

ONTOMASTITIS: ONTOLOGÍA PARA LA MASTITIS BOVINA

ONTOMASTITIS: ONTOLOGY FOR BOVINE MASTITIS

Javier Antonio Ballesteros Ricaurte¹, Juan Sebastián González-Sanabria², Gustavo Cáceres-Castellanos³

Recibido para publicación: 14 de septiembre 2016 - Aceptado para publicación: 10 de octubre 2016

ABSTRACT

Mastitis is a cow disease caused by an infection in the mammary gland due to bacteria entering through the skin. This disease can have repercussions directly on the quality of the milk and thus, on the incomes of the producers. Therefore, the objective of this work was creating ontology with mastitis in order to provide a tool for veterinarians, which helps in the search of information related to different cases and treatments. Methontology and Protégé methodologies were respectively used in order to develop and formalize the ontology. As a result of the process, it was obtained an ontology integration model for mastitis, with an information system for medical diagnose.

KEYWORDS: computational intelligence, mastitis, medical diagnose, ontology.

RESUMEN

La mastitis es una enfermedad vacuna ocasionada por infección en la mama causada por bacterias que ingresan a través de la piel. Esta enfermedad puede repercutir directamente en la calidad de la leche y por ende en los ingresos de los productores. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue crear una ontología con el tema de las mastitis, para dar una herramienta a los médicos veterinarios, que ayude en la búsqueda de información relacionada con diferentes casos y tratamientos. Para el desarrollo y formalización de la ontología se utilizó la metodología Methontology y Protégé, respectivamente. Como resultado del proceso se obtuvo un modelo de integración de la ontología para la mastitis con un sistema de información para el diagnóstico médico.

PALABRAS CLAVE: diagnóstico médico, inteligencia computacional, mastitis, ontología.

¹ Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad Pedagógica y Tecnología de Colombia, Av. Central del Norte – Edificio Central, Tunja-Boyacá, Colombia, javier.ballesteros@uptc.edu.co

² Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Colombia - Uptc - Sede Tunja, juansebastian.gonzalez@uptc.edu.co.

³ Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Colombia - Uptc - Sede Tunja, gustavo.caceres@uptc.edu.co.

1. INTRODUCCIÓN

Las ontologías ocupan un lugar importante en la Ingeniería del Conocimiento. Distintas áreas aprovechan las bondades que éstas brindan para organizar el conocimiento en dominios específicos. Una de las áreas que cabe resaltar es la Medicina Veterinaria, particularmente en el diagnóstico de enfermedades, donde se aplican los conocimientos científicos para el mejoramiento y control de la salud animal.

En Boyacá los hatos lecheros son un sector económico importante, y una de las principales enfermedades que preocupa a estos hatos es la Mastitis Bovina, por lo que se requiere la utilización de técnicas de Ciencias Computacionales para resolver estos problemas.

El objetivo del trabajo es el diseño y desarrollo de una ontología para enfermedades en la medicina veterinaria, puntualmente la Mastitis Bovina. La ontología propuesta se diseñó teniendo en cuenta la experiencia Grupo de Investigación GIDIMEVETZ de la UPTC, que ha servido para realizar una conceptualización la enfermedad, teniendo en cuenta causas, diagnóstico, tratamiento y características.

El desarrollo de la ontología está basado en la metodología denominada

METHONTOLOGY, desarrollada por el grupo de Ingeniería Ontológica de la Universidad Politécnica de Madrid [1].

El trabajo se divide en tres partes: la primera, consiste en la apropiación del conocimiento en ontologías y mastitis, para caracterizar las variables que intervienen en el diagnóstico médico; la segunda, explica las actividades realizadas en el proceso de desarrollo de la ontología. Por último, se presenta una herramienta que facilita el análisis y toma decisiones con los resultados obtenidos.

Conceptualización
con el fin de conocer las herramientas y técnicas más adecuadas para hacer frente al problema planteado se presenta una revisión de trabajos, proyectos y artículos desarrollados en las tres áreas que se involucran en la presente investigación.

A. Inteligencia Computacional en la solución de problemas médicos.

El uso de las técnicas de inteligencia computacional (IC) en investigaciones médicas es un proceso emergente aún, sin embargo, algunos estudios desarrollados han dado resultados significativos que se describen a continuación.

Los algoritmos como sistemas expertos buscan apoyar tareas médicas complejas, las cuales se caracterizan por utilizar conocimiento no formal y valerse de la experiencia de los médicos, para el diagnóstico de enfermedades. Los sistemas de información inteligentes no suplantán la labor de los profesionales de la salud, sino ofrecen conocimiento implícito de los datos, que permite identificar alteraciones de la salud de los individuos, tal como se comenta en el trabajo “Aplicaciones médicas como ayuda al diagnóstico en la medicina” [2]. Esta investigación propone la implementación de un sistema experto que contenga una lista de reglas con la información sobre medicamentos, plaguicidas, animales, plantas, drogas psicotrópicas, productos industriales y productos de hogar, que permitan diagnosticar problemas de toxicología en los pacientes.

Es importante tener en cuenta que cada técnica de IC tiene un objetivo de análisis diferente, por ejemplo, los algoritmos genéticos buscan proyectar el comportamiento de una o varias variables en el tiempo, valiéndose de un historial de datos de los individuos. La investigación “Diseño de un algoritmo genético para la generación de conocimiento en el diagnóstico del Síndrome de Autista” [3], plantea el desarrollo un algoritmo genético para diagnosticar parcialmente la presencia de los síntomas del autismo en una persona, teniendo como base una serie de características dictaminadas como hallazgos dentro de la medicina. Cada hallazgo es representado con los números del sistema binario, de acuerdo al dictamen de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Instituto de investigación en autismo (ARI) y la Asociación Americana de Psiquiatría (APA).

Otros trabajos combinan disciplinas, por ejemplo, la minería de datos mediante el uso de técnicas estadísticas e IC, extrae información relevante de un conjunto de datos y la transforma en conocimiento asequible para dar soporte a la toma de decisiones. Por ejemplo, en la investigación “Extracción de reglas de asociación en una base de datos clínicos de pacientes con VIH/SIDA” [4], se identificaron las

relaciones entre los diferentes atributos almacenados en una base de datos de historias clínicas de las personas infectadas con VIH/SIDA, que son tratadas en el Hospital Clinic de Barcelona España. Los autores utilizaron la técnica de reglas de asociación para detectar patrones de comportamiento en los datos de los pacientes, y obtuvieron como resultado asociaciones que los médicos ya conocían por la experiencia, pero además identificaron nuevos patrones, los cuales sirven como insumo para alimentar otras líneas de investigación médicos.

Los algoritmos de clasificación y regresión mediante el uso de datos históricos de los pacientes, pueden llegar a predecir el comportamiento de una enfermedad, tal como lo presenta la investigación "Desarrollo de un algoritmo para determinar el riesgo de muerte en pacientes dentro de una unidad de cuidado intensivo utilizando Regresión Múltiple no lineal" [5]; esta investigación desarrolló un algoritmo de regresión múltiple no lineal para establecer el riesgo de muerte de los pacientes que se encuentren en una unidad de cuidados intensivos, partiendo de una base de datos de 4000 pacientes. Los resultados obtenidos luego de desarrollar y aplicar el algoritmo propuesto, fueron comparados con los arrojados por el sistema de clasificación tradicional SAPS I, concluyendo que el algoritmo de regresión múltiple no lineal alcanza resultados con mayor grado de precisión.

B. Ontologías en los Sistemas de Información

El trabajo "Sistemas de Información: Nuevos Escenarios Basados en Ontologías" [6], describe que las ontologías son actualmente materia de investigación, desarrollo, y aplicación en disciplinas relacionadas con la computación, la información y el conocimiento. Partiendo del hecho de que los sistemas de información (SI) son artefactos de conocimiento que capturan y representan el conocimiento sobre ciertos dominios, y considerando que las ontologías se usan, generalmente, para especificar y comunicar el conocimiento, y que existe un reconocimiento creciente que los principios y conceptos ontológicos que pueden aplicarse en el campo de los SI. Sin embargo, de manera explícita, se aclara que una ontología puede tener distintos roles en un SI.

El principal objetivo del último trabajo citado es definir formalmente una ontología en el lenguaje OWL, que modela el dominio de un Sistema de Administración de Laboratorios

denominada OLIMS, la cual es de fácil extensión y mantenimiento y hace uso de recursos Web que cumplen con los estándares aprobados por el World Wide Web Consortium [7].

Con el ideal de lograr que los recursos en la Web sean mucho más útiles, se ha propuesto que la información sea dada con un significado mejor definido, que forme una red de información lógica, esta idea se ha convertido en lo que se conoce como Web Semántica.

Flores-Vitelli [8], describe que para construir las ontologías es necesario seguir alguna metodología de desarrollo, como si se tratara de cualquier producto de software. Entre las metodologías propuestas se encuentra METHONTOLOGY [1], la cual ha sido mayormente aplicada al dominio de la microbiología, específicamente para conceptualizar el conocimiento relativo a la Identificación de Bacilos Gram Negativos no Fermentadores de la Glucosa.

Es importante resaltar que se debe hacer uso de nuevas tecnologías de almacenamiento y gestión de datos, como NoSQL, Big Data, Small Data, entre otras, con el fin de optimizar y mejorar los resultados obtenidos y evitar el desperdicio de recursos [9] [10].

C. Estudios sobre la Mastitis Bovina

El estudio de la mastitis bovina es un tema importante en la Medicina Veterinaria para conocer a fondo las causas y sus posibles tratamientos, algunos trabajos relacionados en tal aspecto, y tomados como información para el presente trabajo, son:

- Muestreo de leche en el municipio de San Pedro de los Milagros para la medición de la prevalencia de mastitis en la zona por medio de California Mastitis Test (CMT) [11].
- Prevalencia de mastitis bovina y su etiología infecciosa en sistemas especializados en producción de leche en el altiplano cundiboyacense (Colombia) mediante la prueba del California Mastitis Test (CMT) [12].
- Caracterización de la mastitis en diez hatos representativos de la Sabana de Bogotá [13].
- Seroprevalencia de Sarcocystis spp. en un hato lechero del municipio de Toca [14].

3. DESARROLLO

A. Caracterización de las variables

Las variables registradas se enfocan en dos aspectos, el primero es información sanitaria, nutricional,

epidemiológica y reproductiva, y, el segundo, corresponde a información del comportamiento lácteo, reproductivo y clínico de los individuos.

Durante la caracterización de la información, se determinó que algunos de estos deben ser almacenados por individuo. Partiendo de esta premisa, la información del individuo se agrupa por datos de identificación, producción láctea, parámetros reproductivos y resultados de laboratorio, tal como se visualiza en la Tabla 1.

Table 1. Información del Individuo.

Aspecto	Descripción	Atributos
Identificación	Datos básicos de identificación	Identificador Género Edad Peso Condición corporal
Producción láctea	Información del comportamiento lácteo	Periodo de lactancia Periodo seco Periodo de leche Inicio de ordeño Promedio litro de leche
Parámetros reproductivos	Información del comportamiento reproductivo	Cantidad de partos Días abiertos Edad primer parto Edad primer servicio Intervalo parto servicio Intervalo entre partos
Laboratorio	Resultados de laboratorio de las pruebas aplicadas	Hemograma Pruebas compró lógicas Virulencia Bacterianas Parasitaria Leptospira

B. Construcción de la ontología

Para el diseño y construcción de cualquier ontología, es necesario contar con una metodología. Cada metodología propone unos pasos a seguir, pero en general se puede decir que son: representación de la información, captura de los conceptos entre relaciones y codificación de la ontología.

Para lograr la construcción de la ontología en mastitis, a continuación, se presentan cada uno de los pasos realizados para tal fin.

1) *Representación información médica:* La forma en la que la información médica relativa al dominio de diagnóstico es modelada puede seguir varias pautas o modelos. Sin embargo, la mayoría de los sistemas estudiados en el estado del arte, demuestran que el modelo más clásico para representar la información entre una entidad enfermedad y los componentes que pueden afectar a

la hora de diagnosticarla, es aquel en el que se establece una relación entre la propia enfermedad y estos componentes. En el ámbito médico, este tipo de modelado que permite conducir a un diagnóstico determinado es conocido como diagnóstico por criterios. Debido a ello, tal y como se ha comentado previamente se deben aislar cuales son estos elementos o componentes constitutivos de una enfermedad, con el objetivo de generar un modelo de representación del conocimiento que sea aplicable al campo tratado. La representación más básica del conocimiento relativo a los indicadores que tienen lugar en el sistema (enfermedades, síntomas/signos y pruebas de laboratorio) sigue el esquema representado en la Fig. 1.

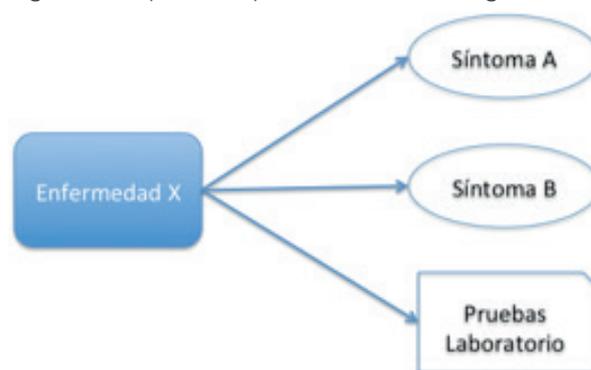


Figura 1. Relación enfermedad con los síntomas.

En referencia a los síntomas o signos asociados a una determinada enfermedad pueden tener una serie de valores que indican el peso o la gravedad con la que se presenta el síntoma o signo. Estos posibles valores son los siguientes: Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto. Asimismo, en el caso de las pruebas diagnósticas, los dos posibles pesos asociados son los siguientes valores: Positivo y Negativo.

Debe destacarse que los pesos asociados a los signos o síntomas son elementos puramente probabilísticos que no interfieren en el proceso de inferencia.

2) *Metodologías de Diseño y Construcción:* Ante la falta de un consenso entre las comunidades involucradas, que permita la formulación de una metodología estándar, cada grupo de desarrollo ha usado su propio conjunto de principios, criterios de diseño y etapas en el proceso de diseño y construcción de una ontología. Afortunadamente varios autores han realizado trabajos de recopilación mostrando la perspectiva general y el estado del arte en desarrollo de metodologías de diseño y construcción para ontologías.

Las metodologías de desarrollo Ontológico comprenden un conjunto establecido de principios, procesos, prácticas, métodos y actividades usados para el diseño, construcción, evaluación y puesta en producción de las mismas [15]. Dichas metodologías, incluyen métodos para la unificación, reingeniería, mantenimiento y evolución de las Ontologías. En el 2007, Ramos y Núñez mencionan las actividades que en general se llevan a cabo durante el proceso de desarrollo de las Ontologías [16]. Estas actividades son las propuestas por la IEEE al proceso de desarrollo de software, adaptadas al proceso de desarrollo de ontologías, que incluyen actividades de administración de proyecto, de desarrollo y de integración.

3) *Caso de aplicación:* Para el ejercicio de modelar un dominio de interés, se toma como referencia los proyectos que están desarrollando en el Instituto de Investigaciones y Extensión de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, el grupo de investigación GIDIMEVETZ.

Lo que se busca en el desarrollo de esta Ontología de enfermedades en los bovinos en el departamento de Boyacá, puntualmente para el caso de la Mastitis, es poder tener información clara, organizada, con estructura para que los integrantes del grupo de investigación, puedan realizar diferentes análisis de las causas, los síntomas, los diagnósticos en relación a la Mastitis.

Para este caso se utilizó la metodología METHONTOLOGY, siguiendo algunos desarrollos, que de alguna forma están relacionados con el tema de interés.

Se inició con la construcción de un glosario, que fue revisado por los integrantes del grupo de investigación, para tener claro hacia donde se quería ir con este desarrollo. En el glosario se incluyen todos los términos relevantes del dominio (conceptos, instancias, atributos, relación entre conceptos), sus descripciones en lenguaje natural, sus sinónimos y acrónimos; para el caso de estudio se toman algunos de los conceptos relacionados con la Mastitis bovina (ver tabla II).

Para la formalización se realiza la transformación del modelo conceptual en un modelo formal, teniendo en cuenta la relación de las clases, sus atributos. En el proceso de transformación se cumple con los estándares de la herramienta y se procede a realizar la digitalización del modelo.

Table 2. Glosario para la construcción de la Ontología.

Nombre	Descripción
Mastitis	Inflamación de la (mama) glándula mamaria
Leche	Líquido blanco que segregan las mamas de las hembras de los mamíferos para alimento de sus crías.
Inflamación	Alteración patológica en una parte cualquiera del organismo, caracterizada por trastornos de la circulación de la sangre y, frecuentemente, por aumento de calor, enrojecimiento, hinchazón y dolor.
Glándula	Órgano cuya función es producir una secreción que puede verterse a través de la piel o de las mucosas, como las glándulas salivales y sudoríparas, o al torrente sanguíneo, como el tiroides.
Infección	Acción y efecto de infectar o infectarse.
Bacteria	Microorganismo unicelular procarionte, cuyas diversas especies causan las fermentaciones, enfermedades o putrefacción en los seres vivos o en las materias orgánicas.
Streptococcus agalactiae	Nombre científico
Streptococcus dysgalactiae	Nombre científico
Aspergillus fumigatus	Nombre científico
Trichosporon sp.	Nombre científico
Cryptococcus neoformans	Nombre científico
Nocardia asteroides	Nombre científico
Germen	Esbozo que da principio al desarrollo de un ser vivo.
Coágulo	Coagulación de la sangre.
Bencilpenicilina G.	Antibiótico eficaz contra estreptococos que no han desarrollado resistencia importante contra la penicilina G.
Dihidroestreptomina	Estos antibióticos son eficaces contra muchos organismos gramnegativos y la mayoría de los Staphylococcus.

Posteriormente, en la implementación se codifica la ontología utilizando un lenguaje formal (Ontolingua, XOL, OIL, DAML, OWL). Para el desarrollo del proyecto se utiliza RDF y los pasos indicados en Protégé. Teniendo en cuenta la configuración de la herramienta, la estructura del modelo conceptual, la aplicación de la metodología y los datos, se obtiene una Ontología sobre la Mastitis Bovina; a continuación, se relacionan los resultados obtenidos en las diferentes etapas del desarrollo de la ontología.

Después de realizar un análisis con los expertos del tema, las clases son evaluadas con las relaciones y categorías, teniendo en cuenta la herencia, dominio, categorías y dependencia; el primer paso es crear la clase básica y necesaria de donde se obtiene la información para realizar el diagnóstico. Esta clase es *Mastitis*, y heredará Thing.

El siguiente paso es definir la relación que existe entre las clases. La relación vincula a diagnóstico, factores de riesgo, agentes, signos clínicos, tratamiento y mastitis puesto que todas esas clases son evidencia que el paciente puede presentar la enfermedad.

Para decidir estas relaciones, estas son creadas desde la sección "Object Properties". También se define la dirección en que afecta la relación, donde "Domain" en la clase que da inicio a la relación y "Range" es en quien recae la relación.

En la Fig. 2 se muestra el modelo de relaciones entre clases. En el proceso se fue evaluando la relación entre clases y su incidencia con las demás. Los datos que se tienen sobre la enfermedad y sus relaciones son claros y la asesoría de los expertos, indican que el modelo está definido.

Una vez se tienen las clases y relaciones entre estas, se procede a insertar individuos en cada clase. Esto se realiza desde la sección "Individuals", donde hay que especificar a qué clase pertenece el individuo insertado.

Para relacionar individuos esta se realiza desde el individuo de la clase - Domain. En el individuo de dicha clase que se elija a relacionar, existe la opción "Object property assertions", en la cual se puede seleccionar la relación - "Object Property"

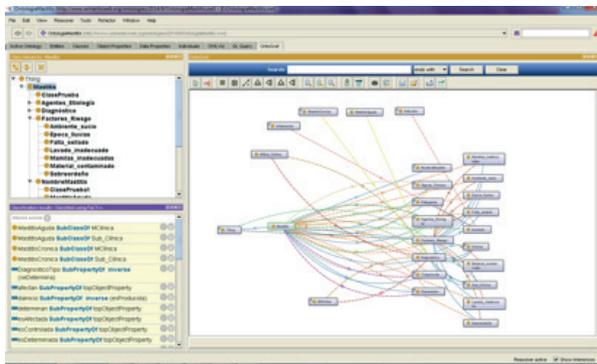


Figura 2. Modelo de clases con relaciones.

que se desea usar y el individuo que la clase - Range al que también afectará la relación.

En seguida, se presenta un fragmento del código generado por Protégé, en formato RDF/XML, donde se presenta cómo quedan instanciados algunos elementos en la Ontología.

```
<rdf:RDF xmlns="http://www.semanticweb.org/ontologies/2014/8/OntologiaMastitis.owl#"
xml:base="http://www.semanticweb.org/ontologies/2014/8/OntologiaMastitis.owl"
xmlns:owl2xml="http://www.w3.org/2006/12/owl2-xml#"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
xmlns:OntologiaMastitis="http://www.semanticweb.org/ontologies/2014/8/OntologiaMastitis.owl#"
xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#">
<owl:Ontology rdf:about="http://www.semanticweb.org/ontologies/2014/8/OntologiaMastitis.owl">
<rdfs:comment>Ontología para el diagnóstico clínico o subclínico de la Mastitis en bovinos.</rdfs:comment>
</owl:Ontology>
<!-- http://www.semanticweb.org/ontologies/2014/8/OntologiaMastitis.owl#DiagnosticoTipo -->
<owl:ObjectProperty
rdf:about="&OntologiaMastitis;DiagnosticoTipo">
<rdfs:domain
rdf:resource="&OntologiaMastitis;Clínica"/>
<rdfs:range
rdf:resource="&OntologiaMastitis;Diagnóstico"/>
<rdfs:domain
rdf:resource="&OntologiaMastitis;Sub_Clínica"/>
<rdfs:subPropertyOf
rdf:resource="&OntologiaMastitis;se"/>
<owl:inverse Of rdf: resource="&OntologiaMastitis;tipo Diagnostico"/>
</owl:ObjectProperty>
```

4. RESULTADOS

A. Integración

El modelo de integración propuesto en la Fig. 3, cumple con el principal requerimiento de estos sistemas: la ontología que es construida a partir

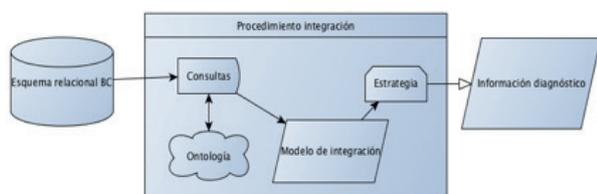


Figura 3. Arquitectura de procedimiento de integración.

de una base de datos, debe tener el más alto grado de similitud. Este modelo está segmentado en dos pasos fundamentales: la extracción de elementos del esquema relacional de la base de datos y la relación con la ontología a partir de los elementos obtenidos.

B. Análisis de datos

El análisis de la consistencia de la ontología propuesta es posible gracias a que OWL-DL está basado en la lógica descriptiva y puede ser procesada por un razonador. El editor de ontologías Protégé cuenta con la opción de realizar este análisis mediante el razonador RacerPro o el Pellet. Por otra parte, el razonador RACER permite la comunicación con Protégé para poder llevar a cabo este análisis.

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

- Comprobación de taxonomía. Esta comprobación permite al razonador computar e inferir la jerarquía de clases de la ontología. Un resultado positivo sería que la jerarquía de clases inferida por el razonador coincida con la propia diseñada.
- 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.

En la Fig. 4, se presenta el análisis de los resultados obtenidos posterior a las comprobaciones, donde se evidencia que no se identifican clases inconsistentes, ni se identificaron instancias que no cumplan con las especificaciones de las clases.

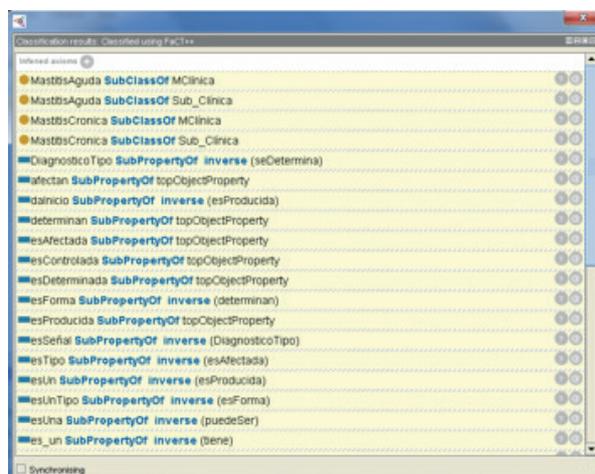


Figura 4. Resultados después de utilizar el razonador FaCT ++.

5. CONCLUSIONES

Este proyecto propone el uso de la Web Semántica como posible solución a los problemas de falta de aplicaciones y sistemas de diagnóstico clínico veterinario. De esta forma, se trata de facilitar la conectividad entre aplicaciones de diagnóstico y datos en laboratorios clínicos, que permitiría a usuarios encontrar información sobre mastitis bovina por usuarios de otras herramientas. Lo anterior permitiría aumentar las probabilidades de tener información más actualizada y, por tanto, de mayor exactitud para la toma de decisiones.

De acuerdo a lo presentado previamente se ha decidido utilizar el formato RDF para la construcción de la ontología por ser el estándar al que tiende el desarrollo de ontologías. Además, la utilización de la herramienta Protégé para el modelado de ontología da un buen complemento.

Protégé es una herramienta de gran utilidad en creación y manipulación de la ontología; es bastante intuitiva de fácil uso para quienes desarrollan ontologías. La base de conocimiento esta con los datos necesarios en el diagnóstico de la Mastitis Bovina, dando una herramienta al grupo de investigación.

La investigación sobre la que se ha centrado este trabajo ha permitido demostrar que la Web Semántica, la cual generalmente se cree que solo es aplicable a la Web y las técnicas de Inteligencia Artificial como los sistemas basados en reglas, también asociadas a las Web Semántica,

permiten crear sistemas de diagnóstico clínico que cumplan con unos requisitos básicos.

REFERENCIAS

- [1] Gómez-Pérez, A., Fernández-López, M. and Corcho, M., *Ontological Engineering*, Reino Unido: Springer Verlag London, May. 2004.
- [2] Cabrera-Hernández, M., Paderni-López, M., Hita-Torres, R. et al., *Aplicaciones médicas como ayuda al diagnóstico en la medicina. Experiencia SOFTEL-MINSAP. Rev. Cuba. Informática Médica*, vol. 4 (2), pp. 199–212, 2012.
- [3] Cárdenas, Y., Guerra, L. and Mauricio, D. *Diseño de un algoritmo genético para la generación de conocimiento en el diagnóstico del Síndrome Autista*. Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, Universidad Nacional mayor de San Marcos, San Marcos, 2014.
- [4] Chausa-Fernández, P., Gómez-Aguilera, E., Cáceres-Taladriz, C. et al., *Extracción de Reglas de Asociación en una Base de Datos Clínicos de Pacientes con Vih/Sida*, 2006.
- [5] García-García, C., Posada-Aguilar, J. and Villanueva, J., “Desarrollo de un algoritmo para determinar el riesgo de muerte en pacientes dentro de una Unidad de Cuidado Intensivo utilizando Regresión Múltiple no Lineal”, *Prospect*, vol. 12 (2), pp. 49-56, jul. 2014.
- [6] Barchini, G., Álvarez, M. and Herrera, S., “Sistemas de información: nuevos escenarios basados en ontologías”, *Revista de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação*, vol. 3 (1), pp. 3-18, 2006.
- [7] Grimaldos, N. et al., “Definición de una ontología para sistemas de información de administración de laboratorios (OLIMS)”, *Revista Ciencia e Ingeniería*, vol. 30 (3), pp. 211-218, aug. 2009.
- [8] Florez-Vitelli, I., *Aplicación de METHONTOLOGY para la construcción de una ontología en el dominio de la microbiología. Caso de estudio: Identificación de Bacilos Gram Negativos no Fermentadores de la Glucosa (BGNNF)*. Universidad Central de Venezuela Facultad de Ciencias Escuela de Computación Lecturas en Ciencias de la Computación, 2011.
- [9] Vega, O. “Efectos colaterales de la obsolescencia tecnológica”, *Revista Facultad de Ingeniería*, vol. 21 (32), pp. 55-62, feb. 2012. DOI: <http://doi.org/10.19053/01211129.1434>.
- [10] Castro-Romero, A., J. S. González-Sanabria, and M. Callejas-Cuervo, “Utilidad y funcionamiento de las bases de datos NoSQL”, *Revista Facultad de Ingeniería*, vol. 21 (33), pp. 21-32, jul. 2012. DOI: <http://doi.org/10.19053/01211129.2115>.
- [11] Ramírez, N., Gaviria, G., Arroyave, O., Sierra, B. and Benjumea, J., “Prevalencia de mastitis en vacas lecheras lactantes en el municipio de San Pedro de los Milagros, Antioquia”, *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, vol. 14, pp. 76-87, 2001.
- [12] Calderón, A. and Rodríguez, V., “Prevalencia de mastitis bovina y su etiología infecciosa en sistemas especializados en producción de leche en el altiplano cundiboyacense (Colombia)”, *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, vol. 21, pp. 582-589, 2008.
- [13] Rodríguez, G. *La mastitis bovina y el potencial para su control en la sabana de Bogotá Colombia*. Ica-Gtz, Proyecto Colombo-Alemán Bogotá, 1988.
- [14] Pulido-Medellín, M., García-Corredor, D. and Andrade-Becerra, R., “Seroprevalencia de *Sarcocystis* spp. en un hato lechero del municipio de Toca, Colombia”, *Rev. Salud Anim.*, vol. 35 (3), pp. 159-163, 2013.
- [15] Hernández, J., “Monitoreo de la infección respiratoria aguda en Manizales, mediante sistemas de información geográfica”, *Arch. Med.*, vol. 12 (1), pp. 93–106, 2012.
- [16] Ramos, E. and Nuñez, H., *Ontologías: componentes, metodologías, lenguajes, herramientas y aplicaciones*. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias, Escuela de Computación, 2007.