una buena precisión de coincidencia y la automatización completa del proceso de coincidencia de ontologías.

Otra propuesta realizada por (Correndo, Salvadores, Millard, Glaser, & Shadbolt, 2010), es realizar alineaciones entre ontologías utilizando SWRL, reescribiendo las consultas ejecutadas en SPARQL. Como ejemplo se toma las ontologías: Onto1, Onto2 y Onto3, en donde se definen las siguientes reglas SWRL:

Swrl1: onto1: A(?x) → onto2: B(?x)

Swrl2: onto2: B(?x) → onto3: C(?x)

Y teniendo la consulta SPARQL Q: SELECT ?x WHERE {?x rdf : type onto3: C.}, el motor de reglas infiere la relación transitiva: onto1: A(?x) → onto3: C(?x), por lo cual la consulta realizada recupera todas las instancias de las ontologías involucradas.

En la misma línea y sobre la base de lo propuesto, (Mendes de Farias, Roxin, & Nicolle, 2016) consideran que para mejorar el tiempo y los resultados resulta apropiado dividir el conjunto general de reglas, en un conjunto de reglas activadas y otro desactivadas. El conjunto de reglas activadas son las que deberán tenerse en cuenta para recuperar los datos de las ontologías origen; y el conjunto de reglas desactivadas son aquellas que el razonador no tendrá en cuenta, ya que no son necesarias para la consulta que se quiere realizar.

En este capítulo se describió detalladamente los conceptos que se tomarán en cuenta para el desarrollo de la propuesta que aborda el problema de interoperabilidad entre repositorios, utilizando para ello una solución ontológica con un enfoque híbrido. En el siguiente capítulo se explicará el modelo propuesto desde sus inicios hasta el modelo que finalmente se propone, luego de varias iteraciones realizadas.

Capítulo 3: Modelo de Interoperabilidad para Repositorios de Objetos de Aprendizaje

En el capítulo 2 se realizó una descripción de los conceptos que se utilizarán para llevar a cabo la solución propuesta a la interoperabilidad entre sistemas de información, a nivel semántico, donde la utilización de ontologías se vislumbra como la forma de realizarlo. En particular en este capítulo se presenta un modelo de interoperabilidad semántico entre Repositorios de Objetos de Aprendizaje (ROA) a nivel de metadatos. En la sección 3.1 se describe el modelo propuesto a través de la implementación de un enfoque híbrido de ontologías, ejemplificando las acciones centrales del modelo que son la búsqueda y el depósito de OA. En la sección 3.2 se delinea el enfoque del modelo propuesto y se enumeran los diferentes estándares de metadatos tomados como referencia. En la sección 3.3 se explica DCOntoRep, una ontología para el estándar Dublin Core (DC), que se consideró como base para el desarrollo del vocabulario compartido que incluye las directrices del Sistema Nacional de Repositorios Digitales (SNRD). Por último, en la sección 3.4 se desarrolla el vocabulario compartido (VC) como parte principal del enfoque híbrido.

3.1 Modelo de Interoperabilidad Propuesto

El modelo propuesto para la interoperabilidad entre ROA, está basado en la construcción de ontologías utilizando el enfoque híbrido. Este enfoque define un vocabulario compartido (VC) u ontología global, que reúne los términos comunes a las fuentes de datos; y ontologías locales representadas por las ontologías de los estándares de metadatos que cada uno de los ROA implementa. Como se mencionó anteriormente una de las ventajas de la aplicación del enfoque híbrido es que las nuevas fuentes de datos, en este caso estándares de metadatos, pueden incorporarse con un esfuerzo razonable, siendo necesario la incorporación de las reglas de mapeo entre el VC y la nueva ontología. Es decir, no es necesario revisar los conceptos incorporados en el VC en relación con el nuevo estándar que se quiere añadir, ya que este está formado por los conceptos comunes a los estándares de metadatos y representan los términos comunes para la búsqueda y

especificación de un OA. Solo será necesario incorporar las reglas de mapeo que permiten relacionar los conceptos del VC y la nueva ontología que se agrega.

La figura 3.1 muestra el modelo de interoperabilidad propuesto compuesto por cinco capas. En la capa superior (Capa de servicios de búsqueda y depósito) se define la interfaz que se utiliza para realizar los depósitos y las búsquedas de OA, a partir de los términos del VC. Por el lado de los depósitos estarán presentes todos los conceptos incorporados en el VC para la correcta definición de un OA, como ser: título, autores, palabras claves, idioma en el que está escrito; y en cuanto a los conceptos educativos se incorporarán: tipo de OA, tipo y nivel de interacción que requiere el OA con el usuario, nivel educativo para el que fue desarrollado, contexto en el que puede ser utilizado, entre otros. Ahora bien, para las búsquedas de OA se recurrió a realizarlas desde los conceptos más comunes utilizados para este fin, como ser: título, autores, palabras claves y tipo de OA. Luego, sigue la capa que representa al VC, para el desarrollo de esta capa, se definió una ontología denominada OntoVC. En OntoVC están representados los conceptos comunes de los estándares de metadatos.

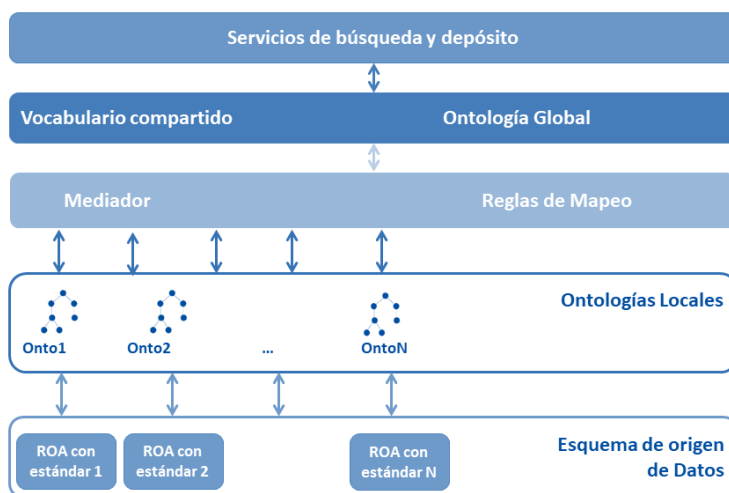


Figura 3.1: Modelo propuesto de interoperabilidad

En la capa intermedia, denominada "Mediador", se encuentran las reglas de mapeo que permiten definir las relaciones que existen entre los términos de OntoVC y las ontologías locales. En esta capa se incorporarán nuevas reglas en caso de que se decida agregar nuevos orígenes de datos (representados por nuevos

repositorios y sus ontologías). Luego, en la siguiente capa, se encuentran las ontologías locales representando los términos de los estándares implementados por los ROA. En la última capa, se encuentran los esquemas de los orígenes de datos, es decir las bases de datos de cada uno de los ROA con el estándar que implementan.

El modelo propuesto permite realizar las búsquedas de OA desde la capa superior, a través de cosechadores utilizando el VC, hacia los ROA que forman parte del modelo, utilizando para ello los metadatos más comúnmente utilizados en las búsquedas en los ROA.

Para ejemplificar, las figuras 3.2 y 3.3 presentan casos de búsqueda y depósito usando el modelo propuesto. Por un lado, el caso de la búsqueda de OA desde la capa superior del modelo presente en un repositorio cosechador hacia los repositorios con los que se encuentra relacionado. Los resultados de las búsquedas serán presentados en la interface de la capa superior, lo que permitirá acceder a cada OA que cumpla con los criterios de búsqueda ingresados.

La Figura 3.2 muestra el caso de buscar un OA especificando los descriptores del VC y transformando éstos a través de las reglas de mapeo en sus equivalentes en los estándares a los que tiene acceso el cosechador. Haciendo un paralelismo con el modelo propuesto, en la primera parte se muestra la interface al usuario para la realizar la “Búsqueda del OA”; los criterios por los cuales se puede realizar esta búsqueda son términos de OntoVC. Luego, es necesario pasar a la capa de “Mediador” donde se realiza el mapeo de los criterios de búsqueda ingresados (conceptos de OntoVC) a las diferentes ontologías (Onto1, Onto2, OntoN, etc.) correspondientes a los estándares de metadatos que implementan los repositorios.

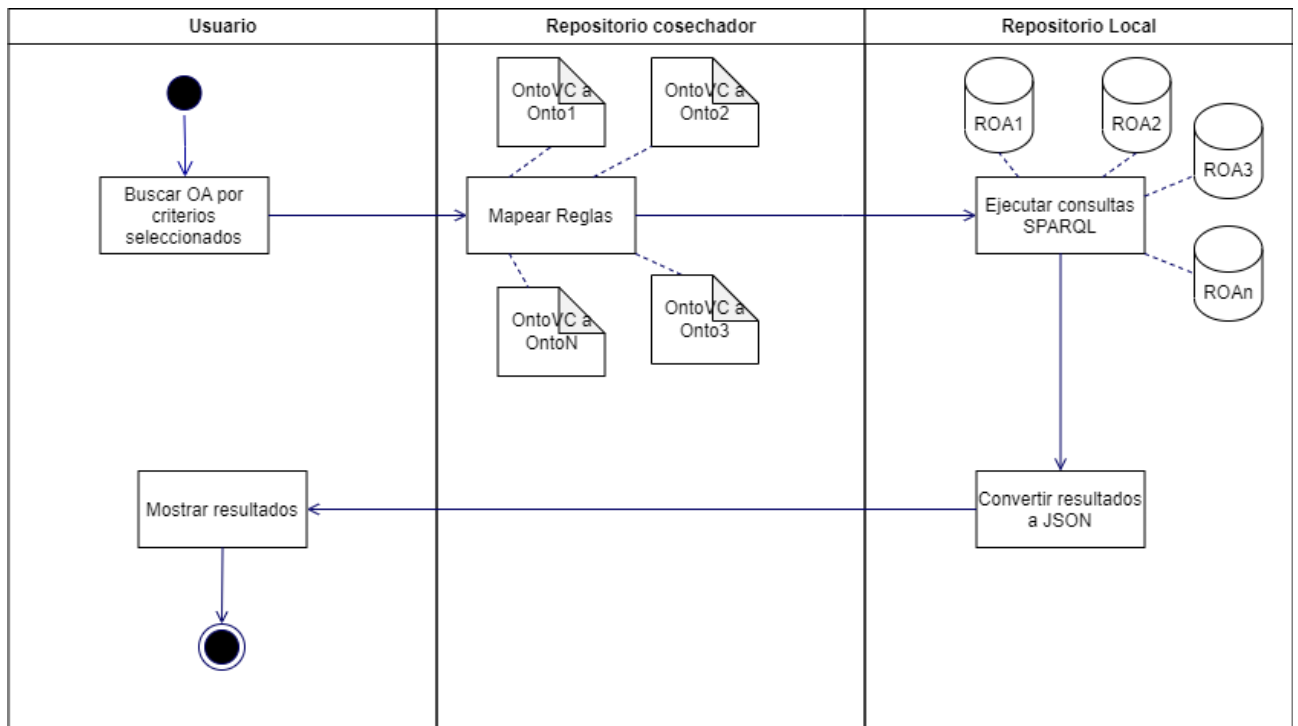


Figura 3.2 Consulta desde el VC

Por otro lado, los depósitos de los OA se deben realizar desde el VC a los ROA a partir de los términos comunes definidos en el VC (figura 3.3). En este caso, a partir de los términos definidos en el VC (OntoVC) deberán cargarse los valores de los metadatos, para luego enviar a cada repositorio los datos ingresados, que deberán ser mapeados a cada uno de los repositorios indicados. En este caso de depósito de OA, los metadatos que se deben ingresar corresponden a todos los términos comunes representados en OntoVC, incluidos aquellos que son específicamente del tipo educacional; independientemente de que en algunos estándares esté presente y en otros no; la capa “Mediador” se encargará de estas equivalencias.

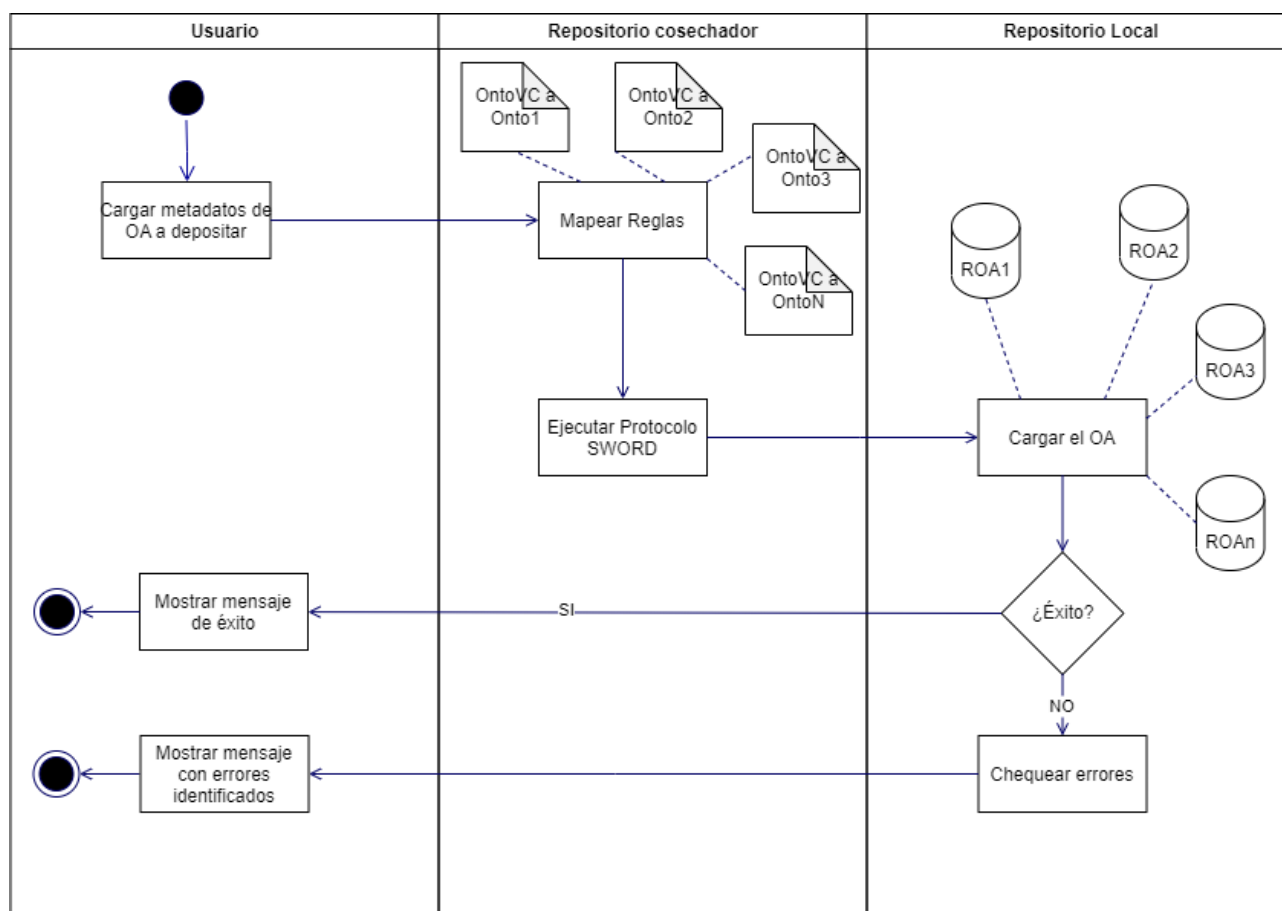


Figura 3.3: Depósito de OA desde el VC

3.2 Desarrollo del modelo

El modelo de interoperabilidad se desarrolló con un enfoque híbrido de ontología. Para poder llevar a cabo este desarrollo se siguió el método propuesto por (Buccella, Brisaboa, & Cecich, 2003) (Wang & Ye, 2009) expuesto en el capítulo 2. Se realizaron las tres etapas propuestas:

- **Definición del vocabulario compartido (VC)**, que a su vez se divide en tres pasos: el análisis de las fuentes de datos, análisis y definición de los términos comunes y por último la definición de la ontología global,
- **Definición de las ontologías locales** que incluye dos pasos: el análisis de las bases de datos y la definición de la ontología local;
- **Mapeo** entre las ontologías locales y ontología global o vocabulario compartido.

Estos pasos no se ejecutaron de manera lineal sino de forma iterativa e incremental, donde el vocabulario compartido se fue nutriendo de las ontologías

locales que se tomaron como parte del modelo de interoperabilidad. Fue así que, en una primera iteración, el vocabulario compartido propuesto, al que se llamó DCOntoRep, fue enriquecido con términos obtenidos de los diferentes estándares, dando lugar a un nuevo vocabulario llamado OntoVC. La ontología DCOntoRep, luego pasó a ser considerada una ontología local.

Para la primera etapa, "**Definición del vocabulario compartido**", se analizaron los repositorios existentes y los estándares de metadatos utilizados por ellos, que representan las fuentes de los datos. Se observó además que, para Argentina, existen recomendaciones a tener en cuenta que describen el uso y significado que debe darse a los metadatos del estándar DC. Las recomendaciones a las que se hace referencia fueron establecidas en forma de directrices, y son conocidas como las directrices SNRD (Sistema Nacional de Repositorios Digitales). Las mismas son adoptadas por los repositorios para que estos puedan ser cosechados por el sistema Nacional. En este sentido, se consideró adecuado considerarlas como fuentes de datos.

A partir de conocer los estándares de metadatos utilizados por los diferentes repositorios analizados, para la segunda etapa, "**Definición de ontologías locales**", se analizaron y seleccionaron ontologías ya existentes. Particularmente, para el caso del estándar DC, la ontología seleccionada que lo conceptualiza fue utilizada para generar una nueva ontología llamada *DCOntoRep* que incorpora todas las directrices del SNRD, la misma es descrita en la sección 3.3. Las otras ontologías tomadas en cuenta para el análisis son: ontología del estándar LOM (Learning Object Metadata) ⁵ ya que se considera importante al tratarse de una ontología que contempla los OA, contar con descriptores específicos para este tipo de objetos. Luego, se analizó también el estándar MODS (Metadata Object Description Schema) ⁶. Por otro lado, se analizó el estándar DataCite⁷, uno de los

⁵ Ontología LOM: <http://slor.sourceforge.net/ontology/lom.owl>

⁶ Ontología MODS: <http://www.loc.gov/standards/mods/mods-3-7.xsd>

⁷ Ontología DataCite: <https://schema.datacite.org/meta/kernel-4.3/metadata.xsd>

estándares de reciente desarrollo y el cual es utilizado por las directrices Open Aire⁸. Estas ontologías analizadas y seleccionadas servirán como ontologías locales para el modelo propuesto.

Luego, para realizar la tercera etapa, “**Mapeo entre las ontologías locales y el vocabulario compartido**”, se aplicó la estrategia de mapeo propuesta en (Euzenat, 2013). En particular, y teniendo en cuenta que el principal objetivo es la interoperabilidad a nivel semántico y considerando que se cuenta con las ontologías locales de los orígenes de datos (repositorios) se realiza el mapeo con la técnica basada en recursos formales.

Como se mencionó anteriormente, el vocabulario compartido tiene sus bases en la ontología DCOntoRep, que toma de referencia al estándar DC y las recomendaciones del SNRD. A continuación, se describirá el proceso de desarrollo de esta ontología.

3.3 DCOntoRep

Durante el proceso de búsqueda del modelo de interoperabilidad más adecuado para los repositorios de OA, en una primera iteración se desarrolló la ontología DCOntoRep, la cual representa los términos del estándar DC y las directrices del SNRD.

Para el desarrollo de esta ontología se utilizó la metodología Methontology (Fernández-López, Gómez-Pérez, & Juristo, 1997). La misma propone tres grandes áreas para el proceso de desarrollo de ontologías, a saber:

- **Gestión;** en donde se incluyen las actividades relacionadas a la confección del cronograma o plan; actividades de control y aseguramiento de la calidad
- **Desarrollo:** incluye actividades de pre desarrollo que abarca el estudio del ambiente y el estudio de factibilidad; la etapa de desarrollo donde se lleva a cabo las actividades de especificación, conceptualización,

⁸ https://www.rebiun.org/sites/default/files/Metadatos_datos_investigacion_20171020.pdf

formalización e implementación; y como última etapa el post desarrollo donde se realiza el mantenimiento y el uso

- **Soporte:** aquí se efectúan las actividades de adquisición del conocimiento, evaluación, integración, merging, matching, documentación y gestión de la configuración.

Como lo mencionan los autores no se especifica un orden en el cual deban realizarse las actividades. Las actividades se realizan de acuerdo a un ciclo de vida basado en prototipos evolutivos, por lo cual las actividades de desarrollo pueden realizarse en paralelo con las de gestión y soporte; y variarán en su aplicación conforme se avance en las etapas de desarrollo.

La ontología DCOntoRep tiene como objetivo **representar la semántica explícita en las etiquetas utilizadas por el estándar DC y las directrices SNRD que permita mejorar la búsqueda, reutilización y depósito de OA, en los repositorios institucionales que utilizan este estándar.**

Las directrices del SNRD se basan en el estándar DC no cualificado, donde se proponen ciertas etiquetas que mejoran la descripción de los OA, por lo que resulta de gran importancia al momento de la representación semántica que pretende darse a las etiquetas con la ontología DCOntoRep que fue implementada en el lenguaje OWL2, recomendado por la World Wide Web Consortium - W3C (Consortium, 2012).

Se plantearon posibles escenarios que permiten identificar quiénes están involucrados en la utilización del ROA y las consideraciones necesarias para el desarrollo de la ontología. Esta información pudo obtenerse desde sitios especializados como Confederation of Open Access Repositories (COAR)⁹. Es así, que los usuarios finales son asociados en dos grupos de acuerdo con el uso que le darán al ROA.

En el primer grupo se encuentran los docentes, investigadores y alumnos que realizarán el depósito de OA que ellos mismos producen o que son el resultado de sus investigaciones. En la Tabla 3.1 se describe el escenario que corresponde a la

⁹ <https://www.coar-repositories.org/news-updates/european-repositories-infographic>

operatoria que deberá realizarse para agregar un nuevo OA al repositorio. En este caso, resulta imprescindible que se instancie la ontología para que pueda validarse correctamente los valores de las etiquetas introducidas. Este escenario es de vital importancia, ya que en caso de que las etiquetas se carguen mal o con un formato inadecuado, las búsquedas no podrán realizarse de manera adecuada, o devolverán OA que no respondan a los criterios seleccionados.

Tabla 3.1: Escenario Depósito de un nuevo OA

Nombre: Depositar un nuevo OA		Nro: EM 002
Objetivo: Guiar al usuario en la correcta introducción de los valores de las etiquetas de los OA		Versión: 2
Actores: Miembros de Universidad/Institución que hacen uso de un repositorio que utiliza DC para la descripción de los metadatos		
Precondiciones: El repositorio se encuentra disponible para agregar un nuevo OA		
Evento Disparador: Docente/Alumno/investigador que solicita agregar un nuevo OA		
Postcondiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Éxito: se agrega un nuevo OA al repositorio con los valores correctos en las etiquetas que especifica el estándar DC y se encuentra listo para ser utilizada. • Fracaso: No se pudo agregar el nuevo OA. 		
Requerimientos especiales:		
Flujo Normal	Excepción	
<ol style="list-style-type: none"> 1. El actor solicita cargar un nuevo OA. 2. El repositorio solicita el tipo de OA que desea cargarse 3. El repositorio muestra las etiquetas que deben completarse de acuerdo con el tipo de OA seleccionado. 4. El actor carga las etiquetas solicitadas. 5. Se instancia la ontología para que pueda agregarse correctamente los valores de las etiquetas 6. Escenario motivador termina 	El portal del repositorio no permite cargar el OA, el sistema da un mensaje y va al paso 6 El proceso falla, pasa al paso 6	
Términos principales: etiqueta, OA, repositorio, estándar DC		

En el segundo grupo estarán docentes, alumnos y cualquier persona que requiera buscar un OA para su uso. Las búsquedas la realizarán a través de criterios de selección, tales como título, autor, temática, tipo de OA (libro, artículo, ejercicio de simulación, entre otros).

Tabla 3.2: Escenario Búsqueda de OA

Nombre: Búsqueda de OA		Nro: EM 001
Objetivo: Buscar OA descriptos a través de metadatos en DC		Versión: 1
Actores: Universidad/Institución del repositorio, alumnos, docentes, cualquier persona que busca OA con algunas características (descriptores)		
Precondiciones: El OA esté disponible El buscador del repositorio funcione correctamente		
Evento Disparador: Docente/Alumno/Persona que realiza una consulta en el repositorio		
Postcondiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Éxito: se obtiene el/los OA que responden a los criterios de búsqueda ingresados. • Fracaso: No se obtienen OA que respondan a los criterios de búsqueda ingresados. 		
Requerimientos especiales:		
Flujo Normal	Excepción	
<ol style="list-style-type: none"> 1. El actor ingresa los descriptores de búsqueda en el portal del repositorio. 2. El repositorio envía la consulta al proceso de consulta. 3. Se instancia la ontología para que pueda realizarse el proceso de consulta. 4. El repositorio muestra los resultados al actor del/los OA encontrados 5. El escenario motivador termina 	<p>El portal del repositorio no permite realizar la consulta que el actor desea, el sistema da un mensaje y va al punto 5.</p> <p>Falla el envío, el sistema da un mensaje y va al punto 5.</p> <p>Falla el proceso de consulta, el sistema da un mensaje y va al punto 5.</p>	
Términos principales: universidad, institución, alumnos, docentes, persona, OA, repositorio		

En una primera versión de DCOntoRep (Figura 3.4) se identificaron categorías de metadatos como propone DC, a saber: (i) de contenido (*Content*), los cuales aportan información general del OA tales como título, tema, palabras claves, etc.;

(ii) de propiedad intelectual (*IntellectualProperty*) que describen las condiciones en que el OA es compartido en AA y los actores involucrados en el desarrollo del OA; y (iii) de instanciación (*Instantiation*) que brindan información específica de la instancia publicada, tales como fecha de publicación, fecha de embargo (si hubiere), tipo y formato del OA entre otras características. La figura 3.4 muestra estas categorías, donde un OA (clase *LearningObject*) es descrito (relación *isDescribedBy*) a través de Metadatos (clase *Metadata*). Como subclases de *Metadata* se encuentran las categorías de metadatos definidas en DC, representados por los conceptos: *Content*, *IntellectualProperty*, *Instantiation*, definiendo una relación de herencia.

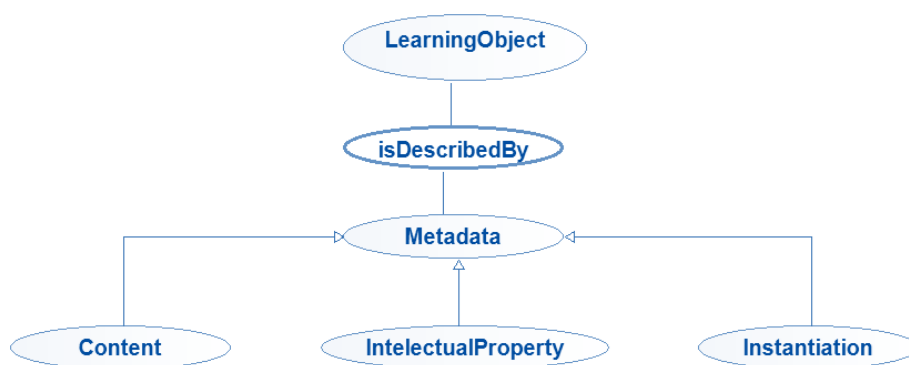


Figura 3.4: Categorías de los Metadatos DC

Para cada una de estas categorías se definen sus conceptos relacionados que representarán los metadatos definidos en DC, considerando las definiciones y significados de los términos dado por este estándar. A continuación, se describe en detalle cada uno de los conceptos de cada categoría definida. La Figura 3.5 muestra los conceptos definidos para la categoría *Content*. En esta categoría se encuentran los conceptos *Title* (título), *Subject* (temática), *Relation* (relaciones con otros OA), *Source* (fuente), *Language* (idioma), *Description* (descripción) y *Coverage* (cobertura).

El concepto *Relation* (Relación) tiene los atributos: *typeRel* donde se especifica el tipo de relación, cuyos posibles valores son: DOI, URL o URI; *uriRel* donde se especifica el valor corresponde a la dirección completa del recurso que se relaciona con el OA.

Para el concepto *Title* (título) se consideraron los atributos *originalLangTitle* para indicar el nombre del OA en su idioma original; además se considera el título en inglés por lo cual se agrega el atributo *englishTitle*. Para *Subject* se definieron los atributos *keyword* para indicar las palabras claves o frases, *classificationCode* para indicar el valor en caso de que se tomen las palabras claves de un vocabulario controlado y *descriptionSub* para cualquier otra descripción que se considere necesaria en la descripción del OA. El concepto *Source* (Fuente), solo tiene como atributo *descriptionSource* para indicar la descripción de la fuente. El concepto *Description* tiene como atributos: *abstract* donde se incluye una descripción corta de lo que se desarrolla en el OA; *tableOfContent* en caso de que corresponda agregar una tabla de contenidos y *otherDescription* en caso de que quiera agregarse alguna descripción adicional del OA. El concepto *Coverage* tiene como atributos: *DCMI Temp* que tomará valores del vocabulario controlado *Período DCMI* para indicar el período de tiempo en el cual fue desarrollado el OA; *area* donde se recomienda la utilización de la lista controlada DCMI BOX (DCMI, 2005) para indicar el área de cobertura del OA, *TGN Spacial* para especificar nombres geográficos obtenidos de la lista controlada TGN (Getty, 2017). Por último, el concepto *Language* que tiene como atributos *descLang* y *CodLang* donde se define el idioma del OA utilizando el estándar ISO 3166 (ISO, ISO - International Organization for Standardization, 2013).

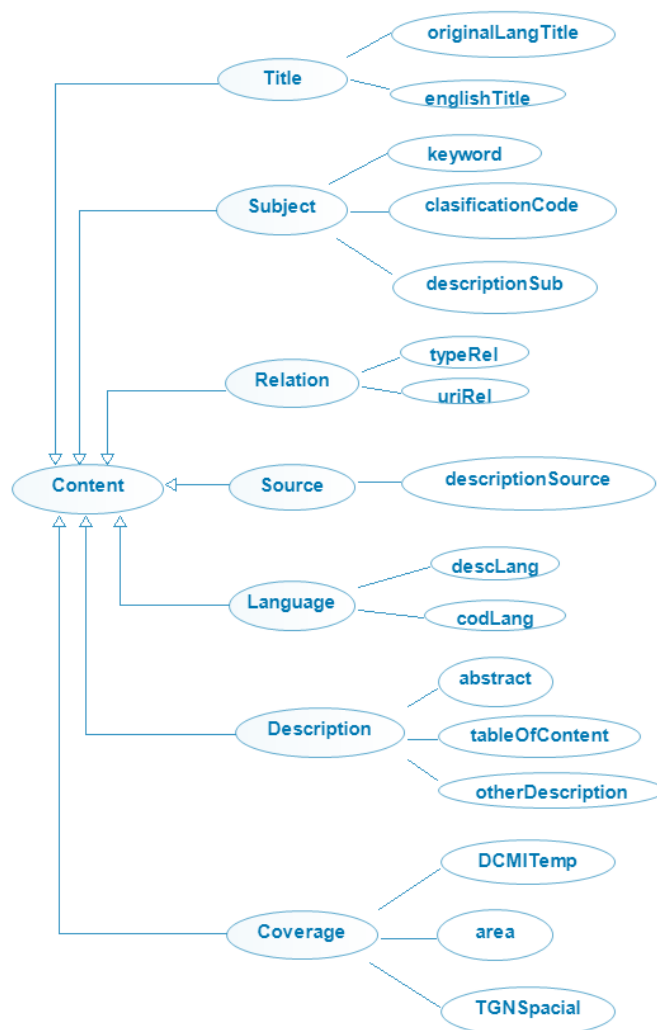


Figura 3.5: Términos definidos para la categoría Content

Para la categoría de *IntellectualProperty* (Figura 3.6) se identificaron los conceptos *Creator* (Autor), *Contributor* (Colaborador), *Publisher* (Editor) y *Right* (derechos). La clase *Contributor* como puede tratarse de una persona o institución se definieron los atributos: *typeCont*, *nameCont* y *surnameCont*, identificando el tipo de contribución (por ejemplo, director de una tesis), el nombre y apellido del mismo. En caso de ser una institución sólo se completará el nombre. El concepto *Creator* describe la persona o institución encargada de la creación del OA, tiene como atributos *nameCreator* y *surname* para definir el nombre y apellido respectivamente. El concepto *Publisher* permite contar con los datos de la empresa o institución encargada de que el OA esté disponible. Tiene como atributos *commercialName* y *namePub*, ya que puede tratarse de una institución o una

persona. El concepto *Right* cuenta con los atributos: *uriRights* para indicar la URI donde se encuentran especificado las condiciones de derechos de uso y *accessLevel* cuyos posibles valores son *ClosedAccess* (no está permitido el acceso al OA completo), *EmbargoedAccess* (se tiene acceso al resumen del OA y sus datos principales mientras finalice el período de embargo), *OpenAccess* (puede accederse y utilizarse el OA sin restricciones) y *RestrictedAccess* (puede accederse al OA con algunas restricciones).

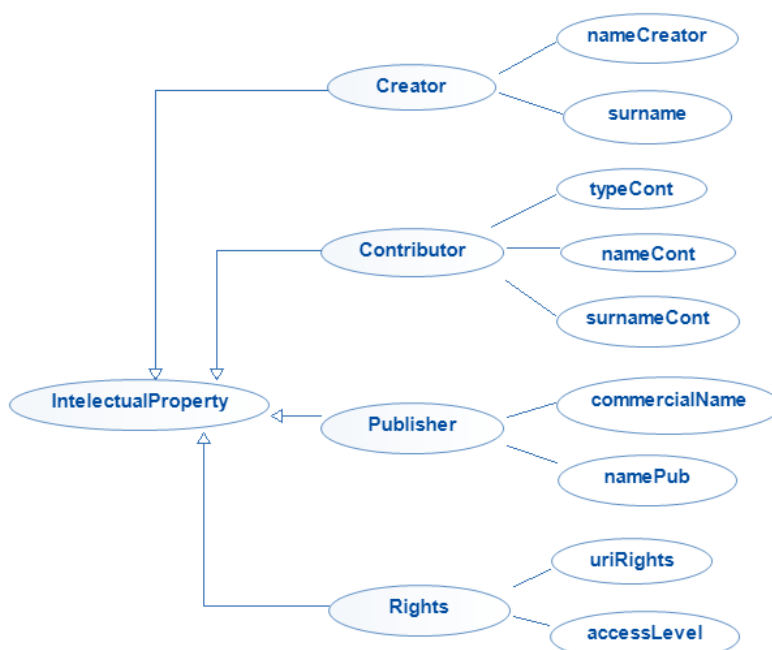


Figura 3.6: Términos definidos para la categoría IntelectualProperty

En la última categoría *Instantiation* (Figura 3.7) se definieron las clases *Type* (Tipo), *Identifier* (Identificador), *Format* (Formato) y *Date* (Fecha). *Type* tiene definidos atributos para identificar diferentes vocabularios utilizados como posibles valores de los mismos. Entonces, se define el atributo *driverType* que toma los posibles valores definidos en el vocabulario OpenAire que define los tipos de resultados científicos. El atributo *snrdType* que toma valores de acuerdo al vocabulario definido por el SNRD para tipos de publicaciones. También se incluyó el atributo *version* cuyos valores indican la versión del OA, las cuales son definidas por el SNRD: *draft* (versión inicial del OA que no ha sido evaluado por pares), *submittedVersion* (versión enviada a una revista para su evaluación y publicación), *acceptedVersion*

(versión que cuenta con las modificaciones sugeridas por evaluadores y aceptada para ser publicada), *publishedVersion* (versión publicada del OA) y *updateVersion* (versión actualizada del OA desde la publicación). En el caso de la etiqueta *Date* tiene como atributos *publication* haciendo referencia a la fecha desde la cual el OA se encuentra accesible y *defenseDate* que se utiliza en caso de que el OA sea una tesis de doctorado, maestría o de grado; y representa la fecha en que se presentó esa tesis. Para el concepto *Format* se definieron como atributos *mimeType* donde se especifican los valores de la lista registrada IANA de tipos de medios de internet, *durationDim* para incluir la duración de OA y *sizeDim* para especificar el tamaño del OA. En el caso de *Identifier* se establecieron como atributos *urild* y *doild* en ambos casos para indicar la dirección a través de la cual puede accederse al OA de manera unívoca.

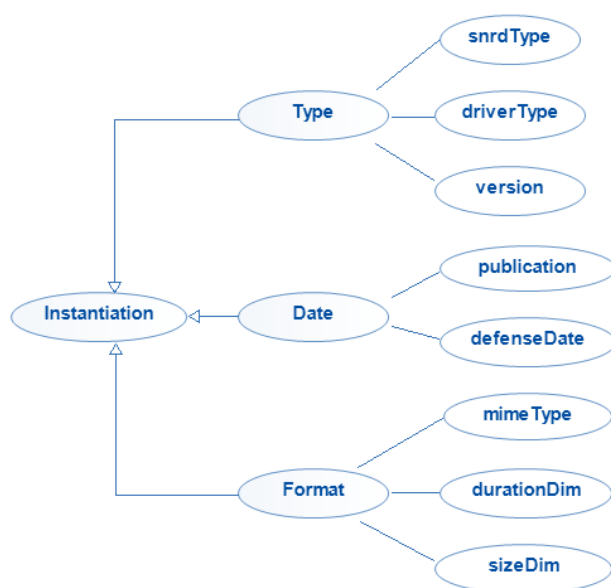


Figura 3.7: Términos definidos para la categoría Instantiation

De esta manera se han definido los conceptos bases que representan a los 15 metadatos definidos en DC, incluyendo los atributos correspondientes, teniendo en cuenta además algunas recomendaciones del SNRD. De igual forma, se identificaron detalles y actualizaciones de las directrices del SNRD que se consideran necesarios incorporar a la ontología, por lo cual se realiza el enriquecimiento de la ontología con estas consideraciones.

3.3.1 Enriquecimiento de la ontología

El principal objetivo del enriquecimiento de la ontología es el mejoramiento en la representación de las entidades de la ontología base modeladas según el dominio.

Comenzando con los metadatos de la categoría *Content* (Figura 3.8), en cuanto al título, el SNRD establece que el mismo es obligatorio y en caso de que exista subtítulo debe estar separado del título por dos puntos. Además, si la obra tiene títulos en distintos idiomas deben aparecer dos instancias del metadato, una para cada título. Para reflejar esta restricción se agregó a la ontología el concepto *SubTitle* relacionado con *Title* a través de la relación *isSubTitleOf* (relación inversa *hasSubTitle*). También se definió el concepto *Title* con cardinalidad 1.

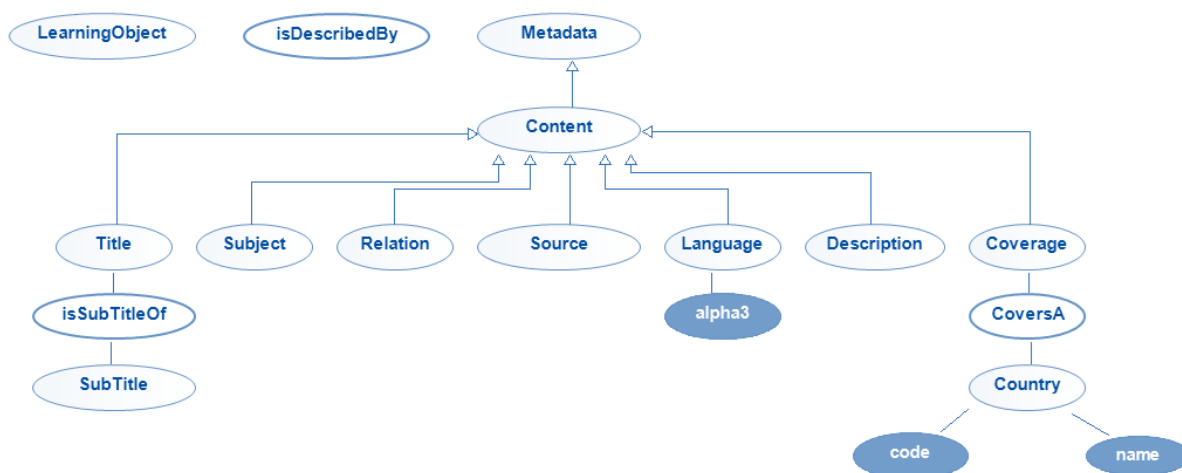


Figura 3.8: Incorporaciones en los términos Title, Language y Coverage

Con respecto a los conceptos de idioma (Language) y cobertura (Coverage), las directrices recomiendan el uso de estándares para completar los valores de los metadatos, tales como la norma ISO 639 utilizada para completar el metadato *language* y la norma ISO 3166 para el metadato *coverage*. Para reflejar esto, se importaron dos ontologías que conceptualizan dichas normas, haciendo reuso de ontologías existentes como parte del enriquecimiento (Figura 3.9). Al importar la ontología ISO639 se encuentra el concepto *Language* con dos atributos *alpha2* y *alpha3*. Por un lado, *alpha2* se utiliza para representar los códigos de dos letras para algunos idiomas especificadas en la ISO 639-1 (ISO, ISO 639-1:2002, 2002); por

otro lado, *alpha3* corresponde a los códigos de 3 letras para representar idiomas, las cuales pueden ser utilizadas tanto en la ISO 639-2 (ISO, ISO 639-2:1998, 1998) como en la ISO 639-3 (ISO, ISO 639-3:2007, 2007). La diferencia entre ambas es que en la ISO 639-2 se utiliza los 3 códigos para representar idiomas y grupos de lenguas; en cambio la ISO 639-3 amplía su codificación en cuanto a lenguas se refiere, pero no incluye los grupos de lengua. En cuanto, a las directrices SNRD recomienda el uso de la ISO 639-3 para la codificación de la etiqueta *Language* representada por el atributo *alpha3* en la ontología ISO639.

Para representar estas consideraciones se eliminó la clase *Language* de la ontología *DCOntoRep* y se la sustituye con la clase *Language* de la ontología importada *ISO639*, dejando como atributo solo *alpha3* que es la opción recomendada por las directrices SNRD.

Para el caso de la ontología *ISO3166* al importarla se incorpora la clase *Country* y los atributos *code* y *name*; además para relacionar la clase *Coverage* con la nueva clase *Country* se agrega la relación *coversA* (Figura 3.9). Según las directrices del SNRD la ISO 3166 (ISO, ISO 3166 - Country Codes, s.f.) a utilizar es la 2, que define los códigos de identificación de las principales subdivisiones (provincias o estados) de todos los países codificados en ISO 3166-1; así por ejemplo la Provincia del Chaco en Argentina, estaría codificado como AR-H.

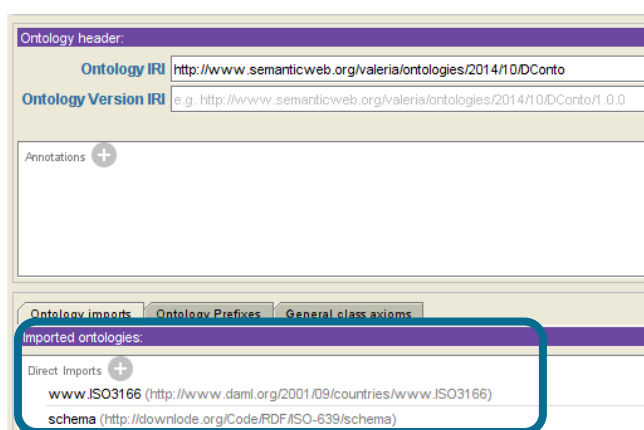


Figura 3.9: Vista Protege de las ontologías importadas

También, se realizaron modificaciones a metadatos que involucran tanto a la categoría *Content* como *IntelectualProperty*. Donde según las directrices del SNRD

en la etiqueta *Description* (que pertenece a la categoría *IntelectualProperty*) debería incluirse la afiliación del/los autor/es del OA. En este sentido, se considera clarificador separar este detalle de la afiliación del metadato *description*; creando una clase *Affiliation* que se relaciona con *Creator* a través de la relación *hasAsAMember*. La clase creada consta de dos atributos *institution* y *department*. (Figura 3.10).

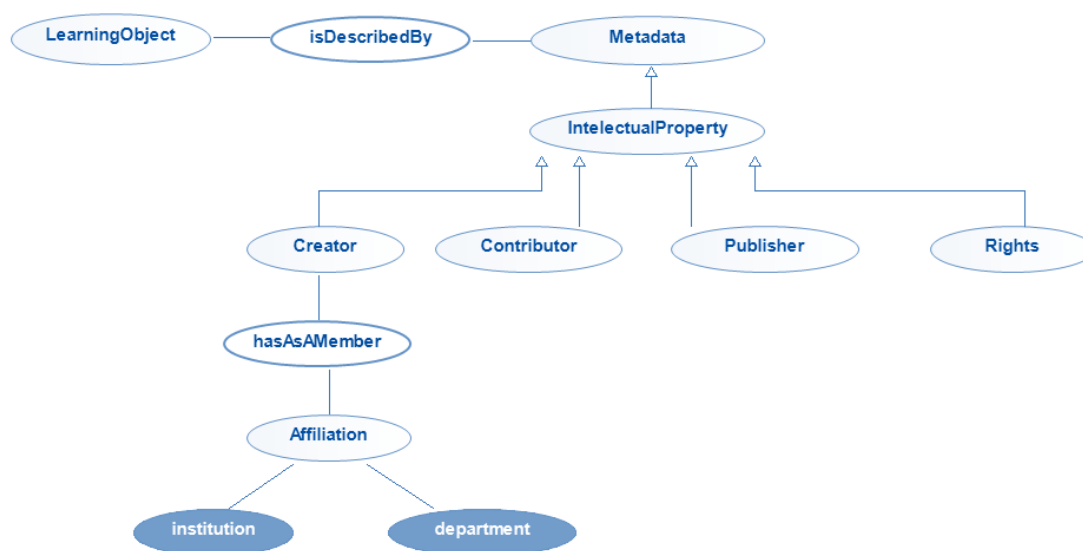


Figura 3.10: Incorporación de la clase *Affiliation*

3.3.2 Definición de reglas de integración y derivación

Para completar *DCOntoRep* resulta necesario incorporar reglas lógicas que permitan clarificar ciertas restricciones que no han podido ser expresadas a través de la incorporación de clases, atributos y relaciones, y que deben formar parte del conocimiento de la ontología. Para su definición se utilizó el lenguaje Semantic Web Rule Language (SWRL).

Para la etiqueta *Type*, se identificó que la misma podía tomar valores que dependen de si se utiliza las definiciones dadas por Drive o por SNRD. Entonces se definen reglas que permiten asociar los valores equivalentes entre ambos. Así por ejemplo si en *Driver* el tipo elegido es *Article* su equivalente en SNRD será *Articulo* como se muestra en la regla 1. Las siguientes reglas (2 y 3) establecen la equivalencia entre *Book* y *Libro*, y entre *Patent* y *Modelo Industrial* respectivamente.

$$\text{LearningObject(?lo)} \wedge \text{Type(?t)} \wedge \text{isDescribedBy(?lo, ?t)} \wedge \text{driverType(?t, "Article")} \rightarrow \text{snrdType(?t, "Artículo")} \quad (1)$$

$$\text{LearningObject(?lo)} \wedge \text{Type(?t)} \wedge \text{isDescribedBy(?lo, ?t)} \wedge \text{driverType(?t, "Book")} \rightarrow \text{snrdType(?t, "Libro")} \quad (2)$$

$$\text{LearningObject(?lo)} \wedge \text{Type(?t)} \wedge \text{isDescribedBy(?lo, ?t)} \wedge \text{driverType(?t, "Patent")} \rightarrow \text{snrdType(?t, "Modelo Industrial")} \quad (3)$$

Según las directrices SNRD, si un OA es del tipo *doctoralThesis*, *masterThesis* o *bachelorThesis* para el atributo *driverType*; es obligatorio incluir al menos un colaborador, definido como director de la tesis. En (4) se muestra la obligatoriedad de lo definido, mostrándose el caso para *DoctoralThesis*:

$$\text{LearningObject(?lo)} \wedge \text{Type(?t)} \wedge \text{isDescribedBy(?lo, ?t)} \wedge (\text{Type.driverType(?t, "DoctoralThesis")} \wedge \text{Contributor(?c, "Director")}) \rightarrow \text{isDescribedBy(?lo, ?c)} \quad (4)$$

Siguiendo con el ejemplo, tratándose de una tesis deberá tener también una fecha de defensa de dicha tesis, por lo cual deberá agregarse la regla (5):

$$\text{LearningObject(?lo)} \wedge \text{Type(?t)} \wedge \text{isDescribedBy(?lo, ?t)} \wedge ((\text{Type.driverType(?t, "DoctoralThesis")} \wedge \text{Date.defenseDate(?d)}) \rightarrow \text{isDescribedBy(?lo, ?d)}) \quad (5)$$

Al igual que en la regla anterior deberían incluirse otras reglas para el caso de que se trate de una tesis de maestría o de grado (Anexo 2 – 2.8).

Así también, si un OA tiene, por ejemplo, asociado el valor *Article* que define su tipo en *Driver* y como versión el valor *PublishedVersion*, deberá tener una fecha de publicación (6)

$$\text{LearningObject(?lo)} \wedge \text{Type(?d)} \wedge \text{isDescribedBy(?lo, ?t)} \wedge \text{Type.driverType(?d, "Article")} \wedge \text{Type.Version(?v, "PublishedVersion")} \rightarrow \text{Date.Publication(?dp)} \wedge \text{isDescribedBy(?lo, ?dp)} \quad (6)$$

3.3.3 Evaluación

En una primera verificación se realizó la evaluación de la ontología enriquecida a través de la herramienta online "Oops Ontology Pitfall Scanner 10". Esta herramienta permite la detección semiautomática de malas prácticas proporcionando una lista de revisiones a realizar con las correspondientes referencias. En la figura 3.11 se muestra el resultado obtenido al pasar la ontología DCOntoRep enriquecida por Oops.

¹⁰ <http://oops.linkeddata.es/>

Evaluation results

It is obvious that not all the pitfalls are equally important; their impact in the ontology will depend on multiple factors. For this reason, each pitfall has an importance level attached indicating how important it is. We have identified three levels:

- **Critical** 🚫 : It is crucial to correct the pitfall. Otherwise, it could affect the ontology consistency, reasoning, applicability, etc.
- **Important** ⚠️ : Though not critical for ontology function, it is important to correct this type of pitfall.
- **Minor** 🟡 : It is not really a problem, but by correcting it we will make the ontology nicer.

[Expand All] | [Collapse All]

Results for P08: Missing annotations.	91 cases Minor 🟡
Results for P10: Missing disjointness.	ontology* Important ⚠️
<p>The ontology lacks disjoint axioms between classes or between properties that should be defined as disjoint. This pitfall is related with the guidelines provided in [6], [2] and [7].</p> <p>*This pitfall applies to the ontology in general instead of specific elements.</p>	
Results for P13: Inverse relationships not explicitly declared.	2 cases Minor 🟡
Results for P22: Using different naming conventions in the ontology.	ontology* Minor 🟡
Results for P41: No license declared.	ontology* Important ⚠️
<p>The ontology metadata omits information about the license that applies to the ontology.</p> <p>*This pitfall applies to the ontology in general instead of specific elements.</p>	

Figura 3.11: Resultado de la evaluación DCOntoRep con Oops

En los resultados puede identificarse dos casos marcados como importantes:

- **Missing disjointness:** no se consideró necesario hacer específicas las disyunciones que se marcan en la evaluación, ya que por el tipo de relación que se indica no podrían ser clases similares.
- **No license declared:** no se incluyó específicamente bajo qué licencia se podría utilizar la ontología propuesta. Esta es una evaluación de toda la ontología y no de un elemento específico de la misma.

Las otras consideraciones son calificadas como menores, no constituyen un error, pero sugieren completar para obtener una ontología completa.

Los casos marcados como importantes fueron completados en la definición de la ontología en la iteración posterior para la definición del Vocabulario Compartido (OntoVC), que en la sección siguiente se describe. En el caso de los marcados como menores no se consideró necesario realizar las modificaciones propuestas.

3.4 Vocabulario Compartido – Ontología OntoVC

En la definición de este vocabulario fue necesario tomar decisiones sobre aquellos términos que se consideran más importantes y que debían formar parte del mismo, de manera que permita lograr una completa descripción de un OA. Sin

embargo, desde nuestro punto de vista, el mayor desafío fue mantener la cantidad de términos en el mínimo indispensable, dado que a mayor cantidad de términos a completar es menor la probabilidad de que los mismos sean completados para cada OA que se deposite en un ROA. Por lo tanto, la definición de este vocabulario implicó una solución de compromiso entre la completa descripción de las características del OA y el esfuerzo necesario de completado de los mismos.

De las fuentes de datos analizadas, sin dudas DC es el estándar más utilizado por los repositorios, sumado a las directrices del SNRD que describen la manera en que es necesario interpretar estos metadatos. Por lo tanto, para definir el vocabulario compartido, no se partió de cero, sino que se tomó la ontología DCOntoRep descrita en la sección 3.3 para completarla con los términos faltantes. Esta ontología describe los metadatos más generales que pueden usarse para definir cualquier recurso digital. Sin embargo, el objetivo principal del modelo propuesto es contar con una descripción adecuada para los OA, por lo cual resulta necesario incorporar otros metadatos más específicos.

Los distintos estándares de metadatos considerados como fuentes de datos, representan de diferentes formas los mismos conceptos. Así por ejemplo el autor de un OA, en DC es representado con el elemento *Creator*, mientras que en LOM se usa una estructura de etiquetas. Para este caso particular del autor, es necesario identificar que la estructura *Life-cycle/Contributor/Role* tome el valor *author* y la etiqueta *Life-cycle/Contributor/Entity* tome el valor del *apellido y nombre del autor*. En estos casos, la decisión tomada es mantener el concepto como está representado en DC. Por lo tanto, el concepto que represente al autor en el vocabulario compartido será *Creator*. Por otro lado, también se han encontrado conceptos en un estándar que no están en otros estándares. En este caso, se tomó la decisión de incorporarlo al vocabulario compartido si la relevancia de la información que proporciona para el OA descrito es alta. Un ejemplo de esto es el metadato *IntendedEndUserRole* definido en LOM, que es utilizado para caracterizar al principal destinatario del OA, pudiendo tomar los siguientes valores: *teacher, author, learner y manager*. También se identificó en MODS la existencia

de la etiqueta *target-audience* que tiene el mismo significado que *IntendedEndUserRole* de LOM. Sin embargo, en DC no se encontró alguna etiqueta para representar este concepto¹¹. Por lo tanto, se consideró importante agregar un concepto en la ontología del VC que lo represente y se eligió el nombre *Role* que es similar al que se define en LOM. El anexo 1 muestra las tablas utilizadas para realizar el análisis de los distintos metadatos propuestos por los estándares, sus interpretaciones y usos que fueron vitales para la conformación del VC.

A continuación, se describen los cambios que se consideran relevantes realizados de DCOntoRep a OntoVC.

En la figura 3.12 se muestran los siguientes cambios: en DCOntoRep la etiqueta *Description* contaba con atributos tales como: *abstract*, *tableOfContent* y *otherDescription*, para definir el resumen, la tabla de contenido y otras descripciones con las que pudiera contar el OA. Al realizar la revisión de la ontología y un análisis en mayor profundidad se considera pertinente la incorporación de *Abstract* y *TableOfcontent* como subclases de la clase *Description*. Lo que permitirá una mejor definición y claridad al momento de establecer por ejemplo restricciones de cardinalidad. Esta misma consideración se sigue al crear *Keyword* como subclase de *Subject*. Donde la definición del tópico del OA quedará en el atributo *description* de la clase *Subject*, pero las palabras claves específicas del OA podrán definirse a través de instancias de *Keyword*. El mismo razonamiento se realizó para la clase *Coverage* se agregan como subclases: *country*, *area*, *geographicalName* y *DCMIPeriod*, de esta manera queda claro qué datos son necesarios completar en cada caso y qué tipo de vocabulario controlado utilizar. El análisis pormenorizado puede consultarse en el Anexo 1.1.

¹¹ Si se encuentra en las nuevas versiones de DC cualificado. Se tomó DC no cualificado dado que es el utilizado por el SNRD.

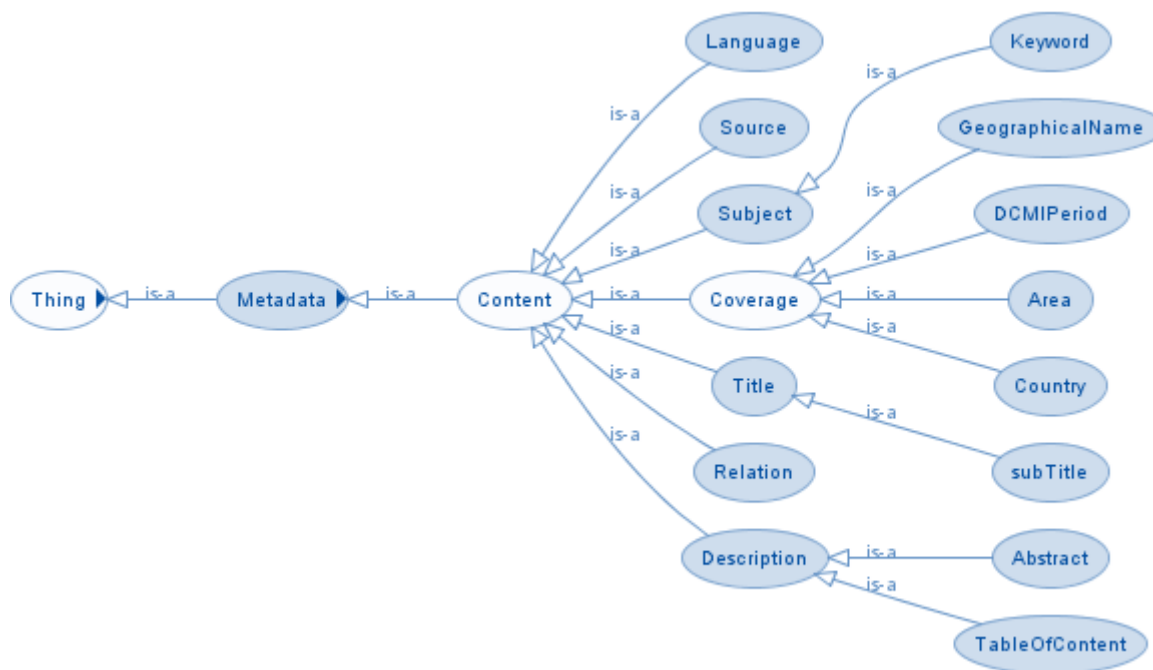


Figura 3.12: Cambios realizados en la categoría Content – Vista de OWL Viz

En el caso de los metadatos correspondientes a la categoría *IntelectualProperty* (Figura 3.13) tiene como subclases: *Agent*, *Publisher* y *Rights*, que representa respectivamente a los diferentes agentes que pueden estar involucrados, el editor y los derechos correspondiente a la obra. A diferencia de lo incorporado en DCOntoRep se incluyeron como subclases a *Creator* y *Contributor* identificando al autor (o autores) del OA y los colaboradores que de alguna manera contribuyeron a la obra, como podría ser el caso de un director de una tesis de postgrado, dejando como clase relacionada con *IntelectualProperty* a la clase *Agent*. El análisis realizado para este metadato se desarrolla en el Anexo 1.2.

Por otra parte, el metadato que identifica los derechos de autor, tanto en DC, LOM y DataCite se utiliza la etiqueta *right* con algunas opciones de tipos de acceso, como ser: *restrictedAccess*, *embargoedAccess* y *openAccess* que representan a acceso restringido, acceso con embargo y acceso libre respectivamente. Estos tipos fueron considerados en la ontología OntoVC como instancias del concepto *Right* identificando los valores que el mismo puede tomar. También se utiliza una etiqueta para indicar la URI con la descripción del tipo de licencia que se utiliza, en este caso lo más utilizado por la mayoría de los estándares es Creative Commons.

Teniendo en cuenta esto, se decide crear las clases *Rights* (como subclase de *IntellectualProperty*) y *URILicence*, relacionadas a través de la relación *isUriLicense*.

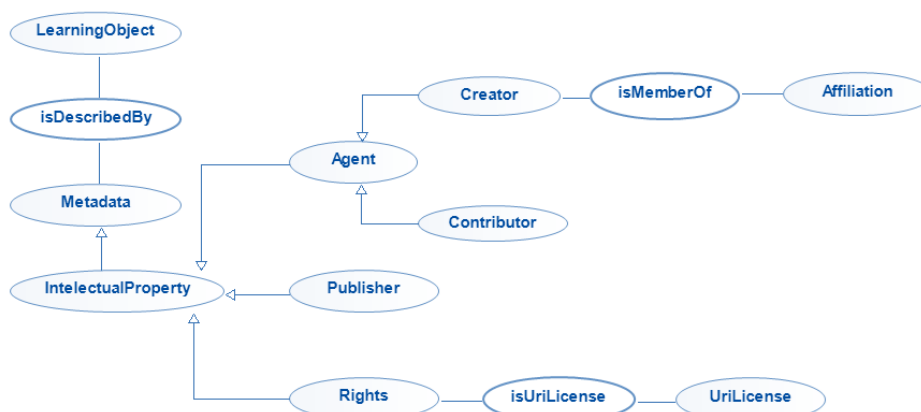


Figura 3.13: Cambios realizados en la categoría *IntellectualProperty*

Por último, se analiza los metadatos correspondientes a la categoría *Instantiation*. También en el Anexo 1.3 se describe el análisis relacionado con las subclases: *Date*, *Identifier* y *Format*; los cuales representan la fecha asociada a un evento dentro del ciclo de vida del OA, el identificador que corresponde a una identificación unívoca del OA y el formato que define la forma física o digital del OA.

En esta categoría merece especial atención la etiqueta *Type* (Figura 3.14). Para esta clase se define una especialización en aquellas etiquetas que definen un OA en general con la creación de la subclase *General*; y aquellas que permiten describir un OA en particular para la cual se incorporan la subclase *Educational*. Teniendo en cuenta lo definido en DCOntoRep se mantienen las clases *Driver*, *Snrd* y *Version*, pero se las incluye como subclases de la clase *General*.

Al realizar el análisis y comparación de las etiquetas relacionados con la parte educativa se decide incorporar como subclases de *Educational* a: *InteractivityLevel*, *InteractivityType*, *Difficulty*, *Role*, *AgeRange* y *Context*. La incorporación de estos conceptos describe con mayor especificidad el OA permitiendo obtener resultados de búsquedas acordes a los OA buscados. Como ejemplo de subclase incorporado, además de la mencionado anteriormente *Role*, se incorpora *InteractivityLevel* e *InteractivityType* que están directamente relacionadas a la relación del OA y el destinatario. Por un lado, *InteractivityLevel*

que representa el grado de interacción entre el alumno y el OA, el nivel en que las acciones del alumno pueden influir en el comportamiento del OA. Por otro lado, *InteractivityType* que define el modo en que se pretende que el alumno aprenda a través del OA; es decir a través de una mayor participación del alumno o simplemente mostrando contenido que debe ser incorporado. Una descripción más específica y los valores que pueden tomar se definen en el anexo 1.4.

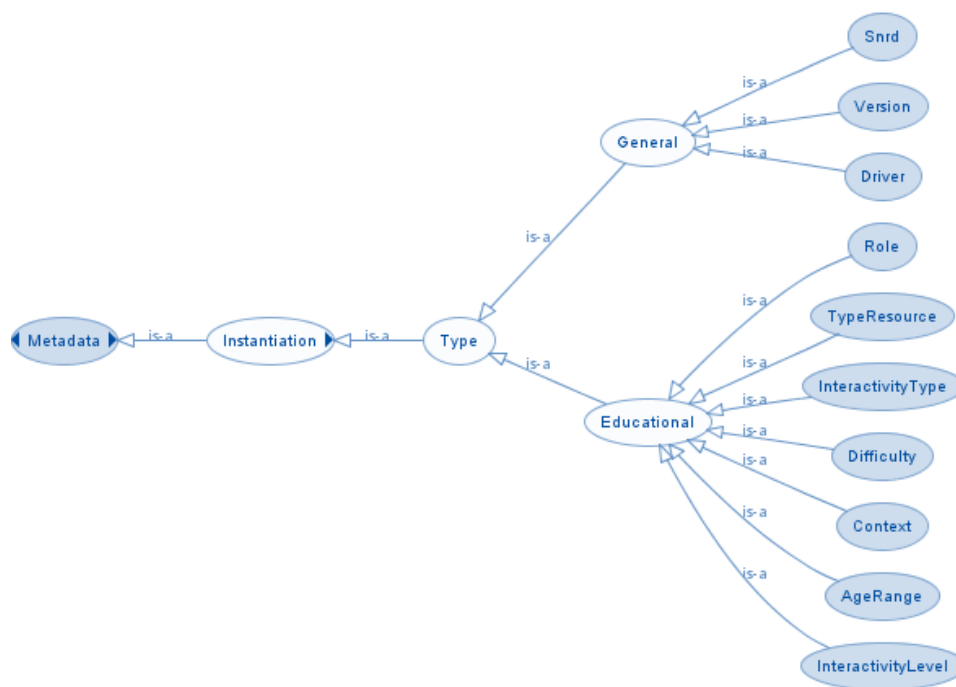


Figura 3.14: Vista en OWL Viz de la clase Type

3.4.1 Definición de reglas de integración y derivación

Si bien en DCOntoRep, descrita en la sección 3.3, se definieron reglas de integración y derivación resulta necesario ajustar las mismas de acuerdo a las incorporaciones y cambios realizados en el desarrollo de OntoVC.

Para la etiqueta *Type*, se identificó que la misma podía tomar valores que dependan de si se utilizan las definiciones dadas por *Driver* o por SNRD. Entonces se definen reglas que permiten asociar los valores equivalentes entre ambos. Así por ejemplo si en SNRD el tipo elegido es “Artículo” su equivalente en *Driver* será “Article” (ver regla 7). Las reglas (7) a (8) muestran algunas equivalencias, debiéndose realizar una por cada tipo SNRD que se pueden encontrar en el Anexo 2.1.

$$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Articulo") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(?d, \quad (7)$$

$$"Article") \rightarrow hasDriverType(?lo,d)$$

$$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Libro") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(?d, "Book") \rightarrow \quad (8)$$

$$hasDriverType(?lo,?d)$$

Siguiendo con los tipos *Driver* y *Snrd* los mismos tienen asociados valores de la versión del OA; los posibles valores para la etiqueta *Version* son: *Accepted*, *Published*, *Update*, *Draft* y *Submitted*. Es así que en el caso de un OA que tiene como valor de *Driver* = *Article* entonces los posibles valores de *Version* son: *Accepted*, *Published*, *Update*; como se muestra de las reglas (9) a la (11).

$$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Article") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, \quad (9)$$

$$"Accepted") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$$

$$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Article") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, \quad (10)$$

$$"Published") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$$

$$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Article") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, \quad (11)$$

$$"Update") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$$

Ahora bien, si el valor de *Driver* = *WorkingPaper* entonces la etiqueta *Version* solo podrá tener el valor *Draft* (regla 12).

$$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "WorkingPaper") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version \quad (12)$$

$$(?v, "Draft") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$$

En este mismo sentido, si el valor de *Driver* es *Report*, entonces el único posible valor que puede tomar *Version* es *Draft* (regla 13).

$$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Report") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, \quad (13)$$

$$"Draft") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$$

Las demás reglas que relacionan los valores de *Driver* están desarrolladas en el Anexo 2.2.

Por otro lado, es necesario clarificar las relaciones que existen en la clase *Type*, con los valores de *Driver* y *Snrd*, y los metadatos del tipo educacionales como ser: *TypeResource*, *InteractivityLevel* y *InteractivityType*. Así, por ejemplo, un OA es del tipo "Articulo" según la clasificación *Snrd* y "Article" para *Driver*, debe tomar los siguientes valores: para *InteractivityType* = *Expositive* y para *TypeResource* = *Lecture*, indicando el tipo de interacción y el tipo de recurso educativo

respectivamente. Estas equivalencias se muestran en las reglas (14) y (15). Las demás reglas se describen en el Anexo 2.3.

$$\text{LearningObject(?lo) } \wedge \text{ Driver (?d, "Article")} \wedge \text{ hasDriverType(?lo,?d) } \wedge \text{ Snrd (?s, "Artículo")} \wedge \text{ hasSnrdType (?lo,?s)} \wedge \text{ InteractivityType(?t,"Expositive")} \rightarrow \text{ hasInteractivityType(?lo, ?t)} \quad (14)$$

$$\text{LearningObject(?lo) } \wedge \text{ Driver (?d, "Article")} \wedge \text{ hasDriverType (?lo,?d) } \wedge \text{ Snrd (?s, "Artículo")} \wedge \text{ hasSnrdType (?lo,?s)} \wedge \text{ TypeResource(?t, "NarrativeText")} \rightarrow \text{ hasTypeResource(?lo, ?t)} \quad (15)$$

Teniendo en cuenta las reglas antes realizadas, un OA puede tener diferentes niveles de interactividad, los valores que puede tomar son; *very high*, *high*, *medium*, *low* y *very low*. Siguiendo el ejemplo anterior un OA del tipo de interactividad "Expositive" y tipo de recurso "Lecture", toma como valor de *InteractivityLevel* = "Low" (16). Las otras reglas relacionadas con estas etiquetas se desarrollan en el Anexo 2.4.

$$\text{LearnigObject(?lo) } \wedge \text{ InteractivityType(?i, "Expositive")} \wedge \text{ hasInteractivityType(?lo,?i) } \wedge \text{ TypeResource(?r, "Lecture")} \wedge \text{ hasTypeResource(?lo,?r)} \wedge \text{ InteractivityLevel(l, "Low")} \rightarrow \text{ hasInteractivityLevel(?lo, ?l)} \quad (16)$$

En el caso de los metadatos que relacionan la edad típica hacia la cual está dirigida el OA y el contexto del mismo, podemos una regla como la siguiente (17):

$$\text{LearnigObject(?lo) } \wedge \text{ Context(?c, "School")} \wedge \text{ hasContext(?lo,?c) } \wedge \text{ AgeRange(?a, "3-5")} \rightarrow \text{ hasAgeRange(?lo,?a)} \quad (17)$$

Ahora bien, si el contexto es "Higher Educational" la edad típica cambiaría como sigue (18):

$$\text{LearnigObject(?lo) } \wedge \text{ Context(?c, "Higher Education")} \wedge \text{ hasContext(?lo,?c) } \wedge \text{ AgeRange(?a, "18 up")} \rightarrow \text{ hasAgeRange(?lo,?a)} \quad (18)$$

Otras reglas que relacionan estos dos conceptos, *Context* y *Age Range* se describen detalladamente en el Anexo 2.5.

La regla (19) muestra un ejemplo donde el OA es del tipo tesis, toma los valores de *Driver*: *Doctoral Thesis* y *Snrd*: *Tesis Doctoral*, para este OA debe existir un

colaborador con el rol de director. Otras reglas de este mismo tipo se definen en el Anexo 2.6

$$\text{LearningObject(?lo)} \wedge \text{Driver (?d, "Doctoral Thesis")} \wedge \text{hasDriverType(?lo,?d)} \wedge \text{Snrd (?s, "Tesis Doctoral")} \wedge \text{hasSnrdType (?lo,?s)} \wedge \text{Contributor(?t,"Director")} \rightarrow \text{hasContributor(?lo,?t)} \quad (19)$$

Al mismo tiempo, esos mismos OA que son del tipo tesis deben contar con una fecha de defensa, lo cual se muestra en la regla (20) para el caso de una tesis de Doctorado, otras reglas para tipo de tesis se desarrollan en el Anexo 2.7.

$$\text{LearningObject(?lo)} \wedge \text{Driver (?d, "Doctoral Thesis")} \wedge \text{hasDriverType(?lo,?d)} \wedge \text{Snrd (?s, "Tesis Doctoral")} \wedge \text{hasSnrdType (?lo,?s)} \wedge \text{DateDefense (?de)} \rightarrow \text{hasDateDefense(?lo,?de)} \quad (20)$$

En el caso de que un OA tenga como valor del metadato "Version" = "Published", el OA deberá contar también con una fecha de publicación. En la regla 21 se muestra el ejemplo para un tipo de OA Driver = "Article". Reglas similares se extienden en el Anexo 2.8

$$\text{LearningObject(?lo)} \wedge \text{Driver (?d, "Article")} \wedge \text{hasDriverType(?lo,?d)} \wedge \text{Version (?v, "Published")} \wedge \text{hasVersion (?lo,?v)} \wedge \text{DatePublished (?dp)} \rightarrow \text{hasDatePublished(?lo,?dp)} \quad (21)$$

De igual manera, se agrega la regla (22) para indicar que si un OA tiene un nivel de acceso restringido o embargado (*embargoedAccess*) debe tener una fecha de finalización de embargo, en general este tipo de restricción se utiliza para los artículos publicados en revistas, por lo cual el tipo Driver debe ser "Article".

$$\text{LearnigObject(?lo)} \wedge \text{Rights(?i, "EmbargoedAccess")} \wedge \text{DateEmbargoed(?de)} \rightarrow \text{hasDateEmbargoed(?lo, ?de)} \quad (22)$$

3.4.2 Evaluación

Evaluación con Oops

Al igual que se realizó para la ontología DCOntoRep se evaluó OntoVC a través de la herramienta Oops, teniendo como resultado lo que se muestra en la figura 3.15.

Evaluation results

It is obvious that not all the pitfalls are equally important; their impact in the ontology will depend on multiple factors. For this reason, each pitfall has an importance level attached indicating how important it is. We have identified three levels:

- **Critical** 🚫 : It is crucial to correct the pitfall. Otherwise, it could affect the ontology consistency, reasoning, applicability, etc.
- **Important** ⚠️ : Though not critical for ontology function, it is important to correct this type of pitfall.
- **Minor** 🟡 : It is not really a problem, but by correcting it we will make the ontology nicer.

[Expand All] | [Collapse All]

Results for P08: Missing annotations.	134 cases Minor 🟡
Results for P13: Inverse relationships not explicitly declared.	5 cases Minor 🟡
Results for P22: Using different naming conventions in the ontology.	ontology* Minor 🟡
Results for P30: Equivalent classes not explicitly declared.	2 cases Important ⚠️
<p>This pitfall consists in missing the definition of equivalent classes (owl:equivalentClass) in case of duplicated concepts. When an ontology reuses terms from other ontologies, classes that have the same meaning should be defined as equivalent in order to benefit the interoperability between both ontologies.</p> <ul style="list-style-type: none"> • The following classes might be equivalent: <ul style="list-style-type: none"> > http://www.semanticweb.org/lk/ontologies/2017/3/SharedVocabulary.owl#Country, http://www.semanticweb.org/valeria/ontologies/2017/10/OntoVC#Area > http://www.semanticweb.org/lk/ontologies/2017/3/SharedVocabulary.owl#Content, http://www.semanticweb.org/lk/ontologies/2017/3/SharedVocabulary.owl#Subject 	
Results for P41: No license declared.	ontology* Important ⚠️
<p>The ontology metadata omits information about the license that applies to the ontology.</p> <p>*This pitfall applies to the ontology in general instead of specific elements.</p>	

3.15 Resultado de evaluación de OntoVC con la herramienta Oops

En los resultados puede identificarse dos casos marcados como importantes:

- *Equivalent classes not explicitly declared*: en este caso hace referencia a que, si dos clases son equivalentes, por ejemplo, por haber exportado una ontología y hay conceptos similares debería hacerse explícito, indicándolo en “Equivalent to”. En este caso no corresponden a clases equivalentes, por lo cual no se considera esa recomendación.
- *No license declared*: no se incluyó específicamente bajo qué licencia se podría utilizar la ontología propuesta. Esta es una evaluación de toda la ontología y no de un elemento específico de la misma.

Las otras consideraciones son calificadas como “menores”, no constituyen un error, pero sugieren completar para obtener una ontología completa. Teniéndose en cuenta, que esta ontología es la que formará parte del modelo de interoperabilidad propuesto, se modificaron los casos marcados como importantes. Para los casos marcados como menores no se agregaron las modificaciones, ya que se consideran una recomendación y no como una corrección.

Evaluación con consultas SPARQL

Para poder validar la ontología a través de consultas SPARQL (W3C, 2013) fue necesario poblar la ontología, es decir crear instancias que permitan realizar consultas y poder obtener resultados. En la figura 3.16 se puede observar una vista de Protegé con instancias (individuals) creadas para realizar las consultas SPARQL.

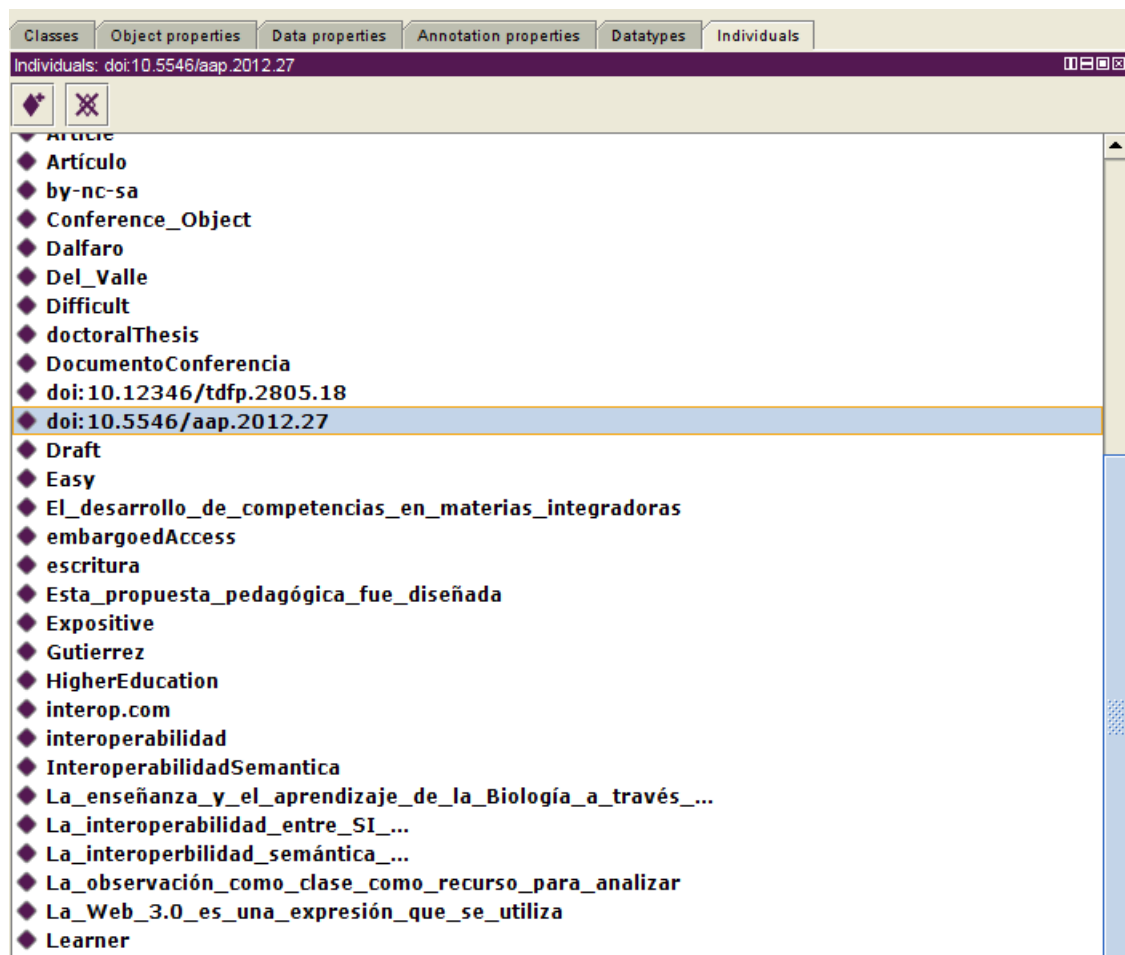


Figura 3.16: vista de Protegé con las Instancias creadas

Si, por ejemplo, se quiere consultar por todos los OA del tipo "Objeto de conferencia", se debe realizar la consulta mostrada en la Figura 3.17, donde además se muestran los resultados obtenidos.

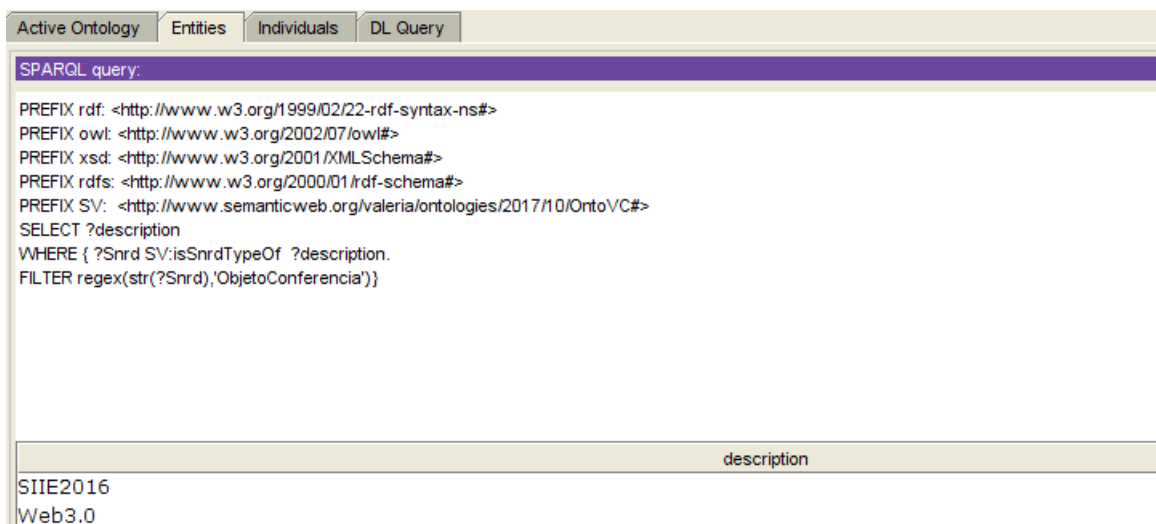


Figura 3.17 Consulta SPARQL y resultado de los OA del tipo “Objeto de Conferencia”

Ahora bien, si la búsqueda estuviera directamente relacionada con OA que puedan ser utilizados en el contexto “Universitario”, se debe realizar una consulta por el metadato *Context* y cuyo valor debe ser “Higher Education”. La consulta realizada y el resultado obtenido puede verse en la Figura 3.18.

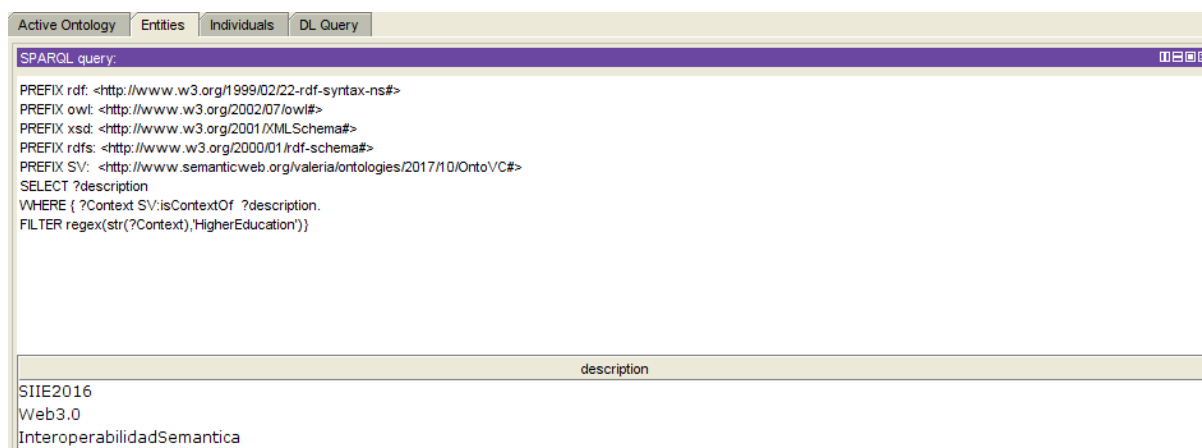


Figura 3.18: Consulta SPARQL y resultado de los OA dentro del contexto “HigherEducation”

Por otro lado, si se quiere obtener todos los OA que sean de lectura, se debe realizar la consulta por todos aquellos OA que tengan como “TypeResource” el valor “NarrativeText”. En la figura 3.19 se muestra la consulta y el resultado obtenido.



Figura 3.19 Consulta SPARQL y resultado de los OA que tienen como tipo de recurso "narrativeText"

Luego, si algunos de los OA encontrados son de interés, pero se necesita mayor información sobre el mismo, podría consultar sobre un título en particular y obtener el resumen, palabras claves, autores, el tipo de interacción que requiere el OA y el contexto. En la figura 3.20 se muestra la consulta realizada y el resultado obtenido para el OA de título "Web3.0".

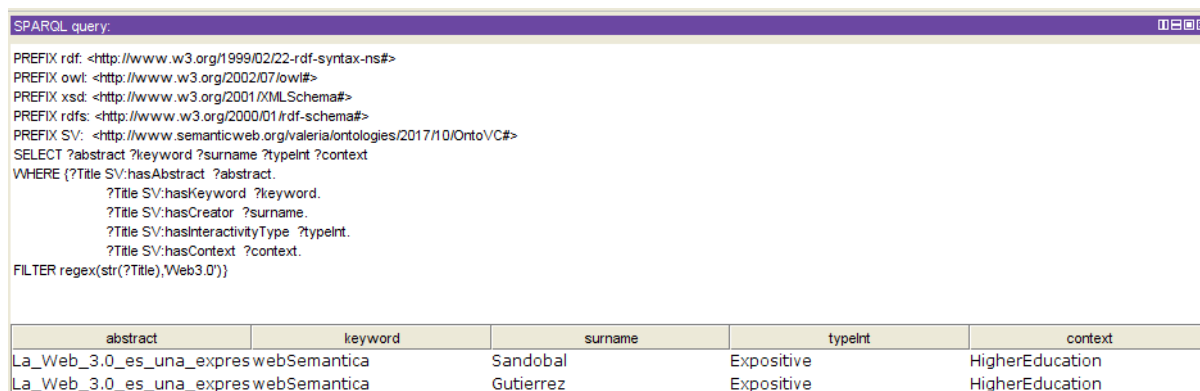


Figura 3.20 Consulta SPARQL y resultado del OA cuyo título es "Web3.0"

En este caso puede verificarse que, al tener más de un autor, se repiten los datos de las otras características del OA.

La evaluación obtenida mediante el Oops y las consultas realizadas con SPARQL, muestran por un lado que OntoVC es correcta y por el otro lado que responde a las búsquedas que puedan realizarse.

A lo largo de este capítulo se explicó los pasos que se siguieron para el desarrollo en particular del VC, que es una de las partes centrales del modelo propuesto. En

el siguiente capítulo se avanzará en la capa mediador del modelo propuesto, la cual es la encargada de realizar los mapeos entre el VC y los estándares de metadatos implementados en los diferentes ROA.

Capítulo 4: Capa Mediador: Reglas de Mapeo entre Ontologías

En este capítulo se describe la capa Mediador del modelo propuesto. En esta capa se lleva a cabo el proceso de mapeo entre las ontologías, correspondiente al VC u ontología global, representada en la capa explicada en el capítulo anterior (Capa de VC) y las ontologías locales representadas por las ontologías de los diferentes estándares de metadatos que implementan los repositorios (representada en la capa Ontologías locales).

En el capítulo 2 se mencionaron diferentes técnicas y frameworks de mapeo que se podrían utilizar para la capa mediador. Entre los frameworks descritos se optó por utilizar AgreementMaker, para realizar las pruebas con un software semiautomático/automático. Los detalles de las pruebas realizadas se describen en la sección 4.1. Al finalizar la sección 4.1 se justifica la decisión de realizar de manera manual el mapeo entre el VC y las ontologías locales. Por este motivo se analizan las técnicas descritas en el capítulo 2, y se selecciona para realizar el mapeo entre las ontologías la estrategia de mapeo propuesta por Euzenat (Euzenat, 2013), correspondiente a la técnica basada en recursos formales, dentro de esta clasificación se tomó más específicamente la técnica basada en contexto. En la clasificación propuesta por Euzenat (Euzenat & Shvaiko, 2013) se consideran recursos formales a las ontologías de nivel superior, ontologías de un dominio específico entre otras. Debido a que en la propuesta se tiene como referencia ontologías de diferentes estándares, consideradas ontologías de un dominio específico, este tipo de mapeo es el más adecuado.

Para una mejor organización, las reglas se especifican partiendo de los conceptos pertenecientes a OntoVC y relacionándolos con los conceptos encontrados en las ontologías locales. En las siguientes secciones se explicitan las reglas definidas para cada una de las categorías más generales definidas: *Content*, *Instantiation* e *IntellectualProperty*. Si bien en la definición de las reglas se parte de los conceptos de OntoVC, éstas son válidas de aplicar en ambos sentidos como se explicó en el capítulo 3, sección 3.1

En la sección 4.2 se describen los mapeos para los metadatos de la categoría *Content*. Luego en la sección 4.3 los mapeos realizados para los tipos de metadatos *Instantiation* relacionados específicamente con la instancia del OA; en la 4.4 los mapeos realizados con los metadatos del tipo *IntellectualProperty*, que describen los derechos que los autores y los lectores tienen sobre el OA.

4.1 Mapeo con la herramienta semiautomática/automática – AgreementMaker

Si bien, actualmente existen numerosas herramientas para realizar el mapeo entre ontologías, la elección de AgreementMaker se basa en los buenos resultados que esta herramienta ha obtenido, por ejemplo, en el *5th ISWC workshop on ontology matching* (Cruz, y otros, 2010). Además, uno de los factores que varios autores (Otero-Cerdeira, Rodríguez-Martínez, & Gómez-Rodríguez, 2015) (Hussain & Srivatsa, 2012) (Cruz, y otros, 2011) mencionan como fuertes de AgreementMaker es la arquitectura en capas propuesta, donde parte de los mapeos se realizan de manera automática, pero luego existen capas intermedias donde la intervención de expertos en el dominio toma un papel fundamental. Esta intervención permite mejorar los mapeos a partir del conocimiento que es ingresado al framework.

La herramienta AgreementMaker realiza el mapeo entre dos ontologías, utiliza diferentes técnicas, en este caso se tomó las siguientes:

- Base similarity matcher: es un primer comparador, que realiza la evaluación de las cadenas. Calcula la similitud que hay entre cada uno de los conceptos de ambas ontologías.
- Parametric string matcher: realiza una comparación más profunda entre conceptos de dos ontologías teniendo en cuenta parte de la palabra para encontrar coincidencias en el string. Se pueden establecer parámetros sobre los cuales se compararán cada uno de los conceptos.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en los mapeos realizados entre diferentes pares de ontologías con las técnicas descriptas.

4.1.1 Mapeo entre las ontologías tomadas como referencia OntoDC, OntoLOM y OntoMODS

Como se mencionó anteriormente se toma como ontología fuente la ontología del estándar DC (OntoDC) y como ontología a mapear la ontología del estándar LOM (OntoLOM). Se utilizó la herramienta AgreementMaker la cual presenta dos posibles técnicas a utilizar: Base similarity matcher y Parametric string matcher, esta última presenta parámetros que deben ser configurados, tales como: *Label* y *comment seeAlso* y *isDefinedBy*. Estos parámetros permiten identificar el umbral de coincidencia a considerar durante el mapeo ontológico. Por ejemplo, *Label* = 65% indica el umbral de coincidencia a considerar para la etiqueta, *Comment* = 25% indica el umbral de coincidencia para los comentarios de las etiquetas en caso de que estos existan.

En una primera corrida con la técnica de mapeo "Base similarity matcher", se encuentran 2 coincidencias en clase (*Relation* y *Identifier*) y dos coincidencias en propiedades (*title* y *keyword*). Entre estas coincidencias se obtiene un 100% de similitud, teniendo en cuenta que la técnica de mapeo utilizada compara los nombres y etiquetas entre cada par (nodo origen, nodo destino).

La figura 4.1 muestra los resultados obtenidos con esta misma herramienta utilizando la técnica "Parametric String Matcher" con valores de los parámetros: *Label*= 65%, *Comment* = 25%, *seeAlso* = 5% y *isDefinedBy* = 5%. Como se observa, se obtiene una mejora en los mismos.

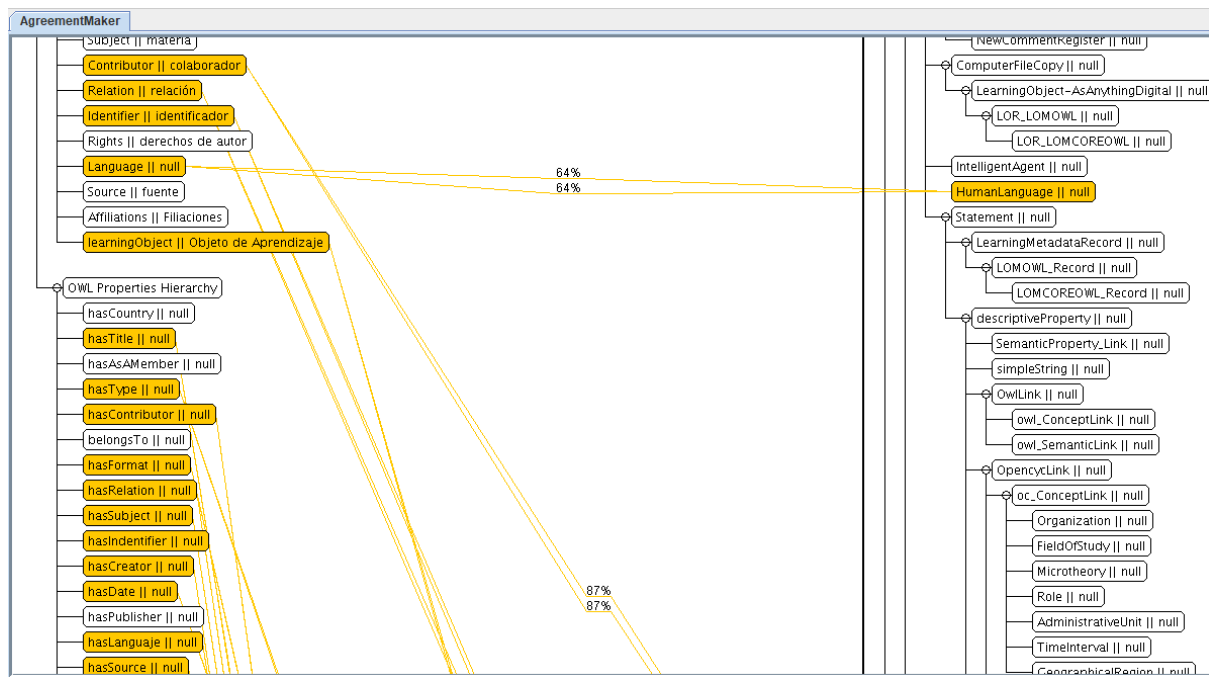


Figura 4.1 Vista AgreementMaker – Parte de Coincidencias con la técnica “Parametric string matcher”

Con esta técnica aparecen mapeos entre las clases: *humanLanguage* y *Language*, *Contributor* y *Contribute*; *learningObject* y *learningObject-Generic*, que se agregan a las coincidencias encontradas con la técnica anterior, con un menor porcentaje que va del 67% a un 87%. La principal diferencia en estas coincidencias encontradas por AgreementMaker, es que desde el punto de vista semántico la clase *Contributor* en OntoDC representa el nombre de la persona o la institución que colaboró en el desarrollo del OA, y la clase *Contribute* de OntoLOM, es la categoría que define si el OA tiene o no colaboradores; esta categoría está compuesta por los ítems: *role*: especifica claramente cuál fue el rol de la persona u organización para el desarrollo del OA, *entity*: la identificación, el nombre de la persona u organización y *date*: la fecha en que esta contribución fue realizada.

La principal diferencia entre las coincidencias encontradas son las propiedades, como por ejemplo entre: *hasFormat* y *format*; *hasSource* y *taxonSource*, *hasCoverage* y *coverage*, *hasContributor* y *contributor*; entre otros, en un total de 21 coincidencias.

Ahora bien, desde el punto de vista semántico esto no representa un buen mapeo, dado que se unifica una relación, tal como *hasFormat*, con una propiedad

format. Donde *hasFormat* es la relación entre la clase *Format* y *learningObject*, representando que un objeto de aprendizaje tiene un formato específico; mientras que, la propiedad *format* representa directamente el formato del OA, cuyos valores se determinan de acuerdo con el estándar *MimeType*. De igual manera, la coincidencia entre *hasContributor* y *Contributor* es también errónea, dado que la primera representa la relación entre el OA (clase *learningObject*) y los colaboradores en el desarrollo del OA (clase *Contributor*), mientras que *contributor* representa directamente la persona u organización que colaboró en el desarrollo del OA.

Se realizó también el mapeo entre las ontologías *OntoDC* y *OntoMODS* utilizando las técnicas mencionadas anteriormente.

En el primer mapeo realizado con la técnica "Base similarity matcher", se encontraron 3 coincidencias a nivel de clases con un 100 % de coincidencia. Las clases mapeadas son: *Subject*, *Identifier* y *Language*. En este caso coinciden también a nivel semántico, ya que en ambas ontologías se considera a la materia sobre la cual trata el OA, el identificador unívoco para el OA y el idioma en el que está escrito el OA; respectivamente. Ahora bien, en el caso de *Language* en *DC* se incluye directamente el valor, siguiendo el estándar *ISO639-3*, que consta de 3 dígitos para indicar el idioma, como ser: *SPA*, *ENG*, entre otros. En cambio, para el estándar *MODS Language* indica si se va a completar esa estructura, mientras que los valores propiamente dichos se completan en el concepto *LanguageTermDefinition* a través de los valores de atributos *authority*, indicando el tipo de estándar a utilizar y *value*, indicando el código definido por el estándar.

Luego, al ejecutar nuevamente el mapeo utilizando la técnica "Parametric String Matcher", con los mismos parámetros definidos anteriormente, es decir *Label: 65%*, *Comment: 25%*; *seeAlso: 5%* y *isDefinedBy: 5%*, se encuentran alineaciones para 5 clases y 3 propiedades (Figura 4.2).

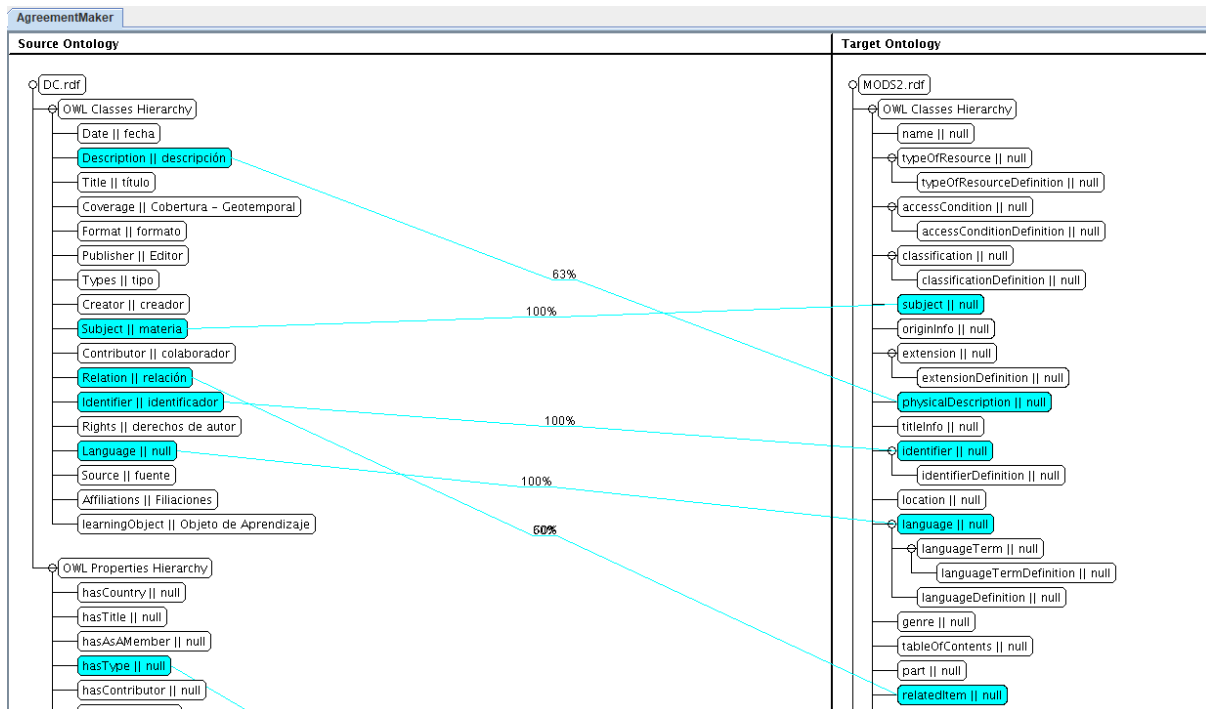


Figura 4.2 Vista AgreementMaker –Coincidencias con la técnica “Parametric string matcher”

A las tres clases encontradas por la técnica anterior (*Subject*, *Identifier* y *Language*) se le suma:

- La clase *Description* que se mapea con la clase *PhysicalDescription* de MODS, en un 63%. En este caso a nivel semántico estos mapeos no son correctos ya que *Description* en DC hace referencia a una descripción del OA que incluye un breve resumen del tema del OA o una tabla de contenidos; en cambio *PhysicalDescription* en MODS describe las características físicas del recurso, incluyendo el formato donde se lo clasifica según la lista controlada MIME types. Este mapeo se realiza porque parte de la cadena de string de la palabra coincide.
- La clase *Relation* que se mapea con la clase *RelatedItem*, en un 60%. El mapeo de estas clases a nivel semántico es correcto, ya que ambos hacen referencia a los recursos que se relacionan con el OA que se está describiendo.

Las propiedades entre las cuales se encontraron mapeos son:

- *HasType* y *type* en un 60%. Con respecto a este mapeo desde el punto de vista semántico son totalmente diferentes, ya que *HasType* de OntoDC hace referencia a una propiedad que relaciona a un OA con su tipo, es una relación. En cambio, *type* de OntoMODS se utiliza para definir el tipo de varias características del OA, por ejemplo, si se usara como atributo de la clase *accessCondition*, en ese caso hace referencia a un tipo de restricción de acceso que se define sobre el OA.
- *area* y *shareable* en un 60 %. En DC, el atributo *area* hace referencia al espacio geográfico en cual podría ser utilizado el OA, en caso de que esto sea restringido. Por otro lado, la propiedad *shareable* define si el abstract del OA puede ser compartido. Por lo cual, desde el punto de vista semántico difieren significativamente en su significado, y la coincidencia está definida porque la palabra “area” es parte de la palabra “**shareable**”.
- *typeRel* y *typeUri* en un 62%. En este mapeo, también la coincidencia se da porque ambas palabras coinciden en parte de la palabra, en el string “type”. En particular, la propiedad *typeRel* del estándar DC hace referencia al tipo de relación que el OA tiene con otros que se toman como referencia. Por el lado de *typeUri* en MODS es el tipo de URI que se utiliza para identificar de manera unívoca al recurso, los valores que podría tomar son: doi, isbn, hdl, entre otros.

4.1.2 Mapeo entre el vocabulario compartido OntoVC y las ontologías tomadas como referencia OntoDC, OntoLOM y OntoMODS

Teniendo en cuenta los mapeos obtenidos con la herramienta AgreementMaker, si bien algunas coincidencias como se mencionó anteriormente son correctas, la mayoría no responde al significado semántico del concepto. Esta es la razón por la cual se ha tomado la decisión de realizar el mapeo manual, realizando el análisis de cada uno de los estándares, conociendo el significado de cada metadato para poder realizar de manera adecuada los mapeos correspondientes.

A continuación, se muestran los mapeos encontrados con el vocabulario compartido OntoVC, utilizando las mismas técnicas.

Al realizar el mapeo entre OntoVC y OntoDC se puede observar una gran cantidad de coincidencias (Figura 4.3) utilizando la técnica “Base similarity matcher”. Esto se fundamenta en el hecho de que la base de OntoDC es la ontología DCOntoRep, explicada en el capítulo 3, que desarrolla los conceptos del estándar DC y las recomendaciones del SNRD.

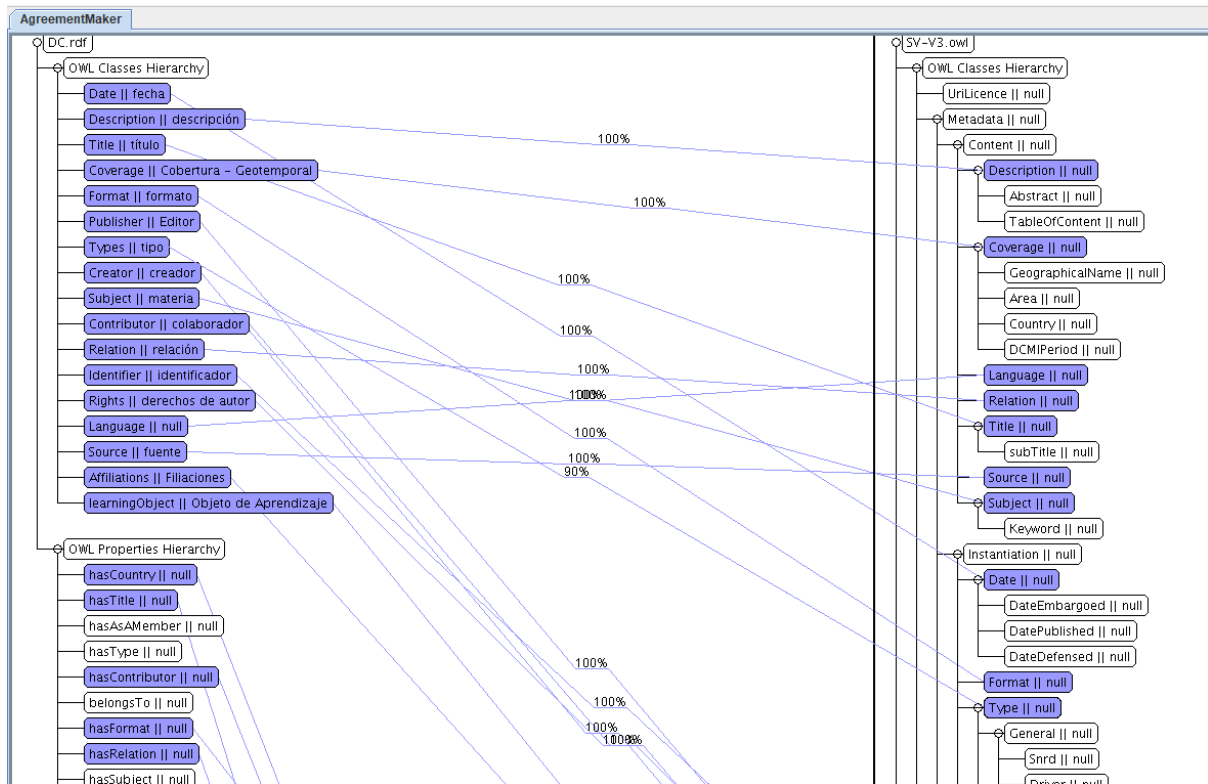


Figura 4.3 Vista AgreementMaker –Coincidencias con la técnica “Base similarity matcher”

Como puede verificarse en la figura, además de tener una gran cantidad de coincidencias: 17 clases y 15 propiedades, el porcentaje de coincidencias es alto entre el 90% y el 100%. Afianzando la aclaración de que OntoVC es un enriquecimiento de OntoDC.

Por otro lado, si se utiliza la técnica “Parametric String Matcher”, con los mismos parámetros utilizados por los mapeos anteriores, los resultados son: mapeo de 17 clases y 35 propiedades. En este caso se puede notar un incremento en los mapeos de las propiedades, recordando que esta técnica puede realizar mapeos con partes de los nombres de las etiquetas, ya que, por ejemplo, para el parámetro “label”, se determinó 65% de umbral de coincidencia.

En este caso al realizar el mapeo de OntoVC y OntoLOM las coincidencias bajan drásticamente, teniendo en cuenta que para el desarrollo de OntoVC solo se tuvo en cuenta los conceptos propuestos por LOM para definir más específicamente a los OA. Al correr el mapeo con la técnica “Base similarity matcher” se obtuvo 3 coincidencias a nivel de clase y 5 a nivel de propiedades.

Al correr el mapeo con la técnica “Parametric string matcher”, se obtiene coincidencias con 12 clases y 34 propiedades. La cantidad en ambos niveles, de clases y propiedades es significativo, y está totalmente relacionado con las coincidencias de la parte incluida como clase “Educational” en OntoVC(Figura 4.4), buscando la exactitud en la descripción de los OA.

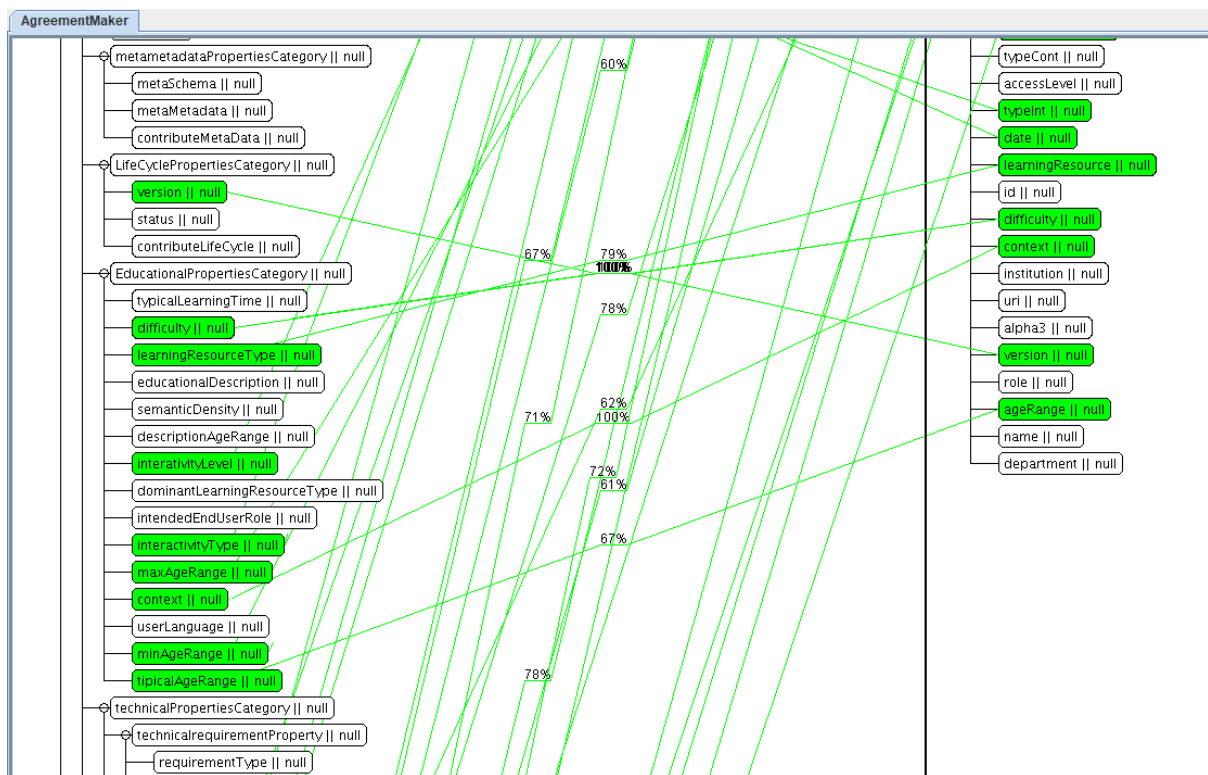


Figura 4.4 Vista AgreementMaker –Coincidencias de clases y propiedades del tipo educativas con la técnica “Parametric string matcher”

Al realizar el mapeo entre OntoVC y OntoMODS con la técnica “Base similarity matcher” se encontraron solo coincidencias a nivel de clases, en un total de 6 como puede verificarse en la Figura 4.5.

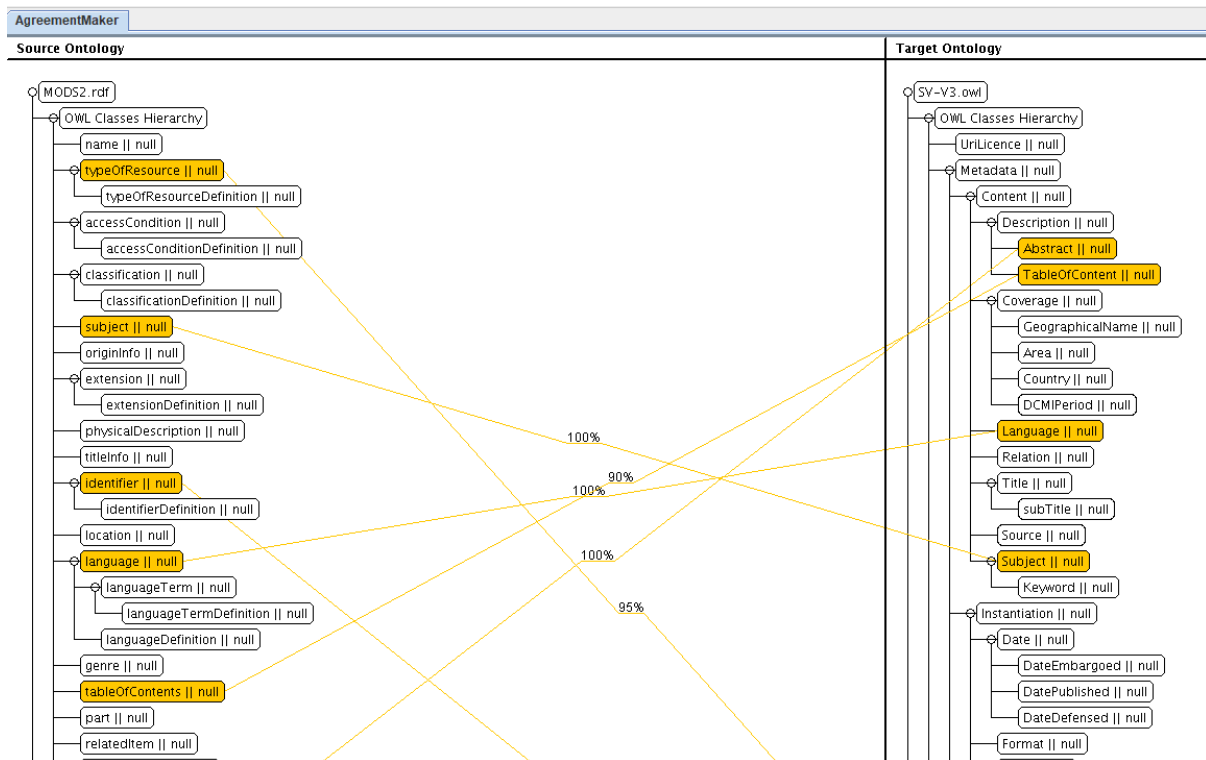


Figura 4.5 Vista AgreementMaker –Coincidencias de clases con la técnica “Base similarity matcher”

Los mapeos realizados coinciden en un alto porcentaje (90-100%) y semánticamente son correctos. Si se toma como ejemplo *language* (coincidencia del 100%) en ambos estándares son las mismas palabras y la utilización en ambos estándares es el mismo; ahora bien, si se toma uno con un 90% de coincidencia: *tableOfContents* de OntoMODS y *TableOfContent* de OntoVC se observa que las palabras son muy similares, solo difieren en una “s” y el sentido en que se lo utiliza en ambos estándares es el mismo, es decir, mostrar la tabla de contenidos que constituyen un OA.

Luego, al ejecutar el mapeo con la técnica “Parametric string matcher” se obtuvieron coincidencias en 9 clases y 1 propiedad. En este caso es importante mencionar que, por ejemplo, hay un 63% de coincidencia entre *physicalDescription* de OntoMODS y *Description* de OntoVC, coincidiendo en la parte de la palabra con el string “description”, pero su significado semántico es totalmente diferente. En el primero hace referencia a la descripción física del OA y el segundo, la descripción de cuál es el tema que se desarrolla en el OA. En este mismo sentido, y

con un porcentaje de coincidencia de 71%, hay un mapeo entre la clase *genre* de OntoMODS y la clase *General* de OntoVC. En este caso *genre* hace referencia al estilo del OA como ser: artístico, musical, composición, literaria, etc; a diferencia de *General* que es una clase de OntoVC para realizar una descripción del tipo de OA teniendo en cuenta las directrices del SNRD. Por lo cual, nuevamente semánticamente no hay mapeo posible.

A la vista de los mapeos realizados con la herramienta AgreementMaker se sustenta la decisión de realizar los mapeos de forma manual como se ha realizado y descrito en las secciones anteriores de este mismo capítulo.

La decisión de realizar los mapeos de manera manual se apoya en que al probar con estas herramientas se encontraron coincidencias, pero realizando un análisis exhaustivo son más las coincidencias que no se encontraron; o algunas encontradas tuvieron errores desde el punto de vista semántico.

4.2 Reglas de mapeo - Categoría *Content*

Como se mencionó anteriormente, las reglas de mapeo permiten relacionar conceptos de dos o más ontologías, en este caso particular, permiten tomar conceptos de OntoVC (Ontología del Vocabulario Compartido) y mapearlos a las correspondientes ontologías que representan los estándares de metadatos en lo que se implementan los repositorios. La categoría *Content* de OntoVC tiene conceptos que describen a los OA en general, tales como: el autor, el idioma, las palabras claves, entre otros. Por lo cual, la categoría *Content* tiene como subclases: *Language*, *Keyword*, *TableOfContent*, *Abstract*, *Source*, *Relation*, *Country*, *Area*, *GeographicalName*, *DCMIPeriod*, *Title* y *SubTitle*. Para cada uno de estos conceptos se definieron las reglas de mapeo desde OntoVC hacia los estándares DC, LOM, DataCite y MODS que se muestran en detalle en la tabla 4.1.

Al momento de realizar las reglas se tuvieron en cuenta cuestiones que diferencian a un estándar de otro. Por ejemplo, el estándar DC entre sus recomendaciones permite utilizar más de un vocabulario controlado para definir el idioma del OA (*Language*), al igual que el estándar MODS. En estos casos, se hace

necesario indicar explícitamente el vocabulario a utilizar, en el modelo propuesto será "ISO639-3".

En algunos casos, pueden identificarse diferentes conceptos de OntoVC que tienen su relación con el mismo concepto en las otras ontologías. Así, por ejemplo, los conceptos *TableOfContent* y *Abstract* de OntoVC, se corresponden con el concepto *Description* de las otras ontologías; a excepción de la ontología MODS que tiene un valor específico *TableOfContent*. Esta situación se plantea porque la ontología del vocabulario compartido (OntoVC) se realizó tratando de dar mayor especificidad a cada uno de los conceptos que forman parte del mismo.

Asimismo, hay conceptos presentes en OntoVC que no tienen correspondencia en las ontologías de origen. A continuación, se nombran algunos casos. Para el concepto *Source* solo existe una relación con el concepto del mismo nombre en OntoDC; los conceptos *Country* y *Area* no tiene correspondencia en el estándar MODS; y no hay correspondencia en MODS y DataCite para el concepto *DCMIPeriod*.

Tabla 4.1: Reglas de mapeo para los conceptos de la categoría Content

Término VC	Reglas
Language	OntoVC: Language(?x) \wedge OntoDC: LinguisticSystem(?x, "ISO639-3") \wedge OntoDC: Language (?x)
	OntoVC: Language(?x) \rightarrow OntoLOM: Language(?x)
	OntoVC: Language (?x) \rightarrow OntoDCite: Language (?x)
	OntoVC: Language (?x) \rightarrow OntoMODS: Authority(?x, "ISO639-3") \wedge OntoMODS: Language(?x)
Keyword	OntoVC: Keyword(?x) \rightarrow OntoDC: Subject(?x)
	OntoVC: Keyword(?x) \rightarrow OntoLOM: Subject(?x)
	OntoVC: Keyword(?x) \rightarrow OntoDCite: Subject(?x)
	OntoVC: Keyword(?x) \rightarrow OntoMODS: Subject(?x)
TableOfContent	OntoVC: TableOfContent(?x) \rightarrow OntoDC: Description (?x)
	OntoVC: TableOfContent(?x) \rightarrow OntoLOM: Description (?x)
	OntoVC: TableOfContent(?x) \rightarrow OntoDCite: Description (?x)
	OntoVC: TableOfContent(?x) \rightarrow OntoMODS: TableOfContents (?x)
Abstract	OntoVC: Abstract(?x) \rightarrow OntoDC: Description (?x)
	OntoVC: Abstract(?x) \rightarrow OntoLOM: Description (?x)
	OntoVC: Abstract(?x) \rightarrow OntoDCite: Description (?x)
	OntoVC: Abstract(?x) \rightarrow OntoMODS: Abstract (?x)

Source	OntoVC: Source(?x) → OntoDC: Source (?x)
	En LOM no hay una correspondencia
	En DataCite no hay una correspondencia
	En MODS no hay una correspondencia
Relation	OntoVC: Relation(?x) → OntoDC: Relation (?x)
	OntoVC: Relation(?x) → OntoLOM: Relation (?x)
	OntoVC: Relation (?x) → OntoDCite: RelatedIdentifier (?x)
	OntoVC: Relation (?x) → OntoMODS: RelatedItem (?x)
Country	OntoVC: Country (?x) → OntoDC: Coverage (?x)
	OntoVC: Country (?x) → OntoLOM: Coverage (?x)
	OntoVC: Country (?x) → OntoDCite: GeoLocationPlace (?x)
	En MODS no hay una correspondencia
Area	OntoVC: Country (?x) → OntoDC: Coverage (?x)
	OntoVC: Country (?x) → OntoLOM: Coverage (?x)
	OntoVC: Country (?x) → OntoDCite: GeoLocationPlace (?x)
	En MODS no hay una correspondencia
GeographicalName	OntoVC: Country (?x) → OntoDC: Coverage (?x)
	OntoVC: Country (?x) → OntoLOM: Coverage (?x)
	OntoVC: Country (?x) → OntoDCite: GeoLocationPlace (?x)
	En MODS no hay una correspondencia
DCMIPeriod	OntoVC: Country (?x) → OntoDC: Coverage (?x)
	OntoVC: Country (?x) → OntoLOM: Coverage (?x)
	En DataCite no hay una correspondencia
	En MODS no hay una correspondencia
Title	OntoVC: Title(?x) → OntoDC: Title (?x)
	OntoVC: Title (?x) → OntoLOM: Title (?x)
	OntoVC: Title (?x) → OntoDCite: Title (?x)
	OntoVC: Title (?x) → OntoMODS:Title (?x)
SubTitle	OntoVC: subTitle(?x) → OntoDC: Title (?x)
	OntoVC: subTitle (?x) → OntoLOM: Title (?x)
	OntoVC: Title (?x) → OntoDCite: titleType (?x, "Subtitle")
	OntoDCite: ^ Title (?x)
	OntoVC: Title (?x) → OntoMODS: subTitle (?x)

En cuanto a los vocabularios controlados utilizados, las recomendaciones, según los estándares, son las siguientes:

- En el caso del término language, en el estándar DC se recomienda la utilización del vocabulario controlado rfc 4646, donde especifica que el valor puede ser tomado de la ISO 639-1, 2 o 3. En cambio LOM lo limita a la utilización de la ISO 639-2, mientras que MODS acepta las versiones

ISO639-2, ISO 639-3 y rfc 4646 (al igual que DC). Desde el estándar DataCite se recomienda la utilización de ISO639-1.

- Para el concepto *Country*, donde su correspondencia es *Coverage* tanto en DC como en LOM, se recomienda la utilización del estándar ISO 3166-3; para el caso de *área* se recomienda la utilización del vocabulario controlado DCMI Box. Y para *geographicalName* se recomienda el uso del vocabulario controlado Thesaurus of Geographic Names (TGN). Sin embargo, para estas tres etiquetas en DataCite se utiliza *geoLocationPlace* completándose con texto libre el valor de ese metadato.

Para ejemplificar los conceptos vertidos anteriormente respecto a los vocabularios controlados, si un OA tiene como idioma el español, entonces el concepto *Language* en OntoVC adoptará el valor "SPA" para esa instancia del OA. Luego, en un repositorio que utiliza el estándar DC, y cuya ontología es OntoDC, el concepto *Language* adoptará el valor "SPA" y el concepto *LinguisticSystem* tendrá el valor "ISO639-3". Asimismo, en el estándar MODS se utiliza el concepto *Authority* para indicar el estándar de idioma que se utiliza, por lo cual en OntoMODS el concepto *Authority* tendrá el valor "ISO639-3" y el concepto *Language*, el valor "SPA". En los otros estándares se utiliza solo *Language*. Luego, si se considera, para ese mismo OA, que el título es "Interoperabilidad semántica", entonces se tendrá una instancia del concepto *Title* en OntoVC con el valor "Interoperabilidad Semántica". En este caso, cada estándar define diferentes conceptos. La figura 4.5 resume las reglas de mapeo necesarias para este ejemplo.

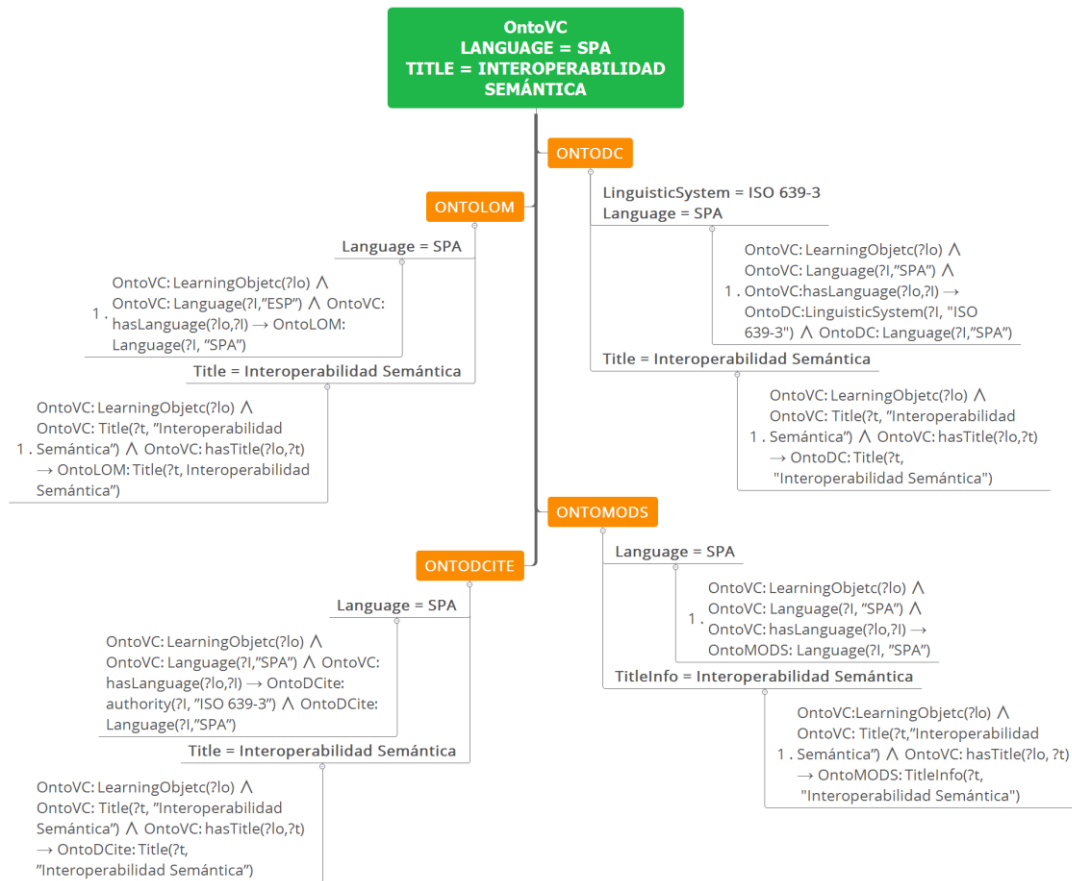


Figura 4.5 Valores de los conceptos Language y Title y reglas para las distintas ontologías

Las reglas antes descritas permiten avanzar en la alineación entre ontologías, y se cree pertinente evitar el compromiso de un tipo particular de uso, además se recomienda el empleo de un lenguaje declarativo. Es posible considerar otras formas de representar estas reglas de mapeo. En la figura 4.5 se utilizó OWL, sin embargo, sería posible combinarlo con RuleML (Horrocks, y otros, 2003). RuleML se basa en que, si se toman estas reglas como cláusulas Horn de primer orden¹², entonces la **cabecera** representa una **ontología** y el **cuerpo** la otra ontología con la cual se realizó la correspondencia. De esta manera, se define una regla (ruleml:imp) con un cuerpo (ruleml:body) y una cabecera (ruleml:head). Si se aplica al ejemplo anterior, para el concepto *Language* y las ontologías *OntoVC* y *OntoDCite* se puede definir la regla (1).

¹² Una cláusula de Horn es una secuencia de literales que contiene a lo sumo un literal positivo. Puede tener la siguiente forma: $A_1 \vee \dots \vee A_n \leftarrow B_1 \wedge \dots \wedge B_m$. A y B representan átomos

```

<ruleml:imp>
  <ruleml:_body>
    <swrlx:classAtom>
      <owlx:Class owlx:name="&OntoVC;#Language"/>
      <ruleml:var>p</ruleml:var>
    </swrlx:classAtom>
  </ruleml:_body>
  <ruleml:_head>
    <swrlx:classAtom>
      <owlx:Class owlx:name="&OntoDCite;#Language"/>
      <ruleml:var>p</ruleml:var>
    </swrlx:classAtom>
  </ruleml:_head>
</ruleml:imp>

```

(1)

De esta manera, la ontología declarada en el cuerpo representa al vocabulario compartido OntoVC y la ontología que se define en la cabecera es la que representa al estándar DateCite “OntoDCite”.

4.3 Reglas de Mapeo - Categoría *Instantiation*

Los conceptos correspondientes a la categoría *Instantiation* tienen como subclases a *Date*, *Identifier*, *Format* y *Type*; los cuales representan la fecha asociada a un evento dentro del ciclo de vida del OA, el identificador unívoco del OA, el formato físico o digital del OA y el tipo de OA. En este último caso, se considera por un lado una descripción general a través de los tipos: *Snrd*, *Driver* y *Version*; por otro lado, los tipos específicos a la parte educativa por la clase *Educational* que tiene como subtipos a: *AgeRange*, *Role*, *Difficulty*, *Context*, *TypeResource*, *InteractivityType* y *InteractivityLevel*. Al igual que en la sección anterior, se muestran las reglas de mapeo (tabla 4.2) para la categoría *Instantiation* teniendo en cuenta las ontologías de los estándares DC, LOM, DataCite y MODS.

En esta categoría los conceptos *Identifier* y *Format* tienen su correspondencia en las otras ontologías con el mismo nombre. La principal diferencia se encuentra en los conceptos *DateEmbargoed*, *DatePublished*, *DateDefensed* y *Type*. En el

desarrollo de OntoVC, se tuvo en cuenta la relación que existe entre el tipo del OA y las diferentes fechas que representan estos conceptos. Así, por ejemplo, un artículo (*Type* = "article") no tendrá fecha de defensa (*DateDefensed*), pero sí una fecha de publicación (*DatePublished*). En el desarrollo de OntoVc, se tuvo en cuenta la relación que existe entre el tipo del OA y las diferentes fechas que representan estos conceptos. Así por ejemplo, un artículo (*Type*="article") no tendrá fecha de defensa (*DateDefensed*), pero sí una fecha de publicación (*DatePublished*). En caso del concepto *Type*, como se mencionó en el párrafo anterior, se realizó una diferenciación entre una descripción general y los valores específicos educacionales para un OA, obteniéndose así una definición más explícita del OA, que permitirá mejorar las búsquedas de los mismos.

Tabla 4.2: Reglas de mapeo para los conceptos de la categoría Content

Término VC	Reglas
DateEmbargoed	OntoVC: DateEmbargoed (?x) → OntoDC: Date (?x)
	OntoVC: DateEmbargoed (?x) → OntoLOM: Date(?x)
	OntoVC: DateEmbargoed (?x) → OntoDCite: DateType (?x)
	OntoVC: DateEmbargoed (?x) → OntoMODS: DateOther(?x)
DatePublished	OntoVC: DatePublished (?x) → OntoDC: DateAccepted (?x)
	OntoVC: DatePublished (?x) → OntoLOM: Date(?x)
	OntoVC: DatePublished (?x) → OntoDCite: DateType (?x)
	OntoVC: DatePublished (?x) → OntoMODS: DateIssued(?x)
DateDefensed	OntoVC: DateDefensed (?x) → OntoDC: Date (?x)
	OntoVC: DateDefensed (?x) → OntoLOM: Date(?x)
	OntoVC: DateDefensed (?x) → OntoDCite: DateType (?x)
	OntoVC: DateDefensed (?x) → OntoMODS: DateOther(?x)
Format	OntoVC: Format (?x) → OntoDC: Format (?x)
	OntoVC: Format (?x) → OntoLOM: Format (?x)
	OntoVC: Format (?x) → OntoDCite: Format (?x)
	OntoVC: Format (?x) → OntoMODS: Format(?x)
Identifier	OntoVC: Identifier (?x) → OntoDC: Identifier (?x)
	OntoVC: Identifier (?x) → OntoLOM: Identifier (?x)
	OntoVC: Identifier (?x) → OntoDCite: Identifier (?x)
	OntoVC: Identifier (?x) → OntoMODS: Identifier (?x)
Snrd	OntoVC: Snrd (?x) → OntoDC: Type (?x)
	OntoVC: Snrd (?x) → OntoLOM: LearningResourceVocabularyItem (?x)
	OntoVC: Snrd (?x) → OntoDCite: ResourceTypeGeneral (?x)
	OntoVC: Snrd (?x) → OntoMODS: TypeOfResource (?x)
Driver	OntoVC: Driver (?x) → OntoDC: Type (?x)

	OntoVC: Driver (?x) → OntoLOM: LearningResourceVocabularyItem (?x)
	OntoVC: Driver (?x) → OntoDCite: ResourceTypeGeneral (?x)
	OntoVC: Driver (?x) → OntoMODS: TypeOfResource (?x)
Version	En DC no hay una correspondencia
	OntoVC: Version (?x) → OntoLOM: LifeCyclePropertiesCategory(?x) ^ Version (?x)
	OntoVC: Version (?x) → OntoDCite: Version (?x)
	En MODS no hay una correspondencia

Algunas consideraciones para tener en cuenta al momento del mapeo son:

- Para el concepto *Format* todos los estándares recomiendan la utilización de la lista registrada IANA de tipos de medio de internet (tipos MIME). (IANA, s.f.)
- Para el caso de SNRD y Drive, subconceptos de *Type*, cuando se realiza el mapeo con los conceptos de OntoLOM, se establece su equivalencia con el metadato *LearningResourceVocabularyItem*. Sin embargo, dado que este concepto refiere a recursos educativos, se hace necesario identificar las equivalencias en los valores que estos pueden asumir. La tabla 4.3 muestra en detalles el mapeo identificado para los valores que pueden asumir ambos conceptos y que está en concordancia con las reglas de derivación presentadas en el anexo 2.3. Así, por ejemplo, para el valor SNRD “artículo” o “article” en Driver, el metadato *LearningResourceVocabularyItem* tomará el valor *NarrativeText*.
- Para el caso de SNRD y Drive, subconceptos de *Type*, cuando se realiza el mapeo con los conceptos de OntoLOM, se establece su equivalencia con el metadato *LearningResourceVocabularyItem*. Sin embargo, dado que este concepto refiere a recursos educativos, se hace necesario identificar las equivalencias en los valores que estos pueden asumir. La tabla 4.3 muestra en detalles el mapeo identificado para los valores que pueden asumir ambos conceptos y que está en concordancia con las reglas de derivación presentadas en el anexo 2. Así, por ejemplo, para el valor SNRD

“artículo” o “article” en Driver, el metadato LearningResourceVocabularyItem tomará el valor NarrativeText.

Tabla 4.3: Correspondencias entre los valores Snrd, Driver y LearningResourceVocabularyItem

Valor SNRD	Valor DRIVER	Valor LearningResourceVocabularyItem
Artículo	Article	Narrative Text
Objeto de conferencia	Conference Object	Lecture
Tesis Doctoral	Doctoral Thesis	Narrative Text
Revisión literaria	Review	Narrative Text
Other	Other	Simulation
Fotografía	Other	Figure
Conjunto de datos	Other	Table

En cuanto a los valores de los conceptos de Type en DC se recomienda la utilización del vocabulario DCMI Type¹³, donde se toman las relaciones entre Snrd – DC que se muestran en la tabla 4.4. Para el estándar MODS los posibles valores son definidos en el estándar y una posible relación propuesta en este trabajo (Tabla 4.4):

Tabla 4.4: Correspondencias entre los valores Snrd, DC y MODS para el concepto Type

Valor Snrd	Valor DC	Valor MODS
Artículo	Text	Text
Tesis doctoral	Text	Text
Other	InteractiveResource	Software/Multimedia
Fotografía	Image	Image
Conjunto de datos	DataSet	-

En el caso del estándar DataCite utiliza los valores DCMI Type, agregando algunos como: *audiovisual*, *model*, *workflow* y *other*.

Por otra parte, para el concepto *version* en LOM se recomienda utilizar los valores: *draft*, *final*, *revised*, *unavailable*; y en DataCite se utilizan número para indicar las versiones. En OntoVC se adoptó utilizar los valores recomendados por el SNRD: *draft*, *submittedVersion*, *acceptedVersion*, *publisherVersion*, *updateVersion*. Se establecen las siguientes relaciones entre LOM y OntoVC:

¹³ <https://www.dublincore.org/specifications/dublin-core/dcmi-type-vocabulary/2003-02-12/>

- Lom:Draft → OntoVC:Draft o OntoVC:submittedVersion
- Lom:Final → OntoVC:AcceptedVersion o OntoVC:PublisherVersion
- Lom:Revised → OntoVC:UpdateVersion

Teniendo en cuenta los conceptos mencionados anteriormente: *Snrd*, *Version* y *Format*, a continuación, se muestra un ejemplo considerando un OA que es una simulación, por lo cual el valor para el concepto *Snrd* será "Other"; si la versión es la final, el concepto *Version* tendrá como valor "AcceptedVersion"; y se lo considera del tipo aplicación, el valor para el concepto *Format* es "Application". Los valores para cada uno de los conceptos y las reglas de mapeo a las ontologías DC, LOM; MODS y DataCite se muestran en la Figura 4.6.

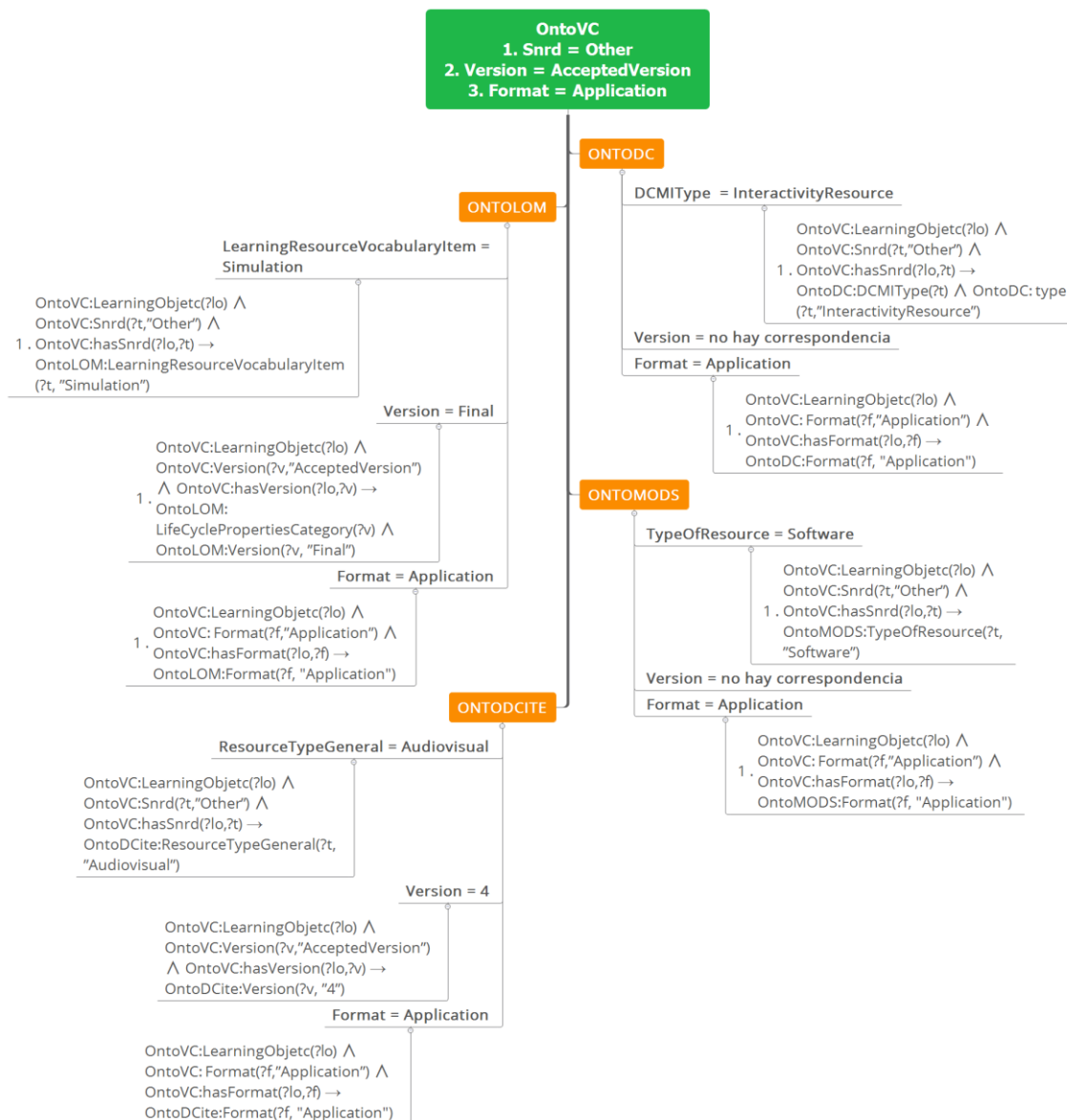


Figura 4.6 Valores de los conceptos Type, Version y Format y reglas para las distintas ontologías

Al haber incorporado en OntoVC los conceptos propuestos por LOM de la categoría *Educational* para mejorar la descripción de los OA, se deben realizar también las reglas de mapeo para estos conceptos (tabla 4.5).

Tabla 4.5: Mapeos de los conceptos de la categoría Educational

Término VC	Reglas
AgeRange	OntoVC: AgeRange (?x) → OntoDC: Audience (?x)
	OntoVC: AgeRange (?x) → OntoLOM: SemanticAgeRange (?x)
	En DataCite no hay una correspondencia
	OntoVC: AgeRange (?x) → OntoMODS: TargetAudience (?x)
Role	OntoVC: Role (?x) → OntoDC: Audience (?x)

	OntoVC: Role (?x) → OntoLOM: IntendedEndUserRoleVocabularyItem (?x)
	En DataCite no hay una correspondencia
	En MODS no hay una correspondencia
Difficulty	En DC no hay una correspondencia
	OntoVC: Difficulty (?x) → OntoLOM: DifficultyVocabularyItem (?x)
	En DataCite no hay una correspondencia
	En MODS no hay una correspondencia
Context	OntoVC: Context (?x) → OntoDC: EducationLevel (?x)
	OntoVC: Context (?x) → OntoLOM: ContextVocabularyItem (?x)
	En DataCite no hay una correspondencia
	En MODS no hay una correspondencia
TypeResource	OntoVC: TypeResource (?x) → OntoDC: Type (?x)
	OntoVC: TypeResource (?x) → OntoLOM: LearningResourceVocabularyItem (?x)
	OntoVC: TypeResource (?x) → OntoDCite: DescriptionType (?x)
	OntoVC: TypeResource (?x) → OntoMODS: TypeOfResource (?x)
InteractivityType	En DC no hay una correspondencia
	OntoVC: InteractivityType (?x) → OntoLOM: InteractivityTypeVocabularyItem (?x)
	En DataCite no hay una correspondencia
	En MODS no hay una correspondencia
InteractivityLevel I	En DC no hay una correspondencia
	OntoVC: InteractivityLevel (?x) → OntoLOM: InteractivityLevelVocabularyItem (?x)
	En DataCite no hay una correspondencia
	En MODS no hay una correspondencia

Una consideración especial se debe tener con las etiquetas *Context* y *Role*, donde se recomienda, para el estándar DC utilizar vocabularios controlados, pero no se especifica que vocabulario utilizar. Por lo cual, se consideró pertinente tomar los valores propuestos por el estándar LOM en ambos casos para incorporarlos en la definición de OntoVC.

Observando la tabla 4.5, se puede notar que la mayoría de los metadatos no tienen su correspondencia en los otros estándares, esto tiene que ver con la generalidad con la que los otros estándares describen los OA.

Siguiendo con lo mencionado en la sección anterior y a modo de ejemplificar el uso de RuleML se muestra a continuación, la regla (2) definida para el concepto *TypeResource*.

```

<ruleml:imp>
  <ruleml:_body>
    <swrlx:classAtom>

```

(2)

```

                <owlx:Class owlx:name="&OntoVC;#TypeResource"/>
                <ruleml:var>p</ruleml:var>
            </swrlx:classAtom>
        </ruleml:_body>
    </ruleml:_head>
    <swrlx:classAtom>
        <owlx:Class owlx:name="&OntoDCite;#DescriptionType"/>
        <ruleml:var>p</ruleml:var>
    </swrlx:classAtom>
</ruleml:_head>
</ruleml:imp>

```

En el cuerpo de esta regla corresponde a conceptos de OntoVC y la cabecera está representada por OntoDCite, ontología de estándar DataCite.

4.4 Reglas de Mapeo - Categoría *IntelectualProperty*

Los conceptos correspondientes a la categoría *IntelectualProperty* representan información acerca de los derechos que tienen sobre el OA tanto de autores como de lectores. Se definieron las subclases: *Agent*, *Publisher* y *Rights*, que representa respectivamente a los diferentes agentes que pueden estar involucrados en el desarrollo del OA, el editor y los derechos correspondiente al OA. La clase *Agent* se especializan en *Creator* y *Contributor*, que representan al autor y los colaboradores respectivamente.

Para poder establecer las relaciones de los conceptos definidos en OntoVC y los estándares tomados como referencia: DC, LOM, MODS y Data Cite; se definieron las reglas de mapeo mostradas en la tabla 4.6.

Tabla 4.6: Mapeos de los conceptos de la categoría *IntelectualProperty*

Término VC	Reglas
Creator	OntoVC: Creator(?x) → OntoDC: Creator(?x)
	OntoVC: Creator (?x) → OntoLOM: Entity (?x) ^ RolesVocabulary(?x, "author")
	OntoVC: Creator (?x) → OntoDCite: CreatorName (?x)
	OntoVC: Creator (?x) → OntoMODS: Name(?x) ^ OntoMODS: Role(?x, creator)
	OntoVC: Contributor(?x) → OntoDC: Contributor (?x)
Contributor	OntoVC: Contributor (?x,?y) → OntoLOM: Entity (?x) ^ RolesVocabulary(?y, validator)
	OntoVC: Contributor (?x, ?y) → OntoDCite: ContributorName (?x) ^ OntoDCite: ContributorType (?y)

	OntoVC: Contributor (?x,?y) → OntoMODS: Name (?x) ^ OntoMODS: Role(?y)
Affiliation	OntoVC: Affiliation (?x) → OntoDC: Description (?x)
	En LOM no hay una correspondencia
	OntoVC: Affiliation (?x) → OntoDCite: Affiliation (?x)
Publisher	OntoVC: Affiliation (?x) → OntoMODS: Affiliation(?x)
	OntoVC: Publisher(?x) → OntoDC: Publisher (?x)
	OntoVC: Publisher (?x) → OntoLOM: Entity (?x) ^ RolesVocabulary(?y, publisher)
	OntoVC: Publisher (?x) → OntoDCite: Publisher (?x)
Rights	OntoVC: Publisher (?x) → OntoMODS: Role(?x)
	OntoVC: Rights(?x) → OntoDC: Rights (?x)
	OntoVC: Rights (?x) → OntoLOM: Rights (?x)
	OntoVC: Rights (?x) → OntoDCite: Rights (?x)
UriLicense	OntoVC: Rights (?x) → OntoMODS: accessCondition(?x)
	OntoVC: UriLicense(?x) → OntoDC: RightsStatement (?x)
	En LOM no hay una correspondencia
	OntoVC: UriLicense (?x) → OntoDCite: RightsUri (?x)
	En MODS no hay una correspondencia

En estos mapeos hay que considerar especialmente los conceptos *Creator* y *Contributor*, dado que en OntoVC, OntoDC y en OntoDCite los conceptos que se utilizan están directamente relacionados con el actor involucrado. Por ejemplo, si se hace referencia al autor en OntoVC se utiliza el concepto *Creator* al igual que en OntoDC y *CreatorName* en OntoDCite. Sin embargo, en OntoLOM y OntoMODS se utilizan conceptos generales como *Entity* y *Name* respectivamente para indicar el nombre de la persona o entidad y otro concepto diferente para representar su rol, ya sea que ese nombre corresponde al autor, colaborador o editor. Así, para el caso de un autor, en OntoLOM se utiliza el concepto *RolesVocabulary* con el valor “author” y en OntoMODS el concepto *Role* con el valor “creator”. La misma situación a tener en cuenta para el concepto *Contributor*.

Para ejemplificar la aplicación de las reglas se toma como ejemplo un OA, donde una instancia del concepto *Creator* es “Sandobal” y los permisos de acceso y uso es “Open Access”, este último se corresponde con el concepto *Rights* de OntoVC y se debe completar además la URI donde se especifica la licencia, en este caso se tomará como ejemplo <http://creativecommons.org/license/by-nc->

[sa/4.0/](#) . Las reglas de mapeo para los valores de ejemplo que toman los conceptos en OntoVC se muestran en la figura 4.7. Aquí, nuevamente se define por cada valor su equivalencia en las ontologías tomadas como referencia: OntoDC, OntoLOM, OntoMODS y OntoDCite.

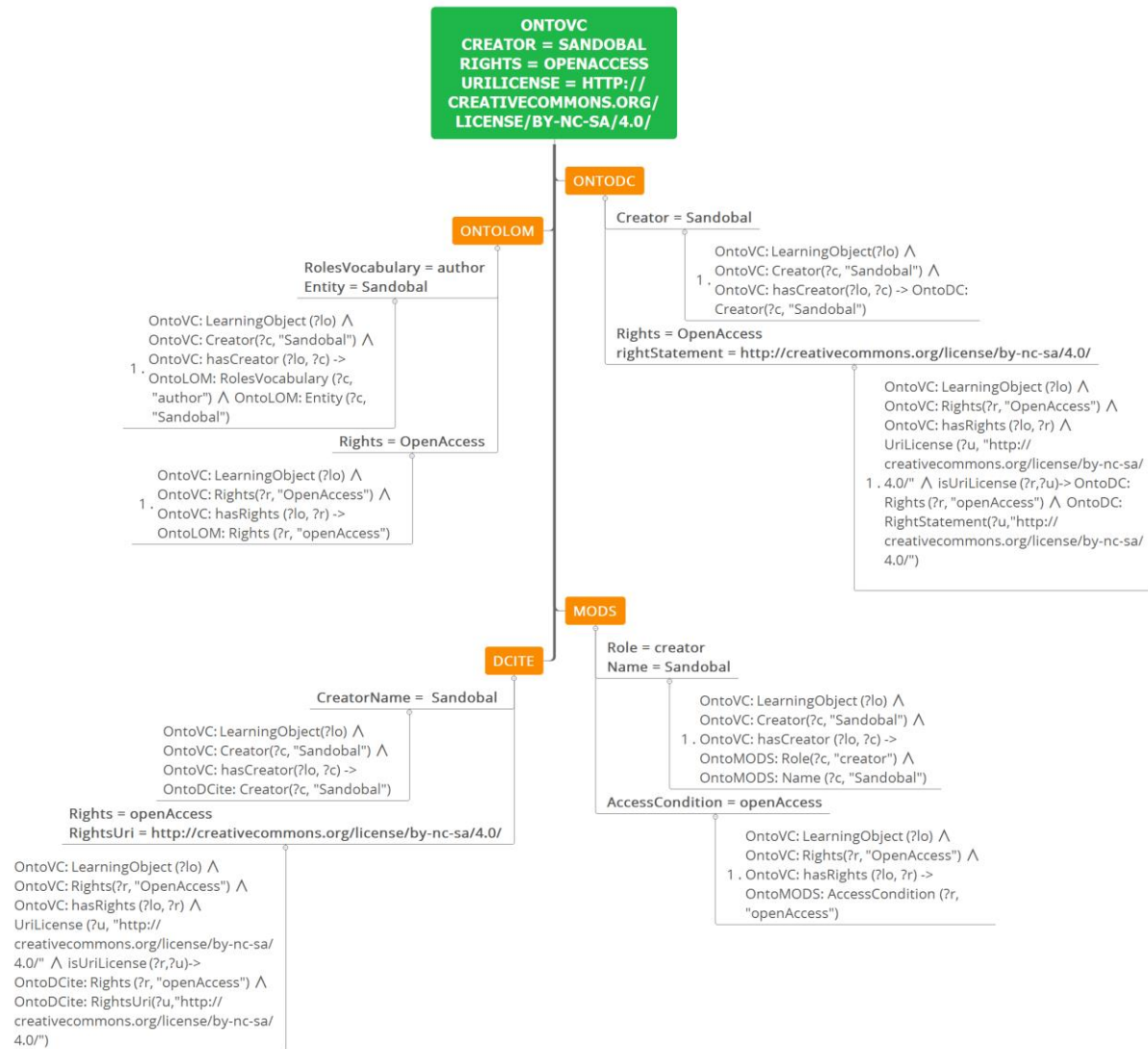


Figura 4.7 Valores de los conceptos Creator, Rights y UriLicense y reglas para las distintas ontologías

La regla (3) se define para el concepto *Creator* utilizando la representación de SWRL combinado con RuleML, como se mostró en secciones anteriores.

```
<ruleml:imp>
  <ruleml:_body>
    <swrlx:classAtom>
      <owl:Class owl:name="&OntoVC;#Creator"/>
    <ruleml:var>p</ruleml:var>
  </ruleml:_body>
</ruleml:imp> (3)
```

```
</swrlx:classAtom>
</ruleml:_body>
<ruleml:_head>
  <swrlx:classAtom>
    <owlx:Class owlx:name="&OntoDCite;#CreatorName"/>
    <ruleml:var>p</ruleml:var>
  </swrlx:classAtom>
</ruleml:_head>
</ruleml:imp>
```

En el cuerpo de esta regla se declara el OntoVC y la cabecera está representada por OntoDCite, ontología de estándar DataCite.

En este capítulo se desarrolló completamente la capa Mediador, donde se muestran los mapeos que son necesarios realizar entre el VC y los estándares de metadatos que implementan los diferentes repositorios. De esta manera, se completa la explicación del modelo propuesto, para dar paso al capítulo 5 donde se describen ejemplos completos de búsqueda y depósito de OA.

Capítulo 5: Prueba de conceptos

En el capítulo anterior se completó el desarrollo de la capa mediador, lo que permite dar lugar a la validación del modelo. Por lo cual, en este capítulo se presentan pruebas de conceptos que permiten realizar la validación, describiendo los pasos necesarios tanto para el depósito como para las búsquedas de OA a partir de criterios definidos. El objetivo de este capítulo es mostrar los beneficios que presenta el modelo de interoperabilidad a partir de la definición específica de los OA para mejorar la búsqueda de estos. Para poder obtener buenos resultados es necesario que los OA sean descriptos a partir de sus metadatos de manera explícita y específica para un OA.

A fin de validar la propuesta se toman ejemplos de repositorios que actualmente se encuentran en funcionamiento, como ser: el Repositorio Institucional Abierto (RIA) de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Servicio de Difusión de la Creación Intelectual (Sedici) repositorio institucional de la Universidad Nacional de La Plata, el Repositorio Hipermedial UNR (Rep Hip UNR) de la Universidad Nacional de Rosario, el Repositorio Multimedia Educational Resource for Learning and On Line Teaching (Merlot) de la Universidad Estatal de California, el Repositorio Graduate! de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco y el Repositorio Proyecto Agrega². Se describen los pasos que deben llevarse a cabo para el correcto depósito y la optimización de las búsquedas.

El capítulo se organiza de la siguiente manera: en la sección 5.1 se describe el contexto sobre el cual se desarrollan los casos de estudio que se utilizan para la validación; luego en la sección 5.2 se detalla la operatoria que se debe realizar para el depósito de un OA y en la sección 5.3 se describe los pasos a seguir para realizar la búsqueda de OA.

5.1 Contexto

Como se mencionó anteriormente, para mostrar la operatoria que se sigue tanto en los depósitos como en las búsquedas de los OA, se toman como ejemplos los siguientes repositorios:

- Repositorio Institucional Abierto (RIA)¹⁴ de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN)
- Servicio de Difusión de la Creación Intelectual (Sedici)¹⁵ repositorio institucional de la Universidad Nacional de La Plata.
- Repositorio Hipermedial UNR (Rep Hip UNR)¹⁶ de la Universidad Nacional de Rosario.
- Repositorio Multimedia Educational Resource for Learning and On Line Teaching (Merlot)¹⁷ de la Universidad Estatal de California asociada con otras instituciones educativas, sociedades profesionales e industria.
- Repositorio Graduate! de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco,
- Repositorio Proyecto Agrega²¹⁸, el cual es una federación de repositorios de objetos digitales de instituciones educativas españolas.

Estos repositorios fueron tomados de referencia por diferentes razones. Con respecto al RIA, fue seleccionado dado que es el de la universidad donde se llevó adelante esta tesis y tanto la autora como sus directoras pertenecen a la institución. El RIA se encuentra en pleno desarrollo y en proceso de mejora, por lo cual el resultado de esta tesis también pretende ser un aporte a la mejora en el funcionamiento del mismo. Por otro lado, los repositorios Sedici y Rep Hip UNR son repositorios referentes, ya que hace varios años están trabajando en la implementación y mejora de los servicios que los repositorios ofrecen a sus usuarios. En los casos de los repositorios Merlot, Graduate! y Agrega² son específicamente de OA, se caracterizan por alojar objetos digitales que tienen como principal objetivo poner a disposición OA que faciliten el proceso de enseñanza-aprendizaje.

¹⁴ Repositorio Institucional Abierto – UTN - <https://ria.utn.edu.ar/>

¹⁵ Servicio de Difusión de la Creación Intelectual (Sedici) - <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/43223>

¹⁶ Repositorio Hipermedial UNR - <https://rehip.unr.edu.ar/>

¹⁷ Repositorio Multimedia Educational Resource for Learning and On Line Teaching (Merlot) - <https://merlot.org/merlot/>

¹⁸ Repositorio Proyecto Agrega² - <http://www.agrega2.es/web/>

Otra de las razones por la que se seleccionaron dichos repositorios, es la variedad de metadatos utilizados en ellos, de manera de poder visualizar la utilización del modelo de interoperabilidad propuesto.

En el caso del repositorio RIA utiliza para la descripción de los OA metadatos basados en el estándar DC. Si bien Sedici y Rep Hip UNR utilizan el mismo estándar, agrega a su descripción otros tipos de metadatos. En el caso de Sedici utiliza, por un lado, metadatos propios que los distingue utilizando la etiqueta "sedici" al inicio, y, por otro lado, utiliza otros metadatos del estándar MODS, antecediendo el prefijo "mods". En cuanto a Rep Hip UNR además de los metadatos de DC, agrega algunos metadatos del estándar LOM, para indicarlo también antecede el prefijo "LOM" a cada etiqueta utilizada.

Con respecto a Merlot, Graduate! y Agrega² utilizan el estándar LOM para describir a los OA alojados en el repositorio.

5.2 Depósito de OA

En esta sección se presentan dos ejemplos de depósito utilizando el modelo de interoperabilidad propuesto. Para ello se tomaron dos OA depositados en repositorios de referencias donde el primer OA fue definido con el estándar DC y el segundo con el estándar LOM. La figura 5.1, muestra el esquema del proceso a seguir. Se simula el depósito del OA a partir del usuario quien utiliza OntoVC para describirlo, luego en el repositorio cosechador se llevan a cabo los mapeos a las ontologías DC y LOM (que son los estándares que utilizan los repositorios tomados como referencia), para luego hacer el depósito en los repositorios locales. De esta manera, también se pone de manifiesto la completitud de los términos seleccionados para formar parte del VC que conforma el modelo de interoperabilidad propuesto.

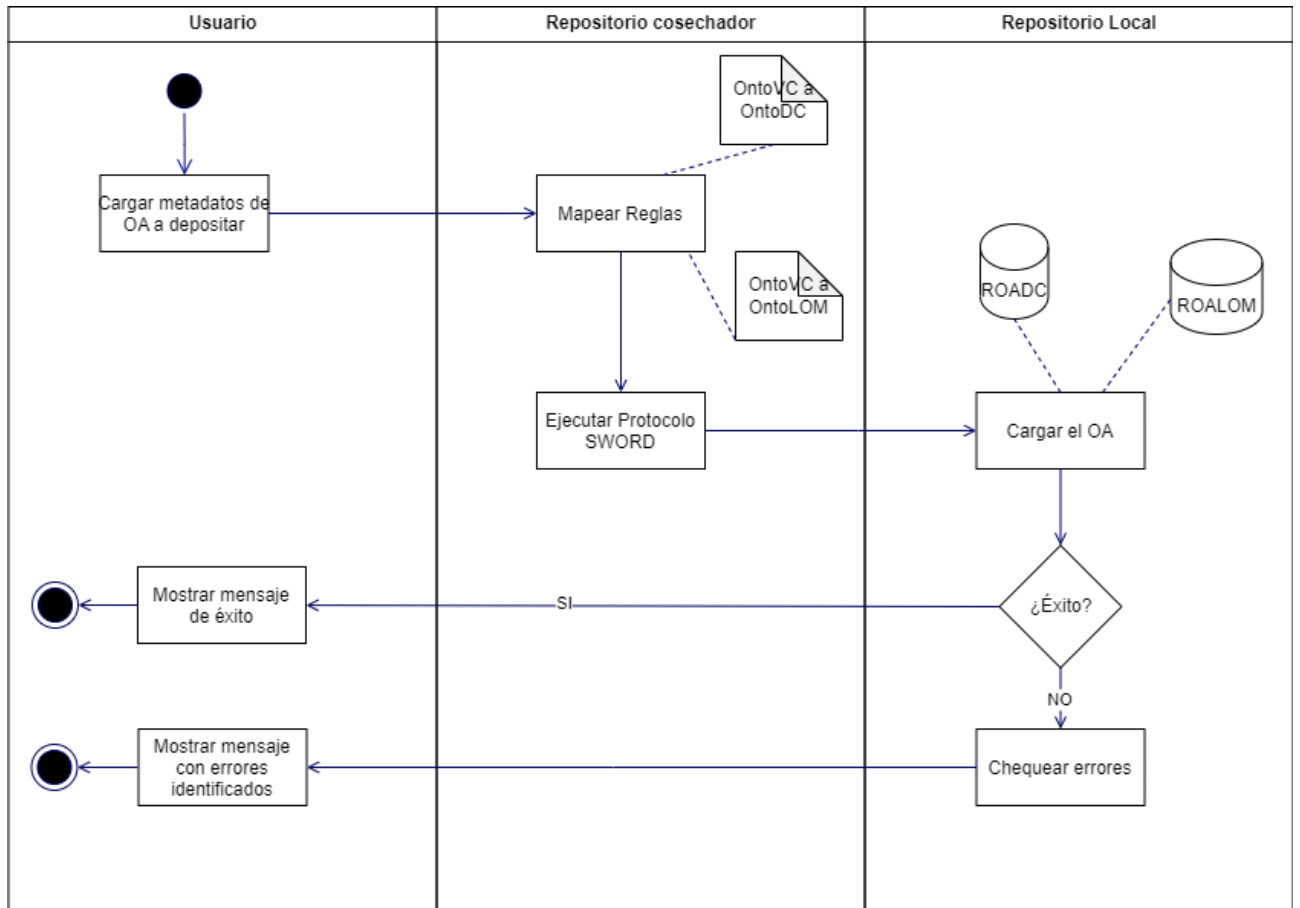


Figura 5.1 Operatoria para el depósito de un OA en repositorios con estándar DC y LOM

5.2.1 Ejemplo 1 – RIA - Creación de la instancia y mapeo de reglas para el depósito

En primer lugar, se toma como ejemplo un artículo de revista, el cual es extraído del repositorio RIA de UTN. En la Figura 5.2 se muestran algunos de los metadatos cargados para describir el OA en el repositorio.

dc.format	application/pdf	es_ES
dc.language.iso	spa	es_ES
dc.rights	info:eu-repo/semantics/openAccess	es_ES
dc.rights.uri	http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/	*
dc.subject	metodologías activas	es_ES
dc.subject	observación de clases	es_ES
dc.subject	materias integradoras	es_ES
dc.title	La observación de clase como recurso para analizar la enseñanza con vistas a la permanencia	es_ES
dc.type	info:eu-repo/semantics/article	es_ES
dc.description.affiliation	Fil: Dalfaro, Nidia. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Resistencia. Grupo de Investigación en Educación sobre Ingeniería; Argentina	es_ES
dc.description.affiliation	Fil: Del Valle, Carmen Graciela. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Resistencia. Grupo de Investigación en Educación sobre Ingeniería; Argentina	es_ES
dc.description.affiliation	Fil: Aguilar, Nancy. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Resistencia. Grupo de Investigación en Educación sobre Ingeniería; Argentina	es_ES
dc.description.affiliation	Fil: Voelki, Laura Marina. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Resistencia. Grupo de Investigación en Educación sobre Ingeniería; Argentina	es_ES

Figura 5.2 Metadatos cargados en el RIA del OA tomado como ejemplo

Si consideramos la división de categorías propuesto en el capítulo 3 para el vocabulario compartido, y teniendo en cuenta los metadatos que describen al OA, en la categoría de *Content* (Figura 5.3) se instancian los siguientes conceptos y valores:

- Se crea la instancia “La observación de la clase como recurso para analizar la enseñanza con vistas a la permanencia” del concepto *Title*.
- Se crean tres instancias “metodologías activas”, “observación de clase”, “materias integradoras” del concepto *Keyword*.
- se crea la instancia “El desarrollo de las Competencias en Materias Integradoras ...” del concepto *Abstract*.

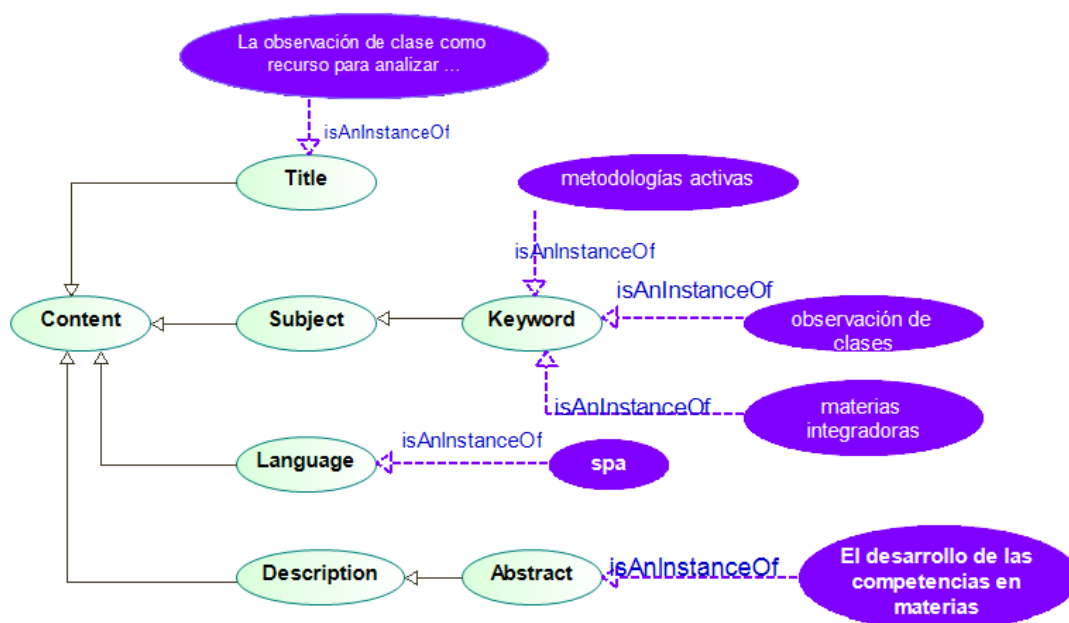


Figura 5.3 Instancias de la categoría Content

Para la categoría *Instantiation* (Figura 5.4) el formato (*format*) del OA es pdf, cuenta con dos identificadores (*identifier*) uno del tipo ISBN, cuyo valor es 978-950-658-4719, y otro que representa una URI con el formato de handle: <http://hdl.handle.net/20.500.12272/3970>; además tiene una fecha de publicación (*datePublished*) que es 18/05/2019. En cuanto a los tipos de OA, y la subcategoría General, tiene los valores de *Snrd* como “Artículo”, el valor de *Driver* es “Article”, y la versión (*version*) del OA corresponde a “Published”. En cuanto a los metadatos educativos (Educational) los valores pueden completarse teniendo en cuenta el Anexo II que relaciona los valores de los metadatos para *Snrd* y *Driver* con los educacionales, que en este caso son para *Snrd* =Artículo y para *Driver*=Article. La regla para conocer el valor correspondiente a *interactiveType* se define en (1), donde se establece que, si el OA corresponde a un artículo, entonces su tipo de interactividad será “expositivo”. Luego, la regla (2) permite conocer el valor para *typeResource* y por último la regla (3) deriva el valor para *interactivityLevel*.

$$\begin{aligned}
 & LearningObject(?lo) \wedge Driver (?d, "Article") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd (?s, "Artículo") \\
 & \wedge hasSnrdType (?lo,?s) \wedge InteractivityType(?t, "Expositivo") \rightarrow hasInteractivityType(?lo, ?t)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{LearningObject(?lo) } \wedge \text{ Driver (?d, "Article") } \wedge \text{hasDriverType(?lo,?d) } \wedge \text{ Snrd (?s, "Artículo")} \\
 & \wedge \text{hasSnrdType (?lo,?s)} \wedge \text{TypeResource(?t,"NarrativeText")} \rightarrow \text{hasInteractivityType(?lo, ?t)} \quad (2) \\
 & \text{LearnigObject(?lo) } \wedge \text{ InteractivityType(?i, "Expositive")} \wedge \text{hasInteractivityType(?lo,?i) } \wedge \\
 & \text{TypeResource(?r, "NarrativeText")} \wedge \text{hasTypeResource(?lo,?r) } \wedge \text{InteractivityLevel(l, "Very} \\
 & \text{Low")} \rightarrow \text{hasInteractivityLevel(?lo, ?l)} \quad (3)
 \end{aligned}$$

A partir de la ejecución de las reglas, obtenemos que el valor de *typeResource* es "Narrative Text", el de *interactivityLevel* "Very Low" y el de *interactivityType* "Expositive".

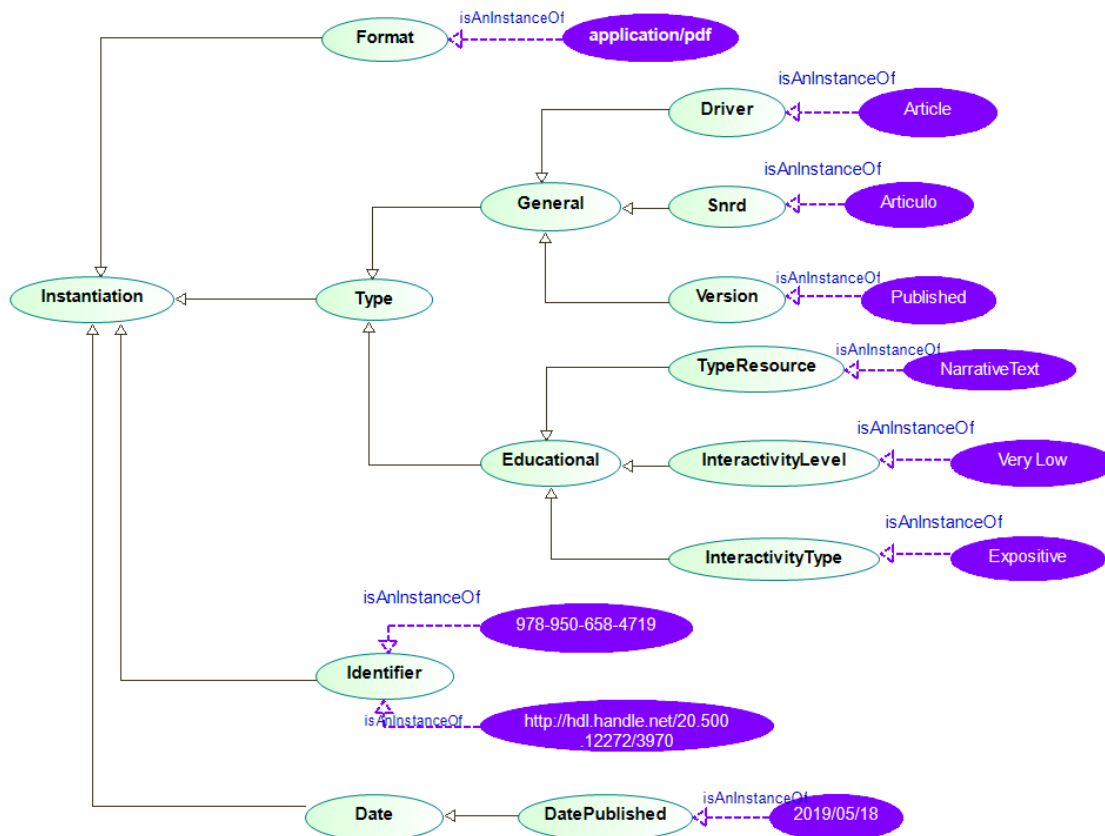


Figura 5.4 Instancias de la categoría Instantiation

Para el caso de la categoría *IntelectualProperty* (Figura 5.5) donde se debe indicar los autores, se consideró un OA que tiene varios autores, por lo cual deberá crearse varias instancias de la etiqueta *creator*, los autores son: Dalfaro, Nidia; Del Valle, Graciela; Aguilar, Nancy y Voelki, Laura Marina; y cuya filiación (*affiliation*) es "Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Resistencia. Grupo de Investigación Educativa sobre Ingeniería; Argentina". Cada una de las instancias de *creator* se relacionarán con *affiliation* a través de la relación *isMemberOf*. En

cuanto a los derechos (rights) responde a las condiciones de “acceso abierto”, cuyo valores de derechos de uso (*uriLicence*) es “Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional”, y la URI que representa este derecho es <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>, que se representa mediante otra instancia de *uriLicence*.

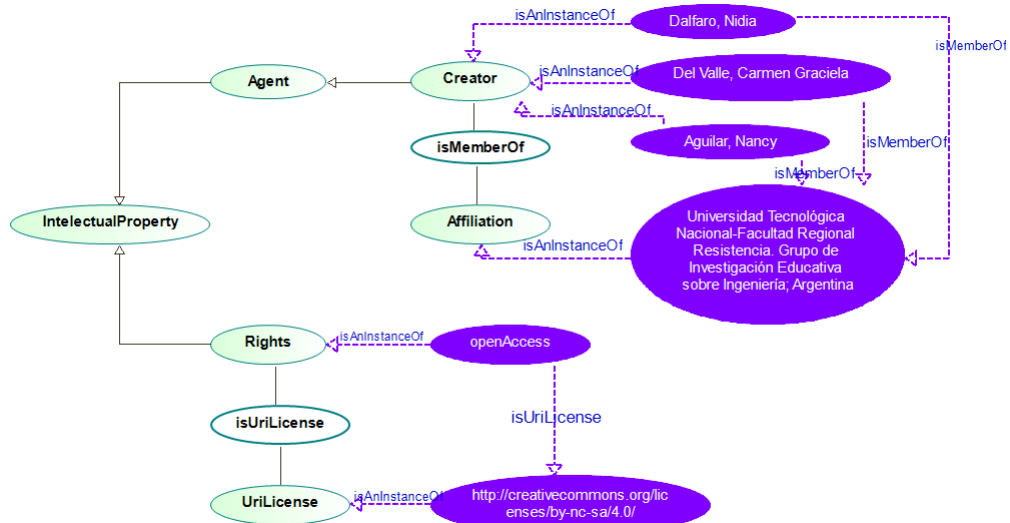


Figura 5.5 Instancias de la categoría IntelectualProperty

Una vez descrito el OA utilizando OntoVC, es posible continuar con los mapeos hacia las otras ontologías para su efectivo depósito en los repositorios locales.

A continuación, se describen dichos mapeos. En este caso particular, y considerando que los repositorios tomados como referencia utilizan DC y LOM, se realizarán los mapeos de los conceptos de OntoVC a las ontologías OntoDC (para los repositorios que implementan el estándar DC) y OntoLOM (para aquellos repositorios que utilizan LOM como estándar).

5.2.1.1 OntoVC a OntoDC

Siguiendo con el ejemplo de la figura 5.2, en la tabla 5.1 se muestran las reglas de mapeo necesarias para poder depositar un OA del tipo “artículo de revista” desde OntoVC a un repositorio cuyo estándar de metadatos es DC. Puede notarse que hay conceptos que se repiten debido a que pueden tener más de una instancia, tal es el caso de *keyword*, *identifier* y *creator*.

Tabla 5.1: Reglas de mapeo de OntoVC a OntoDC

Concepto OntoVC	Reglas
Title	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: Title(?t, "La observación de clase como recurso para analizar ...") ^ OntoVC: hasTitle(?lo,?t)-> OntoDC: title (?l, "La observación de clase como recurso para analizar ...")
Language	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: Language(?l,"spa") ^ OntoVC: hasLanguage(?lo,?l)-> OntoDC: LinguisticSystem(?l) ^ OntoDC: language (?l,"spa")
Keyword	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: keyword(?k, "metodologías activas") ^ OntoVC: hasKeyword(?lo,?k) -> OntoDC:Subject(?k, "metodologías activas")
Keyword	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: keyword(?k, "observación de clases") ^ OntoVC: hasKeyword(?lo,?k) -> OntoDC:Subject(?k, "observación de clases")
Keyword	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: keyword(?k, "materias integradoras") ^ OntoVC: hasKeyword(?lo,?k) -> OntoDC:Subject(?k, "materias integradoras")
Abstract	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: Abstract(?a, "El desarrollo de las Competencias en Materias Integradoras ...") ^ OntoVC:hasAbstract(?lo,?a) -> OntoDC: Description(?c, "El desarrollo de las Competencias en Materias Integradoras ...")
Format	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: Format(?f,"application/pdf") ^ OntoVC: hasFormat(?lo,?f)-> OntoDC: MediaTypeOrExtent(?f) ^ OntoDC: format (?f,"application/pdf")
DatePublished	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: DatePublished(?d, "2018-05-18") ^ OntoVC:hasDatePublished(?lo,?d) -> OntoDC: dateAccepted(?d, "2018-05-18")
Identifier	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: Identifier(?i, "978-950-658-4719") ^ OntoVC:hasIdentifier(?lo,?i) -> OntoDC: identifier(?d, "978-950-658-4719")
Identifier	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: Identifier(?i, "http://hdl.handle.net/20.500.12272/3970") ^ OntoVC:hasIdentifier(?lo,?i) -> OntoDC: identifier(?d, "http://hdl.handle.net/20.500.12272/3970")
Snrd	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: Snrd(?s, "Articulo") ^ OntoVC: hasSnrdType(?lo,?s) -> OntoDC: DCMIType (?s) ^ OntoVC: Type(?s,"text")
Creator	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: Creator(?c, "Dalfaro, Nidia") ^ OntoVC: hasCreator(?lo,?c)-> OntoDC: Agent(?c) ^ OntoDC: creator (?c, "Dalfaro, Nidia")
Creator	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: Creator(?c, "Del Valle, Carmen Graciela") ^ OntoVC: hasCreator(?lo,?c)-> OntoDC: Agent(?c) ^ OntoDC: creator (?c, "Del Valle, Carmen Graciela")

<i>Creator</i>	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: Creator(?c, "Aguilar, Nancy") ^ OntoVC: hasCreator(?lo,?c)-> OntoDC: Agent(?c) ^ OntoDC: creator (?c, "Aguilar, Nancy")
<i>Rights</i>	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: Rights(?r, "openAccess") ^ OntoVC: hasRights(?lo,?r)-> OntoDC: RightsStatement(?r) ^ OntoDC: accessRights (?r, "openAccess")
<i>UriLicense</i>	OntoVC: Rights(?r) ^ OntoVC: UriLicense(?u, "http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/" ^ OntoVC: isUriLicese(?r,?u)-> OntoDC: RightsStatement(?u) ^ OntoDC: rights (?u, http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

En el caso del concepto *Driver* no cuenta con un mapeo directo para el estándar DC, para el mapeo se utiliza la etiqueta *Type* para incluir los valores correspondientes. Para el concepto *Affiliation*, los repositorios que implementan el estándar DC utilizan la etiqueta *description* para indicar la filiación de los autores (Tabla 5.2):

Tabla 5.2: Reglas de mapeo de *OntoVC* a *OntoDC* para los casos particulares de *Affiliation* y *Driver*

Concepto <i>OntoVC</i>	Reglas
<i>Affiliation</i> (teniendo en cuenta que debe haber una instancia por cada autor del OA)	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: Affiliation(?l, "Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Resistencia. Grupo de Investigación Educativa sobre Ingeniería, Argentina") ^ OntoVC: Creator(?l, "Dalfaro, Nidia") ^ OntoVC: hasCreator(?lo,?l)-> OntoDC: description (?l, "Fil: Dalfaro, Nidia. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Resistencia. Grupo de Investigación Educativa sobre Ingeniería, Argentina")
	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: Affiliation(?l, ""Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Resistencia. Grupo de Investigación Educativa sobre Ingeniería, Argentina") ^ OntoVC: Creator(?l, "Del Valle, Carmen Graciela") ^ OntoVC: hasCreator(?lo,?l)-> OntoDC: OntoDC: description (?l, "Fil: Del Valle, Graciela. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Resistencia. Grupo de Investigación Educativa sobre Ingeniería, Argentina")
	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: Affiliation(?l, ""Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Resistencia. Grupo de Investigación Educativa sobre Ingeniería, Argentina") ^ OntoVC: Creator(?l, "Aguilar, Nancy") ^ OntoVC: hasCreator(?lo,?l)-> OntoDC: OntoDC: description (?l, "Fil: Aguilar, Nancy. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Resistencia. Grupo de Investigación Educativa sobre Ingeniería, Argentina")

Driver	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: Driver(?d, "Article") ^ OntoVC: hasDriver(?lo,?d)-> OntoDC: Type (?l, "article")
Version	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: Version(?v, "Published") ^ OntoVC: hasVersion(?lo,?v)-> OntoDC: Type (?l, "publisherVersion")

5.2.1.2 OntoVC a OntoLOM

En la tabla 5.3 se muestran las reglas de mapeo necesarias para poder depositar un OA del tipo "artículo de revista" desde OntoVC a un repositorio cuyo estándar de metadatos es LOM.

Tabla 5.3: Reglas de mapeo de OntoVC a OntoLOM

Concepto OntoVC	Reglas
Title	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: Title(?t, "La observación de clase como recurso para analizar ...") ^ OntoVC: hasTitle(?lo,?t)-> OntoLOM: title (?l, "La observación de clase como recurso para analizar ...")
Language	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: Language(?l,"spa") ^ OntoVC: hasLanguage(?lo,?l)-> OntoLOM: language (?l, "spa")
Keyword	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: keyword(?k, "metodologías activas") ^ OntoVC: hasKeyword(?lo,?k) -> OntoLOM:Subject(?k, "metodologías activas")
Keyword	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: keyword(?k, "observación de clases") ^ OntoVC: hasKeyword(?lo,?k) -> OntoLOM:Subject(?k, "observación de clases")
Keyword	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: keyword(?k, "materias integradoras") ^ OntoVC: hasKeyword(?lo,?k) -> OntoLOM:Subject(?k, "materias integradoras")
Abstract	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: Abstract(?a, "El desarrollo de las Competencias en Materias Integradoras ...") ^ OntoVC:hasAbstract(?lo,?a) -> OntoLOM: Description(?c, "El desarrollo de las Competencias en Materias Integradoras ...")
Format	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: Format(?f,"pdf") ^ OntoVC: hasFormat(?lo,?f)-> OntoLOM: format (?f,"pdf")
DatePublished	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: DatePublished(?d, "2018-05-18") ^ OntoVC:hasDatePublished(?lo,?d) -> OntoLOM: Date(?d, "2018-05-18")
Identifier	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: Identifier(?i, "978-950-658-4719") ^ OntoVC:hasIdentifier(?lo,?i) -> OntoLOM: identifier(?d, "978-950-658-4719")
Identifier	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: Identifier(?i, "http://hdl.handle.net/20.500.12272/3970") ^ OntoVC:hasIdentifier(?lo,?i) -> OntoLOM: identifier(?d, "http://hdl.handle.net/20.500.12272/3970")

Snrd	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: Snrd(?s, "Articulo") ^ OntoVC: hasSnrdType(?lo,?s) -> OntoLOM: LearningResourceVocabularyItem(?s, "narrative text")
Creator	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: Creator(?l, "Dalfaro, Nidia") ^ OntoVC: hasCreator(?lo,?l)-> OntoLOM: RolesVocabulary(?l, "autor") ^ OntoLOM: Entity (?l, "Dalfaro, Nidia")
Creator	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: Creator(?l, "Dalfaro, Nidia") ^ OntoVC: hasCreator(?lo,?l)-> OntoLOM: RolesVocabulary(?l, "autor") ^ OntoLOM: Entity (?l, "Del Valle, Carmen Graciela")
Creator	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: Creator(?l, "Dalfaro, Nidia") ^ OntoVC: hasCreator(?lo,?l)-> OntoLOM: RolesVocabulary(?l, "autor") ^ OntoLOM: Entity (?l, "Aguilar, Nancy")
Rights	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: Rights(?r, "openAccess") ^ OntoVC: hasRights(?lo,?r)-> OntoLOM: Rights(?l, "openAccess")
UriLicense	No hay correspondencia
Affiliation	No hay correspondencia

Para el caso de la categoría *Educational*, y teniendo en cuenta las reglas (1), (2) y (3) de la sección 5.2.1, que obtienen los valores de *interactiveType*, *typeResource* y *interactivityLevel* permiten realizar los mapeos para OntoLOM (Tabla 5.4).

Tabla 5.4: Reglas de mapeo de OntoVC a OntoLOM para los conceptos *InteractivityType*, *TypeResource*, *InteractivityLevel*

Concepto OntoVC	Reglas
InteractivityType	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: interactivityType(?i, "Expositive") ^ OntoVC: hasInteractivityType(?lo,?i)-> OntoLOM: InteractivityTypeVocabularyItem (?i, "Expositive")
TypeResource	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: TypeResource(?t, "Narrative Text") ^ OntoVC: hasTypeResource (?lo,?t)-> OntoLOM: LearningResourceVocabularyItem (?t, "Narrative Text")
InteractivityLevel	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: InteractivityLevel(?l, "Very Low") ^ OntoVC: hasInteractivityLevel (?lo,?l)-> OntoLOM: InteractivityLevelVocabularyItem (?l, "Very Low")

5.2.2 Ejemplo 2 – Graduate! - Creación de la instancia y mapeo de reglas para el depósito

Como segundo ejemplo se tomó un OA del tipo material educativo obtenido del repositorio Graduate!. En la figura 5.6 se muestran los metadatos que describen a este OA.

Campo LOM	Valor
Editor	Coordinación Curso OA
Editor	Coordinación Curso OA
URI	http://hdl.handle.net/123456789/255
Título	Ecuaciones Diferenciales Lineales
Idioma	es
Descripción	Resolucion de ecuaciones diferenciales de primer orden lineales, teoria, ejemplos y aplicaciones economicas, historia de las ecuaciones diferenciales.
Palabras Clave	lineales,ecuaciones,solucion,historia,diferenciales,ecuacion,lineal
Estructura	linear
Nivel de agregación	1
Versión	1
Estado	final
Editor	Nilda Belcastro (nildabfce@gmail.com) - 2013-11-26T12:29:22Z
Autor	Belcastro Nilda - 2013-11-26
Iniciador	Nilda Belcastro (nildabfce@gmail.com) - 2013-11-26T12:29:22Z
Fecha de Publicación	2013-11-26T12:29:22Z
Idioma de los metadatos	es
Formato	text/html
Formato	application/x-compressed
Tamaño	693030
Duración	
Tipo de recurso educativo	exercise
Tipo de recurso educativo	questionnaire
Tipo de recurso educativo	narrative text
Tipo de recurso educativo	problem statement
Tipo de recurso educativo	lecture
Tipo de interactividad	active

Figura 5.6 Captura de pantalla que muestra los metadatos existentes en Graduate! del OA tomado como ejemplo

Al igual que el ejemplo anterior, se comienza identificando los conceptos definidos en OntoVC necesarios para describir este OA. De esta manera, en la categoría *Content* (Figura 5.7) el título (*title*) es “Ecuaciones Diferenciales Lineales”, las palabras claves (*keyword*) son: *lineales*, *ecuaciones*, *solución*, *historia*, *diferenciales*. Está escrito en idioma (*language*) *español* (*spa*). Además, se realiza una breve descripción de lo que se trata en el OA (*abstract*) “Resolución de ecuaciones diferenciales de primer orden lineales, teoría, ejemplos y aplicaciones económicas, historia de las ecuaciones diferenciales”. Con estos valores es posible crear las instancias de los conceptos de OntoVC.

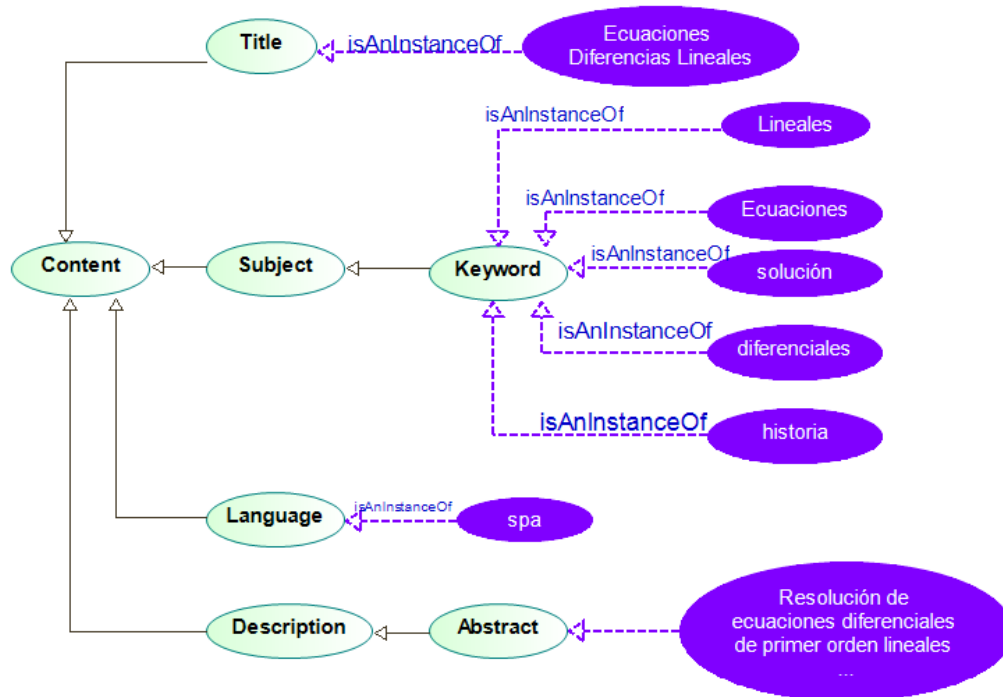


Figura 5.7 Instancias de la categoría Content

Para la categoría *Instantiation* (Figura 5.8) el formato (*format*) en que se levantó el OA es html y como archivo comprimido, cuenta con un identificador (*identifier*) que representa una URI con el formato de handle: <http://hdl.handle.net/123456789/255>. La fecha de publicación (*datePublished*) es 2013-11-26. En cuanto a los tipos de OA, y la subcategoría *Educational*, donde se tiene el rango de edad (*AgeRange*) cuyo valor es "18-70"; el nivel de interactividad (*interactivityLevel*) es "Very High", la dificultad (*Difficulty*) es "Medium", el contexto (*Context*) está definido como "Higher Education", tipo de interactividad (*interactivityType*) es "Active", principales usuarios (*Role*) se definió como "Learner", y como tipo de recurso educativo (*typeResource*) se definieron varios valores: exercise, questionnaire, narrative text, problem statement y lecture.

Teniendo en cuenta que los valores del tipo de recurso educativo (*TypeResource*) son varios y variados para poder obtener el valor de Driver se utiliza la regla (4):

$$\text{LearningObject(?lo)} \wedge \text{typeResource (?t, "Exercise")} \wedge \text{hasTypeResource(?lo,?t)} \wedge \text{Driver(?d,"Other")} \rightarrow \text{hasDriver(?lo, ?d)} \quad (4)$$

Luego, la versión del OA se considera “published”, ya que fue publicado sin mediación de revisión de pares, por ejemplo.

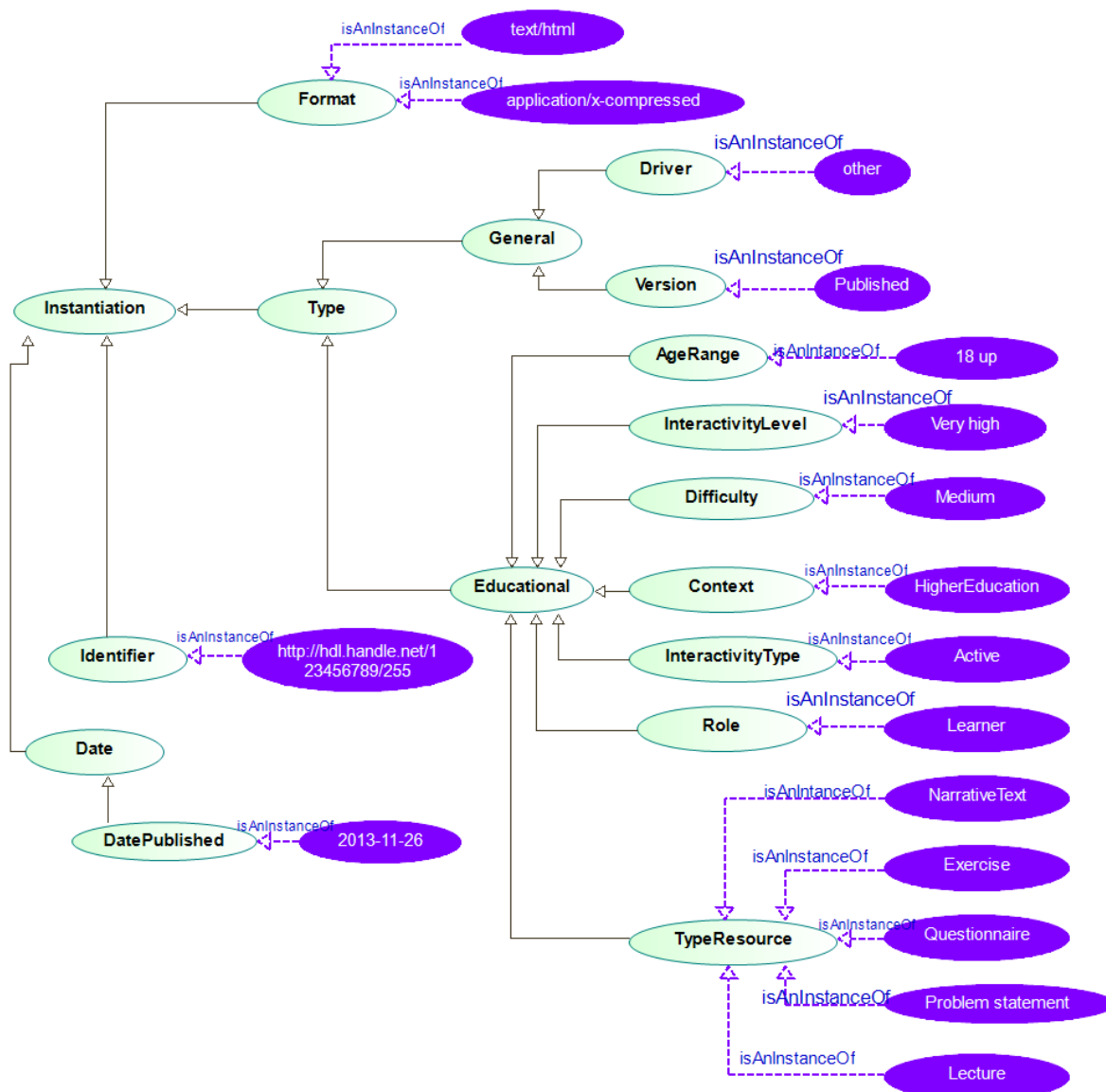


Figura 5.8 Instancias de la categoría Instantiation

Para la categoría *IntelectualProperty* (Figura 5.9) donde se debe indicar los autores, tomamos un OA que tiene un solo autor, la etiqueta *creator* tendrá el valor “Belcastro, Nilda” donde la filiación (*affiliation*) no se encuentra disponible en los metadatos mostrados. En cuanto a los derechos (*rights*) responde a las condiciones de “acceso abierto”, cuyos valores de derechos de uso (*uriLicence*) es “Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Argentina”, y la URI que representa este derecho es <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/>, que se representa

mediante otra instancia de *uriLicence*. En este caso se menciona como editor a “Nilda Belcastro (nildabfce@gmail.com)” que será el valor que tomará la instancia de la etiqueta *Publisher*.

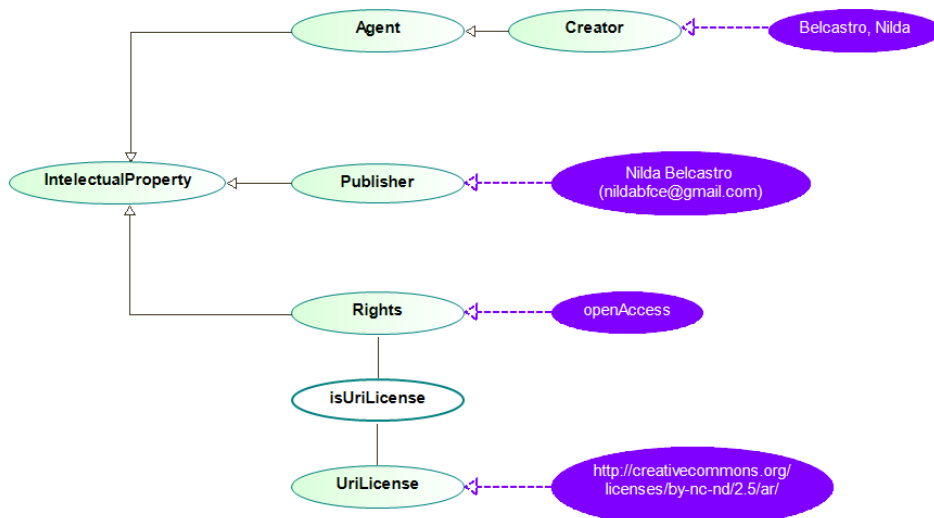


Figura 5.9 Instancias de la categoría *IntelectualProperty*

Como se mostró en la sección anterior, se realizarán las reglas de mapeo desde OntoVC hacia repositorios que implementan los estándares DC (OntoDC) y LOM (OntoLOM).

5.2.2.1 OntoVC a OntoDC

En la tabla 5.5 se muestran los mapeos hacia la ontología OntoDC, para el OA que es un recurso educativo. Para obtener el valor del concepto Driver se utilizó la regla 4, para luego desde ahí realizar el mapeo para el tipo de OA, que en DC utiliza la etiqueta *Type*, indicando antes que se debe utilizar los valores proporcionados por DCMI *Type*.

Tabla 5.5: Reglas de mapeo de OntoVC a OntoDC

Concepto OntoVC	Reglas
Title	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: Title(?t, "Ecuaciones diferenciales lineales") ^ OntoVC: hasTitle(?lo,?t)-> OntoDC: title (?l, ""Ecuaciones diferenciales lineales")
Language	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: Language(?l,"spa") ^ OntoVC: hasLanguage(?lo,?l)-> OntoDC: LinguisticSystem(?l) ^ OntoDC: language (?l,"spa")
Keyword	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: keyword(?k, "lineales") ^ OntoVC: hasKeyword(?lo,?k) -> OntoDC:Subject(?k, "lineales")

Keyword	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: keyword(?k,"ecuaciones") ^ OntoVC: hasKeyword(?lo,?k) -> OntoDC:Subject(?k, "ecuaciones")
Keyword	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: keyword(?k, "diferenciales") ^ OntoVC: hasKeyword(?lo,?k) -> OntoDC:Subject(?k, "diferenciales")
Keyword	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: keyword(?k, "solución") ^ OntoVC: hasKeyword(?lo,?k) -> OntoDC:Subject(?k, "solución")
Keyword	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: keyword(?k, "historia") ^ OntoVC: hasKeyword(?lo,?k) -> OntoDC:Subject(?k, "historia")
Abstract	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: Abstract(?a, "Resolución de ecuaciones diferenciales de primer orden lineales") ^ OntoVC:hasAbstract(?lo,?a) -> OntoDC: Description(?c, "Resolución de ecuaciones diferenciales de primer orden lineales")
Format	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: Format(?f,"text/html") ^ OntoVC: hasFormat(?lo,?f)-> OntoDC: MediaTypeOrExtent(?f) ^ OntoDC: format (?f," text/html")
Format	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: Format(?f, "application/x-compressed") ^ OntoVC: hasFormat(?lo,?f)-> OntoDC: MediaTypeOrExtent(?f) ^ OntoDC: format (?f," application/x-compressed")
DatePublished	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: DatePublished(?d, "2018-05-18") ^ OntoVC:hasDatePublished(?lo,?d) -> OntoDC: dateAccepted(?d, "2018-05-18")
Identifier	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: Identifier(?i, "http://hdl.handle.net/23456789/255") ^ OntoVC:hasIdentifier(?lo,?i) -> OntoDC: identifier(?d, "http://hdl.handle.net/23456789/255")
Driver	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: Driver(?d, "Other") ^ OntoVC: hasDriverType(?lo,?d) -> OntoDC: DCMIType (?d) ^ OntoVC: Type(?d,"interactivityResource")
Creator	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: Creator(?c, "Belcastro, Nilda") ^ OntoVC: hasCreator(?lo,?c)-> OntoDC: Agent(?c) ^ OntoDC: Creator (c, "Belcastro, Nilda")
Publisher	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: Publisher(?p, "Nilda Belcastro (nldbfc@gmail.com)") ^ OntoVC: hasPublisher(?lo,?p)-> OntoDC: Publisher (p, "Nilda Belcastro (nldbfc@gmail.com)")
Rights	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: Rights(?r, "openAccess") ^ OntoVC: hasRights(?lo,?r)-> OntoDC: RightsStatement(?r) ^ OntoDC: accessRights (?r, "openAccess")
UriLicense	OntoVC: Rights(?r) ^ OntoVC: UriLicense(?u, "http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sd/2.5/ar/" ^ OntoVC: isUriLicese(?r,?u)-> OntoDC: RightsStatement(?u) ^

	OntoDC: rights (?u, "http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sd/2.5/ar/")
--	---

Por otra parte, se deben realizar los mapeos para los conceptos del tipo *Educational* (Tabla 5.6), que al ser tomado de un repositorio que utiliza el estándar LOM, muchos de estos conceptos tienen una relación directa. Sin embargo, es oportuno aclarar que no todos los conceptos cargados en el repositorio estarán presentes en OntoVC, ya que este reúne los conceptos compartidos por los estándares y se incorporó algunos conceptos que no están en todos los estándares, pero que permiten describir de manera más específica a los OA. Por lo cual, conceptos como nivel de agregación, estructura, tiempo típico de aprendizaje, ruta taxonómica, entre otros no forman parte de OntoVC, y en todo caso deberán ser agregados al repositorio específico LOM por un curador de ese repositorio.

Tabla 5.6: Reglas de mapeo de OntoVC a OntoDC de los conceptos del tipo *Educational*

Concepto OntoVC	Reglas
AgeRange	OntoVC: LearningObject(?l) ^ OntoVC: AgeRange (?a, "18 up") ^ OntoVC: hasAgeRange (?l, ?a) → OntoDC: Audience (?a, "18-70")
Context	OntoVC: LearningObject (?l) ^ OntoVC: Context (?c, "HigherEducation") ^ OntoVC: hasContext (?l, ?c) → OntoDC: EducationLevel (?c, "higher_education")
TypeResource	OntoVC: LearningObject (?l) ^ OntoVC: TypeResource (?t, "Narrative Text") ^ OntoVC: hasTypeResource (?l, ?c) → OntoDC: Type (?t, "Text")
TypeResource	OntoVC: LearningObject (?l) ^ (OntoVC: TypeResource (?t, "Exercise") ^ OntoVC: hasTypeResource (?l, ?t) v (OntoVC: TypeResource (?t, "Questionnaire") ^ OntoVC: hasTypeResource (?l, ?t) v (OntoVC: TypeResource (?t, "ProblemStatement") v (OntoVC: TypeResource (?t, "Lecture")) ^ OntoVC: hasTypeResource (?l, ?t) ^ OntoVC: hasTypeResource (?l, ?t) → OntoDC: Type (?t, "interactivityResource")

5.2.2.2 OntoVC a OntoLOM

En la tabla 5.7 se muestran las reglas de mapeo para depositar el OA que se tomó como ejemplo desde OntoVC a un repositorio que implementa el estándar LOM, relacionándolo con la ontología OntoLOM.

Tabla 5.7: Reglas de mapeo de OntoVC a OntoLOM

Concepto OntoVC	Reglas
Title	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: Title(?t, "Ecuaciones diferenciales lineales") ^ OntoVC: hasTitle(?lo,?t)-> OntoLOM: title (?l, "Ecuaciones diferenciales lineales")
Language	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: Language(?l,"spa") ^ OntoVC: hasLanguage(?lo,?l)-> OntoLOM: language (?l, "spa")
Keyword	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: keyword(?k, "lineales") ^ OntoVC: hasKeyword(?lo,?k) -> OntoLOM:Subject(?k, "lineales")
Keyword	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: keyword(?k, "ecuaciones") ^ OntoVC: hasKeyword(?lo,?k) -> OntoLOM:Subject(?k, "ecuaciones")
Keyword	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: keyword(?k, "solución") ^ OntoVC: hasKeyword(?lo,?k) -> OntoLOM:Subject(?k, "solución")
Keyword	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: keyword(?k, "diferenciales") ^ OntoVC: hasKeyword(?lo,?k) -> OntoLOM:Subject(?k, "diferenciales")
Keyword	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: keyword(?k, "historia") ^ OntoVC: hasKeyword(?lo,?k) -> OntoLOM:Subject(?k, "historia")
Abstract	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: Abstract(?a, "Resolución de ecuaciones diferenciales de primer orden lineales") ^ OntoVC:hasAbstract(?lo,?a) -> OntoLOM: Description(?c, "Resolución de ecuaciones diferenciales de primer orden lineales")
Format	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: Format(?f,"text/html") ^ OntoVC: hasFormat(?lo,?f)-> OntoLOM: format (?f,"text/html")
Format	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: Format(?f,"application/x-compressed") ^ OntoVC: hasFormat(?lo,?f)-> OntoLOM: format (?f," application/x-compressed")
DatePublished	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: DatePublished(?d, "2013-11-26") ^ OntoVC:hasDatePublished(?lo,?d) -> OntoLOM: Date(?d, "2013-11-26")
Identifier	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: Identifier(?i, "http://hdl.handle.net/123456789/255") ^ OntoVC:hasIdentifier(?lo,?i) -> OntoLOM: identifier(?d, "http://hdl.handle.net/123456789/255")
Creator	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: Creator(?c, "Belcastro, Nilda") ^ OntoVC: hasCreator(?lo,?c)-> OntoLOM: RolesVocabulary(?c, "author") ^ OntoLOM: Entity (?c, "Belcastro, Nilda")
Publisher	OntoVC: LeaningObject (?lo) ^OntoVC: Publisher (?p, "Nilda Belcastro (nldabfce@gmail.com)) → OntoLOM:

	RolesVocabulary(?y, "publisher") ^ Entity (?p, , "Nilda Belcastro (nldabfce@gmail.com))
Rights	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: Rights(?r, "openAccess") ^ OntoVC: hasRights(?lo,?r)-> OntoLOM: Rights(?l, "openAccess")

En la tabla 5.8 se definirán las reglas de mapeo de la categoría *Type*. Por un lado, el concepto *Driver* que se obtiene a partir de la regla 4 y *Version* que para el estándar LOM si tiene una correspondencia. Luego, cada uno de los conceptos que forman parte de la categoría *Educational* específicamente.

Tabla 5.8: Reglas de mapeo de *OntoVC* a *OntoLOM*, categoría *Type*

Concepto OntoVC	Reglas
Driver	OntoVC: LearningObject (?lo) ^ OntoVC: Driver (?d, "Other") ^ OntoVC: hasDriver (?lo, ?d) → OntoLOM: LearningResourceVocabularyItem (?d, "Exercise")
Version	OntoVC: LearningObject (?lo) ^ OntoVC: Version (?v, "Published") ^ OntoVC: hasVersion (?lo,?v) → OntoLOM: LifeCyclePropertiesCategory(?v) ^ OntoLOM: Version (?v, "Final")
AgeRange	OntoVC: LearningObject (?lo) ^ OntoVC: AgeRange (?a, "18 up") → OntoLOM: SemanticAgeRange (?a, "18-70")
Role	OntoVC: LearningObject (?lo) ^ OntoVC: Role (?r, "Learner") ^ OntoLOM: hasRole (?lo,?r) → OntoLOM: IntendedEndUserRoleVocabularyItem (?r, "learner")
Difficulty	OntoVC: LearningObject (?lo) ^ OntoVC: Difficulty (?d, "Medium") ^ OntoVC: hasDifficulty (?lo,?d) → OntoLOM: DifficultyVocabularyItem (?d, "_medium")
Context	OntoVC: LearningObject (?l) ^ OntoVC: Context (?c, "HigherEducation") ^ OntoVC: hasContext (?l, ?c)→ OntoLOM: ContextVocabularyItem (?c, "higher_education")
TypeResource	OntoVC: LearningObject (?l) ^ OntoVC: TypeResource (?t, "Narrative Text") ^ OntoVC: hasTypeResource (?l, ?c)→ OntoLOM: LearningResourceVocabularyItem (?t, "narrative_text")
TypeResource	OntoVC: LearningObject (?l) ^ OntoVC: TypeResource (?t, "Exercise") ^ OntoVC: hasTypeResource (?l, ?c)→ OntoLOM: LearningResourceVocabularyItem (?t, "Exercise")
TypeResource	OntoVC: LearningObject (?l) ^ OntoVC: TypeResource (?t, "Questionnaire") ^ OntoVC: hasTypeResource (?l, ?c)→ OntoLOM: LearningResourceVocabularyItem (?t, "questionnaire")
TypeResource	OntoVC: LearningObject (?l) ^ OntoVC: TypeResource (?t, "ProblemStatement") ^ OntoVC: hasTypeResource (?l, ?c)→ OntoLOM: LearningResourceVocabularyItem (?t, "problem_statement")

<i>TypeResource</i>	OntoVC: LearningObject (?l) ^ OntoVC: TypeResource (?t, "Lecture") ^ OntoVC: hasTypeResource (?l, ?c) → OntoLOM: LearningResourceVocabularyItem (?t, "lecture")
<i>InteractivityType</i>	OntoVC: LearningObject (?l) ^ OntoVC: InteractivityType (?i, "Active") ^ OntoVC: hasInteractivityType (?l, ?i) → OntoLOM: InteractivityTypeVocabularyItem (?i, "active")
<i>InteractivityLevel</i>	OntoVC: LearningObject (?l) ^ OntoVC: InteractivityLevel (?il, "VeryHigh") ^ OntoVC: hasInteractivityLevel (?l, ?il) → OntoLOM: InteractivityLevelVocabularyItem (?il, "very_high")

5.3 Búsquedas de OA

Para poder llevar a cabo las búsquedas de OA se partirá del modelo propuesto en el capítulo 3, en donde la primera parte de las acciones se realizan en el repositorio que actúa de cosechador, es decir, donde se encuentra implementado el prototipo del modelo; para luego consultar a los orígenes de datos, que para los casos de estudio tomados utilizan el estándar DC y LOM (Figura 5.10), como se mencionó anteriormente. Para realizar el prototipo que representa el modelo de interoperabilidad se sugiere que permita realizar las búsquedas por al menos: palabras claves, título y autor, ya que se consideran los que se utilizan con mayor frecuencia en los repositorios.

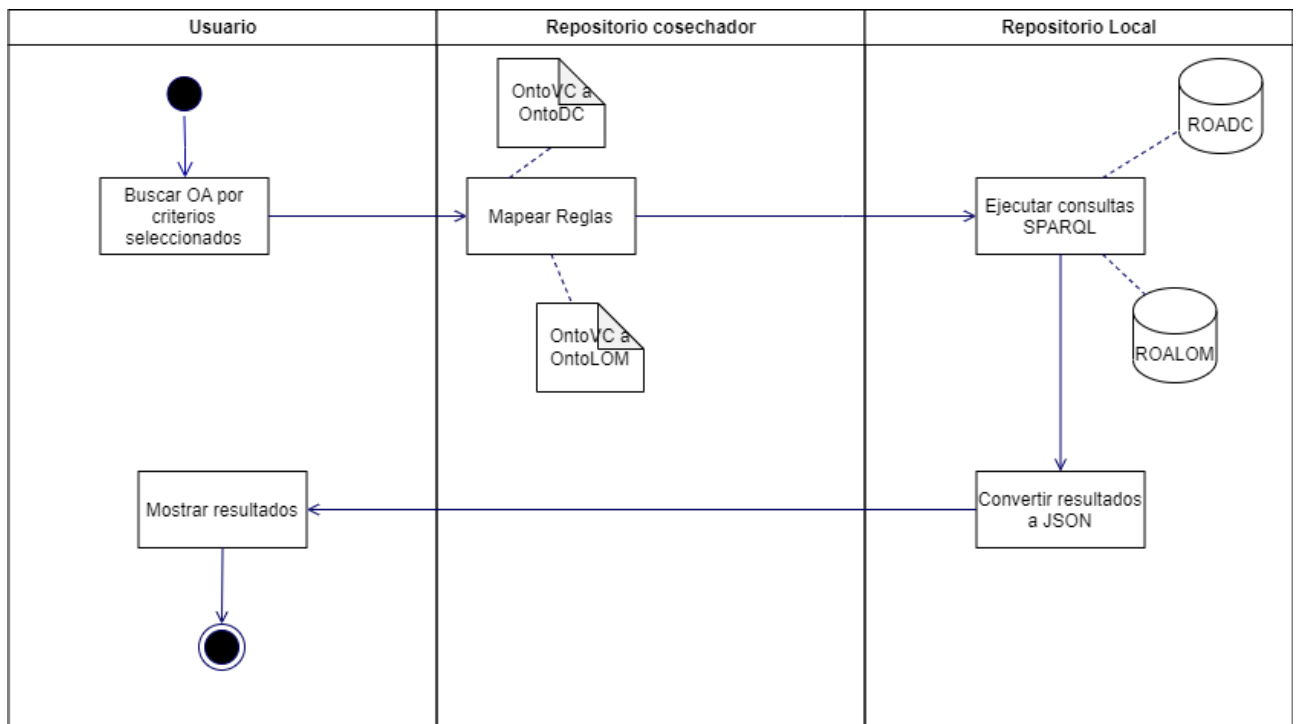


Figura 5.10 Operatoria del modelo propuesto desde el repositorio cosechador

5.3.1 Validación de instancias creadas en el programa Protégé

Para validar las instancias descritas en la sección anterior, se crearon en el programa Protégé lo que se denominan individuals (Figura 5.11). Estos individuals permiten poblar la ontología para luego realizar consultas SPARQL que permiten validar el modelo de interoperabilidad propuesto. En este caso, se tomaron las instancias que se mencionaron como ejemplo desde los repositorios que se describieron en la sección 5.1.

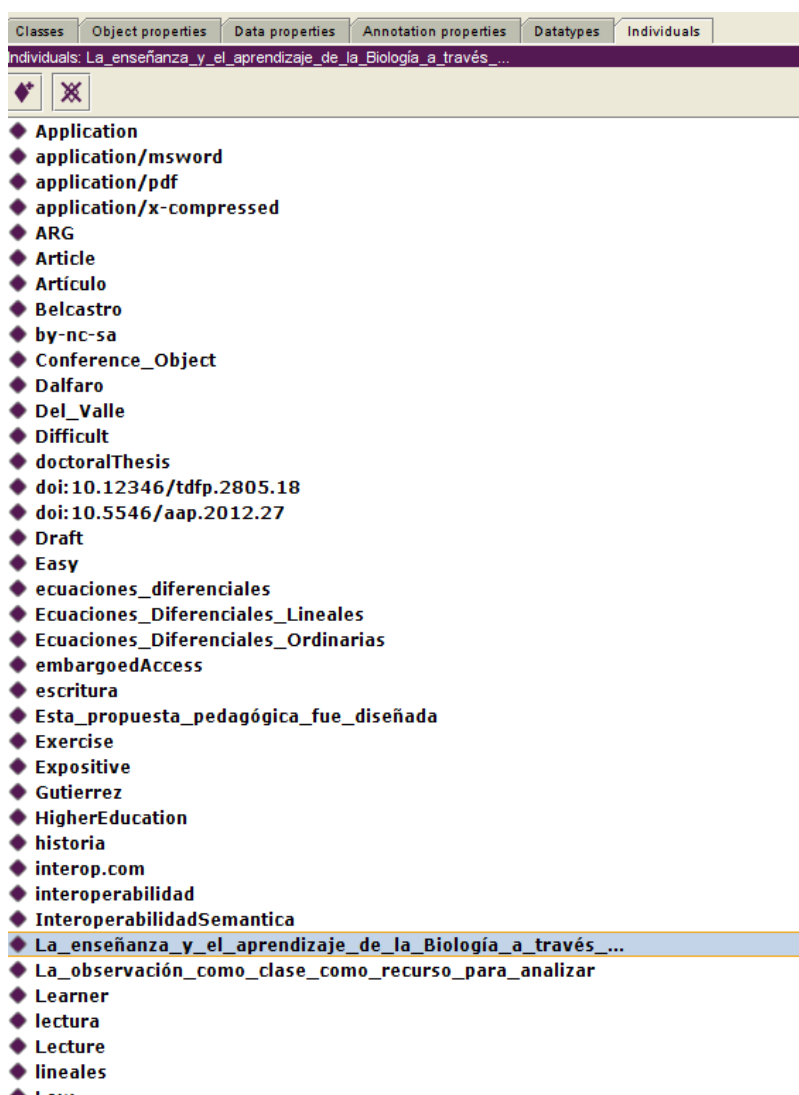


Figura 5.11 Pantalla de Protégé, en la sección de individuals

Ahora bien, si se quiere buscar los OA que tienen como palabra clave “ecuaciones diferenciales”, en Protégé es necesario realizar la consulta SPARQL

para comprobar los resultados que se obtienen. En la figura 5.12 se muestran los mismos.

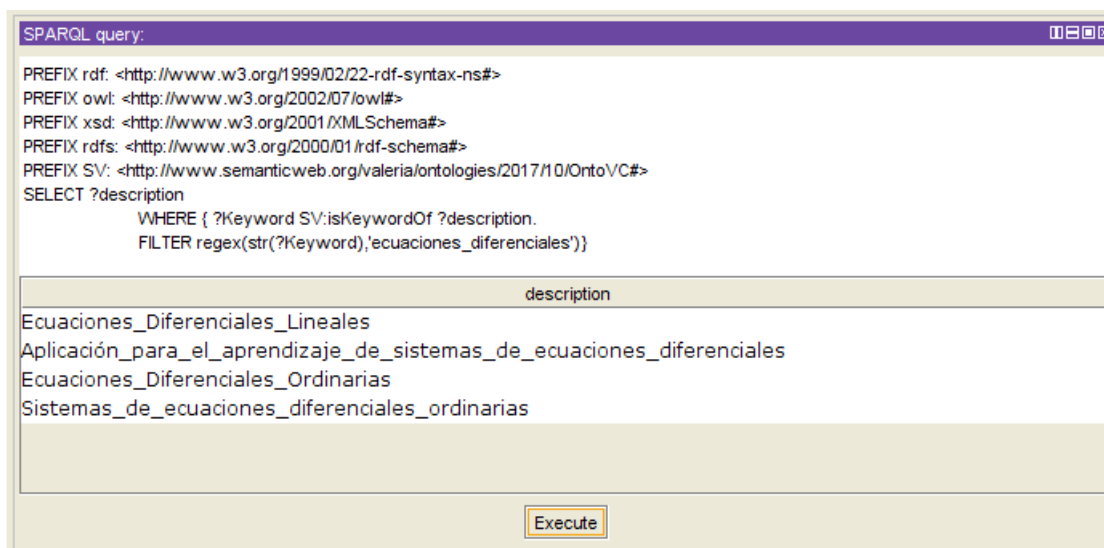


Figura 5.12 Resultados obtenidos con la palabra clave "ecuaciones diferenciales"

Otro de los criterios para realizar búsquedas es autor. Para este ejemplo, se toma como referencia el autor "Del Valle" y se realiza la consulta correspondiente en SPARQL en Protégé. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 5.13.

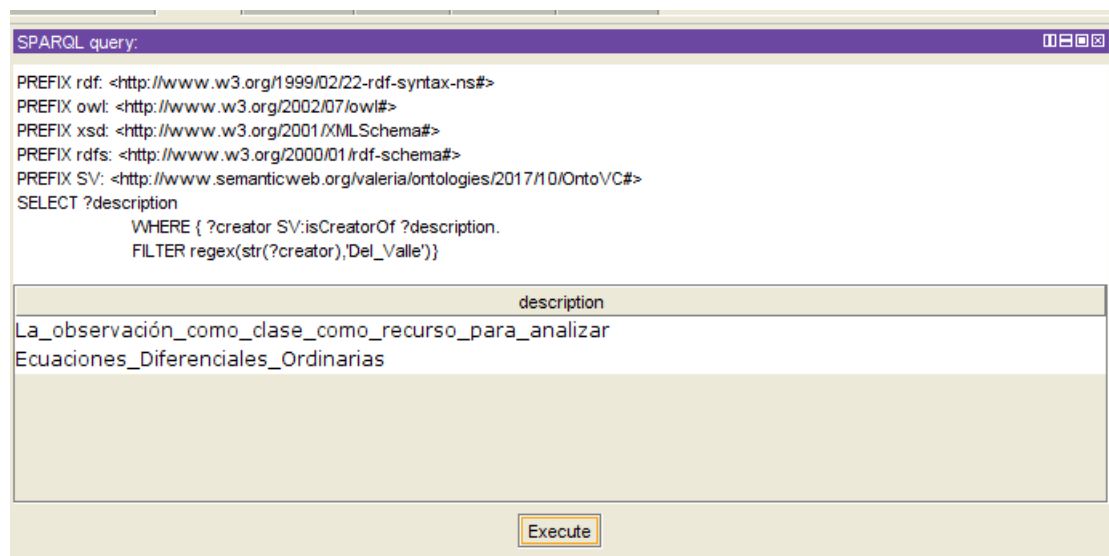


Figura 5.12 Resultados obtenidos con el autor "Del Valle"

5.3.2 Consultas hacia repositorios locales

Para poder realizar las consultas en el repositorio cosechador, es necesario realizar los mapeos desde OntoVC hacia OntoDC y OntoLOM, que son las ontologías que conceptualizan los estándares tomados como referencias, en este

caso, DC (RIA, Sedici, HipUNR) y LOM (Merlot, Graduate!, Agrega2). Una vez hecho esto, se realizan las consultas SPARQL adecuadas usando el estándar de metadatos que implementan cada repositorio local. A continuación, se muestra el proceso de búsqueda tanto en repositorios con metadatos DC, como LOM.

El primer paso a dar es realizar los mapeos necesarios de los criterios de búsquedas ingresados. En la tabla 5.9 se muestran las reglas de mapeo entre OntoVC y OntoDC. En este caso el concepto de OntoVC para describir a las palabras claves es *keyword* y para los autores es *creator*.

Tabla 5.9: Reglas de mapeo de OntoVC a OntoDC para palabra clave y autor

Concepto OntoVC	Reglas
Keyword	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: keyword(?k, "ecuaciones_diferenciales") ^ OntoVC: hasKeyword(?lo,?k) -> OntoDC:Subject(?k, "ecuaciones_diferenciales")
Creator	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: Creator(?c, "Del_Valle") ^ OntoVC: hasCreator(?lo,?c)-> OntoDC: Agent(?c) ^ OntoDC: Creator (c, "Del_Valle")

De la tabla anterior surge que, la consulta se realizará en el/los repositorio(s) donde el valor del concepto *Subject* es "ecuaciones_diferenciales" y el de *Creator* es "Del_Valle".

La Tabla 5.10 muestra las consultas SPARQL con estos valores de referencias.

Tabla 5.10: consultas SPARQL para orígenes de datos con OntoDC

Concepto OntoDC	Consulta SPARQL
Subject	SELECT ?title ?creator ?type ?language WHERE {(?subject OntoDC:defines ?title. ?creator OntoDC:creator ?title. ?type OntoDC: DCMIType ?title. ?language OntoDC: LinguisticSystem ?title. FILTER regex(str(?subject, 'ecuaciones_diferenciales')}}
Agent/Creator	SELECT ?title ?type ?language WHERE {(?creator OntoDC:creator ?title. ?type OntoDC: DCMIType ?title. ?language OntoDC: LinguisticSystem ?title. FILTER regex(str(?creator, 'Del_Valle')}}

Por otro lado, la Tabla 5.11 se muestran los mapeos correspondientes a los criterios de búsqueda palabra clave y autor, desde OntoVC a OntoLOM.

Tabla 5.11: Reglas de mapeo de OntoVC a OntoLOM para palabra clave y autor

Concepto OntoVC	Reglas
Keyword	OntoVC: LearningObject(?lo) ^ OntoVC: keyword(?k, "ecuaciones_diferenciales") ^ OntoVC: hasKeyword(?lo,?k) -> OntoLOM:Subject(?k, "ecuaciones_diferenciales")
Creator	OntoVC: LearningObjetc(?lo) ^ OntoVC: Creator(?c, "Del_Valle") ^ OntoVC: hasCreator(?lo,?c)-> OntoLOM: Entity(?c, "Del_Valle") ^ OntoLOM: RolesVocabulary (,?c "author")

De la tabla surge que los valores del metadato *subject* es "ecuaciones_diferenciales" y que para el caso del autor existirán dos metadatos: *Entity* y *RolesVocabulay*, donde *Entity* tiene el valor "Del_Valle" y *RolesVocabulay* "autor".

Luego, para completar la búsqueda se deberá realizar la consulta SPARQL en el correspondiente repositorio con el estándar LOM implementado (Tabla 5.12).

Tabla 5.21: Reglas de mapeo de OntoVC a OntoLOM para subject y autor

Concepto OntoLOM	Consulta SPARQL
Subject	SELECT ?title ?author ?learningResourceVocabularyItem ?language WHERE {{?subject OntoLOM:GeneralPropertiesCategory ?title. ?author OntoLOM:Entity ?title. ? learningResourceVocabularyItem OntoLOM:VocabularyItem ?title. ?language OntoLOM:Language ?title. FILTER regex(str(?subject, 'ecuaciones_diferenciales')}}
Entity/RolesVocabulay	SELECT ?title ?type ?language WHERE {{?author OntoLOM:Entity ?title. ?learningResourceVocabularyItem OntoLOM:VocabularyItem ?title. ?language OntoLOM:Language ?title. FILTER regex(str(?author, 'Del_Valle')}}

En este capítulo se ha mostrado el proceso que se debe seguir para poder realizar, con el modelo propuesto, los depósitos y las consultas en repositorios de diferentes estándares de metadatos. Como referencia se consideraron repositorios de relevancia para esta tesis tales como: RIA, Sedici, RepHipUNR, Merlot, Graduate!

y Agrega², que utilizan los estándares DC y LOM. Los ejemplos desarrollados fueron descriptos en todos sus pasos y a un nivel de detalle de implementación. Si bien no se abarcaron todos los estándares de metadatos, el procedimiento es idéntico y por lo tanto se considera innecesario mayores detalles.

Capítulo 6: Conclusiones y Trabajos Futuros

En este capítulo se presentan las conclusiones respondiendo a los objetivos planteados y trabajos futuros que podrán llevarse a cabo a partir del modelo resultante de esta tesis.

En el capítulo 1 se planteó como objetivo principal “proponer en el marco de las universidades públicas argentinas, un modelo para la descripción de OA que de soporte a la interoperabilidad semántica en contextos de acceso abierto”, lo cual llevó a desarrollar un modelo de interoperabilidad para ROA (que no deja de ser válido para RI) utilizando ontologías. Particularmente se presenta el desarrollo de un vocabulario compartido siguiendo el enfoque híbrido como modelo de interoperabilidad semántica basados en ontologías. Este enfoque permitió reutilizar las fuentes de datos de los diferentes repositorios ya existentes y siendo un modelo flexible que puede ser fácilmente adaptado a nuevas fuentes de datos.

Entre los objetivos específicos se definió conocer y comparar los requerimientos de infraestructura, protocolos y formato de intercambio de información sobre los repositorios existentes, así como también investigar y comparar el intercambio de información presente en los RI existentes en universidades argentinas. Estos objetivos fueron desarrollados y publicados en los primeros artículos que se mencionan en el prefacio: (i) Hacia la integración de la producción científica y pedagógica de las Universidades Nacionales a los repositorios de acceso abierto. Un análisis situacional; (ii) Análisis de interoperabilidad en repositorios institucionales, (iii) Vinculando el repositorio institucional Dspace con la plataforma virtual Moodle. Se continuó trabajando en esta línea conociendo en profundidad el manejo actual de los repositorios y los estándares que se utilizan para la descripción de OA y se avanzó también, en la identificación de las categorías de OA que sirvieron de base para la definición del modelo de interoperabilidad. En este sentido se trabajó en la preservación de los OA y la calidad de los repositorios actuales, propuestas validadas en los artículos: (i) Primeros pasos hacia la preservación de objetos de aprendizaje: una comparación entre el estándar de metadatos utilizado en

Dspace y el diccionario de datos PREMIS, (ii) Propuesta de evaluación del impacto en la implementación de un repositorio de objetos de aprendizaje en la UTN-FRRe y (iii) Modelo para la evaluación del Repositorio de Objetos de Aprendizaje.

A partir de los resultados obtenidos y las validaciones realizadas se desarrolló una ontología para el estándar DC (DCOntoRep), dado que es el más usado en los repositorios. Si bien existen algunas ontologías de este estándar, la ontología desarrollada en esta tesis agrega objetos, relaciones y restricciones para adaptarla a las Directrices del SNRD. De esta forma, al completar la ontología con estas directrices se contempla la definición que se tiene en redes de repositorios a nivel latinoamericano, a través de LAReferencia y a nivel mundial, por OpenAire, ya que las directrices SNRD contemplan las condiciones de estas redes de repositorios. Luego, la ontología DCOntoRep, en adelante OntoDC, fue reutilizada para la definición del vocabulario compartido (OntoVC) teniendo en cuenta las nuevas versiones del estándar DC y las nuevas recomendaciones del SNRD. Además, se han tenido en cuenta aquellos conceptos que no son contemplados en DC por ser un estándar que permite la descripción de OD en general. Estos nuevos conceptos fueron necesarios dado que, el objetivo de esta tesis es describir correctamente a los OA y se requiere para esto información específica, relacionadas al contexto educativo para el cual fueron diseñados. En este sentido, el estándar que se toma como referencia para incorporar estos conceptos, que describen con mayor exactitud a los OA, es LOM. Para la definición de OntoVC se analizaron otros estándares como MODS y DataCite. Considerando que además de DC y LOM, existen otros estándares que comenzaron a utilizarse en repositorios, en especial DataCite que ha tenido una mayor difusión. En el caso de este último, si bien permite la definición de OD en general, incorporan metadatos que hacen referencia a destinatarios del OD y a clasificaciones del OD según su nivel de interacción, que se acerca a lo definido por LOM. Estos avances fueron plasmados en las publicaciones: (i) DCOntoRep: hacia la interoperabilidad semántica de Repositorios Institucionales de Acceso Abierto, (ii) OntoVC: vocabulario compartido

para la interoperabilidad semántica en repositorios de objetos de aprendizajes, (iii) An interoperability model based on ontologies for learning object repositories.

En relación con los objetivos planteados “definir las necesidades de alineamiento conceptual de los modelos para dar soporte a la interoperabilidad a nivel semántico de los repositorios” y “desarrollar un modelo que garantice la integración de los distintos repositorios considerando aspectos sintácticos y semánticos en el intercambio de información entre ellos”, como primera medida se realizó un análisis profundo sobre la similitudes y diferencias entre los metadatos de cada estándar de metadatos, dando como resultado la incorporación de algunos conceptos al VC, que describen más específicamente a un OA. El desarrollo de OntoVC buscó una solución a la interoperabilidad semántica entre ROA (que no descarta la posibilidad de utilizarlo en RI) que utilizan diferentes estándares de metadatos para describir los objetos almacenados en sus repositorios. La posibilidad de tener un vocabulario compartido permite contar con una descripción común de estos objetos, más el objetivo particular de especificar a través de metadatos a los OA. Si bien, se cuenta con un estándar que persigue este objetivo (LOM) son muy pocos los repositorios que lo implementan, ya que lo encuentran muy engorroso al tener que completar una enorme cantidad de metadatos.

Luego, de la incorporación de los conceptos se definieron reglas de integración y derivación, que permiten refinar la ontología, restringiendo explícitamente los conceptos, atributos y relaciones. Las reglas fueron escritas en SWRL como parte de la definición de la ontología. A continuación de la incorporación de las reglas, se utilizó la herramienta Web OOPS para obtener una evaluación de la ontología desarrollada. Al obtener una evaluación satisfactoria de OntoVC se procedió, a través del software Protégé poblar la ontología lo que permitiría validar OntoVC a través de consultas SPARQL. Las consultas realizadas como prueba permitieron comprobar que funciona correctamente. Siguiendo, con la metodología se definieron también los mapeos entre el vocabulario compartido OntoVC y las ontologías locales, particularmente se consideraron cuatro ontologías locales:

OntoDC, OntoLOM, OntoMODS y OntoDataCite. En una primera instancia, se consideró la posibilidad de utilizar herramientas semiautomáticas de mapeo para completar esta tarea. Sin embargo, como se mencionó en el capítulo 4, los resultados logrados no fueron los esperados, obteniéndose mapeos erróneos a nivel semántico. Por esta razón se decidió realizar los mapeos de forma manual: reglas de mapeo para el depósito de OA que se hacen desde OntoVC y reglas de mapeo para realizar consultas desde cualquiera de los repositorios, por lo cual se utilizaron reglas de mapeo desde los repositorios locales hacia OntoVC.

Continuando con el desarrollo del modelo y respondiendo al objetivo de “considerar los servicios necesarios para el intercambio de información interoperable entre los repositorios”, se definieron los procesos necesarios para implementar las funcionalidades de un repositorio institucional: depósito de OA y su recuperación. Considerando el informe de 2017 del COAR, donde se describen características de la próxima generación de repositorios, se propone como uno de los trabajos futuros la incorporación a través de OntoVC, la posibilidad de que el investigador pueda depositar sus trabajos desde una interfaz común y a partir de allí diseminarlo por los repositorios conectados al vocabulario compartido. En este sentido, la solución de OntoVC es la incorporación de SWORD, como se mencionó anteriormente, posibilitando el depósito de OA a través de una interfaz común. Por otro lado, y siguiendo con la línea de facilitar a los investigadores el depósito en los repositorios, se buscará la forma de integrar el algoritmo AMELOIR (Pinilla Gómez, 2017) para la extracción automática de metadatos a OntoVC. Permitiendo de esta manera, automatizar la carga de los metadatos en los repositorios, minimizando además los errores que se puedan cometer en la carga manual. De todas formas, este paso facilitaría la carga para luego realizar la curación de los OA por parte de los administradores de los repositorios.

Finalmente, y respondiendo al objetivo “validar el modelo utilizando herramientas de software que permitan construir un prototipo de este y el desarrollo de un caso práctico”, se realizó la validación de la ontología, en cuanto a la completitud de OntoVC presentando pruebas de concepto, que permitieron

corroborar que los términos incluidos en OntoVC son los necesarios para lograr la interoperabilidad semántica a nivel de metadatos entre los repositorios. Las pruebas de conceptos propuestas que se presentaron a lo largo del desarrollo de esta tesis se tomaron de repositorios referentes a nivel Nacional e Internacional. Por un lado, tres de estos repositorios institucionales almacenan la producción científico-académica de Universidades reconocidas de nuestro país. Por otro lado, repositorios específicamente de OA que son utilizados a nivel internacional tanto para su consulta como su depósito. El resultado de esta etapa se publicó en el artículo "Semantic Interoperability Model for Learning Object Repositories".

Como trabajo futuro, teniendo a OntoVC validado a través de pruebas de concepto, se pretende poner a prueba la implementación del modelo, como un plugin en repositorios cosechadores de prueba, que permitan realizar el depósito desde OntoVC hacia los repositorios y consulta desde los repositorios a OntoVC. Las reglas de mapeo definidas permitirán realizar esta conexión entre los repositorios y el vocabulario compartido.

Anexos

Anexo 1

1.1 Análisis de los metadatos de la categoría Content

Language	
DC	Se recomienda la utilización de un vocabulario controlado, tal como RFC 4646.
LOM	Utiliza el código de lenguaje definido por la ISO 639:1988, seguido por un subcódigo establecido por la ISO 3166-1:1997, que define el país de realización.
MODS	Recomienda la utilización del estándar ISO639-2b en el subelemento <i>code</i> y una descripción libre en <i>text</i>
DataCite	Aconseja los valores de IETF BCP 47, ISO 639-1 para completar el metadato language.
SNRD	Se utiliza un código de 3 dígitos. El Esquema de codificación es la Norma ISO 639-3. Es de uso obligatorio
Subject	
DC	Puede tomar valores de vocabularios controlados, palabras que describan el tópico del objeto digital, como así también podría corresponder a personas u organizaciones
LOM	La descripción se realiza sobre el metadato keyword, en la estructura General
MODS	Se utiliza el metadato subject, y en caso de que se utilice un vocabulario controlado, se completa los datos de authority, authorityUri y valueUri
DataCite	La etiqueta también es subject, y en caso de que corresponda se completa el subjectSchema, schemaUri y valueUri
Description	
DC	Se representa con la etiqueta description y puede definirse un resumen, una tabla de contenidos, una representación gráfica o un texto libre sobre el OA
LOM	Utiliza también el metadato description, completándose a través de un texto libre que describa al objeto
MODS	Utiliza la etiqueta abstract para un resumen del objeto digital, como así también la etiqueta note que es una descripción general y tableOfContent que se lo utiliza en caso de que la descripción se realice a través de una tabla de contenidos
DataCite	También se utiliza description con un texto libre, y se indica el tipo de descripción a través de la etiqueta descriptionType donde los valores posibles son: abstract, methods, seriesInformation, tableOfContents, technicalInfo, other
SNRD	Recomienda utilizarlo también con el propósito de indicar la afiliación institucional del autor y los colaboradores del OA
Source	
DC	En este metadato se describe un recurso que se utilizó como fuente del OA que se está describiendo. Se recomienda como una buena práctica utilizar una cadena de valores conforme a un sistema de identificación formal, como ISSN, ISBN, entre otros
LOM	No se encuentra definido
MODS	No se encuentra definido
DataCite	No se encuentra definido
SNRD	Es un metadato de uso opcional
Relation	

DC	Se utiliza para definir otros recursos relacionados con el OA que se describe. Se recomienda la descripción a través de sistema de identificación formal.
LOM	Este metadato se encuentra dentro de la categoría Relation y se desagrega en <ul style="list-style-type: none"> • Kind: para indicar el tipo de relación ente el OA que se describe y el relacionado, tales como: isPartOf, isVersionOf, references, entre otros • Resource que tiene como partes a: Identifier que a su vez se divide en Catalog (el nombre del identificador como por ejemplo ISBN, ARIADNE, URI), Entry (el espacio de nombre específico); Description: una breve descripción del recurso relacionado
MODS	En este estándar se utiliza la etiqueta relatedItem teniendo entre sus atributos más relevantes: type (preceding, succeeding, original, otherVersion, entre otros), xlink:href para indicar el link hacia el recurso.
DataCite	Lo define en la estructura RelatedIdentifier compuesta subelementos donde los más relevantes son: relatedIdentifierType en donde se utiliza una lista de valores controlados: Handle, ISBN, ISSN, URN, entre otros; relationType: se toma valores como: isCitedBy, isSupplementTo, isPartOf, entre otros.
Coverage	
DC	Utiliza la etiqueta coverage. Recomienda la utilización de vocabularios controlados como TGN.
LOM	Se encuentra dentro de la estructura General/Coverage, recomienda también la utilización de TGN como vocabulario controlado y para los otros tipos una descripción general.
MODS	No se encuentra definido
DataCite	Puede relacionarse con la etiqueta GeoLocation para el caso de la ubicación geográfica, que se divide en GeoLocationPoint, GeoLocationPlace y GeoLocationPolygon
SNRD	En este caso se hace más específico la utilización de vocabularios controlados para cada caso, a saber: ISO3166 (alpha3) para países, DCMI Box para áreas; TGN para nombres geográficos y DCMI para períodos temporales.
Title	
DC	Es un metadato del tipo de contenido. La etiqueta utilizada es Title.
LOM	La estructura dentro de la cual se incluye este dato es General/Title
MODS	Se utiliza Title y AlternativeTitle dentro de la estructura de TitleInformation.
DataCite	Se utiliza la etiqueta Title donde se puede incluir texto libre y una instancia relacionada que se denomina TitleType donde se proporciona una lista controlada de valores tales como: alternativeTitle, subtitle, translatedTitle y otras.
SNRD	Aquí se mencionan los subtítulos que deben estar separados por dos puntos del título del OA

1.2 Análisis de los metadatos de la categoría IntellectualProperty

Creator	
DC	Para el estándar DC, como así también para el SNRD es un dato obligatorio, donde se sugiere el formato Apellido- Nombre. En caso de que se presente más de un responsable debe utilizarse una instancia por cada autor del objeto de aprendizaje

LOM	para describir a los autores de un objeto de aprendizaje se indica de la siguiente manera: LifeCycle - Contribute - Role. Donde Role puede tomar los valores: author, publisher, terminator, validator, editor, entre otros. Para el caso específico que se está describiendo el valor del metadato role será author
MOD	la forma de definir el autor del objeto de aprendizaje está dado por la etiqueta name que tiene como elementos: namePart, displayForm, affiliation, role y description
DataCite	se utiliza el metadato creator, el cual se divide en los siguientes valores: (i) creatorName: familyName, givenName, (ii) nameIdentifier: nameIdentifierScheme, schemeUri, (iii) affiliation
Contributor	
DC	Al igual que creator el formato sugerido es el de Apellido y Nombre
LOM	Se indica de la siguiente manera: LifeCycle - Contribute - Role. Donde Role puede tomar los valores: publisher, terminator, validator, editor, entre otros
MOD	Se utiliza la etiqueta name que tiene como elementos: namePart, displayForm, affiliation, role y description. Con el valor de role como Contributor
DataCite	Se utiliza la etiqueta Contributor que tiene como elementos a: (i) contributorType: donde posibles valores son: ContactPerson, Researcher, Supervisor, entre otros; (ii) contributorName: tiene como subelementos familyName, givenName; (iii) nameIdentifier: schemeUri; (iv) affiliation
Rights	
DC	También se utiliza la etiqueta rights para indicar las propiedades de derechos que tiene el objeto digital, incluyendo las de propiedad intelectual.
SNRD	Utiliza la etiqueta nivel de acceso, es un dato del tipo obligatorio. Tiene definido los siguientes niveles : restrictedAccess, embargoedAccess y openAccess. También se define las condiciones de uso, a través de una URI donde se especifican los derechos para acceder o utilizar el objeto.
LOM	Se utiliza también la etiqueta rights para describir las condiciones de uso del objeto de aprendizaje.
MOD	Utiliza la etiqueta accessCondition para establecer las restricciones sobre el uso del objeto digital. Entre los elementos de esta etiqueta se encuentra type que sugiere los siguientes tipos: restriction on access y use and reproduction.
DataCite	Aquí también se utiliza la etiqueta Rights como texto libre y se incluye además la uri de la licencia con la etiqueta rightsURI. Es de uso obligatorio.

1.3 Análisis de los metadatos de la categoría Instantiation

Date	
DC	Utiliza la etiqueta date y para mayor especificidad dateAccepted: indicando una fecha de aceptación para publicación del OA, dateCopyRight y dateSubmitted: definiendo la fecha en el que el OA fue enviado para su revisión.

LOM	En este caso siempre utiliza la etiqueta date pero para definir fechas de la contribución ya sea como autor, colaborador, revisor educacional o técnico, editor, entre otros.
MODS	Se encuentra dentro de la estructura originInfo que tiene como subelementos: dateIssued (fecha de publicación), dateCreated (fecha de creación), dateCaptured (fecha de digitalización, en caso de que correspondiera), dateModified (fecha en que se modificó), dateOther (otras fechas que se consideren importante)
DataCite	Utiliza la etiqueta date para indicar una fecha y luego el término dateType para especificar el tipo de fecha, los valores son tomados de una lista controlada: accepted, available, collected, created, issued, entre otros.
SNRD	Utiliza las etiquetas de Publication Date (fecha de publicación), Embargoedend (fecha de finalización del embargo en caso de que corresponda)
Identifier	
DC	Se utiliza la etiqueta identifier para establecer una referencia unívoca del OA
LOM	Se encuentra dentro de la estructura General/Identifier, que a su vez se divide en: Catalog para indicar el nombre del esquema que se utiliza como ser ISBN, ARIADNE, URI entre otros y Entry para el valor específico del identificador
MODS	Utiliza también la etiqueta identifier, teniendo como atributos: type (los valores que pueden tomar son de la lista controlada Standard IdentifierSourceCode), typeUri (indica la uri del tipo mencionado en type)
DataCite	Se detalla en la etiqueta identifier y luego se define el tipo en identifierType a partir de una lista controlada
SNRD	Se recomienda utilizar valor correspondiente a un sistema de identificación formal, como doi, urn, handle, issn entre otros.
Format	
DC	Se utiliza la etiqueta format para indicar el formato del archivo, medio físico o dimensiones del OA. Se recomienda utilizar los valores del vocabulario controlado Internet Media Type (MIME)
LOM	Se encuentra dentro de la estructura Technical/Format, recomienda también utilizar el vocabulario controlado Internet Media Type (MIME)
MODS	Se emplea la estructura physicalDescription con subelementos como: form (representación física), internetMediaType (formato del OA en base a los valores del vocabulario controlado MIME), extent, entre otros.
DataCite	Usa la etiqueta format y también recomienda tomar valores del vocabulario compartido MIME
SNRD	Recomienda la utilización del vocabulario controlado MIME para los valores de la etiqueta format.

1.4 Análisis del metadato Type de la categoría Instantiation

Role	
DC	En versiones de DC no cualificado se encuentra como TargetAudience
LOM	Se utiliza para caracterizar al principal destinatario del objeto de aprendizaje, que puede tomar los siguientes valores: teacher, author, learner y manager.
MODS	Se expresa de manera similar el destinatario a través de metadato targetAudience
DataCite	No se encuentra definido

Context	
DC	En la versión 3 incorpora el metadato educationLevel que es un refinamiento de audience
LOM	Describe el entorno educativo en el cual se puede utilizar el objeto de aprendizaje. Los valores que se proponen son: school, higher education, training y other
MODS	No se encuentra definido
DataCite	No se encuentra definido
InteractivityLevel	
DC	No se encuentra definido
LOM	Hace referencia al grado de influencia que puede tener el usuario en el comportamiento o aspecto del OA. Los valores que puede tomar son: very low, low, médium, high, very high
MODS	No se encuentra definido
DataCite	No se encuentra definido
InteractivityType	
DC	Podría asemejarse al metadato propuesto instructionalMethod, ya que menciona el método que pretende utilizarse para que el alumno adquiera conocimiento o habilidades.
LOM	Pretende reflejar el modo de aprendizaje del OA. Así los valores que puede tomar son: active, expositive y mixed.
MODS	No se encuentra definido
DataCite	No se encuentra definido
Difficulty	
DC	No se encuentra definido
LOM	Define que tan complejo puede resultar trabajar con el OA para los destinatarios del mismo. Los valores recomendados son: very easy, easy, médium, difficult, very difficult.
MODS	No se encuentra definido
DataCite	No se encuentra definido
AgeRange	
DC	No se encuentra definido
LOM	Hace referencia al rango de edades hacia los cuales está especialmente diseñado el OA
MODS	No se encuentra definido
DataCite	No se encuentra definido
TypeResource	
DC	No se encuentra definido
LOM	Define el tipo específico de OA, o si fuera una mezcla el más predominante. Los valores propuestos son: exercise, simulation, questionnaire, diagram, figure, graph, index, slide, table, narrative text, exam, experiment, problem statement, self assessment, lecture
MODS	Se utiliza para definir el tipo general del OA. Algunos posibles valores son: img, notated music, moving image, three dimensional object, software, multimedia.
DataCite	Utiliza una estructura para identificar el tipo de OA. La estructura propuesta es: ResorceType/resourceTypeGeneral, donde los posibles valores son: Audiovisual,

	Collection, Dataset, Event, Image, InteractiveResource, Model, PhysicalObject, Service, Software, Sound, Text, Workflow, Other.
--	---

Anexo 2: Reglas de Integración y derivación

2.1 Relación entre los valores que puede tomar la etiqueta SNRD y su equivalencia en la etiqueta "Driver".

SNRD	Driver	Regla
Artículo	Article	$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Artículo") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "Article") \rightarrow hasdDriverType(?lo,?d)$
Libro	Book	$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Libro") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "Book") \rightarrow hasdDriverType(?lo,?d)$
Parte de Libro	BookPart	$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Parte de Libro") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "BookPart") \rightarrow hasdDriverType(?lo,?d)$
Objeto de conferencia	Conference Object	$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Objeto de Conferencia") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "Conference Object") \rightarrow hasdDriverType(?lo,?d)$
Tesis Doctoral	DoctoralThesis	$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Tesis Doctoral") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "DoctoralThesis") \rightarrow hasdDriverType(?lo,?d)$
Tesis de Maestría	MasterThesis	$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Tesis de Maestría") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "MasterThesis") \rightarrow hasdDriverType(?lo,?d)$
Tesis de Grado	BachelorThesis	$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Tesis de Grado") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "BachelorThesis") \rightarrow hasdDriverType(?lo,?d)$
Trabajo Final de Grado		$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Trabajo final de Grado") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "BachelorThesis") \rightarrow hasdDriverType(?lo,?d)$
Modelo Industrial	Patent	$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Modelo Industrial") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "Patent") \rightarrow hasdDriverType(?lo,?d)$
Marca		$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Marca") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "Patent") \rightarrow hasdDriverType(?lo,?d)$
Patente		$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Patente") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "Patent") \rightarrow hasdDriverType(?lo,?d)$
Modelo de Utilidad		$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Modelo de Utilidad") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "Patent") \rightarrow hasdDriverType(?lo,?d)$
Documento Legal		$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Documento Legal") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "Patent") \rightarrow hasdDriverType(?lo,?d)$
Revisión Literaria	Review	$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Revisión Literaria") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "Review") \rightarrow hasdDriverType(?lo,?d)$
Reseña artículo		$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Reseña artículo") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "Review") \rightarrow hasdDriverType(?lo,?d)$
Documento de trabajo	WorkingPaper	$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Documento de Trabajo") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "WorkingPaper") \rightarrow hasdDriverType(?lo,?d)$

Informe técnico	Report	$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Report") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "Review") \rightarrow hasDriverType(?lo,?d)$
Diapositiva	Other	$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Diapositiva") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "Other") \rightarrow hasDriverType(?lo,?d)$
Fotografía		$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Fotografía") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "Other") \rightarrow hasDriverType(?lo,?d)$
Plano		$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Plano") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "Other") \rightarrow hasDriverType(?lo,?d)$
Mapa		$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Mapa") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "Other") \rightarrow hasDriverType(?lo,?d)$
Póster		$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Póster") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "Other") \rightarrow hasDriverType(?lo,?d)$
Imagen satelital		$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Imagen satelital") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "Other") \rightarrow hasDriverType(?lo,?d)$
Radiografía		$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Radiografía") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "Other") \rightarrow hasDriverType(?lo,?d)$
Transparencia		$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Transparencia") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "Other") \rightarrow hasDriverType(?lo,?d)$
Diapositiva de microscopio		$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Diapositiva de microscopio") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "Other") \rightarrow hasDriverType(?lo,?d)$
Película documental		$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Película documental") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "Other") \rightarrow hasDriverType(?lo,?d)$
Videgrabación		$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Videgrabación") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "Other") \rightarrow hasDriverType(?lo,?d)$
Conjunto de datos		$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Conjunto de datos") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "Other") \rightarrow hasDriverType(?lo,?d)$
Proyecto de investigación		$LearningObject(?lo) \wedge Snrd(?s, "Proyecto de investigación") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Driver(d, "Other") \rightarrow hasDriverType(?lo,?d)$

2.2 Relación entre los valores que puede tomar la etiqueta "Driver" y los posibles valores que puede tomar "Version".

Driver	Version	Regla
Article	Accepted	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Article") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Accepted") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
	Published	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Article") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Published") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
	Update	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Article") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Update") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$

Book	Accepted	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Book") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Accepted") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
	Published	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Book") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Published") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
	Update	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Book") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Update") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
BookPart	Accepted	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "BookPart") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Accepted") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
	Published	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "BookPart") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Published") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
	Update	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "BookPart") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Update") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
Conference Object	Accepted	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Conference Object") \wedge hasSnrdType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Accepted") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
	Published	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Conference Object") \wedge hasSnrdType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Published") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
	Update	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Conference Object") \wedge hasSnrdType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Update") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
DoctoralThesis	Accepted	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "DoctoralThesis") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Accepted") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
	Published	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "DoctoralThesis") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Published") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
	Update	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "DoctoralThesis") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Update") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
MasterThesis	Accepted	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "MasterThesis") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Accepted") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
	Published	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "MasterThesis") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Published") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
	Update	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "MasterThesis") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Update") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
BachelorThesis	Accepted	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "BachelorThesis") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Accepted") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
	Published	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "BachelorThesis") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Published") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
	Update	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "BachelorThesis") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Update") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
Patent	Draft	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Patent") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Draft") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$

	Submitted	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Patent") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Submitted") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
	Accepted	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Patent") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Accepted") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
	Published	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Patent") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Published") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
	Update	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Patent") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Update") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
Review	Accepted	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Review") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Accepted") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
	Published	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Review") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Published") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
	Update	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Review") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Update") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
WorkingPaper	Draft	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "WorkingPaper") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Draft") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
Report	Submitted	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Report") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Submitted") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
Other	Draft	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Other") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Draft") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
	Submitted	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Other") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Submitted") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
	Accepted	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Other") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Accepted") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
	Published	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Other") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Published") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
	Update	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Other") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Version(?v, "Update") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$

Un caso especial es el de los proyectos de investigación donde para la etiqueta Snrd = proyecto d investigación, y Driver = other los valores de versión pueden ser accepted y published, por lo cual se define la regla de la siguiente manera:

Driver	Snrd	Version	Regla
Other	Proyecto de investigación	Accepted	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Other") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd(?s, "Proyecto de Investigación") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Version(?v, "Accepted") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$
		Published	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Other") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd(?s, "Proyecto de Investigación") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge Version(?v, "Published") \rightarrow hasVersion(?lo,?v)$

2.3 Relación entre los valores que puede tomar la etiqueta Driver y Snrd con los posibles valores que puede tomar los metadatos educativos: TypeResource y InteractivityType.

Driver	Snrd	InteractivityType	Regla
Article	Artículo	Expositive	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Article") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd(?s, "Artículo") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge InteractivityType(?t, "Expositive") \rightarrow hasInteractivityType(?lo, ?t)$
Book	Libro	Expositive	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Book") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd(?s, "Libro") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge InteractivityType(?t, "Expositive") \rightarrow hasInteractivityType(?lo, ?t)$
BookPart	Parte de libro	Expositive	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "BookPart") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd(?s, "Parte de Libro") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge InteractivityType(?t, "Expositive") \rightarrow hasInteractivityType(?lo, ?t)$
ConferenceObject	Objeto de conferencia	Expositive	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "ConferenceObject") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd(?s, "Objeto de conferencia") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge InteractivityType(?t, "Expositive") \rightarrow hasInteractivityType(?lo, ?t)$
DoctoralThesis	Tesis Doctoral	Expositive	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "DoctoralThesis") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd(?s, "Tesis Doctoral") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge InteractivityType(?t, "Expositive") \rightarrow hasInteractivityType(?lo, ?t)$
MasterThesis	Tesis de Maestría	Expositive	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "MasterThesis") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd(?s, "Tesis de Maestría") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge InteractivityType(?t, "Expositive") \rightarrow hasInteractivityType(?lo, ?t)$
BachelorThesis	Tesis Grado	Expositive	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "BachelorThesis") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd(?s, "Tesis de Grado") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge InteractivityType(?t, "Expositive") \rightarrow hasInteractivityType(?lo, ?t)$
Patent	Modelo Industrial	Expositive	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Patent") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd(?s, "Modelo Industrial") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge InteractivityType(?t, "Expositive") \rightarrow hasInteractivityType(?lo, ?t)$
Review	Revisión Literaria	Expositive	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Review") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd(?s, "Revisión Literaria") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge InteractivityType(?t, "Expositive") \rightarrow hasInteractivityType(?lo, ?t)$
WorkingPaper	Documento de trabajo	Expositive	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "WorkingPaper") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd(?s, "Documento de Trabajo") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge InteractivityType(?t, "Expositive") \rightarrow hasInteractivityType(?lo, ?t)$

Report	Informe técnico	Expositive	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Report") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd(?s, "Informe\ técnico") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge InteractivityType(?t, "Expositive") \rightarrow hasInteractivityType(?lo, ?t)$
Other	Diapositiva	Expositive	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Other") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd(?s, "Diapositiva") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge InteractivityType(?t, "Expositive") \rightarrow hasInteractivityType(?lo, ?t)$

Una opción para que InteractivityType sea Active podría ser el de una simulación, donde como tipo Driver sería Other y Snrd no tiene definido, la regla sería de la siguiente manera:

Driver	Snrd	InteractivityType	Regla
Other	-	Active	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Other") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge InteractivityType(?t, "Active") \rightarrow hasInteractivityType(?lo, ?t)$

Driver	Snrd	TypeResource	Regla
Article	Artículo	NarrativeText	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Article") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd(?s, "Artículo") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge TypeResource(?t, "NarrativeText") \rightarrow hasInteractivityType(?lo, ?t)$
Book	Libro	NarrativeText	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Book") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd(?s, "Libro") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge TypeResource(?t, "NarrativeText") \rightarrow hasInteractivityType(?lo, ?t)$
BookPart	Parte de libro	NarrativeText	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "BookPart") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd(?s, "Parte\ de\ Libro") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge TypeResource(?t, "NarrativeText") \rightarrow hasInteractivityType(?lo, ?t)$
ConferenceObject	Objeto de conferencia	Lecture	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "ConferenceObject") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd(?s, "Objeto\ de\ conferencia") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge TypeResource(?t, "Lecture") \rightarrow hasInteractivityType(?lo, ?t)$
DoctoralThesis	Tesis Doctoral	NarrativeText	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "DoctoralThesis") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd(?s, "Tesis\ Doctoral") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge TypeResource(?t, "NarrativeText") \rightarrow hasInteractivityType(?lo, ?t)$
MasterThesis	Tesis de Maestría	NarrativeText	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "MasterThesis") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd(?s, "Tesis\ de\ Maestría") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge TypeResource(?t, "NarrativeText") \rightarrow hasInteractivityType(?lo, ?t)$
BachelorThesis	Tesis Grado	NarrativeText	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "BachelorThesis") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd(?s, "Tesis\ de\ Grado") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge TypeResource(?t, "NarrativeText") \rightarrow hasInteractivityType(?lo, ?t)$

Patent	Modelo Industrial	NarrativeText	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Patent") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd(?s, "Modelo Industrial") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge TypeResource(?t, "NarrativeText") \rightarrow hasInteractivityType(?lo, ?t)$
Review	Revisión Literaria	NarrativeText	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Review") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd(?s, "Revisión Literaria") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge TypeResource(?t, "NarrativeText") \rightarrow hasInteractivityType(?lo, ?t)$
WorkingPaper	Documento de trabajo	NarrativeText	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "WorkingPaper") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd(?s, "Documento de Trabajo") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge TypeResource(?t, "NarrativeText") \rightarrow hasInteractivityType(?lo, ?t)$
Report	Informe técnico	NarrativeText	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Report") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd(?s, "Informe técnico") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge TypeResource(?t, "NarrativeText") \rightarrow hasInteractivityType(?lo, ?t)$
Other	Diapositiva	Slide	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Other") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd(?s, "Diapositiva") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge TypeResource(?t, "Slide") \rightarrow hasInteractivityType(?lo, ?t)$
	Mapa	Figure	$LearningObject(?lo) \wedge Driver(?d, "Other") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd(?s, "Mapa") \wedge hasSnrdType(?lo,?s) \wedge TypeResource(?t, "Figure") \rightarrow hasInteractivityType(?lo, ?t)$

2.4 Relación entre los valores que puede tomar la etiqueta ResourceType, InteractivityType relacionado con InteractivityLevel

ResourceType	IntractivityType	InteractivityLevel	Regla
Lecture	Expositive	Low	$LearnigObject(?lo) \wedge InteractivityType(?i, "Expositive") \wedge hasInteractivityType(?lo,?i) \wedge TypeResource(?r, "Lecture") \wedge hasTypeResource(?lo,?r) \wedge InteractivityLevel(l, "Low") \rightarrow hasInteractivityLevel(?lo, ?l)$
Simulation	Active	Very High	$LearnigObject(?lo) \wedge InteractivityType(?i, "Active") \wedge hasInteractivityType(?lo,?i) \wedge TypeResource(?r, "Simulation") \wedge hasTypeResource(?lo,?r) \wedge InteractivityLevel(l, "Very High") \rightarrow hasInteractivityLevel(?lo, ?l)$
Questionnaire	Active	High	$LearnigObject(?lo) \wedge InteractivityType(?i, "Active") \wedge hasInteractivityType(?lo,?i) \wedge TypeResource(?r, "Questionnaire") \wedge hasTypeResource(?lo,?r) \wedge InteractivityLevel(l, "Very High") \rightarrow hasInteractivityLevel(?lo, ?l)$
Exercise	Active	Medium	$LearnigObject(?lo) \wedge InteractivityType(?i, "Active") \wedge hasInteractivityType(?lo,?i) \wedge TypeResource(?r, "Exercise") \wedge hasTypeResource(?lo,?r) \wedge InteractivityLevel(l, "Medium") \rightarrow hasInteractivityLevel(?lo, ?l)$

Diagram	Expositive	Low	$LearnigObject(?lo) \wedge InteractivityType(?i, "Expositive") \wedge hasInteractivityType(?lo,?i) \wedge TypeResource(?r, "Diagram") \wedge hasTypeResource(?lo,?r) \wedge InteractivityLevel(l, "Low") \rightarrow hasInteractivityLevel(?lo, ?l)$
Slide	Expositive	Medium	$LearnigObject(?lo) \wedge InteractivityType(?i, "Expositive") \wedge hasInteractivityType(?lo,?i) \wedge TypeResource(?r, "Slide") \wedge hasTypeResource(?lo,?r) \wedge InteractivityLevel(l, "Medium") \rightarrow hasInteractivityLevel(?lo, ?l)$
Narrative Text	Expositive	Very Low	$LearnigObject(?lo) \wedge InteractivityType(?i, "Expositive") \wedge hasInteractivityType(?lo,?i) \wedge TypeResource(?r, "NarrativeText") \wedge hasTypeResource(?lo,?r) \wedge InteractivityLevel(l, "Very Low") \rightarrow hasInteractivityLevel(?lo, ?l)$
Self assessment	Active	Very High	$LearnigObject(?lo) \wedge InteractivityType(?i, "Active") \wedge hasInteractivityType(?lo,?i) \wedge TypeResource(?r, "Self Assessment") \wedge hasTypeResource(?lo,?r) \wedge InteractivityLevel(l, "Very High") \rightarrow hasInteractivityLevel(?lo, ?l)$

2.5 Relación entre los valores que puede tomar la etiqueta Context y AgeRange

Context	AgeRange	Regla
School	3-5	$LearnigObject(?lo) \wedge Context(?c, "School") \wedge hasContext(?lo,?c) \wedge AgeRange(?a, "3-5") \rightarrow hasAgeRange(?lo,?a)$
School	6-8	$LearnigObject(?lo) \wedge Context(?c, "School") \wedge hasContext(?lo,?c) \wedge AgeRange(?a, "6-8") \rightarrow hasAgeRange(?lo,?a)$
School	9-12	$LearnigObject(?lo) \wedge Context(?c, "School") \wedge hasContext(?lo,?c) \wedge AgeRange(?a, "9-12") \rightarrow hasAgeRange(?lo,?a)$
School	13-15	$LearnigObject(?lo) \wedge Context(?c, "School") \wedge hasContext(?lo,?c) \wedge AgeRange(?a, "13-15") \rightarrow hasAgeRange(?lo,?a)$
School	16-17	$LearnigObject(?lo) \wedge Context(?c, "School") \wedge hasContext(?lo,?c) \wedge AgeRange(?a, "16-17") \rightarrow hasAgeRange(?lo,?a)$
HigherEducation	18 up	$LearnigObject(?lo) \wedge Context(?c, "Higher Education") \wedge hasContext(?lo,?c) \wedge AgeRange(?a, "18 up") \rightarrow hasAgeRange(?lo,?a)$

2.6 Relación entre los casos de Tesis y la obligatoriedad de tener al menos un colaborador del tipo director.

Driver	Snrd	Contributor	Regla
Doctoral Thesis	Tesis Doctoral	Director	$LearningObject(?lo) \wedge Driver (?d, "Doctoral Thesis") \wedge hasDriverType(?lo,?d) \wedge Snrd (?s, "Tesis Doctoral") \wedge hasSnrdType (?lo,?s) \wedge Contributor(?t, "Director") \rightarrow hasContributor(?lo,?t)$
Master Thesis	Tesis de Maestría		$LearningObject(?lo) \wedge Driver (?d, "Master Thesis") \wedge hasDriverType (?lo,?d) \wedge Snrd (?s, "Tesis de Maestría") \wedge hasSnrdType (?lo,?s) \wedge Contributor(?t, "Director") \rightarrow hasContributor(?lo,?t)$
Bachelor Thesis	Tesis de Grado		$LearningObject(?lo) \wedge Driver (?d, "BachelorThesis") \wedge hasDriverType (?lo,?d) \wedge Snrd (?s, "Tesis de Grado") \wedge hasSnrdType$

			$(?lo,?s) \wedge \text{Contributor}(?t, \text{"Director"}) \rightarrow \text{hasContributor}(?lo, ?t)$
	Trabajo Final de Grado		$\text{LearningObject}(?lo) \wedge \text{Driver}(?d, \text{"BachelorThesis"}) \wedge \text{hasDriverType}(?lo,?d) \wedge \text{Snrd}(?s, \text{"Trabajo final de Grado"}) \wedge \text{hasSnrdType}(?lo,?s) \wedge \text{Contributor}(?t, \text{"Director"}) \rightarrow \text{hasContributor}(?lo, ?t)$

2.7 Relación entre los casos de Tesis y la obligatoriedad de contar una fecha de defensa

Driver	Snrd	DateDefense	Regla
Doctoral Thesis	Tesis Doctoral	<i>de</i> (alguna fecha)	$\text{LearningObject}(?lo) \wedge \text{Driver}(?d, \text{"Doctoral Thesis"}) \wedge \text{hasDriverType}(?lo,?d) \wedge \text{Snrd}(?s, \text{"Tesis Doctoral"}) \wedge \text{hasSnrdType}(?lo,?s) \wedge \text{DateDefense}(?de) \rightarrow \text{hasDateDefense}(?lo,?de)$
Master Thesis	Tesis de Maestría		$\text{LearningObject}(?lo) \wedge \text{Driver}(?d, \text{"Master Thesis"}) \wedge \text{hasDriverType}(?lo,?d) \wedge \text{Snrd}(?s, \text{"Tesis de Maestría"}) \wedge \text{hasSnrdType}(?lo,?s) \wedge \text{DateDefense}(?de) \rightarrow \text{hasDateDefense}(?lo,?de)$
Bachelor Thesis	Tesis de Grado		$\text{LearningObject}(?lo) \wedge \text{Driver}(?d, \text{"Bachelor Thesis"}) \wedge \text{hasDriverType}(?lo,?d) \wedge \text{Snrd}(?s, \text{"Tesis de Grado"}) \wedge \text{hasSnrdType}(?lo,?s) \wedge \text{DateDefense}(?de) \rightarrow \text{hasDateDefense}(?lo,?de)$
	Trabajo Final de Grado		$\text{LearningObject}(?lo) \wedge \text{Driver}(?d, \text{"Bachelor Thesis"}) \wedge \text{hasDriverType}(?lo,?d) \wedge \text{Snrd}(?s, \text{"Trabajo Final de GRado"}) \wedge \text{hasSnrdType}(?lo,?s) \wedge \text{DateDefense}(?de) \rightarrow \text{hasDateDefense}(?lo,?de)$

2.8 Relación entre los casos de que el metadato Versión tenga como valor Published y la obligatoriedad de contar una fecha de publicación

Driver	Versión	DatePublished	Regla
Article	Published	<i>dp</i> (alguna fecha)	$\text{LearningObject}(?lo) \wedge \text{Driver}(?d, \text{"Article"}) \wedge \text{hasDriverType}(?lo,?d) \wedge \text{Version}(?v, \text{"Published"}) \wedge \text{hasVersion}(?lo,?v) \wedge \text{DatePublished}(?dp) \rightarrow \text{hasDatePublished}(?lo,?dp)$
Book			$\text{LearningObject}(?lo) \wedge \text{Driver}(?d, \text{"Book"}) \wedge \text{hasDriverType}(?lo,?d) \wedge \text{Version}(?v, \text{"Published"}) \wedge \text{hasVersion}(?lo,?v) \wedge \text{DatePublished}(?dp) \rightarrow \text{hasDatePublished}(?lo,?dp)$
BookPart			$\text{LearningObject}(?lo) \wedge \text{Driver}(?d, \text{"BookPart"}) \wedge \text{hasDriverType}(?lo,?d) \wedge \text{Version}(?v, \text{"Published"}) \wedge \text{hasVersion}(?lo,?v) \wedge \text{DatePublished}(?dp) \rightarrow \text{hasDatePublished}(?lo,?dp)$
ConferenceObject			$\text{LearningObject}(?lo) \wedge \text{Driver}(?d, \text{"Conference Object"}) \wedge \text{hasDriverType}(?lo,?d) \wedge \text{Version}(?v, \text{"Published"}) \wedge \text{hasVersion}(?lo,?v) \wedge \text{DatePublished}(?dp) \rightarrow \text{hasDatePublished}(?lo,?dp)$
DoctoralThesis			$\text{LearningObject}(?lo) \wedge \text{Driver}(?d, \text{"Doctoral Thesis"}) \wedge \text{hasDriverType}(?lo,?d) \wedge \text{Version}(?v, \text{"Published"}) \wedge \text{hasVersion}(?lo,?v) \wedge \text{DatePublished}(?dp) \rightarrow \text{hasDatePublished}(?lo,?dp)$

MasterThesis			<i>LearningObject(?lo) ^ Driver (?d, "Master Thesis") ^ hasDriverType(?lo,?d) ^ Version (?v, "Published") ^ hasVersion (?lo,?v) ^ DatePublished (?dp) → hasDatePublished(?lo,?dp)</i>
BachelorThesis			<i>LearningObject(?lo) ^ Driver (?d, "Bachelor Thesis") ^ hasDriverType(?lo,?d) ^ Version (?v, "Published") ^ hasVersion (?lo,?v) ^ DatePublished (?dp) → hasDatePublished(?lo,?dp)</i>
Patent			<i>LearningObject(?lo) ^ Driver (?d, "Patent") ^ hasDriverType(?lo,?d) ^ Version (?v, "Published") ^ hasVersion (?lo,?v) ^ DatePublished (?dp) → hasDatePublished(?lo,?dp)</i>
Review			<i>LearningObject(?lo) ^ Driver (?d, "Review") ^ hasDriverType(?lo,?d) ^ Version (?v, "Published") ^ hasVersion (?lo,?v) ^ DatePublished (?dp) → hasDatePublished(?lo,?dp)</i>
Other			<i>LearningObject(?lo) ^ Driver (?d, "Other") ^ hasDriverType(?lo,?d) ^ Version (?v, "Published") ^ hasVersion (?lo,?v) ^ DatePublished (?dp) → hasDatePublished(?lo,?dp)</i>

Bibliografía

- World Wide Web Consortium. (2012). *W3C - World Wide Web Consortium*. Retrieved from OWL 2 WEB ONTOLOGY LANGUAGE DOCUMENT OVERVIEW (SECOND EDITION) PUBLICATION HISTORY: <https://www.w3.org/standards/history/owl2-overview>
- Alonso, J., Subirats, I., & Martínez Conde, M. (2008). *Informe APEI sobre acceso abierto*. Asturias: APEI - Asociación Profesional de Especialistas en Información.
- ASTD & SmartForce. (2002). *A Field Guide to Learning Object*.
- Bento, A., Zouaq, A., & Gagnon, M. (2020). Ontology Matching Using Convolutional Neural Networks. *Twelfth Language Resources and Evaluation Conference* (pp. 5648-5653). Marseille, Francia: European Language Resources Association.
- Bongiovani, P., Gómez, N. D., & Miguel, S. (2011). Hacia el conocimiento de las actitudes de los investigadores argentinos con relación al acceso abierto. *II Jornadas de Intercambio y Reflexión acerca de la Investigación en Bibliotecología*. La Plata, Argentina: Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Departamento de Bibliotecología.
- Borst, W. (1997). *Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse*. Centre for Telematics and Information Technology (CTIT).
- Brown, P., Cabell, D., Chakravarti, A., Cohen, B., Delamothe, T., Eisen, M., . . . Watson, L. (2003, Junio 20). *Bethesda Statement on Open Access Publishing*. Retrieved from <http://nrs.harvard.edu/urn-3:HUL.InstRepos:4725199>
- Buccella, A., Brisaboa, N., & Cecich, R. (2003). An Ontology Approach to Data Integration. *Journal of Computer Science and Technology*, 62-68.
- Casali, A., Deco, C., Romano, A., & Tomé, G. (2013). An Assistant for Loading Learning Object Metadata: An Ontology Based Approach. *Interdisciplinary Journal of e-Skills and Lifelong Learning*, 77-87.
- Castillo, E., Cervantes, O., Medina, M., & Zechinelli-Martini, J. L. (2019). Ontological modeling of POHUA: An institutional knowledge repository. *Computación y sistemas - International Journal of Computing Science and Applications*, 1291-1304.
- Chan, L., Cuplinskas, D., Eisen, M., Friend, F., Genova, Y., Guédon, J.-C., . . . Velterop, J. (2002). *BUDAPEST OPEN ACCESS INITIATIVE*. Retrieved from <https://www.budapestopenaccessinitiative.org/read/>
- COAR, C. o. (2012). *The current state of Open Access Repository Interoperability*.
- Congreso de la Nación Argentina. (2013, Diciembre 3). *Sistema Nacional de Ciencia, tecnología e innovación*. Retrieved from Argentina.gov.ar: <https://www.argentina.gov.ar/normativa/nacional/ley-26899-223459/texto>
- Congresso Mundial de Informação em Saúde e, B. d. (2005, Septiembre). *Compromisso com a Equidade*. Retrieved from 9º Congresso Mundial de Informação em Saúde e Bibliotecas: <http://www.icml9.org/channel.php?lang=pt&channel=86&content=427>
- Correndo, G., Salvadores, M., Millard, I., Glaser, H., & Shadbolt, N. (2010). SPARQL query rewriting for implementing data integration over linked data. *2010 EDBT/ICDT Workshops*. New York.

- Crow, R. (2002). *The Case for Institutional Repositories: A SPARC position paper*. The Scholarly Publishing & Academic Resources Coalition .
- Cruz, I., Palandri Antonelli, F., & Stroe, C. (2009). AgreementMaker: Efficient Matching for Large Real-World. *Very Large Data Base Endowment*, (pp. 1586-1589).
- Cruz, I., Stroe, C., Caci, M., Caimi, F., Palmonari, M., Palandri Antonelli, F., & Keles, U. (2010). Using AgreementMaker to Align Ontologies for OAEI 2010. *The Fifth International Workshop on Ontology Matching*. Shangai, China.
- Cruz, I., Stroe, C., Caimi, F., Fabiani, A., Pesquita, C., Couto, F., & Palmonari, M. (2011). Using AgreementMaker to align ontologies for OAEI 2011. *6th International Workshop on Ontology Matching*, (pp. 114-121). Bonn, Alemania.
- DataCite. (2016). *DataCite Metadata Schema*. Retrieved from <https://schema.datacite.org>
- DCMI. (2005, Julio 25). *DCMI Box Encoding Scheme*. Retrieved from DCMI Box Encoding Scheme: specification of the spatial limits of a place, and methods for encoding this in a text string: <https://www.dublincore.org/specifications/dublin-core/dcmi-box/2005-07-25/>
- DCMI, T. (2012). *Dublin Core*. Retrieved from <https://www.dublincore.org/specifications/dublin-core/dcmi-terms/>
- De Hoog, R., Martil, R., Wielinga, B., & Bright, C. (1998). *The Common KADS model set*. Esprit Project .
- Digital Repository Infraestructure. (2008). *Directrices DRIVER 2.0. Directrices para proveedores de contenido. Exposición de recursos textuales con el protocolo OAI-PMH*. Driver.
- Doan, A., Madhavan, J., Domingos, P., & Halevy, A. (2004). Ontology Matching: A Machine Learning Approach. In S. S. Staab, *Handbook on Ontologies. International Handbooks on Information Systems*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Downes, S. (2003). Design and reusability of learning objects in an academic context: A new economy of education. *USDLA Journal*.
- Euzenat, J. (2001). Towards a principled approach to semantic interoperability. *Seventeenth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-01)* (pp. 19-25). Seattle: IJCAI.
- Euzenat, J., & Shvaiko, P. (2013). *Ontology Matching*. Berlín: Springer-Verlag.
- Fernández-López, M., Gómez-Pérez, A., & Juristo, N. (1997). METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering. *Proceedings of the Ontological Engineering AAAI-97 Spring Symposium Series* (pp. 33-40). AAAI Technical Report SS-97-06.
- Getty, C. (2017). *The Getty Research Institute*. Retrieved from Getty Thesaurus of Geographic Names® Online: <https://www.getty.edu/research/tools/vocabularies/tgn>
- Gibbons, S. (2004). *Establishing an Institutional Repository*. ALATechSource.
- Gómez-Pérez, A., Fernández-López, M., & Corcho, O. (2004). *Ontological Engineering: With examples from the areas of knowledge management*. New York: Springer, Berlin Heidelberg .
- Gruber, T. (1993). *A translation approach to portable ontology specification*. Knowledge Acquisition . California: Knowledge Systems Laboratory.
- Hertling, S., Portisch, J., & Paulheim, H. (2020). Supervised ontology and instance matching with MELT. *OM@ISWC 20* .

- Horrocks, I., Patel-Schneider, P., Boley, H., Tabet, S., Grosz, B., & Dean, M. (2003, Noviembre 19). *SWRL: A Semantic Web Rule Language*. Retrieved from Combining OWL and RuleML: <http://www.daml.org/2003/11/swrl/>
- Hussain, M. M., & Srivatsa, S. (2012). A Study of Different Ontology Matching System. *International Journal of Computer Applications*, 10-16.
- I Cumbre Europea de Interoperabilidad en la Administración. (2006, Noviembre). *Foro e-gobierno OEA*. Retrieved from <http://www.educoas.org/RestrictedSites/Curso1/Newsletter-Septiembre07/paratenerencuenta28.html>
- IANA. (n.d.). *Internet Assigned Numbers Authority*. Retrieved from Media Types: <https://www.iana.org/assignments/media-types/media-types.xhtml>
- Ichise, R. (2009). Evaluation of Similarity Measures for Ontology Mapping. *JSAL*.
- IEEE. (1991). *IEEE Standard Computer Dictionary: A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries*. IEEE.
- IEEE Standard for Learning Object Metadata. (2002, Septiembre). *IEEE*. Retrieved from 1484.12.1-2002 - IEEE Standard for Learning Object Metadata: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1032843>
- ISO. (1998). *ISO 639-2:1998*. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/4767.html>
- ISO. (2002). *ISO 639-1:2002*. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/22109.html>
- ISO. (2007). *ISO 639-3:2007*. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/39534.html>
- ISO. (2013). *ISO - International Organization for Standardization*. Retrieved from ISO 3166 - Country Codes: <https://www.iso.org/standard/72482.html>
- ISO. (n.d.). *ISO 3166 - Country Codes*. Retrieved from <https://www.iso.org/iso-3166-country-codes.html>
- Iyer, V., Agarwal, A., & Kumar, H. (2021). VeeAlign: Multifaceted Context Representation Using Dual Attention for Ontology Alignment. *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing* (pp. 10780-10792). Punta Cana, República Dominicana: Association for Computational Linguistics.
- Justo López, A. C., López Morteo, G. A., Flores Ríos, B. L., & Castro García, L. (2019). Model for Evaluating Process Capacity for Interoperability between Environments of Learning Objects. *XIV Latin American Conference on Learning Technologies LACLO* (pp. 69-74). San José del Cabo, México: IEEE.
- Koutsomitropoulos, D., Alexopoulos, A., Solomou, G., & Papatheodorou, T. (2010). The Use of Metadata for Educational Resources in Digital Repositories: Practices and Perspectives. *The Magazine of Digital Library Research*.
- Koutsomitropoulos, Dimitrios. (2019). Semantic annotation and harvesting of federated scholarly data using ontologies. *Digital Library Perspectives*.
- Koutsomitropoulos, Dimitrios; Andriopoulos, Andreas; Likothanassis, Spiridon. (2020). Semantic Classification and Indexing of Open Educational Resources with Word Embeddings and Ontologies. *Cybernetics and Information Technologies*, 95-116.
- Koutsomitropoulos, Dimitrios; Solomou, Georgia. (2018). A learning object ontology repository to support annotation and discovery of educational resources using semantic thesauri. *IFLA (International Federation of Library Associations and Institutions) Journal*, 4-22.

- Laadhar, A., Ghazzi, F., Megdiche, I., Ravat, F., & Teste, O. (2020). POMap++ results for OAEI 2019: fully automated machine learning approach for ontology matching. *14th International Workshop on Ontology Matching co-located with the International Semantic Web Conference* (pp. 169-174). Auckland, New Zealand.: Hal Open Science.
- Lewis, S., Hayes, L., Newton-Wade, V., Corfield, A., Davis, R., & Wilson, S. (2009). *If SWORD is the answer, what is the question?. Use of the Simple Web Service Offering Repository Deposit Protocol*.
- Limes, Agile Knowledge Engineering and Semantic Web (AKSW; (n.d.). *aksw.org Research Group dataset*. Retrieved from <http://aksw.org/Projects/LIMES.html>
- Lisowska-Navarro, M., & Garrido Arenas, H. (2014). ¿Estamos preparados para trabajar en red? Interoperabilidad: desafíos para la región latinoamericana. :XX ISTECS (Ibero-American Science & Technology Education Consortium). Ibero-American Science and Technology Education Consortium (ISTEC).
- Looms, T., & Christensen, C. (2002). *Advanced Distributed Learning Emerging and Enabling Technologies for the design of Learning Object Repositories Repor*. Alexandria: Advanced Distributed Learning Initiative.
- López Guzmán, C. (2005). *Los repositorios como objetos de aprendizaje como soporte para los entornos e-learning*. Salamanca, España.
- Lynch, C. (2003). Institutional Repositories: Essential Infrastructure For Scholarship In The Digital Age. *Libraries and the Academy*, 327-336.
- Max Planck Society. (2003, Octubre 22). *Open Access Max-Planck-Gesellschaft*. Retrieved from <https://openaccess.mpg.de/Berlin-Declaration>
- Melero, R. (2006). *Research Gate*. Retrieved from Open access y repositorios Nuevos sistemas y herramientas para la comunicación científica: https://www.researchgate.net/publication/39377537_Open_access_y_repositorios_Nuevos_sistemas_y_herramientas_para_la_comunicacion_cientifica
- Melero, R., & Abad García, M. (2011). Revistas Open Access: Características, Modelos Económicos y Tendencias. *Revista Digital de la Facultad de Ingenierías de la Fundación Universitaria Luis Amigó*, 12-23.
- Mendes de Farias, T., Roxin, A., & Nicolle, C. (2016). SWRL rule-selection methodology for ontology interoperability. *Data & Knowledge Engineering*, 53-72.
- Metadata Object Description Schema . (2018). *Metadata Object Description Schema*. Retrieved from MODS Elements and Attributes: <http://www.loc.gov/standards/mods/>
- Ministerio de Ciencia, Tecnología , e. (2015). *Directrices SNRD. Directrices para proveedores de contenido del Sistema Nacional de Repositorios Digitales*. Buenos Aires, Argentina.
- Morales Morgado, E. M., Campos, R., Yang, L., & Ferrera-Fernández, T. (2014). Adaptation of Descriptive Metadata for Managing Educational Resources in the GREDOS Repository. *International Journal of knowledge Management*, 50-72.
- Nezhadi, A., Shadgar, B., & Osareh, A. (2011). Ontology Alignment using machine learning techniques. *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)*, 139-150.
- Noy, N., & McGuinness, D. (2001). *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your*. Protege - Stanford.

- OpenAIRE. (2018). *Directrices de OpenAIRE para administradores de repositorios de Literatura v4*. OpenAIRE.
- Otero-Cerdeira, L., Rodríguez-Martínez, F., & Gómez-Rodríguez, A. (2015). Ontology matching: A literature review. *Expert Systems with Applications*, 949-971.
- Özacar, T., ÖZTÜRK, Ö., & ÜNALIR, M. O. (2011). ANEMONE: An environment for modular ontology development. *Data & Knowledge Engineering*, 504-526.
- Patrício, H., Cordeiro, M., & Nogueira Ramos, P. (2018). Formalizing enrichment mechanisms for bibliographic ontologies in the semantic web. *Research Conference on Metadata and Semantics Research* (pp. 147-158). Springer, Cham.
- Pinilla Gómez, A. C. (2017). *AMELOIR: Algoritmo para la extracción automática de metadatos a partir de objetos de aprendizaje en un repositorio institucional*. Santa Fe: Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional.
- Proyecto OpenAIREplus. (2011). *2nd Generation Open Infrastructure for Research in Europe*.
- Rehak, D., & Mason, R. (2003). Keeping the learning in learning objects. In A. Littlejohn, *Reusing online resources: a sustainable approach to e-learning* (pp. 20-34). London : Kogan Page.
- Rodrigues, E. (2012). Challenges and Opportunities of Interoperability for Open Access Repositories. *China Open Access Week*. Beijing.
- Senso, J., & De la Rosa Piñero, A. (2003). El concepto de metadato. Algo más que descripción de recursos electrónicos. *Ciência da Informação*, 32(2).
- Silk, University of Mannheim;. (n.d.). *Silk - The linked data integration framework*. Retrieved from <http://silkframework.org/>
- Silva, T. E., & Tomaél, M. (2011). Repositorios Institucionales: directrices para políticas de información. Consideraciones. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal - Ciencias de la Información*, 39-46.
- Sistema Nacional de Repositorios Digitales, M. (2015). *Sistema Nacional de Repositorios Digitales*. Retrieved from Directrices para proveedores de contenido del Sistema Nacional de Repositorios Digitales: https://repositoriosdigitales.mincyt.gob.ar/files/Directrices_SNRD_2015.pdf
- Stuckenschmidt, H., & Harmelen, F. (2005). *Information Sharing on the Semantic Web*. Berlin: Springer Berlin, Heidelberg.
- Stuckenschmidt, Heiner. (2003). *The semantic web from vision to technology*. EuroSDRWorkShop.
- Suárez-Figueroa, M. C. (2010). *NeOn Methodology for Building Ontology Networks: Specification, Scheduling and Reuse*. Madrid: Facultad de Informática, Universidad Politécnica de Madrid.
- Suber, P. (2012). *Open Access*. MIT Press Essential Knowledge.
- The JORUM+ Project Teams at EDINA and MIMAS. (2004). *The JISC Online Repository for [learning and. JORUM*.
- Van Assche , F. J. (2006). *Roadmap to Interoperability for Education in Europe*. Bruselas, Bélgica: European Schoolnet.
- Vian, J., Rocha Campos, R., Giuffra, C., & Azambuja Silveira, R. (2011). A Multiagent Model for Searching Learning Objects in Heterogeneous Set of Repositories. *11th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, (pp. 48-52). Athens.

- W3C. (2013). *SPARQL Query Language for RDF*. Retrieved from <https://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>
- Wang, H., & Ye, Z. (2009). Building Multi-Level Data Warehouse Based on Hybrid-Ontology. *International Symposium on Computer Network and Multimedia Technology*. Wuhan: IEEE.
- Wiley, D. (2002). Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. In D. Wiley, *The instructional use of learning objects* (pp. 1-35). Indiana: Agency for Instructional Technology and Association for Educational Communications & Technology.