

Procesamiento del Lenguaje Natural

Tema 5. Análisis semántico

Índice

[Esquema](#)

[Ideas clave](#)

[5.1. Introducción y objetivos](#)

[5.2. Análisis semántico dirigido por la sintaxis](#)

[5.3. Anotaciones semánticas a las gramáticas libres de contexto](#)

[5.4. Análisis semántico integrado con el análisis sintáctico](#)

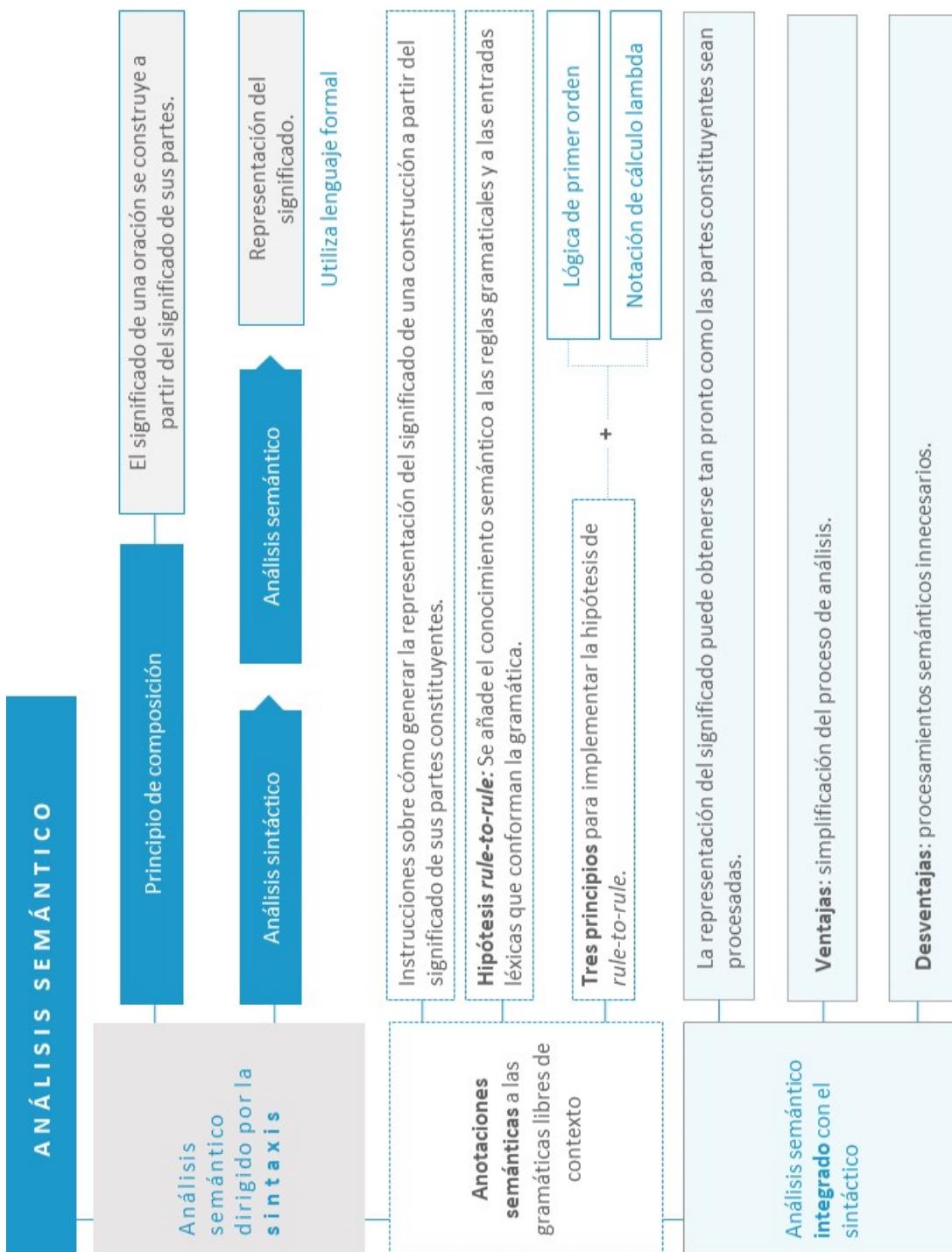
[5.5. Referencias bibliográficas](#)

[A fondo](#)

[SenSem](#)

[Syntactic and Semantic Processing](#)

[Test](#)



5.1. Introducción y objetivos

Los objetivos al finalizar el estudio de los siguientes apartados son:

- ▶ Describir el funcionamiento del análisis semántico basado en el principio de composición del significado, es decir, el análisis semántico dirigido por la sintaxis.
- ▶ Modelar las anotaciones semánticas que se hace de las gramáticas libres de contexto para que la información sintáctica representada en forma de reglas se complemente con información semántica.
- ▶ Describir las características de realizar el análisis semántico en paralelo con el análisis sintáctico, al tener la semántica incorporada en la representación sintáctica

5.2. Análisis semántico dirigido por la sintaxis

El objetivo del análisis semántico es **producir una representación del significado de la oración** y, tal como se ha explicado anteriormente, **requiere de múltiples fuentes de conocimiento** como, por ejemplo, el conocimiento sobre los significados de las palabras. Entonces, el análisis semántico dirigido por la sintaxis se basa en el **principio de composición**.

La idea fundamental del principio de composición es que el significado de una oración se construye a partir del significado de sus partes.

Una frase se compone de palabras y las palabras son las unidades básicas de significado. Por lo tanto, se podría interpretar que, de acuerdo con el principio de composición, el significado de una oración es el conjunto de los significados de las palabras que la componen, sin embargo, esta primera interpretación tan básica es poco útil.

El significado de una oración no se basa solamente en el significado de las palabras que la componen, sino que también en el orden y la agrupación de palabras y en las relaciones entre las palabras en la frase. Es decir, que **el significado de una frase está también basado en su estructura sintáctica**.

Por lo tanto, en el análisis semántico dirigido por la sintaxis, la composición del significado de la oración se hace a partir de la estructura sintáctica de la frase.

La Figura 1 muestra una posible estructura del proceso de análisis semántico dirigido por la sintaxis. Se observa que el resultado del análisis sintáctico de una oración sirve como entrada para el análisis semántico. De esta forma, una frase que vaya a

ser analizada pasa primero por un analizador sintáctico que extraiga la información sintáctica relativa a las relaciones estructurales entre palabras. La estructura sintáctica extraída, que normalmente se representa como un árbol sintáctico tal como se ha visto en temas anteriores, sirve para alimentar el analizador semántico, que producirá una representación del significado de la oración.

Figura 1. Estructura del proceso de análisis semántico dirigido por la sintaxis. Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que, en diferentes tareas de PLN presentadas en temas anteriores, se ha observado el problema de la ambigüedad. Sin embargo, en el análisis semántico dirigido por la sintaxis **se asume que la ambigüedad no es un problema** para el analizador semántico, ya que se va a tratar en otras etapas del proceso de análisis.

Por ejemplo, el analizador sintáctico será capaz de resolver las ambigüedades en los árboles sintácticos y solo proporcionará el mejor árbol sintáctico al analizador semántico. Otra opción sería que el analizador sintáctico encontrara varios posibles árboles sintácticos y se encargara de alimentar al analizador semántico con cada uno de estos posibles árboles y, una vez obtenidas las diferentes representaciones del significado, se aplicara un proceso de desambiguación en un nivel superior.

Ejemplo ilustrativo 1

Análisis semántico dirigido por la sintaxis de la frase en inglés:

Francis likes Frasca.

Figura 2. Árbol sintáctico anotado con la representación del significado resultante del análisis semántico de «*Francis likes Frasca*». Fuente: Jurafsky y Martin, 2009.

El análisis semántico de la frase «*Francis likes Frasca*» (en español, «A Francis le gusta Frasca») se realiza a partir del árbol sintáctico derivado del proceso previo de análisis sintáctico. Al árbol se le asigna la

representación del significado utilizando un lenguaje formal como, por ejemplo, lógica de primer orden.

Las líneas discontinuas en la Figura 2 muestran la asociación de los nodos del árbol sintáctico con los diferentes elementos de la representación del significado a los que hacen referencia. Por ejemplo:

«Frasca» es nombre propio (*ProperNoun*), núcleo del sintagma nominal (NP) y forma parte del predicado verbal (VP), cuyo núcleo es «*likes*», el verbo (*Verb*); en el significado de la frase se representa, en lógica de primer orden, como el objeto de la expresión «*Liked(e,Frasca)*». Es decir, «Frasca» es el objeto de una relación del tipo *Liked*, donde el sujeto es el elemento e, del cual se sabe que es del tipo *Liking* y que, además, está relacionado con el objeto «Francis» a través de la relación *Liker*.

Para poder obtener e interpretar la representación del significado, es necesario definir formalmente utilizando lógica de primer orden todo el conocimiento necesario, es decir, qué significa una relación del tipo *Liked*, un elemento del tipo *Liking* o una relación del tipo *Liker*.

Como resultado del análisis semántico se obtiene la **representación del significado de la oración**, y esta representación se modela utilizando un lenguaje formal como puede ser la lógica de primer orden o la lógica descriptiva. Por tanto, el analizador semántico va a necesitar acceder a una descripción formal del conocimiento sobre el significado de las palabras con las que trabaja.

Esto se observa en el Ejemplo ilustrativo 1 donde se ha modelado el verbo «*like*» (gustar) a través del objeto *Liking* y las relaciones *Liked* y *Liker*. El analizador semántico, al encontrarse en el árbol sintáctico con el verbo «*like*», debe saber proporcionar la representación adecuada para ese verbo en concreto.

El algoritmo del analizador semántico interpreta y conoce cierta información general sobre los árboles sintácticos como que, entre otras cosas:

- ▶ Es el verbo el que carga con el significado principal de la oración.
- ▶ Los sintagmas que complementan el verbo son elementos que proporcionan información relacionada con el verbo.

Esta información es genérica, sin embargo, tal como se ha comentado antes, dependiendo del verbo en concreto, la representación formal del significado de la frase puede variar; en otras palabras, no hay una plantilla o modelo concreto que permita generar la representación del significado para cualquier verbo y esta depende el verbo en cuestión y cómo se ha formalizado el conocimiento.

En resumen, el analizador semántico precisa tanto de conocimiento
sobre el árbol sintáctico como de conocimiento sobre el ejemplo o
dominio concretos de la frase que se analiza para poder crear de forma
automática la representación del significado.

Dado que hay un número infinito de posibles árboles sintácticos para una gramática, diseñar un analizador semántico específico para cada árbol es totalmente inviable. Es por eso por lo que la estructura del proceso de análisis semántico dirigido por la sintaxis presentada en la Figura 1, que separa el análisis sintáctico del análisis semántico, no es muy común en la realidad. Lo que se hace es integrar el conocimiento semántico en el propio proceso de generación del árbol sintáctico. Para ello, se añade el conocimiento semántico a las reglas gramaticales y a las entradas léxicas que conforman la gramática, en lo que se conoce como **rule-to-rule hypothesis** (Bach, 1976).

5.3. Anotaciones semánticas a las gramáticas libres de contexto

Una gramática libre de contexto se puede aumentar añadiéndole a las reglas anotaciones sobre el conocimiento semántico para así, poder implementar el análisis semántico guiado por la sintaxis.

Las anotaciones semánticas son instrucciones que especifican cómo generar la representación del significado de una construcción a partir de los significados de sus partes constituyentes.

Una regla con anotaciones semánticas tiene la siguiente estructura:

$$A \rightarrow \alpha_1 \dots \alpha_n \{ f(\alpha_j.sem, \dots, \alpha_k.sem) \}$$

La anotación semántica que se añade a la notación básica de una regla libre de contexto se muestra en la parte derecha de los constituyentes sintácticos, dentro del símbolo de las llaves

$\{ \dots \}$. Esta notación establece que la representación del significado asignada a la construcción

A , llamada

$A.sem$, se puede calcular ejecutando la función

f en un subconjunto de las anotaciones semánticas de los constituyentes de

A . Donde

$\alpha_1 \dots \alpha_n$ son las partes constituyentes de

A y sus anotaciones semánticas correspondientes son

$\alpha_j.sem, \dots, \alpha_k.sem$.

Esta notación es muy abstracta y, de hecho, para modelar las anotaciones semánticas es necesario **utilizar algún lenguaje formal** que permita representar el

significado de una construcción y sus constituyentes. Es muy común utilizar lógica de primer orden y la notación de cálculo lambda para implementar las anotaciones semánticas y así, aumentar las reglas que componen la gramática.

Los **principios que se utilizan para implementar la hipótesis rule-to-rule**, es decir, anotar semánticamente las reglas de una gramática, utilizando lógica de primer orden y la notación de cálculo lambda son:

Figura 3. Principios para implementar la hipótesis *rule-to-rule*. Fuente: elaboración propia.

Para explicar estos tres principios se utiliza un ejemplo porque las anotaciones semánticas de las reglas de una gramática son altamente dependientes del conocimiento sobre el ejemplo concreto para el que se va a representar el significado.

Si se quiere analizar semánticamente la frase

- ▶ Matías abrió un restaurante.

Es necesario aumentar una gramática libre de contexto con las correspondientes anotaciones semánticas. La gramática que define limitadamente el lenguaje natural del español y permite analizar la frase propuesta es la siguiente:

a) NP → Matías

b) N → restaurante

c) Det → un

d) Vt → abrió

1) O → SN SV

2) SN → NP

3) SN → Det N

4) SV → Vt SN

Donde:

- ▶ Las reglas de la a) a la d) son reglas léxicas, definen las categorías gramaticales y formarían parte del lexicón.
- ▶ Las reglas del 1 al 4 son reglas gramaticales y permiten definir la estructura sintagmática de la oración.

Primer principio sobre las anotaciones semánticas

Según el primer principio, las reglas léxicas se anotan con expresiones del cálculo lambda complejas. La regla a) hace referencia a que la palabra «Matías» es un nombre propio (*NP*). El significado de un nombre propio es el nombre en sí mismo. Entonces, en este caso, la anotación semántica más sencilla sería asignar a esta regla una constante, lo que representado en lógica de primer orden sería:

a) NP → Matías

$\{Matías\}$

El mismo principio se puede aplicar a otras reglas léxicas donde las anotaciones son más complejas. Por ejemplo, la regla b) indica que la palabra «restaurante» es un nombre (N). A nivel conceptual, un restaurante es un tipo de objeto porque puede haber múltiples restaurantes, todos con una serie de características comunes, con sus particularidades e identificados por diferentes nombres. Por lo tanto, un restaurante en concreto será un objeto de la clase Restaurante, lo que se representa en lógica de primer orden como *Restaurante(r)*, donde *r* es un elemento de la clase *Restaurante*.

Sin embargo, para representar un elemento no especificado de la clase se utiliza una variable *r* en la notación lambda (λr). Entonces la regla quedaría anotada de la

siguiente forma:

b) N → restaurante

$$\{\lambda r. Restaurante(r)\}$$

Por consistencia con la anotación de la regla *b*), la regla *a*) se podría rescribir de una forma más formal y utilizando variables de la siguiente forma:

a) NP → Matías

$$\{\lambda m. m(Matías)\}$$

Además, expresiones aún más complejas en lógica de primer orden y en la notación de cálculo lambda son necesarias para anotar la regla *c*) y la regla *d*):

c) Det → un

$$\{\lambda P. \lambda Q. \exists x P(x) \wedge Q(x)\}$$

d) Vt → abrió $\{\lambda w. \lambda z. w(\lambda x. \exists e Abierto(e) \wedge$

$$PersonaQueAbre(e,z) \wedge CosaAbierta(e,x)\}$$

Por ejemplo, en la regla *d*), que representa el verbo transitivo (Vt) «abrió»; se utiliza un objeto,

Abierto(e), y dos relaciones

PersonaQueAbre(e,z) y

CosaAbierta(e,x) para modelar el hecho de abrir

e, la persona

z que realiza la acción de abrir y la cosa

x que se abre.

Segundo principio sobre las anotaciones semánticas

El segundo principio indica que en las reglas gramaticales se copia el valor semántico del único constituyente a la construcción. Una regla de este tipo es la

regla 2), que indica que un único nombre propio (NP) puede constituir un sintagma nominal (SN). Por lo tanto, aplicando este principio se copia el valor semántico del único constituyente a la construcción, es decir, que el significado del nombre propio (*NP.sem*) es el significado del sintagma nominal porque es el único elemento que lo compone.

Por ello, la regla anotada semánticamente sería la siguiente:

$$\begin{aligned} 2) \text{ SN} &\rightarrow \text{NP} \\ &\{NP.sem\} \end{aligned}$$

Entonces, al seguir las reglas 2) y a), si en el análisis semántico se detecta la palabra «Matías» y se sabe que es un nombre propio (NP) y que conforma un sintagma nominal (SN), por el principio de composición se va a poder inferir que el significado del sintagma nominal es el significado del nombre propio. Por ende, el sintagma nominal (SN) «Matías» tiene como significado el concepto Matías, lo que se representaría formalmente como:

$$SN.sem = NP.sem = \{\lambda m.m(Matías)\}$$

Tercer principio sobre las anotaciones semánticas

El tercer principio indica que, en las reglas gramaticales, se aplica la semántica de uno de los constituyentes de una regla a la semántica de otro de los constituyentes de la regla como si fuera una función. Por ejemplo, la regla 3) indica que un sintagma nominal (SN) está formado por un determinante (Det) y un nombre (N). Entonces, el significado del sintagma nominal es el resultado de aplicar el significado del determinante (

Det.sem) al significado del nombre (*N.sem*), lo que genera la siguiente regla anotada:

$$\begin{aligned} 3) \text{ SN} &\rightarrow \text{Det N} \\ &\{Det.sem(N.sem)\} \end{aligned}$$

A partir de las reglas 3), b) y c), y aplicando el principio de composición, es posible realizar la composición de los significados de la palabra «un» y la palabra «restaurante» que forman el sintagma nominal «un restaurante» de la siguiente forma:

$$Det.sem = \{\lambda P. \lambda Q. \exists x P(x) \wedge Q(x)\}$$

$$N.sem = \{\lambda r. Restaurante(r)\}$$

$$\{Det.sem(N.sem)\} = \{\lambda Q. \exists x Restaurante(x) \wedge Q(x)\}$$

Por lo tanto, el sintagma nominal (SN) «un restaurante» tendría como significado $\{\lambda Q. \exists x Restaurante(x) \wedge Q(x)\}$ en la oración a analizar, lo que se puede interpretar como que existe (\exists) un elemento x del tipo Restaurante.

El tercer principio se aplica de la misma forma a las reglas 1) y 4), dando como resultado las siguientes reglas anotadas:

$$1) O \rightarrow SN\ SV$$

$$\{SN.sem(SV.sem)\}$$

$$4) SV \rightarrow Vt\ SN$$

$$\{Vt.sem(SN.sem)\}$$

A partir de las reglas 4) y d) y la composición del significado del sintagma nominal (SN) «un restaurante» se puede obtener el significado del sintagma verbal (SV) «abrió un restaurante» de la siguiente forma:

$$Vt.sem = \{\lambda w. \lambda z. w(\lambda x. \exists e Abierto(e) \wedge$$

$$PersonaQueAbre(e,z) \wedge CosaAbierta(e,x))\}$$

$$SN.sem = \{Det.sem(N.sem)\} = \{\lambda Q. \exists x Restaurante(x) \wedge Q(x)\}$$

$$\{Vt.sem(SN.sem)\} = \{\lambda z. (\exists x Restaurante(x) \wedge \exists e Abierto(e) \wedge \\ PersonaQueAbre(e,z) \wedge CosaAbierta(e,x))\}$$

El sintagma verbal (SV) «abrió un restaurante» tiene como significado la expresión:

$$\{\lambda z. (\exists x Restaurante(x) \wedge \exists e Abierto(e) \wedge \\ \wedge PersonaQueAbre(e,z) \wedge CosaAbierta(e,x))\}$$

Esto se puede interpretar como que existe (

\exists) un elemento

e del tipo Abierto que se relaciona a través de la relación

PersonaQueAbre con un objeto (desconocido)

z y que también se relaciona a través de la relación

CosaAbierta con un elemento

x del tipo

Restaurante.

Para finalizar, a partir de la regla 1), del significado del sintagma nominal (SN) «Matías» y del significado del sintagma verbal (SV) «abrió un restaurante», computados previamente, se puede obtener por el principio de composición el significado de la oración «Matías abrió un restaurante» de la siguiente forma:

$$SN.sem = NP.sem = \{\lambda m.m(Matías)\}$$

$$\begin{aligned} SV.sem &= \{Vt.sem(SN.sem)\} = \{\lambda z.(\exists x Restaurante(x) \wedge \exists e \\ &\quad Abierto(e) \wedge PersonaQueAbre(e,z) \wedge CosaAbierta(e,x))\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} O.sem &= \{SN.sem(SV.sem)\} = \{\exists x Restaurante(x) \wedge \exists e Abierto(e) \wedge \\ &\quad PersonaQueAbre(e,Matías) \wedge CosaAbierta(e,x)\} \end{aligned}$$

Entonces la oración (

O) «Matías abrió un restaurante» tiene como significado la expresión:

$$\begin{aligned} &\{\exists x Restaurante(x) \wedge \exists e Abierto(e) \wedge \\ &\quad PersonaQueAbre(e,Matías) \wedge CosaAbierta(e,x)\} \end{aligned}$$

Esta representación del significado de la frase se puede interpretar como que existe (

\exists) un elemento

e del tipo

Abierto que se relaciona a través de la relación

PersonaQueAbre con un objeto llamado

Matías y que también se relaciona a través de la relación

CosaAbierta con un elemento

x del tipo

Restaurante.

En resumen, la gramática libre de contexto anotada semánticamente, útil para que la información sintáctica representada en forma de reglas se complemente con información semántica y que permite realizar el análisis semántico de la oración del ejemplo anterior sería la siguiente:

- a) NP → Matías
 $\{\lambda m.m(Matías)\}$
- b) N → restaurante
 $\{\lambda r.Restaurante(r)\}$
- c) Det → un
 $\{\lambda P.\lambda Q.\exists xP(x) \wedge Q(x)\}$
- d) Vt → abrió $\{\lambda w.\lambda z.w(\lambda x.\exists e Abierto(e) \wedge$

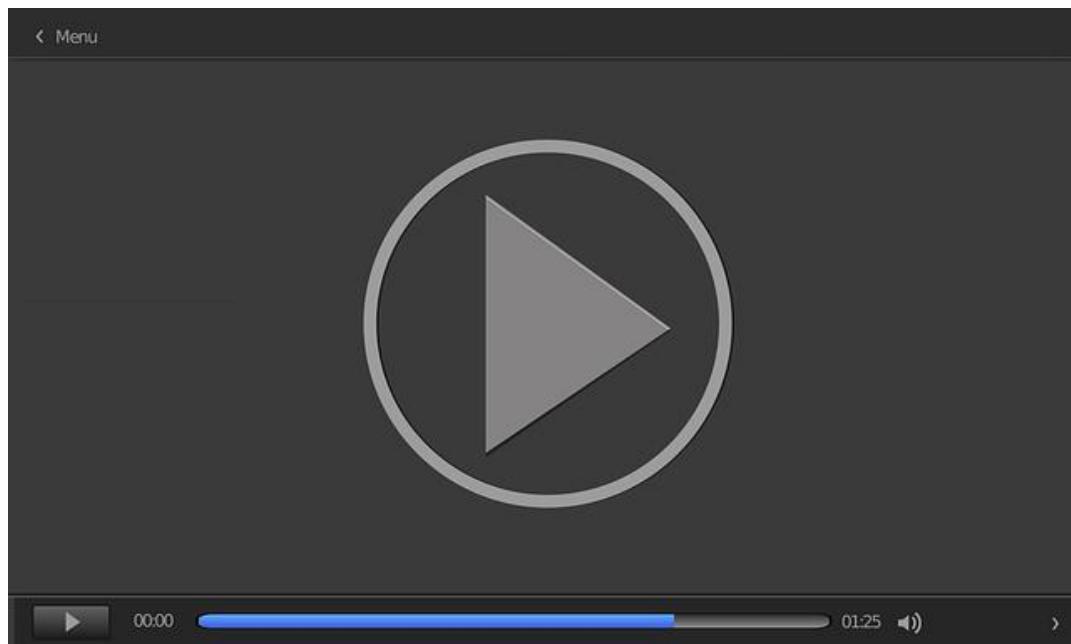
PersonaQueAbre(e,z) \wedge CosaAbierta(e,x)

- 1) O → SN SV
 $\{SN.sem(SV.sem)\}$
- 2) SN → NP
 $\{NP.sem\}$
- 3) SN → Det N
 $\{Det.sem(N.sem)\}$
- 4) SV → Vt SN
 $\{Vt.sem(SN.sem)\}$

5.4. Análisis semántico integrado con el análisis sintáctico

El análisis semántico se puede realizar en paralelo con el análisis sintáctico utilizando una gramática que incorpore la semántica junto con la representación sintáctica.

En el vídeo *Análisis semántico integrado con el análisis sintáctico* se verá la integración del análisis sintáctico con el análisis semántico a través de un ejemplo práctico.



05. Análisis semántico integrado con el análisis sintáctico

Accede al vídeo:

<https://unir.cloud.panopto.eu/Panopto/Pages/Embed.aspx?id=e3c0b3ad-dac6-4c01-9691-ac6b009a5adb>

Las gramáticas libres de contexto, presentadas en la sección anterior, permiten realizar el análisis sintáctico y semántico simultáneamente. Esto marca una

diferencia con la técnica explicada al inicio de este tema, que requiere del resultado del análisis sintáctico como entrada para poder realizar el análisis semántico.

La implementación del análisis semántico integrado con el sintáctico es posible gracias a que la representación de significado para una construcción se puede obtener tan pronto como todas sus partes constituyentes sean procesadas.

Entonces, **la principal ventaja** de utilizar este enfoque integrado radica en que si se encuentra una construcción semántica que no tiene sentido cuando se está creando la representación de significado, se puede considerar que el árbol sintáctico correspondiente tampoco va a ser válido.

Por tanto, las consideraciones semánticas que se tienen en cuenta durante el análisis sintáctico permiten simplificar este tipo de análisis.

Sin embargo, este hecho también conlleva asociado una de las **principales desventajas** de integrar la semántica directamente en el analizador sintáctico. Puede ser que se dedique un esfuerzo considerable al análisis semántico de componentes de la oración que al final no contribuyan a desarrollar un árbol sintáctico consistente. De esta forma, puede ser que se hayan realizado operaciones en el análisis semántico que son totalmente innecesarias para un análisis sintáctico exitoso.

Por desgracia no existe una respuesta a la cuestión de si la ganancia obtenida de incorporar la semántica ya desde el inicio en el análisis sintáctico compensa el coste de realizar algún procesamiento semántico innecesario. Por lo que no se puede afirmar que haya un enfoque mejor que otro para realizar el análisis semántico.

5.5. Referencias bibliográficas

Bach, E. (1976). An extension of classical transformational grammar. In Problems of Linguistic Metatheory (Proceedings of the 1976 Conference). Michigan State University.

Jurafsky, D. y Martin, J. H. (2009). *Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Speech Recognition and Computational Linguistics*. Prentice-Hall.

SenSem

Vàzquez, G., Alonso, L., Capilla, J. A., Castellón, I. y Fernández, A. (2006). SenSem: sentidos verbales, semántica oracional y anotación de corpus. *Procesamiento del Lenguaje Natural*, 37, 113-119.
https://www.researchgate.net/publication/39435212_SenSem_sentidos_verbales_semantica_oracional_y_anotacion_de_corpus

El artículo presenta el proyecto SenSem que tenía como objetivo describir y representar el comportamiento léxico, sintáctico y semántico de los verbos del español. En el desarrollo de este proyecto construyeron dos recursos: un corpus de oraciones asociadas a su interpretación sintáctico-semántica y un léxico donde cada sentido verbal se asocia a un conjunto de ejemplos anotados del corpus.

Syntactic and Semantic Processing

Alshawi, H. (Ed.). (1992). Syntactic and semantic processing. *The Core Language Engine* (pp. 129-147). MIT Press.

Recomendamos la lectura del capítulo 7 de este libro. En él se describe cómo se realiza el análisis sintáctico y el análisis semántico en el Core Language Engine (CLE), un sistema para el procesamiento del lenguaje natural implementado en Prolog. En este sistema, el análisis semántico se basa en el paradigma del análisis semántico dirigido por la sintaxis.

1. Indica las afirmaciones correctas sobre el análisis semántico dirigido por la sintaxis:

 - A. Utiliza como entrada el análisis sintáctico de la oración.
 - B. Obtiene como resultado el árbol semántico de la oración.
 - C. El analizador semántico trata con el problema de la ambigüedad.
 - D. Se basa en el principio de composición.

2. Indica las afirmaciones correctas sobre el principio de composición:

 - A. El significado de una oración se obtiene directamente del orden y la agrupación de palabras y de las relaciones entre las palabras en la frase.
 - B. La idea fundamental es que el significado de una oración se construye a partir del significado de sus partes.
 - C. El significado de una oración se obtiene directamente del conjunto de los significados de las palabras que la componen.
 - D. El significado de una oración se basa en su estructura sintáctica.

3. Indica las afirmaciones correctas sobre una estructura típica en cascada para realizar el análisis semántico dirigido por la sintaxis:

 - A. Se realiza primero el análisis sintáctico y con su resultado el análisis semántico.
 - B. En la segunda etapa se obtiene la información relativa a las relaciones estructurales entre palabras.
 - C. En la primera etapa se obtiene el árbol sintáctico de la oración.
 - D. El resultado de la segunda etapa es la representación del significado de la oración, por ejemplo, utilizando lógica de primer orden.

4. Indica las afirmaciones correctas sobre el analizador semántico que interpreta el árbol sintáctico cuando se realiza el análisis semántico dirigido por la sintaxis con una estructura de dos etapas:
- A. Precisa de conocimiento genérico sobre los árboles sintácticos.
 - B. Precisa de conocimiento sobre el ejemplo concreto o dominio de la frase que se analiza.
 - C. Precisa de conocimiento concreto sobre el árbol sintáctico específico de la frase que se analiza.
 - D. Es una buena praxis que se diseña específicamente para cada árbol sintáctico.
5. Indica las afirmaciones correctas sobre las anotaciones semánticas a las reglas gramaticales:
- A. Son instrucciones de cómo generar el significado de una oración a partir de los significados de las palabras que la componen.
 - B. Permiten integrar el conocimiento semántico en el propio proceso de generación del árbol sintáctico.
 - C. Representan el conocimiento semántico que permite realizar el análisis semántico guiado por la sintaxis.
 - D. Se basan en la conocida como hipótesis *rule-to-rule*.

6. Indica las afirmaciones correctas sobre la notación utilizada para anotar semánticamente una regla libre de contexto:

- A. Las anotaciones semánticas se modelan utilizando algún lenguaje formal que permita representar el significado de una construcción y sus constituyentes.
- B. La anotación semántica se añade a la regla en la parte derecha de los constituyentes sintácticos de la regla dentro de paréntesis.
- C. La representación del significado de una construcción se puede calcular como una función aplicada a un subconjunto de las anotaciones semánticas de los constituyentes de la construcción.
- D. La lógica de primer orden y la notación de cálculo lambda son el método más común para implementar las anotaciones semánticas.

7. Indica las afirmaciones correctas sobre el primero de los principios que se utilizan para anotar semánticamente las reglas de una gramática:

- A. Las reglas gramaticales se anotan con expresiones complejas de la lógica de primer orden y del cálculo lambda.
- B. Las reglas léxicas se anotan con expresiones complejas de la lógica de primer orden y del cálculo lambda.
- C. Una regla léxica se puede anotar con la siguiente representación del significado
$$\{\lambda x.C(x)\}.$$
- D. Una regla léxica se puede anotar con la siguiente representación del significado
$$\{\lambda x.x(x)\}.$$

8. Indica las afirmaciones correctas sobre el segundo de los principios que se utilizan para anotar semánticamente las reglas de una gramática:

- A. Las reglas gramaticales que tienen un único constituyente en la construcción se anotan copiando el valor semántico del constituyente.
- B. Las reglas gramaticales que tienen varios constituyentes en la construcción se anotan copiando el valor semántico de uno de los constituyentes.
- C. Se tiene la regla gramatical

$A \rightarrow B\{B.sem\}$ y la regla léxica

$A \rightarrow b\{b.sem\}$, entonces

$A.sem = B.sem = b.sem$.

- D. Se tiene la regla gramatical

$A \rightarrow B\{B.sem\}$ y la regla léxica

$B \rightarrow b\{b.sem\}$, entonces

$A.sem = B.sem = b.sem$.

9. Indica las afirmaciones correctas sobre el tercero de los principios que se utilizan para anotar semánticamente las reglas de una gramática:

- A. Las reglas gramaticales que tienen varios constituyentes en la construcción se anotan aplicando la semántica de uno de los constituyentes a la semántica de otro de los constituyentes como si fuera una función.

- B. Las reglas gramaticales que tienen varios constituyentes en la construcción se anotan copiando el valor semántico de uno de los constituyentes.

- C. La regla gramatical

$A \rightarrow BC$ se puede anotar con la anotación semántica

$\{B.sem(C.sem)\}$.

- D. La regla gramatical

$A \rightarrow BC$ se puede anotar con la anotación semántica

$\{C.sem(B.sem)\}$.

10. Indica las afirmaciones correctas sobre el análisis semántico integrado con el análisis sintáctico:

- A. El análisis semántico requiere del resultado del análisis sintáctico como entrada.
- B. El análisis sintáctico y el análisis semántico se realizan simultáneamente en paralelo.
- C. Si se encuentra una construcción semántica que no tiene sentido, se puede considerar que el árbol sintáctico correspondiente tampoco va a ser válido.
- D. Se utiliza una gramática anotada semánticamente para realizar el análisis sintáctico.