

Gestión del conocimiento ambiental en proyectos agropecuarios mediante un sistema de información basado en ontología

María-Isabel Castellanos¹, Lisandro Hernández², Irlán Grangel³ and Rosendo Moreno⁴

¹ Departamento de Ingeniería Informática, Universidad de Holguín, Cuba

² Empresa Nacional de Proyectos e Ingeniería del Ministerio de la Agricultura (ENPA), Holguín, Cuba

³ Universidad de Bonn, Alemania

⁴ Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Cuba
mcastellanosd@uho.edu.cu, jefe.diseno@enpa.hlg.minag.cu,
grangel@cs.uni-bonn.de, rosendo@uclv.edu.cu

Abstract. Making a correct knowledge management, as well as its representation, constitutes a challenge that transcends our days and seeks for constant solutions using Semantic Technologies, specifically ontologies. This paper is aimed at sharing practical experiences in the knowledge management in agricultural projects through ontology-based information system (SIGECA). The OntoEnvironmental ontology was modeled according to the NeOn methodology and the ontology web language OWL-DL and its purpose is to facilitate the integrated work with indicators and environmental characteristics for agricultural projects. SIGECA is based on a software architecture that integrates the necessary technologies to manage semantic knowledge. This architecture is integrated by the inference machine constituted by the Jena and OWL API frameworks, together the Pellet reasoner, which allows extracting implicit knowledge of the ontology and making recommendations to satisfy the environmental information needs of the project specialists. It also offers the user a natural language interpretation of the recommendations made by the system. The use of the SIGECA improves the prevention from the design stage, of the possible environmental impacts that can be caused by the execution of the projects.

Keywords: Ontology-based Information System, Environmental Knowledge Management, Agricultural Projects, Software Architecture

Resumen. Hacer una correcta gestión del conocimiento, así como la representación del mismo, constituye un reto que trasciende a nuestros días y busca constantes soluciones mediante el empleo de las Tecnologías Semánticas, específicamente las ontologías. Este artículo está dirigido a compartir experiencias prácticas en la gestión del conocimiento ambiental en proyectos agropecuarios mediante el sistema de información basado en ontología (SIGECA). Para lo cual usa la ontología OntoEnvironmental, la misma fue modelada según la metodología NeOn y el Lenguaje

de Ontología para la Web (OWL-DL) y tiene como propósito facilitar el trabajo integrado con los indicadores y características ambientales para proyectos agropecuarios. SIGECA se basa en una arquitectura de software que integra las tecnologías necesarias para gestionar el conocimiento semántico. Esta arquitectura está integrada por la máquina de inferencia constituida por los frameworks Jena y OWL API, junto al razonador Pellet, que permite extraer el conocimiento implícito de la ontología y realizar recomendaciones para satisfacer las necesidades de información ambiental de los especialistas de proyecto. Además ofrece al usuario una interpretación en lenguaje natural de las recomendaciones realizadas por el sistema. El uso del SIGECA mejora la prevención desde la etapa de diseño de los posibles impactos ambientales que pueden ser provocados con la ejecución de los proyectos.

Palabras claves: Sistema de Información Basado en Ontología, Gestión del Conocimiento Ambiental, Proyecto Agropecuario, Arquitectura de Software

1. Introducción

La gestión del conocimiento se ha convertido en un reto crucial en la actualidad. Al respecto, se han pronunciado varios investigadores [8,10,17,18,19] pues el uso adecuado del conocimiento es la clave para que las organizaciones adquieran y mantengan ventajas competitivas.

Uno de los procesos de la organización que debe prestar especial atención a realizar una correcta gestión de la información y el conocimiento, es el proceso de Gestión Ambiental¹ (GA). Lo anterior está dado a los amplios volúmenes de información que de este se derivan, así como, su transversalidad a otros procesos de la organización. Se entiende por Gestión del Conocimiento Ambiental (GCA) a la capacidad de la empresa para acceder, generar, representar-transferir, aplicar y retroalimentar el conocimiento relativo al proceso de GA (el cual es un proceso transversal al resto de los procesos de la organización) para incorporar dicho conocimiento a los productos, servicios y sistemas [5].

Actualmente se afrontan nuevos retos relacionados con el modo de producir y de transmitir los conocimientos. Es por esta razón que el desarrollo de nuevas tendencias de las Tecnologías de la Información (TI) y más específicas para la gestión del conocimiento, las Tecnologías Semánticas (TS) son ampliamente empleadas.

Para representar el conocimiento del dominio ambiental se ha hecho un amplio uso de las Tecnologías Semánticas², principalmente las ontologías. Lo anterior está dado a que las ontologías permiten especificar y comunicar el

¹ Conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización en lo relativo al Medio Ambiente (NC-ISO:14001, 2015)

² Estas tecnologías organizan el significado de un dominio dado, usando taxonomías, ontologías y bases de conocimientos.

conocimiento del dominio de una manera genérica y son muy útiles para estructurar y definir el significado de los términos. Además, posibilitan una forma para la reutilización del conocimiento del área abordada [11].

En este artículo se propone la ontología OntoEnvironmental que tiene como propósito representar el conocimiento ambiental de los indicadores y características ambientales de proyectos agropecuarios en la Empresa de Proyectos e Ingeniería del Ministerio de la Agricultura (ENPA) de Holguín, Cuba. Esta entidad tiene como función principal asumir la amplia variedad de proyectos que demanda el sector agropecuario del país.

La ENPA cuenta con un equipo multidisciplinario que requiere de un dominio apropiado de las regulaciones legales y las normas tanto cubanas como internacionales que rigen lo relativo a los proyectos agropecuarios. Debido a lo anterior, los especialistas de proyecto (proyectistas) tienen necesidades específicas de información ambiental, enmarcándose así, la importancia de una correcta gestión del conocimiento. Además es un objetivo primordial de esta entidad, prever desde la etapa de diseño los posibles impactos ambientales que pueden ocasionar al entorno la ejecución de sus proyectos.

En función de lo anterior Castellanos [5] desarrolló un procedimiento para la gestión del conocimiento ambiental basado en OntoEnvironmental, que permite satisfacer las necesidades de información ambiental de los proyectistas mediante el uso de esta ontología. Además para facilitar el acceso al conocimiento modelado en la ontología, se diseñó una arquitectura capaz de soportar el proceso de gestión del conocimiento semántico en proyectos agropecuarios. El sistema informático basado en esta arquitectura está implantado actualmente en la ENPA.

2. Procedimiento para la gestión del conocimiento ambiental mediante ontología

El procedimiento antes mencionado consta de cuatro fases: acceder, generar, representar-transferir y aplicar. El mismo tiene implícito el ciclo de gestión del conocimiento ambiental y propicia la mejora continua de este proceso. Acceder es saber dónde buscar el conocimiento; generar es desarrollar, crear, conseguir conocimiento; representar-transferir es transformar el conocimiento en un formato que pueda ser de fácil acceso por otros; aplicar es usar el conocimiento por otras personas, procesos, funciones y retroalimentar consiste en volver a la fase uno en un ciclo continuo [5].

El objetivo que se persigue con este procedimiento es la satisfacción de las necesidades de información ambiental de los proyectistas de la ENPA. Las necesidades de información surgen en las personas cuando se encuentran en una situación en la cual requieren poseer determinado conocimiento y no tienen esta información registrada en su cerebro [2,9].

No solo las personas presentan necesidades de información, también las organizaciones o instituciones, sin olvidar que las mismas están compuesta por personas. En el caso de la ENPA, sus proyectistas para enfrentarse a un proyecto

determinado, deben cumplir una serie de características técnicas para evitar posibles impactos negativos al Medio Ambiente. Si esta persona tiene la información registrada en su cerebro sólo tiene que recordarla tomándola de su memoria, haciendo uso de su conocimiento tácito como sucede en la mayoría de los casos. En el caso de no tener la información, no recordarla o ser un proyectista nuevo; surge entonces su necesidad de información y la persona se ve obligada hacer una búsqueda para obtener ese conocimiento como se muestra en la Figura 1.

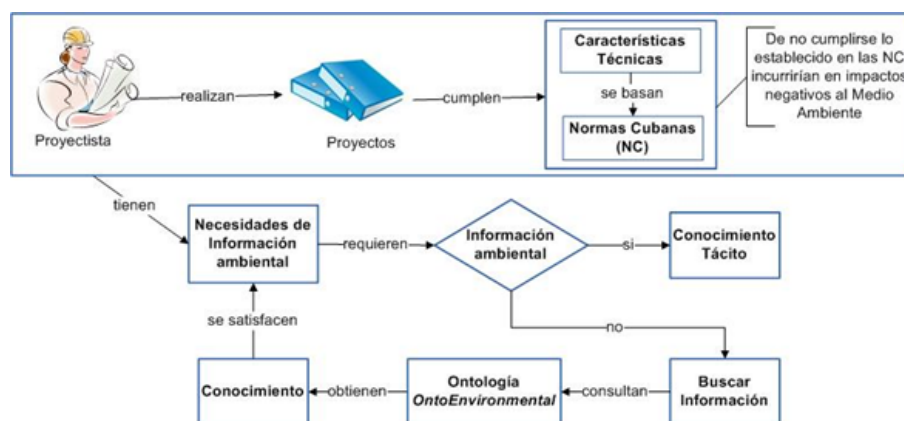


Fig. 1. Proceso de surgimiento de necesidades de información ambiental en proyectos agropecuarios.

En el caso que los proyectistas diseñen sus soluciones en base al conocimiento tácito, implica como factor negativo que si esa persona deja de pertenecer a la organización, se lleva consigo ese conocimiento. Por esta razón es de suma importancia que esta entidad cuente con una herramienta que les facilite la gestión del conocimiento, donde los proyectistas puedan satisfacer sus necesidades de información ambiental.

En función de lo anterior, la Fase III del procedimiento (representar-transferir) tiene como objetivo transformar el conocimiento interiorizado en cada individuo (proyectistas, especialistas de GA) basado en sus propias experiencias, a un conocimiento codificable, aislado de la persona y fácil de transmitir. Es aquí donde las TS, específicamente las ontologías, desempeñan un papel primordial. En esta fase se propone la modelación de la ontología OntoEnvironmental y el diseño e implementación de una arquitectura de software para un sistema que use esta ontología.

2.1. Modelación de la ontología OntoEnvironmental

Para el modelado de la ontología se utilizó el lenguaje OWL DL, el cual está desarrollado sobre la base de lenguajes de representación de conocimiento

basados en la lógica descriptiva. Este lenguaje permite máxima expresividad, garantizando completitud computacional (posibilidad de llegar a conclusiones basadas en la información existente) e inferencia en tiempo finito [13].

El desarrollo de la ontología fue guiado por la metodología NeOn, por lo que se hizo necesario un estrecho vínculo entre los ingenieros ontológicos y los expertos del dominio (especialistas de proyecto). NeOn se basa en escenarios y posee como característica la flexibilidad, debido a que brinda la posibilidad de adaptación a las necesidades de los usuarios y garantiza la inclusión de nuevos procesos o actividades implicados en el desarrollo de ontologías [21,22].

Inicialmente se realizaron entrevistas a los expertos del dominio para elaborar el Documento de Especificación de Requisitos Ontológicos (DERO) mostrado en la Tabla 1. Para la conceptualización de la ontología se realizaron búsquedas de los diferentes conceptos del dominio, preferentemente en las Normas ISO, legislaciones ambientales y tesauros de términos del dominio abordado.

Table 1. DERO de OntoEnvironmental.

Documento de Especificación de Requisitos de la Ontología (DERO)	
Propósito y alcance	Formalizar, codificar y gestionar el conocimiento ambiental de las características generales y específicas para proyectos agrícolas y pecuarios en una ontología
Lenguaje de implementación	OWL DL
Usuarios finales previstos	Especialistas de proyectos agropecuarios, Especialista de gestión ambiental
Usos previstos	Almacenar el conocimiento relativo a las características generales y específicas de obras agrícolas y pecuarias, para que los proyectistas satisfagan sus necesidades de información
Requisitos	a. No funcionales: la ontología debe ser modular y multilinge (idioma inglés-español) b. Funcionales: los requisitos funcionales fueron expresados en forma de preguntas de competencia.
Términos de las preguntas de competencia	tipos, partes, criterio, componen
Términos de las respuestas	suelo, área, aspecto socioeconómico, vivero, agua, variedad de especie, materia orgánica etc.

2.2. Requerimientos funcionales y no funcionales de la ontología

Posteriormente se elaboraron un conjunto de preguntas de competencia conjuntamente a los expertos del dominio que debe responder la ontología. Estas preguntas son elaboradas en función a que sus respuestas satisfagan las necesidades de información de los proyectistas. De acuerdo al Escenario 7 de la metodología

NeOn, se abordaron los requisitos funcionales³ mediante la reutilización de los Patrones de Diseño Ontológico (ODPs⁴) en este caso patrones de contenido.

En el desarrollo de la ontología OntoEnvironmental se reutilizaron los patrones siguientes: “Componency”, “PartOf”, “Criterion”, “Situation”. En la Tabla 2 se representa la correspondencia entre los requisitos y los patrones reutilizados. La reutilización del patrón PartOf se ha aplicado a los proyectos tanto agrícola como pecuario, de los cuales los especialistas de proyecto deben registrarse por una serie de características técnicas para su diseño. En la Figura 2 se muestra la clase agrícola (agricultural, traducción al idioma inglés) relacionada con las clases que componen un proyecto agrícola a través de la propiedad hasPart, la cual forma parte del patrón que se reutilizó PartOf.

Table 2. Correspondencia entre los requisitos y los posibles patrones a ser reutilizados.

Descripción	Patrones reutilizados
¿Cuáles son las partes que deben tener en cuenta los proyectistas para diseñar un proyecto agrícola?	PartOf
¿De qué elementos se compone el Medio Ambiente?	Componency
¿Qué determina al suelo?	Situation
¿Qué criterio es aplicado a un proyecto pecuario?	Criterion

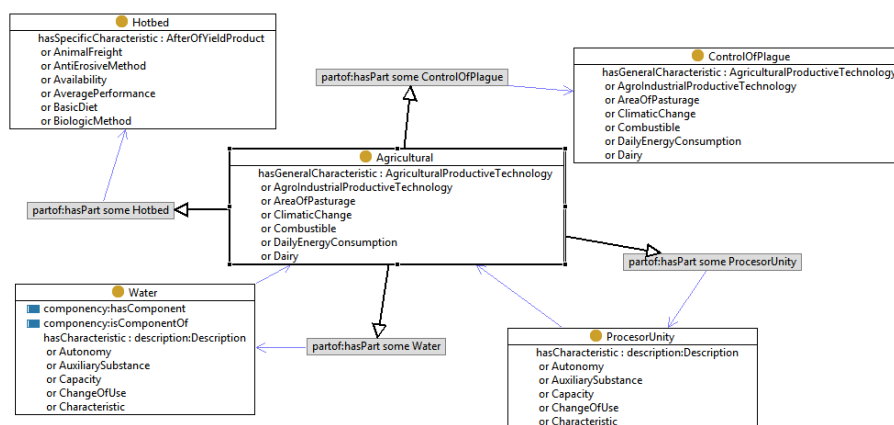


Fig. 2. Reutilización del patrón PartOf aplicado a los aspectos que componen un proyecto agrícola.

³ En la ingeniería ontológica preguntas de competencia

⁴ <http://ontologydesignpatterns.org>

OntoEnvironmental agrupa los requisitos funcionales por subdominios, por lo que fue dividida en cinco módulos: (1) proyecto agrícola, (2) proyecto pecuario, (3) indicador de comportamiento ambiental, (4) indicador de gestión ambiental, (5) indicador de situación ambiental. El sistema SIGECA solo trabaja con los dos primeros módulos de la ontología.

3. Arquitectura de software para sistemas de información basado en ontología

Los Sistemas de Información Basado en Ontología (SIBO) están aparejados al surgimiento y auge de la Web Semántica. De acuerdo a Barchini [3] se define como SIBO: *Conjunto de componentes estructurales, manejados/soportados por ontología/s que permiten manejar datos-información-conocimiento, para hacer explícito el conocimiento compartido del dominio y para facilitar la portabilidad, la interoperabilidad y la extensibilidad del sistema, en un contexto organizacional determinado.*

Las primeras experiencias de los autores de este artículo en la implementación de SIBO están soportadas en la arquitectura de software que se muestra en la Figura 3. En ella el usuario introduce los datos a la interfaz de usuario del sistema. Estos datos posteriormente son procesados por una máquina de inferencia que está compuesta por los frameworks OWL API⁵ y Jena⁶, además del razonador Pellet⁷, que se encarga de verificar la inconsistencia o consistencia de la ontología. El framework OWL API provee la implementación para la creación, y manipulación de ontologías en OWL.

Por otra parte, el framework Jena se ocupa a través de las consultas SPARQL⁸, de extraer las triplas RDF que se encuentran en la ontología, que son las triplas resultantes del proceso de búsqueda de los datos insertados por el usuario. La obtención de conocimiento implícito a través de estas consultas se sustenta en el motor de razonamiento que posee Jena. Además se aprovecha su soporte para la persistencia de los datos con el fin de almacenar el resultado de las consultas en ficheros RDF. Luego estas triplas son almacenadas en una tabla en la Base de Datos (BD) en la cual se utiliza el estándar para el acceso desde el lenguaje de programación Java (JDBC) con el propósito de consultar en el Lenguaje Estructurado de Consultas (SQL) retornando los registros de interés para el usuario.

⁵ OWL API es la interfaz de programación en Java que permite la implementación de referencia para crear y manipular las ontologías en el lenguaje OWL [4]. <http://owlapi.sourceforge.net>.

⁶ Jena, es una biblioteca para el desarrollo de aplicaciones para la Web Semántica y proporciona un API para el tratamiento de los grafos RDF [20]. <http://www.jena.apache.org>

⁷ Pellet es un razonador de lógica descriptiva, dirigido al trabajo con OWL-DL construido en Java [1,14]. <http://clarkparsia.com/pellet/>

⁸ El lenguaje de consulta para RDF (SPARQL), define la sintaxis y la semántica necesaria para una expresión de consulta sobre un grafo RDF y las diferentes formas de resultados obtenidos [7,12]

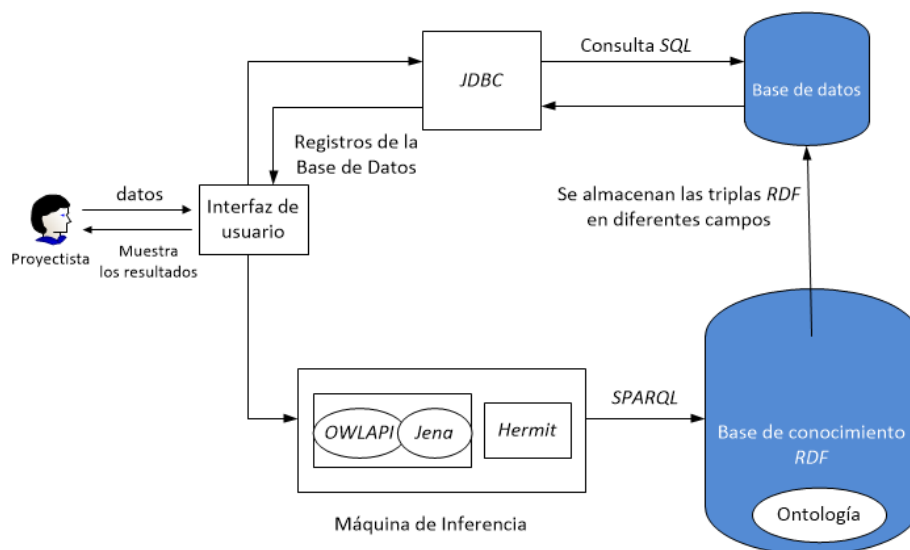


Fig. 3. Arquitectura para un sistema basado en ontología [5].

Una vez implementado SIGECA, se constató que el proceso de extracción de conocimiento de la ontología mediante la máquina de inferencia, es correcto. No obstante, el almacenamiento de esas triplas en una BD, requiere de un esfuerzo extra en cuanto a la generación de consultas SQL, para obtener la misma información que ya se obtuvo al consultar la ontología mediante SPARQL.

En base a las deficiencias detectadas que afectan el rendimiento del SIGECA se propone una modificación a la arquitectura que incluye un gestor ontológico. La arquitectura de software que se muestra en la Figura 4 fue empleada por Castellanos [6], para la implementación del sistema basado en ontología para la gestión de indicadores ambientales (SIGCIA) lo cual comprobó el mejor rendimiento de esta arquitectura de software.

La arquitectura está compuesta por una base de conocimiento (ontología) y la máquina de inferencia (constituida por los framework OWL-API, Jena junto al razonador Pellet), ambas manejadas por el gestor ontológico Virtuoso. OpenLink Virtuoso es una herramienta concebida para la integración de datos multimodelos y ofrece una solución práctica para la gestión de procesos de negocio que implican SQL, RDF, XML y servicios web, de forma combinada [15,16].

El usuario interactúa con la ontología (OntoEnvironmental) mediante la interfaz de usuario y la máquina de inferencia se encarga de extraer el conocimiento implícito de la ontología a través de consultas SPARQL, para satisfacer así, las necesidades de información del usuario [6]. El principal beneficio de esta arquitectura es la posibilidad de integrar en un solo modelo el proceso de inferencia, la ontología sobre la cual se hará la inferencia y la fuente de datos (BD). Si anteriormente se señalaba que un problema a enfrentar era la integración de los

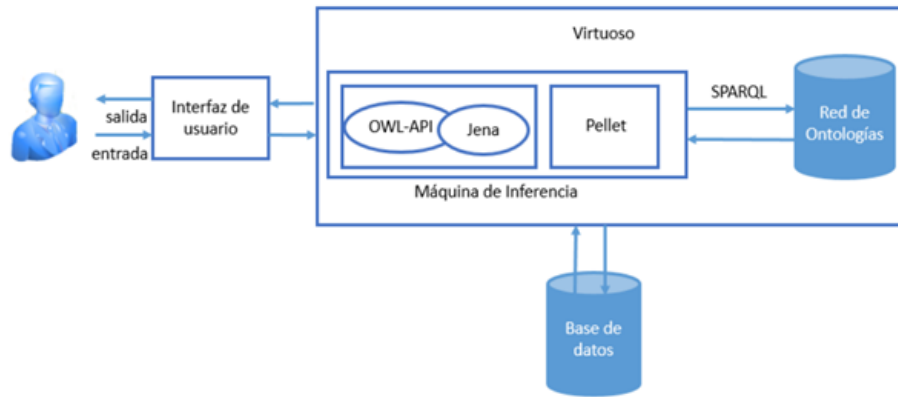


Fig. 4. Arquitectura de sistema basado en ontología con gestor ontológico.

datos, Virtuoso ofrece la posibilidad de obtener los datos de una BD externa como un modelo RDF, lo cual para este contexto trae las siguientes ventajas:

- Favorece el rendimiento del proceso de consulta.
- Posibilidad de inferencia de encadenamiento progresivo (forward-chaining).
- Permite el uso de algunas de las características de SPARQL, como el uso de nodos en blancos para las consultas.

3.1. Migración de arquitectura de software

El sistema SIGECA se realizó sobre la base de la arquitectura propuesta en la Figura 3 y posteriormente fue migrada a la nueva arquitectura (Figura 4). Las Tablas 3 y 4 muestran el rendimiento en los parámetros número de clases cargadas, métodos implementados, hilos en ejecución y memoria usada a la hora de cargar el sistema SIGECA antes y después del proceso de migración y después de ejecutar el algoritmo de consultar características, que es la funcionalidad principal del sistema. Estos datos fueron obtenidos del sistema de telemetría del Entorno Integrado de Desarrollo (IDE) NetBaans. Como se puede observar en el sistema una vez migrado se observa una notable mejora en cuanto a los parámetros evaluados.

Table 3. Rendimiento del sistema SIGECA ante del proceso de migración de arquitectura de software.

	Clases	Métodos implementados	Hilos en ejecución	Memoria
Estado inicial	4437	307	51	39,956
Consultar característica	5827	375	54	80,775

Table 4. Rendimiento del sistema SIGECA después de concluido el proceso de migración de arquitectura de software.

	Clases	Métodos implementados	Hilos en ejecución	Memoria
Estado inicial	3987	199	33	25,975
Consultar característica	5005	248	37	52,507

4. Sistema de información basado en la ontología OntoEnvironmental

Para el desarrollo del sistema SIGECA se usó el lenguaje de programación Java para lograr una integración con los framework Jena y OWL-API, ambos programados en Java y el framework ZK para el diseño Web. OntoEnvironmental modela las características para proyectos agropecuarios enmarcadas en el dominio ambiental como conceptos y las relaciones semánticas que existen entre ellos. El sistema propuesto permitirá al usuario interactuar con el conocimiento modelado en esta ontología mediante consultas en el lenguaje SPARQL.

Para lograr la funcionalidad principal del sistema informático propuesto, que es consultar las características para proyectos agropecuarios, se realizan dos consultas SPARQL: una para buscar las relaciones semánticas existentes entre las características (conceptos) seleccionadas y otra para obtener los resultados de estas relaciones. Para comprender mejor el principio de funcionamiento del SIGECA se expone el siguiente ejemplo donde se compara el razonamiento del proyectista y la respuesta del sistema.

El municipio Mayarí está localizado en la provincia Holguín. En este municipio se quiere realizar un proyecto de desarrollo de zonas ganaderas. Como caso de estudio se tomaron la zona ganadera de Mayarí, localizada en la parte llana del municipio y la zona ganadera Pinares de Mayarí, en la zona de montaña. En estas zonas ganaderas se quiere introducir la especie de ganado y las especies de alimento animal más adecuada para cada una de acuerdo a las características edafoclimáticas de la región como se muestra en la Figura 5.

OntoEnvironmental fue modelada con el objetivo de poder extraer de la ontología la misma información que obtiene el proyectista como fruto de su razonamiento. En la Tabla 5 se evidencia la información que se puede obtener de la ontología mediante consultas SPARQL para dar respuesta a las preguntas de competencia.

El usuario final accede al sistema, escoge el tipo de proyecto que va a trabajar (agrícola o pecuario) y las características de los mismos (en este caso raza de ganado, especie de alimento animal, las características del suelo y edafoclimáticas). El framework Jena se ocuparía a través de las consultas SPARQL, de extraer las triplas RDF que se encuentran en la ontología y brindar al usuario el conocimiento que satisface sus necesidades de información; es decir, las mismas conclusiones a la cual llegó el proyectista en el ejemplo de la Figura 5.

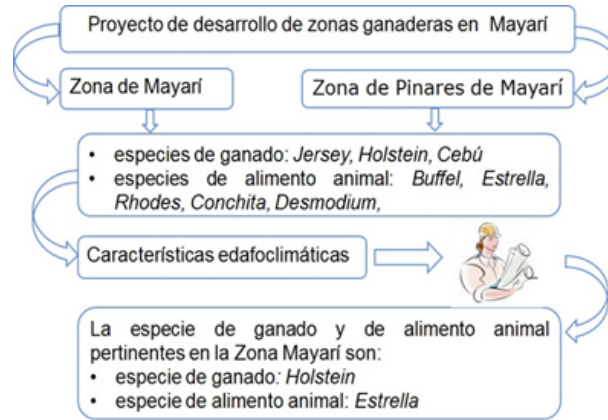


Fig. 5. Razonamiento del proyectista.

Table 5. Correspondencia entre las preguntas de competencia y consultas SPARQL.

Preguntas de Competencia	Consulta SPARQL
P. ¿Cuáles razas de animales se pueden desarrollar en Zona Mayarí y qué alimento animal se puede cultivar en esta zona?	<pre> PREFIX oe: <www.semanticweb.org/OntoEnvironmental.owl> SELECT ?AnimalRace ?AnimalFood WHERE { ?AnimalRace oe:hasLocation oe:Mayari. ?AnimalFood oe:isAdapted oe:Mayari }</pre>
Respuesta	
Raza animal: Holstein	
Alimento: Estrella	

Debido a lo anterior, el proyectista (experto del dominio) puede comparar los resultados de su razonamiento con el conocimiento inferido por la ontología y validar las respuestas obtenidas. De no coincidir, se pasaría a retroalimentar del conocimiento tácito de los expertos o se verificarían errores en la modelación.

4.1. Mostrar respuestas en lenguaje natural

Aunque los resultados de las consultas realizadas se muestran de forma tabular, el sistema muestra una interpretación en lenguaje natural para cada fila de la tabla cuando el usuario hace click en ella. Esta funcionalidad no sólo hace más cómoda la relación entre el usuario y el sistema, sino que evita ambigüedad en la interpretación de los resultados mostrados. Además muestra las potencialidades que brindan las ontologías para representar el conocimiento de un dominio específico mediante relaciones semánticas entre los conceptos.

Para poder mostrar una oración a partir de los resultados derivados de consultar las características en la ontología, se necesita crear anotaciones a las clases,

instancias y propiedades de la ontología. Estas anotaciones pueden contener artículos, pronombres, signos de puntuación, sinónimos, etc. De esta manera se enriquece el significado de la oración y se entiende mejor el resultado mostrado en la tabla, porque no siempre las relaciones entre los conceptos son evidentes y los usuarios no tienen por qué conocerlas, tal como se muestra en la Figura 6.

Raza animal	Localización	Temperatura	Suelo
Cebú	Pinares	Baja	categoria-4
Holstein	Pinares	Baja	categoria-4

Fig. 6. Relación entre conceptos.

Un grafo RDF representa una relación básica entre dos cosas en forma de tripla. Esta relación representa un hecho que está dotado de significado. Al concatenar varios hechos se puede llegar a algún tipo conocimiento. El tipo de anotación empleado para los elementos que conforman la ontología fue la etiqueta (label). De modo que cada elemento presente en una tripla (sujeto-predicado-objeto) tiene una etiqueta asociada.

Categoría-4	----->	tieneFertilización	----->	Natural
Sujeto		Predicado		Objeto

Al agregar las etiquetas a los elementos se tendría lo siguiente.

Categoría-4	-----	etiqueta	-----	El suelo
tieneFertilización	-----	etiqueta	-----	puede fertilizarse
Natural	-----	etiqueta	-----	de manera

Si se combinan el sujeto y el objeto de la tripla anterior y las etiquetas de estos en el siguiente formato se obtendrá una frase más expresiva:

etiquetaSujeto	---	sujeto	--	etiquetaPredicado	--	etiquetaObjeto	---	objeto
El suelo		Categoría-4		puede fertilizarse		de manera		Natural

La interpretación mostrada por el sistema para una fila seleccionada puede verse en la Figura 7.

Raza animal	Propósito productivo	Plaga animal	Cultivo	Localización	Temperatura	Suelo	Tipo de fertilización
Holstein	leche	Mamitis	Rhodes	Pinares	Baja	categoría-4	natural
Holstein	leche	Mamitis	Estrella	Pinares	Baja	categoría-4	natural
Holstein	leche	Mamitis	Conchita	Pinares	Baja	categoría-4	natural
Holstein	leche	Mamitis	Desmodium	Mayarí	Alta	categoría-2	natural
Holstein	leche	Mamitis	Desmodium	Mayarí	Alta	categoría-2	artificial

Haga clic en esta fila para mostrar una interpretación en la parte inferior de la tabla.

La raza Holstein tiene como propósito productivo la producción de leche, es atacada por la enfermedad bacteriana Mamitis y se puede desarrollar en la localización Pinares. En esta localización el alimento animal Estrella se puede cultivar, hay una temperatura Baja y predomina el suelo categoría-4, que puede fertilizarse de manera natural.

Fig. 7. Resultado de la consulta SPARQL en lenguaje natural

5. Conclusiones

La aplicación del procedimiento permitió identificar y satisfacer las necesidades de información ambiental, lo que garantiza que los proyectistas prevean la mitigación de impactos ambientales desde la etapa de diseño de proyectos agrícolas y pecuarios. Estos resultados contribuyeron a que la ENPA fuese acreedora del Premio Provincial de Medio Ambiente 2017 en Holguín.

La propuesta de arquitectura de software basado en ontología integra las tecnologías necesarias para gestionar el conocimiento semántico. El sistema informático propuesto mejora las condiciones de trabajo del personal de la empresa, ya que su uso permite que los proyectistas validen a partir de su conocimiento tácito, el conocimiento modelado e inferido en OntoEnvironmental. Adicionalmente, los proyectistas no solo harán uso de las normas cubanas e internacionales sobre la base de sus experiencias, si no que contarán con una herramienta para tal fin, lo que permite un nivel de independencia del equipo de trabajo. SIGECA al ofrecer las respuestas en lenguaje natural logra que el conocimiento gestionado sea de común entendimiento para el usuario y el software.

Referencias

1. Abburu, S.: A survey on ontology reasoners and comparison. International Journal of Computer Applications 57(17) (2012)
2. Allen, B.: Information needs. Library and Information Science 96, 55–107 (2010)
3. Barchini, G., Álvarez, M.M., Fortea, G.: Evaluación de la calidad de los sistemas de información basados en ontologías. In: Nuevas perspectivas para la difusión y organización del conocimiento. pp. 645–662. Servicio de Publicaciones (2009)

4. Bechhofer, S., Matentzoglou, N.: The OWL API: An Introduction. COMP60421: Ontology Engineering for the The Semantic Web (2014)
5. Castellanos Domínguez, M.I.: Procedimiento para la gestión del conocimiento ambiental mediante ontología en proyectos agropecuarios (2014)
6. Castellanos Domínguez, M.I., Quevedo Castro, C.M., Vega Ramírez, A., Grangel González, I., Moreno Rodríguez, R.: Sistema basado en ontología para el apoyo a la toma de decisiones en el proceso de gestión ambiental empresarial. In: II International Workshop of Semantic Web. vol. 1797. CEUR-WS, La Habana, Cuba (2016), <http://ceur-ws.org/Vol-1797/>
7. DuCharme, B.: Learning SPARQL. Querying and Updating with SPARQL 1.1, vol. Second Edition. Published by O'Reilly Media, United States of America (2013)
8. Fonseca, R.A.M., Montenegro, D.Y.Q., Valencia, J.M.: El rol de la gestión del conocimiento en la implementación de un Sistema Integrado de Gestión. Revista Logos Ciencia & Tecnología 4(2), 33–41 (2013)
9. González, J.C.: Surgimiento de las necesidades de información. Investigación Bibliotecológica 25(53), 7–9 (2011)
10. González Sánchez, R., García Muiña, F.E.: Innovación abierta: Un modelo preliminar desde la gestión del conocimiento. Intangible Capital 7(1), 82–115 (2011)
11. Hebel, J., Fisher, M., Blace, R., Perez-Lopez, A.: Semantic web programming. John Wiley & Sons (2009)
12. Huang, J., Abadi, D.J., Ren, K.: Scalable SPARQL querying of large RDF graphs. Proceedings of the VLDB Endowment 4(11), 1123–1134 (2011)
13. Matentzoglou, N., Bail, S., Parsia, B.: A Corpus of OWL DL Ontologies. Description Logics 1014, 829–841 (2013)
14. Matentzoglou, N., Leo, J., Hudhra, V., Sattler, U., Parsia, B.: A survey of current, stand-alone owl reasoners. In: Informal Proceedings of the 4th International Workshop on OWL Reasoner Evaluation. vol. 1387 (2015)
15. Michelan, G., Braun, G., Cecchi, L., Fillostrani, P.R.: Linked Open Data para la integración de información científica. In: XVIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2016, Entre Ríos, Argentina) (2016)
16. Nacimiento García, A.: Plataforma de datos virtuoso: arquitectura, tecnologías y caso de estudio (2015)
17. Nonaka, I., Takeuchi, H.: The knowledge-creating company: How Japanese companies create the dynamics of innovation. Oxford University Press, USA (1995)
18. Ocaña, A.B.: Aproximación a una taxonomía de modelos de gestión del conocimiento. Intangible Capital 5(1), 65–101 (2009)
19. Pávez Salazar, A., Rodríguez, L.H.: Modelo de implantación de Gestión del Conocimiento y Tecnologías de Información para la generación de ventajas competitivas (2000)
20. da Ponte, M.J.M., Figueiras, P.A., Jardim-Gonçalves, R., Lima, C.P.: Ontological Interaction Using JENA and SPARQL Applied to Onto-AmazonTimber Ontology. In: Doctoral Conference on Computing, Electrical and Industrial Systems. pp. 54–61. Springer (2016)
21. Suárez Figueroa, M.C.: NeOn Methodology for Building Ontology Networks: Specification, Scheduling and Reuse. Ph.D. thesis, España (2010)
22. Suárez Figueroa, M.C., Gómez Pérez, A., Fernández López, M.: The NeOn Methodology for Ontology Engineering. Springer (2012)