

Programación lógica (2008–09)

Tema 1: El sistema deductivo de Prolog

José A. Alonso Jiménez

Grupo de Lógica Computacional
Departamento de Ciencias de la Computación e I.A.
Universidad de Sevilla

1. Introducción

- Objetivos del curso

- Declarativo vs. imperativo

- Historia de la programación lógica

2. Deducción Prolog

- Deducción Prolog en lógica proposicional

- Deducción Prolog en lógica relacional

- Deducción Prolog en lógica funcional

Tema 1: El sistema deductivo de Prolog

1. Introducción

Objetivos del curso

Declarativo vs. imperativo

Historia de la programación lógica

2. Deducción Prolog

Objetivos del curso

- ▶ Lógica como:
 - ▶ sistema de especificación y
 - ▶ lenguaje de programación
- ▶ Principios:
 - ▶ Programas = Teorías
 - ▶ Ejecución = Búsqueda de pruebas
 - ▶ Programación = Modelización
- ▶ Prolog = Programming in Logic
- ▶ Relaciones con otros campos:
 - ▶ Inteligencia artificial
 - ▶ Sistemas basados en el conocimiento
 - ▶ Procesamiento del lenguaje natural

Tema 1: El sistema deductivo de Prolog

1. Introducción

Objetivos del curso

Declarativo vs. imperativo

Historia de la programación lógica

2. Deducción Prolog

Declarativo vs. imperativo

- ▶ Paradigmas
 - ▶ Imperativo: Se describe *cómo* resolver el problema
 - ▶ Declarativo: Se describe *qué* es el problema
- ▶ Programas
 - ▶ Imperativo: Una sucesión de instrucciones
 - ▶ Declarativo: Un conjunto de sentencias
- ▶ Lenguajes
 - ▶ Imperativo: Pascal, C, Fortran
 - ▶ Declarativo: Prolog, Lisp puro, ML, Haskell
- ▶ Ventajas
 - ▶ Imperativo: Programas rápidos y especializados
 - ▶ Declarativo: Programas generales, cortos y legibles

Tema 1: El sistema deductivo de Prolog

1. Introducción

Objetivos del curso

Declarativo vs. imperativo

Historia de la programación lógica

2. Deducción Prolog

Historia de la programación lógica

- ▶ 1960: Demostración automática de teoremas
- ▶ 1965: Resolución y unificación (Robinson)
- ▶ 1969: QA3, obtención de respuesta (Green)
- ▶ 1972: Implementación de Prolog (Colmerauer)
- ▶ 1974: Programación lógica (Kowalski)
- ▶ 1977: Prolog de Edimburgo (Warren)
- ▶ 1981: Proyecto japonés de Quinta Generación
- ▶ 1986: Programación lógica con restricciones
- ▶ 1995: Estándar ISO de Prolog

Tema 1: El sistema deductivo de Prolog

1. Introducción

2. Deducción Prolog

Deducción Prolog en lógica proposicional

Deducción Prolog en lógica relacional

Deducción Prolog en lógica funcional

Deducción Prolog en lógica proposicional

- ▶ Base de conocimiento y objetivo:
 - ▶ Base de conocimiento:
 - ▶ Regla 1: Si un animal es unguilado y tiene rayas negras, entonces es una cebra.
 - ▶ Regla 2: Si un animal rumia y es mamífero, entonces es unguilado.
 - ▶ Regla 3: Si un animal es mamífero y tiene pezuñas, entonces es unguilado.
 - ▶ Hecho 1: El animal es mamífero.
 - ▶ Hecho 2: El animal tiene pezuñas.
 - ▶ Hecho 3: El animal tiene rayas negras.
 - ▶ Objetivo: Demostrar a partir de la base de conocimientos que el animal es una cebra.

Deducción Prolog en lógica proposicional

► Programa:

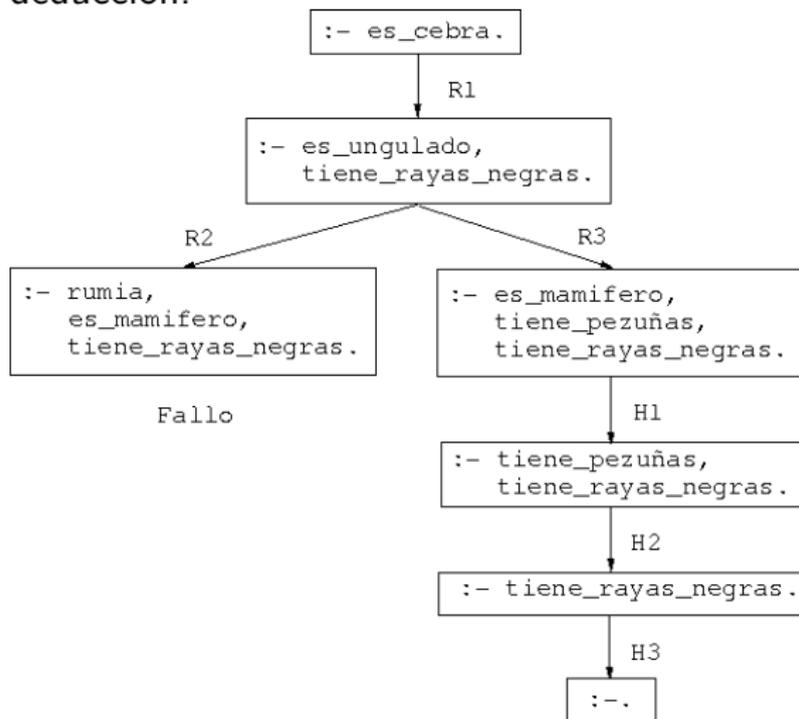
```
es_cebra      :- es_ungulado, tiene_rayas_negras. % R1
es_ungulado  :- rumia, es_mamífero.              % R2
es_ungulado  :- es_mamífero, tiene_pezuñas.      % R3
es_mamífero.                                     % H1
tiene_pezuñas.                                    % H2
tiene_rayas_negras.                               % H3
```

► Sesión:

```
> pl
Welcome to SWI-Prolog (Multi-threaded, Version 5.6.20)
Copyright (c) 1990-2006 University of Amsterdam.
?- [animales].
Yes
?- es_cebra.
```

Deducción Prolog en lógica proposicional

► Árbol de deducción:



Tema 1: El sistema deductivo de Prolog

1. Introducción

2. Deducción Prolog

Deducción Prolog en lógica proposicional

Deducción Prolog en lógica relacional

Deducción Prolog en lógica funcional

Deducción Prolog en lógica relacional

- ▶ Base de conocimiento:
 - ▶ Hechos 1-4: 6 y 12 son divisibles por 2 y por 3.
 - ▶ Hecho 5: 4 es divisible por 2.
 - ▶ Regla 1: Los números divisibles por 2 y por 3 son divisibles por 6.
- ▶ Programa:

```
divide(2,6).           % Hecho 1
divide(2,4).           % Hecho 2
divide(2,12).          % Hecho 3
divide(3,6).           % Hecho 4
divide(3,12).          % Hecho 5
divide(6,X) :- divide(2,X), divide(3,X). % Regla 1
```

Deducción Prolog en lógica relacional

- ▶ Símbolos:
 - ▶ Constantes: 2, 3, 4, 6, 12
 - ▶ Relación binaria: `divide`
 - ▶ Variable: `X`
- ▶ Interpretaciones de la Regla 1:
 - ▶ `divide(6,X) :- divide(2,X), divide(3,X).`
 - ▶ Interpretación declarativa:
 $(\forall X)[\text{divide}(2, X) \wedge \text{divide}(3, X) \rightarrow \text{divide}(6, X)]$
 - ▶ Interpretación procedimental.
- ▶ Consulta: ¿Cuáles son los múltiplos de 6?

```
?- divide(6,X).
```

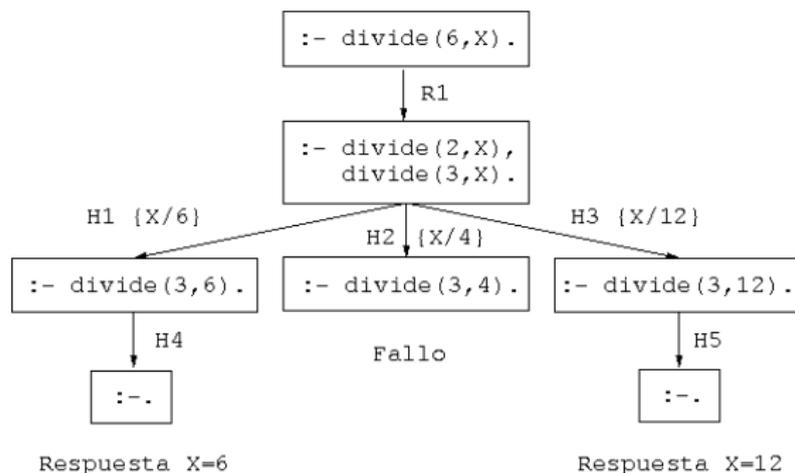
```
X = 6 ;
```

```
X = 12 ;
```

```
No
```

Deducción Prolog en lógica relacional

► Árbol de deducción:



► Comentarios:

- Unificación.
- Cálculo de respuestas.
- Respuestas múltiples.

Tema 1: El sistema deductivo de Prolog

1. Introducción

2. Deducción Prolog

Deducción Prolog en lógica proposicional

Deducción Prolog en lógica relacional

Deducción Prolog en lógica funcional

Deducción Prolog en lógica funcional

- ▶ Representación de los números naturales:

$$0, s(0), s(s(0)), \dots$$

- ▶ Definición de la suma:

$$0 + Y = Y$$

$$s(X) + Y = s(X+Y)$$

- ▶ Programa

```
suma(0, Y, Y).                % R1
```

```
suma(s(X), Y, s(Z)) :- suma(X, Y, Z).  % R2
```

- ▶ Consulta: ¿Cuál es la suma de $s(0)$ y $s(s(0))$?

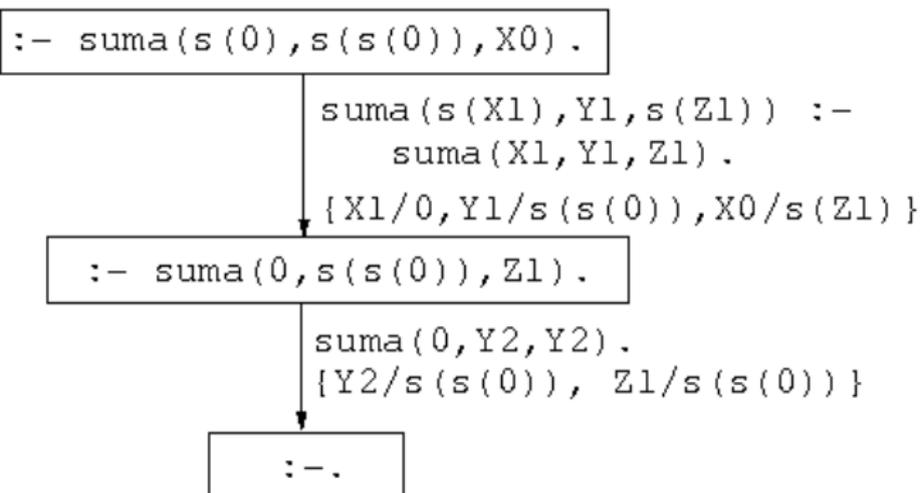
```
?- suma(s(0), s(s(0)), X).
```

```
X = s(s(s(0)))
```

```
Yes
```

Deducción Prolog en lógica funcional

► Árbol de deducción:



Resp.: $X = X0 = s(Z1) = s(s(s(0)))$

Deducción Prolog en lógica funcional

► Consulta:

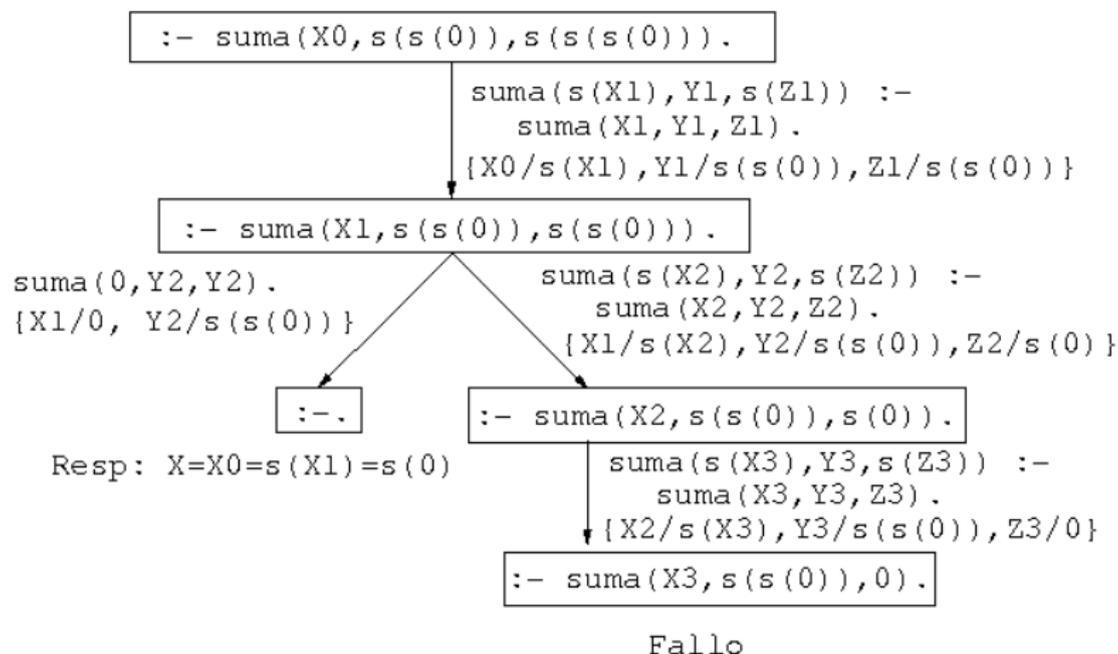
► ¿Cuál es la resta de $s(s(s(0)))$ y $s(s(0))$?

► Sesión:

```
?- suma(X, s(s(0)), s(s(s(0)))).  
X = s(0) ;  
No
```

Deducción Prolog en lógica funcional

► Árbol de deducción:



Deducción Prolog en lógica funcional

► Consulta:

- Pregunta: ¿Cuáles son las soluciones de la ecuación

$$X + Y = s(s(0))?$$

- Sesión:

```
?- suma(X,Y,s(s(0))).
```

```
X = 0           Y = s(s(0)) ;
```

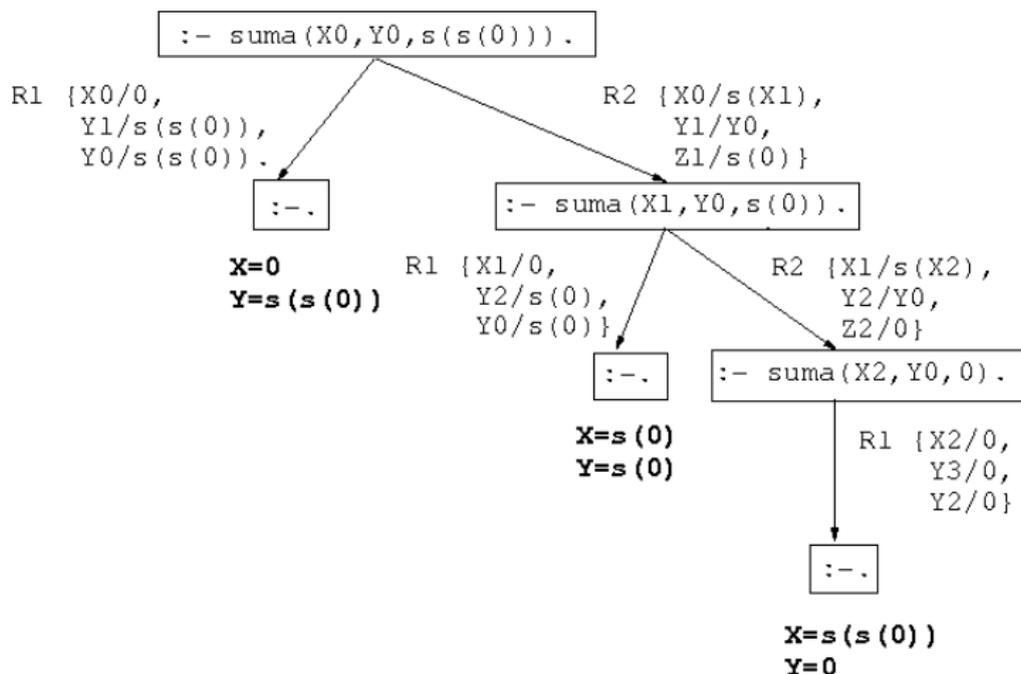
```
X = s(0)       Y = s(0) ;
```

```
X = s(s(0))   Y = 0 ;
```

```
No
```

Deducción Prolog en lógica funcional

► Árbol de deducción:



Deducción Prolog en lógica funcional

► Consulta:

- Pregunta: resolver el sistema de ecuaciones

$$1 + X = Y$$

$$X + Y = 1$$

- Sesión:

```
?- suma(s(0),X,Y), suma(X,Y,s(0)).
```

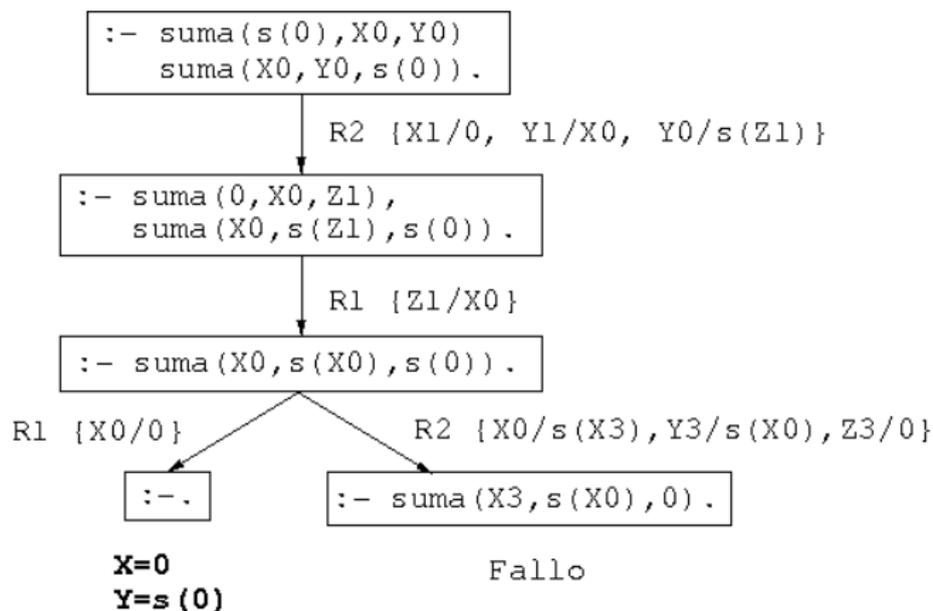
```
X = 0
```

```
Y = s(0) ;
```

```
No
```

Deducción Prolog en lógica funcional

► **Árbol de deducción:**



Bibliografía

1. J.A. Alonso (2006) *Introducción a la programación lógica con Prolog*.
 - ▶ Cap. 0: “Introducción”.
2. I. Bratko (1990) *Prolog Programming for Artificial Intelligence (2nd ed.)*
 - ▶ Cap. 1: “An overview of Prolog”.
 - ▶ Cap. 2: “Syntax and meaning of Prolog programs”.
3. W.F. Clocksin y C.S. Mellish (1994) *Programming in Prolog (Fourth Edition)*.
 - ▶ Cap. 1: “Tutorial introduction”.
 - ▶ Cap. 2: “A closer look”.