Introducción a la Programación Lógica

- Revisión histórica, ideas centrales, Prolog.
- Aspectos centrales de un lenguaje de programación lógica.
- Rasgos distintivos de Prolog respecto de otros lenguajes de programación.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

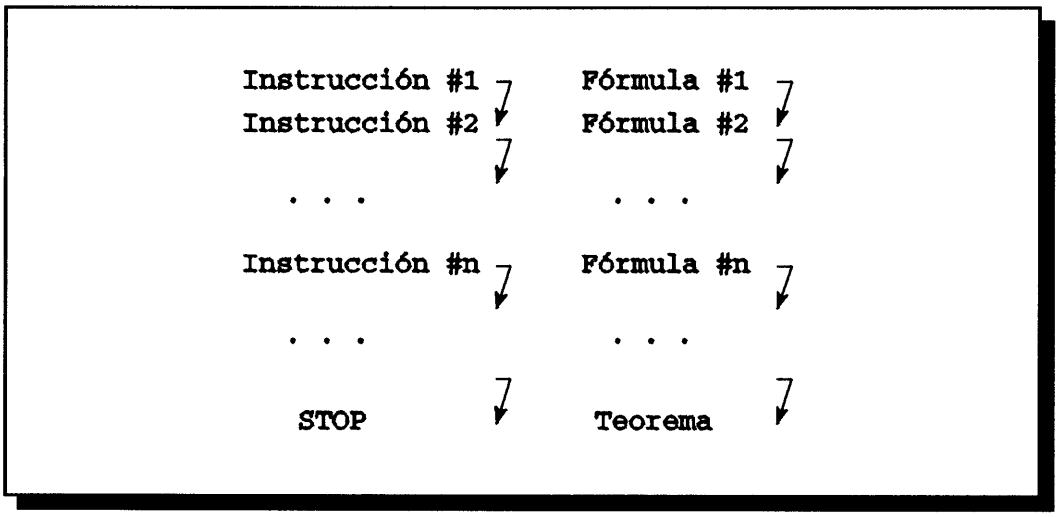
www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

Orígenes históricos

- Comienzos de los años 70, R. Kowalski y A. Colmerauer
- Dos usos de la Lógica:
  - representación rigurosa del conocimiento
  - demostración como algoritmo: Algoritmo = Lógica + Control
- Resultados anteriores de Herbrand, Horn y Robinson (demostración automática de teoremas)

Programa = Algoritmos + Datos

Programa = Reglas + Teoría

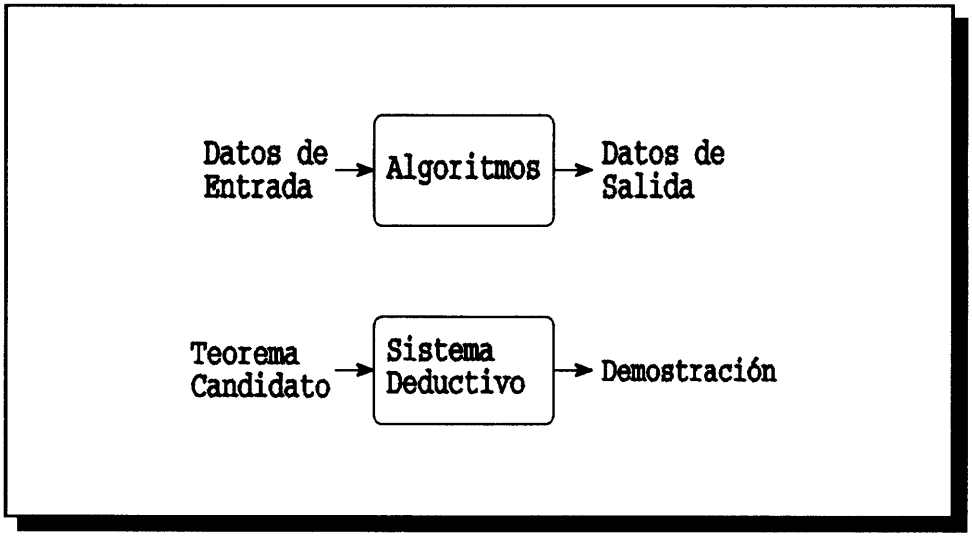


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.



- Desarrollo de implementaciones eficientes de Prolog a partir de la de Warren
- Normalización de Prolog: ISO 95
- Prolog como lenguaje de proposito general: Prolog puro e impuro.
- Constraint Logic Programming, PARLOG, Datalog, ...

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

EJEMPLO NO. 1

Conocimiento a representar:

1. Todos los hombres son mortales.
2. Sócrates es un hombre.

A deducir:

Sócrates es mortal.

Representación PROLOG:

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

hombre(socrates).

?- mortal(socrates).
```

Representación LP1:

```
∀x(Hx -> Mx)

Ha

⊢ Ma
```

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

EJEMPLO NO. 2

Conocimiento a representar:

1. El Sol es una estrella.
2. Mercurio orbita en torno al Sol.
3. Venus orbita en torno al Sol.
4. La Luna orbita en torno a la Tierra.
5. La Tierra orbita en torno al Sol.
6. Marte orbita en torno al Sol.
7. Fobos orbita en torno a Marte.
8. Deimos orbita en torno a Marte.
9. Son planetas aquellos cuerpos que orbitan en torno a una estrella.
10. Todo cuerpo que orbita en torno a un planeta es un satélite.
11. Pertenecen a un sistema solar la estrella misma y todo cuerpo que orbite en torno a otro que pertenezca.

Representación PROLOG:

```
1. estrella(sol).
2. orbita(mercurio,sol).
3. orbita(venus,sol).
4. orbita(luna,tierra).
5. orbita(tierra,sol).
6. orbita(marte,sol).
7. orbita(fobos,marte).
8. orbita(deimos,marte).

9. planeta(X):-
        orbita(X,Y),
        estrella(Y).

10. satelite(X):-
        orbita(X,Y),
        planeta(Y).

11. pertenece(X,X):-
```

Representación LP1:

```
1. Ea     (a : Sol)
2. Oba    (b : Mercurio)
3. Oca    (c : Venus)
4. Ode    (d : Luna)
5. Oea    (e : Tierra)
6. Ofa    (f : Marte)
7. Ogf    (g : fobos)
8. Ohf    (h : deimos)

9. ∀xy(Oxy & Ey -> Px)

10. ∀xy(Oxy & Py-> Sx)

11. ∀x(Ex -> Txx)
```

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

EJEMPLO NO. 3

Conocimiento a representar:

1. '0' es el numeral que representa al numero *cero*.
2. La expresión 's(n)' es el numeral del numero *sucesor* al representado por la expresión 'n'.
3. Cualquier numero *sumado* a cero es igual a ese mismo numero.
4. La *suma* de dos numeros 'n' y 's(m)' es igual a 's(j)', siendo 'j' el resultado de sumar 'n' y 'm'. [n + s(m) = s(n+m)]

Representación Prolog:

```
1. numero(0).
2. numero(s(N)):-
          numero(N).

3. suma(N,0,N):-
          numero(N).
4. suma(N,s(M),s(J)):-
          suma(N,M,J).
```

Representación LP1:

```
1. Na     (a: cero)
2. ∀x(Nx -> Ns(x))

3. ∀x(Nx -> Sxax)

4. ∀xyz(Sxyz -> Sxs(y)s(z))
```

Algunos usos de la teoría:

```
?- numero(s(s(0))).
yes.

?- numero(X).
X = 0 ->
X = s(0) ->
X = s(s(0) ->
...

?- numero(2).
no.
```

```
?- suma(0,0,0).
yes.

?- suma(s(0),s(0),X).
X = s(s(0))
yes.

?- suma(s(0),X,s(s(0))).
X = s(0)
yes.

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

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

EJEMPLO NO. 4

`mortal(X):- hombre(X).`	hombre(X) -> mortal(X)
`?- mortal(socrates).`	mortal(socrates) -> □

{X/socrates}

`?- hombre(socrates).`	hombre(socrates) -> □

`hombre(socrates).`	■ -> hombre(socrates)
`?- hombre(socrates).`	hombre(socrates) -> □

{ }

`yes.`	■ -> □

Dada la teoría (programa) T :

{ hombre(X)-> mortal(X), ■ -> hombre(socrates) }

y el candidato a teorema (objetivo) C :

mortal(socrates)-> □

ha sido demostrado que T ∪ { C } ├ ■ -> □

Luego T ├ ¬C

¬(mortal(socrates)-> □)
mortal(socrates) ∧ ¬□
mortal(socrates) ∧ ■

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

Términos

CONSTANTES

Nombran individuos (objetos) de la teoría:

```
12      marte      'Alejandro Iglesias'
```

VARIABLES

Toman como valor cualquier expresión:

```
X      Valor      A1
```

Una *sustitución* θ es un conjunto finito de pares:

$$\{ v_1/t_1, v_2/t_2, \ldots , v_n/t_n \}$$

donde cada v_i es una variable distinta del resto, y cada t_i es un término en el que no aparece v_i.

EXPRESIONES FUNCIONALES

Nombran objetos mediante la composición de otros más simples

```
3+2  padre('Alejandro Iglesias')  derivada(2*x^2 + 3*x)
```

En general, siendo 'f' un símbolo funcional n-ádico y siendo $t_1 \ldots t_n$ términos, la expresión:

$$f(t_1,\ldots,t_n)$$

es un término.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

Cláusulas

Fórmulas compuestas a partir de fórmulas atómicas según el esquema:

$$\forall x_1 \ldots x_m \; ((A_1 \wedge \ldots \wedge A_n) \rightarrow B)$$

donde B, A_1 ... A_n son fórmulas atómicas y $x_1 \ldots x_m$ son <u>todas</u> las variables que aparecen en ellas.

REGLAS

$$A_1 \wedge \ldots \wedge A_n \rightarrow B$$
$$B \text{ :- } A_1 , \ldots , A_n.$$

```
hermano(X,Y):- padre(Z,X), padre(Z,Y).
```

HECHOS

$$\blacksquare \rightarrow B$$

```
planeta(tierra).    divisible(N,1).    casados(bill,hilary).
```

OBJETIVOS

$$A_1 \wedge \ldots \wedge A_n \rightarrow \square$$

```
:- divisible(3,1).          ?- planeta(X).
```

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

Fórmulas atómicas

Reciben un valor de verdad

```
mayor(3,2)      casados(bill,hilary)      planeta(marte)
```

En general, siendo 'p' un símbolo predicativo n-ádico y siendo $t_1 \ldots t_n$ términos, la expresión:

$$p(t_1,\ldots,t_n)$$

es una fórmula atómica. Conviene incluir tambien como fórmulas atómicas los signos ■ y □, que reciben siempre los valores verdadero y falso respectivamente.

Unificación

Dos fórmulas atómicas A y B unifican si y sólo si hay una sustitución θ tal que $(A)\theta$ es idéntica a $(B)\theta$.

Ejemplos:

p(X) unifica con p(a) bajo θ = { X/a } : $(p(X))\theta$ es idéntico a $(p(a))\theta$.

p(a) no unifica con p(b)

p(X,a) unifica con p(b,Y) bajo θ = { X/b, Y/a }

p(X) unifica con p(Y) bajo θ = { X/Y }
bajo θ' = { X/Y }
bajo θ'' = { X/a, Y/a }
bajo θ''' = { X/b, Y/b }
. . .

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

Regla de Resolución

Unica regla deductiva empleada en una demostración / computación. En su forma general establece:

$$\frac{A_1 \wedge \ldots \wedge A_n \rightarrow B \qquad B_1 \wedge \ldots \wedge B_{i-1} \wedge B_i \wedge B_{i+1} \wedge \ldots B_m \rightarrow \square}{(B_1 \wedge \ldots \wedge B_{i-1} \wedge A_1 \wedge \ldots \wedge A_n \wedge B_{i+1} \wedge \ldots B_m)\theta \rightarrow \square} \quad (B)\theta = (B_i)\theta$$

tal y como la aplica Prolog:

$$\frac{A_1 \wedge \ldots \wedge A_n \rightarrow B \qquad B_1 \wedge B_2 \wedge \ldots \wedge B_m \rightarrow \square}{(A_1 \wedge \ldots \wedge A_n \wedge B_2 \wedge \ldots B_m)\theta \rightarrow \square} \quad (B)\theta = (B_1)\theta$$

casos particulares son:

$$\frac{\blacksquare \rightarrow B \qquad B_1 \wedge B_2 \wedge \ldots \wedge B_m \rightarrow \square}{(B_2 \wedge \ldots B_m)\theta \rightarrow \square} \quad (B)\theta = (B_1)\theta$$

$$\frac{\blacksquare \rightarrow B \qquad B_1 \rightarrow \square}{\blacksquare \rightarrow \square} \quad (B)\theta = (B_1)\theta$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

EJEMPLO NO. 5

```
planeta(X):-orbita(X,Y),estrella(Y).
```
orbita(X,Y) ∧ estrella(Y) -> planeta(X)

```
?- planeta(P).
```
planeta(P) -> □

{X/P}

```
?- orbita(P,Y),estrella(Y).
```
orbita(P,Y) ∧ estella(Y) -> □

```
orbita(tierra,sol).
```
■ -> orbita(tierra,sol)

```
?- orbita(P,Y),estrella(Y).
```
orbita(P,Y) ∧\estrella(Y) -> □

{P/tierra,Y/sol}

```
?- estrella(sol).
```
■ ∧ estrella(sol) -> □

```
estrella(sol).
```
■ -> estrella(sol)

```
?- estrella(sol).
```
estrella(sol) -> □

{ }

```
yes.
P = tierra
```
■ -> □

T = { orbita(X,Y) ∧ estrella(Y) -> planeta(X), ■ -> orbita(tierra,sol), ■ -> estrella(sol) }

T ∪ { planeta(P) -> □ } ├ ■ -> □

T ├ ¬ ∀P (planeta(P) -> □)
T ├ ∃P¬(planeta(P) -> □)
T ├ ∃P(planeta(P) ∧ ¬□)
T ├ ¬P planeta(P)

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

1: ?- pertenece(luna,sol)

pertenece(X,X):- estrella(X).
pertenece(X,Y):- orbita(X,Z),pertenece(Z,Y).

1.1: ?- luna = sol

fracaso de 1.1

1.2: ?- orbita(luna,Z_1),pertenece(Z_1,sol)

sustitución:{X_1/luna, Y_1/sol}

1.2.1: ?- orbita(luna,Z_1)

sustitución:{Z_1/tierra}

orbita(tierra,sol).
...
orbita(luna,tierra).

$\vdash$ orbita(luna,tierra)

1.2.2: ?- pertenece(tierra,sol)

pertenece(X,X):- estrella(X).
pertenece(X,Y):- orbita(X,Z),pertenece(Z,Y).

1.2.2.1: ?- tierra = sol

fracaso de 1.2.2.1

1.2.2.2: ?- orbita(tierra,Z_2),pertenece(Z_2,sol)

sustitución:{X_2/tierra, Y_2/sol}

1.2.2.2.1 ?- orbita(tierra,Z_2)

sustitución:{Z_2/sol}

orbita(tierra,sol).
...
orbita(luna,tierra).

$\vdash$ orbita(tierra,sol)

1.2.2.2.2 ?- pertenece(sol,sol)

$\vdash$ sol = sol

pertenece(X,X):- estrella(X).
pertenece(X,Y):- orbita(X,Z),pertenece(Z,Y).

1.2.2.2.2.1 ?- estrella(sol)

sustitución:{ }

estrella(sol).

$\vdash$ estrella(sol)

Si $\vdash$ estrella(sol) **entonces** $\vdash$ pertenece(sol,sol)

Si $\vdash$ orbita(tierra,sol) **y** $\vdash$ pertenece(sol,sol)

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

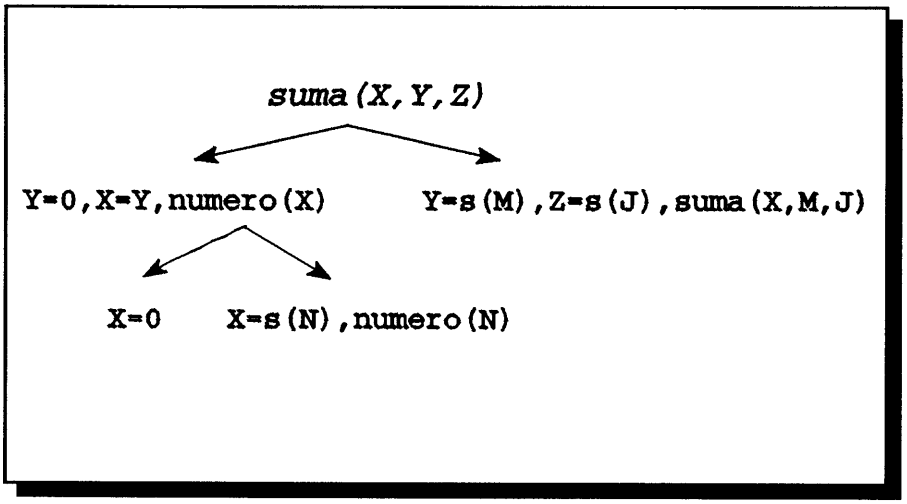
Control

Algoritmo = Lógica + Control: exploración del árbol de prueba.

```
numero(0).                          suma(N,0,N):-
                                         numero(N).

numero(s(N)):-                      suma(N,s(M),s(J)):-
     numero(N).                          suma(N,M,J).

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



- Convenciones arriba/abajo e izquierda/derecha.
- Busqueda en profundidad (extensión) por la izquierda.
- Backtraking

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

Computación Lógica

Dado un programa lógico P y un objetivo G, la computación lógica de G en P es una secuencia de aplicaciones de la regla de resolución, inicialmente sobre G y una de las cláusulas de P y continuando sobre los sucesivos G_i resultantes de aplicar la regla sobre el objetivo anterior G_{i-1}.

Una computación *finaliza* cuando:

1. la regla de resolución rinde □ (■ –> □). En este caso tiene éxito en la *refutación* del objetivo inicialmente propuesto.

$$\text{Si } P \cup \{G\} \vdash \square \text{ entonces } P \vdash \neg G.$$

2. no puede aplicarse la regla de resolución entre ninguna de las cláusulas de P y el resultado de la anterior aplicación. En este caso *fracasa* el intento de refutar el objetivo inicial.

$$\text{Si } P \cup \{G\} \nvdash \square \text{ entonces } P \nvdash \neg G.$$

No dándose 1 ni 2, la computación prosigue indefinidamente.

Validez y Completud

Aplicada a cláusulas de Horn, la Regla de Resolución produce siempre y únicamente resultados correctos, por lo que es una regla *válida*.

Además, todo objetivo lógicamente deducible de un programa lógico puede serlo aplicando la Regla de Resolución, por lo que es una regla *completa*.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

Rasgos distintivos de Prolog

- La "crisis del software"
  - incremento de los costes de desarrollo del *software*
  - falta de fiabilidad

  Dos aproximaciones al problema: POO y PL.
- Simplicidad sintáctica.
- Simplicidad en su ejecución, resolución como única regla.
- Capacidad simbólica: el término como única estructura de datos.
- recursivos.
- (Casi) total ausencia de instrucciones de control.
- Multiuso
- Meta-programación
- Programación dinámica
- Paralelización transparente.

Limitaciones

- Mecanismo de control del árbol de prueba.
- Uso del procedimiento de corte.
- Negación.
- Efectos laterales no cancelables bajo backtraking.
- Carencia de aritmética multiuso.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.
Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.