



# Paradigma Lógico

Esp. Ing. Viviana A. Santucci  
AIA Federico Castoldi  
Ing. J. Exequiel Benavidez  
Ing. Jimena Bourlot

## Tecnologías de la Programación

# 1 – ¿Qué es la Programación Lógica?

La programación lógica es un paradigma de programación **declarativo**. En lugar de decirle a la computadora *cómo* resolver un problema, le decimos *qué* es el problema.

- En la **programación imperativa**, uno especifica una secuencia de comandos para que la máquina los ejecute. Es como dar instrucciones paso a paso.
- En la **programación lógica**, uno describe el conocimiento sobre el problema en forma de relaciones y reglas lógicas. La computadora utiliza este conocimiento para inferir soluciones.

# 1 – ¿Qué es la Programación Lógica?

## Elementos Clave:

1. **Conocimiento como Base:** Un programa lógico consiste en una colección de hechos y reglas que representan el conocimiento sobre un dominio específico.
2. **Lógica Formal:** Este conocimiento se expresa utilizando un lenguaje formal basado en la lógica. Esto nos proporciona precisión y elimina la ambigüedad del lenguaje natural.
3. **Inferencia:** La "ejecución" de un programa lógico implica realizar inferencia lógica. El sistema intenta probar si una determinada afirmación (una "consulta") es verdadera, basándose en los hechos y las reglas que se le han proporcionado.

# 1– ¿Qué es la programación lógica?

Supongamos las siguientes declaraciones:

- a) Toda madre ama a sus hijos
- b) maría es madre y juan es hijo de maría

Aplicando algo de razonamiento podemos inferir que:

- c) maría ama a juan

Las sentencias en lenguaje natural expresadas en “a” y “b” describen un universo de personas y relaciones entre dichos individuos.

# 1– ¿Qué es la programación lógica?

El ejemplo refleja la idea principal de la programación lógica

Describir universos de objetos y relaciones sobre los mismos, y aplicar un sistema de programación para inferir conclusiones como la “c”.

En lugar de dar órdenes, vamos a describir el mundo y dejar que la computadora saque sus propias conclusiones lógicas.

# 1 – ¿Por qué es útil la programación lógica?

La programación lógica es especialmente adecuada para problemas que involucran:

- Inteligencia artificial
- Sistemas basados en el conocimiento.
- Razonamiento automático.
- Sistemas expertos.
- Procesamiento del lenguaje natural.
- Cualquier otro campo de acción en donde la naturaleza del problema se pueda expresar como un cuerpo de predicados lógicos

## 2 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA - Sintaxis

Define su estructura formal. Especifica cómo se construyen las expresiones válidas a partir de un conjunto de símbolos. Es la "gramática" de la lógica.

Componentes Sintácticos:

- Alfabeto (Brindar un conjunto de símbolos con los que trabajar)
  - Símbolos Lógicos
  - Símbolos No Lógicos
- Términos
- Fórmulas

## 2 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA : Alfabeto

Símbolos Lógicos:

- **Conectores Lógicos:** combinan elementos para crear nuevos elementos más complejos:
  - $\neg$  (Negación),
  - $\wedge$  (Conjunción),
  - $\vee$  (Disyunción),
  - $\rightarrow$  (Implicación),
  - $\leftrightarrow$  (Equivalencia)



## 2 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA : Alfabeto

Símbolos Lógicos:

- **Cuantificadores:**
  - $\forall$  (Cuantificador Universal) se lee “para todo”.  
Por ejemplo.: para todo X, si X es madre de Y, entonces X ama a Y
  - $\exists$  (Cuantificador Existencial) se lee “la sentencia se cumple al menos para algún X”.  
Por ejemplo: existe al menos un X tal que X es madre de Juan
- **Símbolos de Puntuación:** ( , ) , ,

## 2.1 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA : Alfabeto

### Símbolos No Lógicos:

- **Constantes:** representan objetos específicos del dominio del discurso (por ejemplo, juan, casa1, 3).
- **Variables:** representan objetos arbitrarios del dominio (por ejemplo., X, Y, Z).
- **Símbolos de Predicado:** representan relaciones entre objetos o propiedades de objetos (por ejemplo, madre\_de, ama, es\_par, mayor\_que). Cada predicado tiene una aridad (número de argumentos).
- **Símbolos de Función (Functores):** representan funciones que mapean objetos a objetos (por ejemplo, padre\_de, suma, lista). Cada functor tiene una aridad.

## 2.1 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA : Alfabeto

La diferencia entre el símbolo de predicado **madre\_de** y el símbolo de función **padre\_de** radica en lo que representan y cómo se utilizan dentro de un sistema lógico:

**Símbolo de Predicado:**  $\text{madre\_de}(X, Y)$

**Representación:** **madre\_de** representa una relación entre dos objetos. En este caso, la relación es "ser la madre de".

**Valor de Verdad:** Cuando los argumentos del predicado se instancian con objetos específicos, la expresión  $\text{madre\_de}(\text{ana}, \text{luis})$  se evalúa a un valor de verdad: verdadero si Ana es la madre de Luis, y falso si no lo es.

## 2.1 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA : Alfabeto

**Símbolo de Función:** `padre_de(X)`

**Representación:** El símbolo de función `padre_de` representa una función que mapea un objeto a otro objeto. En este caso, toma un objeto (una persona) como argumento y devuelve otro objeto (el padre de esa persona).

**Construcción de Términos:** La aplicación de un functor no se evalúa directamente a un valor de verdad (verdadero o falso). En cambio, crea un término complejo que representa un objeto. Por ejemplo, `padre_de(luis)` no es una afirmación que sea verdadera o falsa; es un término que denota al padre de Luis.

## 2.1 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA : Alfabeto

En resumen, la diferencia clave es:

**Predicados:** Describen relaciones o propiedades y se evalúan a un valor de verdad (verdadero o falso). Su propósito principal es hacer afirmaciones sobre el mundo.

**Functores:** Describen funciones que mapean objetos a objetos y se utilizan para construir términos complejos que representan entidades. Su propósito principal es la creación de estructuras de datos y la referencia a objetos derivados de otros objetos.

## 2.1 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA : Alfabeto

Pensar de esta manera:

**madre\_de(ana, luis)** es una afirmación que puede ser verificada como verdadera o falsa.

**padre\_de(luis)** es una referencia a un individuo (el padre de Luis). No es una afirmación en sí misma.

## 2.1 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA : Términos

Expresiones que denotan objetos del dominio del problema:

- Una constante es un término.  
Individuos: constantes  
Ej.: juan es usado para denotar a la persona Juan
- Una variable es un término.
- Si  $f$  es un functor de aridad  $n$ , y  $t_1, \dots, t_n$  son términos, entonces  $f(t_1, \dots, t_n)$  es un término.

## 2.1 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA : Fórmulas

Una fórmula atómica es de la forma  $p(t_1, \dots, t_n)$ , donde  $p$  es un símbolo de predicado de aridad  $n$ , y  $t_1, \dots, t_n$  son términos.

Si  $F$  y  $G$  son fórmulas, entonces las siguientes también son fórmulas:

- $(\neg F)$
- $(F \wedge G)$
- $(F \vee G)$
- $(F \rightarrow G)$
- $(F \leftrightarrow G)$

Si  $F$  es una fórmula, y  $x$  es una variable, entonces las siguientes también son fórmulas:

- $(\forall x \ F)$
- $(\exists x \ F)$



## 2.1 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA : Fórmulas

Ejemplo:

- a) Todas las madres aman a sus hijos
- b) maría es madre y juan es hijo de maría
- c) maría ama a juan

Las sentencias podrían formalizarse de la siguiente forma:

- $\forall X (\forall Y ((\text{madre}(X) \wedge \text{hijo\_de}(Y, X)) \rightarrow \text{ama}(X, Y)))$
- $\text{madre}(\text{maría}) \wedge \text{hijo\_de}(\text{juan}, \text{maría})$
- $\text{ama}(\text{maría}, \text{juan})$

## 2 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA: Semántica

Proporciona una interpretación para las expresiones sintácticas, asignándoles significado y valores de verdad. Proporciona el marco para entender el significado y la verdad en la lógica formal, y los componentes trabajan juntos para lograrlo.

Componentes:

- Interpretación
- Valor de Verdad de una Fórmula:
- Modelo

## 2 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA: Interpretación(I)

Una función que asigna elementos del lenguaje a elementos de un "mundo" o "dominio"

- **Dominio (D):** Un conjunto no vacío de objetos.
- **Asignación a Símbolos No Lógicos:**
  - **Constantes:** Se asignan a elementos específicos de D.
  - **Variables:** Se asignan a elementos de D (un valor para cada ocurrencia de la variable).
  - **Predicados de aridad n:** Se asignan a relaciones n-arias sobre D (conjuntos de n-tuplas de elementos de D).
  - **Funtores de aridad n:** Se asignan a funciones de  $D^{>n}$  a D.
- **Asignación a Símbolos Lógicos:** Los conectores y cuantificadores tienen su significado fijo.

## 2 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA: Valor de Verdad

- **Fórmulas Atómicas:** El valor de verdad de  $p(t_1, \dots, t_n)$  se determina por sí la relación asignada a  $p$  en  $I$  se cumple para los objetos denotados por  $t_1, \dots, t_n$  en  $I$ .
- **Conectores:** El valor de verdad de fórmulas compuestas (Ej.,  $\neg F$ ,  $F \wedge G$ ,  $F \vee G$ ,  $F \rightarrow G$ ,  $F \leftrightarrow G$ ) se define por las tablas de verdad estándar de los conectivos lógicos.

## 2 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA: Valor de Verdad

Cuantificadores:

$\forall x F$ : Es Verdadero en  $I$  si y solo si  $F$  es Verdadero en  $I$  para todas las asignaciones posibles de valores de  $D$  a la variable  $x$ .

$\exists x F$ : Es Verdadero en  $I$  si y solo si  $F$  es Verdadero en  $I$  para al menos una asignación posible de un valor de  $D$  a la variable  $x$ .

## 2 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA: Modelo

### **Modelo:**

Una interpretación  $I$  es un modelo de una fórmula  $F$  si y sólo si  $F$  es Verdadera en  $I$ .

## 2 – CONCEPTOS BÁSICOS DE LÓGICA:

### Ejemplo de Semántica:

- Fórmula:  $\forall X (\text{padre\_de}(\text{luis}, X) \rightarrow \text{es\_persona}(X))$
- Interpretación  $I$ :
  - Dominio (D): El conjunto de todas las personas
  - **luis** se asigna a la persona Luis.
  - **padre\_de** se asigna a la relación "es el padre de".
  - **es\_persona** se asigna al conjunto de todas las personas.
  - Si Luis es el padre de todas las personas en el dominio, la fórmula es Verdadera en  $I$ . Si Luis no es el padre de alguna persona en el dominio, la fórmula es Falsa en  $I$ .