

Ontologías y Web Semántica

Jose Emilio Labra Gayo

Departamento de Informática

Universidad de Oviedo

<http://labra.weso.es>

¿Qué es una Ontología?

Ontología = Formalización de un dominio

Utiliza: lenguajes formales

Para: definir **vocabulario** de un dominio

Compartir el significado entre aplicaciones

Inferir nuevo conocimiento a partir de definiciones

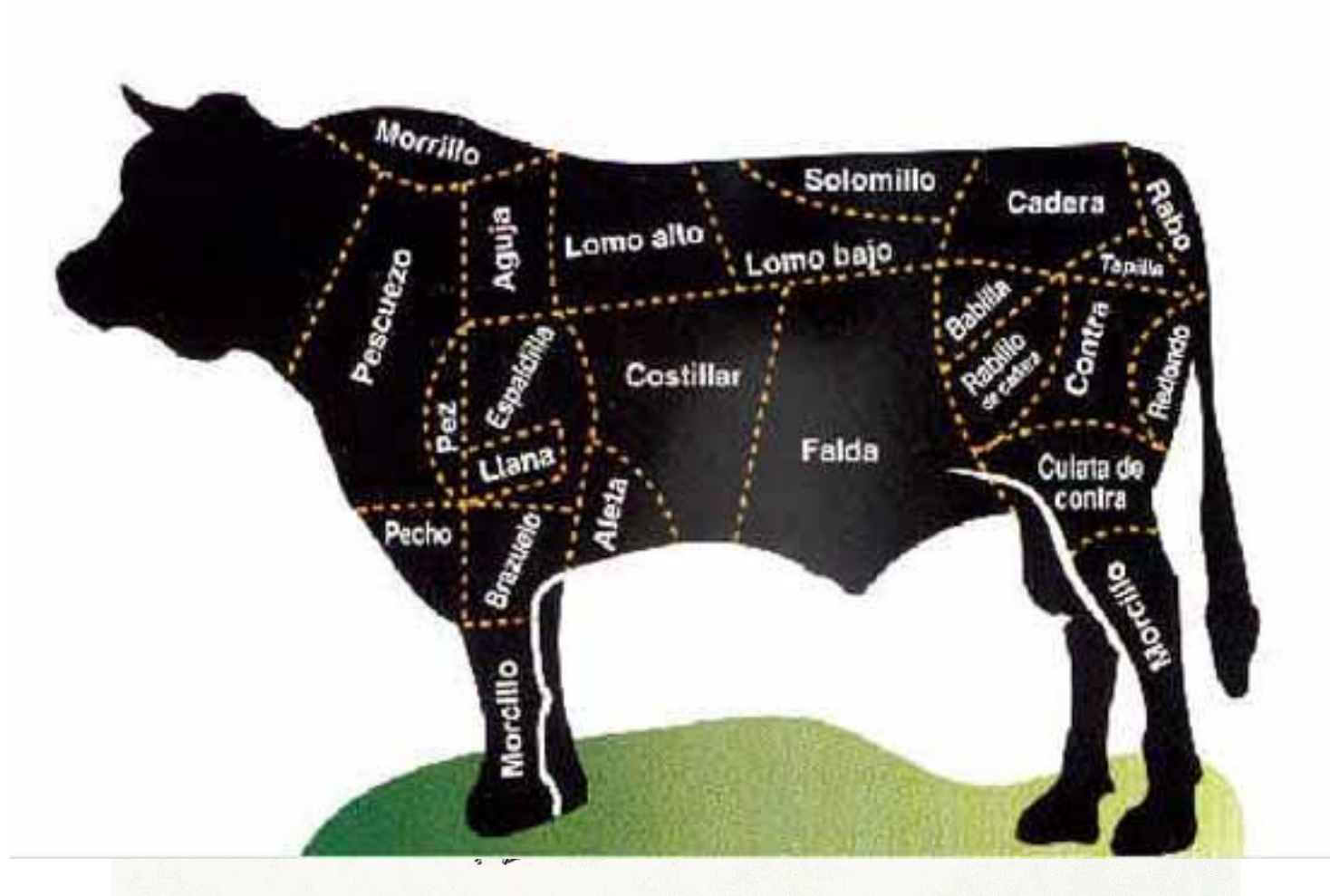
Otros términos relacionados:

Taxonomía: Clasificación jerárquica

Tesaurus: Definiciones de términos

Ejemplos de dominios

Medicina
Biología
Aviación
Animales
Comida
...etc



Partes de una ontología

Define conjunto de términos (vocabulario)

Corazón, Sangre, Sistema circulatorio

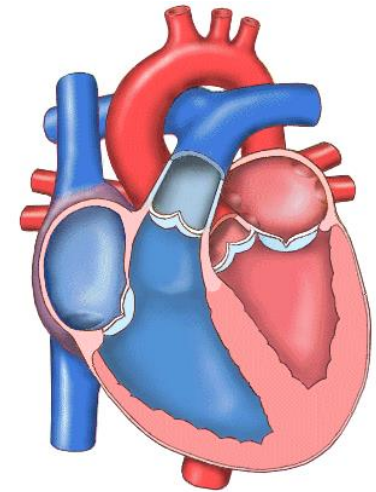
Propiedades entre dichos términos

Ejemplo:

"el corazón *es un* órgano muscular que *es parte del sistema circulatorio*"

Descrito en un lenguaje formal

Ejemplo (lógica):

$$\forall x(\text{Corazón}(x) \rightarrow \text{OrganoMuscular}(x) \wedge \exists y (\text{esParteDe}(x,y) \wedge \text{SistemaCirculatorio}(y)))$$


Tipos de ontologías

Ontologías fundacionales (*top level*)

Definen conceptos generales aplicables en múltiples dominios

Ejemplo: BFO (Basic Formal Ontology), DOLCE, SUMO

Ontologías de dominio

Definidas para un dominio concreto

Suelen importar ontologías generales

Lenguajes/tecnologías en la Web

RDFS: Dominios, rangos, subclases, ...

rdfs:domain, rdfs:range, rdfs:subClassOf, etc...

SKOS: Vocabularios controlados

skos:broader, skos:narrower, ...

OWL: Web Ontology Language

Basado en lógica descriptiva

Permite realizar inferencias

Permite definir clases y propiedades de relaciones

Distingue entre clases, relaciones e individuos

Varias sintaxis:

RDF (y todas sus sintaxis), Manchester, ...

Editor Protégé

Elementos de una ontología (en OWL)

Clases

Conjuntos de entidades

Ejemplo: Profesor, Persona, Asignatura

Individuos

Objetos (recursos con una URI)

Valores primitivos (números, cadenas de texto, etc.)

Relaciones o propiedades

Propiedades de objetos:

Ejemplo: daClaseDe, esHijoDe, ...

Propiedades de tipos de datos

Ejemplo: tieneEdad, primerApellido, ...

Ontologías

ANTECEDENTES

Ontología como rama del conocimiento

Ontología, rama de la metafísica

Desde Aristóteles (metafísica, IV)

Onto=ser, logos=estudio de (*estudio del ser*)

Estudia los entes, sus categorías y relaciones

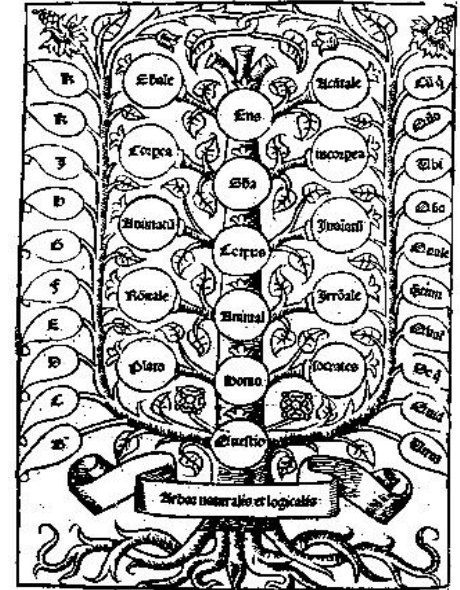
Representación del conocimiento

Ontología = formalización de un dominio

Un **vocabulario compartido** que describe un determinado dominio

Un **conjunto de declaraciones** sobre términos

Usar **lenguaje formal**, manipulable automáticamente.



Árbol de la naturaleza
y de la lógica
Ramón Llull (1235-1316)

Lógica: Estudio de los razonamientos

Origen en Aristóteles (-342 a. de C.)

Desarrollo de la Lógica formal a finales s. XIX (De Morgan, Fregge)

Lógica computacional (Hilbert, Church, Turing, Herbrand, Tarski, ...)

Varios sistemas de Lógica

- Lógica proposicional

- Lógica de predicados

- Otras lógicas: lógica modal, lógica descriptiva, lógica borrosa, etc.

Lógica Proposicional

Cada frase que puede ser verdadera o falsa es una proposición o enunciado (p)

Varias conectivas:

- Negación: $\neg p$
- Conjunción: $p \wedge q$
- Disyunción: $p \vee q$
- Implicación: $p \rightarrow q$
- Equivalencia: $p \leftrightarrow q$

*“Si Juan juega al fútbol, se cansa y Juan juega al fútbol
Por tanto: Juan se cansa”*

$$\frac{p \rightarrow q \quad p}{q}$$

Lógica proposicional

Existen sistemas de demostración que comprueban si un razonamiento es correcto

Propiedades:

Consistente: todos los razonamientos que se demuestran son correctos

Completo: todos los razonamientos correctos pueden demostrarse

Complejidad: NP (es uno de los problemas NP clásicos)

Expresividad: Muy poca.

Ejemplo: *“Todos los hombres son mortales, Sócrates es un hombre, luego Sócrates es mortal”*

Lógica de predicados

Extiende la lógica proposicional con predicados,
funciones y cuantificadores

Ejemplo de predicado: $P(x,y)$ = x es padre de y

Ejemplo de función: $m(x)$ = “madre de x”

Cuantificadores: Existencial: $\exists xP(x)$

Universal: $\forall xP(x)$

Ejemplo: “*Todos los hombres son mortales, Sócrates es un hombre, luego Sócrates es mortal*”

$$\forall x(H(x) \rightarrow M(x))$$

$$H(s)$$

$$M(s)$$

Lógica de predicados

Existen varios sistemas de demostración en lógica de predicados

Propiedades:

Consistente: Todo lo que demuestran es correcto

Completo: Todos lo que es correcto es demostrable

Semidecidible: Si una fórmula es correcta, lo detectan, si no lo es, pueden no detectarlo

Para resolver ese problema se han buscado ***subconjuntos de lógica de predicados*** de primer orden que sean decidibles:

Clausulas Horn

Lógica descriptiva

etc...

Los sistemas de demostración pueden ser muy complejos

Jerarquía de clases de complejidad

$P \subseteq NP \subseteq PSPACE \subseteq EXPTIME \subseteq NEXPTIME \subseteq EXPSPACE$

P = Problemas que resuelve una máquina de Turing determinista en tiempo polinómico

NP= Problemas que resuelve una máquina de Turing no determinista en tiempo polinómico

PSPACE= Problemas que resuelve una máquina de Turing determinista en espacio polinómico

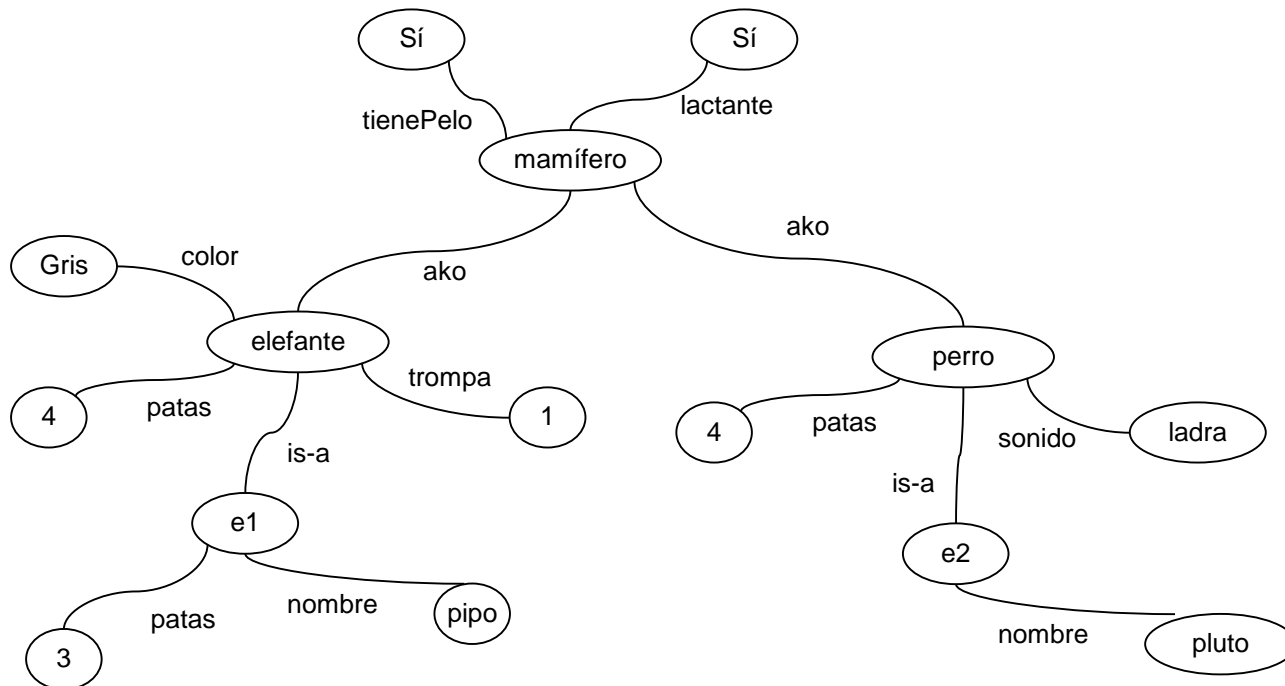
EXPTIME=Problemas que resuelve una máquina de Turing determinista en tiempo $O(2^{p(n)})$

NEXPTIME=Problemas que resuelve una máquina de Turing no determinista en tiempo $O(2^{p(n)})$

EXPSPACE=Problemas que resuelve una máquina de Turing determinista en espacio $O(2^{p(n)})$

Redes Semánticas

Redes Semánticas (Quillian, 68): Grafos dirigidos donde los vértices son conceptos y los enlaces son relaciones entre conceptos
2 tipos especiales de relaciones: is-a (pertenencia) y ako (inclusión)



Desarrollados para estructurar el conocimiento de las redes semánticas

Un *frame* o marco = colección de atributos (slots) que describen una entidad

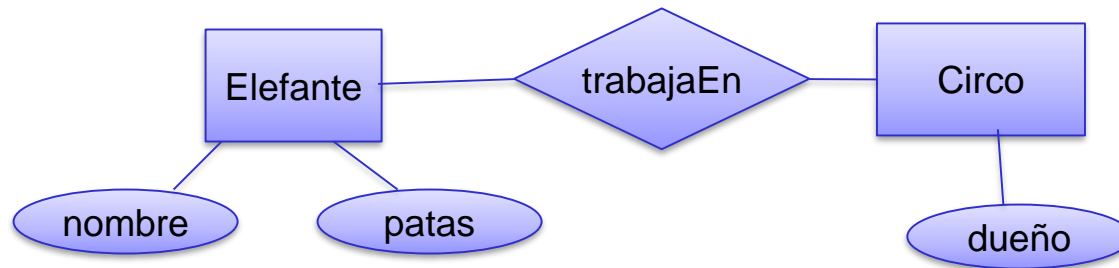
Puede representar un concepto (o clase) y un individuo (o instancia)

<pre>Clase: Mamífero tienePelo: Sí lactante: Sí Clase: Elefante ako: Mamífero patas: 4 trompa: 1 color: gris Clase: Perro: ako: Mamífero patas: 4 sonido: ladra</pre>	<pre>Individuo: e1 isa: Elefante patas: 3 nombre: Pipo Individuo: e2 is-a: Perro nombre: Pluto</pre>
---	---

Diagramas Entidad-Relación

Diagramas Entidad-Relación (Chen, 1976):
Representaciones gráficas utilizadas para capturar
modelos de dominio.

Utilizados en el desarrollo de Bases de Datos



Mapas de Tópicos (Topic Maps)

Mapas de tópicos (<http://www.topicmaps.org/>)

Estándar de definición de índices

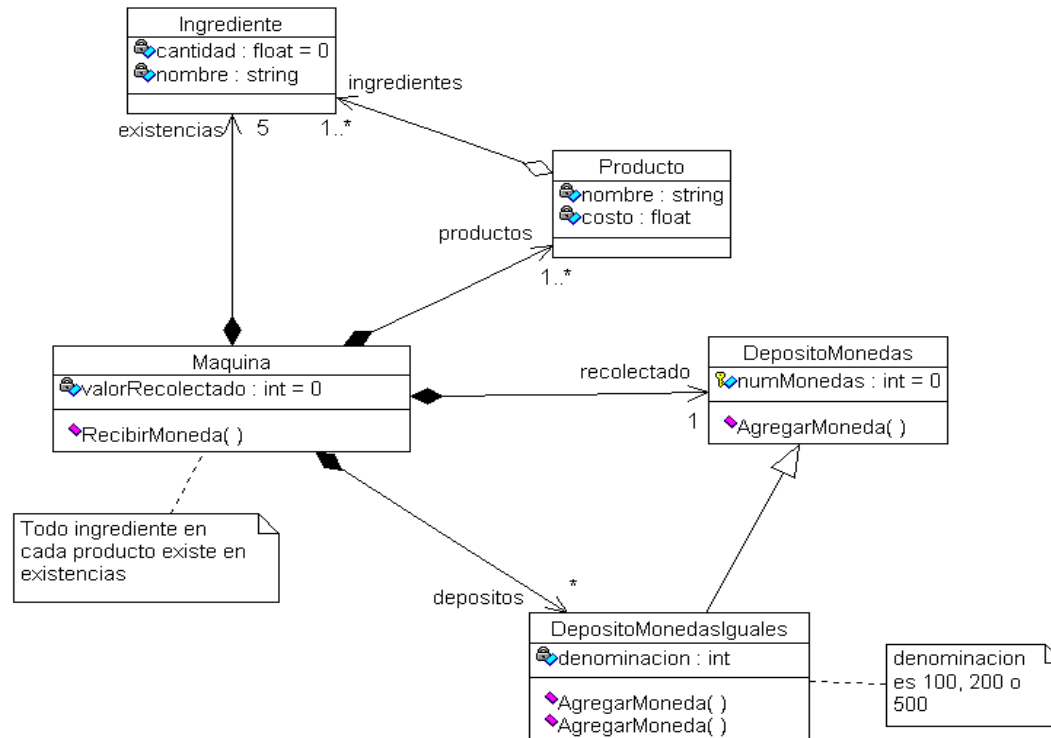
XTM es un vocabulario para mapas de tópicos basado en XML

```
<topic id="pizzas"/> ...  
  <occurrence>  
    <instanceOf>  
      <topicRef xlink:href="#barbacoa"/>  
    </instanceOf>  
    <scope>  
      <topicRef xlink:href="#pizza"/>  
    </scope>  
    <resourceRef xlink:href="barbacoa.jpg"/>  
  </occurrence>  
  ...  
</topic>
```

Modelos Orientados a Objetos

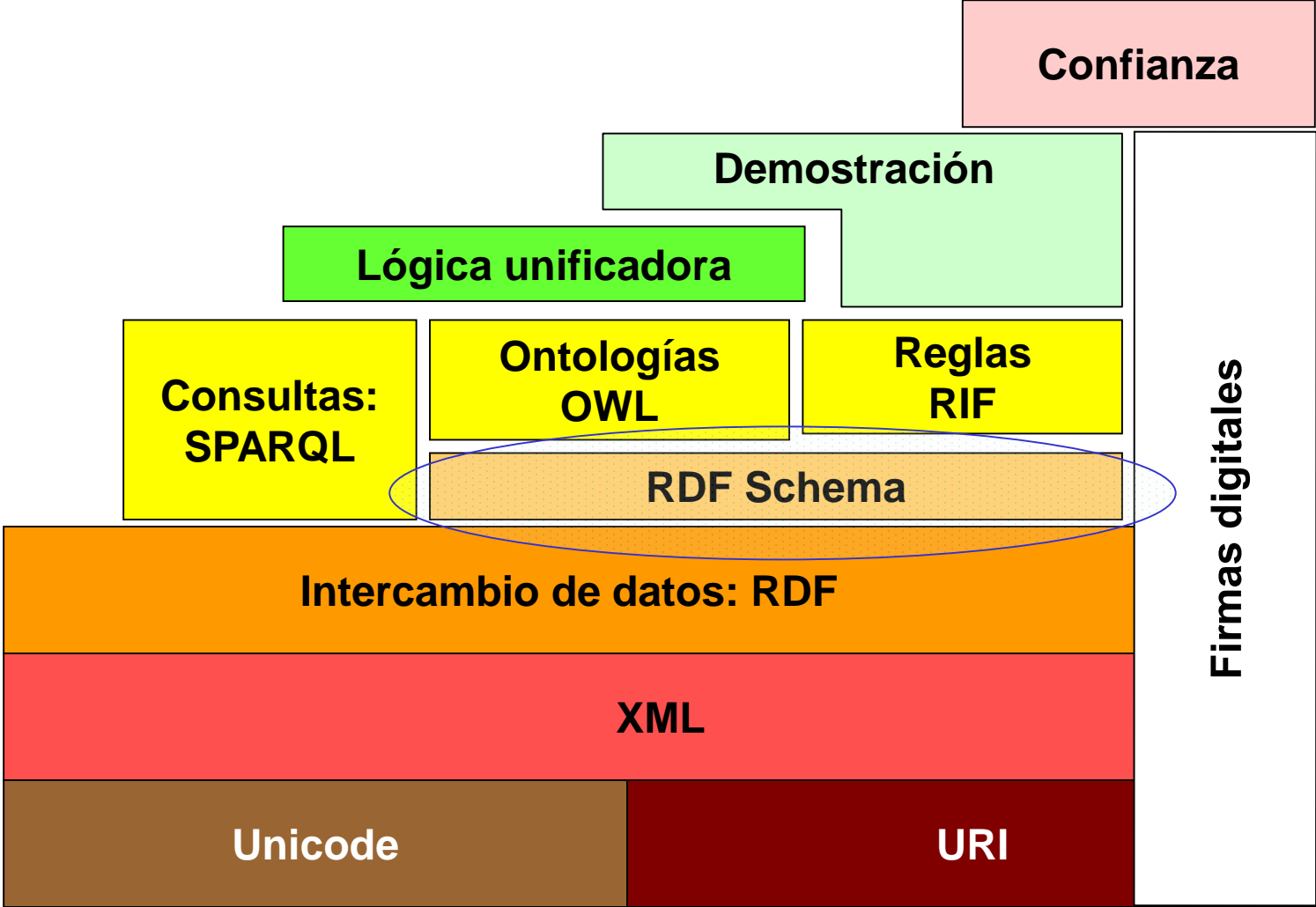
Modelos Orientados a Objetos: Especificación de herencia y jerarquía de objetos

Lenguajes de modelado. UML incluye diagramas de clase que describen la estructura de objetos, atributos, operaciones, etc.



RDFS

RDF Schema



RDF Schema Motivación

RDF permite establecer propiedades pero no dice nada acerca de las propiedades

RDF Schema tiene varias clases y propiedades predefinidas que permiten definir vocabularios.

Es permite definir:

- Clases y propiedades

- Jerarquías y herencia entre clases

- Jerarquías de propiedades

RDF Schema

Clases e individuos

Hay que distinguir entre:

Cosas concretas (individuos) del dominio.

Ej. "Jose Labra", "Lógica"

Clases o conceptos = Conjuntos de individuos que comparten algunas propiedades
(*rdfs:Class*)

Ej. "Profesor", "Asignatura", "Estudiante", ...

rdf:type indica que un individuo pertenece a una clase

rdfs:subClassOf indica que una clase está incluida
en otra

Nota

`rdf:type` = `<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>`

`rdfs:Class` = `<http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class>`

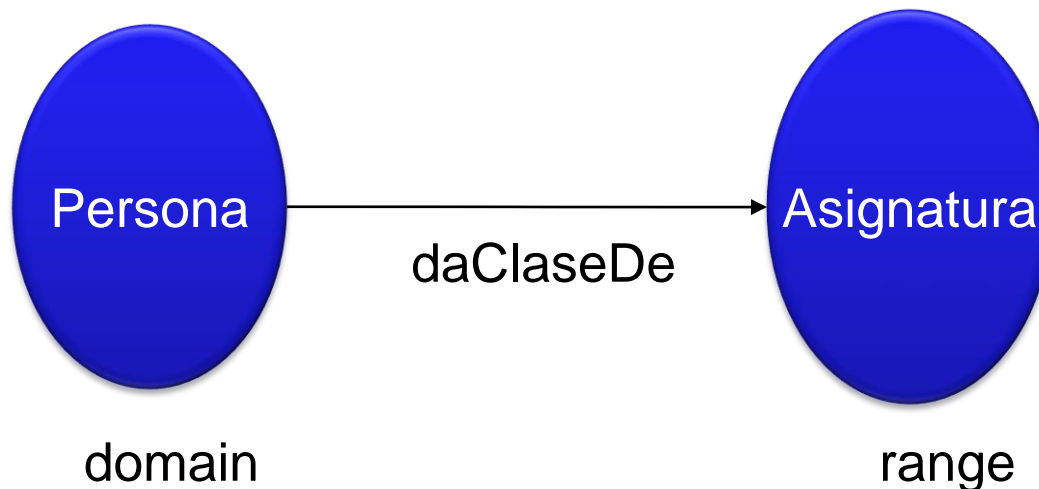
RDF Schema Rango y Dominio

Pueden declararse restricciones de Rango y Dominio

Ejemplo: `daClaseDe`

`rdfs:domain: Persona`

`rdfs:range: Asignatura`



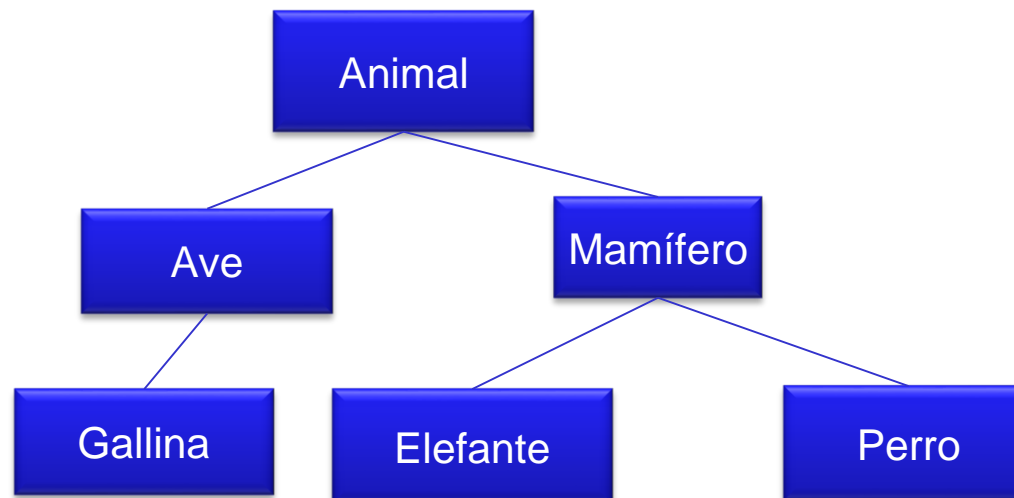
Las clases pueden organizarse en jerarquías

rdfs:subClassOf define que una clase es una subclase de otra

A es una subclase de B si todo individuo de A pertenece a B

Entonces, B es una superclase de A

Una clase puede tener múltiples superclases



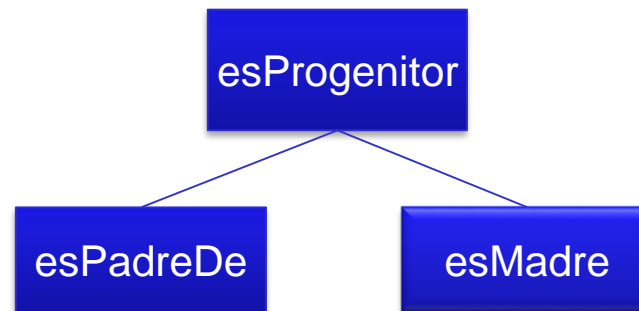
RDF Schema

Jerarquía de Propiedades

Jerarquías entre propiedades ***subPropertyOf***

Ej. Ser padre es una subpropiedad de ser progenitor

P es subpropiedad de Q $\equiv x P y \Rightarrow x Q y$



`:juan :esPadreDe :ana \Rightarrow :juan :esProgenitorDe :ana`

RDF Schema: Inferencias

RDF Schema tiene una semántica predefinida que permite inferir nuevas declaraciones a partir de las existentes

En realidad, se genera un grafo nuevo a partir del grafo anterior

Ejemplos:

$X \text{ rdf:type } A \wedge A \text{ subclassOf } B \rightarrow X \text{ rdf:type } B$

$A \text{ rdfs:subclassOf } B \wedge B \text{ rdfs:subClassOf } C \rightarrow A \text{ rdfs:subClassOf } C$

$P \text{ rdfs:domain } A \wedge X P Y \rightarrow X \text{ rdf:type } A$

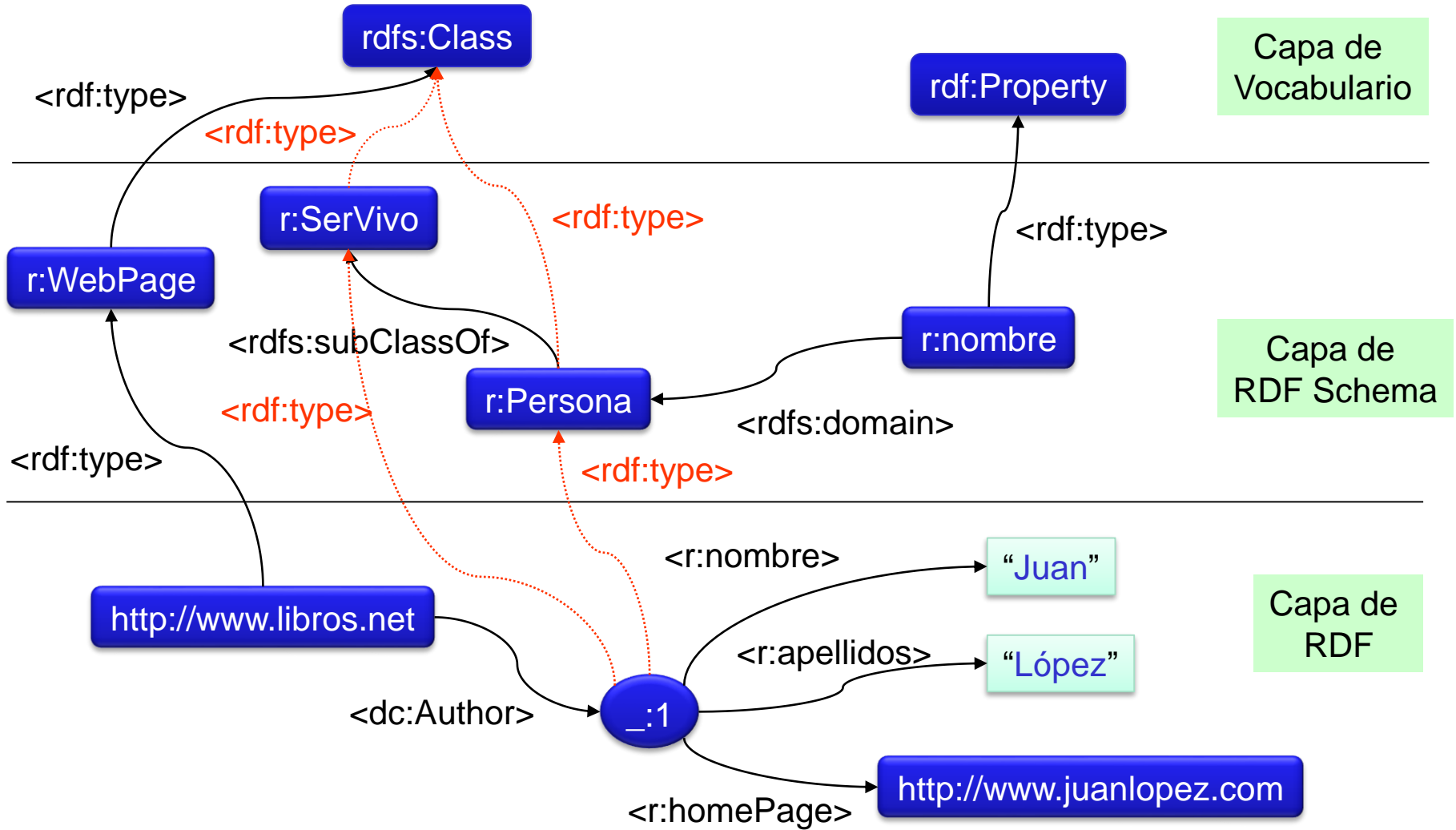
$P \text{ rdfs:range } B \wedge X P Y \rightarrow Y \text{ rdf:type } B$

$P \text{ rdfs:subPropertyOf } Q \wedge Q \text{ rdfs:subPropertyOf } R \rightarrow P \text{ rdfs:SubpropertyOf } R$

$P \text{ rdfs:subPropertyOf } Q \wedge X P Y \rightarrow X Q Y$

etc.

RDF Schema: Inferencias



Ejercicio Barcos

Modelar el siguiente conocimiento en RDF

Nombre	Primer Viaje	Proximo Viaje	Fecha Baja	Fecha Hundimiento	Comandante
Pisco	1953		1978		Olmos
Rambo	1979	2012			Gallardo
Titanic	1912			1912	Smith
Sauce	1980	2013			Torre

Expresar el siguiente conocimiento

Un barco está ***fuera de servicio*** si tiene fecha de baja o fecha de hundimiento.

Un barco que tenga previsto un próximo viaje está ***en servicio***.

El comandante de un barco es un **marinero**.

Un marinero es una **persona**

La **fecha fin de servicio** es la fecha de baja o la fecha de hundimiento.

Ejercicio

Dominios y Rangos

En el ejercicio anterior declarar dominios y rangos de propiedades

primerViaje: Barco → Fecha

proximoViaje: Barco → Fecha

fechaBaja: Barco → Fecha

fechaHundimiento: Barco → Fecha

tieneComandante: Barco → Marinero

...

Añadiendo información

Crear una nueva tabla con la siguiente información

Nombre	Cargo	Proximo Viaje	Barco
Olmos	Comandante		Pisco
Gallardo	Comandante	2013	Alba
Ana	Azafata	2012	Rambo
Juan	Camarero	2013	Sauce

Preguntas:

Buscar todos los barcos

Añadir información de que Ana va a viajar en 2013 en Sauce

Buscar todos los próximos viajes de barcos o personas

Limitaciones de RDF Schema

RDF Schema sólo permite declarar información clases y propiedades

Es un primer paso hacia las ontologías pero se queda corto

Carece de expresividad para:

Información negativa

Los hombres no son mujeres

Cuantificadores

Para que alguien sea considerado padre debe tener al menos un hijo

Cardinalidad

Un buen estudiante tiene que tener aprobadas más de 3 asignaturas

No permite atributos de propiedades

Transitiva, simétrica, inversa, etc.

Problema de RDF Schema

RDF Schema es demasiado liberal permitiendo mezclar clases con individuos y propiedades

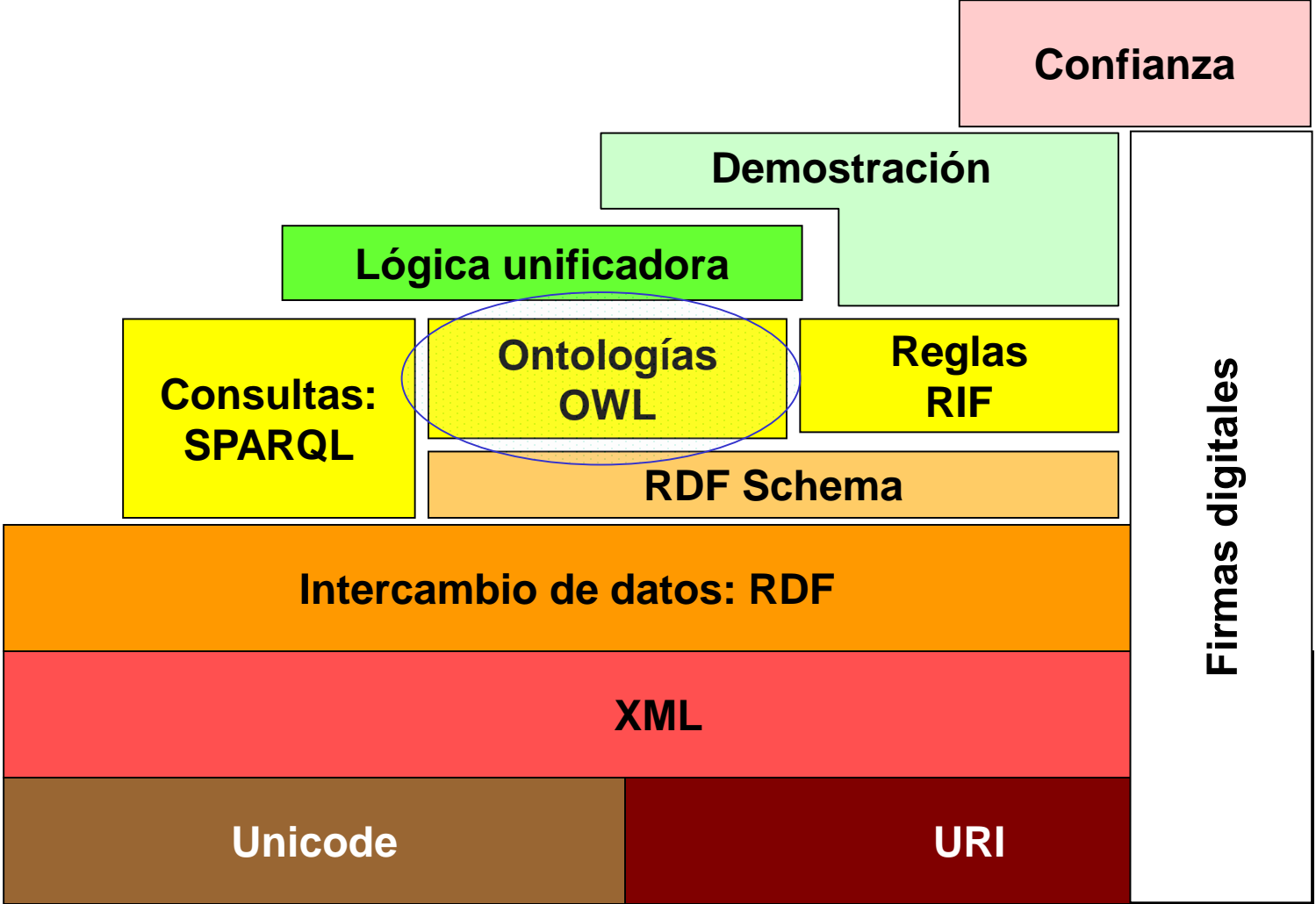
Por ejemplo:

`x rdf:type x`

Pueden llegar a declararse paradojas en RDF Schema

OWL

OWL



OWL

OWL = Web Ontology Language

Desarrollado a partir de iniciativa del W3C

Antecedentes: DAML, OIL

Se basa en lógica descriptiva

2004 - OWL 1.0 recomendación W3C

2009 - OWL 2.0 recomendación W3C



Ejemplos de Ontologías

Cyc (<http://www.cyc.com>).

Conceptos de sentido común para Inteligencia Artificial
Utiliza lógica de predicados mediante lenguaje CycL

Frame Ontology y OKBC Ontology

Disponibles en Ontolingua (<http://www-ksl-svc.stanford.edu/>)
Utiliza KIF (Knowledge Interchange Format)

Ontologías en campos concretos:

Lingüística: WordNet (<http://www.globalwordnet.org/>)
Medicina: GALEN (<http://www.opengalen.org/>)
etc.

Ejemplos de Ontologías Dublin Core

Dublin Core Metadata Initiative (<http://www.dcmi.org>)

Utilizado para la catalogación de documentos

Espacio de nombres: <http://purl.org/dc/elements/1.1/>

Conjunto de elementos básicos cuyo significado es compartido

Contenido: [Coverage](#), [Description](#), [Type](#), [Relation](#), [Source](#), [Subject](#), [Title](#)

Propiedad Intelectual: [Contributor](#), [Creator](#), [Publisher](#), [Rights](#)

Instanciación: [Date](#), [Format](#), [Identifier](#), [Language](#)

Cada elemento básico admite una serie de cualificadores

Refinamiento de elementos

Ejemplo: [Date.created](#), [Description.tableOfContents](#)

Esquema de codificación

Ejemplos: [Identifier.URI](#), [Date.DCMIPeriod](#)

Evolución de las Ontologías para la Web

SHOE (Simple HTML Ontology Extensions) Univ.
Maryland, 1996

Permite definir ontologías en documentos HTML

Objetivo = Facilitar búsquedas y anotaciones de documentos

OIL (Ontology Inference Layer)

Sintaxis RDF(S) y primitivas de representación del conocimiento en marcos

Se basa en el uso de *description logics*

DAML (DARPA Agent Markup Language)

Proyecto americano de creación de lenguaje para ontologías

DAML-OIL. Proyecto conjunto que será la base de OWL

OWL (Web Ontology Language) desarrollado en W3C
(2004)

OWL (Web Ontology Language)

Desarrollado por consorcio W3C (2004)

3 niveles:

OWL Full. Unión de sintaxis OWL y RDF (sin restricciones)

No se garantiza la eficiencia ni siquiera la decidibilidad

OWL DL (Description Logics). Limita la expresividad intentando conseguir decidibilidad

Profiles. Subconjuntos de OWL DL: EL, QL, RL, etc.

Más eficientes, menos expresivos

OWL DL se basa en Lógica Descriptiva (Description Logics)

En realidad equivale al formalismo $\mathcal{SHOIN}(\mathcal{D}_n)$

Características

Semántica bien definida

Propiedades formales (decidibilidad, complejidad)

Algoritmos de razonamiento conocidos

Varios razonadores (Pellet, Hermit, Quonto)

Incluye tipos de datos primitivos de XML Schema

Lógica Descriptiva

La lógica descriptiva consiste en:

Conceptos (o clases):

Ejemplo: Padre, Madre, Persona

Propiedades (o roles): Relaciones entre conceptos

Ejemplo: tieneHijo, esPadreDe

Individuos: Elementos del dominio

Ejemplo: Juan, Sergio, ...

Lógica Descriptiva

La lógica descriptiva es un subconjunto de la lógica de primer orden

Características:

Sólo se usan predicados de un argumento (clases) y dos argumentos (propiedades)

El uso de las variables está restringido

La base de conocimiento contiene 2 niveles

Términos (TBox): Descripción de conceptos

$\text{Padre} \equiv \text{Persona} \cap \exists \text{ tieneHijo Persona}$

$\text{Orgullosa} \equiv \text{Persona} \cap \exists \text{ tieneHijo ReciénNacido}$

$\text{ReciénNacido} \subseteq \text{Persona}$

Aserciones (ABox): Descripción de individuos

$\text{ReciénNacido}(\text{Sergio})$

$\text{tieneHijo}(\text{Jose}, \text{Sergio})$

$\text{Persona}(\text{Jose})$

Lógica descriptiva

Las expresiones en lógica descriptiva pueden representarse en lógica de primer orden

Padre \equiv Persona \cap \exists tieneHijo Persona

$$\forall x(\text{Padre}(x) \leftrightarrow (\text{Persona}(x) \wedge \exists y(\text{tieneHijo}(x,y) \wedge \text{Persona}(y))))$$

Orgullosos \equiv Persona \cap \exists tieneHijo ReciénNacido

$$\forall x(\text{Orgullosos}(x) \leftrightarrow (\text{Persona}(x) \wedge \exists y(\text{tieneHijo}(x,y) \wedge \text{RecienNacido}(y))))$$

ReciénNacido \subseteq Persona

$$\forall x(\text{RecienNacido}(x) \rightarrow \text{Persona}(x))$$

Lógica Descriptiva

Definición de Conceptos

Definición de conceptos

Equivalencia: $C \equiv D$

Ejemplo: $\text{Asturiano} \equiv \text{NacidoEnAsturias}$

Subclase: $C \subseteq D$ (C está incluido en D ó D subsume a C)

Ejemplo: $\text{Asturiano} \subseteq \text{Español}$

Intersección: $C \cap D$

Ejemplo: $\text{Mujer} \equiv \text{Persona} \cap \text{Femenino}$

Unión: $C \cup D$

Ejemplo: $\text{Persona} \equiv \text{Hombre} \cup \text{Mujer}$

Complemento: $\neg C$

Ejemplo: $\text{Masculino} \equiv \neg \text{Femenino}$

Concepto vacío: \perp

Clases Disjuntas: $C \cap D \equiv \perp$

Lógica Descriptiva

Cuantificadores

Descripción de Propiedades

Existencial ($\exists R C$)

x pertenece a $\exists R C$ si existe algún valor $y \in C$ tal que $R(x,y)$

Ejemplo: $\text{Madre} \equiv \text{Mujer} \cap \exists \text{ tieneHijo Persona}$

Universal ($\forall R C$)

x pertenece a $\forall R C$ si para todo y , si $R(x,y)$ entonces $y \in C$

Ejemplo: $\text{MadreFeliz} \equiv \text{Madre} \cap \forall \text{ tieneHijo Sano}$

Una Madre es feliz si todos sus hijos están sanos

NOTA: Si no tuviese hijos, también se cumpliría...

Lógica Descriptiva

Cardinalidades

Cardinalidad ($P = n$)

x pertenece a ($P = n$) si existen n $y \in C$ tales que $R(x,y)$

Ejemplo: $\text{Elefante} \subseteq \text{Animal} \cap \text{tienePatatas} = 4$

Cardinalidad máxima ($P \leq n$)

x pertenece a ($P \leq n$) si existen n ó menos $y \in C$ tales que $R(x,y)$

Ejemplo: $\text{MalEstudiante} \equiv \text{Estudiante} \cap \text{tieneAprobada} \leq 3$

Cardinalidad mínima ($P \geq n$)

x pertenece a ($P \geq n$) si existen n ó más $y \in C$ tales que $R(x,y)$

Ejemplo: $\text{BuenEstudiante} \equiv \text{Estudiante} \cap \text{tieneAprobada} \geq 3$

$$\forall x(\text{BuenEstudiante}(x) \leftrightarrow \text{Estudiante}(x) \wedge \exists y_1 \exists y_2 \exists y_3 (\text{tieneAprobada}(x, y_1) \wedge \text{tieneAprobada}(x, y_2) \wedge \text{tieneAprobada}(x, y_3) \wedge y_1 \neq y_2 \wedge y_2 \neq y_3 \wedge y_1 \neq y_3))$$

Lógica Descriptiva

Atributos de propiedades

Reflexiva: P es reflexiva $\Rightarrow \forall xP(x,x)$

Ejemplo: `viveCon` es reflexiva

Irreflexiva: P es irreflexiva $\Rightarrow \forall x\neg P(x,x)$

Ejemplo: `esPadreDe` es irreflexiva

Simetría. Si $P(x,y)$ entonces $P(y,x)$

Ejemplo: `viveCon`

Asimétrica. Si $P(x,y)$ entonces $\neg P(y,x)$

Ejemplo: `esPadreDe`

Transitividad. Si $P(x,y)$ y $P(y,z)$ entonces $P(x,z)$

Ejemplo: `viveCon`

Lógica descriptiva

Relaciones entre propiedades

Inversa: P es inversa de Q $\Rightarrow P(x,y) \Leftrightarrow Q(y,x)$

Ejemplo: `daClaseDe` es inversa de `tieneProfesor`

SubPropiedad: P subpropiedad de Q si $P(x,y) \Rightarrow Q(x,y)$

Ejemplo: `esHijoDe` es subpropiedad de `esDescendienteDe`

Lógica Descriptiva

Funcionalidad

Propiedad Funcional.

$P(x,y)$ y $P(x,z)$ entonces $y = z$

Ejemplo: **edad**

Propiedad Funcional inversa.

$P(x,y)$ y $P(z,y)$ entonces $x = z$

Ejemplo: **dni**

Claves. similares a las propiedades func. inversas

$P(x,y)$ y $P(z,y)$ entonces $x = z$.

Se definen en OWL 2 (específicas para una clase)

Ejemplo: **dni**

Lógica Descriptiva

Razonamiento

A partir de una base de conocimiento Σ se ofrecen varios mecanismos de inferencia:

1.- Satisfacibilidad de conceptos: De Σ no se deduce que $C \equiv \perp$

Ejemplo: Orgullosos \cap ReciénNacidos

2.- Subsunción: Deducir si un concepto está incluido en otro

$\Sigma \Rightarrow C \subseteq D$

Ejemplo: Orgullosos \subseteq Padres

Padre \equiv Persona $\cap \exists$ tieneHijo Persona
Orgullosos \equiv Persona $\cap \exists$ tieneHijo ReciénNacido
ReciénNacido \subseteq Persona
Padre $\subseteq \neg$ ReciénNacido

ReciénNacido(**Sergio**)
tieneHijo(**Jose**,**Sergio**)
Persona(**Jose**)

Lógica Descriptiva

Razonamiento

3.- Instanciación: $\Sigma \Rightarrow a \in C$

Ejemplo: Orgullosa(Jose)

4.- Recuperación de Información

Dado un concepto C, obtener a tales que $a \in C$

Ejemplo: ? Orgullosa

Jose

5.- Realización/Comprensión (realizability).

Dado un elemento a, obtener concepto más específico C tal que $a \in C$

Ejemplo: ? jose

Orgullosa

Padre \equiv Persona $\cap \exists$ tieneHijo Persona Orgullosa \equiv Persona $\cap \exists$ tieneHijo ReciénNacido ReciénNacido \subseteq Persona Padre $\subseteq \neg$ ReciénNacido
--

ReciénNacido(Sergio) tieneHijo(Jose,Sergio) Persona(Jose)

Lenguaje OWL

Definición de ontologías

Aunque OWL es un lenguaje basado en lógica descriptiva, existen varias sintaxis:

RDF (N3 ó RDF/XML)

Sintaxis abstracta

Sintaxis Manchester

Espacio de nombres:

<http://www.w3.org/2002/07/owl#>

Cabecera

Declarar una URI de la clase owl:Ontology

```
@prefix : <http://ejemplo.org#>.
```

```
@prefix owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>.
```

```
<> a owl:Ontology .
```


En la cabecera pueden incluirse diversas anotaciones

Anotaciones posibles:

rdfs:label	Etiqueta del recurso
rdfs:comment	Comentario del recurso
owl:versionInfo	Información sobre la versión del recurso
rdfs:seeAlso	Indica otro recurso con más información
rdfs:isDefinedBy	Indica que otro recurso contiene la definición
owl:imports	Indica la URI de una ontología que se va a incorporar a la ontología actual

```
@prefix : <http://ejemplo.org#>.
```

```
@prefix owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>.
```

```
: a owl:Ontology ;  
  rdfs:comment "Ejemplo de Ontologia" ;  
  owl:imports <http://paises.org> .
```

OWL

Definiciones básicas

```
:juan a :Alumno ;  
      :nombre "Juan Manuel" ;  
      :apellidos "Gallardo" ;  
      :esAmigoDe :pepe .
```

```
:pepe a :Alumno ;  
      :nombre "Jose Luis" ;  
      :apellidos "Torres" ;  
      :tieneProfesor :jj .
```

```
:jj a :Profesor ;  
    :nombre "Juan Jose" ;  
    :apellidos "Bravo" .
```

OWL Subclases

```
@prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>.
:Profesor rdfs:subClassOf :Persona .
:Alumno rdfs:subClassOf :Persona .
```

Existen 2 clases predefinidas:

- owl:Thing** - Contiene a todos los individuos
- owl:Nothing** - representa el conjunto vacío

OWL Propiedades

2 tipos de propiedades:

ObjectProperty - relaciona individuos

Ejemplo: `:daCLaseDe`

DatatypeProperty - relaciona un individuo con un valor

Ejemplo: `nombre`, `edad`

OWL

Dominio y rango

Las definiciones de dominio y rango se toman de RDF Schema

Dominio: Conjunto inicial

Rango: Conjunto final

```
:daClaseDe rdfs:domain :Profesor .  
:daClaseDe rdfs:range :Asignatura .
```

Nota: Las definiciones de dominio y rango pueden introducir poca flexibilidad en el modelo

Relaciones entre propiedades

rdfs:subPropertyOf: P es subpropiedad de Q, si $P(x,y)$
entonces $Q(x,y)$

`:esPadreDe rdfs:subPropertyOf :esProgenitor .`

owl:inverseOf: P es inversa de Q si $P(x,y) \Rightarrow Q(y,x)$

`:esPadreDe owl:inverseOf :esHijoDe .`

Propiedades disjuntas

P es disjunta de Q si $P(x,y) \Rightarrow \neg Q(x,y)$

Puede definirse propiedad a propiedad:

```
:tienePadre owl:propertyDisjointWith :tieneMadre .
```

...o para varias propiedades a la vez:

```
[] a owl:AllDisjointProperties ;  
   owl:members ( :tienePadre ,  
                  :tieneMadre ) .
```

Tipos de propiedades

owl:SymmetricProperty: $P(x,y) \Rightarrow P(y,x)$

Ejemplo: viveCon

owl:ASymmetricProperty: $P(x,y) \Rightarrow \neg P(y,x)$

Ejemplo: esPadreDe

owl:ReflexiveProperty: Para todo x , $P(x,x)$

Ejemplo: viveCon

owl:IrreflexiveProperty: Para todo x , $\neg P(x,x)$

Ejemplo: esPadreDe

owl:TransitiveProperty: $P(x,y) \wedge P(y,z) \Rightarrow P(x,z)$

Ejemplo: viveCon

:viveCon a owl:SymmetricProperty,
owl:ReflexiveProperty,
owl:TransitiveProperty.

Propiedades funcionales

owl:FunctionalProperty: $P(x,y)$ y $P(x,z) \Rightarrow y = z$

Ejemplo: tieneMadre

owl:InverseFunctionalProperty: $P(x,y)$ y $P(z,y) \Rightarrow x = z$

– Ejemplos: esMadreDe, dni

:tieneMadre a owl:FunctionalProperty.

owl:hasKey: Define una clave para una clase.

Una clave es un conjunto de valores de propiedades que identifican únicamente a un elemento.

:Persona owl:hasKey (:dni :nombre).

Restricciones de propiedades Existencial

owl:someValuesFrom: Al menos un valor debe pertenecer a una clase

```
:Padre owl:equivalentClass [  
  a owl:Restriction ;  
  owl:onProperty :tieneHijo ;  
  owl:someValuesFrom :Persona  
].
```

Notación en lógica descriptiva: $\text{Padre} \equiv \text{Persona} \cap \exists \text{ tieneHijo Persona}$

Notación en
lógica de predicados:

$\forall x(\text{Padre}(x) \leftrightarrow (\text{Persona}(x) \wedge \exists y(\text{tieneHijo}(x,y) \wedge \text{Persona}(y))))$

Restricciones de propiedades Universal

owl:allValuesFrom: Todos los valores deben pertenecer a una clase

```
[ ] a owl:Class ;  
  owl:intersectionOf ( :Person :Feliz ) ;  
  owl:equivalentClass [ a owl:Restriction ;  
                        owl:onProperty :hasChild ;  
                        owl:allValuesFrom :Feliz ] .
```

Notación en lógica descriptiva:

$\text{Persona} \cap \text{Feliz} \equiv \forall \text{ tieneHijo } \text{Feliz}$

Notación en
lógica de predicados:

$\forall x(\text{Persona}(x) \wedge \text{Feliz}(x) \leftrightarrow \forall y(\text{tieneHijo}(x,y) \rightarrow \text{Feliz}(y)))$

Restricciones de propiedades Valores

owl:hasValue: Debe contener un valor determinado

```
:HijosDeJuan owl:equivalentClass  
  [ a owl:Restriction ;  
    owl:onProperty :esHijoDe ;  
    owl:hasValue :Juan  
  ].
```

Notación en
lógica de predicados:

$$\forall x(\text{HijosDeJuan}(x) \leftrightarrow \text{esHijoDe}(x, \text{Juan}))$$

Cardinalidades

owl:cardinality: N valores exactos

owl:minCardinality: Al menos N valores

owl:maxCardinality: N valores como mucho

```
:Persona owl:equivalentClass
  [ a owl:Restriction ;
    owl:onProperty :esHijoDe ;
    owl:cardinality "2"^^xsd:nonNegativeInteger ;
  ].
```

Cardinalidades cualificadas

owl:qualifiedCardinality: N valores exactos de una clase

owl:minQualifiedCardinality: Al menos N valores de una clase

owl:maxQualifiedCardinality: N valores como mucho de una clase

```
:DosHijosDoctores owl:equivalentClass
  [ a owl:Restriction ;
    owl:onProperty :esPadreDe ;
    owl:qualifiedCardinality "2"^^xsd:nonNegativeInteger ;
    owl:onClass :Doctor
  ].
```

Conjuntos por enumeración

`owl:oneOf` define un conjunto de valores

```
:Estacion a owl:Class ;  
  owl:OneOf (  
    :Primavera  
    :Otonio  
    :Verano  
    :Invierno  
  ) .
```

Operaciones de conjuntos

owl:unionOf define la unión de varias clases

```
:Progenitor owl:equivalentClass  
  [ a owl:Class ;  
    owl:unionOf ( :Padre :Madre )  
  ].
```

owl:intersectionOf define la intersección de unas clases

```
:Madre owl:equivalentClass [ a owl:Class ;  
  owl:intersectionOf ( :Progenitor :Mujer )  
].
```

owl:complementOf

```
:PersonaSinHijos owl:equivalentClass  
  [ a owl:Class ;  
    owl:intersectionOf ( :Persona [ owl:complementOf :Progenitor ] )  
  ].
```


Clases disjuntas

owl:disjointWith

```
:Persona owl:disjointWith :Asignatura .  
:Asignatura owl:disjointWith :Ciudad .  
:Ciudad owl:disjointWith :Asignatura .
```

owl:allDisjointClasses

```
[] a owl:AllDisjointClasses ;  
owl:members (:Persona :Asignatura :Ciudad)
```

Equivalencia

`owl:sameAs` establece que 2 individuos son el mismo

`owl:equivalentClass` establece que 2 clases son la misma

`owl:equivalentProperty` establece que 2 propiedades son la misma

Individuos diferentes

owl:differentFrom

```
:Juan owl:differentFrom :Pepe .  
:Juan owl:differentFrom :Luis .  
:Luis owl:differentFrom :Pepe .
```

owl:AllDifferent

```
[] a owl:AllDifferent ;  
owl:distinctMembers (:Juan :Pepe :Luis) .
```

Declaraciones negativas

`owl:negativePropertyAssertion` permite declarar que no se cumple una propiedad

Hay que indicar la propiedad, el sujeto y el objeto.

Ejemplo: Declara que Juan no es padre de Ana

```
[ ] a owl:NegativePropertyAssertion ;  
  owl:sourceIndividual :Juan ;  
  owl:assertionProperty :esPadreDe ;  
  owl:targetIndividual :Ana .
```

Cadenas de propiedades

`owl:propertyChainAxiom` define una cadena de propiedades

```
:esAbueloDe owl:propertyChainAxiom
  ( :esPadreDe
    :esPadreDe
  ).

:esTioDe owl:propertyChainAxiom
  ( :esHermanoDe
    :esPadreDe
  ).
```

Restricciones self

Define la clase de todos los individuos que se relacionan consigo mismos mediante una propiedad

```
:Autonomo a owl:Class;  
  owl:equivalentClass [  
    a owl:SelfRestriction ;  
    owl:onProperty :alimentaA  
  ].
```

OWL Sintaxis XML

OWL se basa en RDF (utiliza sintaxis XML de RDF)
También existen otras formas sintácticas más sencillas
Las ontologías comienzan por owl:Ontology

```
<owl:Ontology rdf:about="http://www.uniovi.es/ontologia_1.1">  
  <rdfs:comment>Ejemplo de Ontología</rdfs:comment>  
  <owl:priorVersion  
    rdf:resource="http://www.uniovi.es/ontologia_1.0"/>  
  <owl:imports  
    rdf:resource="http://www.uniovi.es/personas"/>  
  <rdfs:label>Ontología de la Universidad</rdfs:label>  
</owl:Ontology>
```

owl:imports es una propiedad transitiva

Clases en OWL

Las clases se definen mediante owl:Class

owl:Class es una subclase de rdfs:Class

Clases equivalentes mediante equivalentClass

```
<owl:Class rdf:ID="Profesor">  
  <owl:equivalentClass rdf:resource="#PersonalDocente"/>  
</owl:Class>
```

owl:Thing es la clase más general

owl:Nothing es la clase vacía

Las clases disjuntas se definen mediante owl:disjointWith

```
<owl:Class rdf:about="#ProfesorAsociado">  
  <owl:disjointWith rdf:resource="#catedrático"/>  
  <owl:disjointWith rdf:resource="#titular"/>  
</owl:Class>
```

Propiedades en OWL

2 tipos de propiedades

Propiedades de Objetos relacionan un objeto con otro objeto. ej.
"esHijoDe"

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="esHijoDe">  
  <owl:domain rdf:resource="#Persona"/>  
  <owl:range rdf:resource="#Persona"/>  
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="#esDescendienteDe"/>  
</owl:ObjectProperty>
```

Propiedades de tipos de datos relacionan un objeto con valores de tipos de datos (enteros, literales, etc.), ej. "edad"

Habitualmente, se utilizan los tipos de datos de XML Schema

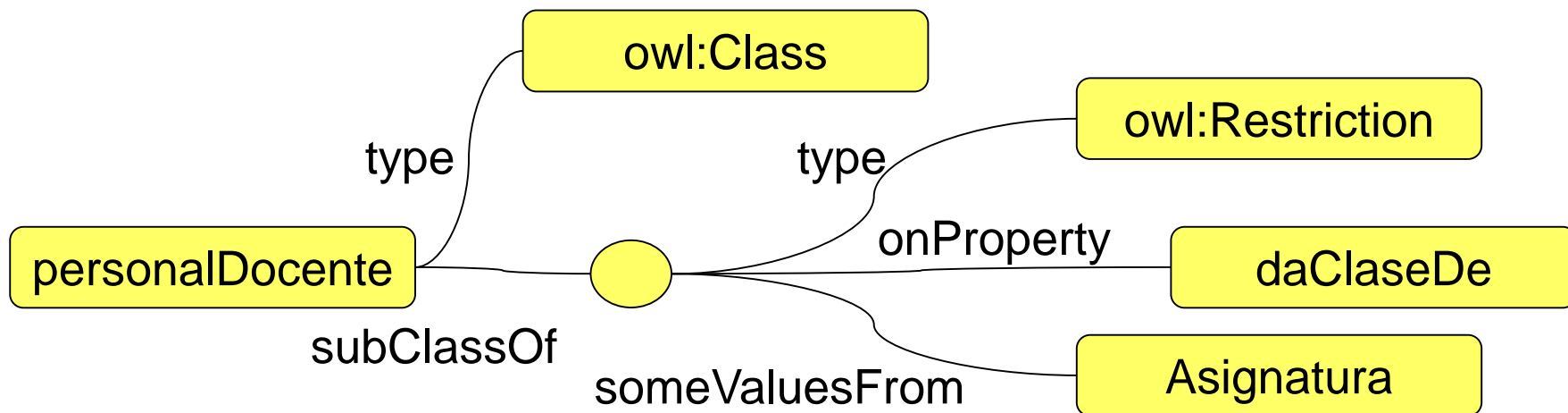
```
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="edad">  
  <rdfs:range  
    rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#nonNegativeInteger"/>  
</owl:DatatypeProperty>
```

Definición de Clases

Clases como restricciones de propiedades

```
<owl:Class rdf:about="#personalDocente">  
  <rdfs:subClassOf>  
    <owl:Restriction>  
      <owl:onProperty rdf:resource="#daClaseDe"/>  
      <owl:someValuesFrom rdf:resource="#Asignatura"/>  
    </owl:Restriction>  
  </rdfs:subClassOf>  
</owl:Class>
```

personalDocente $\subseteq \exists$ daClaseDe Asignatura



Propiedades en OWL

Restricciones

allValuesFrom (\forall) indica que todos los valores deben ser de un tipo

NOTA: Los que no tiene ningún valor, también cumplen la condición

someValuesFrom (\exists) Al menos un valor de la propiedad debe tener un tipo

Ejemplo: Un estudiante es una persona que cursa al menos una asignatura

hasValue Al menos uno de los valores tiene un valor
minCardinality, **maxCardinality** restringen el número máximo/mínimo de valores

Propiedades en OWL

Combinaciones booleanas

Combinaciones booleanas

complementOf, unionOf, intersectionOf

```
<owl:Class rdf:ID="personasUniversidad">  
  <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">  
    <owl:Class rdf:about="#personalDocente"/>  
    <owl:Class rdf:about="#estudiantes"/>  
    <owl:Class rdf:about="#PAS"/>  
  </owl:unionOf>  
</owl:Class>
```

Propiedades en OWL

Enumeraciones

oneOf permite realizar enumeraciones

```
<owl:oneOf rdf:parseType="Collection">  
  <owl:Thing rdf:about="#Lunes"/>  
  <owl:Thing rdf:about="#Martes"/>  
  <owl:Thing rdf:about="#Miércoles"/>  
  <owl:Thing rdf:about="#Jueves"/>  
  <owl:Thing rdf:about="#Viernes"/>  
  <owl:Thing rdf:about="#Sábado"/>  
  <owl:Thing rdf:about="#Domingo"/>  
</owl:oneOf>
```

Individuos en OWL

Se declaran igual que en RDF

```
<rdf:Description rdf:ID="jose">  
  <rdf:type rdf:resource= "#profesor"/>  
</rdf:Description>
```

```
<personalDocente rdf:ID="jose">  
  <uni:edad rdf:datatype="&xsd;integer">35<uni:edad>  
</personalDocente>
```

OWL – Web semántica

No asume nombres únicos

Web = modelo abierto

Información incompleta

2 URIs diferentes podrían identificar el mismo objeto

No soporta UNA (Unique name assumption)

Permite **inferir** que 2 elementos son iguales

No está pensado para validar modelos

Ejemplo

Persona \subseteq tienePadre = 1

tienePadre(luis,jose)
tienePadre(luis,pepe)
Persona(luis)

No indica error en el modelo

Infiere que “pepe” y “jose” son iguales

OWL – Web Semántica

Asumción de mundo abierto

Web = Sistema abierto

Sistemas tradicionales usaban *closed world assumption*

En OWL se usa *open world assumption*

Ejemplo

$\text{Soltero} \subseteq \neg \exists \text{ estaCasadoCon Persona}$
 $\text{Casado} \subseteq \exists \text{ estaCasadoCon Persona}$

Persona(pepe)
Persona(Maria)
Persona(luis)
estaCasadoCon(maria,pepe)
Casado(luis)

El sistema infiere que
María está casada

El sistema no infiere que
pepe esté casado ni soltero

El sistema infiere que luis
Está casado con alguien...
pero no sabe con quién.

Herramientas para manipulación de documentos OWL

Protègè (<http://protege.stanford.edu>) es una herramienta para creación de ontologías desarrollada en Stanford (se basa en Frames)

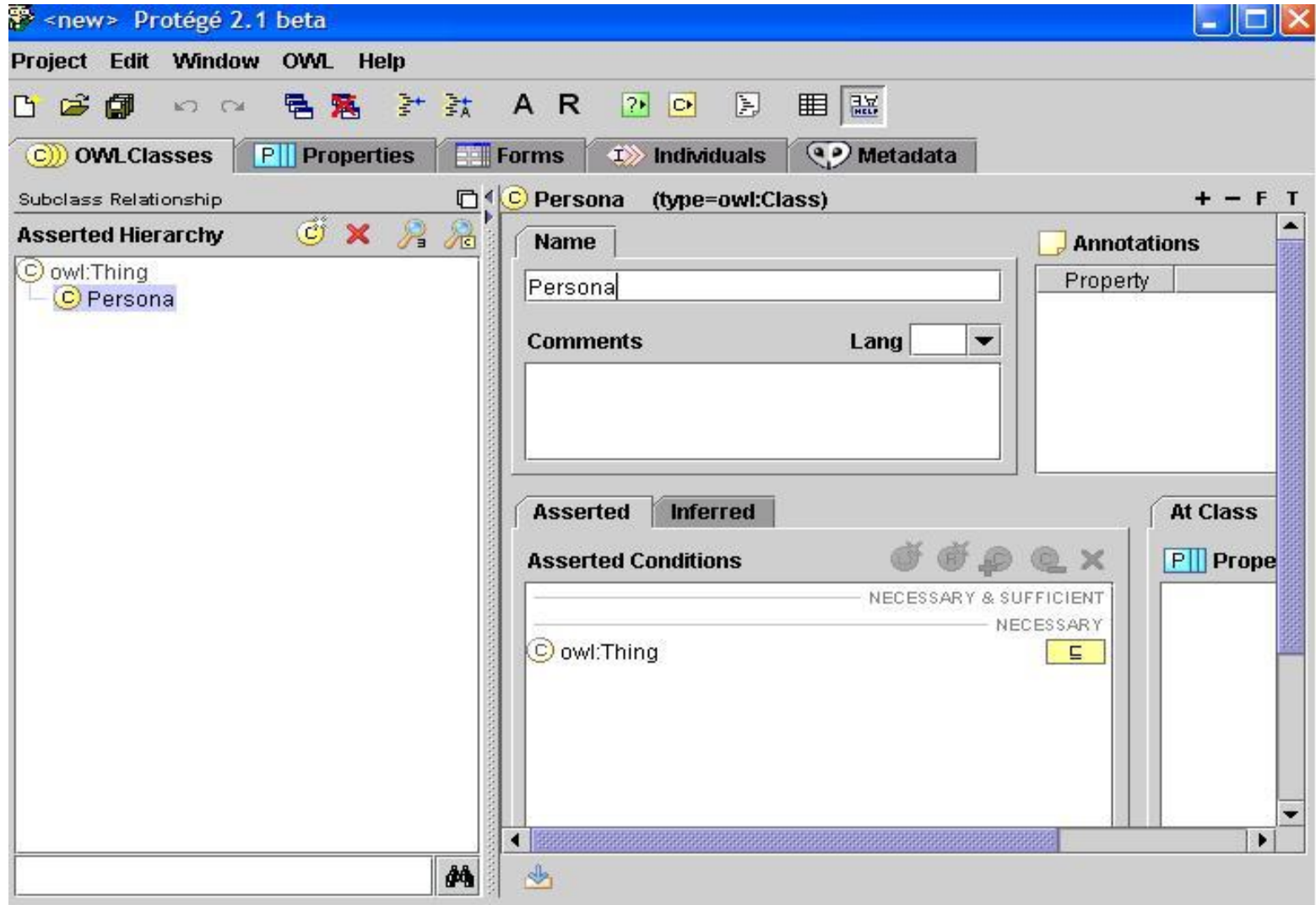
Arquitectura que facilita el desarrollo de plugins

Plugin para edición de documentos OWL

Swoop: Herramienta inspirada en un visualizador web con la posibilidad de editar ontologías

TopBraid (Comercial)

OWL Herramientas



Ejercicio. Resolver el Problema de Einstein en OWL

Problema propuesto por Einstein y traducido a varios idiomas conservando su lógica. Einstein aseguraba que el 98% de la población mundial sería incapaz de resolverlo.

Condiciones iniciales:

- Tenemos cinco casas, cada una de un color.
- Cada casa tiene un dueño de nacionalidad diferente.
- Los 5 dueños beben una bebida diferente, fuman marca diferente y tienen mascota diferente.
- Ningún dueño tiene la misma mascota, fuma la misma marca o bebe el mismo tipo de bebida que otro.

Datos:

1. El noruego vive en la primera casa, junto a la casa azul.
2. El que vive en la casa del centro toma leche.
3. El inglés vive en la casa roja.
4. La mascota del Sueco es un perro.
5. El Danés bebe té.
6. La casa verde es la inmediata de la izquierda de la casa blanca.
7. El de la casa verde toma café.
8. El que fuma PallMall cría pájaros.
9. El de la casa amarilla fuma Dunhill.
10. El que fuma Blend vive junto al que tiene gatos.
11. El que tiene caballos vive junto al que fuma Dunhill.
12. El que fuma BlueMaster bebe cerveza.
13. El alemán fuma Prince.
14. El que fuma Blend tiene un vecino que bebe agua.

¿Quién tiene peces por mascota?

Sistemas de Inferencia

Hermit (Java) razonador OWL 2

Pellet (Java) incluye razonador para OWL 2

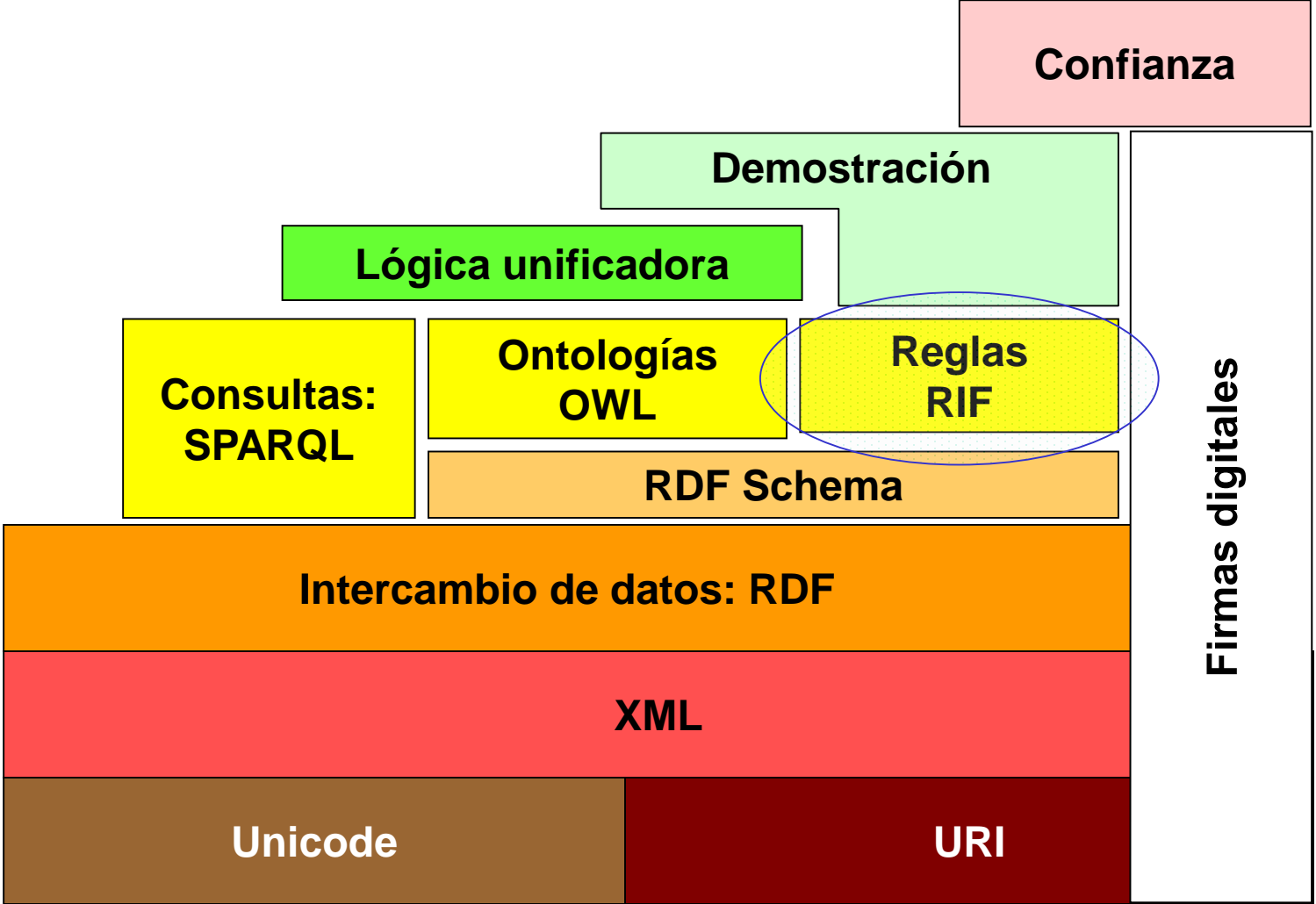
Soporte en línea de comandos o mediante interfaz DIG

Fact++ (C++) razonador

RACER. Sistema de inferencia implementado en Lisp

JENA. API Java para RDF. Incluye sistema de inferencia

RIF: Reglas



Ampliaciones Reglas

Las Cláusulas Horn son la base de la programación lógica

SWRL (Semantic Web Rule Language) es una propuesta de creación de un lenguaje de reglas que añade reglas tipo Prolog a OWL

Orígenes: RuleML (Iniciativa internacional)

RIF (Rule Interchange Format) = Intercambio de reglas

$\text{hermano}(x,y) \wedge \text{progenitor}(y,z) \rightarrow \text{tío}(x,z)$

$\text{hermano} . \text{progenitor} \subseteq \text{tío}$

Problema: Indecidible al unirse con OWL

Monotonicidad y Reglas

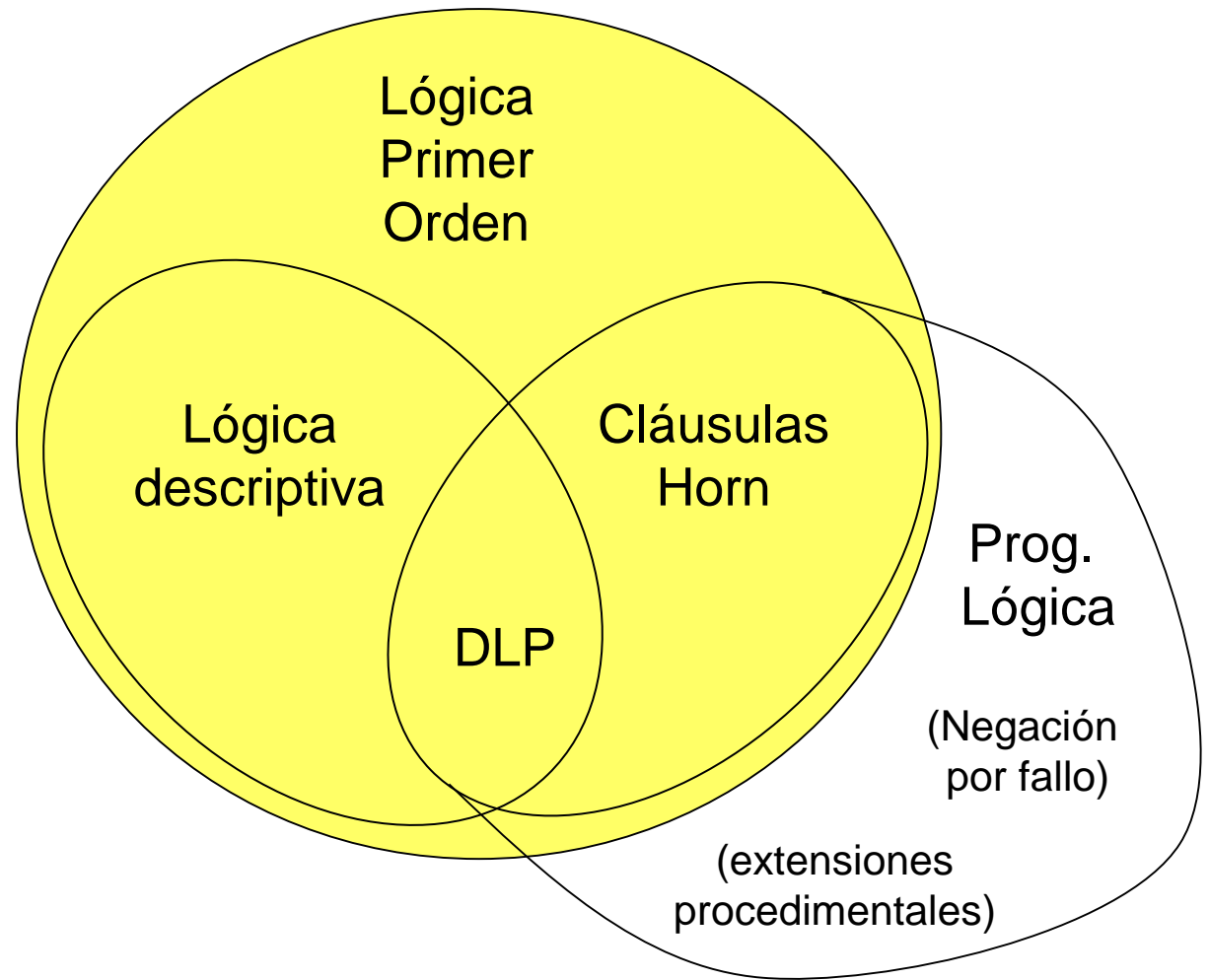
Problema: negación por fallo

Lógica de primer orden es monótona

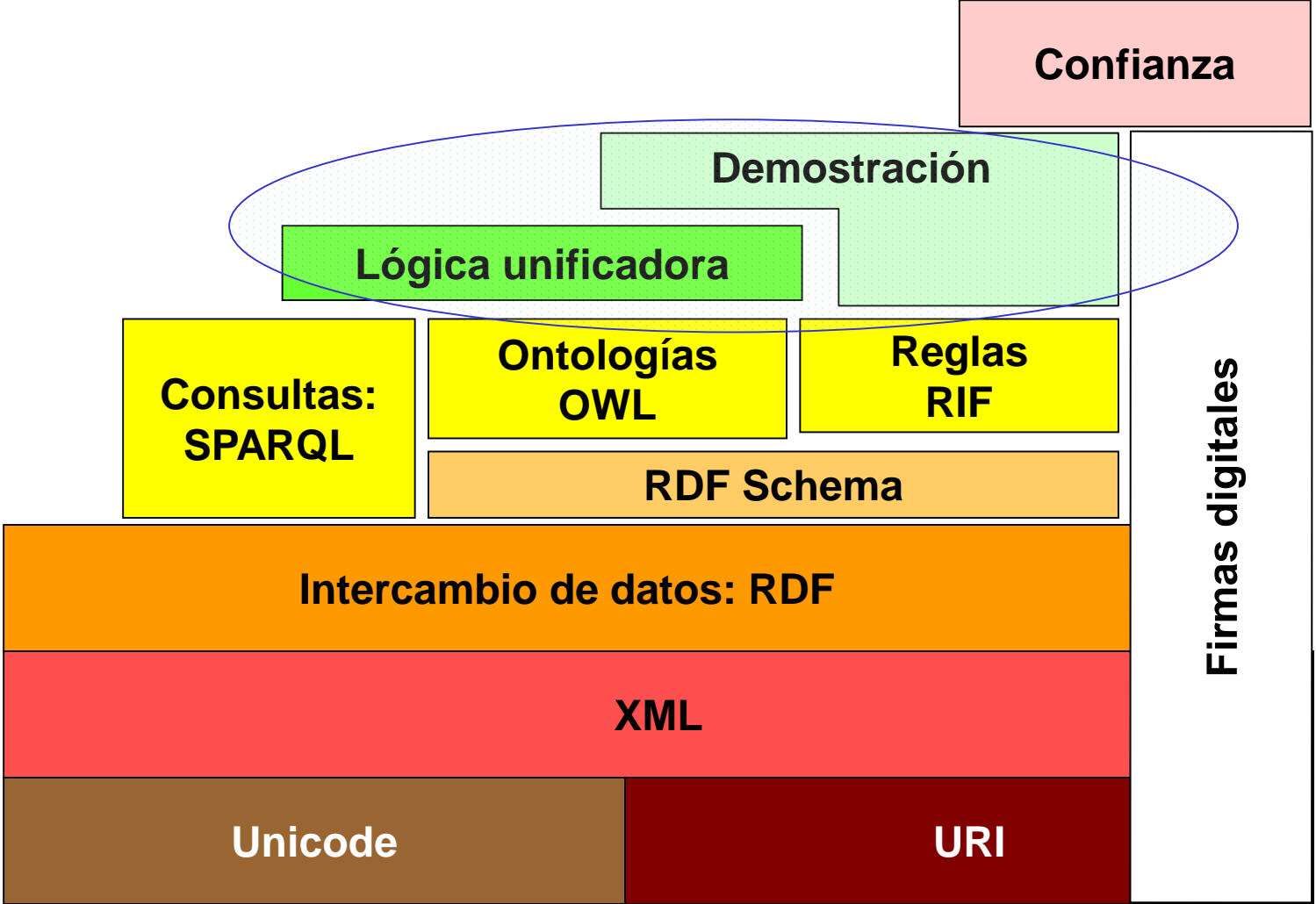
Negación por fallo no es monótona

Programación lógica con negación por fallo no es un subconjunto de lógica de primer orden

Interacción entre programación lógica y lógica descriptiva



Lógica y Demostración



Sistema de Inferencia Semantic Tableaux

Semantic Tableaux

- Detecta si es insatisfacible

- Va buscando modelos que cumplan las condiciones

- Va generando un árbol de posibles modelos

- Cierra las ramas cuando encuentra inconsistencias (clash)

Expresividad vs. Decidibilidad

- Sopa de letras

<http://www.cs.man.ac.uk/~ezolin/logic/complexity.html>

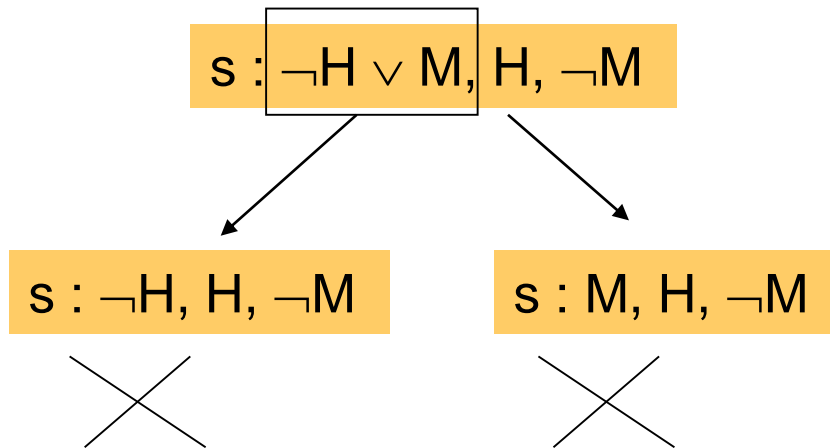
Semantic Tableaux Ejemplo

Hombre \subseteq Mortal

~~Hombre(Sócrates)~~
Mortal(Sócrates)

Razonamiento: $\{ H \subseteq M, H(s) \} \Rightarrow M(s)$

Forma normal: $\{ \neg H \vee M, H(s), \neg M(s) \}$



Regla de inferencia:
Si A contiene $x : C \vee D$ entonces
 $A' = A \cup x : C$
 $A' = A \cup x : D$

Semantic Tableaux

Algunas Reglas de inferencia

Si A contiene $x : C \vee D$ entonces

$$A' = A \cup x : C$$

$$A' = A \cup x : D$$

Si A contiene $x : C \wedge D$ entonces

$$A' = A \cup x : C, D$$

Si A contiene $x : \exists R C$ y $\nexists z$ tal que $R(x,z)$ y $z : C$ entonces

$$A' = A \cup \{ y : C, R(x,y) \} \text{ para un } y \notin A$$

Si A contiene $x : \forall R C$ y $R(x,y)$ pero no contiene $y : C$

$$A' = A \cup y : C$$

Semantic Tableaux

Otro ejemplo

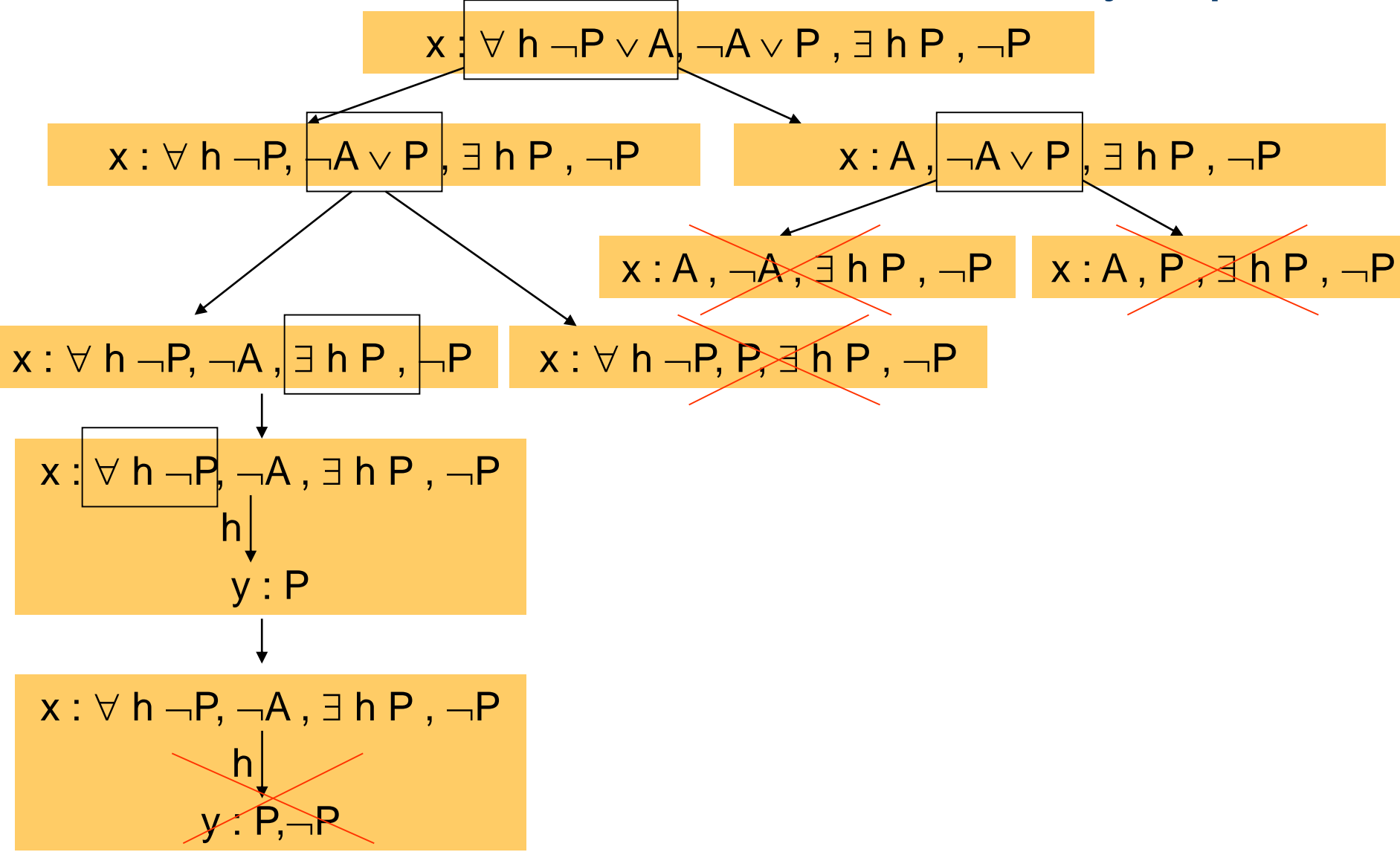
$\{ \exists \text{ hijo Persona} \subseteq \text{Padre}, \text{Padre} \subseteq \text{Persona} \} \Rightarrow \exists \text{ hijo Persona} \subseteq \text{Persona}$

Cambiando nombres: $\{ \exists h P \subseteq A, A \subseteq P \} \Rightarrow \exists h P \subseteq P$

Forma normal: $\{ \forall h \neg P \vee A, \neg A \vee P, \exists h P, \neg P \}$

Semantic Tableaux

Otro ejemplo



Semantic Tableaux

Otro ejemplo

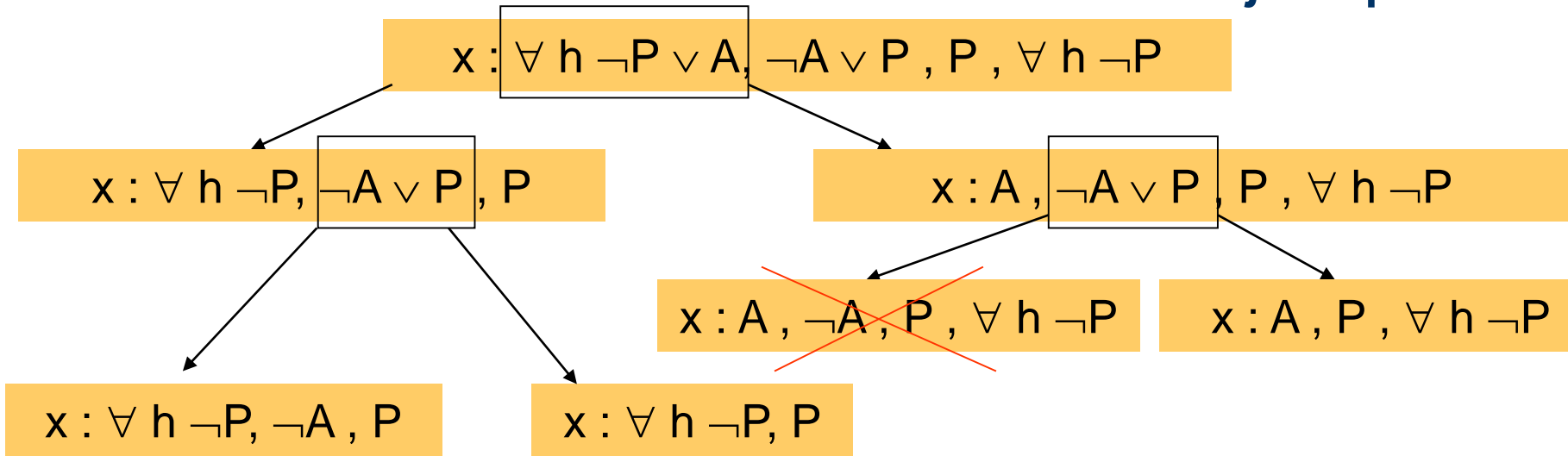
$\{ \exists \text{ hijo Persona} \subseteq \text{Padre}, \text{Padre} \subseteq \text{Persona} \} \Rightarrow \text{Persona} \subseteq \exists \text{ hijo Persona}$

Cambiando nombres: $\{ \exists h P \subseteq A, A \subseteq P \} \Rightarrow P \subseteq \exists h P$

Forma normal: $\{ \forall h \neg P \vee A, \neg A \vee P, P, \forall h \neg P \}$

Semantic Tableaux

Otro ejemplo



Se encuentra un modelo \Rightarrow No se cumple

Otros tutoriales

OWL2 and SWRL Tutorial

<http://dior.ics.muni.cz/~makub/owl/>

Fin de la Presentación



NOTA: *Esta presentacion se difunde unicamente con fines divulgativos.
Las imagenes utilizadas pueden pertenecer a terceros y por tanto son propiedad
de sus autores.*