UNA SEMANTICA COMPUTACIONAL DEL IDIOMA ESPAÑOL USANDO LAS TEORIAS DE R. MONTAGUE

Haroldo G. HACK, Alfredo L. GONZALEZ, Pedro J. CATUOGNO,
Maria del Carmen MOURE y Alicia M. CAMPBELL *

ABSTRACT

Montague's theory of language is used to present a formal system that can be implemented directly using PROLOG to obtain a semantic interpreter capable of analysing an important fragment of the Spanish language.

THEORIA - Segunda Época - Año V
Nº 12-13, Noviembre 1990, 171-191

1. INTRODUCCION

El problema que se aborda en este trabajo es el de la representación automática del conocimiento dado mediante oraciones en español con el objeto de poder administrar el mismo también en forma automática.

En busca de este objetivo se distinguen dos líneas de trabajo: representación por redes semánticas y representaciones en lógica.

La primera tiene a su favor una teoría sencilla y alta eficiencia en contextos restringidos, pero tiene en su contra que los conocimientos así representados son difícilmente actualizables. Su construcción es artesanal y los deductores montados sobre estas representaciones dependen fuertemente de ellas.

La segunda en cambio es fácilmente actualizable y permite utilizar las poderosas herramientas de la lógica clásica para realizar inferencias.

En este trabajo se mostrará un método implementable computacionalmente mediante el cual se obtiene en forma automática representaciones y análisis semánticos en el contexto del formalismo de la lógica de un conjunto importante de oraciones en español.

El método se basa en las ideas de Montague, cuya teoría consideramos la más adecuada para tales fines. Se han modificado algunos aspectos, especialmente en lo referido a la traducción a la lógica intensional con el objeto de lograr representaciones más cercanas a la lógica de primer orden.

Existen pocos antecedentes relacionados con la línea de trabajo que se expone (los autores no conocen antecedentes al respecto para el idioma español). El primer antecedente del que disponen los autores es el trabajo publicado por *Hobbs* y *Rosenschein* [1]. Allí se muestra cómo podría relacionarse el formalismo de Montague con una semántica computacional. A este efecto, se presenta una versión simplificada del mismo, se desarrollan algunos ejemplos sencillos y se propone al lenguaje de programación LISP como el análogo computacional del lambda cálculo de la lógica intensional. La propuesta no tuvo mayor repercusión por las siguientes razones: el formalismo teórico de Montague presenta una complejidad notable, las representaciones obtenidas en general son términos complicados de la lógica intensional y las valoraciones modelísticas que son las interpretaciones finales válidas propuestas por Montague son intratables computacionalmente (ver *Hirst* [2]).

En este trabajo podrá apreciarse a través de la exposición del método las ideas de Montague y se verá cómo pueden obtenerse representaciones menos complicadas y como, a los efectos de los propósitos que se persiguen, puede evitarse el problema de las valoraciones modelísticas.

Por razones de espacio, la demostración de cómo aprovechar convenientemente el mecanismo de unificación de PROLOG para implementar computacionalmente el formalismo expuesto se hará mediante la provisión de un programa fuente a los lectores interesados (ver sección 4).

2. DEFINICION DE LA GRAMATICA

El procedimiento propuesto por Montague para el análisis de un lenguaje ambiguo o no, puede resumirse como sigue.

Se define una gramática categorial a partir de los siguientes elementos:

- un conjunto Δ de categorías sintácticas
- un conjunto de expresiones básicas (léxico básico) X_δ $\delta \in \Delta$ para cada categoría
- un conjunto F de operaciones estructurales
- un conjunto S de reglas sintácticas (que indican qué categoría sintáctica corresponde al resultado de aplicar una operación estructural a las categorías sobre las que ésta opera)
- una categoría distinguida (que en nuestro caso será for, la de fórmulas u oraciones bien formadas)

Si ninguna expresión producida como valor de una operación estructural es una expresión básica y toda expresión compleja puede producirse a partir de una operación estructural única mediante una asignación única de argumentos, se dice que la quintupla

$L = \langle A, F, \bigcup X_\delta \ / \delta \in \Delta, S, \text{Categ. Disting.} \rangle$

es un lenguaje desambiguado, donde A es el menor conjunto que contenga a las expresiones básicas y sea cerrado con respecto a las operaciones estructurales. (A es el álgebra libre generada por $\bigcup X_\delta$ y F)

Un lenguaje ambiguo sintácticamente se caracteriza porque existen expresiones que admiten más de un árbol sintáctico, por lo que un lenguaje, en general, se define como un par (L,R), donde L es un lenguaje no ambiguo y R una relación entre expresiones de A (R relaciona los árboles sintácticos distintos correspondientes a una misma expresión).

Para la interpretación semántica se definen

- un conjunto de significados posibles de las expresiones sintácticas (en nuestro caso, los términos de la lógica intensional)
- para cada operación estructural, una operación semántica del mismo número de argumentos que asigna n-uplas de significados a significados
- una aplicación f de expresiones básicas a significados

La interpretación semántica de un árbol se obtiene extendiendo la aplicación f de modo que sea un homomorfismo de álgebras.

El significado (V o F) se obtendría a partir de los modelos de la lógica intensional. Este es un procedimiento que, como ya se mencionara, es impracticable desde el punto de vista computacional. Ocurre sin embargo, que a los efectos de los propósitos de este trabajo, como se verá, basta con obtener las traducciones a la lógica intensional, especialmente si se logra que ellas pertenezcan a la lógica de primer orden.

2.1 Definición de la gramática categorial

2.1.1. Categorías sintácticas

Se usarán las siguientes categorías sintácticas:

anc = adjetivos

avi = adverbios

cuant = cuantificadores

fn = frases nominales

for = oraciones bien formadas

nc = nombres comunes

pravi = preposiciones formadoras de adverbios

pranc = preposiciones formadoras de adjetivos

prnc = preposiciones formadoras con nc de adjetivos

vc = verbos copulativos

vi = verbos intransitivos

vt = verbos transitivos

2.1.2. Expresiones básicas

Los contenidos básicos o iniciales que se dan a cada categoría deben comprender todas las palabras que se utilizarán, con excepción de las expresiones "y", "o", "tal que", "ese mismo", "si" y "entonces" que son introducidas sincategóricamente.

Ejemplos de expresiones básicas pueden verse en Tabla 1 junto con sus traducciones al inglés, las que serán usadas más adelante en este trabajo para mostrar cómo pueden obtenerse traducciones conceptuales de oraciones en español a otros idiomas.

TABLA 1

Ejemplos de contenidos básicos

Categoría	En español	En inglés
anc	generoso	generous
	verde	green

avi	frecuentemente rápidamente	frequently rapidly
cuant	cada,todo,toda, los,las algun,alguna,un,una algunos,algunas,unos unas,varios,varias el,la	every, all the(+plural) a some the (+singular)
fn	Juan Maria $él_0$,$él_1$,$él_2$,...	John Mary he_0,he_1,he_2,...
for	No posee contenido inicial	
nc	sapo hombre telescopio	frog man telescope
pravi	para en con	for in with
pranc	sin de con	without of with
prnc	de sin con	of without with
vc	es parece	is seems

vi	escriben	write
	camina	walks
	corro	run
vt	busca	seeks
	ve	sees
	es	is

2.1.3 Reglas Sintácticas

Notaciones: se adoptan las siguientes:

a) el formato con el que se dan las reglas es:

< operación, input, output >

b) nc <n> = elementos de nc en los que no aparece el$_n$

c) fn^* = elementos de fn distintos de él$_i$, $\forall\ i \in \mathbb{N}$

Las reglas sintácticas pueden verse en Tabla 2

2.1.4. Operaciones estructurales

Las reglas sintácticas f_0, f_4, f_{5a}, f_{5b}, f_{6a}, f_{6b}, f_7, f_{11}, f_{12}, y f_{13} operan de la misma manera.

El formato para estas operaciones es

$$f(x,z) = xz$$

donde xz indica la concatenación de las expresiones $\underline{x}$ y $\underline{z}$.

TABLA 2

Reglas sintácticas

$\langle f_0, \langle cuant, nc\rangle, fn\rangle$	$\langle f_{8c}, \langle vi, vi\rangle, vi\rangle$
$\langle f_{3,n}, \langle nc(n), for\rangle, nc\rangle,\ n \in \mathbb{N}$	$\langle f_{9a}, \langle for, for\rangle, for\rangle$
$\langle f_4, \langle fn, vi\rangle, for\rangle$	$\langle f_{9b}, \langle fn, fn\rangle, fn\rangle$
$\langle f_{5a}, \langle vt, fn\rangle, vi\rangle$	$\langle f_{9c}, \langle vi, vi\rangle, vi\rangle$
$\langle f_{5b}, \langle vc, anc\rangle, vi\rangle$	$\langle f_{10a,n}, \langle fn^*, for\rangle, for\rangle, n \in \mathbb{N}$
$\langle f_{6a}, \langle anc, nc\rangle, nc\rangle$	$\langle f_{10b,n}, \langle fn^*, vi\rangle, vi\rangle, n \in \mathbb{N}$
$\langle f_{6b}, \langle nc, anc\rangle, nc\rangle$	$\langle f_{11}, \langle pravi, fn\rangle, avi\rangle$
$\langle f_7, \langle vi, avi\rangle, vi\rangle$	$\langle f_{12}, \langle pranc, fn\rangle, anc\rangle$
$\langle f_{8a}, \langle for, for\rangle, for\rangle$	$\langle f_{13}, \langle prnc, nc\rangle, anc\rangle$
$\langle f_{8b}, \langle fn, fn\rangle, fn\rangle$	$\langle f_{14}, \langle for, for\rangle for\rangle$

Otros dos grupos de reglas comparten un formato operacional.

Ellos son:

f_{8a}, f_{8b}, f_{8c} con formato $f(\underline{x},\underline{z}) = \underline{x}$ y $\underline{z}$

f_{9a}, f_{9b}, f_{9c} con formato $f(\underline{x},\underline{z}) = \underline{x}$ o $\underline{z}$

Las restantes operaciones estructurales son:

$f_{9,n}(\eta,\phi) = \eta$ tal que ϕ_1

donde ϕ_1 se obtiene reemplazando cada ocurrencia de él$_n$ en ϕ por "ese ε" siendo ε la primera de las expresiones básicas de nc que aparezcan en η.

$f_{10a,n}(\alpha,\phi) = \varphi_1$

donde φ_1 se obtiene reemplazando las ocurrencias de él$_n$ en φ por α.

$f_{10b,n}(\alpha,\beta) = \beta_1$

donde β_1 se obtiene reemplazando las ocurrencias de él$_n$ en β por α

$f_{14}(x,y) =$ si x entonces y

2.1.5 Ejemplos

2.1.5.1. Ejemplo 1: Juan es un hombre generoso

La oración admite los siguientes análisis sintácticos respecto de la gramática presentada.

1) f_4(Juan, f_{5a}(es, f_0(un, f_{6b}(hombre, generoso)))) =

= f_4(Juan, f_{5a}(es, f_0(un, hombre generoso))) =

= f_4(Juan, f_{5a}(es, un hombre generoso)) =

= f_4(Juan, es un hombre generoso) = Juan es un hombre generoso

2) f_4(Juan, $f_{10b,n}$(f_0(un, f_{6b}(hombre, generoso)), f_{5a}(es, él$_n$)))

= f_4(Juan, $f_{10b,n}$(f_0(un, hombre, generoso), es él$_n$)) =

= f_4(Juan, $f_{10b,n}$(un hombre generoso, es él$_n$)) =

= f_4(Juan, es un hombre generoso) = Juan es un hombre generoso

Análogamente pueden verificarse los siguientes esquemas sintácticos:

3) $f_{10a,n}$(Juan, f_4(él$_n$, f_{5a}(es, f_0(un, f_{6b}(hombre, generoso)))))

4) $f_{10a,n}$(Juan, f_4(él$_n$, $f_{10b,m}$(f_0(un, f_{6b}(hombre, generoso)), f_{5a}(es, él$_m$))))

5) $f_{10a,n}$(Juan, $f_{10a,m}$(f_0(un, f_{6b}(hombre, generoso)), f_4(él$_n$, f_{5a}(es, él$_m$))))

6) $f_{10a,n}$(f_0(un, f_{6b}(hombre, generoso)), f_4(Juan, f_{5a}(es, él$_n$)))

7) $f_{10a,n}$(f_0(un, f_{6b}(hombre, generoso)), $f_{10a,m}$(Juan, f_4(él$_m$, f_{5a}(es, él$_n$))))

Ejemplo 2: Todo hombre busca un sapo

Se tienen los siguientes análisis sintácticos

1) $f_{10a,n}$(f_0(todo, hombre), $f_{10a,m}$(f_0(un, sapo), f_4(él$_n$, f_{5a}(busca, él$_m$))))

2) $f_{10a,n}$(f_0(todo, hombre), f_4(él$_n$, f_{5a}(busca, f_0(un, sapo))))

3) $f_{10a,n}$(f_0(todo, hombre), f_4(él$_n$, $f_{10b,m}$(f_0(un, sapo), f_{5a}(busca, él$_m$))))

4) $f_{10a,n}$(f_0(un, sapo), f_4(f_0(todo, hombre), f_{5a}(busca, él$_n$)))

5) f_4(f_0(todo, hombre), f_{5a}(busca, f_0(un, sapo)))

6) f_4(f_0(todo, hombre), $f_{10b,n}$(f_0(un, sapo), f_{5a}(busca, él$_n$)))

7) $f_{10a,n}$(f_0(un, sapo), $f_{10a,m}$(f_0(todo, hombre), f_4(él$_m$, f_5(busca, él$_n$))))

Ejemplo 3: Juan ve un hombre con un telescopio

La oración admite 43 esquemas sintácticos diferentes que pueden ser obtenidos usando el programa que se menciona en el inciso 4. (Aspectos de Programación)

Los 3 ejemplos dados son ambiguos sintácticamente pues admiten más de un análisis sintáctico. Sobre cada análisis sintáctico se montará un análisis semántico obteniéndose una expresión de la lógica intensional. En algunos casos las expresiones obtenidas de distintos análisis sintácticos coinciden. (Ver [4] pag 210)

Se mostrará más adelante que la oración del Ejemplo 1 no es ambigua semánticamente (todos las expresiones obtenidas coinciden) , pero que la ambigüedad sintáctica de las oraciones de los ejemplos 2 y 3 determina que las mismas resulten ambiguas semánticamente.

2.2 Tipos semánticos y reglas de traducción

2.2.1. La lógica intensional que se usará

En este trabajo se usará la lógica intensional presentada en *Anderson* [6] incorporando los axiomas que se dan en *Gallin* [7]

2.2.1.1 Definiciones y notaciones

1) Sean e: conjunto de entidades posibles

t: conjunto de valores de verdad ({V,F})

s: conjunto de mundos posibles

Se tienen los siguientes tipos:

i) e y t son tipos

ii) si α y β son tipos, entonces $\langle\alpha,\beta\rangle$ es un tipo

iii) si α es un tipo, entonces $\langle s,\alpha\rangle$ es un tipo

iv) todos los tipos están determinados por i,ii y iii

2) Para cada tipo α se tienen variables y constantes de tipo α que se anotarán x^{α} y c^{α} respectivamente.

3) Los siguientes símbolos no tienen tipo

$\longleftrightarrow$, λ, $\hat{}$, $\check{}$, [,]

2.2.1.2. Términos

1) Las variables y las constantes son términos del tipo de su super-índice.

2) Si A es un término de tipo $\langle\alpha,\beta\rangle$ y B es un término de tipo α, entonces [AB] es un término de tipo β.

3) Si A es un término de tipo β y x^{α} es una variable de tipo α, entonces $\lambda x^{\alpha}A$ es un término de tipo $\langle\alpha,\beta\rangle$

4) Si A es un término de tipo α, entonces $^\wedge A$ es un término de tipo $\langle s,\alpha\rangle$

5) Si A es un término de tipo $\langle s,\alpha\rangle$, entonces $^\vee A$ es un término de tipo α

6) Si A y B son términos de tipo α, entonces $[A \longleftrightarrow B]$ es un término de tipo t.

2.2.1.3. Definición de algunas fórmulas fundamentales

Consideraciones sobre los modelos, como se hacen en *Anderson* [6], llevan a la definición de las siguientes fórmulas fundamentales.

1) $T =_{def} [\lambda x^t x^t \longleftrightarrow \lambda x^t x^t]$

2) $F =_{def} [\lambda x^t x^t \longleftrightarrow \lambda x^t T]$

3) $y =_{def} \lambda x^t \lambda y^t [\lambda f^{tt}[f^{tt}x^t \longleftrightarrow y^t] \longleftrightarrow \lambda f^{tt}[f^{tt}T]]$

4) $\neg =_{def} [\lambda x^t [x^t \longleftrightarrow F]]$

5) $\forall x^{\alpha} A^t =_{def} [\lambda x^{\alpha} A^t \longleftrightarrow \lambda x^{\alpha} T]$

6) $[A^{\alpha} = B^{\alpha}] =_{def} [^\wedge A^{\alpha} \longleftrightarrow {}^\wedge B^{\alpha}]$

7) $\exists x^{\alpha} A^t =_{def} [\neg \forall x^{\alpha} [\neg A^t]]$

8) $[A^t \longrightarrow B^t] =_{def} [\neg [[A^t y] [\neg B^t]]]$

9) $[A^t \vee B^t] =_{def} [[\neg A^t] \longrightarrow B^t]$

2.2.1.4. Axiomas

Definición preliminar: una ocurrencia de una variable x^{β} es libre en un término si ella no ocurre en una subfórmula del tipo $\lambda x^{\beta} B^{\alpha}$

Notación: $A^{\beta}(x^{\alpha})$ significará que x^{α} ocurre libremente en A^{β}

Los axiomas adoptados son:

Ax 1) $\sim{}^{\wedge}A^{\alpha} \longleftrightarrow A^{\alpha}$

Ax 2) $[\lambda x^{\alpha} A^{\beta}(x^{\alpha}) B^{\alpha}] \longleftrightarrow A^{\beta}(B^{\alpha})$, donde $A^{\beta}(B^{\alpha})$ se obtiene de $A^{\beta}(x^{\alpha})$ reemplazando todas las ocurrencias libres de x^{α} por B^{α} y

I) ninguna ocurrencia libre de x^{α} en $A^{\beta}(x^{\alpha})$ ocurre en el alcance de un λy^{γ}, donde y^{γ} es libre en B^{α}, y

II) ninguna ocurrencia libre de x^{α} en $A^{\beta}(x^{\alpha})$ está en el alcance de un $^{\wedge}$.

o

II') B^{α} es modalmente cerrada (ver Gallin [7])

Para estar siempre en condiciones de aplicar el axioma se adoptará en lo que sigue la siguiente metodología: cada vez que en un análisis hace su aparición un operador λ, se introduce una nueva variable sobre la cual operará en forma exclusiva.

2.2.2. Traducción del vocabulario a la lógica intensional

En la tabla 3 se muestra el tipo semántico que se le asigna a la traducción de los elementos de cada categoría.

En lo que sigue se han adoptado las siguientes notaciones:

$z_1, z_2, z_3, \ldots$ denotan variables de tipo $\langle s,e \rangle$

$p_1, p_2, p_3, \ldots$ denotan variables de tipo $\langle s,\langle\langle s,e\rangle,t\rangle\rangle$

$q_1, q_2, q_3, \ldots$ denotan variables de tipo $\langle s,\langle\langle s,\langle\langle s,e\rangle,t\rangle\rangle,t\rangle\rangle$

$r_1, r_2, r_3, \ldots$ denotan variables de tipo $\langle s,\langle\langle s,\langle\langle s,e\rangle,t\rangle\rangle,\langle\langle s,e\rangle,t\rangle\rangle\rangle$

TABLA 3

Categoría sintáctica	Tipo semántico de las traducciones de sus elementos
for	t
fn	$\langle\langle s,\langle\langle s,e\rangle,t\rangle\rangle,t\rangle$
vi	$\langle\langle s,e\rangle,t\rangle$

nc	$\langle\langle s,e\rangle,t\rangle$
cuant	$\langle\langle s,\langle\langle s,e\rangle,t\rangle\rangle,\langle\langle s,\langle\langle s,e\rangle,t\rangle\rangle,t\rangle\rangle$
anc	$\langle\langle s,\langle\langle s,e\rangle,t\rangle\rangle,\langle\langle s,e\rangle,t\rangle\rangle$
pranc	$\langle\langle s,\langle\langle s,\langle\langle s,e\rangle,t\rangle\rangle,t\rangle\rangle,\langle\langle s,\langle\langle s,e\rangle,t\rangle\rangle,\langle\langle s,e\rangle,t\rangle\rangle\rangle$
vt	$\langle\langle s,\langle\langle s,\langle\langle s,e\rangle,t\rangle\rangle,t\rangle\rangle,\langle\langle s,e\rangle,t\rangle\rangle$
vc	$\langle\langle s,\langle\langle s,\langle\langle s,e\rangle,t\rangle\rangle,\langle\langle s,e\rangle,t\rangle\rangle\rangle,\langle\langle s,e\rangle,t\rangle\rangle$
pravi	$\langle\langle s,\langle\langle s,\langle\langle s,e\rangle,t\rangle\rangle,t\rangle\rangle,\langle\langle s,\langle\langle s,e\rangle,t\rangle\rangle,\langle\langle s,e\rangle,t\rangle\rangle\rangle$
avi	$\langle\langle s,\langle\langle s,e\rangle,t\rangle\rangle,\langle\langle s,e\rangle,t\rangle\rangle$
prnc	$\langle\langle s,\langle\langle s,e\rangle,t\rangle\rangle,\langle\langle s,\langle\langle s,e\rangle,t\rangle\rangle,\langle\langle s,e\rangle,t\rangle\rangle\rangle$

En la Tabla 4 se da la traducción de una expresión básica de cada categoría con excepción de cuant que será tratada aparte.

La traducción de las restantes expresiones básicas correspondientes a una categoría debe hacerse en forma análoga a la que se da como modelo.

La única excepción la constituye el verbo transitivo "es" que posee un traducción distinta al esquema general de traducción de las expresiones básicas de la categoría vt.

Las constantes que aparescen en las traducciones son arbitrarias, con el único requisito de que deben ser consideradas del tipo que se da en Tabla 4. Las mismas se subrayan para mayor claridad.

Se han adoptado las siguientes convenciones:

si A y B son términos, se escribirá

i) [A y B] en lugar de [[A y]B] y [A [y B]]

ii) [A o B] en lugar de [[A o]B] y [A [o B]]

TABLA 4

Traducción de las expresiones básicas

Categoría sintáctica	Expresión básica	Traducción
fn	Juan	$\lambda p_1[{}^\vee p_1\,{}^\wedge\underline{John}]$
Tipo de la constante: e		
vi	camina	<u>walk</u>

Tipo de la constante: $\langle\langle s,e\rangle,t\rangle$

nc sapo $\underline{\text{frog}}$

Tipo de la constante: $\langle\langle s,e\rangle,t\rangle$

anc generoso $\lambda p_1 \lambda z_1 [[{\sim}p_1 z_1] \text{ y } [\underline{\text{generous}}\ z_1]]$

Tipo de la constante: $\langle\langle s,e\rangle,t\rangle$

pranc con $\lambda q_1 \lambda p_1 \lambda z_1 [[{\sim}q_1 \wedge [\underline{\text{with}}\ z_1]] \text{ y } [{\sim}p_1 z_1]]$

Tipo de la constante: $\langle\langle s,e\rangle,\langle\langle s,e\rangle,t\rangle\rangle$

vt busca $\lambda q_1 \lambda z_1 [{\sim}q_1 \wedge \lambda z_2 [[\underline{\text{seek}}\ z_1] z_2]]$

Tipo de la constante: $\langle\langle s,e\rangle,\langle\langle s,e\rangle,t\rangle\rangle$

es $\lambda q_1 \lambda z_1 [{\sim}q_1 \wedge \lambda z_2 [{\sim}\ z_1 = {\sim}z_2]]$

Sin constante

vc es $\lambda r_1 \lambda z_1 [{\sim}r_1 \wedge \lambda z_2 [{\sim}z_1 = {\sim}z_2]] z_1]$

Sin constante

pravi con $\lambda q_1 \lambda p_1 \lambda z_1 [{\sim}q_1 \wedge \lambda z_2 [[\underline{\text{with}}\ z_2][{\sim}p_1 z_1]]]$

Tipo de la constante: $\langle\langle s,e\rangle,\langle t,t\rangle\rangle$

avi frecuentemente $\lambda p_1 \lambda z_1 [\underline{\text{frequently}}\ [{\sim}p_1 z_1]]$

Tipo de la constante: $\langle t,t\rangle$

prnc de $\lambda p_1 \lambda p_2 \lambda z_1 [[{\sim}p_2 z_1] \text{ y } \exists z_2 [[{\sim}p_1 z_2] \text{y} [[\underline{\text{of}} z_2] z_1]]]$

Tipo de la constante: $\langle\langle s,e\rangle,\langle\langle s,e\rangle,t\rangle\rangle$

TABLA 5a

Cuantificadores admitidos y su significado

Cuantificador	Significado
cada, todo, toda, los, las	"para todo" ($\forall$)

algún, alguna, un, una	"existe" ($\exists$) (una o muchas)
algunos, algunas, unos, unas, varios, varias	"existen al menos dos"
el, la	"existe un único" ($\exists!$)

TABLA 5b

Traducción de los cuantificadores

Cuantificador	Traducción
cada	$\lambda p_1 \lambda p_2 \forall z_1 [[\sim p_1 z_1] \longrightarrow [\sim p_2 z_1]]$
algún	$\lambda p_1 \lambda p_2 \exists z_1 [[\sim p_1 z_1] \text{ y } [\sim p_2 z_1]]$
algunos	$\lambda p_1 \lambda p_2 \exists z_1 \exists z_2 [[[[\sim p_1 z_1] \text{ y } [\sim p_2 z_2]] \text{ y } [[\sim p_1 z_2] \text{ y } [\sim p_2 z_2]]] \text{ y } [\neg [z_1 = z_2]]]$
el	$\lambda p_1 \lambda p_2 \exists z_1 \forall z_2 [[\sim p_1 z_2] \longrightarrow [z_2 = z_1]] \text{y} [\sim p_2 z_1]]$

2.2.2.1. Traducción de las expresiones básicas de la categoría cuant

Se han adoptado ciertas convenciones semánticas respecto de los cuantificadores del idioma español. Estos se refieren a cuáles serán admisibles y qué significado se le asignan.

La situación se resume en la Tabla 5a

Los cuantificadores correspondientes a un mismo grupo tienen la misma traducción. En la Tabla 5b se da la misma para un representante de cada uno de ellos.

2.2.3. Traducción de las reglas sintácticas

En lo que sigue, se usará la expresión $\{\alpha\ '\}$ para indicar traducción de α.

Las reglas f_0, f_4, f_{5a}, f_{5b}, f_{6a}, f_{11}, f_{12} y f_{13} comparten el mismo esquema de traducción. El mismo viene dado por

$$\{f(\alpha,\beta)\ '\} = [\{\alpha\ '\}\hat{}\{\beta\ '\}]$$

Las restantes reglas sintácticas han sido traducidas de la siguiente manera:

$$\{f_{6b}(\alpha,\beta)\ '\} = \{f_7(\alpha,\beta)\ '\} = [\{\beta\ '\}^\wedge\{\alpha\ '\}]$$
$$\{f_{3n}(\eta,\phi)\ '\} = \lambda z_n[[\{\eta\ '\}z_n] \text{ y } \{\phi\ '\}]$$
$$\{f_{8a}(\varphi,\psi)\ '\} = [\{\varphi\ '\} \text{ y } \{\psi\ '\}]$$
$$\{f_{8b}(\alpha,\beta)\ '\} = \lambda p_1[[\{\alpha\ '\}p_1] \text{ y } [\{\beta\ '\}p_1]]$$
$$\{f_{8c}(\beta_1,\beta_2)\ '\} = \lambda z_1[[\{\beta_1\ '\}z_1] \text{ y } [\{\beta_2\ '\}z_1]]$$
$$\{f_{9a}(\varphi,\psi)\ '\} = [\{\varphi\ '\} \text{ o } \{\psi\ '\}]$$
$$\{f_{9b}(\alpha,\beta)\ '\} = \lambda p_1[[\{\alpha\ '\}p_1] \text{ y } [\{\beta\ '\}p_1]]$$
$$\{f_{9c}(\beta_1,\beta_2)\ '\} = \lambda z_1[[\{\beta_1\ '\}z_1] \text{ o } [\{\beta_2\ '\}z_1]]$$
$$\{f_{10a,n}(\alpha,\varphi)\ '\} = [\{\alpha\ '\}^\wedge\lambda z_n[\{\varphi\ '\}]$$
$$\{f_{10b,n}(\alpha,\beta)\ '\} = \lambda z_1[\{\alpha\ '\}^\wedge\lambda z_n[\{\beta\ '\}z_1]]$$
$$\{f_{14}(\alpha,\beta)\}\ ' = \{\alpha\ '\} \longrightarrow \{\beta\ '\}$$

3. EJEMPLOS

3.1. {(Juan es un hombre generoso) '} =

$$= \{f_4(\text{Juan},\ f_{5a}(\text{es}, f_0(\text{un}, f_{6b}(\text{hombre},\text{generoso}))))\ '\} =$$
$$= [\{\text{Juan}\ '\}^\wedge\{f_{5a}(\text{es}, f_0(\text{un}, f_{6b}(\text{hombre},\ \text{generoso})))\ '\}] =$$
$$= [\{\text{Juan}\ '\}^\wedge[\{\text{es}\ '\}^\wedge\{f_0(\text{un}, f_{6b}(\text{hombre},\ \text{generoso}))\ '\}]] =$$
$$= [\{\text{Juan}\ '\}^\wedge[\{\text{es}\ '\}^\wedge[\{\text{un}\ '\}^\wedge f_{6b}(\text{hombre},\ \text{generoso})\ '\}]]] =$$
$$= [\{\text{Juan}\ '\}^\wedge[\{\text{es}\ '\}^\wedge[\{\text{un}\ '\}^\wedge[\{\text{generoso}\ '\}^\wedge\{\text{hombre}\ '\}]]]]$$

$$[\{\text{generoso}\ '\}^\wedge\{\text{hombre}\ '\}] = [\lambda p_1\lambda z_1[[\sim p_1 z_1] \text{ y } [\text{generous } z_1]]^\wedge \text{man}] \longleftrightarrow \lambda z_1[[\text{man } z_1] \text{ y } [\text{generous } z_1]]$$

$$[\{\text{un}\ '\}^\wedge\{\text{generoso}\ '\}^\wedge\{\text{hombre}\ '\}]] =$$
$$[\lambda p_1\lambda p_2\exists z_2[[\sim p_1 z_2] \text{ y } [\sim p_2 z_2]]^\wedge\lambda z_1[[\text{man } z_1] \text{ y } [\text{generous } z_1]]] \longleftrightarrow \lambda p_2\exists z_2[[\lambda z_1[[\text{man } z_1] \text{ y } [\text{generous } z_1]]z_2] \text{ y } [\sim p_2 z_2]] \longleftrightarrow \lambda p_2\exists z_2[[[\text{man } z_2] \text{ y } [\text{generous } z_2]]\text{y}[\sim p_2 z_2]]$$

$$[\{\text{es}\ '\}^\wedge[\{\text{un}\ '\}^\wedge[\{\text{generoso}\ '\}^\wedge\{\text{hombre}\ '\}]] =$$
$$=\lambda q_1\lambda z_3[\sim q_1{}^\wedge\lambda z_4[\sim z_3 = \sim z_4]]^\wedge\lambda p_2\exists z_2[[[\text{man } z_2] \text{ y } [\text{generous } z_2]] \text{ y } [\sim p_2 z_2]]$$
$$\longleftrightarrow \lambda z_3[\lambda p_2\exists z_2[[[\text{man } z_2] \text{ y } [\text{generous } z_2]] \text{ y } [\sim p_2 z_2]]^\wedge\lambda z_4[\sim z_3 = \sim z_4]] \longleftrightarrow \lambda z_3\exists z_2[[[\text{man } z_2] \text{ y } [\text{generous } z_2]] \text{ y } [\lambda z_4[\sim z_3 =$$

$\sim z_4]z_2]]$

$\longleftrightarrow \lambda z_3 \exists z_2[[[man\ z_2]\ y\ [generous\ z_2]]\ y\ [\sim z_3 = \sim z_2]]$

$[\{Juan'\}\hat{}[\{es'\}\hat{}[\{un'\}\hat{}[\{generoso'\}\hat{}\{hombre'\}]]]]=$

$=[\lambda p_1[\sim p_1\hat{}John]\hat{}\lambda z_3 \exists z_2[[[man\ z_2]\ y\ [generous\ z_2]]\ y\ [\sim z_3 = \sim z_2]]]$

$\longleftrightarrow [\lambda z_3 \exists z_2[[[man\ z_2]\ y\ [generous\ z_2]]\ y\ [\sim z_3 = \sim z_2]]\hat{}John]$

$\longleftrightarrow \exists z_2[[[man\ z_2]\ y\ [generous\ z_2]]\ y\ [John = \sim z_2]]$

Teniendo en cuenta que $\sim z_2$ puede interpretarse como el valor actual de la variable z_2, la expresión puede reescribirse con la notación usual de la lógica de primer orden de la siguiente manera

$(\exists z_2)\{(man\ (z_2) \wedge generous\ (z_2)) \wedge John = z_2\}$

El procedimiento aplicado a los restantes análisis sintácticos que acepta la oración (ver sección 2.1.5.1.) produce la misma traducción a lógica de primer orden, es decir, no existe ambigüedad semántica. Los cálculos involucrados pueden obtenerse mediante el programa que se menciona en el inciso 4.

3.2 A diferencia del ejemplo 3.1., la oración "Todo hombre busca un sapo" es ambigua semánticamente. La traducción de los distintos análisis sintácticos que acepta la oración dan alguna de las siguientes representaciones (usando eventualmente otra numeración para las variables)

$\forall z_0[[man\ z_0] \longrightarrow \exists z_4[[frog\ z_4]\ y\ [[seek\ z_0]z_4]]]$ (3.2.1)

$\exists z_0[[frog\ z_0]\ y\ \forall z_3[[man\ z_3] \longrightarrow [[seek\ z_3]z_0]]]$ (3.2.2)

Identificando la expresión $[[seek\ z_i]z_j]$ con $seek(z_i,z_j)$ las mismas pueden ser reescritas como

$(\forall z_0\{man\ (z_0) \longrightarrow (\exists z_4)(frog\ (z_4) \wedge seek\ (z_0,z_4)\}\})$ (3.2.1')

(Todo hombre busca su propio sapo)

$(\exists z_0)\{frog\ (z_0)\ y\ (\forall z_3)(man\ (z_3) \longrightarrow seek\ (z_3,z_0))\}$ (3.2.2')

(Existe un sapo particular al cual todos los hombres buscan)

3.3 Los análisis sintácticos correspondientes a "Juan ve un hombre con un telescopio" dan alguna de las siguientes representaciones:

$\exists z_3[[\exists z_7[[\text{telescope } z_7] \text{ y } [[\text{with } z_3]z_7]] \text{ y } [\text{man } z_3]] \text{ y } [[\text{see } {}^\wedge\text{John }]z_3]]$ (3.3.1.)

$\exists z_3[[\text{man } z_3] \text{ y } \exists z_{10}[[\text{telescope } z_{10}] \text{ y } [[\text{with } z_{10}] \; [[\text{see } {}^\wedge\text{John }]z_3]]]]$ (3.3.2.)

Reescribiendo las relaciones binarias como en 3.2. e identificando la intensionalidad de John con John, estas expresiones pueden reescribirse en forma más usual como

$(\exists z_3)\{[(\exists z_7)(\text{telescope } (z_7) \wedge \text{with } (z_3,z_7) \wedge \text{man } (z_3)] \wedge \text{see } (\text{John }, z_3)\}$ (3.3.1´.)

(Juan ve a un hombre el cual tiene un telescopio)

$(\exists z_3)\{\text{man } (z_3) \wedge (\exists z_{10})[\text{telescope } (z_{10}) \wedge \text{with}(z_{10},\text{see } (\text{John } ,z_3))]\}$ (3.3.2´.)

(Juan, quien está munido de un telescopio, ve a un hombre)

Puede observarse que esta última representación no es una fórmula de la lógica de primer orden. Esto es consecuencia de que en este caso, "con un telescopio" adjetiva la expresión de primer orden "Juan ve un hombre".

4. ASPECTOS DE PROGRAMACION

Se ha encontrado que puede aprovecharse muy convenientemente el mecanismo de unificación del PROLOG para implementar computacionalmente el formalismo expuesto.

Con el objeto de mostrar la metodología seguida en diversos programas con distintos propósitos, y a los efectos de este trabajo, se ha elaborado un programa que da, para una oración bien formada respecto de la gramática expuesta, todos los análisis sintácticos y semánticos de la misma con indicación de las reglas empleadas sucesivamente, descripción de sus argumentos y del resultado de su aplicación.

Se ha elegido como lenguaje de programación al TURBO PROLOG por su velocidad de ejecución, su uso de memoria y sus facilidades de programación.

El programa fuente se pone a disposición de los lectores interesados quienes deberán solicitarlo a los autores de este trabajo.

El programa fue desarrollado bajo las siguientes especificaciones técnicas:

Lenguaje utilizado: TURBO PROLOG versión 2.0

Sistema operativo: MS DOS versión 3.3

Equipo: IBM PC o compatible con al menos 640 Kb de memoria RAM

5. CONCLUSIONES

5.1. Lo que se ha logrado

En este trabajo se ha presentado un sistema formal basado en las ideas y métodos de Richard Montague.

Este sistema permite obtener representaciones lógicas, en general de primer orden, para un fragmento de un dialecto importante del idioma español, actuando además como un desambiguador semántico y dando la posibilidad de obtener traducciones conceptuales a otros idiomas.

Los procedimientos involucrados son fácil y eficiéntemente programables en PROLOG.

5.2. El futuro

Las representaciones obtenidas están siendo utilizadas en el campo de la deducción natural para deducir a partir de un conjunto de oraciones en español. En el caso de oraciones que aceptan representaciones de primer orden, el método de tableaux que se propone en *Smuyllan* [8] puede ser aplicado, pudiendo implementarse computacionalmente en forma eficiente usando PROLOG como se muestra en *Kvitca* [9] y *Coniglio* [10]. Se está estudiando si es posible extender estas técnicas a representaciones de orden superior.

La creación de subcategorías en el contexto del sistema expuesto acepta una metodología rigurosa que puede verse en Gazdar et al [5].

La introducción de operadores modales y temporales ya fue considerada por Montague debiendo estudiarse su adaptación a la semántica computacional que se ha expuesto.

El mecanismo de representación del conocimiento que se ha presentado junto con la posibilidad de deducción natural, el manejo de subcategorías y de operadores modales y temporales en dicho contexto abre interesantes posibilidades, especialmente en la generación de interfases en módulos de adquisición de conocimientos en sistemas expertos y consultas en lenguaje natural a bases de datos.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Dra Marta Sagastume de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Plata por valiosas críticas y sugerencias, al Ing Herman Dolder de DATA S.A. (Buenos Aires) y a la Escuela Superior Latinoamericana de Informática por el apoyo que les han brindado en el transcurso de esta investigación, y al Sr Marcelo Coniglio por su colaboración en distintos aspectos de programación.

BIBLIOGRAFIA

1. HOBBS, J.R. and ROSENSCHEIN, S.J., Making Computational Sense of Montague's Intensional Logic, Artificial Intelligence 9 (3) (1977)287-306.

2. HIRST, G., Semantic Interpretation and Ambiguity, Artificial Intelligence 34 (2) (1988) 131-178.

3. MONTAGUE, R., in R. H. Thomasen (Ed), Formal Philosophy: Selected Papers of Richard Montague (Yale University Press, New Haven, CT,1974)

4. DOWTY, D.R., WALL, R.E. and PETERS, S., Introduction to Montague Semantics (Reidel, Dordrecht, 1981)

5. GAZDAR, G., KLEIN, E., PULLUM, G.K. and SAG, I.A., Generalized Phrase Structure Grammar, (Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1985)

6. ANDERSON, A., General Intensional Logic, in: Gabbay, D. and Guenther, F. (Eds), Handbook of Philosophical Logic (Reidel, Holland, 1983) 355-385.

7. GALLIN, D. , Intensional and Higher-Order Modal Logic with application to Montague Semantics (North-Holland, Amsterdam, 1975)

8. SMULLYAN, R.M., First Order Logic (Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1968)

9. KVITCA, A., Demostración de teoremas = reglas de inferencia + estructura de datos y control, Proceedings de las 18vas Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa, Buenos Aires, 22 al 25 de agosto de 1989

10. CONIGLIO, M., Verificación automática de teoremas por tableaux analíticos y extensión a sistemas de primer orden con igualdad, Trabajo de Licenciatura, Univ. Nac. de Mar del Plata (Argentina), agosto de 1989