

Ontología para las Manifestaciones Rupestres en Venezuela: Hacia el Desarrollo de una Plataforma para la Preservación Digital

Alejandro Amaro¹, Federico Flaviani², Alejandro Figueroa³, Ruby De Valencia⁴, Yudith Cardinale²
aamaro@cuc.edu.ve, fflaviani@usb.ve, figueroa02@gmail.com, anarvenezuela@gmail.com, ycardinale@usb.ve

¹ Departamento de Investigación, Colegio Universitario de Caracas, Caracas, Venezuela

² Departamento de Computación, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela

³ Escuela de Informática, Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela

⁴ ANAR, Fundación Venezolana para la Preservación del Hábitat, Promoción y la Defensa de las Culturas, Caracas, Venezuela

Resumen: En este artículo se estudia el dominio de las Manifestaciones Rupestres en Venezuela y se presentan los primeros resultados de extraer y representar, en una ontología, la *semántica implícita* en formularios desarrollados por el equipo arqueológico del Archivo Nacional de Arte Rupestre (ANAR), encargado de llevar el registro manual de los hallazgos en un total de 650 yacimientos, distribuidos en los 24 estados de Venezuela. La información plasmada en dichos formularios físicos, representa una inmensa e invaluable fuente de datos, a los que se podría acceder a través de servicios abiertos vía Internet. Un requisito previo para proporcionar estos servicios es la construcción de una descripción del contenido semántico del dominio. Lo siguiente sería el desarrollo de una plataforma tecnológica para su preservación digital. Este trabajo se concentra en el primer paso hacia esa plataforma de apoyo a los expertos del dominio que proporcionará un rico repositorio de información en el tema. En este contexto, se presenta una ontología para las Manifestaciones Rupestres en Venezuela que permite representar los datos, serializarlos y utilizarlos para desarrollar servicios *endpoint* basados en las tecnologías de la Web Semántica. Como una prueba de conceptos, se muestra el desarrollo de un servicio *endpoint* para consultar contenidos multimedia, anotados con la ontología propuesta. Esta experiencia permite, además, proponer un diseño preliminar de la plataforma de preservación digital de las Manifestaciones Rupestres y una estrategia para desarrollarla.

Palabras Clave: Manifestaciones Rupestres; Web Semántica; Ontologías; Patrimonio Cultural; Documentación.

Abstract: In this article we study the domain of the Rock Art Manifestations in Venezuela and present the first results of extracting and representing, in an ontology, the semantics implicit in forms developed by the archaeological team of the National Rock Art Archives (ANAR), in charge of keeping the manual registry of the findings in a total of 650 sites, distributed across the 24 states of Venezuela. The information contained in these physical forms represents an immense and invaluable source of data, which could be accessed through open services via the Internet. A prerequisite for providing these services is the construction of a semantic content description for this domain. The following would be the development of a technological platform for its digital preservation. This work focuses on the first step towards that platform to support domain experts and to provide a rich repository of information on the topic. In this context, we present an ontology for the Rock Art Manifestations in Venezuela that allows us to represent the data, serialize them and use them to develop endpoint services based on Semantic Web technologies. As a test of concepts, the development of an endpoint service to consult multimedia contents, annotated with the proposed ontology, is shown. This experience also allows to propose a preliminary design of the platform for the digital preservation of the Rock Art Manifestations and a strategy to develop it.

Keywords: Rock Art Manifestations; Semantic Web; Ontology; Cultural Heritage; Documentation.

I. INTRODUCCIÓN

El Archivo Nacional de Arte Rupestre (ANAR) [1], es un proyecto desarrollado por FUNDABITAT (Fundación Venezolana para la Preservación del Hábitat, Promoción y Defensa de las Culturas), en el marco de su Programa de Formación

y Capacitación FACILITADORES EN ESCUELA ACTIVA, cuyo objetivo principal es: Servir de Centro de Referencia y Servicio de Información para el conocimiento y protección de las Manifestaciones Rupestres en Venezuela, como parte de la Conservación de la Memoria Histórica y Documental de

este Patrimonio Cultural Arqueológico del país. Entre otras actividades realiza el registro de los sitios arqueológicos donde se encuentran las Manifestaciones Rupestres venezolanas. El ANAR cuenta actualmente de los siguientes documentos:

- Documentos relacionados a las Manifestaciones Rupestres en Venezuela, que consisten de: (a) fichas de trabajo de campo que describen cada una de las 650 estaciones rupestres (contentivas de 1 a 30 piedras por estación) registradas hasta la fecha, con las respectivas fotografías o ilustraciones tanto del yacimiento como de las piedras; (b) fichas cartográficas en las que se indica la ubicación de cada estación rupestre registrada, así como los exploradores que la han reseñado, dibujado o fotografiado, el año y la página en que se publicaron los hallazgos; (c) carpetas de documentos bibliográficos que consisten del compendio hasta la fecha de un total de documentos bibliográficos y hemerográficos referentes a los yacimientos con Manifestaciones Rupestres venezolanas registradas en el ANAR; (d) material no bibliográfico, donde se encuentran fotografías e ilustraciones de cada una de las estaciones rupestres y piedras; (e) carpetas de documentos bibliográficos de otros países, que consisten del compendio de documentos bibliográficos y hemerográficos referentes a las Manifestaciones Rupestres en otros países; (f) fichero bibliográfico que integra más de 1000 referencias bibliográficas relativas a las Manifestaciones Rupestres de Venezuela en general, así como una sección de tópicos relacionados (navegación primitiva, pintura corporal, técnicas modernas de prospección arqueológica, entre otros) y Arte Rupestre de otros países, con una cantidad similar de entradas; (g) material no clasificado, que corresponde a un extenso número de materiales (acumulados en fecha posterior a la publicación en 1987 del libro acerca del diseño de los petroglifos venezolanos [2]), los cuales están siendo permanentemente recolectados y procesados para su integración al ANAR. Todos los documentos referidos en esta sección están codificados de manera cruzada, lo que permite una infinita variedad de relaciones que facilitan la labor del investigador.
- Documentos bibliográficos sobre antropología general. Las carpetas de documentos de este tipo están agrupadas en diferentes categorías antropológicas tales como Paleontología, Arqueología, Etnología, entre otras, y subdivididas luego por países.
- Documentos hemerográficos sobre antropología general. Las carpetas de documentos de este tipo se agrupan siguiendo aproximadamente la misma clasificación de los documentos bibliográficos.

Este artículo presenta los primeros resultados de una serie de esfuerzos para extraer la *semántica implícita* en dichas fichas, formularios y carpetas, y plasmarla en una ontología del dominio que permita digitalizar fácilmente toda esta información. La necesidad de hacer disponible y reutilizable esta rica e invaluable información lleva a pensar en una implementación más allá de la tecnología de las bases de datos convencionales. No se trata sólo de hacer una aplicación alrededor de los datos, sino más bien de exponer los datos para permitir

su reutilización por todos aquellos interesados en construir aplicaciones.

Un requisito previo para proporcionar este servicio es la construcción de una descripción del contenido semántico del dominio con el cual se podría iniciar el trabajo de ingeniería para crear soluciones a las necesidades de información que se presentan en el campo cultural por parte de entes cuya actividad se relaciona con este tema. Esta descripción semántica dará paso al desarrollo de una plataforma tecnológica completa para la preservación digital de este arte, lo cual complementa las estrategias adoptadas para preservar el Patrimonio Rupestre presente en estos yacimientos. Es decir que la plataforma, por un lado, apoyaría a los expertos del dominio proporcionando un repositorio de información, que puede convertirse en una referencia a nivel nacional y latinoamericano al ofrecer un conjunto detallado de datos abiertos y enlazados acerca de las manifestaciones rupestres. Por otro lado, también serviría para promover el conocimiento y la preservación de la riqueza cultural, haciendo que la información esté al alcance de todos a través de servicios Web y ayudaría a la preservación de este invaluable patrimonio para la posteridad.

En contexto, en este trabajo de investigación se propone una ontología de dominio para las Manifestaciones Rupestres venezolanas. Se utiliza en primer lugar la metodología de construcción de ontologías de Uschold y King [3] para describir el contenido semántico del dominio y luego se utiliza la herramienta Protégé [4] para obtener una representación de la ontología en el lenguaje OWL [5]. Con esta ontología se logra una descripción del contenido semántico del dominio que sirve para representar los datos, serializarlos y utilizarlos para generar un servicio *endpoint* que permita desarrollar aplicaciones construidas con las tecnologías de la Web Semántica. Como una prueba de conceptos, se presenta en este documento el desarrollo de un servicio *endpoint* para consultar contenidos multimedia, anotados con la ontología propuesta. Además, esta experiencia permite proponer un diseño preliminar de la plataforma para preservación digital de las Manifestaciones Rupestres y una estrategia para desarrollarla.

El resto de este artículo se organiza de la siguiente manera. La Sección II contiene una breve relación de algunos trabajos recientes vinculados al modelado del patrimonio cultural. En la Sección III se describe el ANAR y el tipo de información que maneja. La Sección IV explica el enfoque, la metodología y las herramientas utilizadas para resolver el problema. En la Sección V se presenta la ontología propuesta y en la Sección VI se describe el servicio de consulta desarrollado y se propone un diseño preliminar de la plataforma y una estrategia para continuar este trabajo. Finalmente, la Sección VII contiene las conclusiones de esta investigación.

II. TRABAJOS RELACIONADOS

El modelado del dominio del patrimonio cultural es importante porque permite el registro de los elementos y manifestaciones del patrimonio y la posterior difusión del conocimiento con el fin de ayudar a la preservación de un legado que pertenece

a las generaciones futuras y que forma parte de la identidad de cada nación. Las Manifestaciones Rupestres son un subdominio del dominio del patrimonio cultural y representa una parte del aspecto tangible de este patrimonio. Un desarrollo que antecede a este trabajo es la metodología para el registro y documentación de las Manifestaciones Rupestres venezolanas generada como parte del proyecto del ANAR [6]. Esta metodología contiene una especificación de los elementos de información que deben ser recolectados durante el trabajo de campo en las expediciones arqueológicas que tienen como objeto de estudio los yacimientos de las Manifestaciones Rupestres venezolanas. El ANAR cuenta con formularios o fichas diseñados especialmente para la documentación de los hallazgos, un tipo de ficha para registrar los yacimientos y otro tipo de ficha para registrar las rocas que están en el yacimiento. Toda esta información constituyó la base y el conocimiento experto para la definición de la ontología.

Entre los trabajos recientes, basados en el modelado de ontologías, vale la pena mencionar los esfuerzos por registrar, analizar y comparar las manifestaciones rupestres presentes en Monte Bego [7][8], al sur occidente de Francia y cerca de la frontera con Italia. En este caso se ha desarrollado un Sistema Multi-Agente que utiliza ontologías basadas en la investigación de campo de los arqueólogos para llevar a cabo la integración de los datos, su análisis, normalización, interpretación y enriquecimiento semántico, el cual tiene como objetivo a largo plazo la creación de un repositorio a nivel de toda Europa de los petroglifos de la Edad del Bronce. Una de las habilidades importantes de este sistema es la capacidad de recuperación de contenidos basada en los dibujos de los petroglifos. En vista de que se desea lograr una integración de los datos para toda Europa, es necesario el desarrollo futuro de un modelo generalizable capaz de integrar progresivamente los datos de otras colecciones como los petroglifos de la región de Valcamonica [9]. En la misma línea de trabajo debemos incluir la creación de la Ontología Indiana [10] para el modelado del conocimiento acerca del Arte Rupestre de Monte Bego [11], [12], cuyo diseño no incluye el uso de otras ontologías creadas para el procesamiento de objetos del patrimonio cultural, sino que se enfoca en una estrecha integración con el sistema IndianaMAS, es decir, los agentes de software inteligentes y la biblioteca digital utilizada para clasificar y almacenar objetos multimedia y multilinges acerca del Arte Rupestre de Monte Bego. La ontología IndianaMAS fue implementada en OWL utilizando Protégé.

La Base de Datos Global del Arte Rupestre (The Global Rock Art Database) [13] es una organización virtual orientada a construir una comunidad global del Arte Rupestre. Este proyecto reúne a profesionales y entusiastas del Arte Rupestre de todo el mundo a través del RADB Management System el cual está disponible públicamente. Esta plataforma en línea utiliza el sector de patrimonio australiano y el Arte Rupestre australiano como modelo de prueba para desarrollar un método para el diseño del sistema RADB. La idea original surgió a partir de un proyecto doctoral, la prueba del modelo conceptual se llevó a cabo en 2014 y se hizo disponible para el público general, pero el acceso completo se encuentra limitado actualmente a

un pequeño grupo de usuarios de prueba seleccionados.

Al igual que estos trabajos, pretendemos que la ontología propuesta permita, por un lado, ser usada y extendida para la descripción de las Manifestaciones Rupestres en Latino América y por otro lado, ser la base para el desarrollo de servicios interconectados que provean un gran repositorio de Manifestaciones Rupestres latinoamericanas. La idea además, es que estos servicios puedan integrarse con servicios ya existentes como los descritos anteriormente.

En Chile, un equipo de investigación ha trabajado recientemente en un método para obtener conocimiento a partir de bases de datos existentes con la finalidad de crear un modelo ontológico para el patrimonio cultural intangible [14]. Si bien las Manifestaciones Rupestres son un Patrimonio Cultural tangible, este trabajo ha sido motivo de inspiración para emprender la tarea del modelado del patrimonio cultural venezolano con base en los registros existentes, realizados en la geografía local venezolana por especialistas del dominio, como los miembros del equipo arqueológico del proyecto ANAR. Al mismo tiempo se presenta la oportunidad de intercambiar experiencias con los grupos de investigación que realizan trabajos semejantes en nuestro continente, y realizar aprendizajes a través del estudio y la comparación de las características comunes y divergentes que presenta el dominio del patrimonio cultural en distintas localizaciones geográficas. Son estos intercambios los que pueden conducir a una solución de ingeniería que permita la integración de los datos y los servicios a escala latinoamericana. El punto de partida en este caso es el subdominio de las Manifestaciones Rupestres, pero manteniendo la vista puesta sobre la necesidad de abordar también el modelado de los otros subdominios del patrimonio cultural tangible e intangible.

III. MANIFESTACIONES RUPESTRES EN VENEZUELA: UN PROBLEMA DE INFORMACIÓN

El ANAR es el miembro N° 39 de los 50 en el mundo y único miembro en Venezuela de IFRAO (International Federation of Rock Art Organizations) adscrito a UNESCO. Mantiene una permanente relación con la comunidad a través de conferencias audiovisuales dictadas a colegios, universidades y otras entidades que lo soliciten. Su participación en el medio académico es constante. Viene desarrollando, en el marco de su Programa de Educación, el tema de las manifestaciones rupestres venezolanas de forma inter y transdisciplinaria, utilizando las TIC, con el objeto de promover su conocimiento, difusión y preservación en las diversas áreas de aprendizaje, de manera que se involucre en el pensum oficial de los subsistemas de educación primaria y secundaria. Para el ANAR la educación, capacitación y toma de conciencia, es un proceso permanente, progresivo y coherente, dirigido a la formación de valores, conocimientos y conductas, cónsonas con la preservación del patrimonio cultural, la conservación ambiental y el desarrollo sostenible [2][15].

Las Manifestaciones Rupestres constituyen los indicios más antiguos conocidos de un intento de comunicación humana.

En ausencia de testimonios de la expresión oral hasta la aparición de la escritura, tenemos en cambio fragmentos que representan en imágenes el mundo de las primeras sociedades. En Venezuela, se encuentran repartidas prácticamente por todo el territorio: en las sabanas, en las altas montañas, a las orillas y en medio de los ríos y también en las selvas. La Figura 1 presenta fotos de cuatro Manifestaciones Rupestres presentes en Venezuela. La existencia de un muy rico y variado patrimonio rupestre, convierte a Venezuela en uno de los países donde están presentes casi todas las posibles manifestaciones de este Patrimonio Cultural Arqueológico:

- Petroglifos (grabados en rocas – ver Figura 1a),
- Pinturas Rupestres o Pictografías (dibujos realizados sobre las rocas, mediante la aplicación de pigmentos – ver Figura 1b),
- Monumentos Megalíticos (Menhires: grandes piedras alargadas, colocadas verticalmente en el suelo – ver Figura 1c; Monolitos: bloques de piedra de gran tamaño, con grabados; Dólmenes: Piedras verticales, cubiertas con losas horizontales de gran tamaño, conformando paredes y techo),
- Geoglifos (grabados gigantes en tierra – ver Figura 1d),
- Micropetroglifos (pequeños guijarros o lajas líticas con grabados),
- Amoladores líticos (depresiones de formas diversas para amolar instrumentos líticos),
- Cúpulas y Puntos Acoplados (grabados de formas semi-circulares de diverso tamaño, en la roca),
- Bateas (depresiones de formas rectangulares o circulares cortadas en las rocas),
- Piedras y Cerros Míticos Naturales (Piedras o Cerros no trabajados por el hombre, con deformaciones naturales por las que se les atribuyen explicaciones mitológicas generalmente relacionadas con el origen de los Petroglifos).

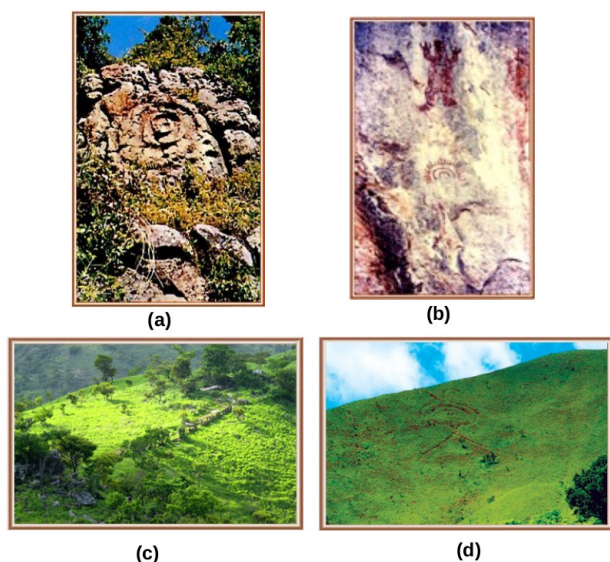


Figura 1: Ejemplos de Manifestaciones Rupestres en Venezuela

Aún cuando FUNDABITAT, en colaboración con personal de la Universidad Simón Bolívar, ha adelantado un esfuerzo

para llevar a cabo el registro digital de todas las Manifestaciones Rupestres encontradas en cada uno de los 24 estados venezolanos, su importancia es tanta (dentro del contexto del nutrido Patrimonio Cultural de Venezuela, y como legado de culturas originarias en buena medida desaparecidas) como grande es el riesgo de su deterioro, debido a la ignorancia en la que se encuentran los habitantes del país en relación con su presencia y su relevancia. Por absurdo que pudiera parecer, son los mismos pobladores del país los que representan este riesgo de daño y destrucción.

Las actividades y proyectos del ANAR, se enmarcan en el área de la CONSERVACIÓN PREVENTIVA, basándose en el planteamiento que no se valora lo que no se conoce, impulsan la protección de este Patrimonio Cultural a través de su conocimiento y difusión. para la transmisión de sus contenidos, con estrategias pedagógicas de divulgación, que involucren a la comunidad educativa y público en general de forma lúdica, y a través de recorridos temáticos, que formen parte de un proceso de enseñanza-aprendizaje que informe, dando la posibilidad de interpretar, conservar y preservar estas riquezas ecológico-arqueológicas.

El ANAR está involucrado en este esfuerzo de colocar todo el conocimiento que posee en un sistema de información Web [15]. Esto permite que las personas puedan consultar la información y tener acceso a otros servicios y productos que ofrece ANAR. Sin embargo, esta labor no es suficiente para lograr que se desarrolle software capaz de obtener la información y procesarla para su uso por parte de las instituciones del estado que requieren esa información como insumo para planificar acciones en resguardo del Arte Rupestre o actividades formativas para la población.

El almacenamiento de la información mediante el uso de tecnologías de almacenamiento y recuperación típicos, como las bases de datos relacionales, tiene el inconveniente de que los datos no están disponibles abiertamente para los especialistas en el ámbito nacional o internacional ni para las máquinas que ejecutan consultas de datos (usando, por ejemplo, el lenguaje SPARQL) sobre los recursos de la Web. Esto limita la posibilidad de desarrollar y expandir la literatura bajo la forma de estudios académicos, artículos en prensa escrita y revistas y todas las valoraciones que pudieran hacerse de esta información desde aproximaciones de diversa índole (históricas, antropológicas, sociológicas, entre otras) y por diferentes medios. Todo esto es esencial para la difusión del conocimiento acerca de las Manifestaciones Rupestres venezolanas.

El problema es, entonces, la falta de una fuente o servicio accesible de datos abiertos y enlazados para el dominio de las Manifestaciones Rupestres en Venezuela. Un requisito previo para poder proporcionar esta fuente de datos es la construcción de una descripción o diseño del contenido semántico del dominio de las Manifestaciones Rupestres.

Así, el objetivo principal de este trabajo consiste en crear las condiciones para que los datos estén disponibles para cualquier tipo de procesamiento por parte de cualquier persona

u organización que la requiera. La solución futura en su última fase deberá ayudar a responder preguntas tan sencillas como: *Cuáles son los lugares donde están presentes las Manifestaciones Rupestres venezolanas? Cuántos son? Cuáles son en cada estado, en cada municipio? Cuáles son las características de este yacimiento? Hay una fotografía? Existe documentación de este sitio (artículos en prensa, revistas, documento en ANAR)?* Así como consultas más avanzadas que impliquen búsquedas de relaciones de datos más complejas, descubrir relaciones e inferir en la información disponible.

La importancia de una solución en este contexto radica en que las Manifestaciones Rupestres no son solo Patrimonio venezolano, también lo son del resto de la humanidad. El rastro de la cultura de cada grupo humano que ha existido sobre la Tierra contribuye, igual que una pieza en un rompecabezas, a la comprensión global que se puede tener hoy acerca de la cultura humana y sus raíces como un todo.

Pero sobre todo se debe comprender, que las Manifestaciones Rupestres son un Patrimonio NO RENOVABLE.

Al proponer una noción unitaria de Patrimonio Cultural y Patrimonio Natural, tradicionalmente considerados como aspectos separados e independientes entre sí, se introduce la idea concreta de PATRIMONIO MUNDIAL, cuya importancia trasciende las fronteras políticas y geográficas, y se establece además, como otro objetivo esencial: "Crear una conciencia general más clara y activa del valor de este Patrimonio" y de los graves peligros que lo amenazan. No obstante, en última instancia, corresponde a cada país y región asumir la responsabilidad de la Conservación de su propio PATRIMONIO.

IV. ENFOQUE METODOLÓGICO PARA LA CREACIÓN DE UNA ONTOLOGÍA PARA LAS MANIFESTACIONES RUPESTRES EN VENEZUELA

Las tecnologías de la Web Semántica basadas en ontologías permiten superar las limitaciones semánticas y de acceso que acompañan a las bases de datos y al modelado convencional de los datos, ya que las ontologías incorporan ventajas tales como el vocabulario y la capacidad de utilizar la inferencia en el procesamiento de la información, además de la capacidad para entregar la información como un servicio Web de datos abiertos y enlazados mediante la creación de *endpoints* que permitan el procesamiento de consultas y el aprovechamiento de los datos por parte de máquinas además de humanos.

Para resolver el problema se propone crear una descripción del contenido semántico del dominio de las Manifestaciones Rupestres venezolanas mediante la construcción de una ontología de dominio con el apoyo del *framework* Protégé [4], herramienta de uso común en la Web Semántica que permite generar el código en lenguaje OWL [5]. Protégé podrá ser utilizado posteriormente para implantar la ontología en un servicio Web del tipo *endpoint* mediante alguna plataforma como Jena [16] o Virtuoso [17], que se utilizará para poblar la ontología y proveer los datos a las aplicaciones remotas.

A. Metodología para el Desarrollo de la Ontología

De acuerdo a lo propuesto por Upschold et al. [3], los pasos para el desarrollo de esta ontología son los siguientes:

- Identificación de los conceptos y relaciones claves en el dominio de interés.
- Producción de definiciones en forma de texto, precisas y sin ambigüedades.
- Identificación de términos para referirse a esos conceptos y relaciones.
- Alcanzar acuerdos a nivel de la comunidad acerca de todo lo anterior.

La existencia de un trabajo previo llevado a cabo como parte del proyecto ANAR para sistematizar el trabajo arqueológico de campo, mediante el diseño de formularios que resumen la práctica profesional de los expertos en el dominio, facilita la realización de estos pasos, puesto que buena parte de las definiciones ya existen y están presentes en los instrumentos de recolección de información. Para ilustrar esta correspondencia, la Figura 5, que aparece más adelante, exhibe en su lado izquierdo parte de un formulario del proyecto ANAR, mientras que el lado derecho de la misma imagen se muestra una parte de la ontología cuyas categorías taxonómicas corresponden a los conceptos que contiene el formulario del ANAR utilizado por el equipo arqueológico para el registro de hallazgos en actividades de campo. Esto se hace siempre que es posible en el modelado para hacer coincidir la ontología con los conceptos que manejan los expertos del dominio.

En apoyo de esta metodología, se cuenta con la existencia de una herramienta como Protégé, la cual permite acelerar el desarrollo de las ontologías, ya que posee funcionalidades para: (i) representar el diseño de la ontología; (ii) registrar las definiciones en forma de texto, y así generar documentación de manera asistida; y (iii) realizar la ingeniería hacia adelante, generando automáticamente el código en el lenguaje OWL.

B. La Herramienta Protégé

Protégé es quizás la herramienta de ingeniería de ontologías más conocida, es un software de código abierto desarrollado en Stanford University [18]. Fue creado inicialmente como un Sistema de Aprendizaje aplicado a la Salud para traducir datos biomédicos primarios a datos legibles por máquinas para la toma de decisiones [19]. Proporciona una estructura interna denominada "modelo" para la representación de las ontologías y una interfaz para mostrar y manipular el modelo subyacente. El modelo de Protégé se utiliza para representar elementos de la ontología tales como clases, propiedades (slots), características de las propiedades (por ejemplo, facetas y restricciones), así como también instancias. La interfaz gráfica de usuario de Protégé puede utilizarse para crear clases e instancias, y para establecer propiedades de las clases y restricciones sobre las facetas de las propiedades. Protégé presenta al usuario varias funcionalidades para el acceso, la visualización gráfica y para realizar consultas sobre las ontologías. Además, posee funciones para cargar, modificar y guardar las ontologías en formatos diferentes, que incluyen XML, RDF, UML y OWL.

C. Lenguajes de la Web Semántica para la Especificación de Ontologías

La especificación de una ontología para la Web Semántica se sirve de algún lenguaje lógico descriptivo que permite representar el contenido semántico y describir la ontología formalmente bajo una sintaxis basada en la lógica. En la Web Semántica se utilizan principalmente lenguajes tales como XML, XML Schema (XMLS), RDF, RDF Schema (RDFS) y OWL para definir las ontologías. En este trabajo se utiliza el lenguaje OWL para obtener una descripción formal de la ontología para las Manifestaciones Rupestres venezolanas.

OWL fue desarrollado para superar algunas debilidades expresivas del lenguaje RDF y del lenguaje RDFS. OWL amplía la expresividad del RDF y del RDFS con herramientas para describir las relaciones entre las clases, definir las características de las propiedades, las restricciones de cardinalidad y las restricciones sobre los valores de las propiedades. Herramientas tales como Protégé permiten ejecutar un paso de ingeniería hacia adelante, proporcionando una interfaz gráfica amigable para que el usuario pueda especificar el contenido semántico de las ontologías y luego, al final, la herramienta genera el código OWL necesario.

V. ONTOLOGÍA PARA EL DOMINIO DE LAS MANIFESTACIONES RUPESTRES VENEZOLANAS

De acuerdo a los formularios que han sido examinados, en este dominio el punto de partida es el modelado de los conceptos de Yacimiento (Site) y Piedra (Rock). Es precisamente de esos dos tipos de objeto que están constituidos los hallazgos arqueológicos en materia de Manifestaciones Rupestres. Una característica de un Yacimiento es que contiene $N \geq 1$ Piedras en cada una de las cuales está presente alguna Imagen (Figure) grabada. Las Imágenes a su vez poseen una clasificación preestablecida por los expertos del dominio. Otro concepto importante en el dominio que está asociado a Yacimiento es la Manifestación (Find) y se refiere al tipo de Manifestación Rupestre que está presente en el yacimiento. Las manifestaciones están clasificadas jerárquicamente y forman una taxonomía. Estos conceptos principales del dominio corresponden a entidades o clases en la ontología y buena parte del trabajo del modelado consiste en identificar estos conceptos y representarlos dentro de la ontología. Algunos conceptos ayudan a establecer la relación del Yacimiento con su entorno. Por ejemplo, el concepto de Ubicación (Location) incluye una clasificación que sirve para documentar el tipo de lugar donde está el Yacimiento: Cerro (Hill), Valle (Valley), Río (River), Costa (Coast).

En las Figuras 2, 3 y 4, se muestran las representaciones de la Ontología en Protégé a un alto nivel para los conceptos de Yacimiento (Site), Manifestación (Find) e Imagen (Figure), respectivamente.

En la Figura 2, correspondiente a la taxonomía de Yacimiento, están presentes las siguientes categorías en el primer nivel: SurfaceStrata (Terreno Superficial), RockWall (Pared Rocosa), RockSite (Yacimiento de

Rocas), Shelter (Abrigo), DeepStrata (Terreno Profundo), AccidentalCave (Cueva de Recubrimiento), Cave (Cueva), NaturalDolmen (Dolmen Natural).

Del mismo modo, en el primer nivel de la taxonomía de Manifestación, según la Figura 3, están presentes las categorías: Geoglyph (Geoglifo), RockPainting (Pintura Rupestre), Petroglyph (Petroglifo), NaturalMythicRock (Piedra Mítica Natural), NaturalMythicHill (Cerro Mítico Natural), MegalithicMonuments (Monumentos Megalíticos), Grindstone (Amolador o Piedra de Amolar), Troughs (Bateas), CoupledPoints (Puntos Acoplados), Dome (Cúpula), Mortar (Mortero o Metate).

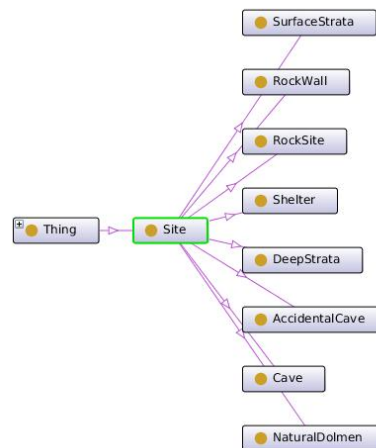


Figura 2: Taxonomía del Concepto Yacimiento (Site)

En la Figura 4, se muestran las categorías que permiten clasificar las imágenes que se encuentran sobre algunas Manifestaciones Rupestres halladas en el trabajo de campo. éstas son: TroughsFigure (Bateas, piedras con cortes de forma rectangular o semiesférica), ZooAntropmorphFigure (Imágenes de animales con rasgos humanos) AntropogeometricFigure (Figuras humanas, realizadas con componentes geométricos), ZoogeometricFigure (Figuras de animales o con sus rasgos, realizadas con elementos geométricos), CupolaFigure (Domo, grabados semiesféricos de 2 a 4 cms. de diámetro x 1 o 2 de profundidad), GrindstonesFigure (Surcos realizados por abrasión, no necesariamente tienen formas determinadas), AntropomorphicFigure (Imagen con forma humana), CoupledPointsFigure (Grabados de punteados pequeños semiesféricos), ZoomorphicFigure (Imágenes con forma o rasgos de animales), GeometricFigure (Figuras con elementos geométricos).

La Figura 5 muestra la correspondencia entre los elementos de la ficha original de ANAR y las categorías de la taxonomía dentro de la ontología para la clase Manifestación (Find). El lado izquierdo de la Figura 5 muestra una parte de un formulario del proyecto ANAR, mientras que el lado derecho muestra parte de la ontología cuyas categorías taxonómicas corresponden a los conceptos que contiene el formulario del ANAR.

La Figura 6 representa las características de un surco de petroglifo según la ficha original de ANAR, correspondiente a la clase *PetroglyphGroove* (*Petroglifo-Surco*) de la ontología. Estas características se convierten en los atributos (listados en la Tabla I) de la clase *PetroglyphGroove*.

La Figura 7 muestra la representación de las clases *Petroglyph* y *PetroglyphGroove* y la relación que existe entre ambas. En este caso *hasPetroglyphGroove* es un propiedad (*Object property* en OWL) que relaciona ambas clases.

Así, partiendo de la información contenida en las fichas y formularios de ANAR para el registro manual de todas las manifestaciones rupestres en Venezuela y siguiendo la metodología mencionada en la Sección IV, se logró construir

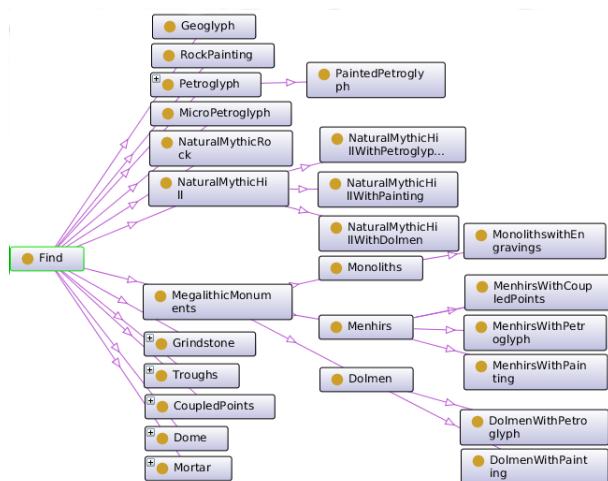


Figura 3: Taxonomía del Concepto *Manifestacion (Find)*

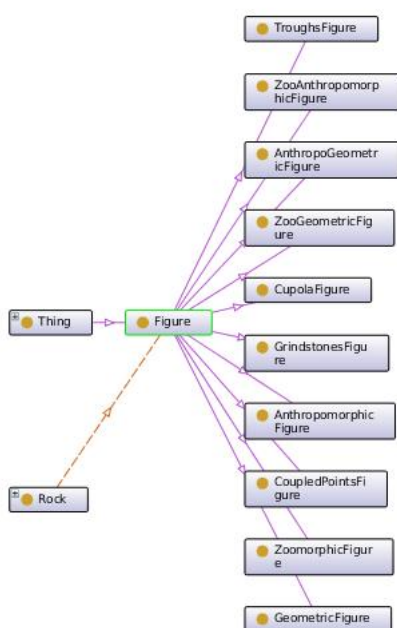


Figura 4: Taxonomía del Concepto *Imagen (Figure)*

24_ CARACTERÍSTICAS SURCO GRABADO

GROOVE CHARACTERISTICS

13.3 Petroglifo

Petroglyph

24.1 Ancho:

Width: de _____ cm a _____ cm

From _____ cm to _____ cm

24.2 Profundidad:

Depth: De _____ cm a _____ cm

From _____ cm to _____ cm

24.3 Base

Base

24.3.1 Redonda

Rounded

24.3.2 Aguda

Acute

24.4 Bajo relieve

Low relief

24.4.1 Lineal

Linear

24.4.2 Planar

Planar

24.5 Alto relieve

High relief

24.5.1 Lineal

Linear

24.5.2 Planar

Planar

Figura 6: Características de un Surco para un Petroglifo, Correspondiente a la Clase *PetroglyphGroove* en la Ontología

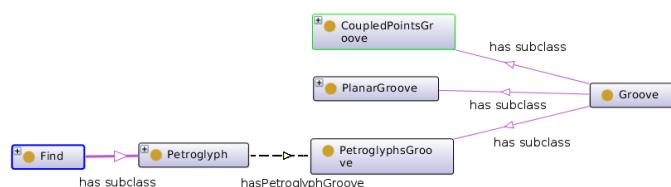


Figura 7: Representación de las Clases *Petroglyph* y *PetroglyphGroove*

la primera versión de la ontología para las Manifestaciones Rupestres venezolanas. La Figura 8 muestra una parte de las clases que conforman la ontología al nivel más alto, así como también algunas de las propiedades de objeto que están presentes entre esas clases.

El rasgo principal del dominio es la complejidad que aparece en la medida en la cual se avanza en la profundidad de las diferentes Manifestaciones Rupestres, pues en Venezuela se encuentran presentes la mayoría de las que se encuentran en diferentes lugares del mundo. Sin embargo, a partir de los instrumentos de recolección de información arqueológica, a través de la colaboración entre personal de sistemas y del área arqueológica y haciendo uso de la documentación disponible, ha sido posible realizar una conceptualización en un primer nivel para representar digitalmente los datos que dispone el ANAR.

El hecho de que Venezuela sea uno de los países en que se encuentran presentes la mayoría de las Manifestaciones Rupestres, hace vislumbrar una ontología completa del dominio que podrá ser fácilmente adoptada para representar las Manifestaciones Rupestres de cualquier otro país de Latino América. La idea es completar, extender y complementar a nivel más detallado esta ontología, no sólo con respecto a las Manifestaciones Rupestres en sí, sino con respecto a

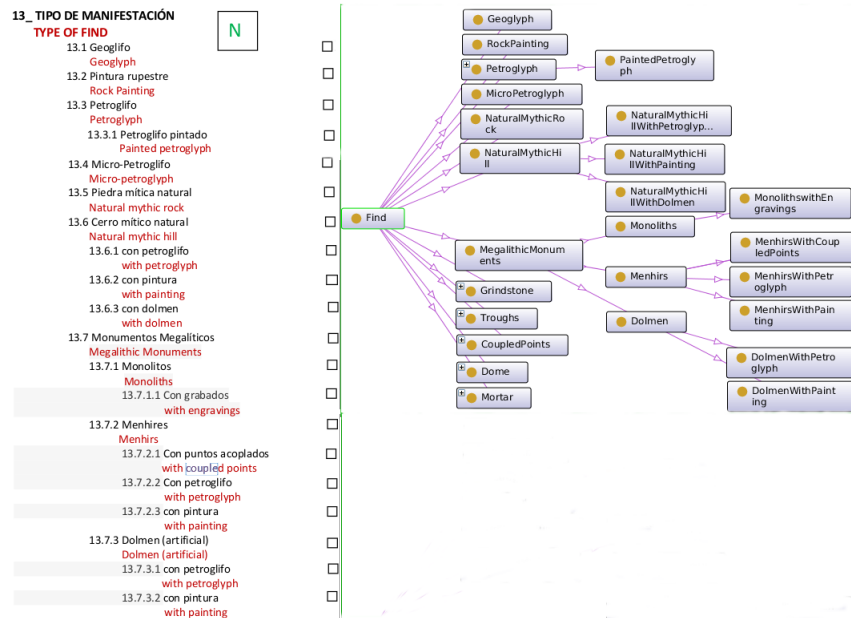


Figura 5: Correspondencia entre las Categorías en las Fichas de ANAR y las Categorías de la Taxonomía del Concepto Manifestación (Find)

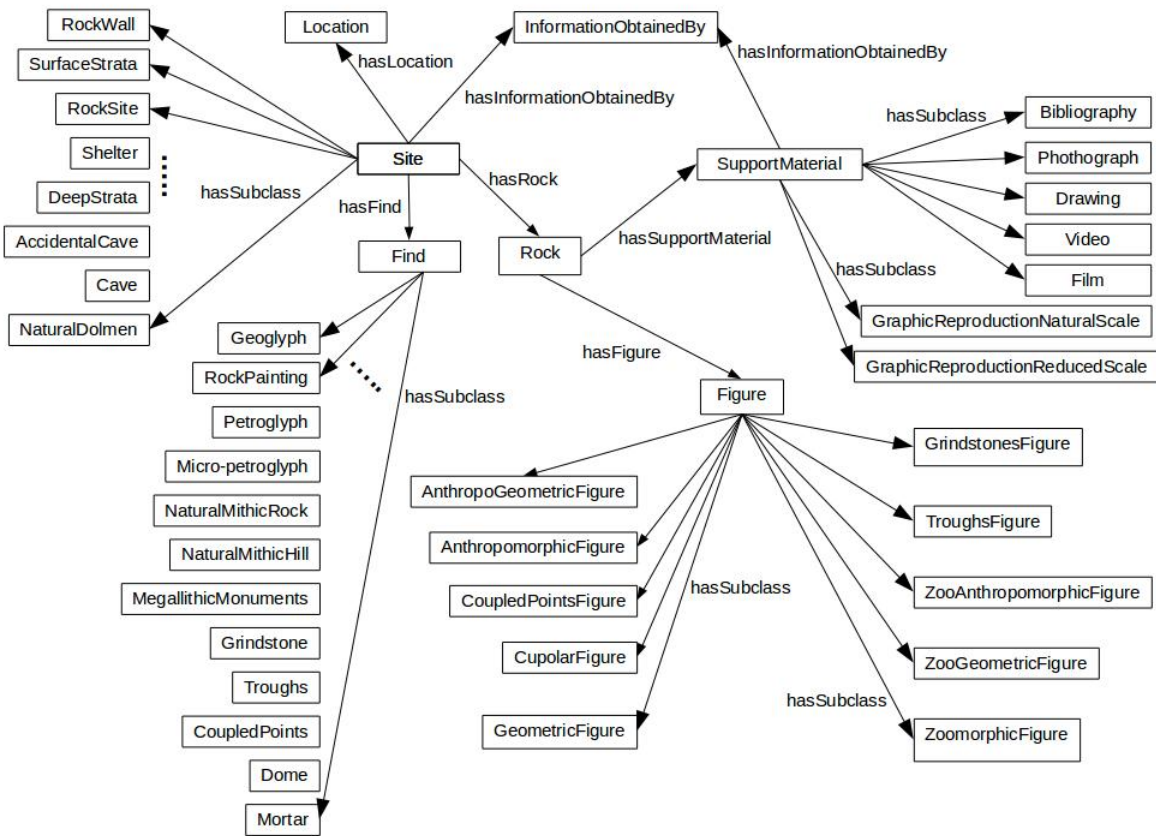


Figura 8: Parte de la Ontología para las Manifestaciones Rupestres

otros conceptos relacionados tales como información de geo-localización, multimedia (fotos, videos, figuras, documentos, entre otros) o roles y usuarios (para permitir el acceso a la información de acuerdo al perfil del usuario – público gen-

Tabla I: Lista de Atributos de la Clase *PetroglyphGroove*

Data Property	Range
widthFrom	float
widthTo	float
depthFrom	float
depthTo	float
base	{"acute", "rounded"}
lowRelief	{"linear", "planar"}
highRelief	{"linear", "planar"}
areasBetweenLines	{"pulsished", "recessed"}
overlaidEngravings	boolean
recessedEngravings	boolean

eral, turista, estudiante, arqueologo, historiador, antropólogo, científico, entre otros). Esto permitirá construir posteriormente servicios que puedan ofrecer los datos de manera abierta y con la mayor versatilidad posible.

VI. HACIA EL DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA PARA LA PRESERVACIÓN DIGITAL

Además de la ontología para las Manifestaciones Rupestres propuesta, este equipo de trabajo desarrolló un sencillo servicio *endpoint* accesible desde plataformas móviles para acceder a material multimedia de ANAR, como prueba de conceptos y para ejemplificar los beneficios que se pueden obtener de una plataforma tecnológica completa para la preservación digital de las Manifestaciones Rupestres en Venezuela (extensible a toda Latino América). Además, también se propone un diseño preliminar de la plataforma y una estrategia para concretar el objetivo final.

A. Servicio de Acceso a Datos Multimedia de ANAR

Basado en la ontología descrita en la Sección V se anotaron semánticamente un conjunto de datos multimedia provistos por ANAR y se implementó un servicio *endpoint* para acceder a dichos contenidos multimedia. La interfaz propuesta del servicio permite: (i) interrogar al repositorio RDF de datos multimedia de ANAR, sin que el usuario requiera conocer el lenguaje de interrogación (SPARQL); (ii) agregar contenido multimedia a dicho repositorio sin que el usuario deba conocer detalles de la representación de bajo nivel (tuplas RDF); y (iii) desarrollar un mecanismo de acceso al servicio a través de clientes livianos instalados en los dispositivos móviles de los usuarios.

Actualmente el proceso de registro de usuarios es muy sencillo, posteriormente se complementará con la ontología que permita representar perfiles y roles, de forma que se pueda proveer un acceso de acuerdo a perfiles, preferencias e incluso reglas de compartimiento de los usuarios y, además, proteger información importante que no puede mostrarse al público en general. La Figura 9 muestra algunos *screenshots* para este proceso.

Luego del proceso de registro, el usuario podrá acceder al servicio, a través del cliente liviano en su dispositivo móvil, para cargar cualquier contenido multimedia relacionado que desee compartir o consultar contenidos ya existente. Cuando un usuario va a realizar una consulta (por ejemplo, Monolitos

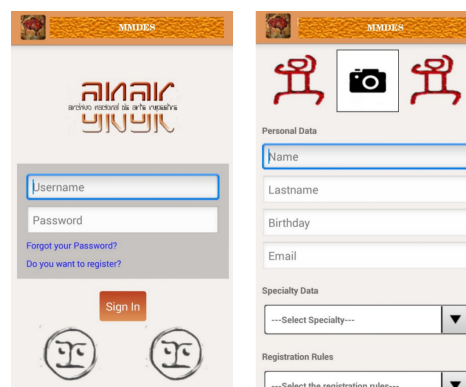


Figura 9: Screenshots para el Registro de Usuarios sobre un Móvil

en Venezuela), el cliente móvil pasa un archivo XML con la información del perfil del usuario (por ejemplo, arqueologo) al servicio y devuelve como resultado de la consulta, todos aquellos contenidos que concuerden con la consulta (e.g., fotos de monolitos, videos, información georeferencial, documentos de clasificación). La Figura 10 muestra gráficamente el esquema de consulta y la Figura 11 muestra un *screenshot* después de una consulta.

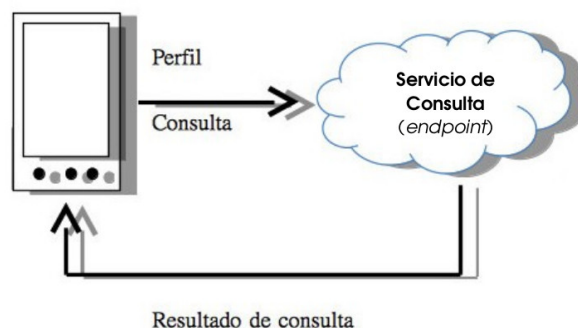


Figura 10: Esquema de Consulta

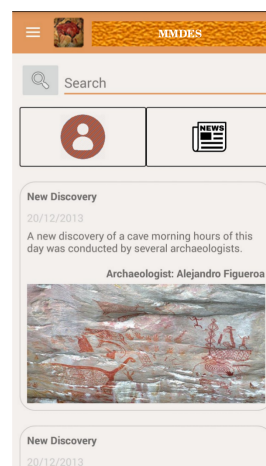


Figura 11: Pantalla para Ejecutar Consultas y Recibir Noticias

Para este servicio, las tuplas RDF son manejadas con el API de Jena RDF [16] y el *framework* de Apache Jena, el

cual está implementado en Java para desarrollar aplicaciones basadas en Web Semántica y datos enlazados (*Linked Data*). El *framework* de Jena ofrece varios APIs para implementar servicios *endpoints* que manejen y procesen modelos RDFs. Para el acceso local de los datos, el servicio *endpoint* usa ARQ¹, una máquina de consultas de Jena que soporta el lenguaje SPARQL para RDF.

El cliente liviano para las plataformas móviles fue desarrollado en Java y maneja una pequeña base de datos (desarrollada con SQLite²) para mantener información relacionada a los contenidos recuperados y al perfil del usuario.

B. Diseño Preliminar y Estrategia de Desarrollo

La Figura 12 muestra lo que, en primera instancia, debería ser la plataforma para el servicio de datos abiertos y enlazados para las Manifestaciones Rupestres venezolanas. El módulo de Manifestaciones Rupestres recibe contenidos diversos. Los objetos de datos espaciales formulados como tripletas RDF representan los elementos de la toponimia, además de otros hechos geográficos y su relación con la división político territorial venezolana con el propósito de integrar cada elemento de las Manifestaciones Rupestres presente en el repositorio con su referencia espacial. El repositorio admite datos de naturaleza multimedia y multilingüe y, para el caso de las imágenes, al igual que el sistema IndianaMAS [10], es capaz de reconocer imágenes de las Manifestaciones Rupestres y localizar los datos mediante un sistema de reconocimiento posiblemente basado en agentes inteligentes, esto puede ayudar a realizar anotaciones semánticas sobre las imágenes de manera semiautomática, ya que una parte de las anotaciones deberán hacerse con asistencia de los expertos del dominio. La arquitectura de este sistema utiliza en lo posible la base de conocimiento de cada uno de los otros subdominios del patrimonio cultural con el propósito de ofrecer un servicio de datos abiertos y enlazados integrado con todo el dominio.

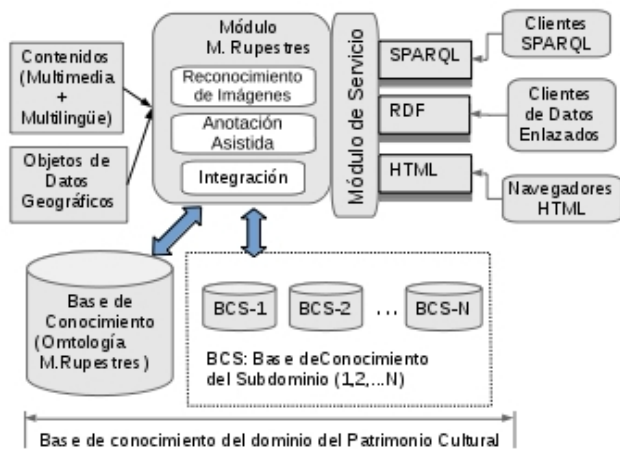


Figura 12: Diseño Preliminar de la Plataforma de Preservación Digital de las Manifestaciones Rupestres

¹ARQ: A SPARQL Processor for Jena, The Apache Software Foundation, <https://jena.apache.org/documentation/query>
²<https://sqlite.org>

Partiendo de la ontología propuesta y del diseño preliminar, la estrategia para desarrollar la plataforma para la preservación digital de las Manifestaciones Rupestres consta de las siguientes tareas:

- Extender las características de la ontología actual hasta completar toda la especificación para el dominio de las Manifestaciones Rupestres venezolanas.
- Una vez completada la especificación de toda la semántica del dominio, realizar la implementación mediante alguna plataforma de servicio como Jena o Virtuoso. Hará falta la preparación de un conjunto de datos, con base a la información manejada por el ANAR, y luego se deberá poblar la ontología utilizando este conjunto de datos. Todo esto con el fin de construir un *endpoint* que permita servir los datos de manera abierta y enlazada.
- Una tarea que se debe llevar a cabo, luego de la serialización y la implementación del conjunto de datos es la dereferenciación de los URIs, que son los identificadores primarios de las entidades presentes en el conjunto de datos. Esto es necesario para garantizar que el servicio cumpla con los estándares de la Web Semántica, específicamente en lo relacionado con las cinco estrellas enunciadas por Berners-Lee [20].
- Estudiar en profundidad los desarrollos de otros modelos basados en ontologías desarrollados específicamente para el dominio de las Manifestaciones Rupestres en general. Varios esfuerzos mencionados en la Sección de Trabajos Relacionados (Sección II) están en proceso de consolidación en el presente. El dominio de las Manifestaciones Rupestres no es generalizable fácilmente, algunas categorías taxonómicas pueden variar de una región a otra dadas las diferencias culturales, y en las ideas y conceptos que están presentes en el origen de este Patrimonio Cultural, pero el desarrollo de una ontología propia permite conocer las particularidades y las generalidades que poseen las Manifestaciones Rupestres venezolanas.

Lo más importante para el futuro es asegurar el desarrollo de una plataforma tecnológica completa y coherente para la preservación digital de las Manifestaciones Rupestres. La plataforma apoyará a los expertos del dominio en la creación de un repositorio, que puede convertirse en un referente a nivel nacional y latinoamericano como un conjunto detallado de datos abiertos y enlazados acerca de las Manifestaciones Rupestres venezolanas, y sus posibles interpretaciones con vocabulario propio y enlazado con otros vocabularios presentes en la Web Semántica.

Esto también servirá para promover el conocimiento y la preservación de la riqueza cultural, haciendo que la información cultural esté al alcance de todos a través de Internet y contribuir a la preservación de este patrimonio para las generaciones futuras. Con este fin, la plataforma permitirá la preservación de todo tipo de datos disponibles acerca de las Manifestaciones Rupestres, que incluye documentos en texto, multimedia (imágenes, videos, fotos, etc.), información de geolocalización, entre otros. Además, proporcionará los medios para organizar y estructurar estos datos en una herramienta de

colaboración.

VII. CONCLUSIONES

Este trabajo presenta una conceptualización en un primer nivel para representar digitalmente los datos del ANAR-Archivo Nacional de Arte Rupestre venezolano a través de una ontología de dominio. Se realizó una prueba de conceptos desarrollando un servicio *endpoint* para consultar contenidos multimedia anotados con la ontología propuesta y se propone un diseño preliminar de la plataforma para la preservación digital de las Manifestaciones Rupestres, una estrategia de desarrollo. A pesar de que existen trabajos realizados bastante recientes en el subdominio del patrimonio cultural denominado Manifestaciones Rupestres, no existen aún ontologías definitivas para representar todas las Manifestaciones Rupestres a nivel mundial. La base de datos global del Arte Rupestre, por ejemplo, todavía está bajo prueba dentro de los límites de las Manifestaciones del Arte Rupestre australiano. El modelado de las Manifestaciones Rupestres venezolanas tiene sentido debido a que permitirá conocer las particularidades y las generalidades de los elementos de información que se requieren en el diseño, lo cual será necesario a la hora de integrar y anotar los datos para su uso a escala global internacional. El hecho de que Venezuela sea uno de los países en el que se encuentran presentes todas las Manifestaciones Rupestres posibles, hace vislumbrar una ontología del dominio amplia y completa que podrá ser fácilmente adoptada para representar las Manifestaciones Rupestres de cualquier otro país de Latinoamérica.

El equipo de trabajo dará continuidad a este proyecto hasta completar la plataforma de preservación digital de de las Manifestaciones Rupestres venezolanas.

REFERENCIAS

- [1] FUNDABITAT, *ANAR- Archivo Nacional de Arte Rupestre*, 2006, <http://www.anar.org.ve>.
- [2] R. D. Valencia and J. Sujo, *El Diseño de los Petroglifos Venezolanos*. Caracas, Venezuela: Fundación Pampero, 1987.
- [3] M. Uschold and M. King, *Towards a Methodology for Building Ontologies*, in Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing, held in conjunction with IJCAI, 1995.
- [4] Stanford University, *Protégé*, 2016, <http://protege.stanford.edu>.
- [5] W3C, *Owl- Web Ontology Language*, 2016, <https://www.w3.org/OWL>.
- [6] R. D. Valencia, *Las Manifestaciones Rupestres y la Escuela*, ANAR, Caracas, Venezuela, Enero 2012.
- [7] L. Papaleo, G. Quercini, V. Mascardi, M. Ancona, A. Traverso, and H. de Lumley, *Agents and Ontologies for Understanding and Preserving the Rock Art of Mount Bego*, in The 3rd International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART), vol. 2 - Agents, Rome, Italy, January 2011, pp. 288-295.
- [8] Le Orme dell'Uomo, *Mount Bego Petroglyphs - Rock Art in the Alps*, Rupestre.net, 2016, <http://www.rupestre.net/alps/bego.html>.
- [9] Archeocamuni, *Intro to Valcamonica Rock Art*, Archeocamuni.it, 2016, http://www.archeocamuni.it/rock_art_en.html.
- [10] A. Locoro, V. Mascardi, D. Briola, M. Martelli, M. Ancona, V. Deufemia, L. Paolino, G. Tortora, G. Polese, and R. Francese, *The Indiana MAS Project: Goals and Preliminary Results*, in The 13th Workshop on Objects and Agents, vol. CEUR- 892, Milano, Italy, September 2012. <http://ceur-ws.org/Vol-892/paper10.pdf>.
- [11] V. Mascardi, V. Deufemia, D. Malafronte, A. Ricciarelli, N. Bianchi, and H. de Lumley, *Rock Art Interpretation within Indiana MAS*, Springer Berlin Heidelberg, 2012, pp. 271-281. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-30947-2_31
- [12] D. Briola, V. Deufemia, V. Mascardi, L. Paolino, and N. Bianchi, *Ontology-Driven Processing and Management of Digital Rock Art Objects in IndianaMAS*. Limassol, Cyprus: Springer International Publishing, November 2014, pp. 217-227. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-13695-0_21.
- [13] R. A. Hautb, *The Global Rock Art Database: Developing a Rock Art Reference Model for the RADB System using the CIDOC CRM and Australian Heritage Examples*, in Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 25th International CIPA Symposium, vol. II-5/W3, 2015, pp. 89-96.
- [14] R. Stanley, H. Astudillo, V. Codocedo, and A. Napoli, *A Conceptual-kdd Approach and its Application to Cultural Heritage*, in CLA, ser. CEUR Workshop Proceedings, vol. 1062. CEUR-WS.org, 2013, pp. 163-174 <http://dblp.unitrier.de/db/conf/cla/cla2013.html#StanleyACN13>
- [15] R. D. Valencia, N. Manrique, J. González, and Y. Cardinale, *Manifestaciones Rupestres Venezolanas: La Comunicación, del Pasado al Presente en Realidad Aumentada*, en CoNCISa 2013, Naiguatá, Venezuela, Octubre 2013, pp. 85-90.
- [16] The Apache Software Foundation, *Apache Jena*, 2016. <https://jena.apache.org>
- [17] OpenLink Software, *Virtuoso Universal Server*, 2016. <http://virtuoso.openlinksw.com>
- [18] M.-A. Sicilia, *Handbook of Metadata, Semantics and Ontologies*. Singapore: World Scientific Publishing Co, 2014.
- [19] L. F. Sikos, *Mastering Structured Data on the Semantic Web*. New York: Apress, 2015, distributed by Springer Science+Business Media.
- [20] T. Berners-Lee, *Linked Data - Design Issues*, 2016. <https://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>