

Programación declarativa (2008–09)

Tema 6: Introducción a Prolog

José A. Alonso Jiménez

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

1. Introducción a la programación lógica

- Objetivos de la programación lógica

- 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

- └ Introducción a la programación lógica
- └ Objetivos de la programación lógica

Tema 6: Introducción a Prolog

1. Introducción a la programación lógica

Objetivos de la programación lógica

Declarativo vs. imperativo

Historia de la programación lógica

2. Deducción Prolog

Objetivos de la programación lógica

- ▶ 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.
- ▶ Pensar declarativamente.

Tema 6: Introducción a Prolog

1. Introducción a la programación lógica

Objetivos de la programación lógica

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, DLV, Smodels.
- ▶ Ventajas;
 - ▶ Imperativo: Programas rápidos y especializados.
 - ▶ Declarativo: Programas generales, cortos y legibles.

Tema 6: Introducción a Prolog

1. Introducción a la programación lógica

Objetivos de la programación lógica

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 6: Introducción a Prolog

1. Introducción a la programación lógica

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 ungulado y tiene rayas negras, entonces es una cebra.
 - ▶ Regla 2: Si un animal rumia y es mamífero, entonces es ungulado.
 - ▶ Regla 3: Si un animal es mamífero y tiene pezuñas, entonces es ungulado.
 - ▶ 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:

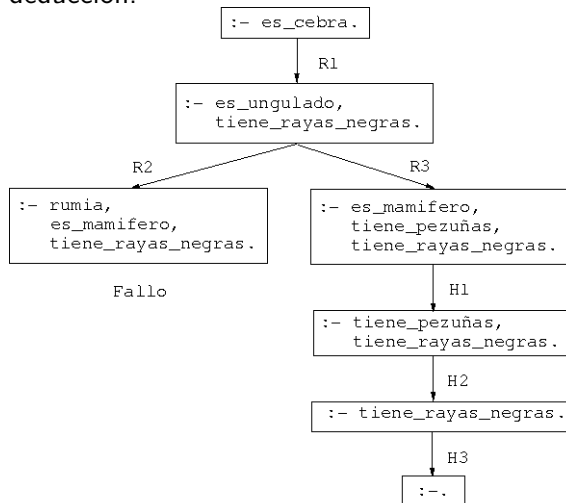
```
es_cebra      :- es_ungulado, tiene_rayas_negras. %R1
es_ungulado   :- rumia, es_mamífero.              %R2
es_ungulado   :- es_mamífero, tiene_pezuñas.      %R3
es_mamífero.                                     %H1
tiene_pezuñas.                                   %H2
tiene_rayas_negras.         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

► Sesión:

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

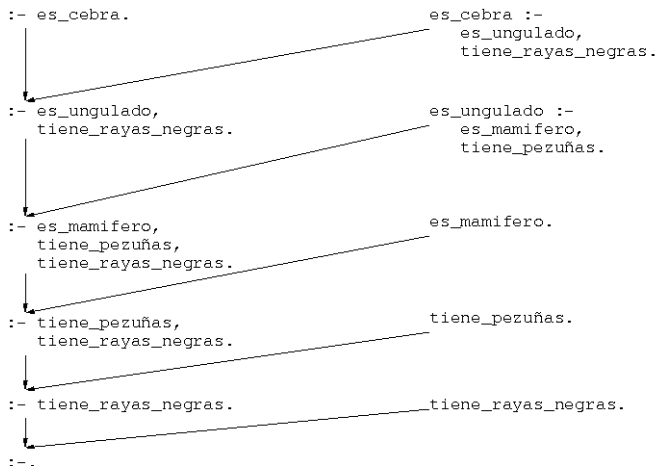
Deducción Prolog en lógica proposicional

► Árbol de deducción:



Deducción Prolog en lógica proposicional

► Demostración por resolución SLD:



Tema 6: Introducción a Prolog

1. Introducción a la programación lógica

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).
```

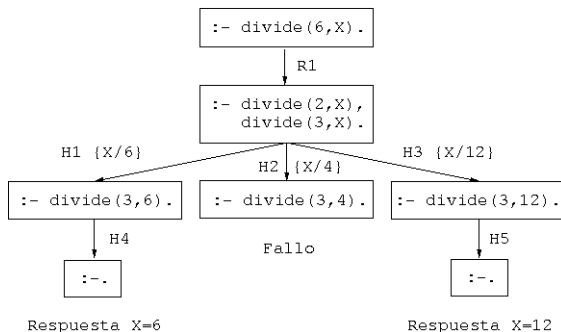
```
X = 6 ;
```

```
X = 12 ;
```

```
No
```


Deducción Prolog en lógica relacional

► Árbol de deducción:



► Comentarios:

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

Tema 6: Introducción a Prolog

1. Introducción a la programación lógica

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:

```
:- suma(s(0), s(s(0)), X0) .
```

```
suma(s(X1), Y1, s(Z1)) :-  
    suma(X1, Y1, Z1) .
```

```
{X1/0, Y1/s(s(0)), X0/s(Z1)}
```

```
:- suma(0, s(s(0)), Z1) .
```

```
suma(0, Y2, Y2) .  
{Y2/s(s(0)), Z1/s(s(0))}
```

```
:-.
```

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

$$:- \text{suma}(X0, s(s(0)), s(s(s(0)))).$$
$$\{X0/s(X1), Y1/s(s(0)), Z1/s(s(0))\}$$

```
suma(0,Y2,Y2).
{X1/0, Y2/s(s(0))}
```

```
suma(s(X2),Y2,s(Z2)) :-
    suma(X2,Y2,Z2).
\{X1/s(X2),Y2/s(s(0)),Z2/s(0)\}
```

—

Resp: $X = X_0 = s(X_1) = s(0)$

```
:- suma(X2,s(s(0)),s(0)).
```

$$\begin{aligned} & \text{suma}(s(X3), Y3, s(Z3)) :- \\ & \quad \text{suma}(X3, Y3, Z3). \\ & \{X2/s(X3), Y3/s(s(0)), Z3/0\} \end{aligned}$$

```
:- suma(X3,s(s(0)),0).
```

22 / 27

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)) ;
```

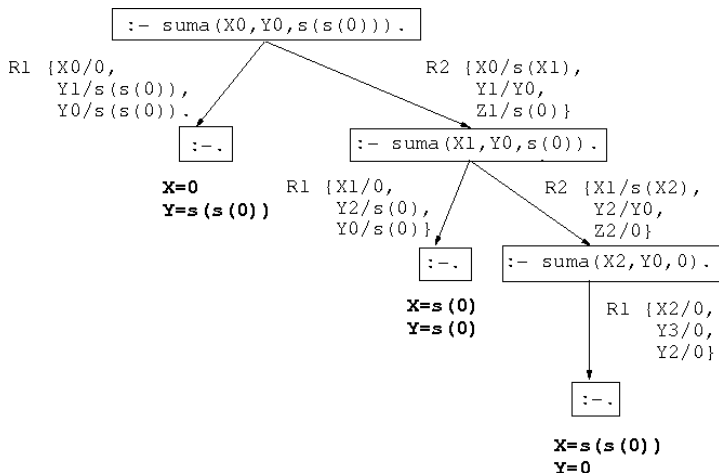
```
X = s(0)        Y = s(0) ;
```

```
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)).
```

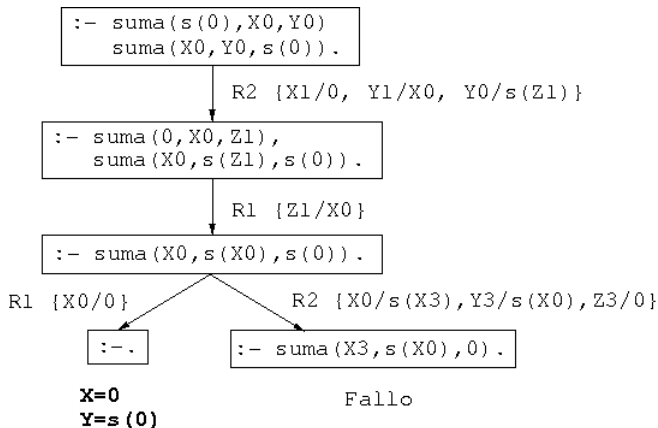
```
X = 0
```

```
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”.