



EnBovinOs: Diseño de una red de ontologías en el dominio de las enfermedades bovinas

EnBovinOs: Design of a network of ontologies in the field of bovine diseases

InBovinOs: Projeto de uma rede de ontologias no domínio das doenças das vacas

Javier Antonio Ballesteros-Ricaurte¹

Ángela María González-Amarillo²

Gustavo Cáceres-Castellanos³

Recibido: mayo de 2017

Aceptado: agosto de 2017

Para citar este artículo: Ballesteros-Ricaurte, J.A., González-Amarillo, Á.M., y Cáceres-Castellanos, G. (2017). EnBovinOs: Diseño de una red de ontologías en el dominio de las enfermedades bovinas. *Revista Científica*, 30 (3), 278-288. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.12472>

Resumen

Este artículo presenta el proceso de desarrollo de la red de ontologías: especificación de requisitos, la aplicación de la Metodología NeOn, la reutilización de recursos ontológicos y no ontológicos, aplicado al conocimiento de enfermedades en bovinos. Para el proceso de desarrollo de la red de ontologías, se contó con el apoyo de médicos veterinarios, expertos en Mastitis Bovina que aportan su conocimiento; utilizando herramientas informáticas y tecnologías, teniendo en cuenta que el desarrollo cumpla con las características, y que de la integración de los diferentes recursos se obtenga EnBovinos. Aplicando diferentes escenarios de la metodología, se encuentran recursos que se pueden reutilizar y de la misma forma entregar una red de ontologías que se pueda utilizar en otros proyectos.

Palabras clave: Enfermedades de los Bovinos; Ontologías; Metodología; Mastitis

Abstract

In the field of veterinary medicine, terminology management is not standardized, because different actors intervene, generating inconveniences in the information consultation and in the processes of information collection and diagnosis of diseases. This paper presents the process of developing the ontology network: specification of requirements, application of NeOn Methodology, reuse of ontological and not - ontological resources, applied to knowledge of diseases in cattle. For the process of development of the network of ontologies, we counted on the support of veterinary doctors, experts in Mastitis Bovina that contribute their knowledge; Using computer tools and technologies, taking into account that the development meets the characteristics and that the integration of the different resources is obtained EnBovinos. Applying different scenarios of the methodology, there are resources that can be

¹. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia. Contacto: javier.ballesteros@uptc.edu.co
². Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD. Tunja, Colombia. Contacto: angela.gonzalez@unad.edu.co
³. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia. Contacto: gustavo.caceres@uptc.edu.co

reused and in the same way to deliver a network of ontologies that can be used in other projects.

Keywords: Disease of cattle; Ontology; Methodology; Mastitis

Resumo

Este artigo apresenta o processo de desenvolvimento da rede de asologias: especificação dos requisitos, a aplicação da Metodologia NeOn, a reutilização de recursos humanos e não ontológicos, verificou-se o conhecimento de doenças em bovinos. Para o processo de desenvolvimento da red de asologias, se conto com o apoio de médicos veterinários, peritos em Mastição Bovina que aportan su conocimiento; use ferramentas informáticas e tecnologías, tendo em conta o desenvolvimento com as características e a integração dos diferentes recursos se obtenga EnBovinos. Aplicando diferentes escenarios de metodologia, se encontram recursos que podem ser reutilizados e de a mesma formando uma transmissão de imagens em rede.

Palavras-chaves: Enfermedades de los Bovinos; Ontologías; Metodología; Mastite.

Introducción

Los sistemas autónomos son cada vez más utilizados en una gran variedad de dominios. Dichos sistemas hacen uso de las ontologías, las cuales son mayormente exploradas por su complejidad, entendiendo estas como “una especificación formal, explícita de una conceptualización compartida”, donde la conceptualización hace referencia a una visión abstracta y simple del mundo que se desea representar, una representación del conocimiento basada en objetos, conceptos y entidades que existen en el área de estudio, y las relaciones que existen entre ellas. Una ontología es formal si puede ser comprensible por una máquina, y si el conocimiento que captura tiene el consenso de la comunidad (Aranda y Ruiz, 2005).

Una de las áreas de aplicación de las ontologías es en veterinaria, particularmente en la detección de enfermedades, en lo cual se centra el presente trabajo, puntualmente en lo concerniente a la mastitis-Bovina, la cual es una respuesta inflamatoria

de la glándula mamaria a una agresión que ejerce un gran impacto en la producción animal, bienestar animal y la calidad de la leche producida (Fernández *et al.*, 2012). El estudio se hará haciendo uso de la metodología NeOn para la construcción de la red de ontologías la cual es basada en escenarios y se apoya en los aspectos de colaboración de desarrollo de ontologías y la reutilización (Ontology Engineer in Group, 2015).

Son diversos los trabajos relacionados a las enfermedades de bovinos y cómo estas afectan a la economía de una región, en (Romero, Villamil, y Pinto, 1999), se menciona lo importante que es hoy en día, en Sudamérica, el sector ganadero, presentando la importancia de los servicios de sanidad animal. Así mismo, se expone la realización de un estudio de caso en la sabana de Bogotá en donde la mastitis se ha catalogado como una de las enfermedades de mayor impacto en los sistemas productivos, generando una disminución en la producción de leche y en su calidad.

Una ontología en el dominio de la higiene de los productos cárnicos, para que la información que estaba dispersa ahora se encontrará organizada, para que luego se pudiese utilizar en un proceso de capacitación en los establecimientos donde los manipulan. En este se muestra la metodología usada para desarrollar la ontología, la cual fue hecha en Protégé 4.0 y muestra resultados de pruebas que se realizaron a expertos en el sector, las cuales salieron satisfactorias (Cañete Betancourt, López Padrón, Sánchez Pellitero y Noda Cuellar, 2015).

También se describen las prácticas de cría y procesamiento de leche en diferentes comunidades de ganado bovino de Camerún y el conocimiento de la tuberculosis bovina en comparación con otras enfermedades infecciosas. El trabajo de gestión de conocimiento que se realizó se encontró que las prácticas actuales de ganadería hacen que el control de la tuberculosis en ganado sea un desafío. La prueba de rutina y el control de la matanza en los rebaños lecheros serían manejables, pero tendrían un impacto profundo en los medios de subsistencia de los productores lecheros (Kelly, *et al.*, 2016).

Con respecto al desarrollo de ontologías no se han realizado alrededor del tema que se está abordando, las enfermedades de los bovinos. Es importante conocer las enfermedades de los bovinos, como se deben controlar, y cómo los afectan en cuanto a la producción de leche, en particular la mastitis bovina, siendo esta una inflamación de la glándula mamaria (Andrade-Becerra, *et al.*, 2014).

Especificación de Requisitos

El objetivo de la especificación de requisitos de la ontología es establecer la razón de ser de la ontología que se va a construir, cuáles van a ser sus usos y usuarios previstos, y que requisitos debe satisfacer dicha ontología (Villazón-Terrazas, *et al.*, 2011). Siguiendo los pasos de la metodología NeOn (Suarez-Figueroa, 2010), en la Tabla 1 se describen los aspectos principales, relacionados con el propósito y alcance de la red de ontologías:

Para construir la red de ontologías, se debe especificar los requisitos, incluyendo información sobre el propósito, el alcance, los usuarios y usos previstos, y el lenguaje de implementación, tal y como se presenta en la Tabla 2.

Desarrollo de la red de ontologías

Las ontologías se aplicaban en su principio de manera independiente, para cada una de ellas se

debía crear una red de abstracción propia (Helmy, Al-nazer, Al-bukhitan y Iqbal, 2015), para mayor efectividad se crean redes de ontologías el cual permite organizarlas en linajes estructuralmente similares (Ochs, *et al.*, 2016). Lo anterior con el fin de obtener un rendimiento óptimo ya que estas interactúan en tiempo real con su entorno y permiten que su ejecución sea de bajo consumo computacional.

La red de ontologías realiza un trabajo coordinado de componentes de procesamiento de eventos centrados en la red, cada uno de los cuales proporciona una información única de procesamiento de conocimiento, de eventos y de conocimiento de dominio (Mayer *et al.*, 2014).

Desarrollo de red de ontologías EnBovinOs desde la especificación hasta la implementación, es el escenario que encierra todo el proceso de creación, siguiendo los pasos de la Metodología NeOn, se utilizan diferentes escenarios que se describen a continuación:

Desarrollo de redes de ontologías mediante reutilización de recursos ontológicos: según la metodología se deben buscar ontologías disponibles como solución en diferentes problemas; este proceso de reutilización de ontologías se debe organizar teniendo en cuenta el tipo de ontología que se pueda reutilizar.

Para este proyecto, se tienen en cuenta dos tipos de ontologías: generales y de dominio.

Tabla 1. Dominio y alcance de la red de ontologías.

Dominio	Representación de enfermedades en bovinos de propósito lechero
Propósito	Construir una red de ontologías que representa la información relacionada a la clasificación de enfermedades en ganado bovino teniendo como base la clasificación de la Organización Mundial de Sanidad Animal (Oficina Internacional de Epizootias - OIE), caso de aplicación Mastitis – Bovina.
Alcance	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son las enfermedades sin control oficial? • ¿Cuáles son las enfermedades de control oficial? • ¿Cuántas enfermedades de control oficial existen? • ¿Cuáles son los factores de riesgo para diagnosticar la Mastitis Bovina? • ¿Cuáles son las enfermedades vacunadas sin control oficial? • ¿Cuáles son los síntomas de la Mastitis Bovina?

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Especificación de requisitos de la ontología.

PROPÓSITO

El propósito de la red de ontologías EnBovinOs, en torno a las enfermedades bovinas según la Organización Mundial de Sanidad Animal, es estandarizar la información relacionada a las enfermedades para que médicos veterinarios, zootecnistas y productores lácteos, manejen la información. Esta red de ontología debe proveer información en castellano e inglés.

ALCANCE

El alcance de la ontología comprende: Especies bovinas, Enfermedades, enfermedades de control oficial, enfermedades sin control oficial, ubicación geográfica (Colombia), caso de aplicación Mastitis Bovina (tipo de mastitis, diagnóstico, signos clínicos, prevención, tratamiento, entre otros).

LENGUAJE DE IMPLEMENTACIÓN

La implementación de la red de ontologías se debe hacer en lenguaje OWL.

USUARIO PREVISTOS

- Médicos veterinarios
- Zootecnistas
- Estudiantes de programas de medicina veterinaria y afines
- Productores lácteos

USOS PREVISTOS

- Almacenar y editar información sobre enfermedades bovinas
- Almacenar y editar información sobre el contexto de la enfermedad
- Almacenar información de resultados donde esta la enfermedad

REQUISITOS

Requisitos no Funcionales:

- La ontología debe ser modular
- El idioma de la red de ontologías es en español
- Multilingüe: la red de ontologías debe soportar un escenario multilingüe, con idiomas como el inglés (Villazón-Terrazas, Ramírez, Suárez-Figueroa y Gómez-Pérez, 2011)

Requisitos Funcionales: para determinar los funcionales, hay que hacer varias preguntas, que se trabajan con los expertos del tema.

- Las enfermedades deben ser las oficiales por la Organización Mundial de Sanidad Animal
- ¿Cuáles son los síntomas de una enfermedad?
- ¿Cuáles son los factores de riesgo de una enfermedad?
- ¿Cuáles son los signos clínicos de la enfermedad?
- ¿Cuál es el tratamiento que se debe seguir?

PRE-GLOSARIO DE TÉRMINOS

Fuente: Elaboración propia.

Ontologías Generales: que proporcionan conceptualizaciones de temas generales y representan conocimiento reutilizable en diferentes dominios. La ontología geopolitical.owl donde su centro es la representación de conocimiento de los países que hacen parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, se reutilizó para representar las ciudades, departamentos y

distritos de Colombia, donde se hace el estudio de la Mastitis Bovina.

Teniendo en cuenta las necesidades de la red de ontologías EnBovinOs, se inicia con el análisis de la información que se necesita dejar para armar la red de ontologías. Se renombra la ontología como GeoRegional.owl, para realizar poda, ya que la ontología maneja información de muchos países, y para este caso se necesita solo información sobre

Colombia. Se debe personalizar la ontología, enriqueciéndola con información sobre departamentos, ciudades, distritos, latitud y longitud de las ciudades, para lograr ubicar información donde se presentan enfermedades bovinas, caso de estudio Mastitis – Bovina.

Para realizar la integración de la ontología de regiones GeoRegional.owl (figura 1) en la red de ontologías EnBovinOs, se ha creado una ontología principal “EnfermedadesBovinas”, donde se realiza la importación de la ontología.

Dominio que proporciona conocimiento sobre dominio específico. Son útiles cuando se está desarrollando otra ontología que represente el mismo dominio. En este paso se buscaron ontologías relacionadas con el tema de enfermedades en bovinos, pero no se encontraron. Siguiendo la metodología NeOn, se realiza una búsqueda con temas muy similares, para encontrar las ontologías de dominio más adecuada para el desarrollo de la red de ontologías.

En la búsqueda de ontologías de dominio se utilizaron motores de búsqueda, repositorios de ontologías, utilizando términos como: enfermedad,

bovinos, vacas, entre otros; pero no dieron resultado. Se encontraron ontologías relacionadas con temas de peces. Las ontologías encontradas son:

- species_ISSCAAP.owl
- species_taxonomic.owl

Estas dos ontologías no cumplen con los términos de dominio de la red de ontologías EnBovinOs, pero siguiendo la metodología se pueden reutilizar realizando algunos procesos; realizando poda de términos y clases que no son del dominio y enriqueciendo la ontología con terminología de bovinos se creó la ontología “EspeciesBovinas”, Figura 2.

Para realizar pruebas se toma como caso de estudio la enfermedad Mastitis – Bovina, que no se encuentra ninguna ontología publicada. Siguiendo con la reutilización de recursos ontológicos, se tiene la ontología OntoMastitis.owl desarrollada en (Ballesteros-Ricaurte, González-Sanabria y Cáceres-Castellanos, 2016), que cumple con los términos del dominio debido a que proporciona los vocabularios sobre

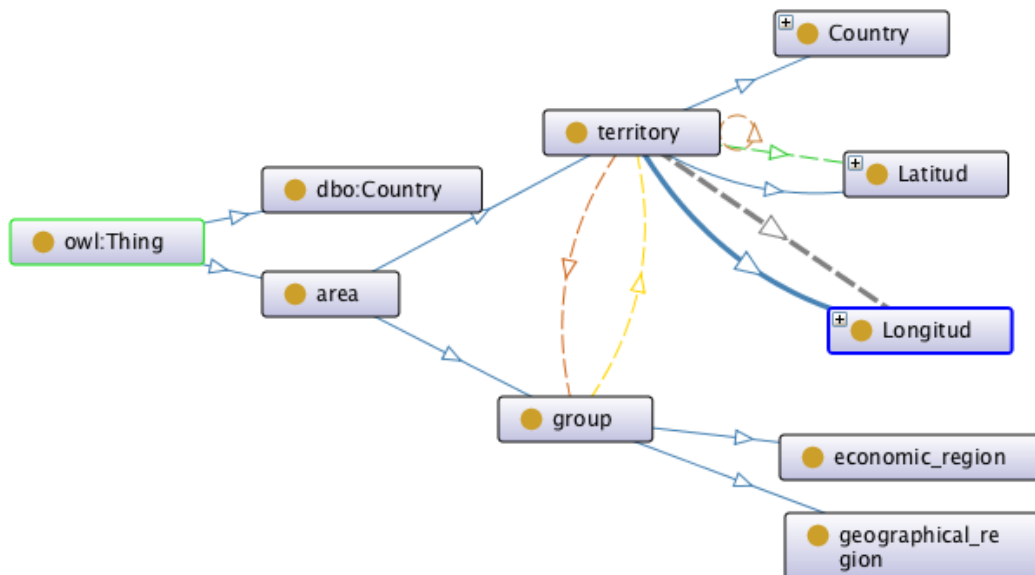


Figura 1. Modelo de clases de la Ontología GeoRegional.owl.

conceptos asociados al dominio de enfermedades bovinas; en este caso no es necesario realizar ningún tipo de modificación a OntoMastitis, ya que la ontología tiene un propósito y alcance similar a la ontología que se quiere desarrollar; en la Figura 3 se muestra la relación de clases que tiene la ontología.

En la Figura 4 se presenta el esquema general de la integración de las ontologías GeoRegional, EspeciesBovinas y OntoMastitis en la red de ontologías EnfermedadesBovinas, y sus relaciones. Adicionalmente, en la Figura 5 se muestra la integración de las ontologías en la red de ontologías EnBovinOs desde OntoGraf de Protégé.

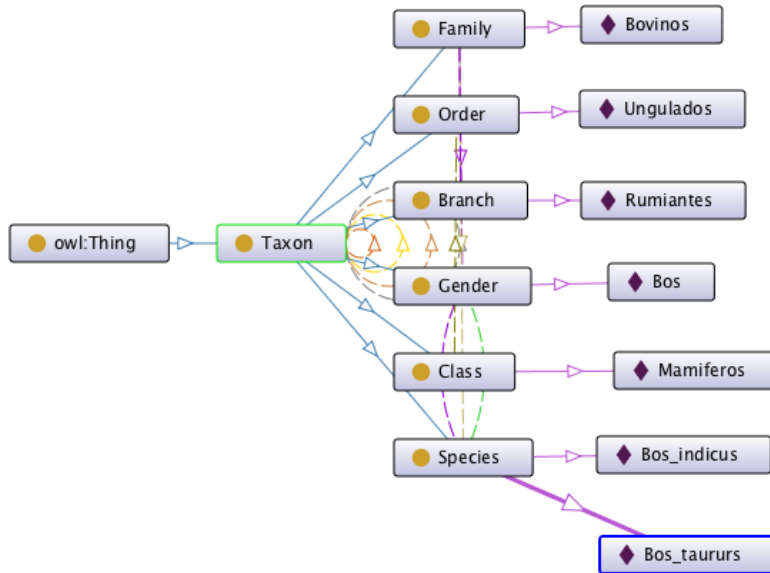


Figura 2. Modelo de clases de la Ontología EspeciesBovinas.owl.

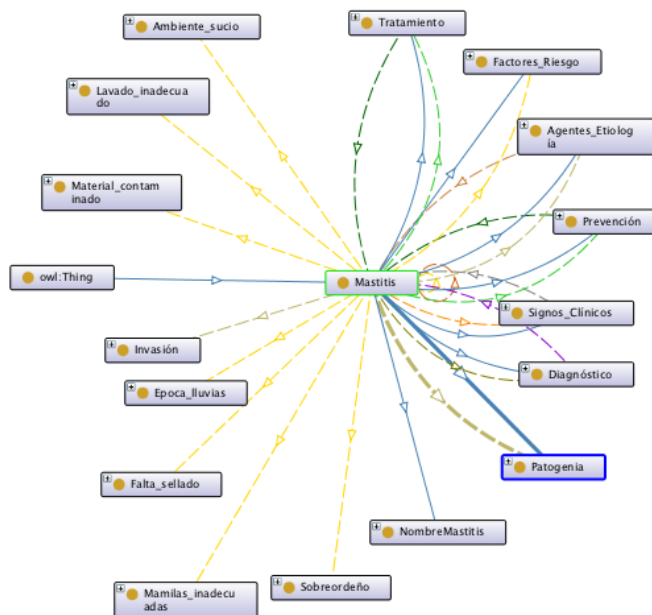


Figura 3. Modelo de clases de la Ontología OntoMastitis.owl.

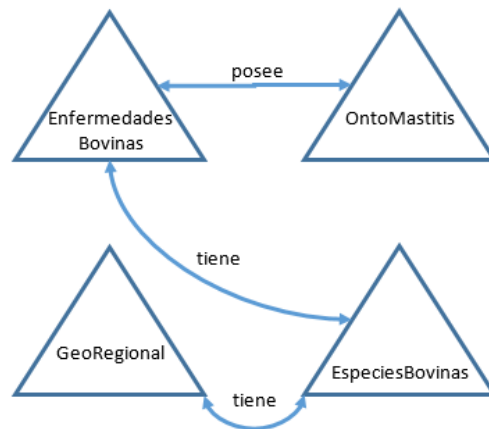


Figura 4. Red de ontologías EnBovinOs.

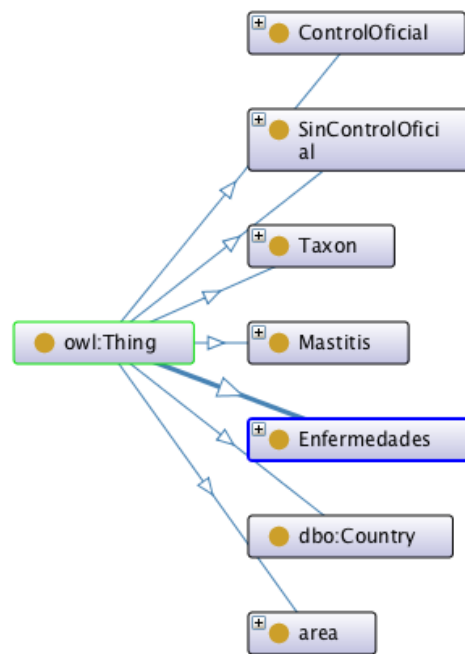


Figura 5. Modelo de clases de la Ontología EnfermedadesBovinas.owl.

Desarrollo de redes de ontologías mediante la reutilización de recursos no ontológicos

Se describen los recursos no ontológicos reutilizados para la red de ontologías EnBovinOs. Inicialmente se realiza revisión en diferentes sitios buscando información sobre enfermedades en bovinos, razas de bovinos y las relaciones

que hay en ciudades del departamento de Boyacá. A continuación, se lista la clasificación de localización geográfica que se ha encontrado:

- ISO 3166: se encuentran los códigos de los países definidos en el estándar ISO 3166; para este caso se toma Colombia y sus departamentos (Online Browsing Platform, 2016).

- Información del departamento de Boyacá y sus municipios (Portal de alcaldes y gobernadores de Colombia, 2015).
- Definición de ciudad para unificar el estándar (<http://dbpedia.org/ontology/country>).
- Utilización de Tesouro de la UNESCO, para definir Enfermedad Animal (<http://vocabularies.unesco.org/thesaurus/concept2396>).

Visión general del desarrollo de la red de ontologías EnBovinOs

Se muestra una visión global del desarrollo de la red de ontologías EnBovinOs, teniendo en cuenta que se utilizaron algunos de los escenarios planteados en la Metodología NeOn; en la Figura 6 se muestran los escenarios que se tuvieron en cuenta para el desarrollo.

Implementación

La implementación de la red de ontologías EnBovinOs se llevó a cabo con Protégé teniendo en cuenta el modelo conceptual descrito en este documento. La fase de evaluación de la ontología desarrollada sirve para establecer si la ontología cumple con los requisitos establecidos en la fase de inicio. Principalmente esta evaluación se corresponde con el análisis de las respuestas a las preguntas de competencia. Estas repuestas se han obtenido de los expertos médicos veterinarios. Sin embargo, en este trabajo se ha añadido a la evaluación de la ontología la comprobación de la misma mediante razonadores de lógica descriptiva. En este caso, se ha utilizado el razonador de Protégé Hermit1.3.8.413 para comprobar la consistencia de la ontología.

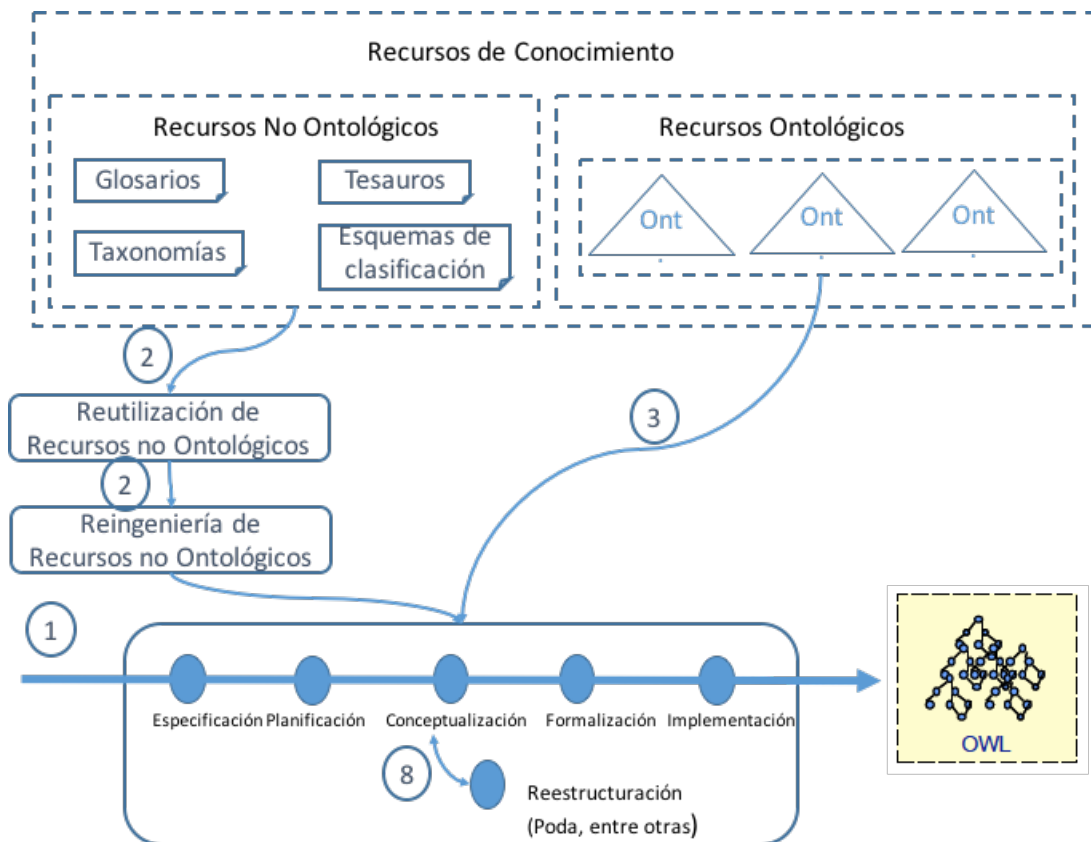


Figura 6. Escenarios de desarrollo de red de EnBovinOs, según la metodología NeOn.

La consistencia de la ontología creada se comprueba mediante dos tipos de análisis de consistencia:

- Comprobación de la consistencia. Basándose en la descripción que se han especificado en las clases de la ontología, el razonador comprueba si existe alguna clase que no pueda tener instancias. Un resultado positivo sería que el razonador no encuentra clases que no son consistentes.
- Comprobación de instancias. En este caso se comprueba que las instancias de una clase cumplan con las especificaciones de la misma. Un resultado positivo sería que las instancias inferidas coincidan con las diseñadas.

Resultados

Comprobación de la consistencia

- Acción realizada. Se invoca al razonador para que compruebe que todas las clases pueden tener instancias.
- Resultado esperado. No existen clases inconsistentes.
- Resultado obtenido. No se identifican clases inconsistentes (ver Figura 7).
- Valoración. Positiva.

Comprobación de instancias

- Acción realizada. Se invoca al razonador para que compruebe que todas las instancias cumplen con las especificaciones de sus clases correspondientes.
- Resultado esperado. Las instancias cumplen con las especificaciones de las clases.
- Resultado obtenido. No se identifican instancias que no cumplan con las especificaciones de las clases.
- Valoración. Positiva.

Classification results: Classified using null	
●	Mantenimiento SubClassOf Prevención
●	Mantenimiento SubClassOf Tratamiento
●	MastitisAguda SubClassOf MClínica
●	MastitisAguda SubClassOf Sub_Clínica
●	MastitisCronica SubClassOf MClínica
●	MastitisCronica SubClassOf Sub_Clínica
●	Material_contaminado SubClassOf Alojamientos
●	Material_contaminado SubClassOf Equipos
●	Material_contaminado SubClassOf Mastitis
●	Material_contaminado SubClassOf Personal
●	Material_contaminado SubClassOf Prevención
●	Material_contaminado SubClassOf Tratamiento
●	NombreMastitis SubClassOf Alojamientos
●	NombreMastitis SubClassOf Equipos
●	NombreMastitis SubClassOf Factores_Riesgo
●	NombreMastitis SubClassOf Personal
●	NombreMastitis SubClassOf Prevención
●	NombreMastitis SubClassOf Tratamiento
●	Patogenia SubClassOf Alojamientos
●	Patogenia SubClassOf Equipos

Figura 7. Razonador Hermit1.3.8.413.

Para el proceso de manejo de datos, se utilizó el archivo DIVIPOLA_20150331.xlsx⁴, donde se tiene el reporte de Departamentos y ciudades de Colombia. Esta información se toma por los municipios de Boyacá. Sobre información de casos de Mastitis Bovina en el departamento de Boyacá se cuenta con los reportes por parte de los Laboratorios Clínicos; teniendo en cuenta que no se puede dar nombres de las fincas y de algunas zonas geográficas, se unifica la información de los reportes de casos de Mastitis – Bovina, con la información de las regiones.

Para el proceso de refinamiento de la información y depuración se usa la herramienta OpenRefine; para lo cual se realizaron las siguientes actividades:

- Del archivo DIVIPOLA_20150331.xlsx se retiraron columnas que no tienen información, o la misma no es relevante para el proyecto.

⁴ <http://geoportal.dane.gov.co:8084/Divipola/>

- Se eliminaron los municipios duplicados.
- Se carga el archivo Bovinos.xlsx, que tiene la información de casos de mastitis.
- Se crearon dos columnas para adicionar la información respectiva de los casos de Mastitis Bovina, del archivo Bovinos.xlsx.
- Luego se realiza la asociación de datos ya organizados con la ontología EnfermedadesBovinas. owl, importándola en OpenRefine, (Figura 8).

El desarrollo de la red de ontologías representa un avance significativo en la integración de herramientas y recursos para la abstracción de información. Al formular un formato estandarizado para la representación de ontologías, se fue capaz de utilizar escenarios de la metodología NeOn.

Conclusiones

Las ontologías sirven para compartir la comprensión común de la estructura de la información entre personas, permite la reutilización del conocimiento del dominio, hace explícitas las suposiciones de dominios, separa el conocimiento del dominio de los conocimientos operativos y analiza el conocimiento del dominio.

La metodología NeOn la cual tiene enfoques basados en la reutilización de distintos tipos de recursos de conocimiento disponibles como ontologías, tesauros, esquemas de clasificación, o patrones de diseño, sirvió en este caso para poder representar las enfermedades, factores de riesgo, tratamientos y en especial para representar la enfermedad Mastitis Bovina. Así los zootecnistas y veterinarios podrán tener un estándar con respecto a las enfermedades en los bovinos.

En este trabajo, se presentó el desarrollo de la red de ontologías EnBovinos, un marco para analizar, visualizar y explorar las redes de información de enfermedades en bovinos. En la red, las ontologías, la metodología utilizada y los procesos que pueden aplicarse están representados genéricamente. Esta representación de ontologías, creación de red de ontologías y la metodología utilizada permite la creación estandarizada de ontologías representadas en diferentes lenguajes.

Referencias

Andrade-Becerra, R., Caro-Carvajal, Z., Pulido-Medellín, M., Porras-Vargas, J. y Vargas-Abella, J. (2014). Prevalencia de bacterias causantes de

List of defined prefixes		
Add Prefix		
Prefix	URI	Delete Refresh
rdf	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#	delete refresh
owl	http://www.w3.org/2002/07/owl#	delete refresh
xsd	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#	delete refresh
rdfs	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#	delete refresh
foaf	http://xmlns.com/foaf/0.1/	delete refresh
dp		delete refresh
datos	http://www.javeriana.edu.co/ProyectoFinal/EnfermedadesBovinas	delete refresh

[Done](#)

Figura 8. Integración ontología con los datos.

- mastitis en fincas lecheras de Toca (Boyacá, Colombia). *Revista Ciencia y Agricultura*, vol. 11 (1): 47-53.
- Aranda, G. y Ruiz, F. (2005). Clasificación y ejemplos del uso de ontologías en Ingeniería del Software. Workshop en Ingeniería del Software y Bases de Datos WISBD 2005. XI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, Universidad Nacional de la Plata – Argentina.
- Ballesteros-Ricaurte, J., González-Sanabria, J. y Cáceres-Castellanos, C. (2016). OntoMastitis: Desarrollo de Ontología para la mastitis bovina. En: *IEEE ARGENCON 2016*. Universidad Tecnológica Nacional, Regional Buenos Aires.
- Cañete Betancourt, G., López Padrón, A., Sánchez Pellitero, J. y Noda Cuellar, L. (2015). Diseño de una ontología en el dominio de la higiene de los productos cárnicos. *Revista electrónica de Veterinaria*, vol. 16 (6): 1-19.
- Fernández Bolaños, O., Trujillo Graffe, J., Peña Cabrera, J., Cerquera Gallego, J. y Granja Salcedo, Y. (2012). Mastitis bovina: generalidades y métodos de diagnóstico. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 13(11): 1-20.
- Helmy, T., Al-nazer, A., Al-bukhitan, S. y Iqbal, A. (2015). Health, Food and User's Profile Ontologies for Personalized Information Retrieval. *Procedia - Procedia Comput. Sci.*, vol. 52: 1071–1076.
- International Standard Organization (ISO). (2004). Information technology – Metadata registries. Disponible en: <http://www.iso.org/standard/35343.html>
- Kelly, R. F., Hamman, S. M., Morgan, K. L., Nkongho, E. F., Ngwa, V. N., Tanya, V., Bronsvort, B. M. de C. (2016). Knowledge of Bovine Tuberculosis, Cattle Husbandry and Dairy Practices amongst Pastoralists and Small-Scale Dairy Farmers in Cameroon. *PLOS ONE*, 11(1). DOI: <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0146538>
- Mayer, G., Jones, A., Binz, P., Deutsch, E., Orchard, S., Montecchi-Palazzi, L., Eisenacher, M. (2014). Controlled vocabularies and ontologies in proteomics: Overview, principles and practice. *Acta Biochimica et Biophysica*, vol. 1844 (1), pp. 98–107. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.bbapap.2013.02.017>
- Ochs, C., He, Z., Zheng, L., Geller, J., Perl, Y., Hripcsak, G. y Musen, M. (2016). Utilizing a structural meta-ontology for family-based quality assurance of the BioPortal ontologies. *Journal Biomedical Informatics*, vol. 61: 63–76.
- Online Browsing Platform (OBP). (2016). ISO 3166 - Codes for the representation of names of countries and their subdivisions. Disponible en: <http://www.iso.org/obp/ui/#iso:code:3166:CO>
- Ontology Engineer inGroup. (2015). Ontology Engineer inGroup. Disponible en: <http://mayor2.dia.fi.upm.es/oeg-upm/index.php/es/methodologies/59-neon-methodology/>
- Portal de alcaldes y gobernadores de Colombia. (2015). Directorio de alcaldes y gobernadores. Disponible en: http://www.portalterritorial.gov.co/dir_boyaca.shtml
- Romero, J., Villamil, L., y Pinto, J. (1999). Impacto económico de enfermedades animales en sistemas productivos en Sudamérica: estudios de caso. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.* Vol. 18 (2): 498-511.
- Suárez-Figueroa, M. (2010). NeOn Methodology for Building Ontology Networks: Specification, Scheduling and Reuse (Tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Madrid, España.
- Villazón-Terrazas, B., Ramírez, J., Suárez-Figueroa, M. y Gómez-Pérez, A. (2011). A network of ontology networks for building e-employment advanced systems. *Expert systems with applications*, vol. 38, 13612-13624. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.125>

