

Sistemas Basados en Conocimiento

Reglas, Ontologías y Grafos

David Chaves-Fraga

CiTIUS@Universidade de Santiago de Compostela

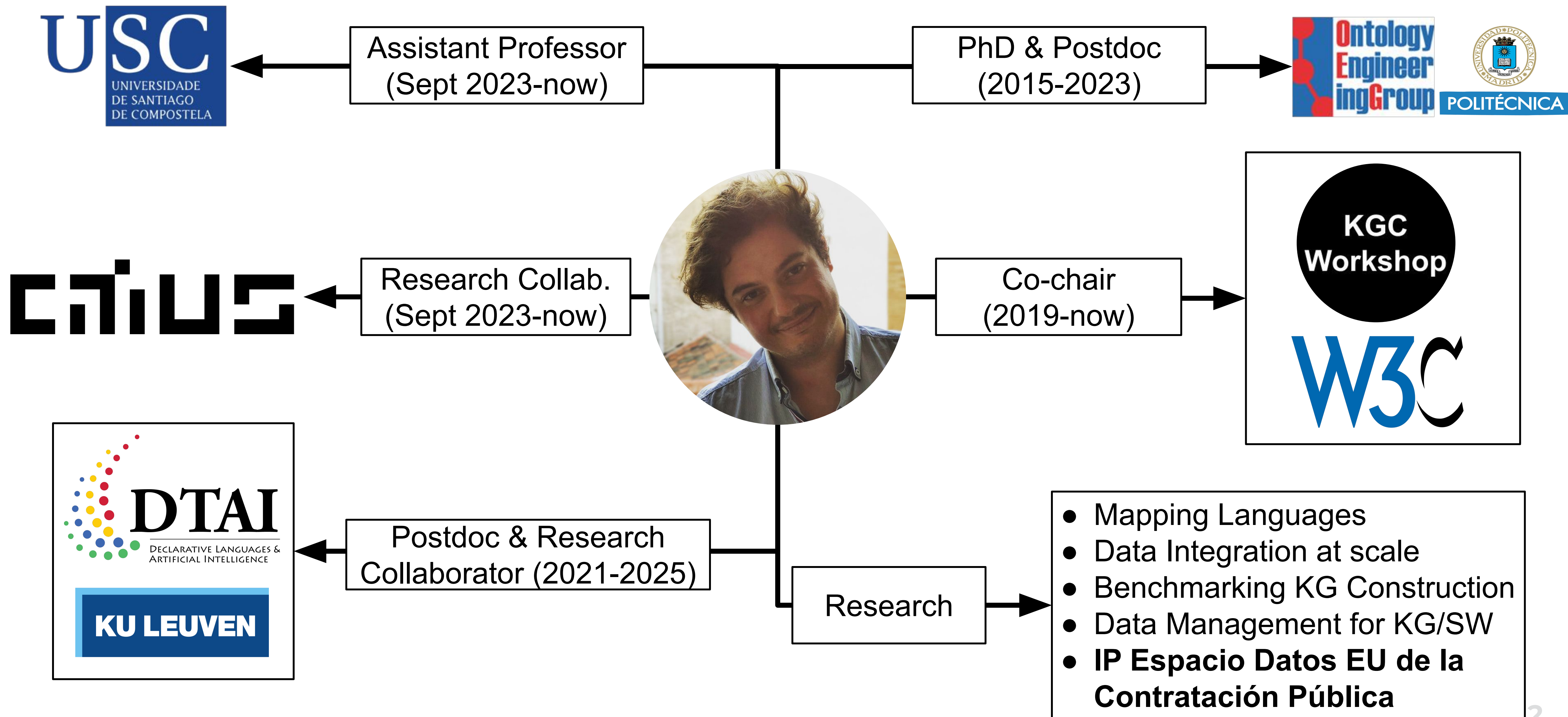
david.chaves@usc.es

<https://davidchavesfraga.com>



Singular Research Center on
Intelligent technologies

Quién soy? EI KG

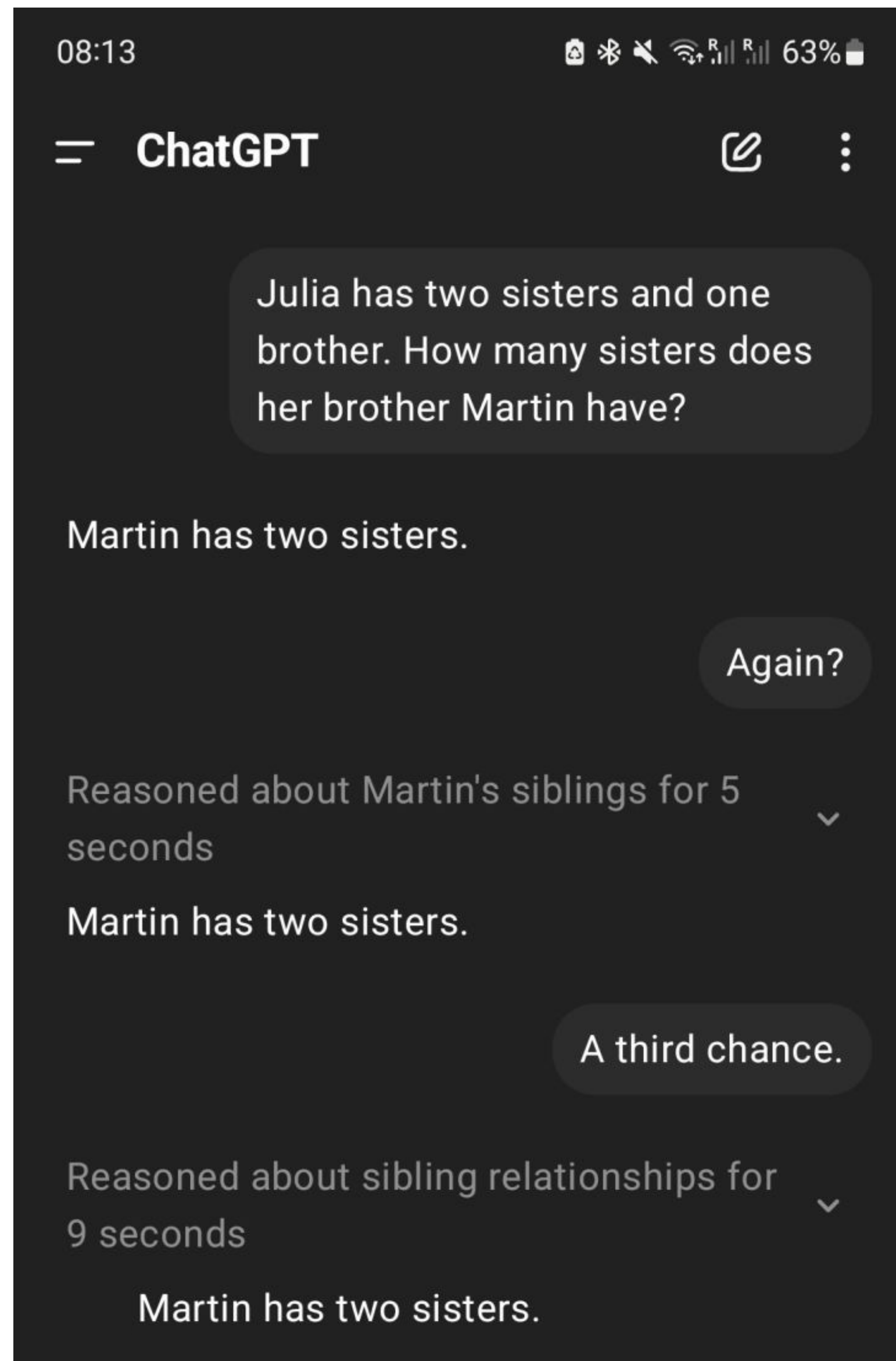




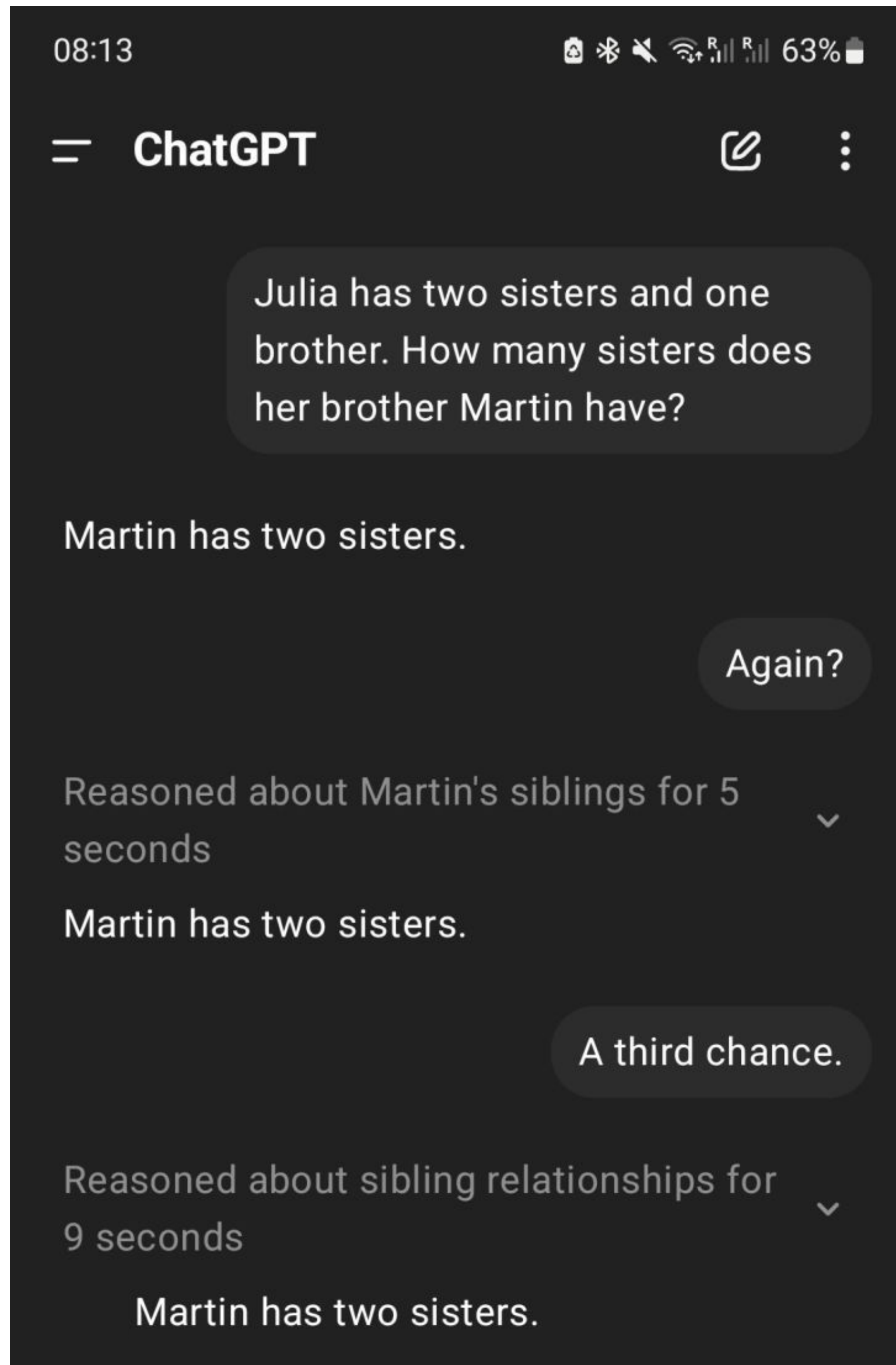
Vamos a empezar con un juego...

Julia tiene dos hermanas y un hermano.
¿Cuántas hermanas tiene su hermano Martín?

Pregúntemosle a ChatGPT...



Pregúntemosle a ChatGPT...



— Take away messages....

No hay un único tipo de “IAs”

Las IAs híbridas (*neuro-symbolic*) son el presente/futuro

Mecanismos para asegurar interoperabilidad semántica

El conocimiento debe ser explícito



Contenidos

1. Introducción a la Inteligencia Artificial Simbólica
2. Sistemas basados en reglas
3. Ontologías y Grafos de Conocimiento
4. Ejemplos en el mundo de la salud



Contenidos

- 1. Introducción a la Inteligencia Artificial Simbólica**
2. Sistemas basados en reglas
3. Ontologías y Grafos de Conocimiento
4. Ejemplos en el mundo de la salud

¿Qué es el conocimiento desde el punto de vista de la IA?



Conocimiento: algo que se sabe y que puede expresarse por escrito.
("El paracetamol es un medicamento.")

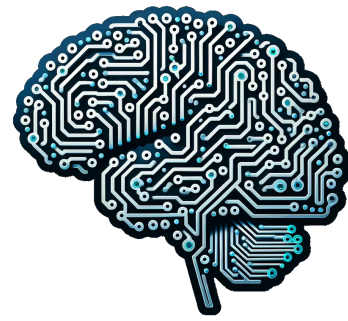
El conocimiento puede estar compuesto **por afirmaciones simples o complejas** (cuantificadas).
("Algunos medicamentos antiinflamatorios pueden causar efectos secundarios gastrointestinales")

Para las afirmaciones complejas, se necesita una forma más expresiva de representar el conocimiento, como por ejemplo **mediante ontologías o reglas.**



Hogan, A., Blomqvist, E., Cochez, M., d'Amato, C., Melo, G. D., Gutierrez, C., ... & Zimmermann, A. (2021). Knowledge graphs. *ACM Computing Surveys (Csur)*, 54(4), 1-37.

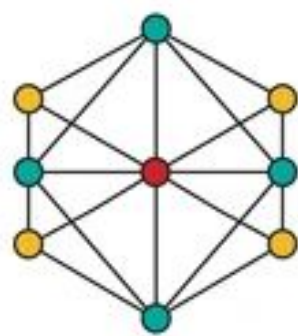
¿Qué es la IA simbólica?



Rama de la IA que representa conocimiento explícitamente mediante símbolos.

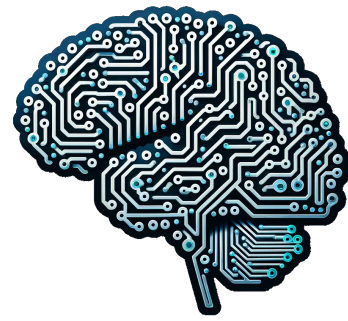


Utiliza reglas, hechos, relaciones semánticas y lógica para razonar
(como lo haría un experto).

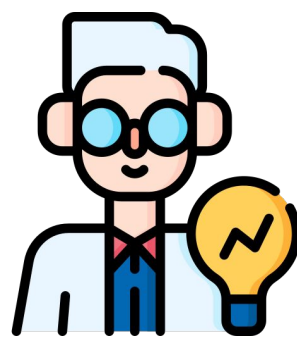


En lugar de “aprender” de datos, aplica conocimiento estructurado.

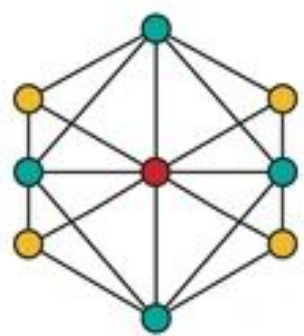
¿Qué es la IA simbólica?



Rama de la IA que representa conocimiento explícitamente mediante símbolos.



Utiliza reglas, hechos, relaciones semánticas y lógica para razonar *(como lo haría un experto)*.



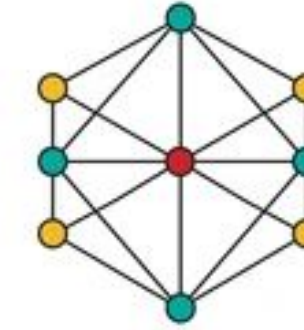
En lugar de “aprender” de datos, aplica conocimiento estructurado.

La IA “tradicional” y “vieja” pero clave hoy en día por su explicabilidad y rigor.

IA Simbólica VS conexionista

Característica

IA simbólica



IA conexionista



Basada en datos



Basada en conocimiento



Explicabilidad

Alta

Baja

Aprendizaje automático



Tipo de razonamiento

Deducción
(lógica formal)

Inducción
(a partir de datos)

Razonamiento lógico para los SBC

1. **Lógica proposicional:** Usa proposiciones simples (verdadero/falso), sin variables.
Poco expresiva, pero útil en reglas simples.

$$\neg \text{lueve} \rightarrow \text{calleMojada}$$

2. **Lógica de primer orden (First-Order Logic, FOL):** Usa predicados, variables y cuantificadores (\forall , \exists).
Muy expresiva, pero el razonamiento es computacionalmente costoso.

$$\forall x (\text{Humano}(x) \rightarrow \text{Mortal}(x))$$

3. **Lógica descriptiva (Description Logic, DL):** Subconjunto de la FOL con restricciones para garantizar decidibilidad.
Equilibrio entre expresividad y eficiencia. Base formal de las ontologías OWL.

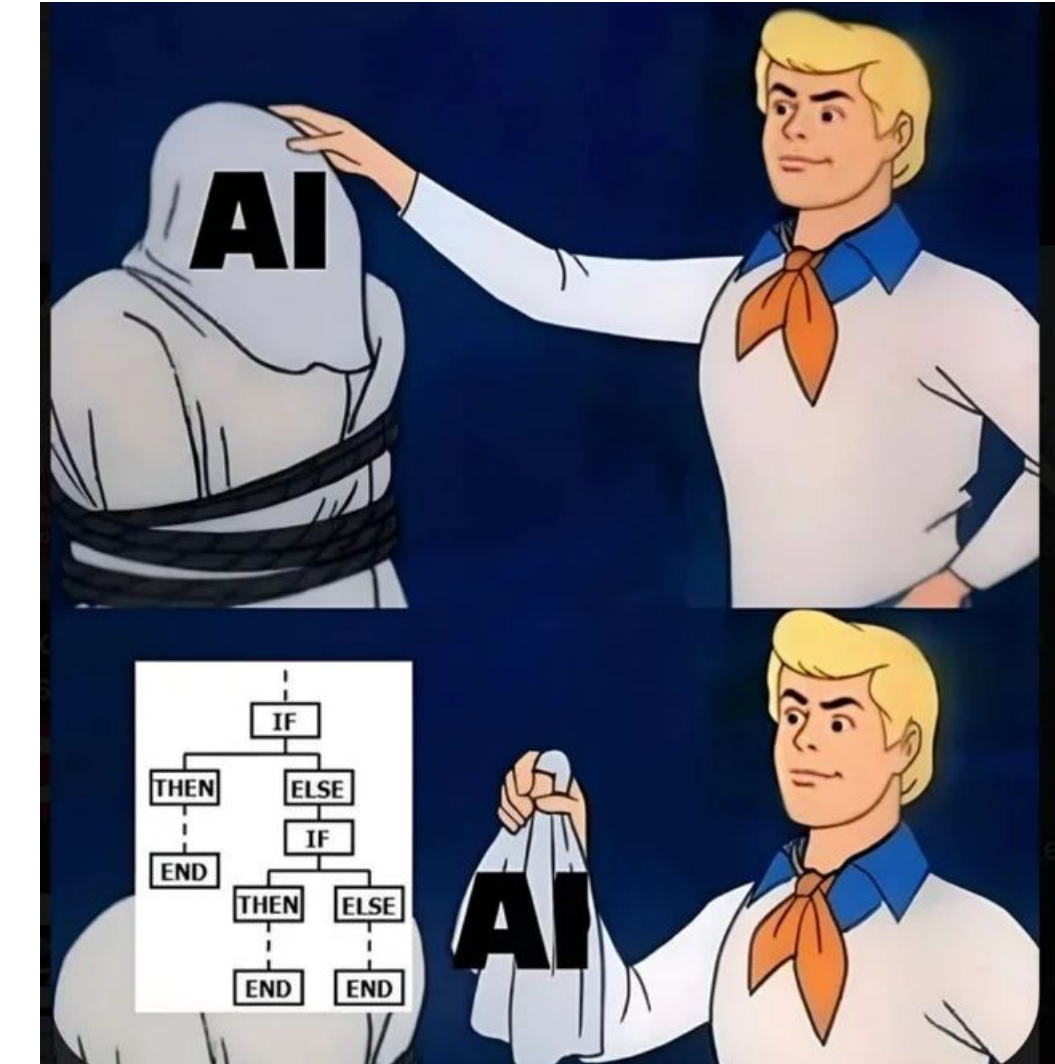
$$\text{Doctor} \sqsubseteq \text{Persona} \sqcap \exists \text{tieneLicencia.Médica}$$

Contenidos

1. Introducción a la Inteligencia Artificial Simbólica
- 2. Sistemas basados en reglas (FOL)**
3. Ontologías y Grafos de Conocimiento (DL)
4. Ejemplos en el mundo de la salud

Sistemas basados en reglas

Sistemas inteligentes que **replican el razonamiento humano** para resolver un problema.



Se basan en **conocimiento específico del dominio** en el que se quiere actuar (por ejemplo, la medicina, el transporte, etc.).

Utilizan reglas lógicas como, por ejemplo:

- Si un paciente tiene fiebre y tos, entonces podría tener una infección respiratoria.
- Si un paciente es alérgico a la penicilina, entonces no se le debe prescribir amoxicilina.
- Si la presión arterial sistólica es mayor de 140 mmHg, entonces se considera hipertensión.

Sistemas basados en reglas II

Originarios de las décadas de 1960 y 1970. Gran impacto en la década de 1980:

- **DENDRAL**, Universidad de Stanford, 1965–1975: Identificación de moléculas orgánicas.
- **MYCIN**, Stanford Research Institute, década de 1970: Diagnóstico de enfermedades infecciosas transmitidas por la sangre. (https://youtu.be/a65uwr_O7mM?si=Q2pq7Mi9SMqILdY-)
- **CADUCEUS**, Universidad de Pittsburgh, década de 1980: Extensión de MYCIN a toda la medicina interna.

Muy útiles en dominios complejos y especializados donde no existe una solución algorítmica clara, pero sí existe conocimiento suficiente para resolver el problema.

Componentes del SBC

Base de conocimiento: Conocimiento explícito para la toma de decisiones.

→ *Si un paciente tiene fiebre y tos, entonces podría tener una infección respiratoria.*

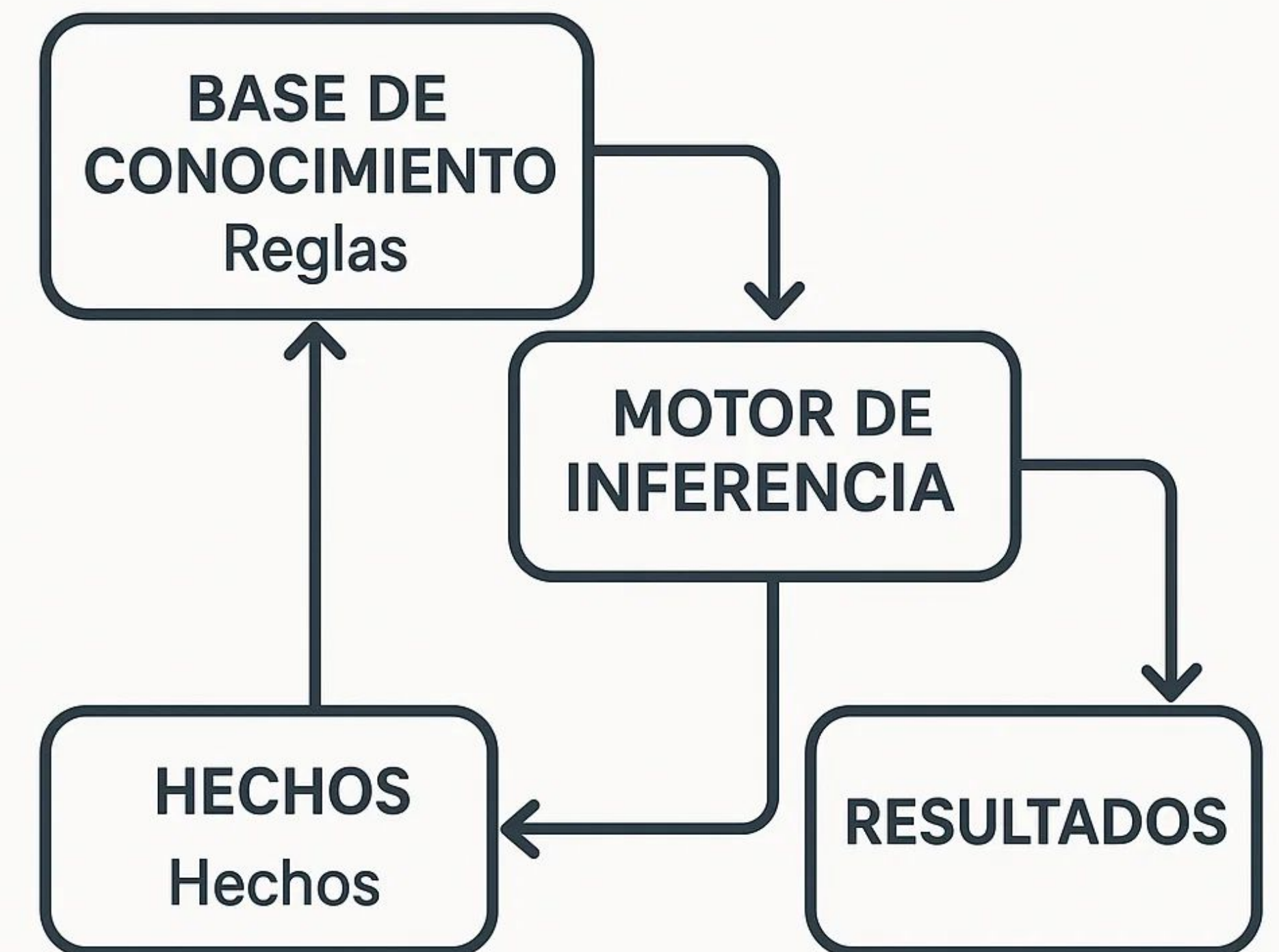
Base de hechos: Información concreta del dominio.

→ *El paciente tiene fiebre y tos.*

Motor de inferencias: Mecanismo que aplica el conocimiento a los hechos para inferir nuevo conocimiento.

→ *El paciente tiene fiebre y tos → Podría tener una infección respiratoria.*

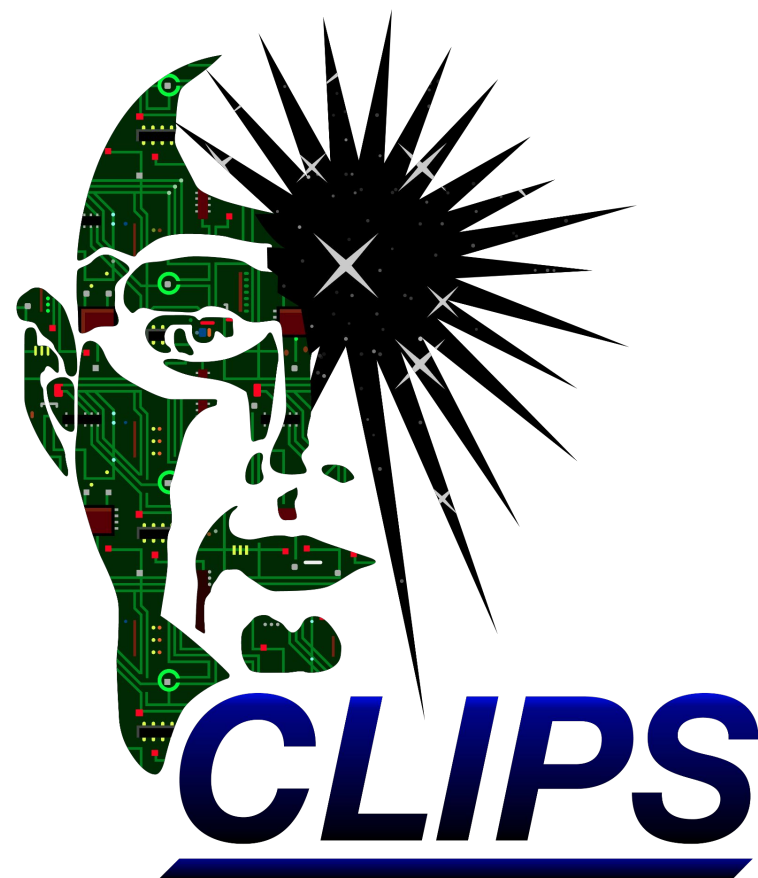
MODELO DE IA BASADO EN REGLAS



Ejemplos de SBR*



→ Encadenamiento hacia delante



- Se parte del **conocimiento disponible** (hecho).
- **Se activan las reglas** correspondientes hasta encontrar una posible solución.

← Encadenamiento hacia atrás



- Se parte del **objetivo** (el problema o la cuestión a resolver).
- Se analiza **que reglas hay que satisfacer** para cumplirlo.

* Estos sistemas trabajan con la hipótesis de mundo cerrado: “Si no lo sé, entonces es que es falso”

Ejemplo de programa en prolog

```
enfermedad(fibrilacion_auricular).
medicamento(sintrom).
principio_activo(sintrom,
acenocumarol).
via_administracion(sintrom, oral).
fabricante(sintrom, novartis).
```

```
paciente(juan).
edad(juan, 72).
sexo(juan, masculino).
```

```
% --- Hechos clínicos ---
tiene_enfermedad(juan,
fibrilacion_auricular).
tratamiento(juan, sintrom).
```

```
% Regla: un paciente con fibrilación auricular
debería estar tratado con un anticoagulante
requiere_tratamiento(Paciente, sintrom) :-
    tiene_enfermedad(Paciente, fibrilacion_auricular).
```

```
% Regla: verificar si el tratamiento es adecuado
tratamiento_adeecuado(Paciente) :-
    tiene_enfermedad(Paciente, fibrilacion_auricular),
    tratamiento(Paciente, Medicamento),
    medicamento(Medicamento),
    principio_activo(Medicamento, acenocumarol).
```

```
% Regla: paciente de riesgo si tiene fibrilación auricular y edad > 70
paciente_de_riesgo(Paciente) :-
    tiene_enfermedad(Paciente, fibrilacion_auricular),
    edad(Paciente, Edad),
    Edad > 70.
```

```
% Regla: verificar si un paciente toma un medicamento oral
medicamento_oral(Paciente, Medicamento) :-
    tratamiento(Paciente, Medicamento),
    via_administracion(Medicamento, oral).
```

Problemas de los SBR

- **Escalabilidad limitada:** difícil mantener y lento al aumentar las reglas.
- **Adquisición de conocimiento costosa:** requiere expertos, proceso laborioso y propenso a errores.
- **Dificultad para generalizar:** no adaptan reglas a nuevos casos sin intervención manual.
- **Dependencia del dominio:** diseñados para un contexto específico, difíciles de reutilizar.
- **Falta de una representación formal y compartida del conocimiento:** limita la interoperabilidad y la integración con otros sistemas,

Contenidos

1. Introducción a la Inteligencia Artificial Simbólica
2. Sistemas basados en reglas (FOL)
- 3. Ontologías y Grafos de Conocimiento (DL)**
4. Ejemplos en el mundo de la salud



Ontología: Definición formal

“Una conceptualización formal y **compartida** sobre un dominio de interés”




Componentes básicos de una ontología (DL)

Componente	Ejemplo
Clases (conceptos)	<i>Paciente, Enfermedad, Síntoma</i>
Propiedades	<i>tieneSíntoma, recibeTratamiento, edad</i>
Instancias	<i>“Juan Pérez” es un Paciente</i>
Relaciones	<i>Diabetes es un tipo de Enfermedad crónica</i>
Restricciones / axiomas	<i>"Todo paciente debe tener al menos un diagnóstico"</i>

¿Para qué se usan las ontologías?

- Grafos de Conocimiento
- Bases de conocimiento y representación del conocimiento
- Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN)
- Integración y gestión de datos en entornos heterogéneos
- Sistemas de recomendación y personalización
- Ciencia de datos y minería de datos
- Sistemas de salud y biomedicina
- Industria y manufactura
- Ciberseguridad y detección de fraudes
- Educación y e-learning
- Reducción de alucinaciones en modelos grandes del lenguaje (ChatGPT)

¿Para qué se usan las ontologías?

- Grafos de Conocimiento
- Bases de conocimiento y representación del conocimiento
- Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN)
- Integración y gestión de datos en entornos heterogéneos
- Sistemas de recomendación y personalización
- Ciencia de datos y minería de datos
- **Sistemas de salud y biomedicina** 
- Industria y manufactura
- Ciberseguridad y detección de fraudes
- Educación y e-learning
- **Reducción de alucinaciones en modelos grandes del lenguaje**





Las ontologías están por todas partes...

Welcome to BioPortal, the world's most comprehensive repository of biomedical ontologies

Search for a class

Enter a class, e.g. Melanoma



[Advanced search](#)

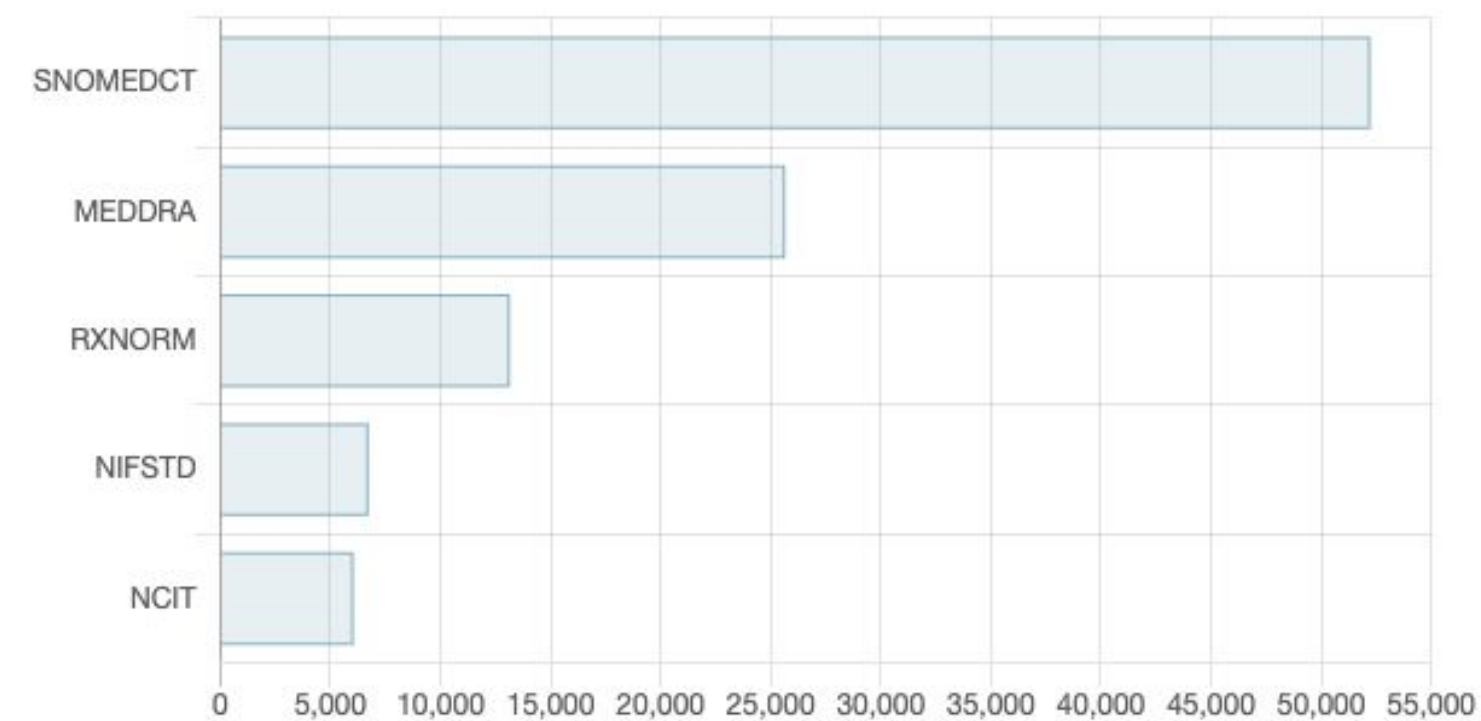
Find an ontology

Start typing ontology name, then choose from list



[Browse ontologies](#) ▾

Ontology visits (June 2025)



[More](#)

Statistics

Ontologies

1,213

Classes

17,745,234

Properties

36,286

Mappings

93,177,234

<https://bioportal.bioontology.org/>

Literalmente en todas partes



Transporte: <https://data-interop.era.europa.eu/>



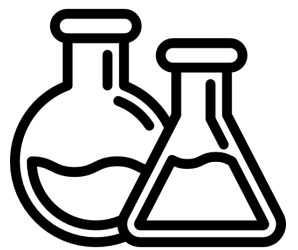
Contratación Pública: <https://docs.ted.europa.eu/EPO/latest/>



Google: <http://schema.org/>



Sensores: <https://www.w3.org/TR/vocab-ssn/>



Química: <https://www.ebi.ac.uk/chebi/>

Lenguajes para representar las ontologías (1970-2000)

Años 70-80: Representaciones iniciales

- Frames (Marvin Minsky) y Redes semánticas → Conceptos sin base lógica formal.
- KL-ONE → Primer formalismo precursor de los Description Logics (DL).

Años 90: Primeros lenguajes formales

- LOOM, Ontolingua → Modelado basado en lógica.
- F-Logic → Lenguaje lógico orientado a objetos.

Finales de los 90 - 2000: Web Semántica

- RDF (1999) → Modelo de datos basado en triples.
- RDFS (2000) → Introduce clases y jerarquías.
- *Limitación: No suficientemente expresivo para restricciones complejas.*



KL-ONE: Ejemplo

concept Person is subconcept of Thing;
attribute Person has Age, Sex;
concept Organ is subconcept of Thing;
concept Lung is subconcept of Organ;
concept Disease is subconcept of Thing;
attribute Disease has Name, Severity;
concept Infection is subconcept of Disease;
concept Pneumonia is subconcept of Infection;
concept Patient is subconcept of Person;
attribute Patient has Symptoms;
concept PneumoniaPatient is subconcept of Patient;

relation has-age is relation of Person to Age;
relation has-sex is relation of Person to Sex;
relation has-symptom is relation of Patient to Symptom;
relation has-disease is relation of Patient to Disease;
relation affects-organ is relation of Disease to Organ;
relation has-severity is relation of Disease to Severity;

Lenguajes para representar las ontologías (2000-now)

Transición hacia OWL

- **OIL (2000, Europa)** → Basado en *Description Logics*, añade restricciones a RDFS.
- **DAML (2000, EE.UU.)** → Extiende RDF para agentes inteligentes.
- **DAML+OIL (2001)** → Fusión de ambos, base de OWL.

OWL y RDF (2004, W3C)

- **Estándar** basado en Description Logics.
- Tres niveles: **OWL Lite**, **OWL DL**, **OWL Full**.
- OWL2 (2012): <https://www.w3.org/TR/owl2-overview/>
- OWL usa RDF para describir las ontologías





OWL: Ontology Web Language

Ontology **WEB** Language

¿Por qué en la **WEB**?

* SNOMED está
representado
en OWL

Sir Tim Berners Lee



Sir Tim Berners Lee (web) y Vinton Cerf (internet)

[Principios de los datos enlazados](#)

[Charla TED - Tim Berners Lee](#)



Sir Tim Berners Lee

1. Usa URL para nombrar las cosas
Incluye links a otras cosas

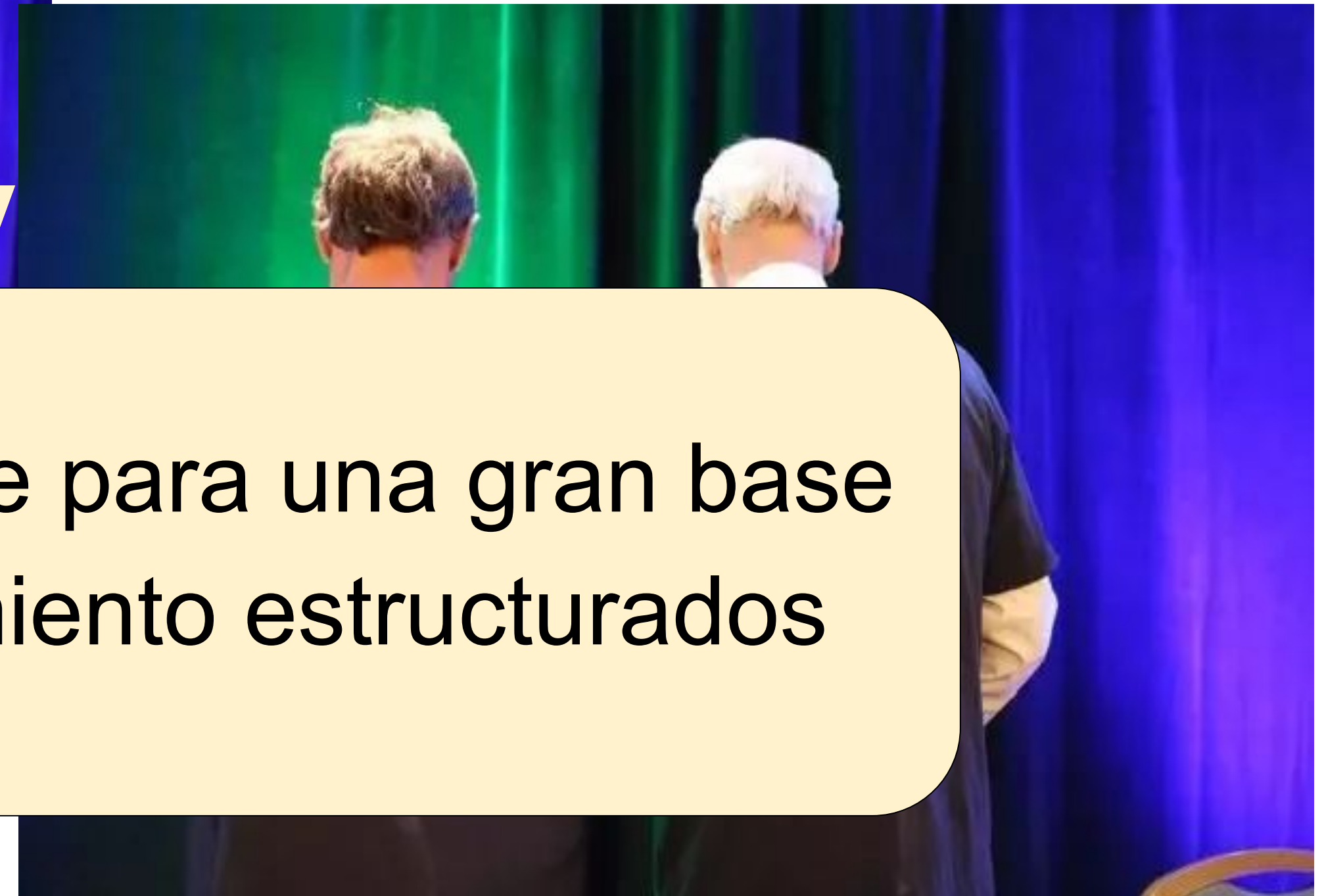


Sir Tim Berners Lee

1. La web como soporte para una gran base de datos y conocimiento estructurados

[Principios de](#)

[Charla TED - Tim Berners Lee](#)

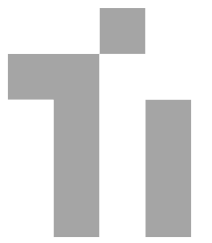


RDF: Resource Description Framework

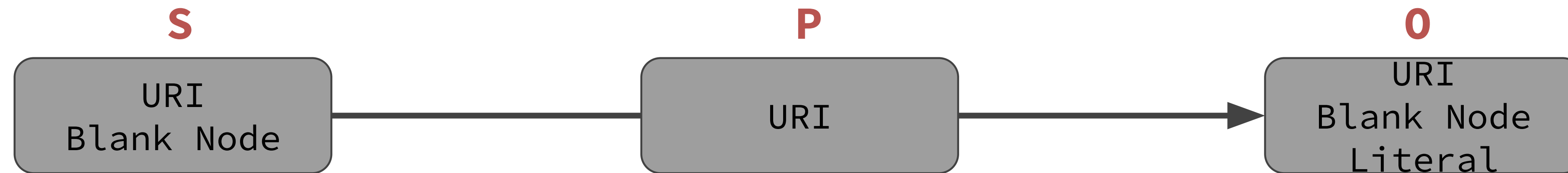
Resource Description Framework



RDF: Resource Description Framework



Una tripleta RDF se compone de Sujeto, Predicado y Objeto:



<http://example.org/Juan>

<http://example.org/tratamiento>

“sintrom”

<http://example.org/Juan>

<http://example.org/tratamiento>

<http://example.org/sintrom>



Una tripleta RDF se compone de Sujeto, Predicado y Objeto:



http://example.org/Juan	http://example.org/tratamiento	“sintrom”
http://example.org/Juan	http://example.org/tratamiento	http://example.org/sintrom

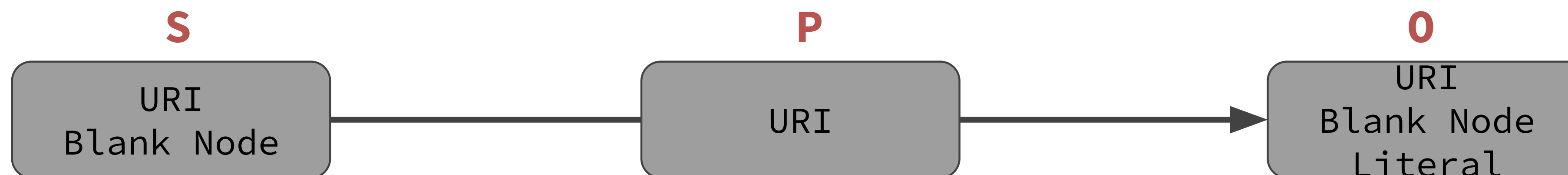
http://example.org/Juan	http://example.org/tieneEnfermedad	http://example.org/fibrilacion_auricular
http://example.org/Juan	http://example.org/edad	"72"^^http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer
http://example.org/Juan	http://example.org/tieneSexo	"masculino"

http://example.org/sintrom	http://example.org/esTipoDe	http://example.org/anticoagulante
http://example.org/sintrom	http://example.org/principioActivo	"acenocumarol"
http://example.org/sintrom	http://example.org/viaAdministracion	"oral"
http://example.org/sintrom	http://example.org/fabricante	"Novartis"

RDF: Resource Description Framework



Una tripleta RDF se compone de Sujeto, Predicado y Objeto:



<http://example.org/Juan> <http://example.org/tratamiento> “sintrom”
<http://example.org/Juan> <http://example.org/tratamiento> <http://example.org/sintrom>

<http://example.org/Juan> [http://example.org/fibrilacion auricular](http://example.org/fibrilacion_auricular)
<http://example.org/Juan> <http://example.org/2001/XMLSchema#integer>
<http://example.org/Juan> <http://example.org/anticoagulante>

<http://example.org/sintrom> <http://example.org/anticoagulante>
<http://example.org/sintrom> <http://example.org/anticoagulante>
<http://example.org/sintrom> <http://example.org/anticoagulante>
<http://example.org/sintrom> <http://example.org/anticoagulante>

Esto sería un grafo de
“conocimiento”

OWL: Ontology Web Language



Ontology **WEB** Language

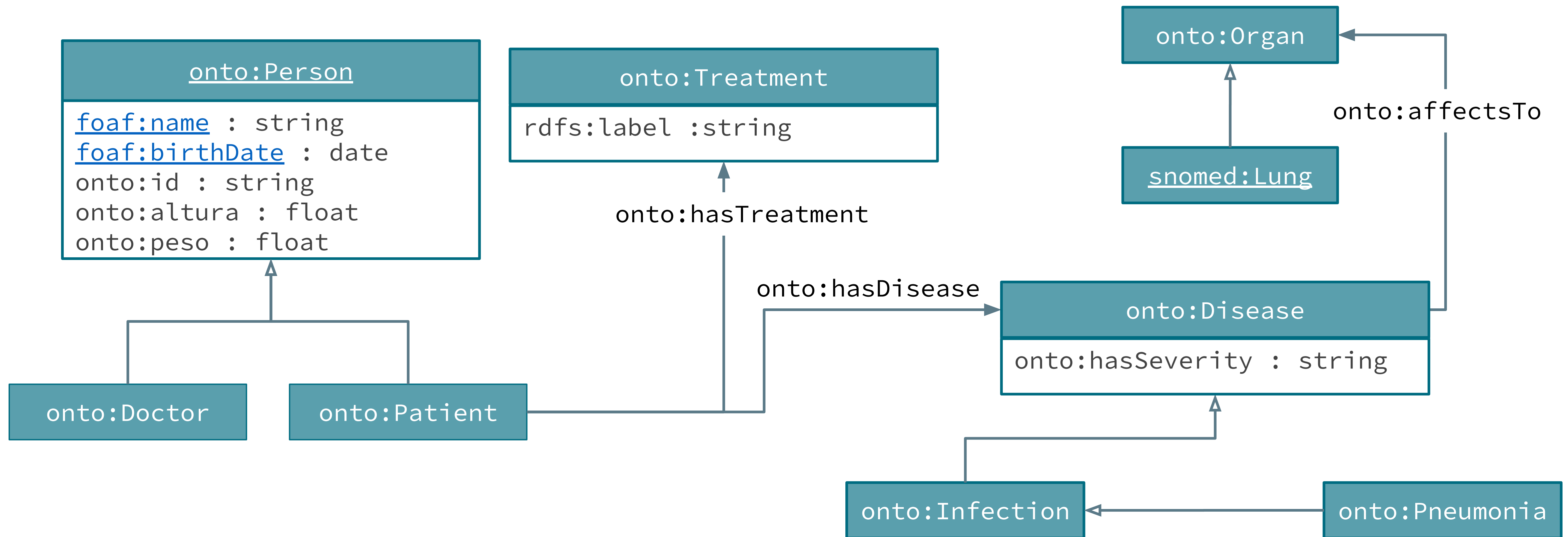


OWL usa la hipótesis de mundo abierto: “Si no sabemos que algo es verdad, no significa que sea falso”.



Ontologías/KG: Tbox y Abox

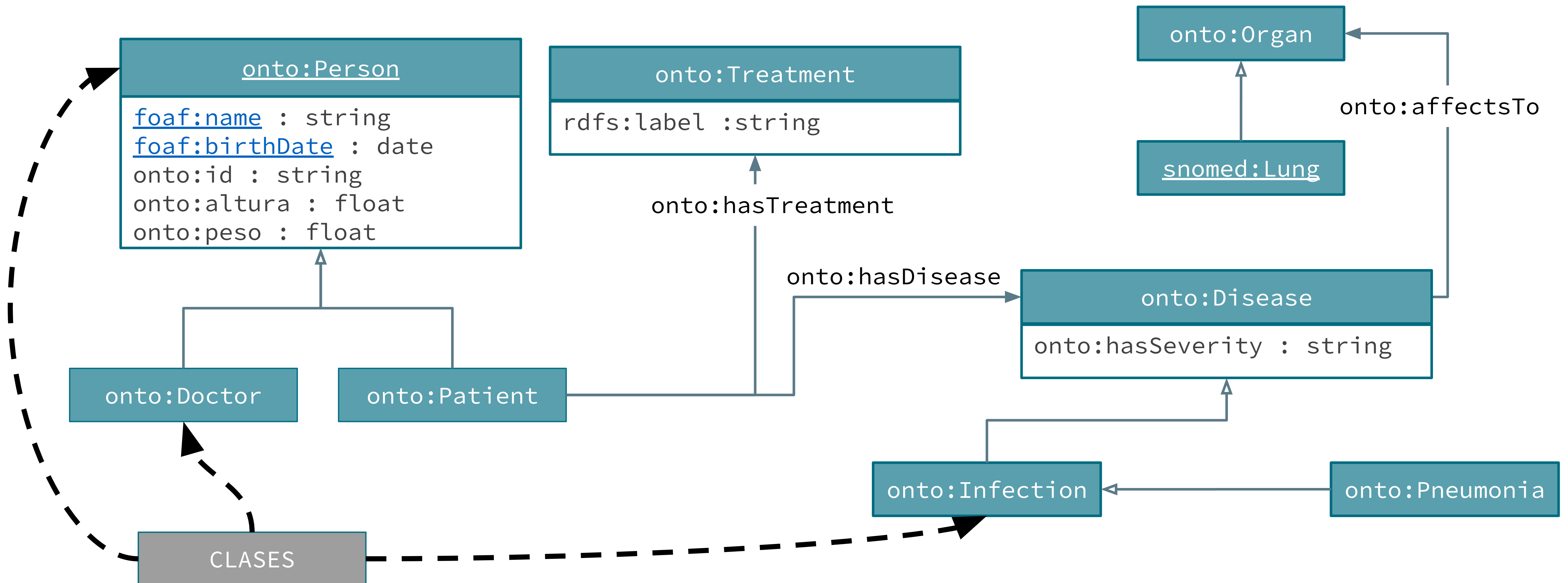
T(erminology)box - Ontología





Ontologías/KG: Tbox y Abox

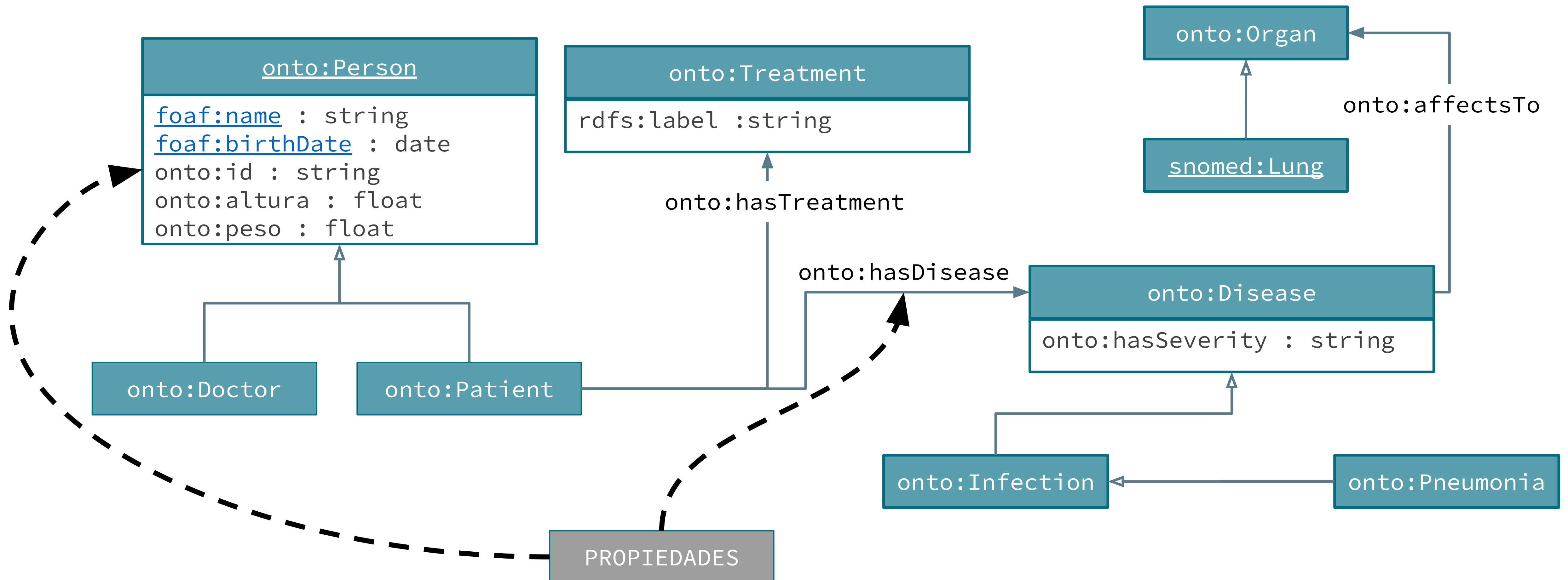
T(erminology)box - Ontología





Ontologías/KG: Tbox y Abox

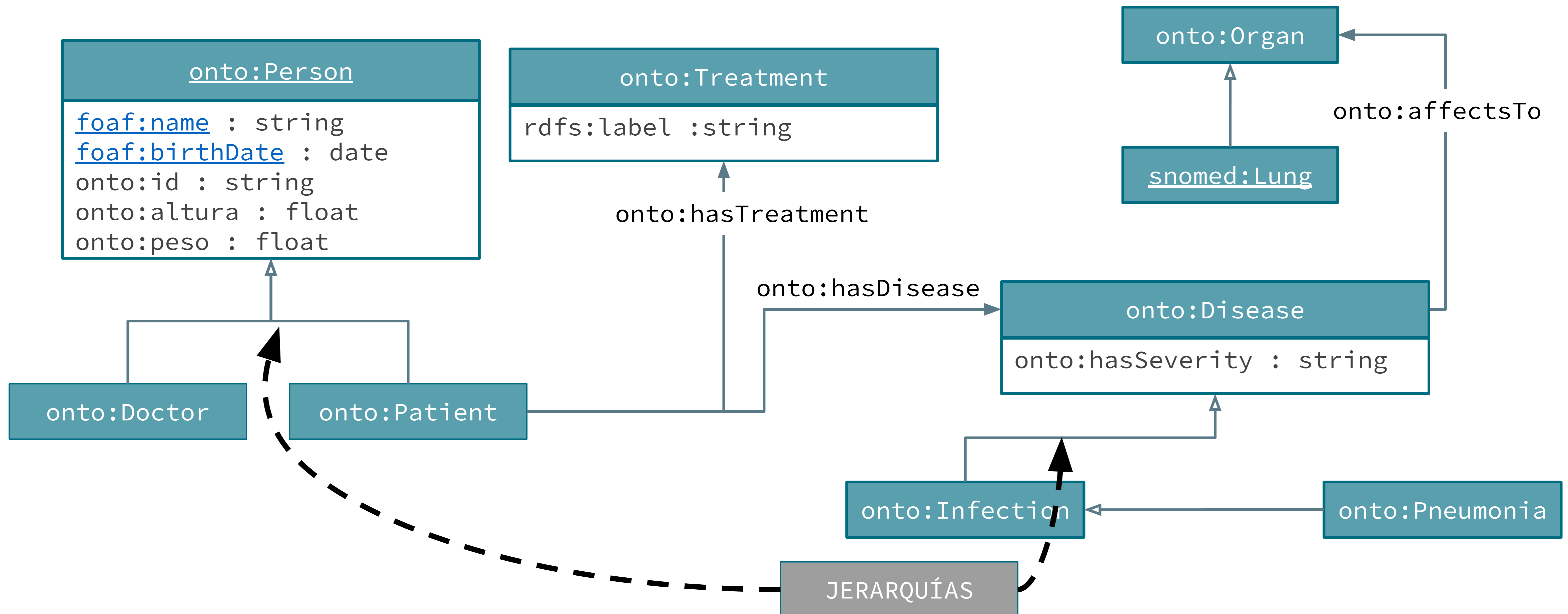
T(erminology)box - Ontología





Ontologías/KG: Tbox y Abox

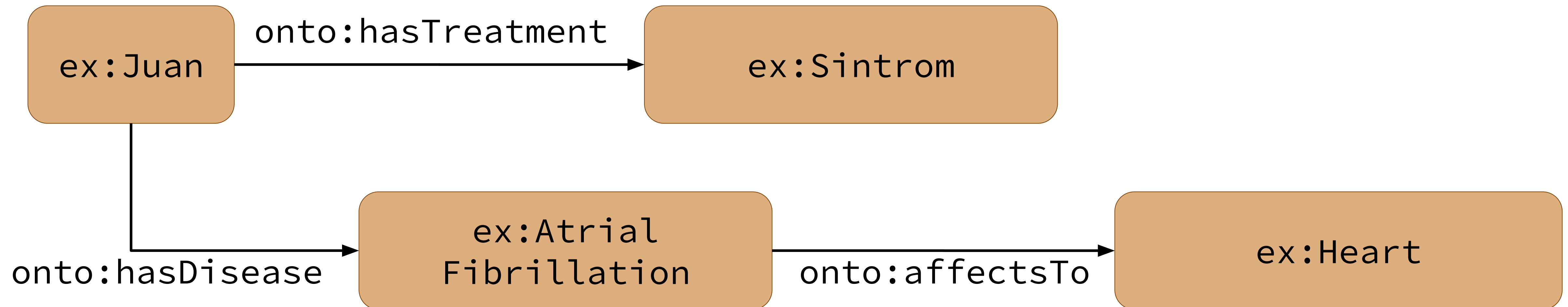
T(erminology)box - Ontología





Ontologías/KG: Tbox y Abox

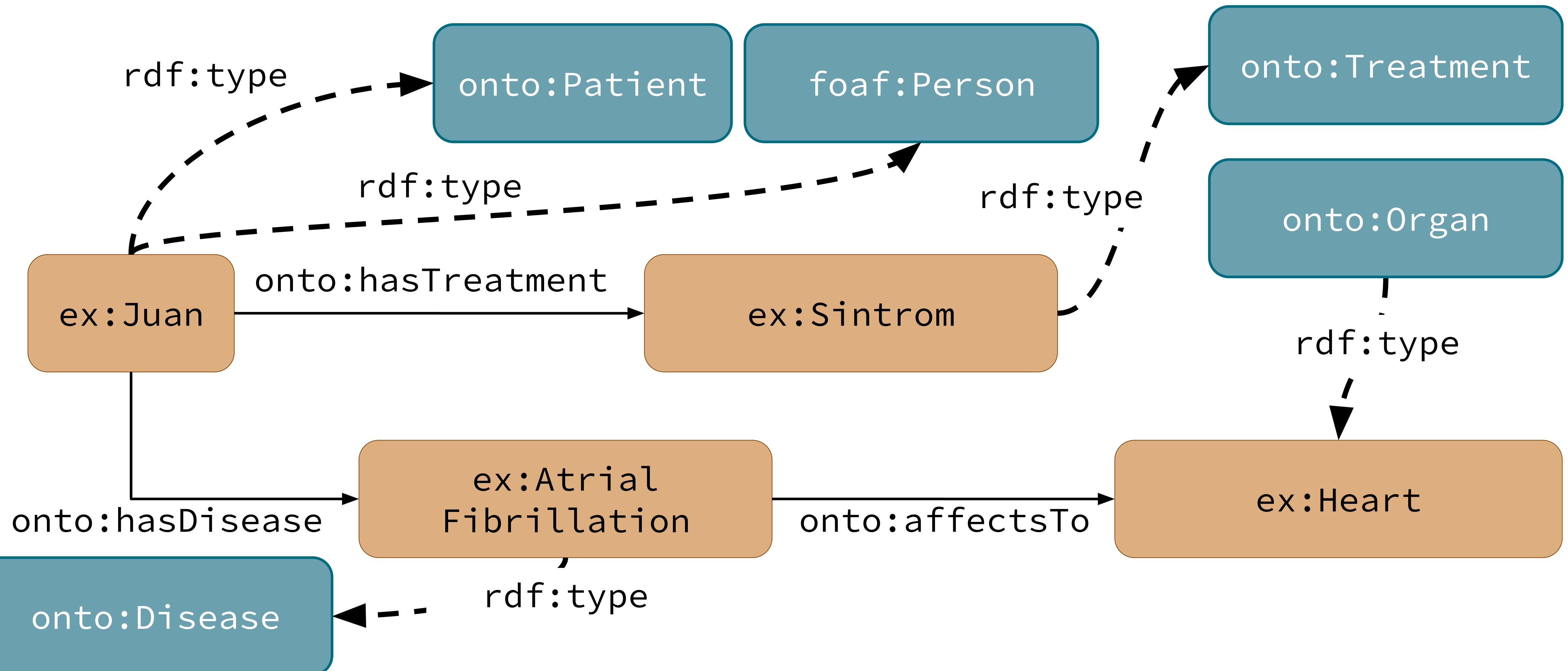
A(ssertion)box – Knowledge Graph





Ontologías/KG: Tbox y Abox (Después de Razonar)

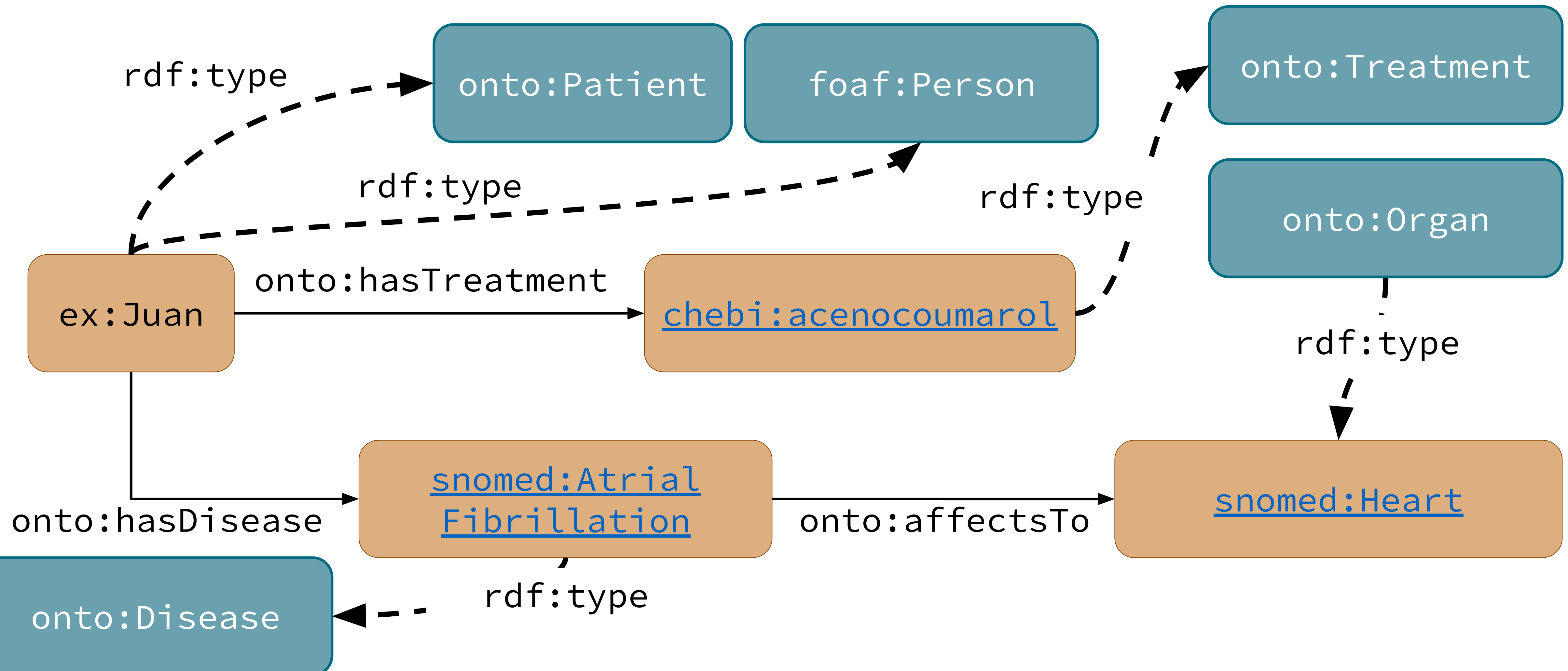
A(ssertion)box – Knowledge Graph





Ontologías/KG: Tbox y Abox (Después de Razonar)

A(ssertion)box - Knowledge Graph



Contenidos

1. Introducción a la Inteligencia Artificial Simbólica
2. Sistemas basados en reglas
3. Ontologías y Grafos de Conocimiento
- 4. Ejemplos en el mundo de la salud**

La ontología de SNOMED-CT

SNOMED CT Browser

Jerarquía

Búsqueda

Favoritos

Conjunto de referencias

Jerarquía

Vista definida

Language: PT in ES

Descendants Count: Off

concepto de SNOMED CT

ambiente o localización geográfica

calificador

componente del modelo de SNOMED CT

concepto especial

contexto social

comunidad

condición social

familia

grupo

institución

ocupación

persona

población

religión Y/O filosofía

elemento de registro

entidad observable

especimen

estadificaciones y escalas

estructura corporal

evento

fuerza física

hallazgo clínico

objeto físico

organismo

procedimiento

producto biológico/farmacéutico

situación con contexto explícito

sustancia

Detalles del Concepto

Expression Constraint Queries

Detalles del Concepto

Resumen

Detalles

Diagrama

Expression

Refsets

Miembros

Historia

Referencias

Ancestros

concepto de SNOMED CT (SNOMED RT+CTV3)

contexto social (contexto social)

SCTID: 48176007

48176007 | contexto social (contexto social) |

es contexto social (contexto social)

es contexto social

Descendientes (9)

comunidad (contexto social)

condición social (contexto social)

familia (contexto social)

grupo (contexto social)

institución (contexto social)

ocupación (ocupación)

persona (persona)

población (contexto social)

religión Y/O filosofía (religión/filosofía)

[SNOMED Browser](#)



BioPortal como agregador de ontologías



Welcome to BioPortal, the world's most comprehensive repository of biomedical ontologies

Search for a class

[Advanced search](#)

Find an ontology

[Browse ontologies ▾](#)

Ontology visits (June 2025)

Ontology	Visits (approx.)
SNOMEDCT	52,000
MEDDRA	26,000
RXNORM	14,000
NIFSTD	7,000
NCIT	6,000

[More](#)

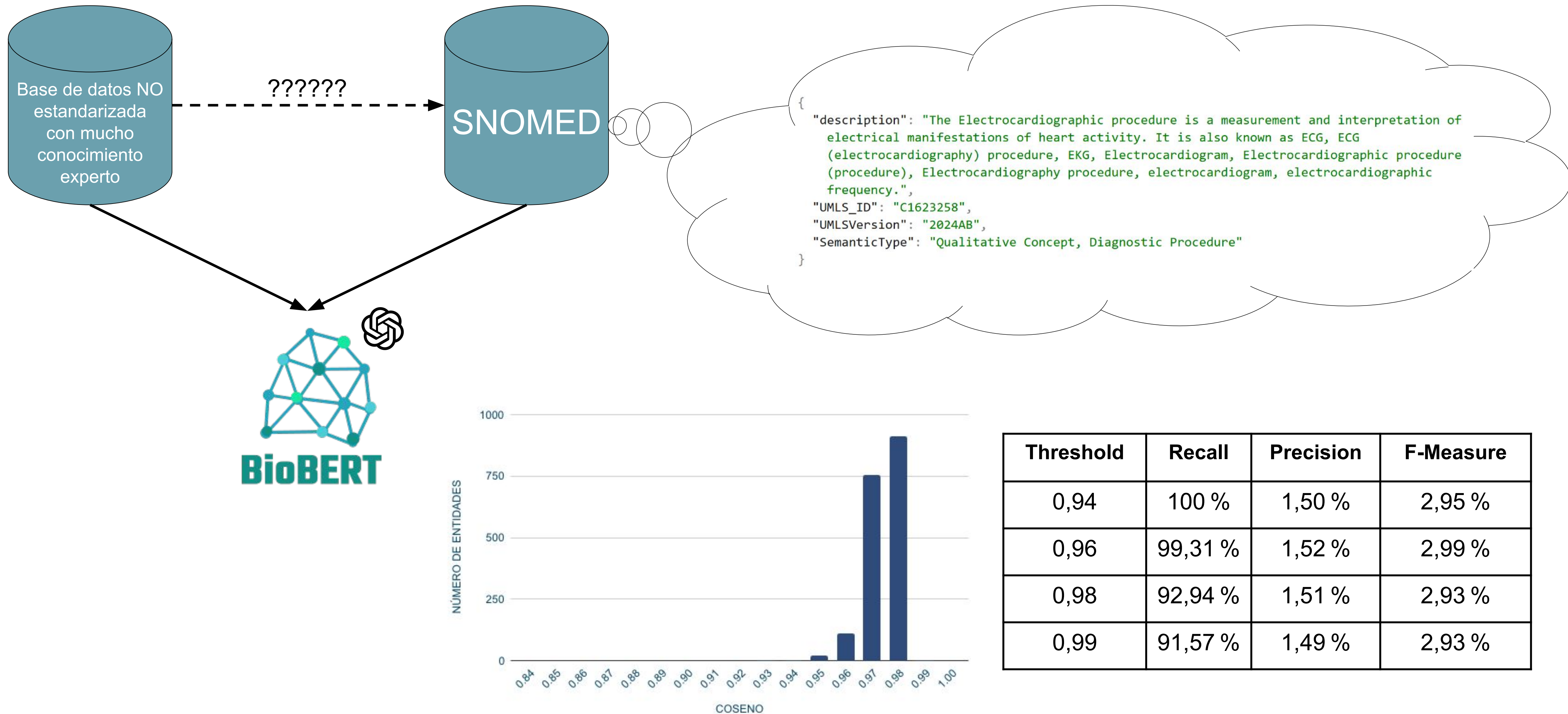
Statistics

Ontologies	1,213
Classes	17,745,234
Properties	36,286
Mappings	93,177,234

[Website](#)
[Pulmón en BioPortal](#)



Enlazado de entidades médicas a KG estándar



— Take away messages....

No hay un único tipo de “IAs”

Las IAs híbridas (*neuro-symbolic*) son el presente/futuro

Mecanismos para asegurar interoperabilidad semántica

El conocimiento debe ser explícito

Sistemas Basados en Conocimiento

Reglas, Ontologías y Grafos

David Chaves-Fraga

CiTIUS@Universidade de Santiago de Compostela

david.chaves@usc.es

<https://davidchavesfraga.com>



Singular Research Center on
Intelligent technologies