



Curso de procesamiento del lenguaje natural

César Antonio Aguilar Facultad de Letras 18/11/2020

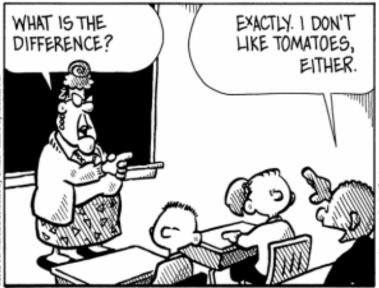
Cesar.Aguilar72@gmail.com

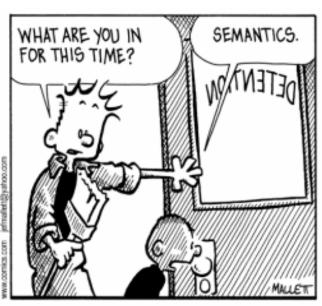
Lo que sabemos sobre semántica

En nuestras últimas clases dedicadas a la semántica computacional, hemos atendido al menos dos visiones: una de tipo formal, y otra estadística.

Repasemos un poco de qué va la cosa.







La propuesta de Saussure (1)

Como hemos dicho anteriormente, uno de los primeros que identificó particularidades relevantes respecto a la semántica fue **Ferdinand de Saussure**, quien (como recordarán) sentó las bases de la lingüística actual.



Ferdinand de Saussure (1857-1913)

La propuesta de Saussure (2)

El modelo que desarrolla Saussure considera que el significado es una parte fundamental de toda lengua humana, del tal modo que puede ser identificado en diferentes niveles.

El nivel más básico en donde vemos esta relación es la constitución de lo que se conoce como *signo lingüístico*, el cual puede definirse como una entidad psíquica compuesta de dos partes: un concepto y una imagen acústica:



La propuesta de Saussure (3)

Toda lengua humana está compuesta de signos, de modo que cualquier morfema, palabra o frase generada siempre estará a un concepto determinado, además de que tendrá una representación concreta en una lengua. Ahora bien, para formalizar esto, Saussure define al concepto como significado, y a la imagen acústica como significante:



Una vez fijada esta relación entre significado y significante, Saussure le atribuye algunas características básicas:

- 1. Es indivisible: no podemos imaginar un signo lingüístico sin sus dos componentes
 - Es arbitraria: la relación entre ambos niveles es una convención.

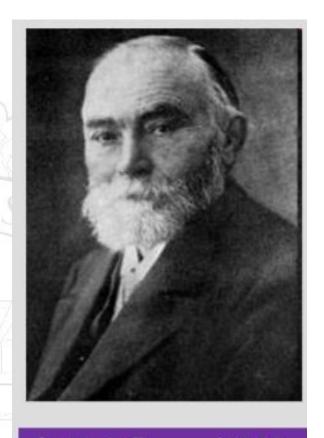
La propuesta de Saussure (4)

La propuesta de Saussure brindó las bases para desarrollar lo que se conoce como *lingüística estructural*, la cual supone que un sistema lingüístico (esto es, una lengua) se compone de signos, los cuales se organizan a partir de relaciones de solidaridad y dependencia entre sí.

Estas relaciones pueden darse entre los elementos constitutivos de una estructura concreta (relaciones sintagmáticas), o se pueden dar entre varios elementos (relaciones paradigmáticas).



La propuesta de Gottlob Frege (1)



Gottlob Frege (1848-1925)

De forma paralela al trabajo de Saussure, y situado desde el marco de la lógica, el alemán Gottlob Frege desarrollaba un modelo que era un avance sustancia respecto a la propuesta de Aristóteles, y a la larga abrirá líneas de investigación relevantes en el terreno de la semántica.

La propuesta de Gottlob Frege (2)

Frege también descubrió que las relaciones de significado entre signos eran arbitrarios, pero él puso sobre todo énfasis en el hecho de que tales relaciones **seguían una serie de reglas o principios simples y universales**, de tal suerte que podían ser inferidas. Para ello diseño lo que se conoce como **cálculo de predicados**.



De acuerdo con Alfredo Deaño (1944-1978), básicamente el cálculo de predicados opera como un juego: tenemos un conjunto de elementos que, p. e., pueden moverse en un espacio (un tablero, digamos), siguiendo ciertas reglas. El ejemplo típico es el ajedrez.

La propuesta de Gottlob Frege (3)

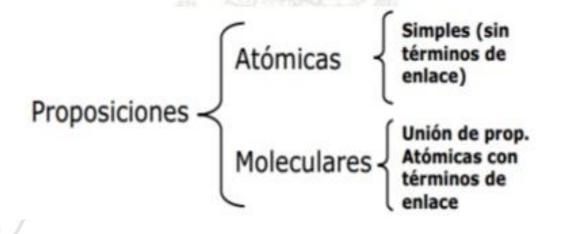
El cálculo de predicados lo podemos entender como el proceso de inferencia lógico que aplicamos cuando construimos proposiciones que expresan algún hecho del mundo. Para ello, usualmente aplicamos relaciones del siguiente tipo:

Conectiva	Expresión en el lenguaje natural	Ejemplo	Símbolo en este artículo	Símbolos alternativos
Negación	no	No está lloviendo.	_	~
Conjunción	у	Está lloviendo y está nublado.	Λ	& .
Disyunción	0	Está lloviendo o está soleado.	V	
Condicional material	si entonces	Si está soleado, entonces es de día.	\rightarrow)
Bicondicional	si y sólo si	Está nublado si y sólo si hay nubes visibles.	\leftrightarrow	=
Disyunción opuesta	ni ni	Ni está soleado ni está nublado.	\	
Disyunción exclusiva	o bien o bien	O bien está soleado, o bien está nublado.	⟨/ >	$\oplus, \not\equiv, W$

La propuesta de Gottlob Frege (4)

¿Y qué es una proposición? La forma más sencilla de responder a esta pregunta es con la siguiente definición:

Representación en lenguaje cotidiano que debe estar libre de vaguedades.



La propuesta de Gottlob Frege (5)

Para Frege y muchos lógicos, la construcción de proposiciones es un reflejo de nuestro razonamiento lógico..., incluso cuando expresamos ideas extrañas como las contradicciones o las tautologías:



La propuesta de Gottlob Frege (6)

Cuando analizamos las capacidades lógicas que manejan los humanos, normalmente nos damos cuenta que no somos muy buenos manejándola... No pasa lo mismo cuando pensamos en su relación con la inteligencia artificial.



Maria Antonia Huertas Sánchez

Profesora de los <u>Estudios de Informática</u>, <u>Multimedia y Telecomunicación</u>

<u>Linkedin</u>, <u>web personal y/o blog</u>

Área: Educación y e-learning

Para entender mejor esta relación, les dejo este video de la Dra. María Antonia Huerta Sánchez, de la Universidad Abierta de Cataluña

Referencia y sentido (1)

Con base en su propuesta sobre el cálculo de predicados, en 1892 Frege escribió un artículo llamado *Über Sinn und Bedeutung*, el cual aborda el siguiente problema:

Dentro de este marco, lo que plantea Frege es: sabemos que en latín los nombres *Vesper* ("la estrecha del atardecer") y *Hesper* ("la estrella matutina") se refieren ambos al planeta Venus.

Preguntas: ¿Por qué esta distinción? ¿A qué se debe que existan ambas formas de denominación?



Referencia y sentido (2)

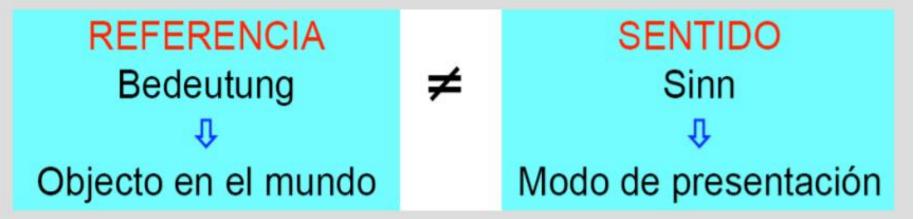
El problema que identifica Frege tiene que ver con dos posturas contrapuestas en el s. XIX sobre el significado:

- Teorías referencialistas y denotacionalistas
 Las expresiones se refieren / denotan una entidad
 o situación en el mundo.
- Teorías representacionales y mentalistas
 El significado de una expresión es una representación mental: imagen mental o concepto

Para mayors detalles, pueden revisar el siguiente sitio WEB: http://ling.uni-konstanz.de/pages/home/romero/classes/sose08/115/115.html.

Referencia y sentido (3)

¿Cómo resolvió Frege el dilema? De acuerdo con su artículo, lo que necesitamos es hacer una distinción entre:



O lo que es lo mismo

Venus = "Segundo planeta del Sistema Solar después de Mercurio"

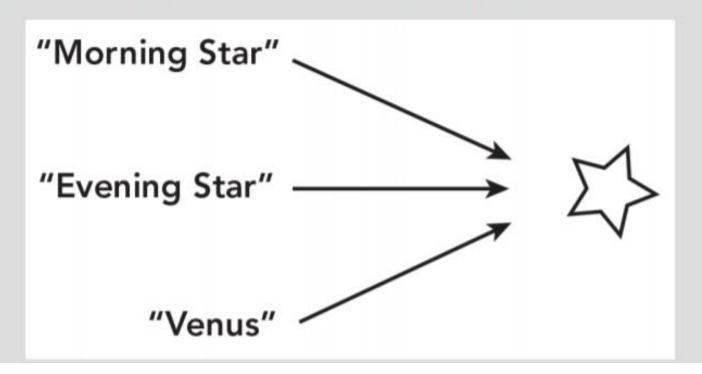
Lucero del alba/Lucero vespertino = "Frases idiomáticas referidas al planeta Venus".

HILL

Referencia y sentido (4)

Al proponer la distinción entre la referencia de una expresión y su sentido. Frege no define de manera muy rigurosa lo que es el sentido de una expresión, pero lo caracteriza como el modo de presentación del referente.

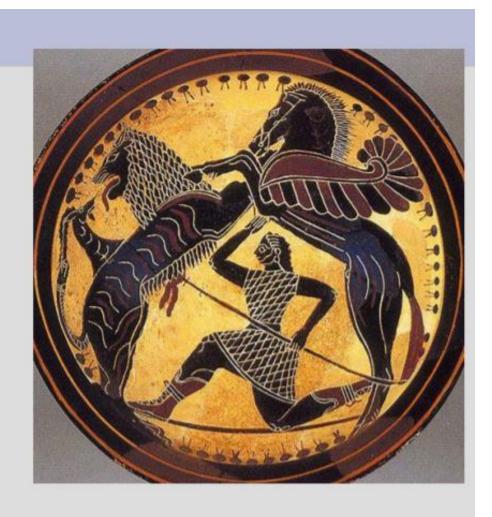
Ahora bien, siguiendo en esto a Aristóteles, ¿las palabras y las oraciones que sólo exponen algún aspecto de sentido aportan conocimiento? Sí, porque son informativas respecto a su referente.



Referencia y sentido (5)

Esta distinción también le permite a Frege dar una respuesta al problema de los nombres sin referente. Si el significado de los nombres consistiera sólo en sus referentes, entonces los nombres como *Pegaso* y *Vulcano* no tendrían significado.

Empero, podemos expresar verdades acerca de ellos, p.e.: Pegaso no existe, o Vulcano fue un planeta hipotético propuesto en 1859. Con esta distinción, podemos alegar que tales nombres tienen significado porque si bien no tienen un referente, sí tienen un sentido.



HILL

Hacia la semántica formal (1)

Lo que Frege descubrió con sus investigaciones es que la relación existente entre nombres (o mejor dicho, *argumentos*) y predicados y puede ser explicada como una **función**, esto es:

Mercurio Venus Tierra Marte X puede ser = f(X), X es un planeta **Júpiter** Saturno Urano

Hacia la semántica formal (2)

Ahora bien, en la anterior lámina tenemos que para desempeñar la función Ser un planeta, cualquiera de los objetos considerados puede operar en tal función. Sin embargo, queremos que además nuestro objeto cumpla con dos propiedades más:

g (X), X es "El lucero de la mañana"/ "El lucero vespertino"



Hacia la semántica formal (3)

Uno de las virtudes del modelo propuesto por Frege, es que podemos modelar distintos significados de distintas palabras y oraciones del lenguaje natural, aplicando esta relación de predicados y argumentos. P.e., un predicado del tipo **X** es un satélite de **Y**, permite por extensión construir una proposición como: La Luna es un satélite de la Tierra.



...Ser un satélite de...



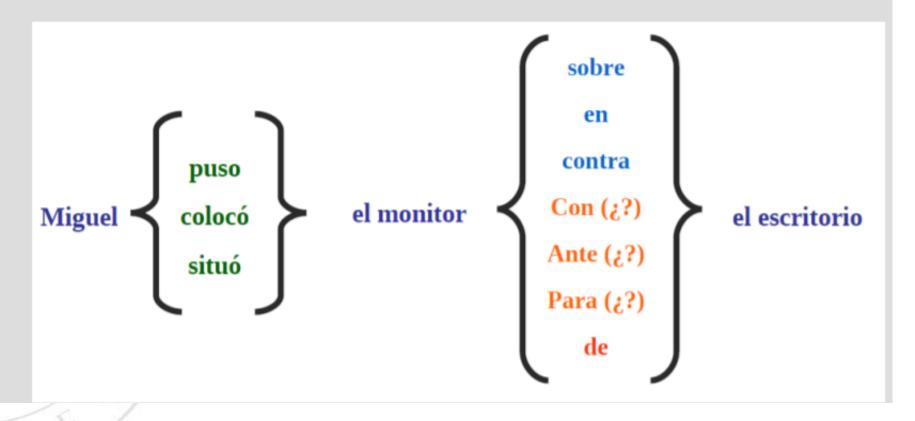
Ahora, ¿cuántos satélites y planetas cabrían también en esta relación?

Hacia la semántica formal (4)



Hacia la semántica formal (5)

Lo que mostramos con estos ejemplos es que podemos entender la semántica de una lengua como una **combinatoria**, la cual asigna un referente y/o un sentido a una palabra o una proposición, dependiendo del contexto en donde estemos situados. Veamos:

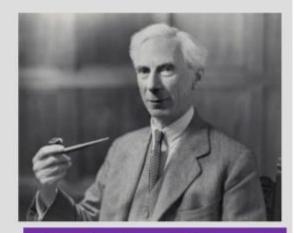


Los ajustes de Russell (1)

En el año 1905, un filósofo británico llamado Bertrand Russell (1872-1970) escribió un artículo llamado *On Denoting*, en donde discute y niega la distinción que hace Frege entre referencia y sentido, y usa como ejemplo una proposición que es ya es un clásico en la filosofía del lenguaje:

El actual rey de Francia es calvo.

¿Qué es lo que ocurre con esta proposición?



Sir Bertrand Russell (1872-1970)

Los ajustes de Russell (2)

Supongamos que tengo la oración *El actual rey de Francia es calvo*. Siguiendo el esquema que plantea Frege, se supone que la frase *el actual Rey de Francia* es un nombre que señala a un sujeto determinado en el mundo, y el predicado *es calvo* simplemente da un atributo que puede ser confirmado o no en la realidad.

Situándonos en un contexto histórico, digamos que si vemos un cuadro de Luis XIV, con su larga cabellera ensortijada, puedo darle un valor de falsedad a la proposición.



Los ajustes de Russell (3)



Sin embargo, Russell va más allá, y se cuestiona: pero si se supone que Francia es una república desde septiembre de 1792, expresar tal proposición en pleno S. XXI, ¿no es acaso un error?

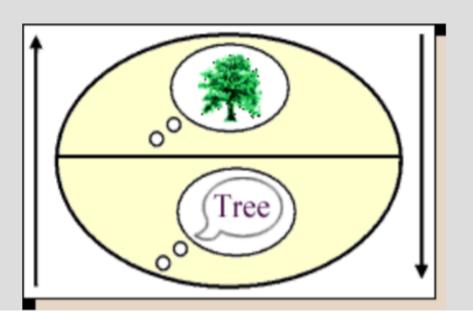
¿Cuál es el sentido de una expresión que no tiene un referente en el mundo?

¿No da mismo que haya un Rey de Francia calvo o con cabello en el 2014, puesto que no existe tal?

HILL

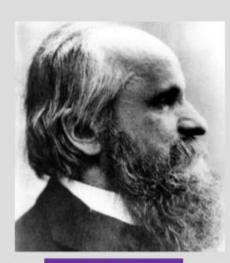
Los ajustes de Russell (4)

De acuerdo con Russell, resulta arbitrario el uso que hacemos de estas expresiones, y que la distinción que hace Frege sobre sentido y referencia es innecesaria: toda palabra u oración supone que su sentido es verdadero porque su referente existe: *ergo*, de alguna forma tenemos que dar por cierto que hay un rey en Francia que es calvo y además *actual*. En este punto, parece que Russell está muy cercano a Saussure.



Los ajustes de Russell (5)

Empero, Russell es escéptico con esta idea, pues coincide con Frege en que el significado de una proposición no es algo que se establezca por el mero azar. Aquí Russell critica a Meinong, un filósofo austriaco que postula una hipótesis sobre la existencia en el mundo de objetos abstractos, de los cuales podemos predicar algo, sin que necesariamente tales objetos sean reales.







Semántica composicional (1)

Otra línea de estudio que se ha visto beneficiada con los argumentos aportados por Frege y Russell es la que se conoce como **semántica composicional**.

Brevemente, una lingüista norteamericana, Barbara Partee (1940), nos dice que la semántica composicional parte del siguiente principio:

El significado de una construcción compleja es el resultado de combinar el significado de cada una de sus partes, dependiendo siempre de su orden sintáctico.

Nota: para no pecar de ingenuos, esto no debe entenderse literalmente: que el significado total de una oración es el resultado de sumar cada uno de los significados particulares que posee cada palabra inserta en una oración.

Semántica composicional (2)

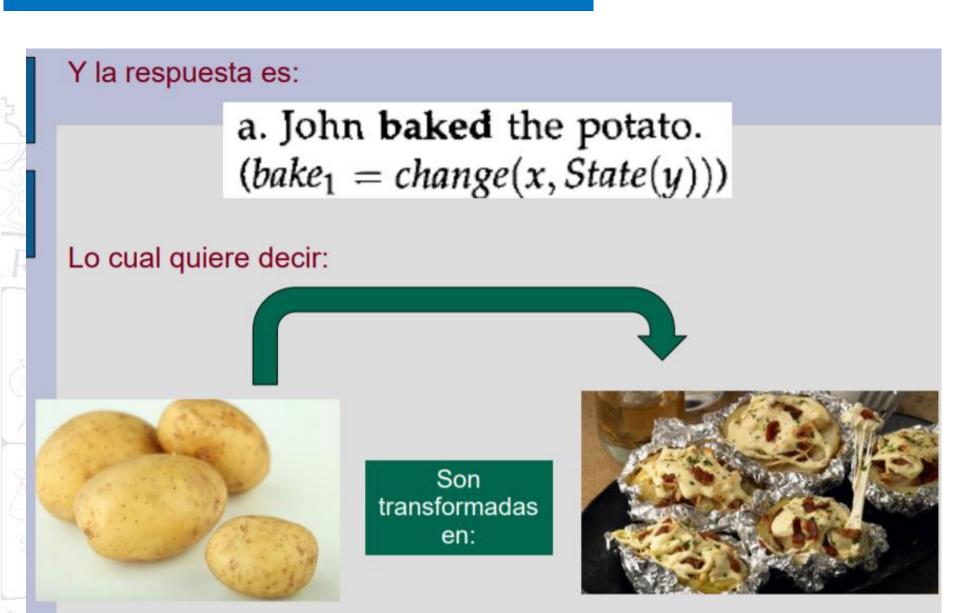
Cuando hablamos de composición en semántica, lo que queremos decir es que:

- Todas las palabras de una lengua cuentan con un significado específico asociado a un concepto.
- Tales significados tienden a adecuarse a un contexto de uso dado, en concreto el contexto de una oración, párrafo o discurso dado.

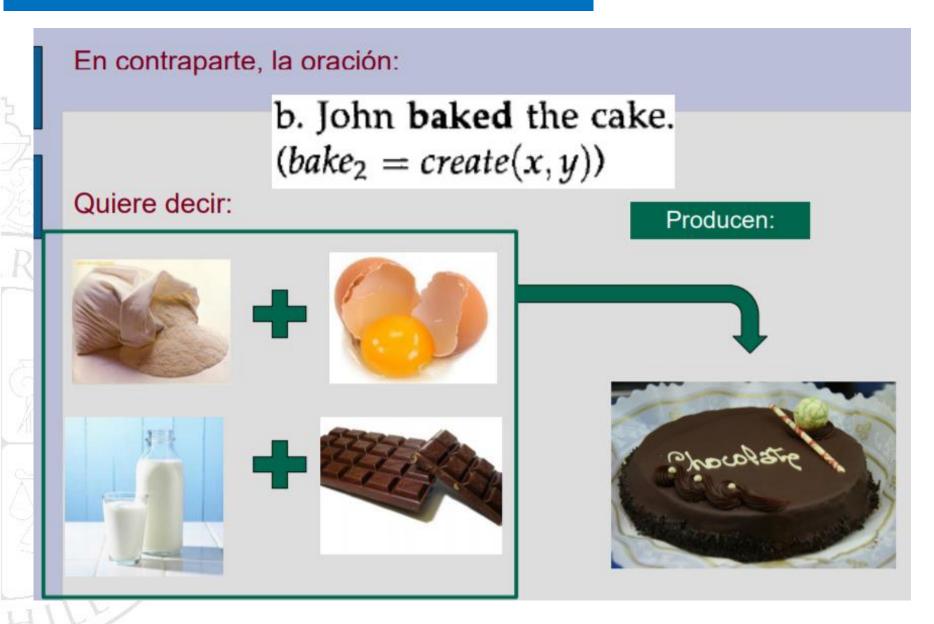
Un ejemplo sencillo de esto es el verbo en inglés to bake (esp. "hornear". Considerando el significado de este verbo, ¿cuál es la diferencia entre estas dos oraciones?

- a. John baked the potato.
 - b. John baked the cake.

Semántica composicional (3)



Semántica composicional (4)



Composición y distribución (1)

Saussure y Frege sentaron las bases de dos hipótesis que configuran la semántica de los lenguajes naturales:

- 1. Los significados de las unidades y estructuras lingüísticas son arbitrarios. Una vez fijados, mantienen tanto un referente específico, como variantes de sentido.
- 2. Los significados pueden combinarse entre sí de gracias a la **composicionalidad**, la cual es un proceso universal a todas las lenguas.

Composición y distribución (2)

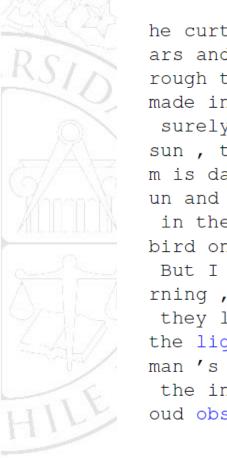
Otra manera de decirlo es de la siguiente manera:

Compositional Distributional Semantics

- Compositional Based on the product of combining elementary word representations
- Distributional Based on the co-occurrence statistics of words in a corpus
- Semantics The study of the meaning of words and phrases in a language

Composición y distribución (3)

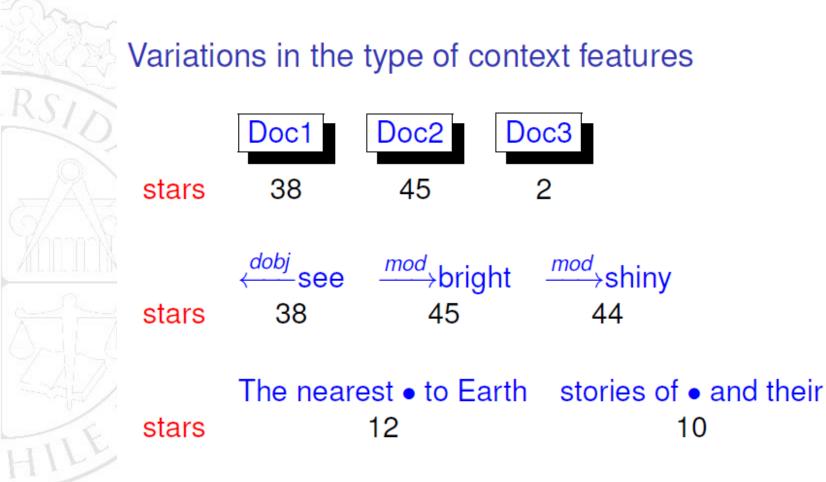
Partamos de un primer supuesto: cuando vemos que una serie de palabras co-ocurren en un contexto determinado (p. e., una búsqueda de colocaciones), ¿podemos decir que comparten siempre algún rasgo de significado? Veamos:



he curtains open and the moon shining in on the barely ars and the cold , close moon " . And neither of the w rough the night with the moon shining so brightly , it made in the light of the moon . It all boils down , wr surely under a crescent moon , thrilled by ice-white sun , the seasons of the moon ? Home , alone , Jay pla m is dazzling snow , the moon has risen full and cold un and the temple of the moon , driving out of the hug in the dark and now the moon rises , full and amber a bird on the shape of the moon over the trees in front But I could n't see the moon or the stars , only the rning , with a sliver of moon hanging among the stars they love the sun , the moon and the stars . None of the light of an enormous moon . The plash of flowing w man 's first step on the moon; various exhibits, aer the inevitable piece of moon rock . Housing The Airsh oud obscured part of the moon . The Allied guns behind

Composición y distribución (4)

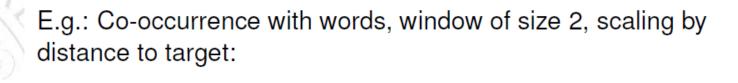
Con base en los resultados de la consulta anterior, ¿qué relación mantienen el sustantivo *star* con los verbos *to see*, *to bright* y *to shine*. Veamos:



Composición y distribución (5)

De primera instancia, sabemos que las estrellas son brillantes, ya que podemos decir que este rasgo es propio de ellas (este supuesto lo refuerza la noción de **referencia** de Frege).

Dicho lo anterior, una pregunta: dada esta relación entre *estrella* y *brillar*, ¿qué otras palabras pueden co-ocurrir con este par? Una respuesta posible:



... two [intensely bright stars in the] night sky ...

	intensely	bright	in	the
stars	0.5	1	1	0.5

Composición y distribución (6)

Veamos el total de co-ocurrencias posibles entre estas palabras:



bright	in	sky
8	10	6
10	15	4
2	20	1

Composición y distribución (7)

Otra manera de establecer estas co-relaciones es determinar qué tan significativas son, asignándole un peso específico con base en su frecuencia de aparición. Para hacer esto, tenemos la medida PMI (**Pointwise Mutual Information**):

Point-wise Mutual Information (PMI)

$$PMI(target, ctxt) = log \frac{P(target, ctxt)}{P(target)P(ctxt)}$$

Composición y distribución (8)

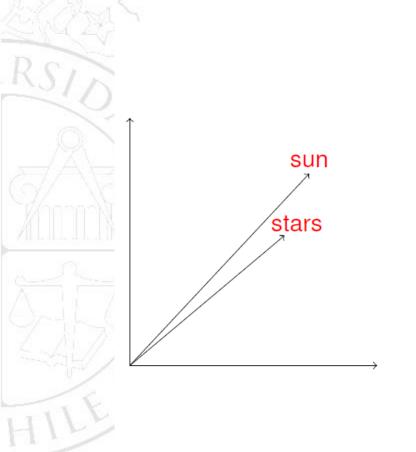
La medida de PMI nos ayuda a discernir y a hacer predecibles cuáles son las palabras que comparten mayor contenido semántico en un corpus o un vocabulario determinado, p. e.:

Adjusting raw co-occurrence counts:

	bright	in	
stars	385	10788	 \leftarrow Counts
stars	43.6	5.3	 $\leftarrow PMI$

Composición y distribución (9)

Ahora bien, si vamos a representar esta relación en un plano cartesiano, una pregunta que podemos hacernos sería: ¿qué clase de objeto, similar a una estrella, es capaz de brillar en el cielo? Respuesta:



Vectors

stars 2.5 2.1 sun 2.9 3.1

Cosine similarity

$$\begin{aligned} \cos(\mathbf{x}, \mathbf{y}) &= \frac{\langle \mathbf{x}, \mathbf{y} \rangle}{\|\mathbf{x}\| \|\mathbf{y}\|} \\ &= \frac{\sum_{i=1}^{i=n} x_i \times y_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} x^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} y^2}} \end{aligned}$$

Composición y distribución (10)

Y como todas las cosas interesantes, volvemos al mismo punto de partida:

Principle of compositionality:

the "meaning (**vector**) of a complex expression (**sentence**) is determined by:

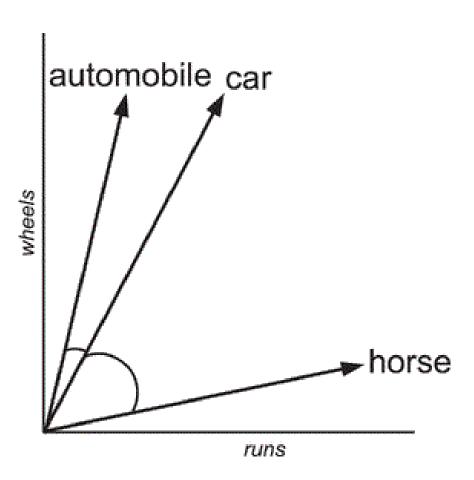


- the meanings of its constituent Gottlob Frege expressions (words) and (1848 1925)
- the rules (grammar) used to combine them"

Composición y distribución (11)

Para terminar, una forma muy simple de representar la diferencia entre autos y caballos según la semántica distributiva:

	runs	wheels
automobile	1	4
car	2	4
horse	4	1



Gracias por su atención

Blog del curso:

http://cesaraguilar.weebly.com/curso-de-procesamiento-del-lenguaje-natural.html