



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

DEPARTAMENTO DE  
INFORMÁTICA Y ANÁLISIS NUMÉRICO

# PROGRAMACIÓN DECLARATIVA

INGENIERÍA INFORMÁTICA

CUARTO CURSO

PRIMER CUATRIMESTRE



**Tema 8.- Introducción al Lenguaje Prolog**



Primera  
parte:  
Scheme

Tema 1.- Introducción al Lenguaje Scheme

Tema 2.- Expresiones y Funciones

Tema 3.- Predicados y sentencias condicionales

Tema 4.- Iteración y Recursión

Tema 5.- Tipos de Datos Compuestos

Tema 6.- Abstracción de Datos

Tema 7.- Lectura y Escritura

Segunda  
parte: Prolog

Tema 8.- **Introducción al Lenguaje Prolog**

Tema 9.- Elementos Básicos de Prolog

Tema 10.- Listas

Tema 11.- Reevaluación y el “corte”

Tema 12.- Entrada y Salida

## Segunda parte: Prolog

**Tema 8.- Introducción al Lenguaje Prolog**

**Tema 9.- Elementos Básicos de Prolog**

**Tema 10.- Listas**

**Tema 11.- Reevaluación y el “corte”**

**Tema 12.- Entrada y Salida**

# Índice

1. Características Fundamentales de la Programación Lógica
2. Hechos
3. Preguntas
4. Variables
5. Conjunción, disyunción y negación
6. Reglas

# Índice

1. Características Fundamentales de la Programación Lógica
2. Hechos
3. Preguntas
4. Variables
5. Conjunción, disyunción y negación
6. Reglas

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- Introducción
- Orígenes de la programación lógica
- Funcionamiento básico de Prolog

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Introducción**
- Orígenes de la programación lógica
- Funcionamiento básico de Prolog

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Introducción**

- Programación declarativa
- Programación lógica
- Conceptos comunes de la programación lógica y la programación funcional



# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Introducción**

- **Programación declarativa**
- Programación lógica
- Conceptos comunes de la programación lógica y la programación funcional

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Introducción**

- **Programación declarativa**

- Su prioridad es responder a la siguiente pregunta

*¿**Qué** problema hay que resolver?*

- **No** se preocupa de

*¿**Cómo** hay que resolver el problema?*

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Introducción**

- **Programación declarativa**

- **Tipos de programación declarativa**

- **Programación funcional**

- ✓ Basada en los conceptos de **función y expresión matemática.**

- **Programación Lógica**

- ✓ Basada en los fundamentos teóricos de la **lógica matemática.**

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Introducción**

- Programación declarativa
- **Programación lógica**
- Conceptos comunes de la programación lógica y la programación funcional

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Introducción**

- **Programación lógica**

- **Programa = Lógica + Control**

- **Lógica**

- ✓ Declaración de **qué** problema debe resolverse.

- ✓ Responsabilidad del **programador.**

- **Control**

- ✓ Declaración de **cómo** debe resolverse el problema.

- ✓ Responsabilidad del **intérprete.**

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Introducción**

- **Programación lógica**

- **Hecho:** cosa que sucede.
    - **Regla:** relación entre hechos.

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Introducción**

- Programación declarativa
- Programación lógica
- **Conceptos comunes de la programación lógica y la programación funcional**

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Introducción**

- **Conceptos comunes de la programación lógica y la programación funcional**

- Recursión
- Listas
- Lenguajes interpretados
- Gestión automática de memoria:
  - ❑ *garbage collection* (recogida de basura).



# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- Introducción
- **Orígenes de la programación lógica**
- Funcionamiento básico de Prolog

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Orígenes de la programación lógica**
  - Fundamentos teóricos
  - Precursores
  - Desarrollo histórico

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Orígenes de la programación lógica**
  - **Fundamentos teóricos**
  - Precursores
  - Desarrollo histórico

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Orígenes de la programación lógica**
  - **Fundamentos teóricos**
    - **Cláusulas de Horn**
    - **Principio de resolución de Robinson**

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- Orígenes de la programación lógica

- Fundamentos teóricos

- Cláusulas de Horn

- Alfred Horn (1951)

- Disyunción de literales negados, excepto uno:

$$\neg p_1 \vee \neg p_2 \vee \dots \neg p_n \vee q$$

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- Orígenes de la programación lógica

- Fundamentos teóricos

- Cláusulas de Horn

- Interpretación

$$\neg p_1 \vee \neg p_2 \vee \dots \vee \neg p_n \vee q$$

(aplicando la Ley de Morgan)

$$\equiv \neg (p_1 \wedge p_2 \wedge \dots \wedge p_n) \vee q$$

(aplicando la equivalencia de la conectiva “ $\rightarrow$ ”)

$$\equiv p_1 \wedge p_2 \wedge \dots \wedge p_n \rightarrow q$$

Significa que si se verifican  $p_1, p_2, \dots$  y  $p_n$  entonces se verifica  $q$ .

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

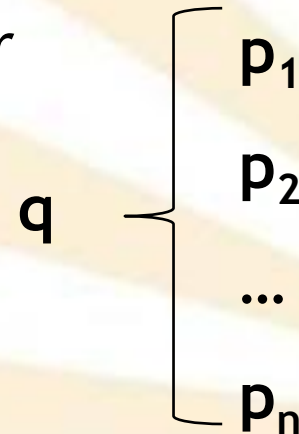
- Orígenes de la programación lógica

- Fundamentos teóricos

- Cláusulas de Horn

- $q$  se verifica si se verifican  $p_1, p_2, \dots$  y  $p_n$ .

- Interpretación modular

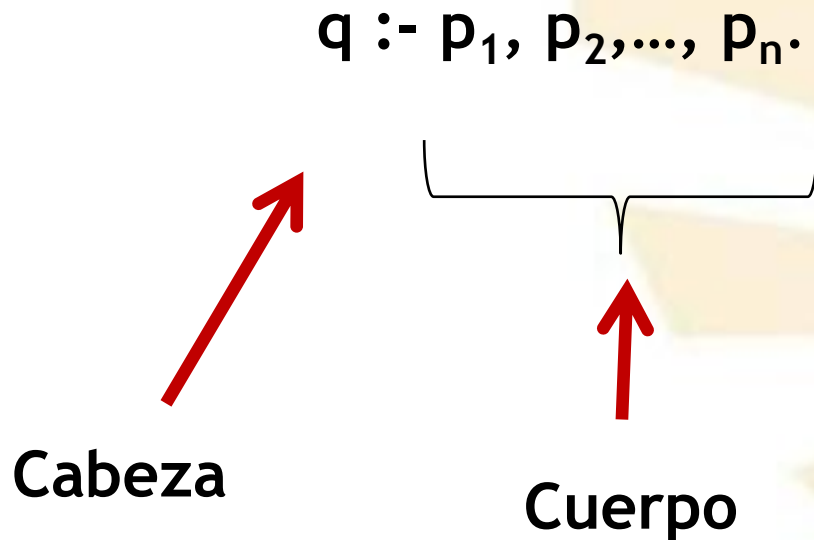


- Regla de Prolog

$$q \text{ :- } p_1, p_2, \dots, p_n.$$

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- Orígenes de la programación lógica
  - Fundamentos teóricos
    - Cláusulas de Horn
      - Regla de Prolog





# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- Orígenes de la programación lógica
  - Fundamentos teóricos
    - Cláusulas de Horn: ejemplo 1

*Si la figura posee cuatro lados iguales  
y cuatro ángulos iguales  
entonces la figura es un cuadrado*

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- Orígenes de la programación lógica

- Fundamentos teóricos

- Cláusulas de Horn: ejemplo 1

- Variables proposicionales

$p_1$  = la figura posee cuatro lados iguales

$p_2$  = la figura posee cuatro ángulos iguales

$q$  = la figura es un cuadrado

- Significado

- ✓ Si se verifican  $p_1$  y  $p_2$  entonces se verifica  $q$

- ✓  $q$  se verifica si se verifican  $p_1$  y  $p_2$

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- Orígenes de la programación lógica

- Fundamentos teóricos

- Cláusulas de Horn: ejemplo 1

- Lógica proposicional

$$p_1 \wedge p_2 \rightarrow q$$

$$\equiv \neg(p_1 \wedge p_2) \vee q$$

$$\equiv \neg p_1 \vee \neg p_2 \vee q \quad \text{Cláusula de Horn}$$

- Cláusula de Horn en Prolog

$$q \text{ :- } p_1, p_2.$$

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- Orígenes de la programación lógica

- Fundamentos teóricos

- Cláusulas de Horn: ejemplo 2

*Todos los hombres son mortales*

- Lógica de predicados

- Predicados

- ✓ *hombre(x): x es un hombre*

- ✓ *mortal (x): x es mortal*

- Regla

- $\forall x (\text{hombre}(x) \rightarrow \text{mortal}(x))$

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- Orígenes de la programación lógica

- Fundamentos teóricos

- Cláusulas de Horn: ejemplo 2

- Significado

- Si se verifica *hombre* ( $x$ ) entonces se verifica *mortal* ( $x$ )

- Significado equivalente

- *mortal* ( $x$ ) si se verifica *hombre* ( $x$ )

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- Orígenes de la programación lógica

- Fundamentos teóricos

- Cláusulas de Horn: ejemplo 2

- Lógica de predicados

$\forall x (hombre(x) \rightarrow mortal(x))$

$hombre(x) \rightarrow mortal(x)$

- ✓ Cláusula de Horn

$\neg hombre(x) \vee mortal(x)$

- Regla de Prolog

$mortal(X) :- hombre(X).$

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Orígenes de la programación lógica**
  - **Fundamentos teóricos**
    - Cláusulas de Horn
    - **Principio de resolución de Robinson**

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- Orígenes de la programación lógica
  - Fundamentos teóricos
    - Principio de resolución de Robinson
      - John Allan Robinson (1965)



Dr. Honoris Causa de la Universidad Politécnica de Madrid (1 de octubre de 2013)



# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- Orígenes de la programación lógica
  - Fundamentos teóricos
    - Principio de resolución de Robinson
      - John Allan Robinson (1965)
      - Caso básico (lógica proposicional)

## *Modus Ponens*

$$p \rightarrow q$$

$$p$$

---

$$q$$

## Principio de resolución

$$\neg p \vee q$$

$$p$$

---

$$q$$

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- Orígenes de la programación lógica

- Fundamentos teóricos

- Principio de resolución de Robinson

- Caso básico (lógica proposicional)

- ✓ Ejemplo

*Si es un cuadrado entonces es un polígono*

*Es un cuadrado*

---

*Es un polígono*

## Proposiciones

➤ p: es un cuadrado

➤ q: es un polígono

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- Orígenes de la programación lógica
  - Fundamentos teóricos
    - Principio de resolución de Robinson
      - Caso básico (lógica proposicional)
        - ✓ Ejemplo

## *Modus Ponens*

$$p \rightarrow q$$

$$p$$

---

$$q$$

## Principio de resolución

$$\neg p \vee q$$

$$p$$

---

$$q$$

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- Orígenes de la programación lógica
  - Fundamentos teóricos
    - Principio de resolución de Robinson
      - Caso general (lógica proposicional)

$$p_1 \wedge p_2 \wedge \dots \wedge p_n \rightarrow q$$

$$p_1$$

---

$$p_2 \wedge \dots \wedge p_n \rightarrow q$$

Principio de resolución

$$\neg p_1 \vee \neg p_2 \vee \dots \vee \neg p_n \vee q$$

$$p_1$$

---

$$\neg p_2 \vee \dots \vee \neg p_n \vee q$$

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- Orígenes de la programación lógica
  - Fundamentos teóricos
    - Principio de resolución de Robinson
      - Caso básico (lógica de predicados)

## *Modus Ponens*

$$p(x) \rightarrow q(x)$$

$$p(a)$$

---

$$q(a)$$

## Principio de resolución

$$\neg p(x) \vee q(x)$$

$$p(a)$$

---

$$q(a)$$

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- Orígenes de la programación lógica
  - Fundamentos teóricos
    - Principio de resolución de Robinson
      - Caso básico (lógica de predicados)
        - ✓ Ejemplo

*Todos los hombres son mortales*

*Sócrates es un hombre*

---

*Sócrates es mortal*

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- Orígenes de la programación lógica
  - Fundamentos teóricos
    - Principio de resolución de Robinson
      - Caso básico (lógica de predicados)
        - ✓ Ejemplo

## *Modus Ponens*

*hombre(x) → mortal(x)*

*hombre(Sócrates)*

---

*mortal(Sócrates)*

## Principio de resolución

*¬ hombre(x) ∨ mortal(x)*

*hombre(Sócrates)*

---

*mortal(Sócrates)*

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- Orígenes de la programación lógica
  - Fundamentos teóricos
    - Principio de resolución de Robinson
      - Caso general (lógica de predicados)

$$p_1(x) \wedge p_2(x) \wedge \dots \wedge p_n(x) \rightarrow q(x)$$

$$p_1(a)$$

---

$$p_2(a) \wedge \dots \wedge p_n(a) \rightarrow q(a)$$



# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- Orígenes de la programación lógica
  - Fundamentos teóricos
    - Principio de resolución de Robinson
      - Caso general (lógica de predicados)

## Principio de resolución

$$\neg p_1(x) \vee \neg p_2(x) \vee \dots \vee \neg p_n(x) \vee q(x)$$

$$p_1(a)$$

---

$$\neg p_2(a) \vee \dots \vee \neg p_n(a) \vee q(a)$$

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

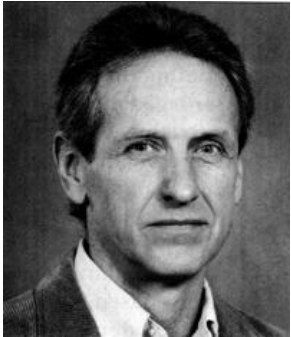
- **Orígenes de la programación lógica**
  - Fundamentos teóricos
  - **Precursores**
  - Difusión histórica

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- Orígenes de la programación lógica

- Precursores

- **Robert Kowalski** (Universidad de Edimburgo):  
1972



- Fundamentos teóricos

- Cláusulas de Horn y principio de resolución

- **Maarten Van Emden** (Universidad de Edimburgo):



- Demostración experimental

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- Orígenes de la programación lógica

- Precursores

- Alain Colmerauer y Phillipe Roussel (Universidad de Marsella)



Colmerauer

- Implementación

- Programmation en Logique: Prolog*

- Intérprete de Prolog codificado en Algol W de Wirth.

- Utiliza la interpretación procedimental o modular de Kowalski.

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Orígenes de la programación lógica**
  - Fundamentos teóricos
  - Precursores
  - **Difusión histórica**

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Orígenes de la programación lógica**

- **Difusión histórica**

- **Prolog-10 (Warren, años setenta)**

- Compilador escrito casi completamente en Prolog.

- **Desdén inicial**

- La comunidad científica **occidental** no tuvo en cuenta a la Programación Lógica hasta principios de los años ochenta.

- **Factor decisivo**

- Proyecto de Quinta Generación de Japón (1981).

- **Versión estándar: Prolog de Edimburgo**

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- Introducción
- Orígenes de la programación lógica
- **Funcionamiento básico de Prolog**

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Funcionamiento básico de Prolog**
  - Ejecución
  - Búsqueda de objetivos
  - Limitaciones
  - Aplicaciones



# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Funcionamiento básico de Prolog**
  - **Ejecución**
  - Búsqueda de objetivos
  - Limitaciones
  - Aplicaciones

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Funcionamiento básico de Prolog**
  - **Ejecución**
    - Llamada al intérprete
    - Carga de un fichero con hechos y reglas
    - Preguntas
    - Salida del intérprete

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Funcionamiento básico de Prolog**

- **Ejecución**

- Llamada al intérprete

*pl* (o *prolog*)

*?-*

- Salida del intérprete

*?- halt.*

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Funcionamiento básico de Prolog**

- **Ejecución**

- **Carga de un fichero con hechos y reglas**

- Cargar el fichero.pl

- ?- *consult('fichero')*.

- ?- *consult('fichero.pl')*.

- Manera alternativa

- ?- *[fichero]*.

- Cargar *fichero<sub>i</sub>.pl* ( $\forall i \in \{1,2,\dots,n\}$ )

- ?- *[fichero<sub>1</sub>, fichero<sub>2</sub>, ..., fichero<sub>n</sub>]*.

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Funcionamiento básico de Prolog**

- **Ejecución**

- Carga de un fichero con hechos y reglas desde el teclado

*?- [user].*

*...*

*<<fin de fichero>>*

*?-*

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Funcionamiento básico de Prolog**

- **Ejecución**

- Listado de todos los hechos y reglas

*?- listing.*

- Listado de todos los hechos y reglas de un predicado

*?- listing(predicado).*

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Funcionamiento básico de Prolog**

- **Ejecución**

- Directorio actual

- ?- *pwd*.

- Contenido del directorio actual:

- ?- *ls*.

- Cambio al directorio “padre”

- ?- *cd('..')*.

- Cambio al directorio `home/i99zazaz/ejemplo`

- ?- *cd('/home/i99zazaz/ejemplo')*.

- Cambio al directorio de Windows `C:\ejemplo`

- ?- *cd('c:\ejemplo')*.

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Funcionamiento básico de Prolog**

- **Ejecución**

- Ayuda

- ?- *help(Topic)*

- ?- *apropos(Word)*.

- Traza de ejecución del intérprete

- ?- *trace*.

- Fin de la traza:

- ?- *nodebug*.

- Call: (6) edinburgh:nodebug ? n (no debug)*



# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Funcionamiento básico de Prolog**

- **Ejecución**

- **Carga de un fichero con hechos y reglas**

- Los hechos son descritos en los apartados nº 2, 4, 5.

- Las reglas son descritas en el apartado nº 6.

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Funcionamiento básico de Prolog**

- **Ejecución**

- Preguntas

- Permite consultar si un hecho se puede deducir de la base de hechos y reglas del programa.
- Véase el apartado nº 3.

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Funcionamiento básico de Prolog**
  - Ejecución
  - **Búsqueda de objetivos**
  - Limitaciones
  - Aplicaciones

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Funcionamiento básico de Prolog**

- **Búsqueda de objetivos**

- **Programa**

- Conjunto de **hechos y reglas**

- **Ejecución de una consulta**

- Si la **consulta** coincide con un **hecho** entonces el **objetivo** se ha **conseguido**.

- En caso contrario, se comprueba si la consulta es la “**cabeza**” de una **regla**

- ✓ Si es así entonces se generan **nuevas consultas** utilizando el **cuerpo** de la regla.

- ✓ En caso contrario, el objetivo no se consigue.

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Funcionamiento básico de Prolog**

- **Búsqueda de objetivos**

- **Ejemplo1**

- **Hechos**

*hombre(socrates).*

*hombre(aristoteles).*

- **Regla**

*mortal(X) :- hombre(X).*

- **Consulta**

*?- mortal(socrates).*

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Funcionamiento básico de Prolog**

- **Búsqueda de objetivos**

- **Ejemplo1**

- Equivalencia con la lógica de predicados (1/2)

$\forall x (hombre(x) \rightarrow mortal(x))$

$hombre(socrates)$

---

$mortal(socrates)$

$hombre(x) \rightarrow mortal(x)$

$hombre(socrates)$

---

$mortal(socrates)$

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Funcionamiento básico de Prolog**

- **Búsqueda de objetivos**

- **Ejemplo1**

- Equivalencia con la lógica de predicados (2/2)

## Principio de resolución

```
¬ hombre(x) ∨ mortal(x)  
hombre(socrates)  
-----  
mortal(socrates)
```

## Prolog

```
mortal(X) :- hombre(X).  
hombre(socrates).  
?- mortal(socrates).  
yes
```

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Funcionamiento básico de Prolog**

- **Búsqueda de objetivos**

- **Ejemplo1**

- **Consulta**

?- *mortal(socrates)*.

1. **No** existe el hecho *mortal (socrates)*

2. La consulta es la **cabeza** de la regla

*mortal(X) :- hombre(X)*

3. Se genera una **nueva consulta**:

*hombre(socrates)*

4. *hombre(socrates)* es un hecho del programa.

5. Respuesta: **sí** (yes)



# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Funcionamiento básico de Prolog**

- **Búsqueda de objetivos**

- **Observación**

- Prolog considera como **falso** todo lo que **no conoce** o no puede deducir, aunque sea verdadero en la vida real.

- Ejemplo: si se consulta

*? mortal(platon).*

la respuesta será **no**

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Funcionamiento básico de Prolog**
  - Ejecución
  - Búsqueda de objetivos
  - **Limitaciones**
  - Aplicaciones

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Funcionamiento básico de Prolog**

- **Limitaciones**

- Prolog **no** es un lenguaje de programación lógica completamente puro:
  - ❑ Prolog establece un **orden** de precedencia entre reglas, que no existe en la lógica.
  - ❑ Prolog sólo permite la **negación** en el **cuerpo** de las cláusulas.

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Funcionamiento básico de Prolog**
  - Ejecución
  - Búsqueda de objetivos
  - Limitaciones
  - **Aplicaciones**

# 1. Características Fundamentales de la Programación Lógica

- **Funcionamiento básico de Prolog**

- **Aplicaciones**

- Demostración de teoremas
- Representación del conocimiento
- Problemas de búsqueda
- Planificación
- Procesamiento del lenguaje natural (PLN)
- Sistemas expertos
- Especificación de algoritmos
- Etc.

# Índice

1. Características Fundamentales de la Programación Lógica
2. **Hechos**
3. Preguntas
4. Variables
5. Conjunción, disyunción y negación
6. Reglas

## 2. Hechos

- Definición
- Ejemplos
- Sintaxis
- Semántica

## 2. Hechos

- **Definición**
- Ejemplos
- Sintaxis
- Semántica



## 2. Hechos

- **Definición**

- Un hecho representa una afirmación que se realiza sobre un asunto.

## 2. Hechos

- Definición
- **Ejemplos**
- Sintaxis
- Semántica

## 2. Hechos

- **Ejemplos**

- **Hechos en Prolog**

- hombre(socrates).*

- sexo(socrates, masculino).*

- padre\_de(juan, luis).*

- tiene(antonio, bicicleta).*

- da(laura, libro, maria).*

- **Significados de los hechos**

- Sócrates es un hombre

- El padre de Juan es Luis

- Antonio tiene una bicicleta

- Laura da un libro a María

## 2. Hechos

- **Ejemplos**

- **Hechos**

- Juan está enamorado de María

- María está enamorada de Juan

- Laura está enamorada de Luis

- **Hechos en Prolog**

*enamorado\_de(juan, maria).*

*enamorado\_de(maria,juan).*

*enamorado\_de(laura, luis).*

## 2. Hechos

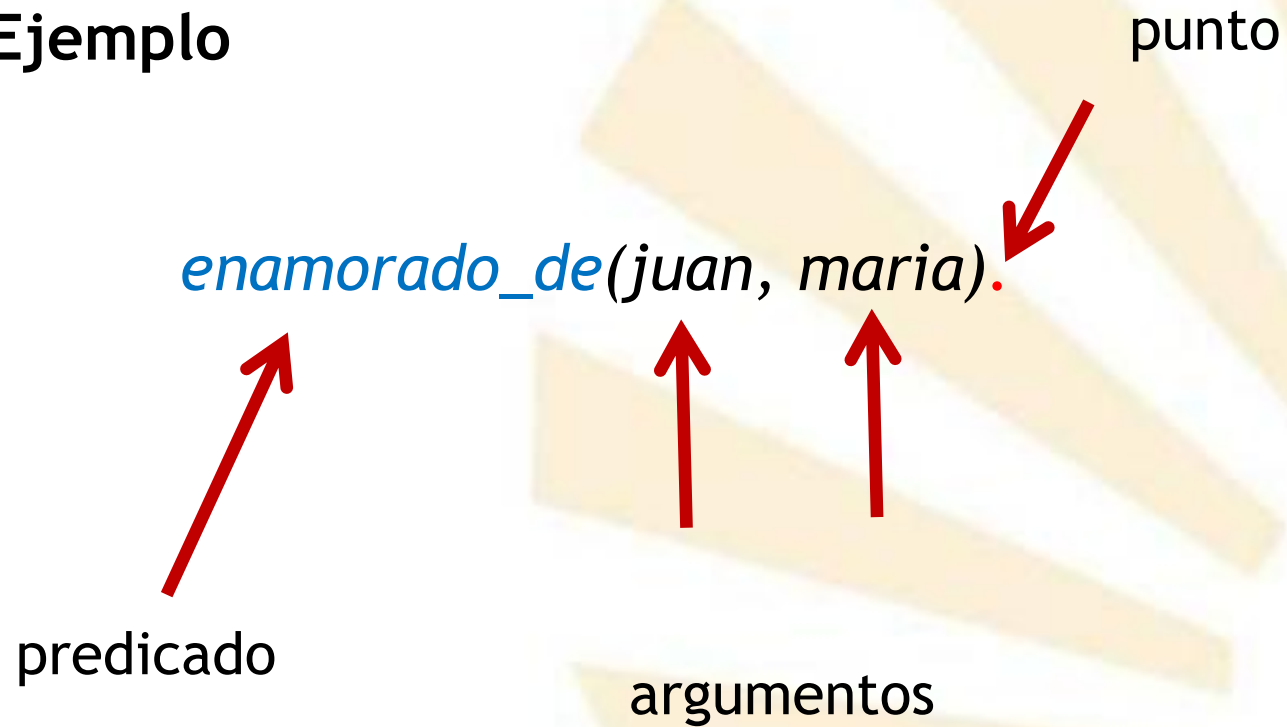
- Sintaxis

*predicado* (*argumento<sub>1</sub>*, *argumento<sub>2</sub>*, ... *argumento<sub>n</sub>*).

## 2. Hechos

- Sintaxis

- Ejemplo



## 2. Hechos

- **Sintaxis**

- **Restricciones**

- Los nombres de los **predicados** y los **átomos** comienzan por una letra **minúscula**.
- Se tiene que poner un **punto “.”** al final del hecho.
- **Número de argumentos** de un predicado
  - **Arbitrario pero constante.**

## 2. Hechos

- **Semántica**

- Cada **hecho** posee un **significado arbitrario**.
- El **significado** de un hecho debe permanecer **invariable** una vez que ha sido establecido.
- El **predicado** establece una **relación** entre los argumentos.
- El significado de un predicado depende del **orden** de los argumentos.
- Se deben utilizar **identificadores descriptivos** de los predicados y los argumentos.



## 2. Hechos

- **Semántica**

- **Base de datos** de un programa en Prolog:
  - Conjunto de **hechos** y **reglas** que posee.

# Índice

1. Características Fundamentales de la Programación Lógica
2. Hechos
- 3. Preguntas**
4. Variables
5. Conjunción, disyunción y negación
6. Reglas

### 3. Preguntas

- Se pueden realizar preguntas a la base de datos de un programa de Prolog

- **Ejemplo:**

*?- tiene(maria,libro).*

punto



- Se está preguntando si María tiene el libro.
- Prolog busca en su base de datos, compuesta por hechos (y reglas), si contiene el hecho

*tiene(maria,libro).*

- Es necesario que **coincidan**
  - el nombre del **predicado** o relación
  - los **argumentos** en número y orden.

### 3. Preguntas

- **Ejemplo**

- **Hechos**

*tiene(maria, libro).*

*tiene(maria, cuaderno).*

*tiene(juan, cuaderno).*

*tiene(juan, bicicleta).*

- **Preguntas**

*?- tiene(maria, libro).*

*yes*

*?- tiene(juan, libro).*

*no*

### 3. Preguntas

- **Ejemplo**

- **Pregunta**

- ?- *tiene(maria, bicicleta).*

- no*

- **Falso por defecto**

- Prolog responde “no” porque no hay ningún hecho que coincida con la pregunta (o regla que permita deducir ese hecho).

- Se recuerda que **Prolog** considera **falso** todo lo que **no conoce**.

# Índice

1. Características Fundamentales de la Programación Lógica
2. Hechos
3. Preguntas
4. **Variables**
5. Conjunción, disyunción y negación
6. Reglas

## 4. Variables

- Las variables permiten hacer preguntas más versátiles
- Primer carácter de una variable:
  - Letra mayúscula
  - Subrayado “\_”
- Ejemplos
  - ¿Qué cosas tiene Juan?

?- tiene(juan, Cosa).

Cosa = cuaderno 

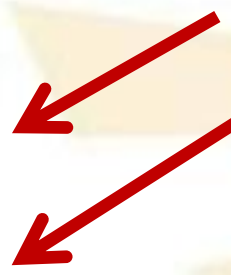
:
;

Cosa = bicicleta 

:
;

no

Punto y coma:  
nueva solución



## 4. Variables

- Ejemplos

- ¿Quién tiene un cuaderno?

?- tiene(\_persona,cuaderno). Punto y coma:  
nueva solución

\_persona = maria

\_persona = juan

Fin de la búsqueda



## 4. Variables

- Preguntas con dos variables
  - ¿Qué cosas tiene cada persona?

?- tiene(\_persona, Cosa).

\_persona = maria, Cosa = libro

;

\_persona = maria, Cosa = cuaderno

;

\_persona = juan, Cosa = cuaderno

;

\_persona = juan, Cosa = bicicleta

Enter

## 4. Variables

- Preguntas con una variable repetida.

- Hechos

*camino(baena, luque).*

*camino(luque, zuheros).*

*camino(baena, baena).*

- ¿Qué pueblo tiene un camino circular?

?- *tiene(Pueblo, Pueblo).*

*Pueblo= baena*

## 4. Variables

- **Variable anónima: símbolo de subrayado “\_”**
  - Comprueba **si existe un valor** que se pueda asociar a la variable que haga verdadero el predicado.
  - **No importa** conocer cuál es el valor concreto asociado a la variable anónima.
  - Cada aparición de una variable anónima es **independiente**.

## 4. Variables

- Variable anónima: símbolo de subrayado “  ”

- Preguntas con variable anónima

- ¿Quién tiene algo?

?- *tiene(Persona,   )*.

*Persona = maria*

;

*Persona = juan*

Enter

- ¿Alguien tiene un cuaderno?

?- *tiene(  ,cuaderno)*.

*yes*

## 4. Variables

- Variable anónima: símbolo de subrayado “  ”
  - Preguntas con variable anónima
    - ¿Alguien tiene algo?  
*?- tiene(  ,  ).*  
*yes*

# Índice

1. Características Fundamentales de la Programación Lógica
2. Hechos
3. Preguntas
4. Variables
- 5. Conjunción, disyunción y negación**
6. Reglas

## 5. Conjunciones, disyunciones y negaciones

- Se pueden hacer preguntas más completas si se utilizan los **operadores lógicos**
  - Disyunción lógica:
    - Símbolo de punto y coma “;”
  - Conjunción lógica:
    - Símbolo de la coma “,”
  - Negación lógica:
    - **not**

## 5. Conjunciones, disyunciones y negaciones

- **Conjunción lógica**

- La respuesta será verdadera si ambas respuestas son verdaderas

- **Ejemplos**

?- *tiene(maria,libro) , tiene(juan,cuaderno).*

*yes*

?- *tiene(maria,bicicleta) , tiene(juan,cuaderno).*

*no*



## 5. Conjunciones, disyunciones y negaciones

- **Conjunción lógica**

- ¿Qué cosa tienen en común María y Juan?

?- *tiene(maria,X) , tiene(juan,X)*.

*X = cuaderno*

- **Reevaluación o *backtracking* (lógica + control)**

- Fase 1: X toma el valor de **libro**

- Fase 2: **no** se verifica *tiene(juan,libro)*

- Fase 3: X toma el valor de *cuaderno*

- Fase 4: se **verifica** el hecho

*tiene(juan,cuaderno)*

## 5. Conjunciones, disyunciones y negaciones

- **Conjunción lógica**

- ¿Tiene algo María y tiene algo Juan?

- ?- *tiene(maria,\_) , tiene(juan,\_)*.

- yes*

## 5. Conjunciones, disyunciones y negaciones

- **Conjunción lógica**

- Hechos

*enamorado\_de(juan, maria).*

*enamorado\_de(maria,juan).*

*enamorado\_de(laura, luis).*

- ¿Están Juan y María enamorados?

?- *enamorado\_de (juan,maria),*

*enamorado\_de(maria,juan).*

- ¿Es correspondido el amor de Laura?

?- *enamorado\_de(laura,X), enamorado\_de(X,laura).*

- Etc.

## 5. Conjunciones, disyunciones y negaciones

- **Disyunción lógica**
  - La respuesta será verdadera si alguna de las respuestas es verdadera.

- **Ejemplos**

?- *tiene(maria,libro) ; tiene(juan,cuaderno).*

*yes*

?- *tiene(maria,bicicleta) ; tiene(juan,cuaderno).*

*yes*

## 5. Conjunciones, disyunciones y negaciones

- Ejemplos

- ¿Qué cosas tienen Juan o María?

?- tiene(juan,X) ; tiene(maria,X).

X = cuaderno

X = bicicleta

X = libro

X = cuaderno

no

## 5. Conjunciones, disyunciones y negaciones

- **Negación lógica**

- La respuesta será verdadera si la respuesta original es falsa.

- **Ejemplos**

?- *not*(tiene(juan, cuaderno))

*no*

?- *not*(tiene(juan, tijeras)).

*yes*

## 5. Conjunciones, disyunciones y negaciones

- **Precedencia de los operadores lógicos**
  - Máxima precedencia:
    - negación lógica (not)
  - Precedencia intermedia:
    - conjunción lógica (,)
  - Mínima precedencia:
    - disyunción lógica (;)
  - Los paréntesis controlan la precedencia.

## 5. Conjunciones, disyunciones y negaciones

- Precedencia de los operadores lógicos
  - Ejemplos

?- *tiene(juan, cuaderno); tiene(maria, rotulador),  
not(tiene(juan, bicicleta)).*

*yes*

?- *(tiene(juan, cuaderno); tiene(maria, rotulador)),  
not(tiene(juan, bicicleta)).*

*no*



# Índice

1. Características Fundamentales de la Programación Lógica
2. Hechos
3. Preguntas
4. Variables
5. Conjunción, disyunción y negación
- 6. Reglas**

## 6. Reglas

*mortal(X) :- hombre(X).* ← punto

↑  
Cabeza

↑  
Cuerpo

## 6. Reglas

- Las **reglas** evitan indicar hechos que se pueden deducir a partir de otros.
- Las **reglas** permiten representar **dependencias** entre hechos.

*mortal(X) :- hombre(X).*

- Las **reglas** permiten representar **definiciones**

*buen\_estudiante(Persona):-  
asiste\_a\_clase(Persona),  
estudia(Persona).*

## 6. Reglas

- Reglas recursivas
- Ejemplo de las conexiones por carretera

*carretera(cordoba,granada).*

*carretera(cordoba,jaen).*

*carretera(cordoba,malaga).*

*carretera(cordoba,sevilla).*

*carretera(sevilla, cadiz).*

*carretera(sevilla, huelva).*

*carretera(sevilla, malaga).*

**conectado** (Origen, Destino):-

*carretera(Origen, Destino).*

**conectado** (Origen, Destino):-

*carretera (Origen, Intermedio),*

**conectado** (Intermedio, Destino).

## 6. Reglas

- Reglas recursivas
- Ejemplo de “la familia” (1/6)

*mujer(ana).*  
*mujer(marta).*  
*mujer(alicia).*  
*mujer(carmen).*  
*mujer(laura).*  
*mujer(isabel).*  
*mujer(silvia).*

*hombre(juan).*  
*hombre(luis).*  
*hombre(miguel).*  
*hombre(alberto).*  
*hombre(rodrigo).*  
*hombre(pedro).*

## 6. Reglas

- Ejemplo de “la familia” (2/6)

*/\* padres(Persona, Padre, Madre). \*/*

*padres(juan,luis,ana).*

*padres(alberto,luis,ana).*

*padres(marta,luis,ana).*

*padres(alicia,luis,ana).*

*padres(rodrigo,juan,laura).*

*padres(carmen,juan,laura).*

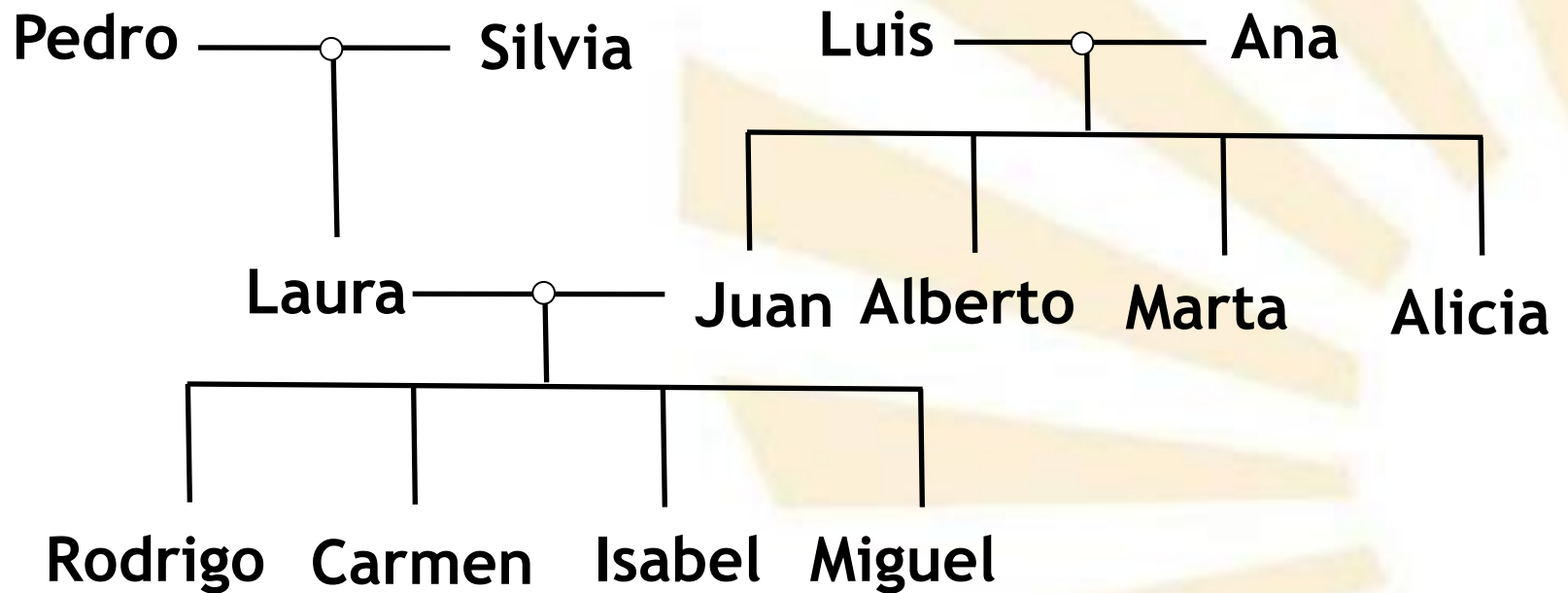
*padres(isabel,juan,laura).*

*padres(miguel,juan,laura).*

*padres(laura,pedro,silvia).*

## 6. Reglas

- Ejemplo de “la familia” (3/6)
  - Árbol genealógico



## 6. Reglas

- Ejemplo de “la familia” (4/6)

*/\* X es hermana de Y: primera versión\*/*

*hermana(X,Y):-*

*mujer(X),*

*padres(X,Padre,Madre),*

*padres(Y,Padre,Madre).*

- Problema

*?hermana(alicia,Y).*

*Y = marta*

;

*Y = alicia*

Error



## 6. Reglas

- Ejemplo de “la familia” (5/6)

*/\* X es hermana de Y: segunda versión \*/*

*hermana\_verdadera(X,Y):-  
mujer(X),  
padres(X,Padre,Madre),  
padres(Y,Padre,Madre),  
X \= Y.*

## 6. Reglas

- Ejemplo de “la familia” (6/6)

*/\* X es un ancestro de Y \*/*

```
ancestro(X,Y):-  
    padres(Y,X,_).
```

```
ancestro(X,Y):-  
    padres(Y,_,X).
```

```
ancestro(X,Y):-  
    padres(Y,Z,_),  
    ancestro(X,Z).
```

```
ancestro(X,Y):-  
    padres(Y,_,Z),  
    ancestro(X,Z).
```

## 6. Reglas

- **Ejercicios sobre la familia**
  - Abuelo/a
  - Nieto/a
  - Primos/as
  - Etc.
  
- **Ejercicio de los donantes de sangre**



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

DEPARTAMENTO DE  
INFORMÁTICA Y ANÁLISIS NUMÉRICO

# PROGRAMACIÓN DECLARATIVA

INGENIERÍA INFORMÁTICA

CUARTO CURSO

PRIMER CUATRIMESTRE



**Tema 8.- Introducción al Lenguaje Prolog**

