Inteligencia Artificial

Lógica de Predicados

Edgar Andrade, Ph.D.

Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la computación

Última revisión: Septiembre de 2023

MACC
Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la Computación

Contenido

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

Contenido

Algunos aspectos del lenguaje

La lógica proposicional no tiene elementos que correspondan a:

Estructura sujeto-predicado (1) Pedro camina.

Algunos aspectos del lenguaje

La lógica proposicional no tiene elementos que correspondan a:

Estructura sujeto-predicado	(1)	Pedro camina.
Distinción entre sujeto y objeto	(2)	Pedro ama a Angelina.

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

Algunos aspectos del lenguaje

La lógica proposicional no tiene elementos que correspondan a:

Estructura sujeto-predicado
Distinción entre sujeto y objeto
Cuantificadores

(1) Pedro camina.
(2) Pedro ama a Angelina.
(3) Todos aman a Angelina.

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

Algunos aspectos del lenguaje

La lógica proposicional no tiene elementos que correspondan a:

Estructura sujeto-predicado	(1) Pedro camina.
Distinción entre sujeto y objeto	(2) Pedro ama a Angelina.
Cuantificadores	(3) Todos aman a Angelina.
Múltiples cuantificadores	(4) Todos aman a alguien.

Contenido

Estructura sujeto-predicado

Ejemplos

Nombres propios

Ej: "Pedro"

Estructura sujeto-predicado

Ejemplos

Nombres propios	Ej: "Pedro"
Sustantivos, adjetivos	Ej: "hombre", "bogotano"
y verbos intransitivos	"caminar"

Estructura sujeto-predicado

Ejemplos

Nombres propios	Ej: "Pedro"
Sustantivos, adjetivos	Ej: "hombre", "bogotano"
y verbos intransitivos	"caminar"
Relaciones y verbos transitivos	Ej: "más bajo que", "amar"

Estructura sujeto-predicado

Elementos lógicos

Nombres propios

Sustantivos, adjetivos

y verbos intransitivos

Relaciones y verbos transitivos

Estructura sujeto-predicado

Elementos lógicos

Nombres propios

Sustantivos, adjetivos y verbos intransitivos

Relaciones y verbos transitivos

Constantes de individuo

MACC
Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la Computación

Estructura sujeto-predicado

Elementos lógicos

Nombres propios	Constantes de individuo
Sustantivos, adjetivos y verbos intransitivos	Predicados unarios
Relaciones y verbos transitivos	

Estructura sujeto-predicado

Elementos lógicos

Nombres propios	Constantes de individuo
Sustantivos, adjetivos y verbos intransitivos	Predicados unarios
Relaciones y verbos transitivos	Predicados *n*-arios

Estructura sujeto-predicado

Elementos lógicos

Nombres propios

Sustantivos, adjetivos

y verbos intransitivos

Relaciones y verbos transitivos

Estructura sujeto-predicado

Elementos lógicos

Nombres propios p

Sustantivos, adjetivos

y verbos intransitivos

Relaciones y verbos transitivos

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

Estructura sujeto-predicado

Elementos lógicos

Nombres propios	p
Sustantivos, adjetivos y verbos intransitivos	$\textsc{bogotano}(p)$
Relaciones y verbos transitivos	

MACC Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la Computación

Estructura sujeto-predicado

Elementos lógicos

Nombres propios	p
Sustantivos, adjetivos y verbos intransitivos	$\textsc{bogotano}(p)$
Relaciones y verbos transitivos	$\textsc{amar}(p, a)$

Estructura sujeto-predicado

Semántica

Nombres propios	$[\![p]\!]_{\mathbb{M}} \in \mathbb{M}$
Sustantivos, adjetivos y verbos intransitivos	$\textsc{bogotano}(p)$
Relaciones y verbos transitivos	$\textsc{amar}(p, a)$

MACC Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la Computación

Estructura sujeto-predicado

Semántica

Nombres propios	$[\![p]\!]_{\mathbb{M}} \in \mathbb{M}$
Sustantivos, adjetivos y verbos intransitivos	$[\![\text{BOGOTANO}]\!]_{\mathbb{M}} \subseteq \mathbb{M}$
Relaciones y verbos transitivos	$\text{AMAR}(p, a)$

Estructura sujeto-predicado

Semántica

Nombres propios	$[\![p]\!]_{\mathbb{M}} \in \mathbb{M}$
Sustantivos, adjetivos y verbos intransitivos	$[\![\text{BOGOTANO}]\!]_{\mathbb{M}} \subseteq \mathbb{M}$
Relaciones y verbos transitivos	$[\![\text{AMAR}]\!]_{\mathbb{M}} \subseteq \mathbb{M} \times \mathbb{M}$

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

Estructura sujeto-predicado

Nombres propios	$[\![p]\!]_{\mathbb{M}} \in \mathbb{M}$
Sustantivos, adjetivos y verbos intransitivos	$[\![\mathrm{BOGOTANO}]\!]_{\mathbb{M}} \subseteq \mathbb{M}$
Relaciones y verbos transitivos	$[\![\mathrm{AMAR}]\!]_{\mathbb{M}} \subseteq \mathbb{M} \times \mathbb{M}$

$$[\![\mathrm{BOGOTANO}(p)]\!]_{\mathbb{M}} = 1 \quad \text{sii} \quad [\![p]\!]_{\mathbb{M}} \in [\![\mathrm{BOGOTANO}]\!]_{\mathbb{M}}$$

MACC
Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la Computación

Estructura sujeto-predicado

Nombres propios $[\![p]\!]_{\mathbb{M}} \in \mathbb{M}$

Sustantivos, adjetivos $[\![\mathrm{BOGOTANO}]\!]_{\mathbb{M}} \subseteq \mathbb{M}$

y verbos intransitivos

Relaciones y verbos transitivos $[\![\mathrm{AMAR}]\!]_{\mathbb{M}} \subseteq \mathbb{M} \times \mathbb{M}$

$$[\![\mathrm{BOGOTANO}(p)]\!]_{\mathbb{M}} = 1 \quad \text{sii} \quad [\![p]\!]_{\mathbb{M}} \in [\![\mathrm{BOGOTANO}]\!]_{\mathbb{M}}$$

$$[\![\mathrm{AMAR}(p, a)]\!]_{\mathbb{M}} = 1 \quad \text{sii} \quad \langle [\![p]\!]_{\mathbb{M}}, [\![a]\!]_{\mathbb{M}} \rangle \in [\![\mathrm{AMAR}]\!]_{\mathbb{M}}$$

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

Representación de oraciones

- Sócrates es un hombre mortal.

Representación de oraciones

- Sócrates es un hombre mortal. $\textsc{hombre}(s) \wedge \textsc{mortal}(s)$

Representación de oraciones

- Sócrates es un hombre mortal. $\textsc{hombre}(s) \wedge \textsc{mortal}(s)$
- Pedro y Juan se empujan.

Representación de oraciones

- Sócrates es un hombre mortal. $\text{HOMBRE}(s) \wedge \text{MORTAL}(s)$
- Pedro y Juan se empujan. $\text{EMPUJAR}(p, j) \wedge \text{EMPUJAR}(j, p)$

Representación de oraciones

- Sócrates es un hombre mortal.
- Pedro y Juan se empujan.
- Rafael se admira a sí mismo.

$\textsc{hombre}(s) \wedge \textsc{mortal}(s)$

$\textsc{empujar}(p, j) \wedge \textsc{empujar}(j, p)$

Representación de oraciones

- Sócrates es un hombre mortal. $\textsc{hombre}(s) \wedge \textsc{mortal}(s)$
- Pedro y Juan se empujan. $\textsc{empujar}(p, j) \wedge \textsc{empujar}(j, p)$
- Rafael se admira a sí mismo. $\textsc{admirar}(r, r)$

MACC
Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la Computación

Contenido

MACC
Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la Computación

Fórmulas abiertas

Variables de individuo: x, y, ...

Fórmulas abiertas

Variables de individuo: x, y, ...

Fórmulas abiertas

$\textsc{bogotano}(x)$

Fórmulas abiertas

Variables de individuo: x, y, ...

Fórmulas abiertas

$\textsc{bogotano}(x)$

$\textsc{amar}(x, a)$

Fórmulas abiertas

Variables de individuo: x, y, ...

Fórmulas abiertas

$\textsc{bogotano}(x)$

$\textsc{amar}(x, a)$

$\textsc{amar}(x, y)$

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

Fórmulas abiertas

Variables de individuo: x, y, ...

Fórmulas abiertas

$\text{BOGOTANO}(x)$

$\text{AMAR}(x, a)$

$\text{AMAR}(x, y)$

$\text{BOGOTANO}(p) \wedge \text{AMAR}(x, a)$

Fórmulas abiertas

Variables de individuo: x, y, ...

Fórmulas abiertas

$\textsc{bogotano}(x)$

$\textsc{amar}(x, a)$

$\textsc{amar}(x, y)$

$\textsc{bogotano}(p) \wedge \textsc{amar}(x, a)$

☞ Las fórmulas abiertas no tienen valor de verdad.

Cuantificadores

Cuantificadores: $\forall$, $\exists$.

Cuantificadores

Cuantificadores: $\forall$, $\exists$.

Fórmulas cuantificadas

(5) $\exists x\ \textsc{bogotano}(x)$

Cuantificadores

Cuantificadores: $\forall$, $\exists$.

Fórmulas cuantificadas

(5) $\exists x \, \textsc{bogotano}(x)$

(6) $\forall x \, \textsc{amar}(x, a)$

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

Cuantificadores

Cuantificadores: $\forall$, $\exists$.

Fórmulas cuantificadas

(5) $\exists x\, \textsc{bogotano}(x)$

(6) $\forall x\, \textsc{amar}(x, a)$

(7) $\forall x\, \textsc{amar}(x, y)$

Cuantificadores

Cuantificadores: $\forall$, $\exists$.

Fórmulas cuantificadas

(5) $\exists x\, \textsc{bogotano}(x)$

(6) $\forall x\, \textsc{amar}(x, a)$

(7) $\forall x\, \textsc{amar}(x, y)$

(8) $\exists y\, (\textsc{bogotano}(p) \wedge \textsc{amar}(x, a))$

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

Cuantificadores

Cuantificadores: $\forall$, $\exists$.

Fórmulas cuantificadas

(5) $\exists x \, \textsc{bogotano}(x)$

(6) $\forall x \, \textsc{amar}(x, a)$

(7) $\forall x \, \textsc{amar}(x, y)$

(8) $\exists y \, (\textsc{bogotano}(p) \wedge \textsc{amar}(x, a))$

☞ Las fórmulas (7) y (8) son abiertas.

Variables libres y acotadas

En la fórmula $\forall x \phi$, la fórmula ϕ es el rango de $\forall x$.

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

Variables libres y acotadas

En la fórmula $\forall x \phi$, la fórmula ϕ es el rango de $\forall x$.

Instancias libres y acotadas de x:

(9) $\exists x \, \textsc{bogotano}(x) \wedge \textsc{amar}(x, a)$

MACC
Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la Computación

Variables libres y acotadas

En la fórmula $\forall x \phi$, la fórmula ϕ es el rango de $\forall x$.

Instancias libres y acotadas de x:

(9) $\exists x\, \textsc{bogotano}(x) \wedge \textsc{amar}(x, a)$

Instancia acotada de x.

Variables libres y acotadas

En la fórmula $\forall x \phi$, la fórmula ϕ es el rango de $\forall x$.

Instancias libres y acotadas de x:

(9) $\exists x\, \textsc{bogotano}(x) \wedge \textsc{amar}(x, a)$

Instancia acotada de x. Instancia libre de x.

Variables libres y acotadas

En la fórmula $\forall x \phi$, la fórmula ϕ es el rango de $\forall x$.

Instancias libres y acotadas de x:

(9) $\exists x\, \textsc{bogotano}(x) \wedge \textsc{amar}(x, a)$

Instancia acotada de x. Instancia libre de x.

Una fórmula es abierta sii tiene instancias libres de alguna variable.

MACC
Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la Computación

Valores semánticos (1/2)

Sea $g\colon\mathcal{V} \to \mathbb{M}$ una función que a cada variable le asigna una entidad en el modelo.

Valores semánticos (1/2)

Sea $g{:}\mathcal{V} \to \mathbb{M}$ una función que a cada variable le asigna una entidad en el modelo. Por ejemplo, $g(x) \in \mathbb{M}$.

MACC
Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la Computación

Valores semánticos (1/2)

Sea g:$\mathcal{V} \to \mathbb{M}$ una función que a cada variable le asigna una entidad en el modelo. Por ejemplo, $g(x) \in \mathbb{M}$.

$$[\![t]\!]_{\mathbb{M},g} = \begin{cases} [\![t]\!]_{\mathbb{M}}, & \text{si } t \text{ es una constante de individuo} \\ g(t), & \text{si } t \text{ es una variable de individuo} \end{cases}$$

MACC
Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la Computación

Valores semánticos (1/2)

Sea $g{:}\mathcal{V} \to \mathbb{M}$ una función que a cada variable le asigna una entidad en el modelo. Por ejemplo, $g(x) \in \mathbb{M}$.

$$[\![t]\!]_{\mathbb{M},g} = \begin{cases} [\![t]\!]_{\mathbb{M}}, & \text{si } t \text{ es una constante de individuo} \\ g(t), & \text{si } t \text{ es una variable de individuo} \end{cases}$$

$$[\![\mathrm{BOGOTANO}(x)]\!]_{\mathbb{M},g} = 1 \text{ sii } [\![x]\!]_{\mathbb{M},g} \in [\![\mathrm{BOGOTANO}]\!]_{\mathbb{M}}$$

Valores semánticos (1/2)

Sea $g{:}\mathcal{V} \to \mathbb{M}$ una función que a cada variable le asigna una entidad en el modelo. Por ejemplo, $g(x) \in \mathbb{M}$.

$$[\![t]\!]_{\mathbb{M},g} = \begin{cases} [\![t]\!]_{\mathbb{M}}, & \text{si } t \text{ es una constante de individuo} \\ g(t), & \text{si } t \text{ es una variable de individuo} \end{cases}$$

$$[\![\textsc{bogotano}(x)]\!]_{\mathbb{M},g} = 1 \text{ sii } g(x) \in [\![\textsc{bogotano}]\!]_{\mathbb{M}}$$

MACC
Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la Computación

Valores semánticos (1/2)

Sea $g{:}\mathcal{V} \to \mathbb{M}$ una función que a cada variable le asigna una entidad en el modelo. Por ejemplo, $g(x) \in \mathbb{M}$.

$$[\![t]\!]_{\mathbb{M},g} = \begin{cases} [\![t]\!]_{\mathbb{M}}, & \text{si } t \text{ es una constante de individuo} \\ g(t), & \text{si } t \text{ es una variable de individuo} \end{cases}$$

$$[\![\textsc{Bogotano}(x)]\!]_{\mathbb{M},g} = 1 \text{ sii } g(x) \in [\![\textsc{Bogotano}]\!]_{\mathbb{M}}$$

$$[\![t]\!]_{\mathbb{M},g[x/c]} = \begin{cases} [\![t]\!]_{\mathbb{M}}, & \text{si } t \text{ es una constante de individuo} \\ c, & \text{si } t \text{ es la variable } x \\ g(t), & \text{en otro caso} \end{cases}$$

MACC
Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la Computación

Valores semánticos (1/2)

Sea $g{:}\mathcal{V} \rightarrow \mathbb{M}$ una función que a cada variable le asigna una entidad en el modelo. Por ejemplo, $g(x) \in \mathbb{M}$.

$$[\![t]\!]_{\mathbb{M},g} = \begin{cases} [\![t]\!]_{\mathbb{M}}, & \text{si } t \text{ es una constante de individuo} \\ g(t), & \text{si } t \text{ es una variable de individuo} \end{cases}$$

$$[\![\text{BOGOTANO}(x)]\!]_{\mathbb{M},g} = 1 \text{ sii } g(x) \in [\![\text{BOGOTANO}]\!]_{\mathbb{M}}$$

$$[\![t]\!]_{\mathbb{M},g[x/c]} = \begin{cases} [\![t]\!]_{\mathbb{M}}, & \text{si } t \text{ es una constante de individuo} \\ c, & \text{si } t \text{ es la variable } x \\ g(t), & \text{en otro caso} \end{cases}$$

$$[\![\text{BOGOTANO}(x)]\!]_{\mathbb{M},g[x/c]} = 1 \text{ sii } c \in [\![\text{BOGOTANO}]\!]_{\mathbb{M}}$$

Valores semánticos (2/2)

$$[\![\forall x\, \textsc{bogotano}(x)]\!]_{\mathbb{M},g[x/c]} = 1 \text{ sii } c \in [\![\textsc{bogotano}]\!]_{\mathbb{M}} \text{ para todo } c \in \mathbb{M}$$

MACC
Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la Computación

Valores semánticos (2/2)

$$[\![\forall x\, \textsc{bogotano}(x)]\!]_{\mathbb{M},g[x/c]} = 1 \text{ sii } c \in [\![\textsc{bogotano}]\!]_{\mathbb{M}} \text{ para todo } c \in \mathbb{M}$$

$$[\![\exists x\, \textsc{bogotano}(x)]\!]_{\mathbb{M},g[x/c]} = 1 \text{ sii } c \in [\![\textsc{bogotano}]\!]_{\mathbb{M}} \text{ para algún } c \in \mathbb{M}$$

Valores semánticos (2/2)

$$[\![\forall x\, \text{BOGOTANO}(x)]\!]_{\mathbb{M},g[x/c]} = 1 \text{ sii } c \in [\![\text{BOGOTANO}]\!]_{\mathbb{M}} \text{ para todo } c \in \mathbb{M}$$

$$[\![\exists x\, \text{BOGOTANO}(x)]\!]_{\mathbb{M},g[x/c]} = 1 \text{ sii } c \in [\![\text{BOGOTANO}]\!]_{\mathbb{M}} \text{ para algún } c \in \mathbb{M}$$

En general:

$$[\![\forall x\, \phi]\!]_{\mathbb{M},g[x/c]} = 1 \text{ sii } [\![\phi]\!]_{\mathbb{M},g[x/c]} = 1 \text{ para todo } c \in \mathbb{M}$$

$$[\![\exists x\, \phi]\!]_{\mathbb{M},g[x/c]} = 1 \text{ sii } [\![\phi]\!]_{\mathbb{M},g[x/c]} = 1 \text{ para algún } c \in \mathbb{M}$$

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

Hechos importantes (1/3)

Las fórmulas (10) y (11) son equivalentes:

(10) $\forall x\,(\phi \wedge \psi)$

(11) $(\forall x \phi \wedge \forall x \psi)$

MACC Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la Computación

Hechos importantes (1/3)

Las fórmulas (10) y (11) son equivalentes:

(10) $\forall x\,(\phi \wedge \psi)$

(11) $(\forall x \phi \wedge \forall x \psi)$

Las fórmulas (12) y (13) NO son equivalentes:

(12) $\forall x\,(\phi \vee \psi)$

(13) $(\forall x \phi \vee \forall x \psi)$

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

Hechos importantes (2/3)

Las fórmulas (14) y (15) son equivalentes:

(14) $\exists x\,(\phi \vee \psi)$

(15) $(\exists x \phi \vee \exists x \psi)$

Hechos importantes (2/3)

Las fórmulas (14) y (15) son equivalentes:

(14) $\exists x\,(\phi \vee \psi)$

(15) $(\exists x\phi \vee \exists x\psi)$

Las fórmulas (16) y (17) NO son equivalentes:

(16) $\exists x\,(\phi \wedge \psi)$

(17) $(\exists x\phi \wedge \exists x\psi)$

MACC
Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la Computación

Hechos importantes (3/3)

Las fórmulas (18) y (19) son equivalentes:

(18) $\forall x \phi$

(19) $\neg \exists x \neg \phi$

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

Hechos importantes (3/3)

Las fórmulas (18) y (19) son equivalentes:

(18) $\forall x \phi$

(19) $\neg \exists x \neg \phi$

Las fórmulas (20) y (21) son equivalentes:

(20) $\exists x \phi$

(21) $\neg \forall x \neg \phi$

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

Representación de oraciones

- Alguien es amistoso.

Representación de oraciones

- Alguien es amistoso. $\exists x \, \textsc{amistoso}(x)$

Representación de oraciones

- Alguien es amistoso. $\exists x \, \textsc{amistoso}(x)$
- Nadie es amistoso.

Representación de oraciones

- Alguien es amistoso. $\exists x \, \textsc{amistoso}(x)$
- Nadie es amistoso. $\forall x \, \neg\textsc{amistoso}(x)$

Representación de oraciones

- Alguien es amistoso. $\exists x \ \textsc{amistoso}(x)$
- Nadie es amistoso. $\forall x \ \neg\textsc{amistoso}(x)$
- Un hombre es amistoso.

Representación de oraciones

- Alguien es amistoso. $\exists x \, \textsc{amistoso}(x)$
- Nadie es amistoso. $\forall x \, \neg \textsc{amistoso}(x)$
- Un hombre es amistoso. $\exists x \, (\textsc{hombre}(x) \land \textsc{amistoso}(x))$

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

Representación de oraciones

- Alguien es amistoso.
- Nadie es amistoso.
- Un hombre es amistoso.
- Un hombre no es amistoso.

$\exists x\ \textsc{amistoso}(x)$

$\forall x\ \neg\textsc{amistoso}(x)$

$\exists x\ (\textsc{hombre}(x) \wedge \textsc{amistoso}(x))$

Representación de oraciones

- Alguien es amistoso. $\exists x\, \textsc{amistoso}(x)$
- Nadie es amistoso. $\forall x\, \neg \textsc{amistoso}(x)$
- Un hombre es amistoso. $\exists x\, (\textsc{hombre}(x) \wedge \textsc{amistoso}(x))$
- Un hombre no es amistoso. $\exists x\, (\textsc{hombre}(x) \wedge \neg \textsc{amistoso}(x))$

MACC
Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la Computación

Representación de oraciones

- Alguien es amistoso.
- Nadie es amistoso.
- Un hombre es amistoso.
- Un hombre no es amistoso.
- Todo hombre es mortal.

$\exists x\ \textsc{amistoso}(x)$

$\forall x\ \neg\textsc{amistoso}(x)$

$\exists x\ (\textsc{hombre}(x) \wedge \textsc{amistoso}(x))$

$\exists x\ (\textsc{hombre}(x) \wedge \neg\textsc{amistoso}(x))$

MACC
Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la Computación

Representación de oraciones

- Alguien es amistoso. $\exists x\ \textsc{amistoso}(x)$
- Nadie es amistoso. $\forall x\ \neg\textsc{amistoso}(x)$
- Un hombre es amistoso. $\exists x\ (\textsc{hombre}(x) \wedge \textsc{amistoso}(x))$
- Un hombre no es amistoso. $\exists x\ (\textsc{hombre}(x) \wedge \neg\textsc{amistoso}(x))$
- Todo hombre es mortal. $\forall x\ (\textsc{hombre}(x) \rightarrow \textsc{mortal}(x))$

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

Contenido

Teoría de grupos

Un grupo G es un conjunto con una operación '$\cdot$' tal que:

- Es asociativa.
- Existe una unidad.
- Hay inversos.

Teoría de grupos

Un grupo G es un conjunto con una operación '$\cdot$' tal que:

- $\forall x \forall y \forall z\, ((x \cdot y) \cdot z) = (x \cdot (y \cdot z))$
- Existe una unidad.
- Hay inversos.

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

Teoría de grupos

Un grupo G es un conjunto con una operación '$\cdot$' tal que:

- $\forall x \forall y \forall z\,((x \cdot y) \cdot z) = (x \cdot (y \cdot z))$
- $\exists x \forall y\; x \cdot y = y$
- Hay inversos.

Teoría de grupos

Un grupo G es un conjunto con una operación '$\cdot$' tal que:

- $\forall x \forall y \forall z \, ((x \cdot y) \cdot z) = (x \cdot (y \cdot z))$
- $\exists x \forall y \; x \cdot y = y$
- $\forall x \exists y \; x \cdot y = e$ (donde e es la unidad)

Representación de oraciones

- Alguien pidió prestada una moto.

Representación de oraciones

- Alguien pidió prestada una moto.

  $\exists x \exists y \exists z\, (\textsc{moto}(z) \wedge \textsc{pedir\_prestado}(x, y, z))$

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

Representación de oraciones

- Alguien pidió prestada una moto.

  $\exists x \exists y \exists z \, (\textsc{moto}(z) \wedge \textsc{pedir\_prestado}(x, y, z))$
- Todo hombre ama a una mujer.

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

Representación de oraciones

- Alguien pidió prestada una moto.

  $\exists x \exists y \exists z \, (\textsc{moto}(z) \wedge \textsc{pedir\_prestado}(x, y, z))$

- Todo hombre ama a una mujer.

  $\forall x \exists y \, \textsc{amar}(x, y)$; $\exists y \forall x \, \textsc{amar}(x, y)$

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

Representación de oraciones

- Alguien pidió prestada una moto.

  $\exists x \exists y \exists z\,(\textsc{moto}(z) \wedge \textsc{pedir\_prestado}(x, y, z))$
- Todo hombre ama a una mujer.

  $\forall x \exists y\, \textsc{amar}(x, y)$; $\exists y \forall x\, \textsc{amar}(x, y)$
- El presidente de Francia ronca.

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

Representación de oraciones

- Alguien pidió prestada una moto.

  $\exists x \exists y \exists z\, (\textsc{moto}(z) \wedge \textsc{pedir\_prestado}(x, y, z))$

- Todo hombre ama a una mujer.

  $\forall x \exists y\, \textsc{amar}(x, y)$; $\exists y \forall x\, \textsc{amar}(x, y)$

- El presidente de Francia ronca.

  $\exists x\, (\textsc{presidente\_francia}(x) \wedge \forall y (\textsc{presidente\_francia}(y) \rightarrow x = y) \wedge \textsc{roncar}(x))$

MACC Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la Computación

Representación de oraciones

- Alguien pidió prestada una moto.

  $\exists x \exists y \exists z\, (\textsc{moto}(z) \wedge \textsc{pedir\_prestado}(x, y, z))$
- Todo hombre ama a una mujer.

  $\forall x \exists y\, \textsc{amar}(x, y);\ \exists y \forall x\, \textsc{amar}(x, y)$
- El presidente de Francia ronca.

  $\exists x\, (\textsc{presidente\_francia}(x) \wedge \forall y (\textsc{presidente\_francia}(y) \rightarrow x = y) \wedge \textsc{roncar}(x))$
- El rey de Francia no ronca.

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

Representación de oraciones

- Alguien pidió prestada una moto.

  $\exists x \exists y \exists z\,(\textsc{moto}(z) \wedge \textsc{pedir\_prestado}(x, y, z))$

- Todo hombre ama a una mujer.

  $\forall x \exists y\, \textsc{amar}(x, y)$; $\exists y \forall x\, \textsc{amar}(x, y)$

- El presidente de Francia ronca.

  $\exists x\,(\textsc{presidente\_francia}(x) \wedge \forall y(\textsc{presidente\_francia}(y) \rightarrow x = y) \wedge \textsc{roncar}(x))$

- El rey de Francia no ronca.

  $\exists x\,(\textsc{rey\_francia}(x) \wedge \forall y(\textsc{rey\_francia}(y) \rightarrow x = y) \wedge \neg\textsc{roncar}(x))$

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

Representación de oraciones

- Alguien pidió prestada una moto.

  $\exists x \exists y \exists z\, (\textsc{moto}(z) \wedge \textsc{pedir\_prestado}(x, y, z))$

- Todo hombre ama a una mujer.

  $\forall x \exists y\, \textsc{amar}(x, y);\ \exists y \forall x\, \textsc{amar}(x, y)$

- El presidente de Francia ronca.

  $\exists x\, (\textsc{presidente\_francia}(x) \wedge \forall y(\textsc{presidente\_francia}(y) \rightarrow x = y) \wedge \textsc{roncar}(x))$

- El rey de Francia no ronca.

  $\exists x\, (\textsc{rey\_francia}(x) \wedge \forall y(\textsc{rey\_francia}(y) \rightarrow x = y) \wedge \neg\textsc{roncar}(x))$

  $\neg\exists x\, (\textsc{rey\_francia}(x) \wedge \forall y(\textsc{rey\_francia}(y) \rightarrow x = y) \wedge \textsc{roncar}(x))$

MACC
Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la Computación

Representación de oraciones

- Alguien pidió prestada una moto.

  $\exists x \exists y \exists z\, (\textsc{moto}(z) \wedge \textsc{pedir\_prestado}(x, y, z))$
- Todo hombre ama a una mujer.

  $\forall x \exists y\, \textsc{amar}(x, y)$; $\exists y \forall x\, \textsc{amar}(x, y)$
- El presidente de Francia ronca.

  $\exists x\, (\textsc{presidente\_francia}(x) \wedge \forall y (\textsc{presidente\_francia}(y) \rightarrow x = y) \wedge \textsc{roncar}(x))$
- El rey de Francia no ronca.

  $\exists x\, (\textsc{rey\_francia}(x) \wedge \forall y (\textsc{rey\_francia}(y) \rightarrow x = y) \wedge \neg\textsc{roncar}(x))$

  $\neg\exists x\, (\textsc{rey\_francia}(x) \wedge \forall y (\textsc{rey\_francia}(y) \rightarrow x = y) \wedge \textsc{roncar}(x))$
- El rey de Francia no existe.

MACC
Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la Computación

Representación de oraciones

- Alguien pidió prestada una moto.

  $\exists x \exists y \exists z\, (\textsc{moto}(z) \wedge \textsc{pedir\_prestado}(x, y, z))$
- Todo hombre ama a una mujer.

  $\forall x \exists y\, \textsc{amar}(x, y)$; $\exists y \forall x\, \textsc{amar}(x, y)$
- El presidente de Francia ronca.

  $\exists x\, (\textsc{presidente\_francia}(x) \wedge \forall y(\textsc{presidente\_francia}(y) \rightarrow x = y) \wedge \textsc{roncar}(x))$
- El rey de Francia no ronca.

  $\exists x\, (\textsc{rey\_francia}(x) \wedge \forall y(\textsc{rey\_francia}(y) \rightarrow x = y) \wedge \neg\textsc{roncar}(x))$

  $\neg\exists x\, (\textsc{rey\_francia}(x) \wedge \forall y(\textsc{rey\_francia}(y) \rightarrow x = y) \wedge \textsc{roncar}(x))$
- El rey de Francia no existe.

  $\neg\exists x\, \textsc{rey\_francia}(x)$

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

Contenido

Tipos

Los tipos simples dividen el universo en distintos compartimientos.

Agentes, objetos, lugares, eventos, instantes, . . .

Tipos

Los tipos simples dividen el universo en distintos compartimientos.

Agentes, objetos, lugares, eventos, instantes, ...

Los tipos compuestos representan las funciones de tipos en tipos (o en oraciones).

$\langle a, o \rangle$ representa el tipo de las funciones de agentes en oraciones.

Tipos

Los tipos simples dividen el universo en distintos compartimientos.

Agentes, objetos, lugares, eventos, instantes, ...

Los tipos compuestos representan las funciones de tipos en tipos (o en oraciones).

$\langle a, o\rangle$ representa el tipo de las funciones de agentes en oraciones.

$\langle a, \langle a, o\rangle\rangle$ representa el tipo de las funciones de agentes en funciones de agentes a oraciones.

Operador λ

El operador λ sirve para crear funciones a partir de fórmulas.

Sea x una variable de tipo agente y considere el predicado unario $\textsc{caminar}$.

Operador λ

El operador λ sirve para crear funciones a partir de fórmulas.

Sea x una variable de tipo agente y considere el predicado unario CAMINAR.

$$\lambda x \; \textsc{caminar}(x)$$

Es una función del conjunto de agentes en el conjunto de oraciones.

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

Operador λ

El operador λ sirve para crear funciones a partir de fórmulas.

Sea x una variable de tipo agente y considere el predicado unario CAMINAR.

$$\lambda x \ \textsc{caminar}(x) \qquad \Rightarrow \quad tipo\langle a, o\rangle$$

Es una función del conjunto de agentes en el conjunto de oraciones.

Operador λ

El operador λ sirve para crear funciones a partir de fórmulas.

Sean x e y variables de tipo agente y considere el predicado binario HABLAR.

Operador λ

El operador λ sirve para crear funciones a partir de fórmulas.

Sean x e y variables de tipo agente y considere el predicado binario HABLAR.

$$\lambda y \; (\lambda x \; \text{HABLAR}(x, y)) \qquad \Rightarrow \; tipo\langle a, \langle a, o\rangle\rangle$$

Es una función del conjunto de agentes en el conjunto de funciones del conjunto de agentes en el conjunto de oraciones.

Simplificación

Sea x una variable de tipo t y c una expresión de tipo t y ϕ una expresión.

Simplificación

Sea x una variable de tipo t y c una expresión de tipo t y ϕ una expresión.

$\lambda x\ \phi(c)$ se puede simplificar al reemplazar en ϕ todas las instancias libres de x por la expresión c.

Simplificación

Sea x una variable de tipo t y c una expresión de tipo t y ϕ una expresión.

$\lambda x\ \phi(c)$ se puede simplificar al reemplazar en ϕ todas las instancias libres de x por la expresión c.

Por ejemplo, la expresión

$$\lambda x\ \textsc{caminar}(x)(p)$$

se simplifica por

$$\textsc{caminar}(p)$$

Simplificación

Sea x una variable de tipo t y c una expresión de tipo t y ϕ una expresión.

$\lambda x\ \phi(c)$ se puede simplificar al reemplazar en ϕ todas las instancias libres de x por la expresión c.

Por ejemplo, la expresión

$$\lambda y\ (\lambda x\ \text{HABLAR}(x, y))(p)$$

se simplifica por

Simplificación

Sea x una variable de tipo t y c una expresión de tipo t y ϕ una expresión.

$\lambda x\ \phi(c)$ se puede simplificar al reemplazar en ϕ todas las instancias libres de x por la expresión c.

Por ejemplo, la expresión

$$\lambda y\ (\lambda x\ \text{HABLAR}(x, y))(p)$$

se simplifica por

$$\lambda x\ \text{HABLAR}(x, p)$$

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

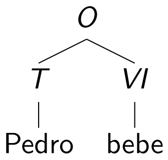
Contenido

Representación del léxico (1/2)

Categoría	**Símbolo Terminal**	**Traducción**
N	hombre	$\lambda x\ \textsc{hombre}(x)$
	mujer	$\lambda x\ \textsc{mujer}(x)$
	libro	$\lambda x\ \textsc{libro}(x)$
T	Pedro	$\lambda X\ X(p)$
	María	$\lambda X\ X(m)$
	Juan	$\lambda X\ X(j)$
VI	camina	$\lambda x\ \textsc{camina}(x)$
	bebe	$\lambda x\ \textsc{bebe}(x)$
VT	ama	$\lambda \mathbb{X}\,(\lambda x\,(\mathbb{X}(\lambda y\ \textsc{ama}(x,y))))$
	invita	$\lambda \mathbb{X}\,(\lambda x\,(\mathbb{X}(\lambda y\ \textsc{invita}(x,y))))$
	lee	$\lambda \mathbb{X}\,(\lambda x\,(\mathbb{X}(\lambda y\ \textsc{lee}(x,y))))$
D	un, una	$\lambda X\,(\lambda Y\,(\exists x\,(X(x) \wedge Y(x))))$
	todo, toda	$\lambda X\,(\lambda Y\,(\forall x\,(X(x) \rightarrow Y(x))))$

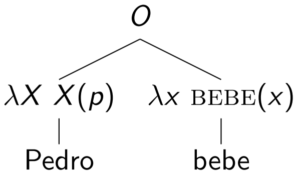
Representación de oraciones

- Encontramos el árbol de parsing.



Representación de oraciones

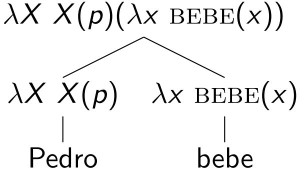
- Encontramos el árbol de parsing.
- Representamos el léxico.



MACC
Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la Computación

Representación de oraciones

- Encontramos el árbol de parsing.
- Representamos el léxico.
- Unimos función + argumento de acuerdo al árbol.



Representación de oraciones

- Encontramos el árbol de parsing.
- Representamos el léxico.
- Unimos función + argumento de acuerdo al árbol.
- Simplificamos.

$$\text{BEBE}(p)$$

$$\lambda x\ \text{BEBE}(x)(p)$$

$$\lambda X\ X(p)(\lambda x\ \text{BEBE}(x))$$

$$\lambda X\ X(p) \qquad \lambda x\ \text{BEBE}(x)$$

Pedro   bebe

Ejemplos

(4) Un hombre camina.

(5) María invita a Juan.

(6) Juan lee un libro.

(7) Un hombre ama a una mujer.

Contenido

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

Representación de eventos (1/2)

(1) Pedro comió.

Representación de eventos (1/2)

(1) Pedro comió.

(2) $\textsc{comer}(p)$

Representación de eventos (1/2)

(1) Pedro comió.

(2) $\textsc{comer}(p)$

(3) Pedro comió un sánduche.

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

Representación de eventos (1/2)

(1) Pedro comió.

(2) $\text{COMER}(p)$

(3) Pedro comió un sánduche.

(4) $\text{COMER}(p, s)$

MACC Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la Computación

Representación de eventos (1/2)

(1) Pedro comió.

(2) $\textsc{comer}(p)$

(3) Pedro comió un sánduche.

(4) $\textsc{comer}(p, s)$

☞ ¡En lógica de predicados no se puede cambiar la aridad de un predicado!

Representación de eventos (2/2)

Usamos constantes especiales e, e_1, e_2, ... para representar eventos:

(1) Pedro comió.

Representación de eventos (2/2)

Usamos constantes especiales e, e_1, e_2, ... para representar eventos:

(1) Pedro comió.

(2) $\textsc{comer}(e) \wedge \textsc{sujeto}(e, p)$

Representación de eventos (2/2)

Usamos constantes especiales e, e_1, e_2, $\ldots$ para representar eventos:

(1) Pedro comió.

(2) $\text{COMER}(e) \wedge \text{SUJETO}(e, p)$

(3) Pedro comió un sánduche.

Representación de eventos (2/2)

Usamos constantes especiales e, e_1, e_2, ... para representar eventos:

(1) Pedro comió.

(2) $\textsc{comer}(e) \wedge \textsc{sujeto}(e, p)$

(3) Pedro comió un sánduche.

(4) $\textsc{comer}(e) \wedge \textsc{sujeto}(e, p) \wedge \textsc{objeto}(e, s)$

MACC
Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la Computación

Representación de eventos (2/2)

Usamos constantes especiales e, e_1, e_2, ... para representar eventos:

(1) Pedro comió.

(2) $\text{COMER}(e) \wedge \text{SUJETO}(e, p)$

(3) Pedro comió un sánduche.

(4) $\text{COMER}(e) \wedge \text{SUJETO}(e, p) \wedge \text{OBJETO}(e, s)$

(5) Pedro comió un sánduche al almuerzo.

Representación de eventos (2/2)

Usamos constantes especiales e, e_1, e_2, ... para representar eventos:

(1) Pedro comió.

(2) $\textsc{comer}(e) \wedge \textsc{sujeto}(e, p)$

(3) Pedro comió un sánduche.

(4) $\textsc{comer}(e) \wedge \textsc{sujeto}(e, p) \wedge \textsc{objeto}(e, s)$

(5) Pedro comió un sánduche al almuerzo.

(6) $\textsc{comer}(e) \wedge \textsc{sujeto}(e, p) \wedge \textsc{objeto}(e, s) \wedge \textsc{happens}(e, 1pm)$

MACC
Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la Computación

Contenido

Tipos de preguntas

Hay ocho tipos de preguntas más frecuentes:

Tipos de preguntas

Hay ocho tipos de preguntas más frecuentes:

- Factuales.

Descripción:

Requiere una entidad o un hecho.

Ejemplo:

¿Quién es el presidente de Colombia?

Tipos de preguntas

Hay ocho tipos de preguntas más frecuentes:

- Factuales.
- Listas.

Descripción:

Requiere una lista de entidades o hechos.

Ejemplo:

¿Cuáles son los ingredientes de una lasaña?

Tipos de preguntas

Hay ocho tipos de preguntas más frecuentes:

- Factuales.
- Listas.
- Definiciones.

Descripción:

Requiere la definición de una entidad o un hecho.

Ejemplo:

¿Que es una anáfora?

MACC
Matemáticas Aplicadas y Ciencias de la Computación

Tipos de preguntas

Hay ocho tipos de preguntas más frecuentes:

- Factuales.
- Listas.
- Definiciones.
- Hipotéticas.

Descripción:

Requiere la descripción de lo que hubiera pasado ante la ocurrencia de un evento.

Ejemplo:

¿Que pasaría si el dólar se desploma?

Tipos de preguntas

Hay ocho tipos de preguntas más frecuentes:

- Factuales.
- Listas.
- Definiciones.
- Hipotéticas.
- Causales.

Descripción:

Requiere la explicación de un hecho o evento.

Ejemplo:

¿Por qué solo vemos una cara de la luna?

Tipos de preguntas

Hay ocho tipos de preguntas más frecuentes:

- Factuales.
- Listas.
- Definiciones.
- Hipotéticas.
- Causales.
- Relación.

Descripción:

Requiere la descripción de la relación entre dos entidades.

Ejemplo:

¿Qué relación hay entre la Revolución Francesa y el 5 de mayo de 1789?

Tipos de preguntas

Hay ocho tipos de preguntas más frecuentes:

- Factuales.
- Listas.
- Definiciones.
- Hipotéticas.
- Causales.
- Relación.
- Procedimentales.

Descripción:

Requiere una lista de instrucciones.

Ejemplo:

¿Cómo llego a Monserrate?

Tipos de preguntas

Hay ocho tipos de preguntas más frecuentes:

- Factuales.
- Listas.
- Definiciones.
- Hipotéticas.
- Causales.
- Relación.
- Procedimentales.
- Confirmatorias.

Descripción:

Requiere un verdadero o falso sobre un hecho.

Ejemplo:

¿Hay una conspiración entre gobierno y banqueros?

Preguntas factuales

Representación como funciones λ:

- ¿Quién tiene un perrito?
- $\lambda x \exists e\,(\textsc{tener}(e) \wedge \textsc{suj}(e, x) \wedge \textsc{obj}(\mathit{perro}))$

Preguntas factuales

Representación como funciones λ:

- ¿Quién tiene un perrito?
- $\lambda x \exists e\, (\textsc{tener}(e) \wedge \textsc{suj}(e, x) \wedge \textsc{obj}(perro))$

- ¿Dónde pasea el perrito?
- $\lambda y \exists e\, (\textsc{caminar}(e) \wedge \textsc{suj}(e, perro) \wedge \textsc{en}(e, y))$

Ejemplo de solución de preguntas factuales

"María tiene un perrito.
El perrito camina por la calle."

Ejemplo de solución de preguntas factuales

"María tiene un perrito.
El perrito camina por la calle."

$$\downarrow$$

$$\textsc{tener}(e_0) \wedge \textsc{suj}(e_0, \mathit{maria}) \wedge \textsc{obj}(e_0, \mathit{perro})$$
$$\textsc{caminar}(e_1) \wedge \textsc{suj}(e_1, \mathit{perro}) \wedge \textsc{en}(e_1, \mathit{calle})$$

Ejemplo de solución de preguntas factuales

"María tiene un perrito.
El perrito camina por la calle."

$\downarrow$

$\textsc{tener}(e_0) \wedge \textsc{suj}(e_0, \mathit{maria}) \wedge \textsc{obj}(e_0, \mathit{perro})$
$\textsc{caminar}(e_1) \wedge \textsc{suj}(e_1, \mathit{perro}) \wedge \textsc{en}(e_1, \mathit{calle})$

$\downarrow$

Entidades:
maria, *perro*, *calle*

Eventos: e_0, e_1

Ejemplo de solución de preguntas factuales

"María tiene un perrito.
El perrito camina por la calle."

$\text{TENER}(e_0) \wedge \text{SUJ}(e_0, maria) \wedge \text{OBJ}(e_0, perro)$
$\text{CAMINAR}(e_1) \wedge \text{SUJ}(e_1, perro) \wedge \text{EN}(e_1, calle)$

Entidades:
maria, *perro*, *calle*

Eventos: e_0, e_1

¿Quién tiene un perrito?
¿Dónde camina el perrito?

$\lambda x \exists e\, (\text{TENER}(e) \wedge \text{SUJ}(e, x) \wedge \text{OBJ}(perro))$
$\lambda y \exists e\, (\text{CAMINAR}(e)) \wedge \text{SUJ}(e, perro) \wedge \text{EN}(e, y))$

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación

Ejemplo (cont.)

"María tiene un perrito.
El perrito camina por la calle."

$\text{TENER}(e_0) \wedge \text{SUJ}(e_0, \mathit{maria}) \wedge \text{OBJ}(\mathit{perro})$
$\text{CAMINAR}(e_1) \wedge \text{SUJ}(e_1, \mathit{perro}) \wedge \text{EN}(e_1, \mathit{calle})$

Entidades:
maria, *perro*, *calle*

Eventos: e_0, e_1

¿Quién tiene un perrito?
¿Dónde camina el perrito?

$\exists e\,(\text{TENER}(e) \wedge \text{SUJ}(e, x) \wedge \text{OBJ}(\mathit{perro}))$
$\exists e\,(\text{CAMINAR}(e) \wedge \text{SUJ}(e, \mathit{perro}) \wedge \text{EN}(e, y))$

Ejemplo (cont.)

"María tiene un perrito.
El perrito camina por la calle."

$\textsc{tener}(e_0) \wedge \textsc{suj}(e_0, \mathit{maria}) \wedge \textsc{obj}(\mathit{perro})$
$\textsc{caminar}(e_1) \wedge \textsc{suj}(e_1, \mathit{perro}) \wedge \textsc{en}(e_1, \mathit{calle})$

Entidades:
maria, *perro*, *calle*

Eventos: e_0, e_1

¿Quién tiene un perrito?
¿Dónde camina el perrito?

$\exists e\, (\textsc{tener}(e) \wedge \textsc{suj}(e, x) \wedge \textsc{obj}(\mathit{perro}))$
$\exists e\, (\textsc{caminar}(e) \wedge \textsc{suj}(e, \mathit{perro}) \wedge \textsc{en}(e, y))$

Candidatos:

$$(\textsc{tener}(e_0) \wedge \textsc{suj}(e_0, \mathit{maria}) \wedge \textsc{obj}(\mathit{perro})) \vee (\textsc{tener}(e_1) \wedge \textsc{suj}(e_1, \mathit{maria}) \wedge \textsc{obj}(\mathit{perro}))$$
$$(\textsc{tener}(e_0) \wedge \textsc{suj}(e_0, \mathit{perro}) \wedge \textsc{obj}(\mathit{perro})) \vee (\textsc{tener}(e_1) \wedge \textsc{suj}(e_1, \mathit{perro}) \wedge \textsc{obj}(\mathit{perro}))$$
$$(\textsc{tener}(e_0) \wedge \textsc{suj}(e_0, \mathit{calle}) \wedge \textsc{obj}(\mathit{perro})) \vee (\textsc{tener}(e_1) \wedge \textsc{suj}(e_1, \mathit{calle}) \wedge \textsc{obj}(\mathit{perro}))$$

$$(\textsc{caminar}(e_0) \wedge \textsc{suj}(e_0, \mathit{perro}) \wedge \textsc{en}(e_0, \mathit{maria})) \vee (\textsc{caminar}(e_1) \wedge \textsc{suj}(e_0, \mathit{perro}) \wedge \textsc{en}(e_1, \mathit{maria}))$$
$$(\textsc{caminar}(e_0) \wedge \textsc{suj}(e_0, \mathit{perro}) \wedge \textsc{en}(e_0, \mathit{perro})) \vee (\textsc{caminar}(e_1) \wedge \textsc{suj}(e_1, \mathit{perro}) \wedge \textsc{en}(e_1, \mathit{perro}))$$
$$(\textsc{caminar}(e_0) \wedge \textsc{suj}(e_0, \mathit{perro}) \wedge \textsc{en}(e_0, \mathit{calle})) \vee (\textsc{caminar}(e_1) \wedge \textsc{suj}(e_1, \mathit{perro}) \wedge \textsc{en}(e_1, \mathit{calle}))$$

Ejemplo (cont.)

"María tiene un perrito.
El perrito camina por la calle."

$\textsc{tener}(e_0) \wedge \textsc{suj}(e_0, \mathit{maria}) \wedge \textsc{obj}(\mathit{perro})$
$\textsc{caminar}(e_1) \wedge \textsc{suj}(e_1, \mathit{perro}) \wedge \textsc{en}(e_1, \mathit{calle})$

Entidades:
maria, *perro*, *calle*

Eventos: e_0, e_1

¿Quién tiene un perrito?
¿Dónde camina el perrito?

$\exists e\,(\textsc{tener}(e) \wedge \textsc{suj}(e, x) \wedge \textsc{obj}(\mathit{perro}))$
$\exists e\,(\textsc{caminar}(e) \wedge \textsc{suj}(e, \mathit{perro}) \wedge \textsc{en}(e, y))$

Candidatos:

$$(\textsc{tener}(e_0) \wedge \textsc{suj}(e_0, \mathit{maria}) \wedge \textsc{obj}(\mathit{perro})) \vee (\textsc{tener}(e_1) \wedge \textsc{suj}(e_1, \mathit{maria}) \wedge \textsc{obj}(\mathit{perro}))$$
$$(\textsc{tener}(e_0) \wedge \textsc{suj}(e_0, \mathit{perro}) \wedge \textsc{obj}(\mathit{perro})) \vee (\textsc{tener}(e_1) \wedge \textsc{suj}(e_1, \mathit{perro}) \wedge \textsc{obj}(\mathit{perro}))$$
$$(\textsc{tener}(e_0) \wedge \textsc{suj}(e_0, \mathit{calle}) \wedge \textsc{obj}(\mathit{perro})) \vee (\textsc{tener}(e_1) \wedge \textsc{suj}(e_1, \mathit{calle}) \wedge \textsc{obj}(\mathit{perro}))$$

$$(\textsc{caminar}(e_0) \wedge \textsc{suj}(e_0, \mathit{perro}) \wedge \textsc{en}(e_0, \mathit{maria})) \vee (\textsc{caminar}(e_1) \wedge \textsc{suj}(e_0, \mathit{perro}) \wedge \textsc{en}(e_1, \mathit{maria}))$$
$$(\textsc{caminar}(e_0) \wedge \textsc{suj}(e_0, \mathit{perro}) \wedge \textsc{en}(e_0, \mathit{perro})) \vee (\textsc{caminar}(e_1) \wedge \textsc{suj}(e_1, \mathit{perro}) \wedge \textsc{en}(e_1, \mathit{perro}))$$
$$(\textsc{caminar}(e_0) \wedge \textsc{suj}(e_0, \mathit{perro}) \wedge \textsc{en}(e_0, \mathit{calle})) \vee (\textsc{caminar}(e_1) \wedge \textsc{suj}(e_1, \mathit{perro}) \wedge \textsc{en}(e_1, \mathit{calle}))$$

Ejemplo (cont.)

"María tiene un perrito.
El perrito camina por la calle."

$\textsc{tener}(e_0) \wedge \textsc{suj}(e_0, maria) \wedge \textsc{obj}(perro)$
$\textsc{caminar}(e_1) \wedge \textsc{suj}(e_1, perro) \wedge \textsc{en}(e_1, calle)$

Entidades:
maria, *perro*, *calle*

Eventos: e_0, e_1

¿Quién tiene un perrito?
¿Dónde camina el perrito?

$\exists e\,(\textsc{tener}(e) \wedge \textsc{suj}(e, x) \wedge \textsc{obj}(perro))$
$\exists e\,(\textsc{caminar}(e) \wedge \textsc{suj}(e, perro) \wedge \textsc{en}(e, y))$

Candidatos:

$$(\textsc{tener}(e_0) \wedge \textsc{suj}(e_0, maria) \wedge \textsc{obj}(perro)) \vee (\textsc{tener}(e_1) \wedge \textsc{suj}(e_1, maria) \wedge \textsc{obj}(perro))$$
$$(\textsc{tener}(e_0) \wedge \textsc{suj}(e_0, perro) \wedge \textsc{obj}(perro)) \vee (\textsc{tener}(e_1) \wedge \textsc{suj}(e_1, perro) \wedge \textsc{obj}(perro))$$
$$(\textsc{tener}(e_0) \wedge \textsc{suj}(e_0, calle) \wedge \textsc{obj}(perro)) \vee (\textsc{tener}(e_1) \wedge \textsc{suj}(e_1, calle) \wedge \textsc{obj}(perro))$$

$$(\textsc{caminar}(e_0) \wedge \textsc{suj}(e_0, perro) \wedge \textsc{en}(e_0, maria)) \vee (\textsc{caminar}(e_1) \wedge \textsc{suj}(e_0, perro) \wedge \textsc{en}(e_1, maria))$$
$$(\textsc{caminar}(e_0) \wedge \textsc{suj}(e_0, perro) \wedge \textsc{en}(e_0, perro)) \vee (\textsc{caminar}(e_1) \wedge \textsc{suj}(e_1, perro) \wedge \textsc{en}(e_1, perro))$$
$$(\textsc{caminar}(e_0) \wedge \textsc{suj}(e_0, perro) \wedge \textsc{en}(e_0, calle)) \vee (\textsc{caminar}(e_1) \wedge \textsc{suj}(e_1, perro) \wedge \textsc{en}(e_1, calle))$$

R1: *maria*

R2: *calle*

Take away

En esta sesión usted aprendió

- Una idea general de la lógica de predicados.
- Las razones que hacen más poderosa la lógica de predicados sobre la lógica proposicional.
- Representar algunas oraciones mediante la lógica de predicados, incluyendo la idea de eventos.
- Una idea general del cálculo λ para representar funciones.
- Una gramática lógica muy sencilla para el español.
- Representación y solución de preguntas factuales.

MACC
Matemáticas Aplicadas y
Ciencias de la Computación