



# Instituto Tecnológico Superior de los Ríos

Academia de Ingeniería en Sistemas Computacionales

## Tesis de Licenciatura

Análisis de esquemas e instancias de bases de  
conocimiento agrícolas

Presentada por

Aracely Hernández de la Rosa

Como requisito para la obtención del grado de  
Ingeniero en Sistemas Computacionales

Director de Tesis

D.C.C. Fernando Pech May

Codirector de Tesis

M.A.T.I. Jorge Magaña Govea



**Oficio No. ITSR/DISC/021/2020**  
**Balancán, Tabasco a 24 de enero del 2020**  
**Asunto: Liberación de proyecto para la titulación integral**

Lic. Elda Margarita Abreu Sherrer  
 Jefa del Depto. De Titulación  
 Presente.

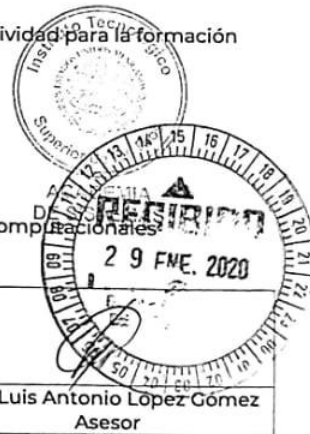
Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

Nombre:	Aracely Hernández de la Rosa
Carrera:	Ingeniería en Sistemas Computacionales
No. de control:	15E20544
Nombre del proyecto:	Análisis de esquemas e instancias de bases de conocimiento agrícolas
Producto:	Tesis

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

Atentamente

Ing. Luis Alberto de la Cruz Díaz  
 Jefe de División Académica de Ingeniería en Sistemas Computacionales



DCE Fernando Pech May Asesor	MATI Jorge Magaña Govea Asesor	Ing. Luis Antonio López Gómez Asesor

c.c.p. Expediente.





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MEXICO



Instituto Tecnológico Superior de los Ríos

"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"

OFICIO No: ITSr/-SA.TI-/001 /2020  
Asunto: Autorización de impresión.  
Balancán, Tabasco a, 29/Enero/2020

Aracely Hernández de la Rosa  
Pasante de la carrera de Ing. en sistemas computacionales.  
Presente.

De acuerdo al fallo emitido por la comisión revisora, integrada por las (el) DR. FERNANDO PECH MAY, M.A.T.I JORGE MAGAÑA GOVEA, ING. LUIS ANTONIO LÓPEZ GÓMEZ, considerando que cubre con todos los requisitos del lineamiento para la obtención del título profesional en el Instituto Tecnológico Superior de los Ríos en vigor, damos a usted nuestra autorización para que proceda a imprimir su proyecto de tesis.

"Análisis de esquemas e instancias de bases de conocimiento agrícolas"

**ATENTAMENTE**  
*Excelencia en Educación Tecnológica»  
Innovar la Tecnología para Superar los Retos*



L.T.E.R.  
DEPARTAMENTO  
DE TITULACION

*P.A.*  
  
**Lic. Eida Margarita Abreu Sherrer**  
Jefa del Departamento de Titulación.

c.c.p. Archivo.



Km. 3 Carretera Balancán – Villahermosa,  
Balancán, Tabasco.  
Tel. y Fax 01-934-34 4-90-00 C.P. 86930  
e-mail dir\_drios@tecnm.mx  
www.tecnm.mx | www.itsr.edu.mx



## **Agradecimientos**

### **A Dios:**

Por darme salud y sabiduría a lo largo de mis estudios permitiéndome culminar esta etapa en mi vida, sé que no ha sido nada fácil pero hoy puedo decir con gran orgullo que lo logré.

### **A mis padres:**

Que sin ellos no hubiera logrado esta meta en mi vida profesional. **Mamá** gracias por tu apoyo moral y entusiasmo que me brindaste para seguir adelante en mis propósitos. **Papá** gracias por la confianza que tuviste en mí dándome la oportunidad de realizar este logro.

### **A mis asesores y amigos:**

Gracias asesores por el tiempo y esfuerzo que dedicaron en compartir sus conocimientos. En especial a mi director de tesis, el Dr. Fernando Pech May por confiar en mí e impulsarme a ser mejor cada día.

De igual forma quiero agradecer a mis amigos y personas que rodearon mi entorno social y me acompañaron en esta etapa de la vida compartiéndome sus conocimientos, alegrías y tristezas logrando que este sueño se hiciera realidad.

# Índice General

Índice General .....	v
Índice de Figuras .....	vi
Índice de Tablas.....	vii
Resumen .....	viii
<b>1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Descripción del problema .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Objetivos.....</b>	<b>4</b>
1.2.1. Objetivo general.....	4
1.2.2. Objetivos particulares .....	4
<b>1.3. Organización de la tesis .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Marco teórico.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1. Web Semántica .....</b>	<b>6</b>
2.1.1. Ontologías .....	8
2.1.2. OWL .....	10
<b>2.2. Herramientas para el desarrollo y visualización de recursos semánticos....</b>	<b>12</b>
2.2.1. Protegé.....	13
2.2.2. Jena.....	13
2.2.3. SPARQL .....	15
<b>3. Trabajos relacionados.....</b>	<b>16</b>
3.1. Recursos semánticos agrícolas.....	16
3.2. Repositorios web.....	18
3.3. Aplicación de recursos semánticos.....	20
<b>4. Análisis de recursos semánticos .....</b>	<b>24</b>
4.1. Selección y proceso de traducción de las ontologías .....	24
4.2. Ontología del maíz.....	25
4.2. Ontología del frijol.....	32
4.3. Ontología agrícola general .....	35
<b>5. Conclusiones y trabajo futuro.....</b>	<b>43</b>
5.2. Conclusiones.....	43
5.3. Trabajo futuro.....	43
<b>Bibliografía.....</b>	<b>45</b>

## Índice de Figuras

Figura 2.1. Arquitectura de la web semántica. ....	8
Figura 2.2. Componentes de una ontología. ....	9
Figura 2.3. Arquitectura Jena. ....	14
Figura 4.1. Ejemplo de líneas de código.....	25
Figura 4.2. Clases principales de la ontología del maíz. ....	26
Figura 4.3. Estructura de la clase rasgos del maíz. ....	27
Figura 4.4. Estructura de la clase método de la ontología del maíz. ....	29
Figura 4.5. Estructura de la clase escala de la ontología del maíz. ....	30
Figura 4.6. Estructura de la clase variable de la ontología del maíz.....	31
Figura 4.7. Principales clases de la ontología del frijol.....	32
Figura 4.8. Estructura de la clase "Rasgos del frijol común".....	33
Figura 4.9. Clases analizadas del Sri Lanka. ....	36
Figura 4.10. Estructura de la clase fertilizante y evento de fertilizante de la ontología del Sri Lanka.....	37
Figura 4.11. Estructura de la clase "ubicación" de la ontología del Sri Lanka.....	38
Figura 4.12. Estructura de la clase "factores del medio ambiente" de la ontología del Sri Lanka. ....	40
Figura 4.13. Estructura de la clase "factores del suelo" de la ontología del Sri Lanka.....	41

## Índice de Tablas

Tabla 4.1. Descripción de las métricas ontológicas. ....	25
Tabla 4.2. Métrica ontológica del maíz. ....	25
Tabla 4.3. Métrica ontológica del frijol. ....	32
Tabla 4.4. Métrica de la ontología del Sri Lanka. ....	36

## **Resumen**

En México la agricultura juega un papel muy importante debido a la gran dependencia económica y alimentaria, sin embargo, afronta grandes desafíos entre lo que destacan la baja producción y falta de algunos recursos naturales. Esto ha ocasionado que algunas organizaciones lideradas por la Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación implementen tecnologías para estructurar y formalizar el conocimiento a través de los recursos semánticos; lo que ha llevado al desarrollo de una gran cantidad de recursos semánticos agrícolas. Sin embargo, dichos recursos han sido desarrollado con las características de un país en particular, lo que hace imposible utilizarlos en el nuestro. En este trabajo de tesis se analizan los recursos existentes con el objetivo de brindar una información relevante que permita ser útil para la adaptación y desarrollo de nuevos recursos semánticos de los cultivos más comunes en México.



# 1

## Introducción

La agricultura es el sector productivo más importante para distintos países debido a la dependencia alimentaria de millones de personas. Además, constituye un estímulo para potenciar el progreso y crecimiento productivo. Sin embargo, el sector afronta múltiples cambios y desafíos, como el incremento de la población, falta de inversión y la disponibilidad de algunos recursos naturales que son esenciales para el éxito o fracaso de los cultivos [1]. Esto hace necesario de la ayuda de tecnologías que permitan el desarrollo de agricultura sostenible y precisa. Bajo este contexto, distintas organizaciones, gobiernos y empresas, lideradas por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO) [2] han creado estrategias para la formalización de la información de los grandes volúmenes de datos agrícolas generadas por distintas fuentes como sensores de suelo, drones, estaciones meteorológicas, etc. Todos estos datos no son procesados, y se encuentran representados en forma de texto, tablas, etc.; lo que carece de significado o valor para ser utilizados en la toma de decisiones por parte de empresas, gobierno o agricultores. Para que los datos sean de utilidad, es necesario

formalizarlos para proporcionarle contexto o significado. Para la formalización es necesario de la ingeniería del conocimiento y las tecnologías y herramientas de la web semántica, principalmente de las ontologías que representan el conocimiento en forma de grafos. Uno de los objetivos de la FAO es la formalización del conocimiento y la conjunción e integración de recursos agrícolas mediante la web semántica. Dichos recursos pueden ser de gran utilidad para el desarrollo de aplicaciones para cultivos sostenibles y precisos [3].

Actualmente se están realizando distintas investigaciones para el desarrollo de recursos semánticos que incluyen vocabularios, taxonomías y ontologías que comprenden distintos dominios y áreas relacionadas con la agricultura. Algunos vocabularios escritos en distintos idiomas son: Agrovoc [4], Tesoro agrícola de la biblioteca nacional de agricultura (NALT) [5], etc., estos vocabularios contienen términos de distintos subdominios agrícolas tales como: fertilizantes, clima, pesticidas, etc. También se han desarrollado grafos de conocimiento de cultivos específicos tales como Plant Ontology [6], AgriOnt [7], OntoAGroHidro [8], etc. Todos estos recursos semánticos han sido desarrollados y adaptados a zonas geográficas específicas europeas, lo que lo hace inadecuado para México debido a que contiene distintas características tales como el idioma, conceptos específicos de la región, entre otros. Esto hace necesario el desarrollo de ontologías que brinden información organizada de los principales cultivos de nuestro país y que favorezca la toma de decisiones para usuarios interesados en las actividades agrícolas.

En esta tesis se presenta el análisis de distintas ontologías existentes, para el estudio de su estructura esquemática con el objetivo de generar un recurso literario de modo que facilite la adaptación y reutilización de esos recursos a los principales cultivos de nuestro país.

### **1.1. Descripción del problema**

El dominio agrícola es área de investigación donde actualmente se utiliza la web semántica para la resolución de diversos problemas del área. Es por ello que la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO) [2] ha utilizado la web semántica para la creación de recursos semánticos tales como grafos de conocimiento, vocabularios, taxonomías, etc.; actualmente la FAO cuenta con un gran número de recursos semánticos disponible en la literatura [3].

Gran parte de esos recursos se encuentran adaptados a otros idiomas, características geográficas ajenas a nuestro país y/o región; por consecuencia resulta imposible utilizarlo. Debido a esto, es necesario analizar los recursos semánticos que puedan ser útil para ser adaptados a los cultivos más comunes del país. Para llevar a cabo este trabajo es necesario analizar a detalle la estructura esquemática de cada uno de los recursos con el objetivo de que dicha información nos permita la realización de distintas modificaciones y adaptaciones a nuestra región y que sea de utilidad para el desarrollo de la agricultura sostenible y precisa.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Estudiar los recursos ontológicos agrícola disponibles en la literatura y analizar sus niveles de esquemas (clases, subclases, propiedades, etc.) y el conjunto de instancias (bases de conocimiento) para generar un documento descriptivo que facilite el desarrollo de recursos semánticos de los principales cultivos de nuestro país mediante el reuso de las ontologías estudiadas.

### **1.2.2. Objetivos particulares**

- Analizar las características relacionadas con los principales cultivos del país, que pudieran ser indicadores de productividad o de uso en la toma de decisiones.
- Estudiar los recursos semánticos disponibles en la literatura.
- Seleccionar y analizar las ontologías, disponibles en la literatura, relacionadas con los principales cultivos del país.
- Analizar los subdominios de las ontologías.
- Estudiar el uso de herramientas que puedan ser de utilidad para la manipulación de ontologías.
- Desarrollar un recurso literario del análisis de las ontologías de los principales cultivos.

## **1.3. Organización de la tesis**

La tesis está organizada de la siguiente manera: en el capítulo 2 se describe el marco teórico, que examina los temas de investigación más relevantes en la búsqueda de la información. En el capítulo 3 se describe el análisis de cada uno de

los trabajos relacionados. En el capítulo 4 se describen el análisis de cada recurso semántico agrícola encontrada en la literatura. En el capítulo 5 se presenta las conclusiones sobre el trabajo final de la tesis.

# 2

## Marco teórico

En este apartado se describe los temas estrechamente relacionados con la investigación tales como web semántica, ontologías, recursos de conocimiento, owl, Protegé, Jena y SPARQL.

### 2.1. Web Semántica

La web semántica es una extensión de la web actual, que propone organizar y estructurar el conocimiento de manera que sea entendida o comprendida por las computadoras. Tiene como objetivo la automatización del procesamiento de los documentos y la recuperación de la información, proporcionando a la información un significado bien definido que permita a los ordenadores y a las personas trabajar en cooperación [9]. Ha sido impulsada, entre otros, por el creador de la web [10], con la finalidad de crear una red de documentos electrónicos inteligentes que ofrezca búsquedas inteligentes.

Según Berners-Lee la web semántica propone superar limitaciones de la web actual mediante introducción de descripciones explícitas del significado y de la estructura

semántica global de los contenidos disponibles en la www, de manera que el contenido se procesable y entendible por las maquinas. Asimismo, define que es una web dotada de mayor significado que permite que los usuarios puedan encontrar respuestas a sus preguntas de forma más rápida y sencilla, pudiendo los usuarios delegar tareas de búsqueda más concreta en el software.

Por otras parte, World Wide Web Consortium (abreviado W3C<sup>1</sup>, consorcio internacional que realiza recomendaciones para la World Wide Web) define a la “web semántica” de la siguiente manera:

“La web semántica es una web extendida, dotada de mayor significado en la que cualquier usuario en Internet podrá encontrar respuestas a sus preguntas de forma más rápida y sencilla gracias a una información mejor definida. Al dotar a la web de más significado y, por lo tanto, de más semántica, se pueden obtener soluciones a problemas habituales en la búsqueda de información gracias a la utilización de una infraestructura común, mediante la cual, es posible compartir, procesar y transferir información de forma sencilla. Esta web extendida y basada en el significado, se apoya en lenguajes universales que resuelven los problemas ocasionados por una web carente de semántica en la que, en ocasiones, el acceso a la información se convierte en una tarea difícil y frustrante” [10].

W3C ha propuesto una arquitectura para la web semántica (ver Figura 2.1) que se basa en los tres elementos fundamentales: anotaciones, ontologías y motores de inferencia. Los niveles más bajos de la arquitectura de la web semántica reflejan

---

<sup>1</sup> <https://www.w3.org/>

que los modelos de RDF se pueden codificar como documentos XML (eXtensible Markup Language) y que los lenguajes de ontologías RDF Schema y OWL son modelos RDF.

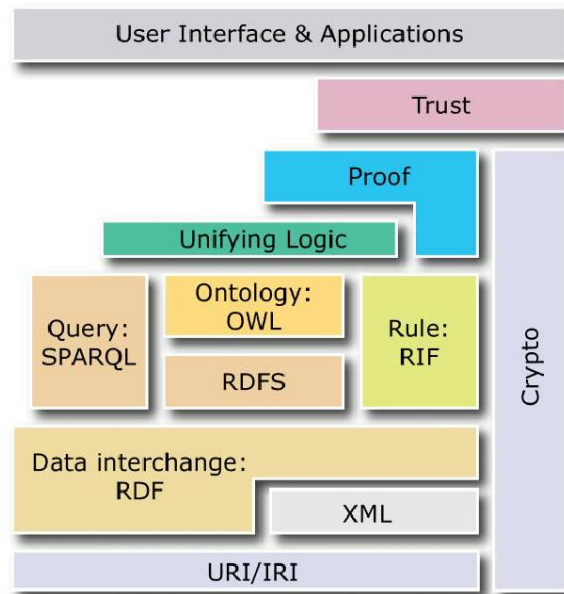


Figura 2.1. Arquitectura de la web semántica.

Actualmente las ontologías juegan un papel muy relevante para la representación de los conocimientos de un dominio en específico, por tal motivo para este trabajo de tesis será muy relevante de tal manera que nos enfocaremos en el análisis de estos recursos.

### 2.1.1. Ontologías

Una ontología es una jerarquía de conceptos con atributos y relaciones que tiene una terminología consensuada para definir redes semánticas de unidades de información interrelacionadas, al igual que proporciona un vocabulario de clases y relaciones para describir un dominio. En otras palabras, es una herramienta que permite la organización, reutilización y explotar el conocimiento [11]. Las ontologías



son el núcleo esencial ya que modela y relaciona recursos semánticos, se representan mediante una jerarquía de conceptos con atributos y relaciones los cuales forman parte de sus componentes que se mencionaran a continuación.

### Componentes de una ontología

Las ontologías se integra por los siguientes componentes (ver Figura 2.2) que sirven para representar el conocimiento de algún dominio [12].

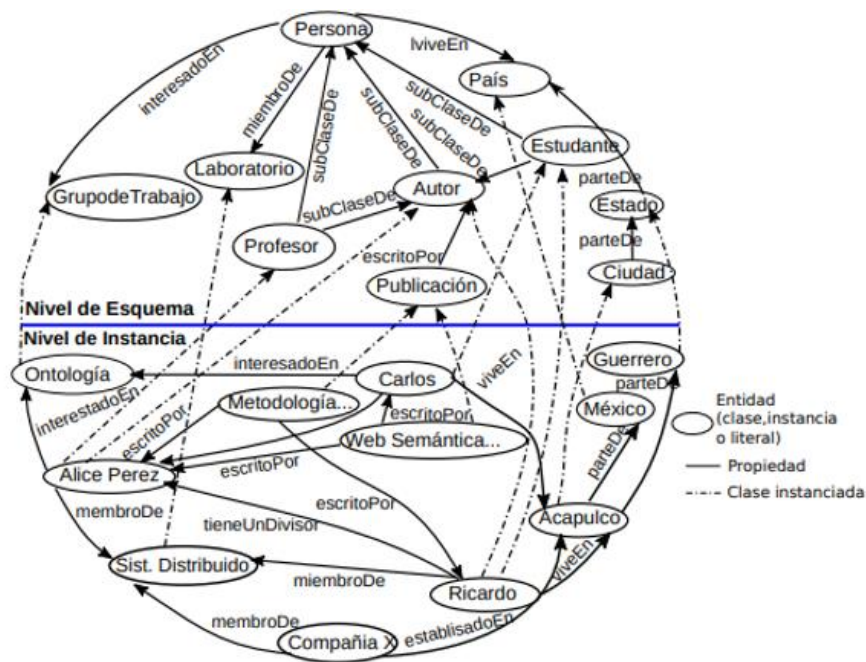


Figura 2.2. Componentes de una ontología.

- Conceptos o clases. Se entienden como las ideas básicas que se intentan formalizar. Los conceptos pueden ser clases de objetos, métodos, planes, estrategias, procesos de razonamiento, etc.
- Propiedades o relaciones. Representan la interacción y enlace entre los conceptos del dominio. Suelen formar la taxonomía del dominio. Existen

relaciones tanto de especificación generalización como de otro tipo.

Normalmente las relaciones en una ontología son binarias

- Funciones. Son un tipo concreto de relación donde se identifica un elemento mediante el cálculo de una función que considera varios elementos de la ontología.
- Instancias. Elementos o individuos de la ontología que se utilizan para representar objetos determinados de un concepto o dominio de interés.
- Axiomas. Son teoremas que se declaran sobre relaciones que deben cumplir los elementos de la ontología. Los axiomas formales sirven para modelar sentencias que son siempre ciertas. Normalmente se usan para representar conocimiento que no pueden ser formalmente definido por los componentes descritos. Además, se usan para verificar las consistencias de la propia ontología.
- Constantes. Permiten representar valores primitivos como cadenas de caracteres o valores numéricos.
- Atributos. Características o propiedades de las clases u objetos, también conocidas como reglas establecidas tales como relaciones binarias sobre los individuos que pueden ser inversas, transitivas o simétricas.

Actualmente para su diseño y/o desarrollo de las ontologías existen lenguajes tales como RDF, RDFS, XMLS, XML, DAML+OIL, OWL, etc [11].

### **2.1.2. OWL**

OWL es un lenguaje basado en la lógica descriptiva. Esto hace que haya una relación directa entre su expresividad y la complejidad computacional a la hora de

realizar razonamientos. El lenguaje de ontologías web (OWL) está diseñado para ser usado en aplicaciones que necesitan procesar el contenido de la información en lugar de únicamente representar información para los humanos. OWL facilita un mejor mecanismo de interoperabilidad de contenido web que los mecanismos admitidos por XML, RDF, y esquema RDF (RDF-S) proporcionando vocabulario adicional junto con una semántica formal [13].

OWL tiene tres sublenguajes [13], con un nivel de expresividad creciente:

- OWL Lite. Es la versión más sencilla de ontología y, por lo tanto, da soporte a usuarios cuyas necesidades principales son restringida en expresividad; ofrece sólo la definición de una jerarquía de clasificación y restricciones simples de cardinalidad (0 o 1). Su lógica descriptiva permite restricciones numéricas muy limitadas. Por su simplicidad, es ideal para la migración rápida desde otros lenguajes de ontologías.
- OWL DL. Aporta ampliaciones respecto a OWL Lite y está diseñada para tener la máxima expresividad posible, pero garantizando la completitud computacional (todas sus conclusiones son computables) y decidibilidad. Incluye todas las construcciones del lenguaje OWL, aunque puede usarse solo bajo ciertas restricciones. Por ejemplo, mientras que una clase puede ser subclase de varias clases, una clase no puede ser instancia de otra. Como contrapartida a poder expresar propiedades más complejas, el tiempo de razonamiento es superior que en el caso de OWL Lite. El nombre OWL DL se debe a su correspondencia con la lógica descriptiva.

- OWL Full. Este nivel presenta un cambio conceptual considerable respecto de los niveles Lite y DL. Aunque en lo que se refiere a la sintaxis no aumenta respecto de OWL DL, es la misma, sí que permite mantener la misma relajación del RDF Schema. Por ejemplo, Lite y DL tienen muy separados los conceptos instancias, clases y propiedades, en cambio Full permite que una URI sea clase e instancia a la vez lo que se conoce como una metaclassa o incluso una propiedad. Por este motivo, puede haber procesos de inferencia que no finalicen nunca. Por lo tanto, este sublenguaje está especialmente diseñado para usuario que quieres una máxima expresividad y libertad sintáctica de RDF, pero sin garantías computacionales. Es probable que un software de razonamiento sea capaz de soportar un razonamiento completo en OWL Full.

Asimismo, proporciona más vocabulario que RDF para describir propiedades y clases tales como: relaciones entre clases (por ejemplo, las clases disjuntas), cardinalidad (por ejemplo “exactamente uno”), igualdad, más tipos para las propiedades, características de las propiedades (por ejemplo, simetría), y clases enumeradas.

## **2.2. Herramientas para el desarrollo y visualización de recursos semánticos**

Actualmente hay una variedad de editores de ontologías los cuales son herramientas especializadas que apoyan la construcción de éstas. Las disposiciones y facilidades que proporcionan van desde la definición y modificación de conceptos, propiedades, relaciones, axiomas y restricciones, hasta la inspección

y navegación. Asimismo, existen herramientas que permiten el alojamiento y consultas ontológicas.

A continuación, se presenta una breve descripción de algunas herramientas más conocidas y utilizadas disponibles en el mercado web con las que podemos optar para desarrollar y visualizar ontologías, tales como:

### **2.2.1. Protégé**

Protégé<sup>2</sup> [14] es una herramienta Open Source de modelamiento, además se encuentra separada entre una parte de modelo y una parte de vista. El modelo de Protégé es el mecanismo de vista. Realiza una representación interna de ontologías y bases de conocimiento. Los componentes de la vista proveen al usuario una interfaz para visualizar y manipular el modelo [11].

Asimismo, proporciona componentes tales como el visualizar grafico GraphViz y razonadores como Pellet y FaCT++ [15].

### **2.2.2. Jena**

Jena<sup>3</sup> es ampliamente utilizado en una gran variedad de aplicaciones de web semántica y demostraciones. Por lo tanto, cabe mencionar que es un framework para desarrollar aplicaciones en java con tecnologías de la web semántica [16]. En la Figura 2.3 se muestra la arquitectura de Jena; las herramientas que emplea este marco de trabajo son:

- API para leer, procesar y escribir datos en XML, N-Triples y Turtle.

---

<sup>2</sup> <https://protege.stanford.edu/>

<sup>3</sup> <http://jena.apache.org/>

- API de ontologías para manejar ontologías OWL y RDFS.
- Motor de inferencia basado en reglas para razonamiento con fuentes de datos RDF y OWL.
- Permite que se puedan almacenar en disco un gran número de triples RDF de forma eficiente.
- Motor de consultas con la última especificación de SPARQL
- Servidores para permitir la publicación de datos RDF para que pueda ser usado por otras aplicaciones diferentes

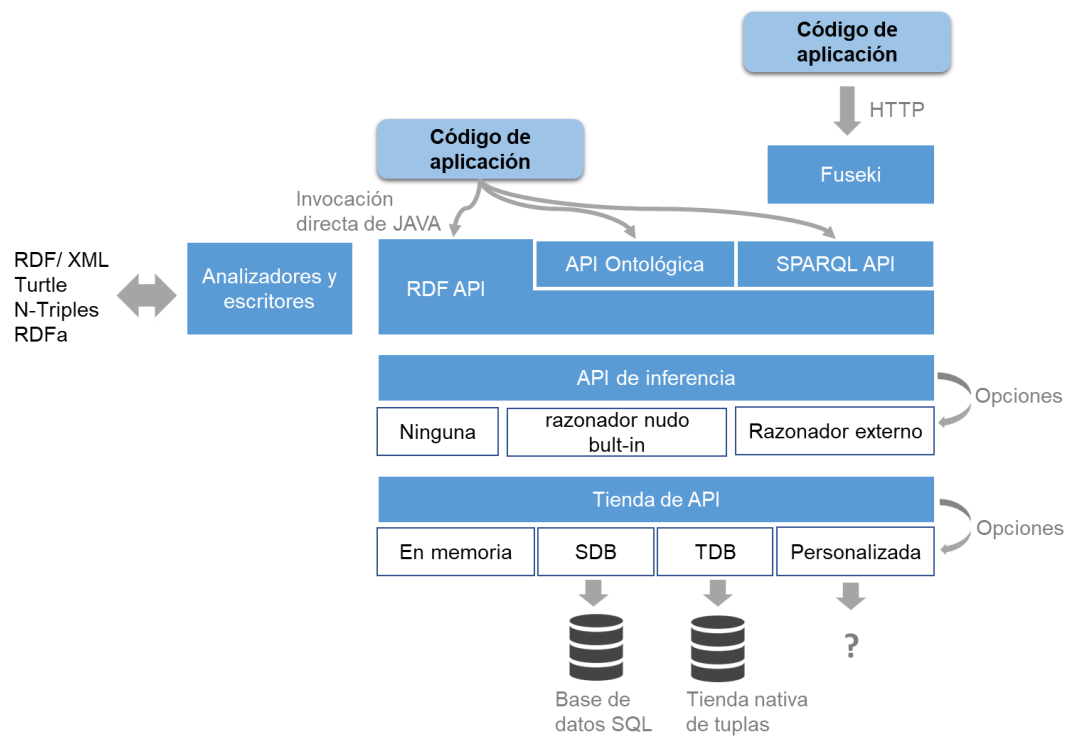


Figura 2.3. Arquitectura Jena.

### **2.2.3. SPARQL**

El protocolo SPARQL [17] y el lenguaje de consulta RDF (SPARQL) es un lenguaje y protocolo de consulta para RDF. El protocolo SPARQL ha sido diseñado para ser compatible con el lenguaje de consulta SPARQL 1.1 y con el lenguaje de actualización SPARQL 1.1 para RDF. El protocolo SPARQL consta de dos operaciones HTTP: una operación de consulta para realizar consultas SPARQL Query Language y una operación de actualización para realizar solicitudes SPARQL Update Language. Los clientes del protocolo SPARQL envían solicitudes HTTP a los servicios del protocolo SPARQL que manejan la solicitud y envían las respuestas HTTP al cliente de origen.

# 3

## Trabajos relacionados

Los trabajos relacionados se han clasificado en 3 categorías: 1) recursos semánticos, 2) repositorios web y 3) aplicación de los recursos. A continuación, se describe cada uno de ellos.

### 3.1. Recursos semánticos agrícolas

La adopción de tecnologías web semánticas depende de la disponibilidad de los recursos semánticos existentes [3]. Los recursos semánticos para la agricultura son recursos que utilizan tecnologías semánticas para describir el conocimiento recopilado por una organización o individuo.

Actualmente existe una gran variedad de recursos semánticos del dominio agrícola, como son Vocabularios, Taxonomías, Tesoros y Ontologías, entre las que destacan:

- Agrovoc [4]. Es un vocabulario desarrollado en el año de 1980 por la organización de las naciones unidas para la agricultura y alimentación (FAO), contiene términos y conceptos sobre la agricultura, alimentos, nutrición



pesca, silvicultura y medio ambiente. Actualmente se encuentra disponible en 27 idiomas, cuenta con 35,000 conceptos y 40,000 términos. Además, es compatible con el esquema de datos abiertos vinculados y se encuentra enlazado con otros 16 recursos.

- Chinese Agricultural Thesaurus (CAT) [18]. Es un Tesoro desarrollado en el 2005, la mayoría de ellos tiene traducción al inglés. La versión de datos Vinculados de CAT está en RDF / SKOS-XL, se almacena en triple stor <sup>4</sup>, cuenta con 40 categorías principales y contiene más de 63 mil conceptos, además incluye más de 130 mil relaciones semánticas.
- Tesoro Agrícola de la biblioteca nacional de agricultura (NALT) [5]. Es un Tesoro desarrollado en el 2007, contiene 128,253 términos agrícolas en inglés y español, asimismo, tiene 40 categorías de cultivos y 63,000 conceptos tales como leguminosas, virus del mosaico del frijol azuki entre otros, también es compatible con los esquemas de datos abiertos vinculados y se encuentra integrado a otros recursos semánticos.
- Plant Ontology (PO) [19]. Fue la primera ontología de anatomía multiespecífica desarrollada para la anotación de genes y fenotipos. Fue una de las primeras ontologías biológicas que ofrece traducciones (a través de sinónimos) en idiomas distintos del inglés, como el japonés y el español. Cuenta con 2.2 millones de anotaciones que unen los términos de PO a 110,000 objetos de datos únicos que representan genes o modelos de genes,

---

<sup>4</sup> Triple store: tienda triple de virtuoso.

proteínas, germoplasma y loci de rasgos cuantitativos (QTL) de 22 especies de plantas.

- OntoAgroHidro [8]. Es una ontología de dominio creado por expertos investigadores de la Embrapa con el interés en el área de los recursos hídricos, cambio climático y uso de la tierra. Cuenta con 6 principales clases de las que se desglosan subclases de otros, relaciones, propiedades y casos.
- CAB Thesaurus (Center for Agricultural Bioscience) [20]. Es la herramienta de búsqueda esencial para usuarios de las bases de datos de CAB Abstracts y Global Health y productos relacionados. Se realizaron 5201 traducciones agregadas de términos no taxonómicos del inglés, particularmente al alemán (2805), francés (1063), español (567), portugués (447) y holandés (304), cuenta con 2,775,794 términos, incluye 172,972 conceptos distintos (términos preferidos) y 136,827 sinónimos.
- Agricultural Ontology (AgriOnt) [7]. Proporciona una visión general del dominio de la agricultura, conceptos agrícolas y ciclos de vida entre semillas, plantas, cosecha, transporte y consumo. También proporciona relaciones entre los conceptos agrícolas y conceptos relacionados, como el clima, las condiciones del suelo, los fertilizantes y las descripciones de las fincas. Asimismo, se compone por 447 clases y más de 700 axiomas.

### **3.2. Repositorios web**

Asimismo, existen portales web que alojan un conjunto de recursos semánticos del dominio agrícola, entre los principales son:

- Agroportal<sup>5</sup> [21]. Es un portal web dedicado al dominio agrícola y de plantas, surge como resultado de un proyecto, contiene 98 ontologías y tesauros que pueden ser consultados a través de su interfaz gráfica. Permite la anotación semántica; almacena y explota las alineaciones ontológicas. Además, reutiliza la infraestructura NCBO Bioportal y la personaliza.
- Crop Ontology<sup>6</sup> [22]. Es un sistema que proporciona un interfaz web, que aloja un conjunto de ontologías enfocada en el dominio agrícola. Permite cargar diccionarios de rasgos para el mejoramiento del cultivo y la creación directa de ontología mediante la carga de un archivo OBO<sup>7</sup>. Asimismo, cuenta con la API web REST que brinda la posibilidad de consultar, crear, actualizar o eliminar ontologías.
- CIARD Ring<sup>8</sup> [23]. Es un portal con servicios web semánticos, implementado dentro de la iniciativa Coherence in information for Agricultural Research for Development (CIARD). Tiene 3201 conjuntos de datos y 5327 servicios de datos. Además de los recursos y servicios semánticos, el portal indexa una serie de herramientas de software para analizarlos.
- Vest [21]. Es un repositorio perteneciente a la FAO y Godan. Cuenta con 398 recursos y descripción gráfica de alineación de los recursos semánticos. Además, permite hacer consultas RDF SPARQL [17].

---

<sup>5</sup> <http://agroportal.lirmm.fr/ontologies>

<sup>6</sup> <https://www.cropontology.org/about>

<sup>7</sup> Formato de archivo de texto utilizado por OBO-Edit.

<sup>8</sup> <https://ring.ciard.net/>

### 3.3. Aplicación de recursos semánticos

Distintos trabajos han usado los recursos semánticos del dominio agrícola para el desarrollo de distintas aplicaciones:

- C. Jonquet et al. [21] presentan un repositorio de recursos semánticos nombrado Agroportal con enfoque en el dominio agrícola, reutiliza las herramientas y conocimientos semánticos del dominio biomédico para utilizarlo en el sector agronómico, alimentación, flora y biodiversidad. Este portal brinda alojamiento de ontologías, búsquedas, administración de versiones, visualizaciones, comentarios y recomendaciones, asimismo, permite la anotación semántica, almacena y explota los enlaces ontológicos.
- Q. H. Ngo et al. [7] presentan el desarrollo de AgriOnt, una ontología agrícola con el propósito de sistemas agrícolas inteligentes. Esta ontología describe conceptos básicos en el dominio agrícola y se conforma de 4 subdominios temáticos relacionados: parte agrícola, ontología geográfica, subdominio IoT (internet de las cosas) y subdominio empresarial. asimismo, se componen de contenidos geográficos, subdominios comerciales y otros conocimientos extraídos de conjuntos de datos adicionales.
- N. Chatterjee & N. Kaushik [24] desarrollan técnicas para la extracción automática de vocabulario y las relaciones entre los términos que es fundamental para la creación de ontología, además, proponen un esquema para diseñar una ontología para el dominio agrícola. El esquema propuesto utiliza expresiones regulares dependientes del dominio y técnicas de procesamiento del lenguaje natural para la extracción automática de

vocabulario relacionado con el dominio agrícola. También identifican las relaciones semánticas entre los términos y frases extraídos. Además, proponen un algoritmo de razonamiento basado en reglas RelExOnt (Relación Extracción para Ontología) mediante la similitud de términos.

- B. Drury et al. [3] desarrollaron una aplicación web para abordar problemas agrícolas, permite revisar exhaustivamente los recursos semánticos preexistentes y sus métodos de construcción, estándares de intercambio de datos, así como una encuesta de las aplicaciones actuales de tecnologías web semánticas. Asimismo, mencionan que existe una limitada adaptación de estas tecnologías en la literatura académica a comparación con dominios complementarios como la biomedicina.
- Asanee Kawtrakul [25] presenta un sistema de servicios de conocimientos para el dominio agrícola llamado Cyber-Brain. Este sistema es una plataforma que combina enfoques basados en la ingeniería del conocimiento y la ingeniería de idiomas para recopilar conocimientos de diversas fuentes y proporcionar el servicio de conocimiento eficaz. Permite la búsqueda avanzada y que el sistema garantice que el servicio de conocimiento podría mejorar el beneficio del usuario.
- Z. Laliwala et al. [26] proponen una arquitectura orientada a eventos, basada en reglas semántica, en eventos para facilitar la integración de la información y la interoperación perfecta y significativa de servicios AIS (Sistemas de Información Agrícola) distribuidos y heterogéneos alojados en la web para

ofrecer recomendaciones personalizadas impulsadas por eventos en tiempo real y preferencias del usuario.

- H. R. Almadhoun & S. S. Abu-Naser [27] presentan el diseño de un sistema de expertos inicial que ayuda a los agricultores y especialistas a diagnosticar y proporcionar consejos adecuados sobre las enfermedades del plátano. El sistema de expertos fue desarrollado usando CLIPS con el Delphi como interfaz de usuario. Este sistema produjo buenos resultados en el análisis de casos de la enfermedad del plátano probado y permitiendo que el sistema determinara la diagnosis correcta en todos los casos.
- M. Ahsan et al. [28] presentan el desarrollo de un enfoque en el dominio de la agricultura y las salidas están en forma de prototipo. El enfoque de gestión del conocimiento ayuda a los interesados a compartir y entender el nivel de dominio y el nivel de conocimiento. Elimina la integración con otras fuentes de conocimiento en comparación con los enfoques tradicionales. También describió la comparación entre la gestión de conocimientos tradicionales y la ontología impulsada.
- N. Malik & Sharan [29] proponen el diseño de un enfoque genérico para las entidades de dominio agrícola y las relaciones que incluye cinco clases importantes: plantas, enfermedades, plagas, pesticidas y fertilizantes. Las subclases y propiedades se crearon y se agregaron a las respectivas clases. Asimismo, describieron el uso de ontología de la extracción de texto y recupera la fuente de información. Además, describen las aplicaciones como el dominio biomédico. Para el resultado del experimento, la información fue

recogida de diversos recursos que contienen diversas relaciones. La información recogida se integró con aspectos individuales para las aplicaciones correspondientes y finalmente se evaluó la ontología.

# 4

## **Análisis de recursos semánticos**

A continuación, se presenta las ontologías agrícolas que fueron analizadas y traducidas al idioma español.

### **4.1. Selección y proceso de traducción de las ontologías**

Se analizaron distintas ontologías disponibles en la literatura y fueron seleccionadas las ontologías relacionadas con los principales cultivos agrícolas del país y los subdominios relacionados. Todas las ontologías disponibles en la literatura se encuentran desarrolladas en el idioma inglés y adaptadas a zonas territoriales de Europa; esto hace que los recursos semánticos (ontologías) contengan elementos y valores propios de un país. Dichas ontologías fueron analizadas para reusar distintas clases, axiomas, propiedades, etc. y adaptarlas a nuestro país. Asimismo, realizar las traducciones al español; para estas acciones fue necesario analizar con detalle la estructura de cada ontología.

Para el proceso de traducción se analizó su estructura mediante la herramienta Jena, esto con el fin de identificar las métricas. En la Tabla 4.1 se muestra la descripción de cada una de ellas.



Tabla 4.1. Descripción de las métricas ontológicas.

Métricas Ontológicas	
Nombre de la métrica	Descripción
Axiomas	Propiedades adicional que describen el comportamiento de una clase
Clases	Individuos/objetos con características en común
Propiedades de objeto	Descripción de características y atributos de un objeto
Individuos	Objetos particulares del dominio
Propiedades de anotación	Descripción más detallada de las clases
Subclases	Clase hija de otra clase

Posterior a la revisión de las métricas, fue necesario analizar el código fuente de cada ontología (owl:class, rdfs:label, etc.). En la Figura 4.1 se aprecia un fragmento de código de una clase en OWL.

```
### http://www.cropontology.org/rdf/CO_322:ROOT
<http://www.cropontology.org/rdf/CO_322:ROOT> rdf:type owl:Class,
rdfs:label "Maize trait"@en, "Rasgo del Maíz"@es;
<http://www.w3.org/2004/02/skos/core#prefLabel> "Maize trait"@en, "Rasgo del Maíz"@es .
```

Figura 4.1. Ejemplo de líneas de código de una clase en OWL.

## 4.2. Ontología del maíz

La ontología del maíz fue publicada en el 2016 en el portal Crop Ontology con la finalidad de medir los rasgos del maíz a través de diferentes variables según el método o escala utilizada. En la Tabla 4.2 se puede observar que cuenta con 1103 clases y más de 11, 000 axiomas.

Tabla 4.2. Métrica ontológica del maíz.

Métrica ontológica	
Métrica	Cantidad
Axioma	11542
Axiomas lógicos	3810
Axiomas de declaración	2196
Clases	1103
Propiedades de objeto	3

Individuos	1088
Propiedades de anotación	9
Subclases	2722

La ontología proporciona nombres de rasgos de mejoradores armonizados, métodos de medición, escalas y variables estándar. Además, hace uso del recurso Skos<sup>9</sup> para documentación de la transitividad, definición, etiquetado, asignación de acrónimos y asignación de prefijos. Asimismo, adopta términos de ontologías biomédicas abiertas. En la Figura 4.2 muestra las principales clases de la ontología y que a continuación se explican.

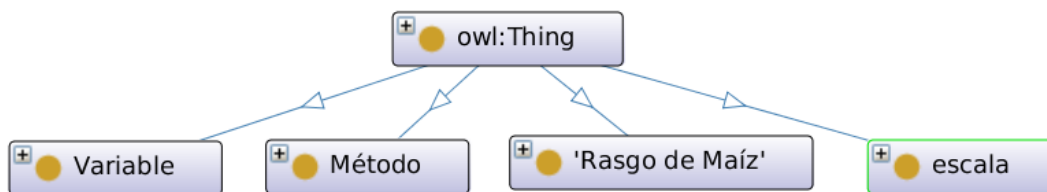


Figura 4.2. Clases principales de la ontología del maíz.

**Rasgos del maíz.** Esta clase contiene distintas subclases (ver Figura 4.3) que definen características físicas y químicas de la planta del maíz, tales como:

<sup>9</sup> Skos: vocabulario de conocimiento simple.

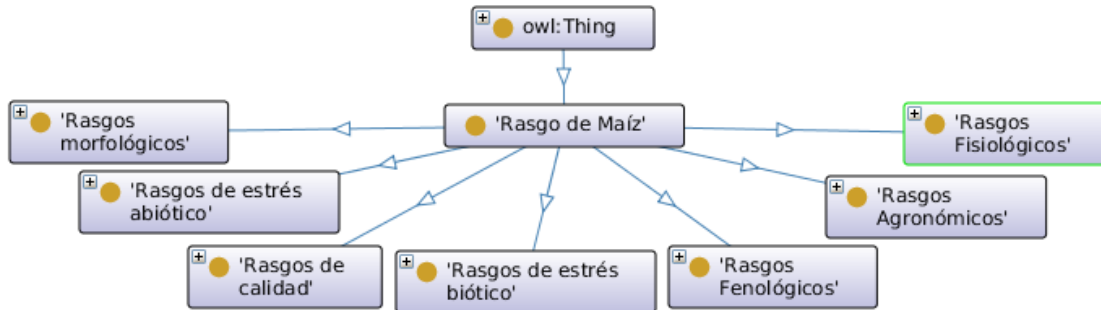


Figura 4.3. Estructura de la clase rasgos del maíz.

- Rasgos agronómicos. Se conforma por una lista de características físicas como: altura de la oreja de la hoja, aspectos de la planta, numero de orejas, numero de granos, entre otros.
- Rasgos de calidad. Presenta una lista de características respecto a la calidad del grano del maíz, y se establece mediante la constitución física que determina la textura y dureza, así como su composición química: contenido del hierro en grano, contenido del zinc, textura del grano, entre otros.
- Rasgos de estrés abiótico. Se conforma por dos subclases que determinan los rasgos negativos de algunos mecanismos sofisticados de la adaptación de la planta ante distintas condiciones de estrés, tales como: gravedad de la hoja y gravedad de voladura.
- Rasgos de estrés biótico. Subclases que determinan el impacto negativo de factores como hongos, virus y herbívoros que dañan la planta, entre las que se encuentran: gravedad del óxido común, incidencia del haz negro, incidencia de la pudrición del tallo,

incidencia del virus de la raya del maíz, presencia de enfermedades fúngicas, severidad de la raya tropical, entre otros.

- Rasgos fenológicos. Proporciona una lista de características que determinan el ciclo de vida de la planta tales como: intervalo de sedación de la antesis, tiempo de antesis, tiempo de madurez, tiempo de seda y tiempo de senescencia de la hoja del oído.
- Rasgos fisiológicos: Proporcionan una lista de características respecto a procesos químicos y físicos asociados a la vida de la planta, entre las que se encuentran: contenido de la clorofila, contenido de la glucosa en el grano, contenido de la prolina en el grano, ajuste osmótico, índice de agua, entre otros.
- Rasgos morfológicos. Se conforma por una serie de características respecto a los órganos que componen el cuerpo de la planta (tallo, hoja, raíces, etc.), entre las que se encuentra: diámetro del oído, longitud de la oreja de la hoja, ancho de la oreja, longitud del grano, ancho del grano, longitud de la seda, color del tallo, entre otros.

**Método.** Esta clase se conforma por algunos de los métodos de medición que permiten evaluar el cultivo y a su vez identificar problemas (ver Figura 4.4).

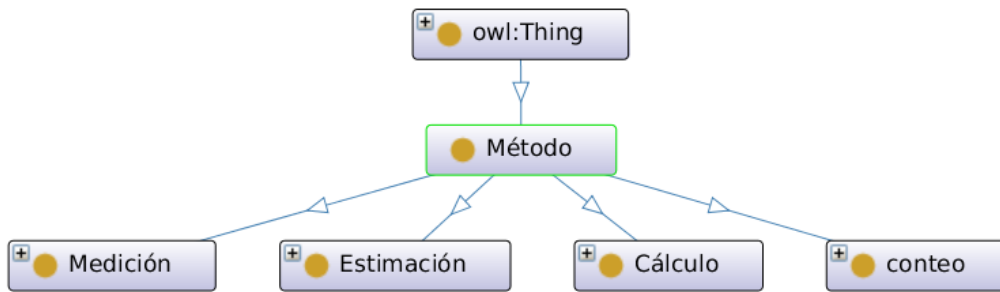


Figura 4.4. Estructura de la clase método de la ontología del maíz.

- **Conteo.** Subclase que se conforma por una serie de métodos que permiten el conteo de algunos rasgos de la planta tales como: conteo del número de plantas dañadas por busseola por parcela, conteo del número de plantas afectada por el complejo de acrobacia de maíz por parcela, método estándar para el número de gorgojos del maíz en una muestra, entre otros.
- **Cálculo.** Se compone por una serie de métodos que permiten el cálculo de algunos de los rasgos de la planta tales como: días para la antesis, días hasta la senescencia, de la hoja de la oreja, días hasta la madurez, pesos secos de la base, fecha de la senescencia de la hoja del oído, grados crecientes de los días hasta la madurez, entre otros.
- **Estimación.** Se conforma por una serie de subclases que determinan una estimación de algunos rasgos del maíz, tales como: fecha de sedación, fecha de vencimiento, entre otros.
- **Medición.** Se integra por una serie de métodos que permiten medir ciertos rasgos tanto químicos como físico de la planta, tales como:

azúcar, sacarosa, glucosa, zinc, peso seco de la mazorca, entre otros.

**Escala.** La clase escala derivada de la clase métodos las cuales permiten que el método sea exacto y preciso a la hora de su aplicación. Se encuentra integrada por 7 subclases (ver Figura 4.5).

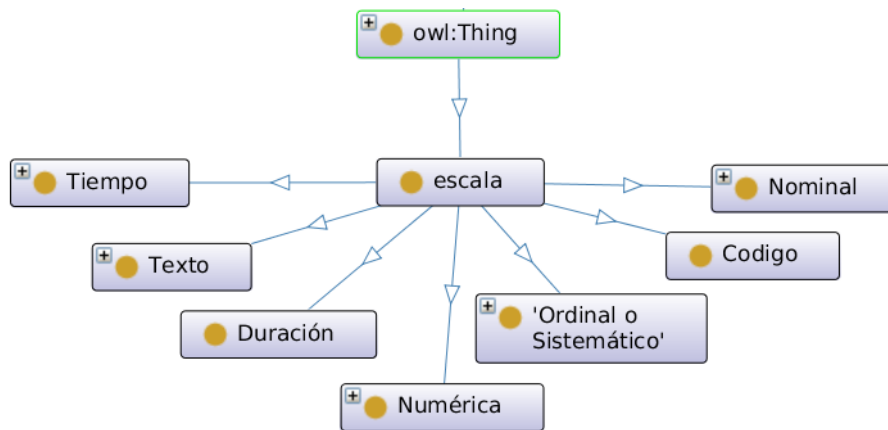


Figura 4.5. Estructura de la clase escala de la ontología del maíz.

- Tiempo. Permite establecer el día, mes y años de algunos de los métodos preestablecidos como la estimación o cálculo de ciertos rasgos de la planta.
- Nominal. Se encuentra conformada por una serie de intervalos establecidos como subclases que permiten la medición de rasgos físicos específicos de la planta, tales como: escala de la forma de la oreja, escala de arreglo de hilera de granos, escala de colores de la hoja, escala del color del tallo, escala del color del grano, entre otros.

- Numérico. Contiene una serie de escalas numéricas tales como: porcentajes, relación de la posición del oído, escala de proporción, numero de rango, entre otros.
- Ordinal o sistemático. Se conforma por una serie de intervalos que permiten medir los rasgos físicos y químicos de la planta, tales como: escala de senescencia, escala de colores de la mazorca, escala de posición del oído, escala de textura del grano, escala de germinación estándar, escala de apertura de la borla, entre otros.
- Texto. Permite relacionar la estimación de la presencia de enfermedades fúngicas del maíz.
- Código y duración. Funcionan como soporte en cuestión a métodos extras.

**Variable.** Cuenta con más de 100 subclases (ver Figura 4.6) y son susceptibles de ser modificados respecto a sus interrelaciones.

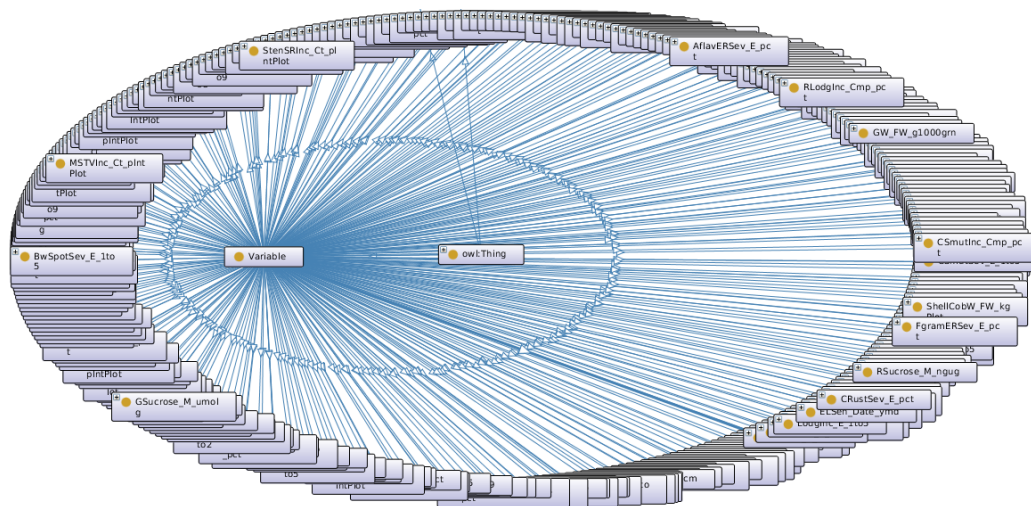


Figura 4.6. Estructura de la clase variable de la ontología del maíz.

## 4.2. Ontología del frijol

La ontología del frijol fue publicada en el 2014 en el portal Crop Ontology con la finalidad de medir los rasgos del frijol según el método o escala utilizada. En la Tabla 4.3 se observa que cuenta 1070 clases y más de 8,000 axiomas.

Tabla 4.3. Métrica ontológica del frijol.

Métrica ontológica	
Nombre	Cantidad
Axioma	8315
Axiomas lógicos	2490
Axiomas de declaración	2131
Clases	1070
Propiedades de objeto	2
Individuos	1056
Propiedades de anotación	8
Subclases	1434

La ontología proporciona nombres de rasgos de mejoradores armonizados, métodos de medición y escalas. Además, hace uso del recurso Skos para documentación de la transitividad, definición, etiquetado, asignación de acrónimos y asignación de prefijos. Asimismo, adopta términos de ontologías biomédicas abiertas. La Figura 4.7 muestra la visión general de las principales clases de la ontología.

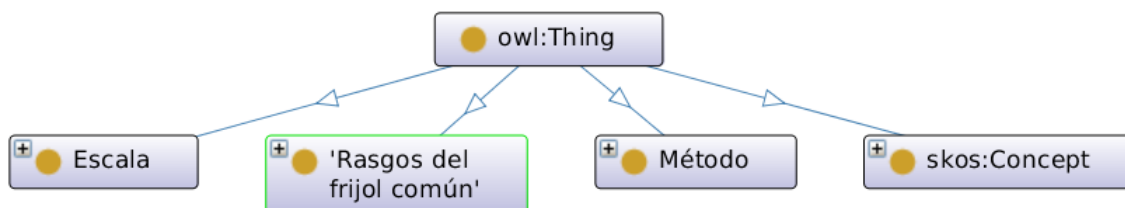


Figura 4.7. Principales clases de la ontología del frijol.



**Rasgos del frijol común.** Esta clase se conforma por una serie de subclases (ver Figura 4.8) que definen características físicas y químicas de la planta del frijol, tales como:

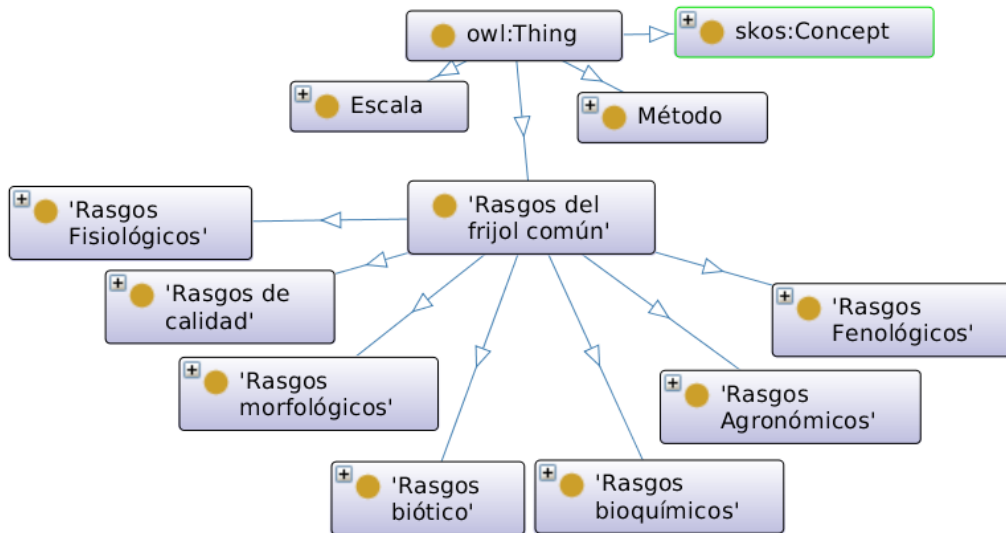


Figura 4.8. Estructura de la clase "Rasgos del frijol común".

- Rasgos agronómicos. Se conforma por una lista de características físicas como: altura de la planta, aspectos de la planta, vainas por planta, tamaño de semilla, entre otros.
- Rasgos de calidad. Presenta una lista de 6 características o componente respecto a la calidad del grano del frijol, y se establece mediante la composición química de esta, tales como: hierro de la semilla, fósforo de la semilla, proteína de semilla, Zinc de la semilla, ácido fítico total de las semillas y horas de cocción.
- Rasgos bioquímicos. Se conforma por 3 subclases que determinan la composición química de la planta, tales como: presencia del

marcador de ADN unido al gen bc-3 de resistencia al BCMNV, presencia del marcador de ADN unido al gen bgm-1 de resistencia al BGYMV y presencia del marcador de ADN vinculado a QTL de resistencia al BGYMV.

- Rasgos de estrés biótico. Cuenta con una serie de subclases que determinan el impacto negativo de factores como hongos, virus y herbívoros que dañan la planta, entre las que se encuentran: gusano de tallo de frijol, virus de la necrosis del mosaico común del frijol, mancha de hoja harinosa, virus de mosaico amarillo dorado del frijol en invernadero, entre otros.
- Rasgos fenológicos. Proporciona tres características que determinan el ciclo de vida de la planta tales como: días para florecer, días hasta la madurez fisiológica y etapa de crecimiento.
- Rasgos fisiológicos: Esta subclase presenta una lista de características respecto a procesos químicos y físicos asociados a la vida de la planta, entre las que se encuentra: discriminación de isótopos de carbono del grano, pérdida de hojas, cantidad de nódulos efectivos en frijol arbustivo, contenido de calcio de semilla en campo, entre otros.
- Rasgos morfológicos. Se conforma por una serie de características respecto a los órganos que componen el cuerpo de la planta (Vaina, hoja, raíces, etc.), entre las que se encuentra: ángulo de

crecimiento de la raíz basal en campo, color de la flor, orientación del pico de la vaina, forma de semilla, entre otros.

**Método.** La clase se conforma con más de 100 métodos de medición que permiten evaluar el cultivo y a su vez identificar problemas, tales como: método agronómico de eficiencia del agua, método de longitud basal de la raíz, método del virus de la necrosis del mosaico común del frijol, método de salta hojas, método de orientación del pico de la vaina, método de semilla por planta, entre otros.

**Escala.** La clase escala derivada de la clase métodos las cuales permiten que el método sea exacto y preciso a la hora de su aplicación. Se encuentra integrada por más de 100 tipos de escalas tales como: porcentajes, intervalos del 1 al 9, evaluación de escalas en categorías, gramos, entre otras.

### **4.3. Ontología agrícola general**

La ontología Sri Lanka nace de un proyecto de investigación colaborativa internacional para desarrollar sistemas de información basados en dispositivos móviles para personas en países en desarrollo, con la finalidad de proporcionar información en un contexto específico para los agricultores, es por ello que alberga fuertes características locales en relación con el clima, la cultura, los idiomas y las variedades de plantas locales y todo lo referente a las actividades agrícolas. En la Tabla 4.4 se observa que cuenta con 83 clases y más de 5,000 axiomas.

Tabla 4.4. Métrica de la ontología del Sri Lanka.

Métrica ontológica	
Axioma	5591
Axiomas lógicos	4041
Axiomas de declaración	977
Clases	83
Propiedades de objeto	191
Propiedades de datos	45
Individuos	657
Propiedades de anotación	4
Subclases	33

Debido a la complejidad de la ontología, se clasificaron y analizaron algunas de las clases de mayor relevancia para el dominio (ver Figura 4.9).

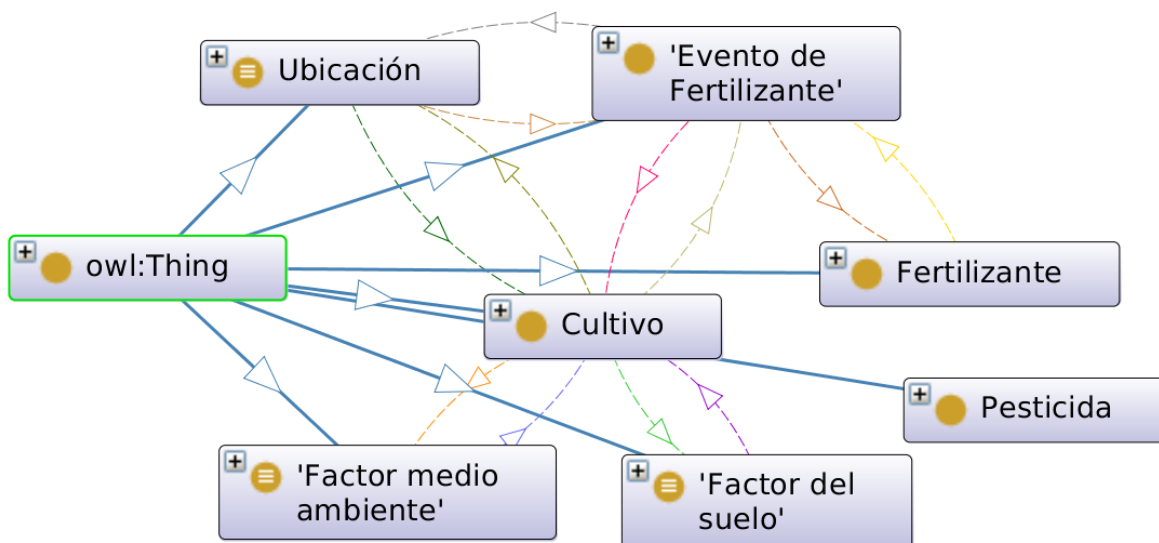


Figura 4.9. Clases analizadas del Sri Lanka.

**Fertilizantes.** Los fertilizantes se definen como un material orgánico o inorgánico necesario que se agrega a un suelo para suministrar uno o más nutrientes vegetales esenciales para la planta, es por ellos que la ontología lo clasifica en dos clases principales nombradas fertilizantes y evento de fertilizantes como se observa en la Figura 4.10.

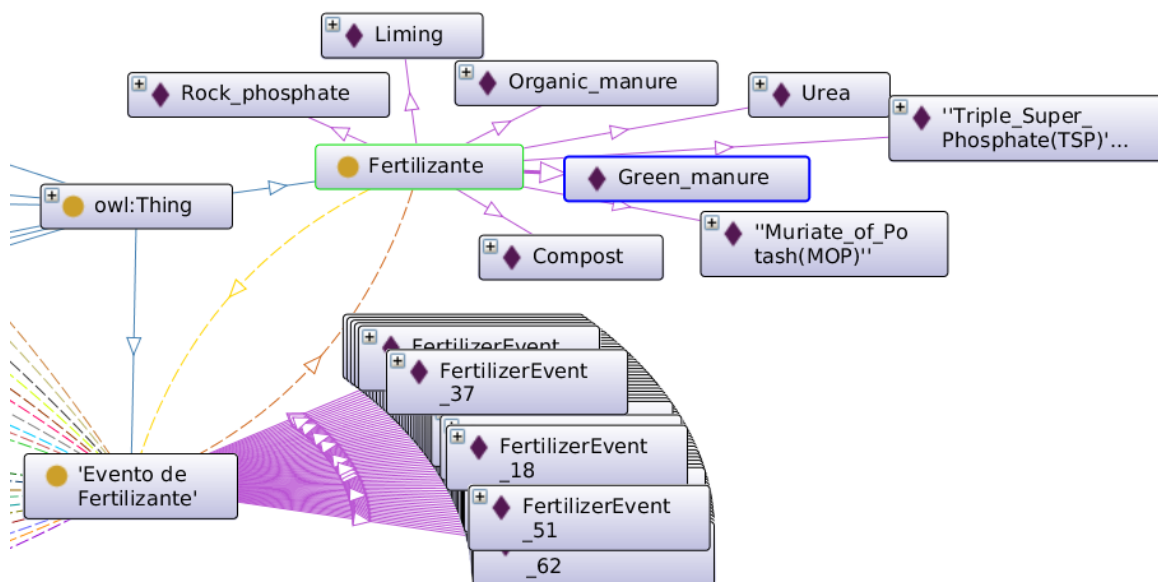


Figura 4.10. Estructura de la clase fertilizante y evento de fertilizante de la ontología del Sri Lanka.

- Fertilizantes. Se integra por instancias que establece información relevante respecto a fertilizantes existentes tales como: composta, abono encalado, abono orgánico, abono verde entre otros, los cuales a su vez se relacionan con un evento de fertilizantes antes definidos.
- Evento de fertilizantes. Define conceptos especiales referente al aplicado en cultivos que tiene la finalidad de superar un problema, alguno de los eventos en relación es: síntoma, cantidad, tiempo, problema creciente, método de cosecha, entre otros.

**Geográfico.** La ontología Sri Lanka establece el subdominio geográfico mediante una clase denominada “ubicación” la cual incluye todos los lugares según las necesidades de los agricultores, como distritos, área regional, zonas climáticas, zonas agrícolas, las zonas basadas en la elevación y las provincias. Esta se encuentra relacionada de manera directa con eventos

relacionados a el control del cultivo, con el rendimiento promedio del cultivo y sus derivados, eventos de fertilizantes, tiempo de madurado y por supuesto con la clase cultivo. Asimismo, se integra por 5 subclases principales como se muestra en la Figura 4.11.

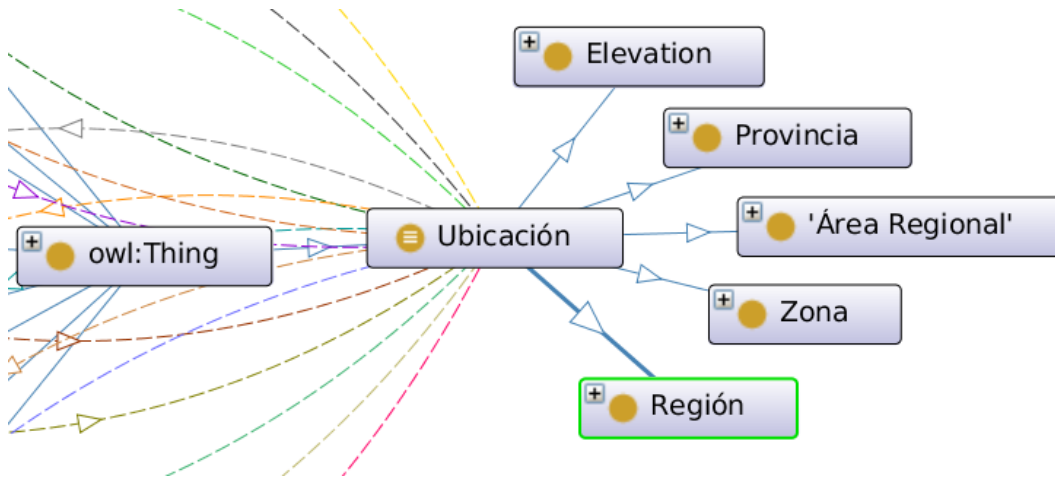


Figura 4.11. Estructura de la clase "ubicación" de la ontología del Sri Lanka.

- Elevación. Define la ubicación basada en la altura (según la altura en metros calculada sobre el nivel del mar); ejemplo país alto, país bajo, país medio.
- Provincia. Incluye todos los distritos de Sri Lanka mediante individuos que determinan los puntos cardinales tales como: noroeste, occidente, norte central entre otros los cuales a su vez se integran por una lista de nombre de provincias; ejemplo: el individuo "Norte" se integra por 5 provincias que se encuentra en la zona norte de Sri Lanka como: Mullativu, mannar, vavuniya, jaffna, kilinochciya.
- Área regional. Integra todas las áreas regionales es decir aquellos lugares que se encuentra a mayor distancia de área urbana de Sri Lanka tales como:

marissa, malabe, jaela, kotmale, entre otros; asimismo estos individuos integran los lugares aún más alejados que integran a las determinadas regiones antes mencionadas; ejemplo el are regional mirissa integra a la región matara, es decir la matara pertenece a la región mirisa.

- Zona. Define las principales zonas climáticas en Sri Lanka clasificándola en instancias tales como: zona seca, zona intermedia y zona húmeda; estas a su vez se integran por conjunto de cultivos y las zonas en las que se cultivan, además que se encuentra relacionado con algunos eventos de fertilizantes; asimismo tiene una subclase nombrada zona agrícola la cual se integra por individuos denominados “zona seca baja del país”, “zona intermedia baja del país”, “zona húmeda del intermedio del país” entre otros, estas a su vez desglosan una serie de relaciones que enlistan las regiones pertenecientes a las zonas.
- Región. Define todas las regiones o distritos en Sri Lanka tales como mullativu, galle, jaffina, ampara entre otros; Asimismo estas regiones se encuentran relacionadas con la subclase provincias y área regional.

**Ambiental.** Los factores y recursos ambientales garantizan la calidad de los cultivos lo cual son de gran importancia, debido a esto la ontología aborda estos conceptos clasificándolos en dos clases:

- **Factores del medio ambiente**

Proporciona información sobre factores externos basados en cultivos o granjas, como humedad, luz solar, viento, CO2, fuente de agua (ver Figura 4.12).

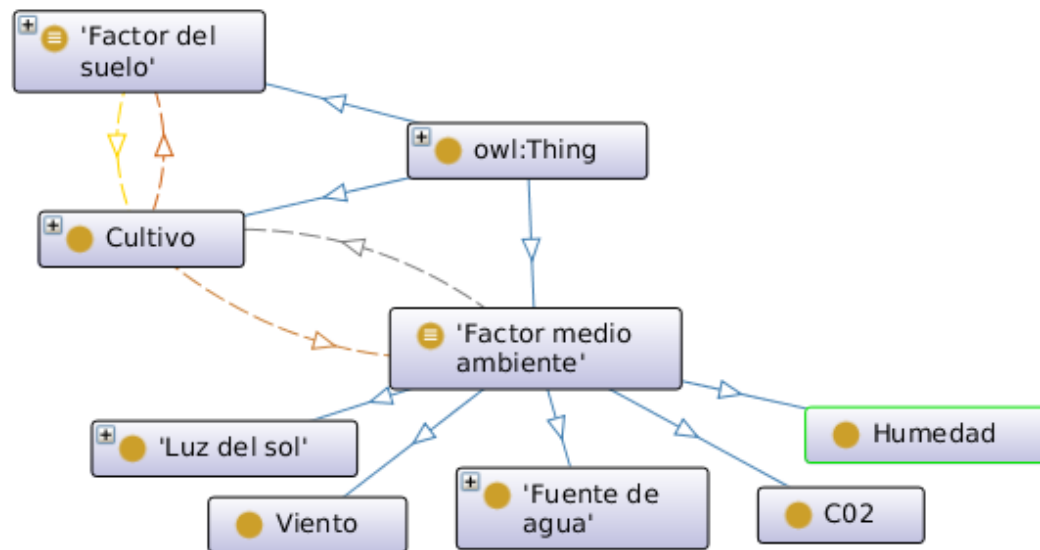


Figura 4.12. Estructura de la clase "factores del medio ambiente" de la ontología del Sri Lanka.

- Luz del sol. Factor ambiental que proporciona una estabilidad entre cálido y frío, esta subclase integra dos individuos denominados, luz solar cálida y luz solar fresca, los cuales a su vez relacionan con los cultivos que hacen uso del factor.
- Viento. Permite establecer la velocidad del viento calculada en metros por hora que requiere determinados cultivos.
- CO2. Factor ambiental denominado dióxido de carbono el cual establece la cantidad necesaria para los cultivos.
- Humedad. Proporciona la humedad relativa del ambiente que requiere un cultivo determinado.



- Fuente de agua. Establece las instalaciones de aguas requeridas tales como secano, regado y riego mínimo los cuales a su vez se relacionan con cultivos que hacen uso del tal factor.

- **Factores de suelo**

Esta clase incluye todas las condiciones necesarias del suelo relacionadas con los cultivos (ver Figura 4.13), como:

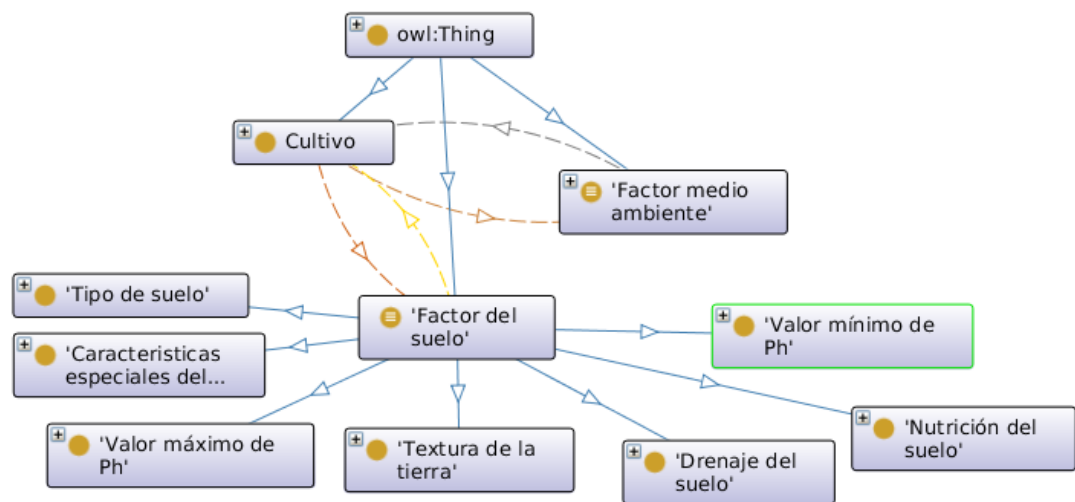


Figura 4.13. Estructura de la clase “factores del suelo” de la ontología del Sri Lanka.

- Tipo de suelo. Integra instancias que clasifican los suelos tale como: arcillosa, arenosa, estiércol, arenoso arcilloso y podzolic rojo amarillo los cuales a su vez se relaciona con lo que se cultiva ahí.
- Valor del ph máximo y el valor del ph mínimo. Se clasifica mediante lista de números que representan la cantidad máxima y mínima que el suelo debe tener, asimismo esta subclase se relaciona con la clase evento de fertilizantes.

- Drenaje del suelo. Define el estado como bien drenado o profundo drenado; asimismo, se relaciona con los cultivos que pertenecen a este factor del suelo por ejemplo pimiento, tomate, frijol entre otros.
- Nutrición del suelo. Clasifica las instancias como orgánica, mineral, acida, no acida y se relacionan con cada cultivo que integra el factor.
- Textura del suelo. Define la condición del suelo como lo es la buena aireación y esta a su vez integra el cultivo del tomate.
- Características especiales del suelo. Define la característica de un tipo de suelo como lo es friable y libre de piedras, el cual a su vez integra dos tipos de cultivos que se dan en el tipo de suelo como lo es el rábano y zanahoria.

# 5

## 5. Conclusiones y trabajo futuro

### 5.2. Conclusiones

La web semántica juega un papel muy importante para la estructuración del conocimiento para el dominio agrícola; proporciona tecnologías y herramientas para la formalización del conocimiento. Esto ha ayudado a formalizar los datos agrícolas obtenidos desde distintas fuentes como sensores de suelo, drones, estaciones meteorológicas, etc.

Por otra parte, a pesar de la gran cantidad de recursos semánticos, en México aún existe pocos trabajos en la formalización del conocimiento agrícola. Debido a eso, el progreso de la investigación agronómica es impedida y por consecuencia genera que los expertos en el dominio no desarrollen mejoras para la agricultura y que exista un bajo rendimiento en las ganancias para los agricultores.

### 5.3. Trabajo futuro

A continuación, se presenta lo que se puede considerar como posible trabajo a futuro para extender y documentar esta tesis de investigación.

- Complementar este trabajo con el análisis de más ontologías de cultivos relevante de la región.
- Identificar y complementar con ontologías relacionadas a los principales dominios de los cultivos.
- Unificar las ontologías en un solo recurso, de tal manera que se puedan relacionar.
- Desarrollar bases de conocimientos específicas de la región de los ríos.

## Bibliografía

- [1] N. M. Trendov, S. Varas y M. Zeng. *Tecnologías digitales en la agricultura y las zonas rurales*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura. 2019.
- [2] FAO. *Agrovoc multilingual agricultural thesaurus*. Rome: FAO.1999.
- [3] B. Drury, R Fernandes, M. F. Moura y A. de Andrade. *A survey of semantic web technology for agriculture*. Information processing in agriculture. 2019.
- [4] CTA. *Agrovoc multilingual agricultural thesaurus*. ICT Update. 2005.
- [5] National Agricultural Library. *The national agricultural library's agricultural thesaurus*. 2018.
- [6] L. C. Jaiswal. *The Plant Ontology: A Tool for Plant Genomics*. *Plant Bioinformatics*. 89-114. 2016.
- [7] Q. H. Ngo, N. Le-Khac, y T. Kechadi. *Ontology Based Approach for Precision Agriculture*. Springer Nature Switzerland. 175-186. 2018.
- [8] R. Bonacin, O. F. Nabuco, y P. J Ivo. *Ontology models of the impacts of agricultura and climate changes on wáter resource: Scenarios on interoperability and information recovery*. *Future Gener Comput Syst*. 423-434. 2016.
- [9] T. Berners-Lee, J. Hendler, O. Lassila. *The semantic web*. *Sci Am*; 284:34–43. 2001.
- [10] World Wide Web Consortium. *Semantic Web*. [Online]. Available: <https://www.w3.org/standards/semanticweb/>
- [11] H. A. Flórez Hernández. *Construcción de Ontologías OWL*. I+D Investigación Y Desarrollo. Vol. 4. 2007.

- [12] S. E. Sánchez López. *Modelo de indexación de formas en sistemas VIR basado en ontologías*. M.C.C. Tesis. Universidad de las Américas Puebla. 2007.
- [13] World Wide Web Consortium. *Lenguaje de Ontologías Web (OWL) Vista General*. [Online]. Available: <https://www.w3.org/2007/09/OWL-Overview-es.html>
- [14] Protegé. *Getting Started with Protégé*. 2018. [Online]. Available: <http://protege.stanford.edu/doc/tutorial/index.html>
- [15] D. E. Narváez. *Las Ontologías y el Lenguaje OWL 2*. Revistas Académicas UTP. 2010.
- [16] Apache Jena. *Jena Ontology API*. 2018. [Online]. Available: <https://jena.apache.org/documentation/ontology/>
- [17] World Wide Web Consortium. *SPARQL 1.1 overview*. W3C, 2013.
- [18] A. Liang y M. Sini. *Mapping agrovoc and the chinese agricultural thesaurus: definitions, tolos, procederus*. New Rev Hypermedia Multimedia. 51-62. 2006.
- [19] L. C. Jaiswal. *The Plant Ontology: A Tool for Plant Genomics*. Plant Bioinformatics. 89-114. 2016.
- [20] Commonwealth Agricultural Bureau. *CAB thesaurus*. CAB international, 1988.
- [21] C. Jonquet , A. Toulet , E. Arnaud , S. Aubin , E. D. Yeumo , et al. *AgroPortal: A vocabulary and ontology repository for agronomy*. Computers and Electronics in Agriculture. 126-143. 2018.
- [22] H. Duruflé, M. A. Laporte, L. Matteis, L. Valette et al. *The Crop Ontology: Improving the Quality of 18 Crop Trait Dictionaries for the Breeding Management*

- System and Adding New Crops*. Conference: General Research Meeting of the Generation Challenge Programme, 2014.
- [23] V. Pesce, A. Maru, P. Arche, T. Malapela, y J. Keizer. *Setting up a global linked data catalog of datasets for agriculture*. In: Research Conference on metadata and semantics research. Springer. 357-368. 2015.
- [24] N. Chatterjee and N. Kaushik. *Automatic relationship extraction from agricultural text for ontology construction*. Information processing in agriculture. 60-73. 2018.
- [25] Asanee Kawtrakul. *Ontology Engineering and Knowledge Services for Agriculture Domain*. Journal of Integrative Agriculture. 741-751. 2012.
- [26] Z. Laliwala, V. Sorathia, y S. Chaudhary. *Semantic and Rule Based Event-Driven Services-Oriented Agricultural Recommendation System*. Proceedings of the 26th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems Workshops. 2006.
- [27] H. R. Almadhoun y S. S. Abu-Naser. *Banana Knowledge Based System Diagnosis and Treatment*. International Journal of Academic Pedadodical Research. Vol. 2. 1-11. 2018.
- [28] M. Ahsan, Y. H. Motla y M. Asim. *Knowledge modelling for e-agriculture using ontology*. International Conference on Open Source Systems and Technologies. 2014.
- [29] N. Malik, y Sharan. *Semantic web oriented framework for knowledge management in agricultura domain*. International Journal of Web Applications. Vol. 8. Issue 3. 71-79. 2016.