Programación declarativa (2004–05)

Tema 1: Introducción a Prolog

José A. Alonso Jiménez

Dpto. Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial

Universidad de Sevilla

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
- Pensar declarativamente

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.

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.

Deducción Prolog en lógica proposicional

- Base de conocimiento y objetivo:
  - Base de conocimiento:
    - Regla 1: Si un animal es ungulado y tiene rayas negras, entonce 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 e animal es una cebra.

Deducción Prolog en lógica proposicional

- Programa:

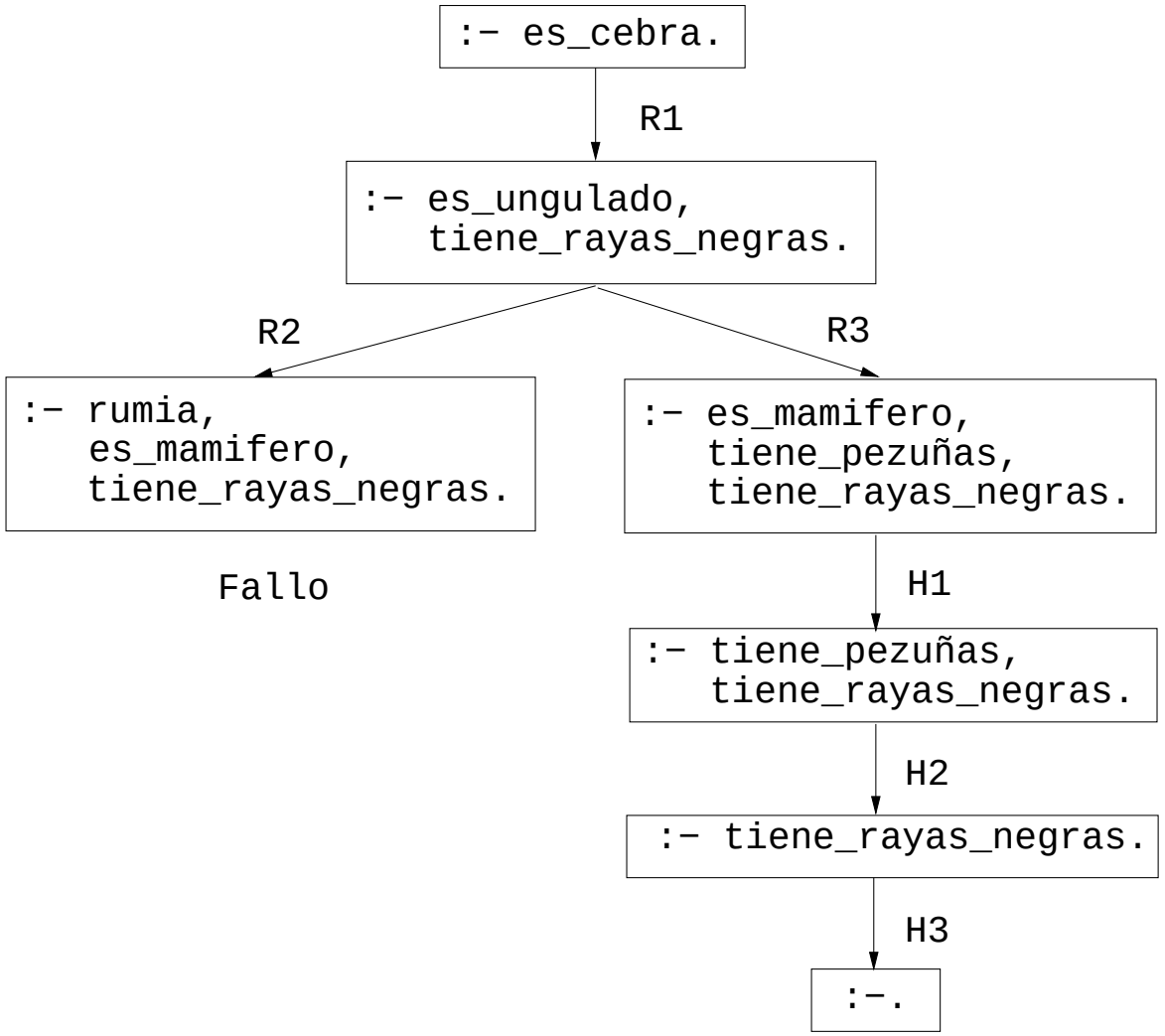
```
es_cebra    :- es_ungulado, tiene_rayas_negras. % R1
es_ungulado :- rumia, es_mamífero.              % R2
es_ungulado :- es_mamífero, tiene_pezuñas.      % R3
es_mamífero.                                    % H1
tiene_pezuñas.                                  % H2
tiene_rayas_negras.            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

- Sesión:

```
> pl
Welcome to SWI-Prolog (Multi-threaded, Version 5.3.1
Copyright (c) 1990-2003 University of Amsterdam.
?- [animales].
Yes
?- es_cebra.
Yes
```

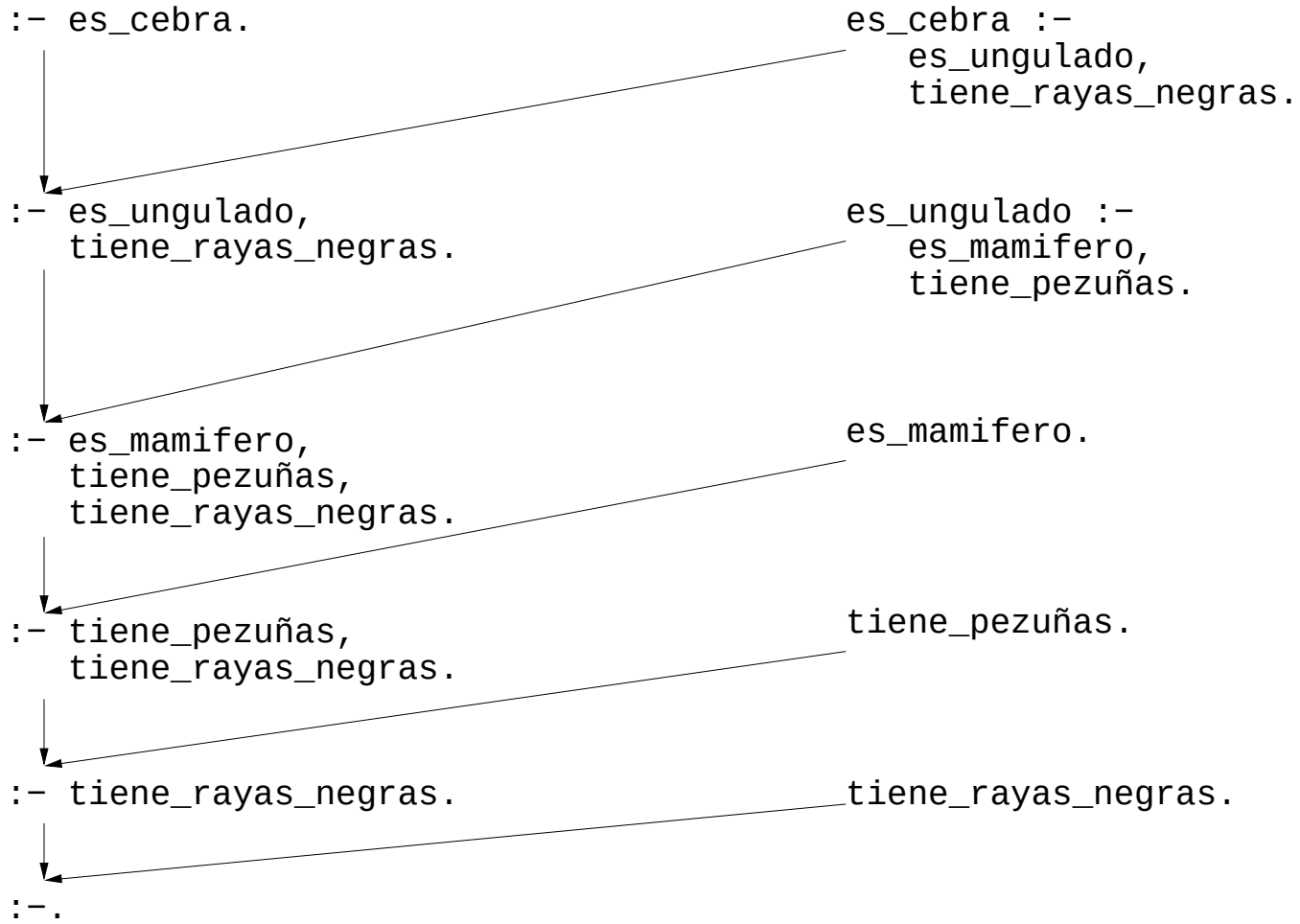
Deducción Prolog en lógica proposicional

- Árbol de deducción:



Deducción Prolog en lógica proposicional

- Demostración por resolución SLD:



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
```

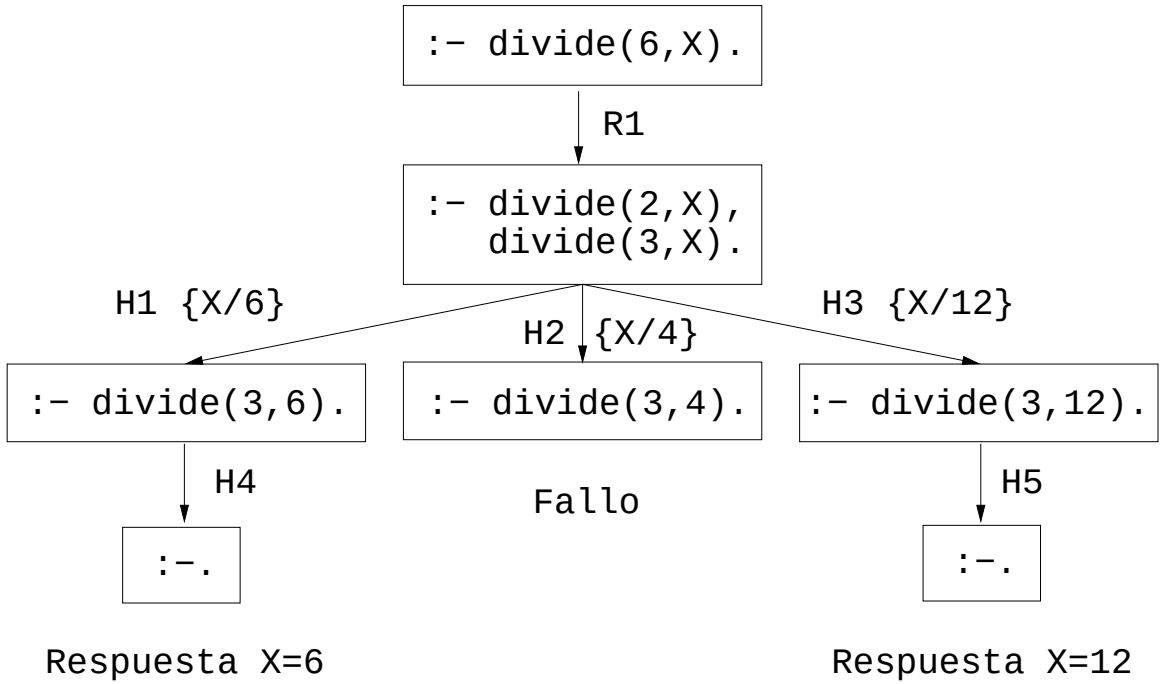
Deducción Prolog en lógica relacional

- 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:
    $(\forall X)[divide(2,X) \wedge divide(3,X) \rightarrow divide(6,X)]$
  - 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.

Deducción Prolog en lógica funcional

- Representación de los números naturales:

  `0`, `s(0)`, `s(s(0))`, ...

- Definición de la suma:

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

- Programa

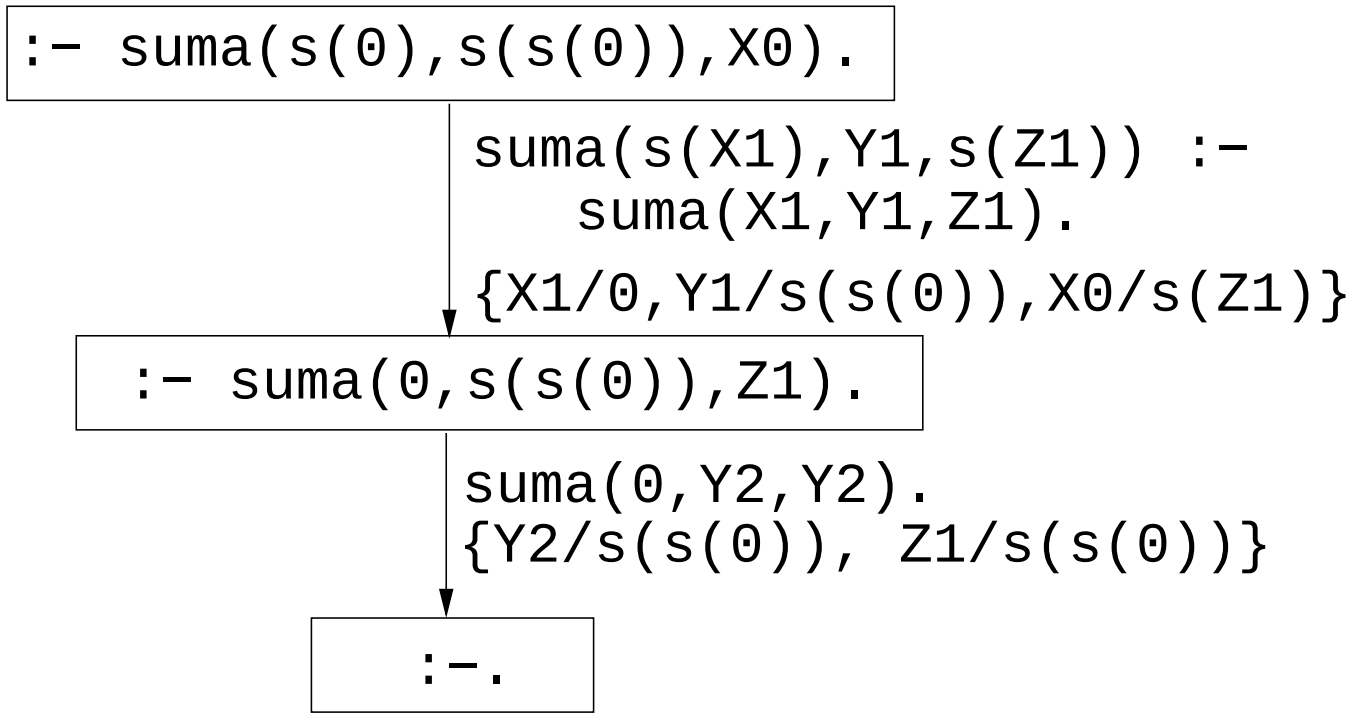
```
suma(0,Y,Y).                          % R1
suma(s(X),Y,s(Z)) :- suma(X,Y,Z).     % R2
```

- 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)))

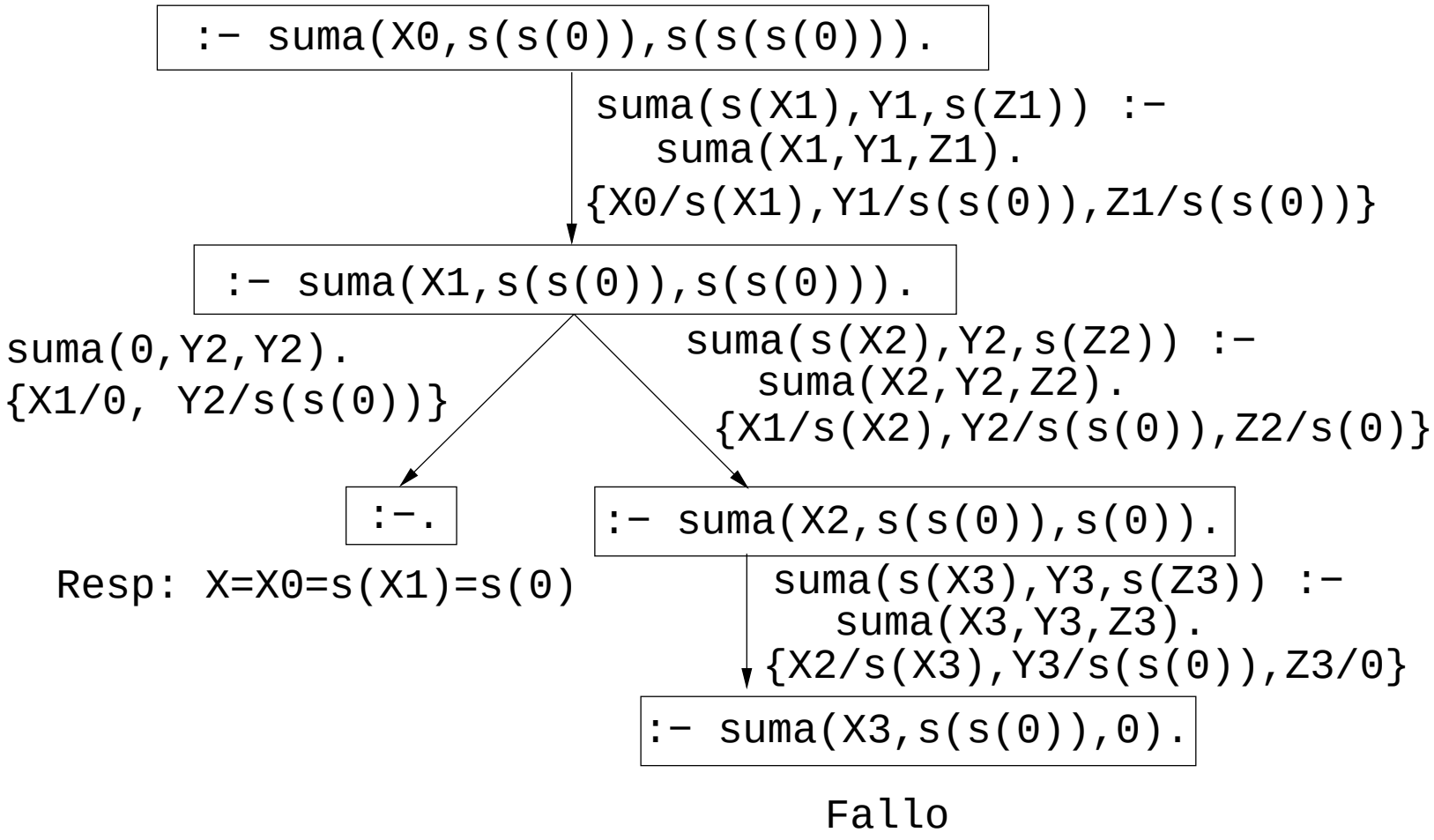
Deducción Prolog en lógica funcional

- 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

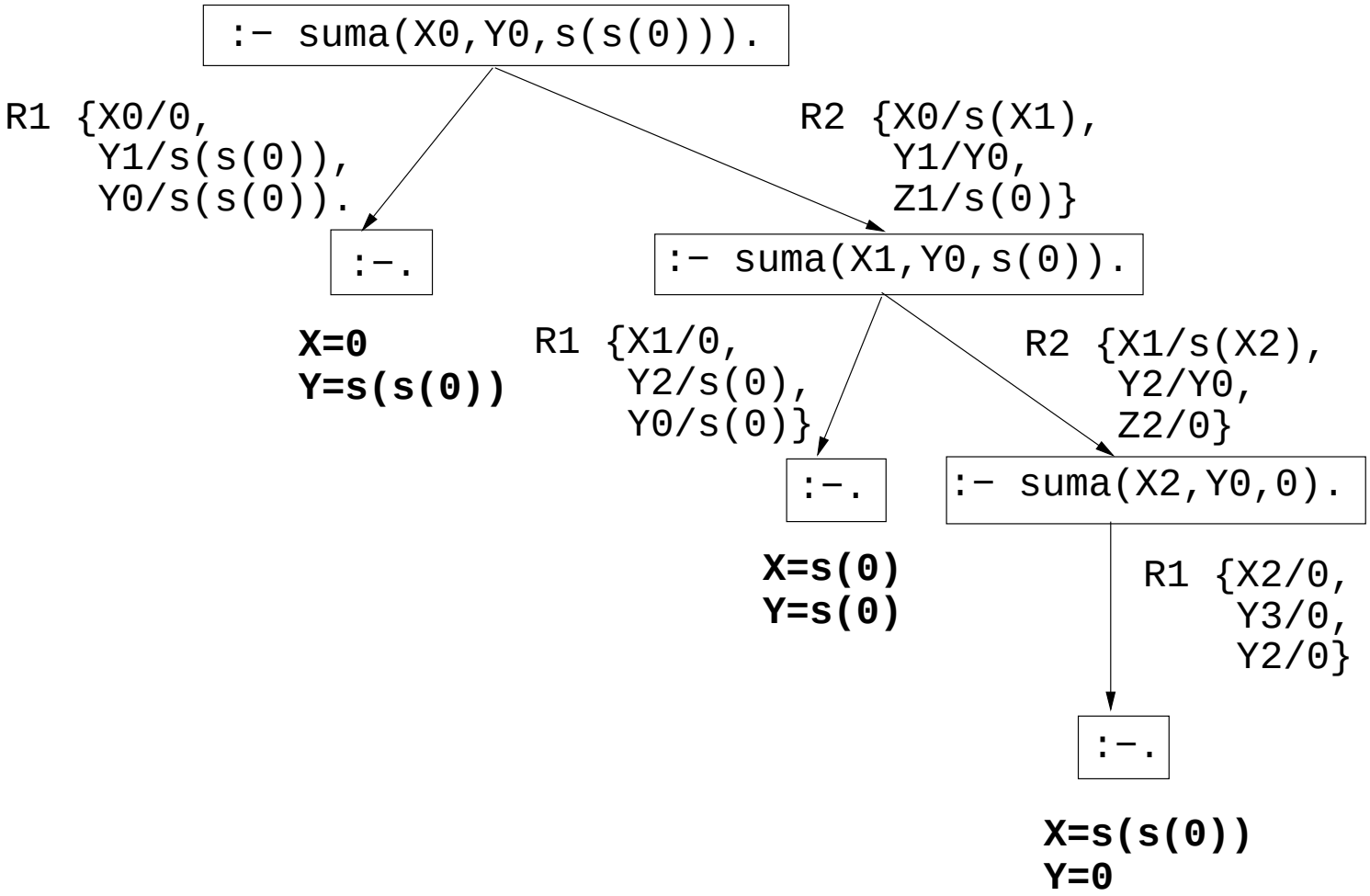
```
X + Y = s(s(0))?
```

  - 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

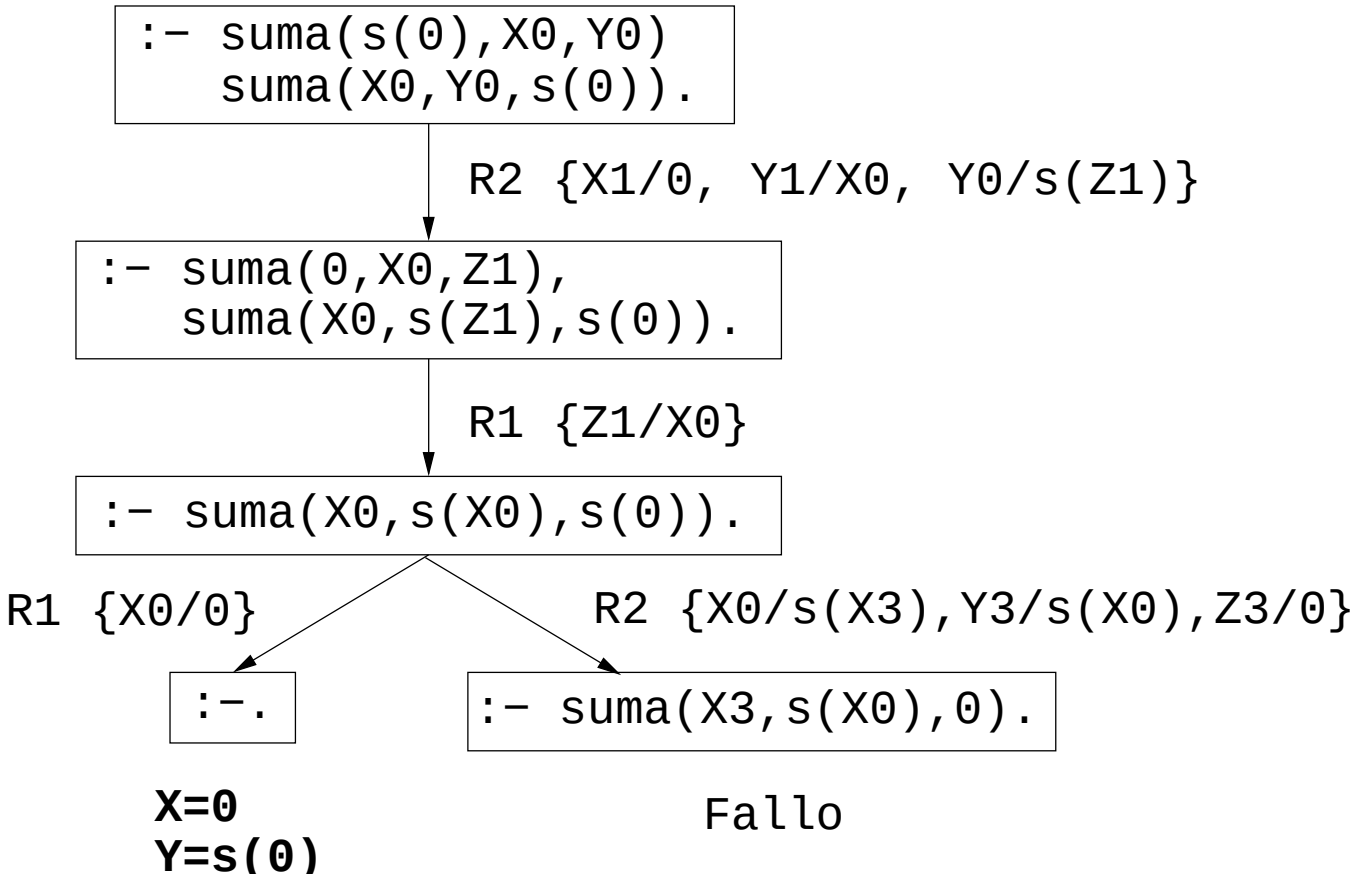
$$1 + X = Y$$
$$X + Y = 1$$

  - 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

- J.A. Alonso y J. Borrego
  Deducción automática (Vol. 1: Construcción lógica de sistemas lógicos
  (Ed. Kronos, 2002)
  - Cap. 2: Introducción a la programación lógica con Prolog.
- I. Bratko *Prolog Programming for Artificial Intelligence (2nd ed.)*
  (Addison–Wesley, 1990)
  - Cap. 1: “An overview of Prolog”
  - Cap. 2: “Syntax and meaning of Prolog programs”
- W.F. Clocksin y C.S. Mellish *Programming in Prolog (Fourth Edition)*
  (Springer Verlag, 1994)
  - Cap. 1: “Tutorial introduction”
  - Cap. 2: “A closer look”