



FACULTAD DE FILOLOGÍA  
**GRADO EN FILOLOGÍA HISPÁNICA**  
**TRABAJO DE FIN DE GRADO**  
**CURSO 2015 /2016**

**TÍTULO:** *Gramáticas Formales: HPSG como paradigma para la implementación computacional de lenguas naturales*

**AUTOR/A:** Patricia Márquez González

**Fecha:**

**Vº Bº del Tutor:**

**Firma:**

**Firmado:**

“Temo que no nos quitaremos de encima a dios porque seguimos creyendo en la gramática”.

Nietzsche. *Crepúsculo de los ídolos*

# *Índice*

Introducción	1
Gramáticas formales	2
Gramáticas de Unificación y rasgos	7
El modelo HPSG	13
¿Lenguajes independientes o dependientes del contexto? HPSG frente a la gramática transformacional	18
Límites	21
Las gramáticas de unificación como modelo de computación de lenguas naturales: machina sapiens	24
Conclusiones	29
Relación bibliográfica	30

## *Introducción*

El lingüista desea comprender la lengua. No basta con poseer un lenguaje casi mágico, el hombre quiere comprender. Desde los inicios ha sido de este modo, y de este modo continuaremos hasta el final.

El lenguaje tal y como lo concebimos, a diferencia de otros mecanismos que nos hacen *ser*, es una herramienta única en el mundo animal, lo que la hace, si cabe, aún más especial. Pero, ¿cuál sería el mejor método de estudio para abordarla? La mayor dificultad que presenta el estudio del lenguaje es su *no realidad física*. No podemos acceder físicamente a él, y su estudio debe, por tanto, ser un estudio inductivo a partir de manifestaciones acústicas.

Las gramáticas formales, asunto del que trata este trabajo, intentan que el estudio del lenguaje no sea inductivo, sino deductivo. Para ello, previamente se establecen unos principios y unas reglas que serán aplicadas siempre de igual modo. El lenguaje usado por estas gramáticas es un lenguaje lógico, matemático, y por tanto, universal. La creencia de que todos los seres humanos estamos formados de igual modo y por los mismos principios promueve la idea de que lo mismo debe ocurrir con las lenguas, es decir, todas las lenguas deben estar formadas por los mismos principios, aunque las manifestaciones físicas sean diferentes. Importantes pensadores –como Hume– pensaban en la gramática filosófica –o universal– como una disciplina deductiva que se ocupa de unos principios inmutables y generales, principios que forman parte de una naturaleza común.

En el último siglo este método de estudio formal ha ido ganando protagonismo dentro del ámbito de la Lingüística computacional y la Inteligencia artificial, cuya meta común sería poder computar las lenguas naturales –para así comprenderlas desde una perspectiva lógica– y a la vez dotar de lenguaje humano a otras realidades, como las máquinas.

En este trabajo analizaremos la naturaleza de las gramáticas formales, centrándonos en las gramáticas independientes del contexto y en el modelo HPSG, así como nos acercaremos a cuestiones más cercanas a la Inteligencia artificial. El objetivo será ver cómo estas gramáticas formales –independientes del contexto– pueden servir como modelos de la inteligencia lingüística humana, y también ver dónde situaríamos los límites de dichos modelos.

## Gramáticas formales

“[...] la diversidad aparente esconde una serie limitada de estructuras y reglas posibles [...]”  
(Chomsky 1989 65)

Una gramática formal es una especificación rigurosa de la estructura de una lengua de acuerdo a una convención determinada. Esa convención se conoce como *formalismo gramatical*, y como señala Ramírez González (2013 91) “un formalismo sencillo puede conducir a la elaboración de herramientas eficientes, mientras que un formalismo más complejo puede comprometer tal eficiencia.”

Podríamos decir que una gramática formal es una herramienta. Una herramienta que permite desarrollar una lengua artificial que nos serviría para hablar de las lenguas naturales. El nacimiento de las gramáticas formales se sustenta en la creencia de que el lenguaje debe tener una estructura lógica y constante, y en que el azar no puede ser el motor de su génesis y funcionamiento. Las gramáticas formales intentan regularizar el funcionamiento de las lenguas naturales, es decir, establecer leyes y reglas que sean capaces de dar cuenta de los fenómenos de su gramática. Además, una teoría lingüística formal, persigue encontrar una explicación satisfactoria de los fenómenos de una lengua natural con la mayor restricción posible de sus formalismos.

El lenguaje humano, por ser un producto más de nuestra biología, también debe estar regido por una serie de mecanismos que respondan a una regularidad y una lógica subyacente. Como exponía Chomsky (1989 84):

Las nociones lógicas están metidas en nuestra naturaleza más profunda, en la mismísima forma de nuestro lenguaje y pensamiento, que es presumiblemente por lo que podemos entender fácilmente ciertas clases de sistemas lógicos mientras que otros nos son inaccesibles a menos que hagamos un esfuerzo considerable y los entendamos conscientemente (si lo logramos).

Una de las características más importantes de las gramáticas formales es la ausencia de *ambigüedad*, puesto que las relaciones que derivan de las reglas de una gramática formal son inequívocas. El concepto de ambigüedad se encuentra estrechamente relacionado con el de *gramaticalidad*. No existe lugar para cadenas ‘aceptables gramaticalmente’ en una gramática formal, puesto que la aceptabilidad no se considera un criterio para determinar si una cadena está bien formada o no lo está.

No podemos, por tanto, confundir la aceptabilidad con la gramaticalidad. Las gramáticas formales dividen las secuencias generadas en dos conjuntos: el conjunto de las secuencias gramaticales, y el conjunto de las secuencias agramaticales. La pertenencia a un conjunto o a otro depende únicamente de si la secuencia generada cumple o no cumple las reglas de una gramática  $G$  dada. Podemos definir entonces la gramaticalidad, según Moreno Sandoval (2001: 223), como “la diferencia entre las oraciones generadas por las reglas de la gramática (oraciones gramaticales) y las secuencias que incumplen alguna regla de combinación (oraciones agramaticales).”

Cuando intentamos hacer descripciones muy completas de una lengua haciendo uso de una gramática formal, es común que nuestra gramática sobregenere, es decir, que genere secuencias agramaticales debido a que sus reglas no son lo suficientemente restrictivas.

Una definición posible para una gramática formal  $G$  que genere una lengua  $L(G)$  sería la de la cuaterna o 4-tuplas  $\langle V^n, V^t, R, O \rangle$  en la que:

- $V^n$  es un conjunto finito de símbolos no terminales. En lingüística estos símbolos no terminales coinciden con las categorías sintácticas. Sus elementos también son llamados variables.
- $V^t$  es un conjunto finito de símbolos terminales. Son elementos con valor constante y se corresponden con el lexicón de una lengua natural. Se cumple:  

$$V = V^t \cup V^n$$

$$V^t \cap V^n = \emptyset$$
- $R$  es el conjunto finito de reglas, de forma:  

$$\alpha \rightarrow \beta, \quad \alpha \in V, \quad \alpha \neq \lambda, \quad \beta \in V$$
 donde en la parte izquierda debe haber al menos un símbolo no terminal.
- $O$  es el símbolo inicial o axioma de la gramática, y es un elemento de  $V^n$ . En las lenguas naturales suele corresponder con *oración*. Se cumple:  

$$O \in V^n \neq \emptyset$$

A diferencia de los conjuntos, en las  $n$ -tuplas el orden de los elementos sí es pertinente (de hecho, las 2-tuplas son llamadas *pares ordenados*), esto quiere decir que en esta cuaterna que hemos usado para definir una gramática  $G$  los elementos van aplicándose uno sobre el otro según el orden indicado.

Las gramáticas formales más extendidas son las gramáticas generativas, aunque también son gramáticas formales las gramáticas categoriales o las gramáticas de dependencias. En 1956 Chomsky hizo una clasificación de tipos de gramáticas teniendo en cuenta la forma de las reglas y las lenguas que generan. A dicha clasificación se la conoce como *jerarquía de Chomsky*:

TIPO	GRAMÁTICAS	RESTRICCIONES	LENGUAS	AUTÓMATAS
0	Irrestringidas	Ninguna	Enumerables recursivamente	Máquinas de Turing
1	Dependientes del contexto	La parte derecha contiene al menos los símbolos de la parte izquierda	Dependientes del contexto	Autómatas linealmente finitos
2	Independientes del contexto	La parte izquierda solo puede tener un símbolo no terminal	Independientes del contexto	Autómatas finitos con pila
3	Regulares o de estados finitos	Las reglas solo pueden ser del tipo: $A \rightarrow t B$ $A \rightarrow t$	Regulares	Autómatas finitos

Las lenguas de tipo- $i$  incluyen a las de tipo  $(i + 1)$ , donde  $i = (0, 1 \text{ y } 2)$ . Podemos también ver esta relación en forma de subconjuntos, de forma que:

$$L_{\text{regular}} \subseteq L_{\text{I.C}} \subseteq L_{\text{D.C}} \subseteq L_{\text{E.R.}}$$

Las gramáticas irrestringidas son las que tienen un coste computacional mayor, y las de mayor poder formal (las más expresivas y complejas). Las gramáticas regulares, por su parte, tienen un poder formal insuficiente para describir los fenómenos de las lenguas naturales. Estas gramáticas son incapaces de operar con elementos incrustados, y las lenguas naturales pueden aumentarse indefinidamente incorporando oraciones subordinadas u otros sintagmas. Son incapaces de tratar estructuras recursivas. Según parece, son las gramáticas *independientes del contexto* las más apropiadas para hablar de las lenguas naturales, aunque discutiremos esa cuestión más adelante.

La *complejidad* mediría la dificultad para resolver un problema computacional -y por tanto la eficiencia de dicha gramática- en términos de recursos consumidos (normalmente tiempo). Una teoría que persiga ser capaz de formalizar y de emular una lengua natural debe tener presente la complejidad de los formalismos que utiliza, puesto que no puede dejar de ser realista, ya que un hablante no necesita ni dispone de un tiempo excesivamente amplio – es más bien casi instantáneo- para procesar la gramática de su lengua natural.

Como podemos observar en la tabla anterior, el desarrollo de las teorías formales en Lingüística ha ido en progreso de forma paralela a los estudios en computación, de forma que existen muchas zonas de convergencia en ambos campos de estudio. En computación se establecieron una serie de autómatas o máquinas abstractas capaces de reconocer diferentes tipos de lenguajes, que precisamente eran los tipos de lenguajes que había establecido Chomsky. Estos autómatas reconocen si una secuencia pertenece o no a un tipo de lenguaje dado, pero también operan con dichas secuencias, y son capaces de computar una cadena de salida si tienen acceso a una cadena de entrada. La cooperación entre ambos campos de estudio es por tanto fundamental para conseguir resultados cada vez más perfectos en los estudios de Procesamiento del Lenguaje Natural. El funcionamiento de cada tipo de autómata ha sido decisivo a la hora de establecer qué tipo de lenguaje formal es el más adecuado para tratar problemas de las lenguas naturales, así como para intentar computar este lenguaje de forma artificial. Más adelante hablaremos de las relaciones de estos autómatas con los diferentes tipos de lenguaje.

No podemos tampoco prescindir del concepto de la *decidibilidad* o *resolubilidad*. Cuando trabajamos con una gramática formal existen problemas que son irresolubles, es decir, que no existe ningún algoritmo que proporcione una solución a dicho problema. (Kelley 1998 242): “Se dice que los problemas de decisión son *resolubles* si existe un algoritmo que es capaz de responder sí o no a cada uno de dichos casos. Si el algoritmo no existe, se dice que el problema es *irresoluble*.”

Resulta sumamente curioso que aunque unas líneas más arriba hemos afirmado que una gramática formal tiene como una de sus características principales la ausencia de ambigüedad, no es posible afirmar que una gramática formal independiente del contexto no es ambigua. Es un problema irresoluble. Como explica (Kelley 260): “Por desgracia, en general no es posible determinar si una gramática independiente del contexto es ambigua. Es decir, la *cuestión de la ambigüedad de gramáticas independientes del*

*contexto*, “¿es  $G$  una gramática independiente del contexto ambigua?” Es irresoluble.” Esto quiere decir que no podemos ni debemos pretender decidir sobre dicha cuestión, puesto que un lingüista no puede dar solución a un problema irresoluble. Entonces, si una gramática ambigua es una gramática que genera al menos una sentencia ambigua, y no podemos decidir si una gramática independiente del contexto es ambigua o no lo es ¿cómo decidir sobre la gramaticalidad de  $n$  sentencias ambiguas? ¿Se desecharían completamente estas sentencias por el conjunto de reglas  $R$  o habría un camino de derivación privilegiado sobre otro? Por otra parte, hay que reconocer que el hecho de que este problema sea irresoluble no es negativo, puesto que si se quiere dar explicación a los fenómenos de las lenguas naturales, la realidad es que una lengua natural es ambigua – asociando ambigüedad y creatividad-.

En fin, lo que Chomsky pretendía con su clasificación de tipos de lenguaje era averiguar qué lenguaje formal era el más idóneo para representar las secuencias de una lengua natural. La conclusión fue que de entre aquellos que sean capaces de procesar dichas secuencias, se elegirá el que tenga menor coste computacional o menor complejidad, es decir, la más restrictiva, ya que el principal objetivo de una teoría formal es ofrecer una explicación óptima con la mayor restricción posible.

## *Gramáticas de Unificación y Rasgos*

Las gramáticas de unificación y rasgos representan el modelo teórico alternativo más eficiente frente al modelo transformacionalista de Chomsky dentro del marco en que nos encontramos, el de las gramáticas generativas. Surgieron en los años 80 de la mano de Kay y Shieber, y gracias al desarrollo en el mundo de la computación, hoy día es el modelo más usado en procesamiento del lenguaje natural.

Este modelo se encuentra inserto –en principio- dentro de las gramáticas del tipo 2, tal como las definió Chomsky. Supone una importante simplificación del poder formal con respecto a la teoría Chomskiana, ya que rechaza la utilidad y validez de las transformaciones. Pero, ¿cuáles serían los dos pilares básicos de dicho modelo teórico?

- El uso de los *rasgos* como método de organización de la información lingüística.
- La operación de *unificación* como único mecanismo necesario para tratar la información codificada en forma de rasgos.

Los primitivos semánticos ya no son las categorías –como sí lo son en una gramática independiente del contexto simple-, sino los rasgos, que son segmentos de información lingüística situados en un nivel inferior a la categoría. Y es por el hecho de rechazar el uso de las transformaciones que no se distingue entre estructura superficial y profunda, dando valor únicamente al orden superficial real.

El uso de los rasgos y el mecanismo de unificación tiene la función de aumentar el poder expresivo de una gramática independiente del contexto simple, sin necesidad de usar reglas de mayor potencial como las transformaciones, que supondrían un coste computacional mucho mayor.

Una idea muy interesante que saca a debate este modelo es la de la modularidad de los componentes de la gramática. El mecanismo de unificación es lo suficientemente eficiente como para poder eliminar los niveles, es decir, el único modo de almacenaje serían los rasgos, y el único proceso de combinación la unificación. Como podemos deducir, las reglas de estas gramáticas están bastante simplificadas, y operan sobre elementos léxicos con una estructura compleja. Es, por ello, un modelo lexicalista, ya que se tiende a especificar la mayor cantidad de información posible en el lexicón. Sin embargo, es pertinente señalar que se puede adoptar un punto de vista lexicalista sin

necesidad de utilizar matrices de rasgos, como bien ha demostrado la Gramática Categorical clásica o el programa Minimalista Chomskiano.

### *El Rasgo*

El uso del rasgo como método de codificación de la información no es invención de las gramáticas de unificación, Jakobson o Chomsky ya hicieron uso de este tipo de estructuras, aunque cuando su uso realmente se ha extendido y perfeccionado ha sido con las gramáticas de unificación.

Podemos definir un rasgo como un par atributo-valor, donde el atributo es un símbolo constante que da nombre al rasgo, y un valor, que puede ser otro símbolo u otra estructura de rasgos, lo que daría lugar a una estructura compleja. Un atributo no puede tener más de un valor asignado -como es lógico-, puesto que, por ejemplo, un SN no puede ser al mismo tiempo singular y plural. Este concepto aparece ante nuestros ojos de forma mucho más clara cuando vemos la relación entre un par atributo-valor como una función matemática: una función es una relación que se establece entre elementos de distintos conjuntos, y que hace corresponder a cada elemento del primer conjunto - dominio- un único elemento del segundo conjunto -rango-:  $y = F(x)$ . Por ello las relaciones que se establecen se consideran unívocas. Las relaciones entre un atributo y su valor son, por tanto, funciones, puesto que a un elemento del conjunto A se le asigna un único elemento de un conjunto B. Podemos decir que una función F es una proyección entre los conjuntos A y B.

Cuando presentamos de forma conjunta dos o más rasgos, generamos estructuras de rasgos o matrices de rasgos -atómicas o complejas-, que es una manera de describir *parcialmente* un objeto lingüístico. ¿Por qué? Como apunta Sandoval (2001 55):

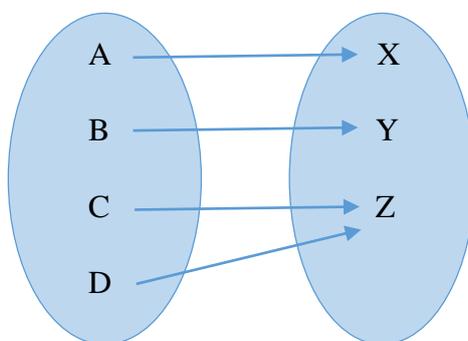
Se dice que son descripciones parciales porque, en general, las estructuras de rasgos no se refieren unívocamente a un objeto concreto del universo lingüístico, sino que suelen representar propiedades que comparten varios objetos lingüísticos. Dicho de otra manera, a una estructura de rasgos le suele corresponder un subconjunto de construcciones lingüísticas.

Por este motivo para analizar una oración tenemos que atender a dos tipos de información: la que nos proporciona la matriz de rasgos y la que nos proporciona las reglas independientes del contexto.

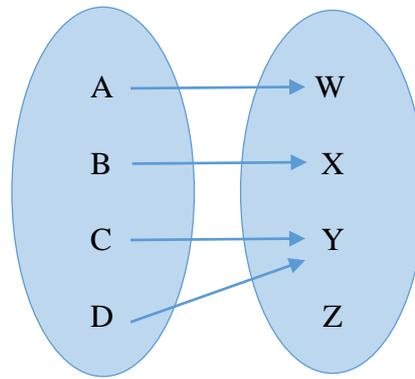
Una matriz de rasgos también puede ser vista como una función matemática:

Formalmente, las matrices de rasgos no son otra cosa que funciones. Como se ha visto, cada atributo debe tener necesariamente un valor y esta propiedad es la que determina que se trate de funciones. Son funciones no inyectivas, puesto que un valor puede ser asignado a más de un atributo (como en el caso de la concordancia que acabamos de ver) y son no sobreyectivas puesto que necesariamente habrá muchos más valores posibles de los que se emitan en una producción determinada. Así, la persona podría ser primera, segunda, o tercera, pero solo se materializa una en cada preferencia particular, así que las otras dos quedarían sin asignar. (Aranda 2006)

En una función *inyectiva* dos o más elementos del conjunto X –dominio- no pueden tener la misma imagen o valor, es decir, no pueden tener asignado un mismo valor del conjunto Y. Como sabemos, en las matrices de rasgos dos atributos pueden compartir un mismo valor. Esta forma de tratar la información también es conocida como *percolación de rasgos*. Por tanto, si entendemos las matrices de rasgos como funciones, estas deben ser no inyectivas.



Por otro lado, una función *sobreyectiva* es aquella función en la que todo elemento de Y –rango- es la imagen de como mínimo un elemento del conjunto X o dominio. De forma que: para todo y que pertenece a Y existe una x que pertenece a X. Como hemos podido ver, en una matriz de rasgos, para cada atributo existe un conjunto de valores posibles, que no pueden aparecer en la misma matriz al mismo tiempo, por lo que esta relación podría definirse en términos de una función no sobreyectiva.



Desde el punto de vista matemático, las estructuras de rasgos pueden representarse de dos formas: como funciones, tal como acabamos de ver, pero también como DAG – grafos acíclicos dirigidos- de forma que las complejas relaciones entre los atributos y su valor quedan visualmente claras para el lingüista cuando este transforma dichas relaciones en matrices de rasgos o grafos acíclicos dirigidos. La forma de función sería un mecanismo que nos facilitaría la comprensión de dicha relación, pero no supondría la forma más intuitiva para su representación, aunque sí para la implementación a una máquina.

#### *La estructura compartida*

La posibilidad de que en una matriz de rasgos puedan incluirse estructuras compartidas es una característica especialmente interesante. En el caso de que dos pares atributo-valor compartiesen información, esta podría representarse a partir de un solo valor en forma de estructura compleja, como ocurre a menudo con la concordancia. Así, la estructura compartida solo tendría que especificarse una única vez, y la vez siguiente que dicha estructura apareciese solo se indicaría su presencia a través de un recuadro coindexado con un número. La principal ventaja que de esto se deriva es la posibilidad de transferir información a las dos subestructuras modificando solo una de ellas. Si no dispusiésemos de este mecanismo, toda la información tendría que ser añadida de forma individual. Otra ventaja es la posibilidad de inferir información en aquellos casos en los que, por ejemplo, un nombre no tenga el número o el género especificado. Bastaría con fijarse en el valor que su especificador presenta para el rasgo de la concordancia. Además del valor gramatical, podemos añadir que desde el punto de vista computacional, una estructura de rasgos compartida resulta mucho más eficiente, tanto para su procesamiento como para su implementación.

El concepto de *subsunción* también es particularmente relevante dentro de una gramática de unificación. Este término implica que hay estructuras menos informativas y más genéricas que otras. En este tipo de gramáticas la subsunción se utiliza en la tipificación de los rasgos y valores.

Se toman subconjuntos de rasgos y se enumeran todos sus valores posibles; con esos valores y sus relaciones se construye un retículo. [...] Se trata de una relación entre dos estructuras A y B, tal que si A *subsume* B, entonces A es más general que B, o B es un ejemplo de A. Cuando decimos que una estructura A es más general que otra estructura de rasgos B, queremos decir que contiene menos información específica que B. Si tenemos en cuenta que la forma de proporcionar información en una estructura de rasgos es mediante la asignación de valores a rasgos y especificando los valores compartidos entre rasgos, entonces una estructura A que contenga menos valores especificados será más general o, dicho de otro modo, su descripción sería compatible con más objetos lingüísticos. (Moreno Sandoval 62)

Por ello, una estructura compartida es más informativa que otra estructura equivalente que no comparta estructura, puesto que en la segunda hay información redundante.

### *La Unificación*

Apareció por primera vez en el mundo de la programación lógica en los años 60, dentro del ámbito de demostración automática de teoremas, y no fue hasta finales de los 70 cuando Martin Kay introdujo este concepto en el mundo de la lingüística computacional.

La unificación es un mecanismo de combinación de información usado en gramáticas con estructuras de rasgos. Dicho mecanismo combina la información de dos o más estructuras de rasgos y genera una nueva estructura que dispone de la información combinada de ambas. Esta nueva estructura siempre será más específica y más informativa. “La noción de unificación está estrechamente relacionada con la operación de unión de conjuntos, salvo que en el caso de la unificación el conjunto resultante debe ser una función.” (Moreno Sandoval 64).

Aunque estas dos nociones están estrechamente relacionadas no podemos confundirlas. La unificación es una noción recursiva mientras que la unión de conjuntos

no lo es. Por ello, en las gramáticas de unificación también se utiliza la subsunción, que permite operaciones recursivas.

Solamente existen dos posibilidades cuando pretendemos unificar dos estructuras: que sean compatibles o que no lo sean, es decir, que la información de una estructura A sea compatible con la información de una estructura B, o que no lo sea. A modo de ejemplificación usaremos el cuadro que propone Solías Arís (2015 131):

*Definición de la operación de unificación*

1. La unificación intenta combinar dos matrices de rasgos para formar una nueva matriz de rasgos.
2. Dos pares con distinto atributo unifican siempre. Aparecen sumados en la matriz de rasgos resultante.
3. Dos pares con el mismo atributo y valor distinto nunca unifican. No se puede generar una nueva matriz resultante y la unificación falla.
4. Dos pares con el mismo atributo y el mismo valor son idempotentes, es decir, queda solo un ejemplar en la nueva matriz de rasgos resultante de la unificación.
5. Dos pares con el mismo atributo, uno con un valor constante y otro con un valor variable, unifican. En la matriz de salida, la variable toma el valor de la constante.

Como podemos observar, tanto los rasgos como el mecanismo de unificación son herramientas poderosas para combinar información gramatical, y son los responsables de que las gramáticas que los usan puedan ser llamadas *lexicalizadas*. No obstante, las posibilidades de la unificación han sido mejoradas en los últimos tiempos, añadiendo operaciones como la disyunción o la negación, que suponen un aumento del poder expresivo de esta herramienta, y por tanto, una mejora en la caracterización de la información lingüística y su computación.

## *El Modelo HPSG*

**H**PSG es una gramática sintagmática nuclear. Surgió a mediados de los 80, y hereda ideas tanto del panorama lingüístico anterior, como del ámbito de la filosofía del lenguaje, la lógica o la computación.

Este modelo gramatical entronca con teorías como LFG, GPSG, o Rección y Ligamiento. Específicamente, HPSG representa la evolución del modelo GPSG, y ofrece como novedad la eliminación del carácter puramente ‘independiente del contexto’, ya que añade mecanismos que aumentan el poder expresivo de dicha gramática. Como explica Moreno Sandoval (2001) en el capítulo que dedica a este modelo: “HPSG es más una teoría computacional y aplicada que un modelo teórico sobre el lenguaje, o por lo menos este último tipo de consideraciones son relegadas a un segundo plano.”

Esto quiere decir que la finalidad del modelo HPSG es, en esencia, práctica, por lo que se privilegiará la restricción frente a la expresión en los formalismos, en virtud de la eficiencia computacional y la aplicación en el campo de la Inteligencia Artificial.

Puesto que este modelo no es un modelo teórico, no participa de la discusión de si los signos lingüísticos son mentales o extramentales. Lo que sí aparece bien definida es la estructura del signo: todos tienen la misma estructura, (palabra, sintagma, oración) la matriz de rasgos, donde deben existir al menos dos atributos: PHON y SYNSEM. El primero de ellos alude a la información fonética y fonológica, y el segundo a la información sintáctico-semántica.

La importancia que el lexicón tiene en este modelo es primordial debido a que es un modelo inserto en las gramáticas de unificación. La complejidad de dicho modelo recae, por tanto, en lo complejas que sean las estructuras de rasgos, siendo las reglas de la gramática sumamente esquemáticas, como no ocurre con las reglas transformacionales.

Como sabemos, HPSG es un modelo basado en unificación y rasgos, por ello, hereda los principios básicos de esta teoría:

- No derivacional: HPSG considera que las estructuras lingüísticas se crean mediante la unificación de matrices de rasgos –que contienen información parcial-. La gramática transformacional, sin embargo, defiende que la

estructura sintáctica superficial proviene de una estructura profunda, a través del mecanismo de la transformación.

- Declaratividad: las reglas de este modelo gramatical son declarativas, es decir, no se especifica el orden en que se aplican las restricciones.
- Reversibilidad: HPSG es usado tanto para el análisis de estructuras como para su generación.
- Monotonicidad: el objeto lingüístico se conforma en base a la acumulación de restricciones que actúan de forma simultánea, y mediante el uso de la operación de unificación.

La forma en que HPSG organiza la información -inspirado en el campo de la Inteligencia Artificial- es mediante un sistema de tipos o clases. Los atributos pueden tener como valor una estructura de rasgos, una colección ordenada de objetos, o una colección desordenada de objetos. Esto hace que el tipo de información que puede aparecer en cada matriz se encuentre ordenada. El uso de la jerarquía de tipos no es una novedad de este modelo, fue GPSG la precursora en el uso de este tipo de ontologías para organizar la información. Una forma de definir el concepto de *jerarquía de tipos* sería el de “una ontología presentada en forma de árbol taxonómico, donde hay nodos madre y nodos hijo. Para dos tipos  $a$  y  $b$ ,  $b$  es un subtipo de  $a$  si y solo si  $b$  está dominado por  $a$ . Los tipos que aparecen en los nodos terminales son tipos máximos, en el sentido de que son los más informativos y más específicos.” (Moreno Sandoval 143)

Con respecto al procesamiento, este modelo, al encontrarse fuertemente vinculado a la Inteligencia Artificial, concentra sus esfuerzos en explicar cómo se procesa cualquier producto lingüístico, y no se preocupa en demasía por el problema de la adquisición de una lengua.

El procesamiento de una lengua natural es básicamente un problema computacional: el hablante tiene que elegir o reconocer entre todas las posibles oraciones las que estén bien formadas según las leyes gramaticales de su lengua. Esto implica necesariamente el concepto de decidibilidad. Una teoría gramatical debería ser capaz de presentar un algoritmo que pudiera decidir en un tiempo de computación prudencial si una oración es o no de una lengua. (Moreno Sandoval 135)

Este modelo gramatical también tiene la característica de ser independiente con respecto al orden, esto significa que el orden en que se consulta la información no es fijo,

y esto apoya la ausencia de niveles en las gramáticas insertas en un modelo de unificación y rasgos. Como mencionamos anteriormente, HPSG privilegia la restricción frente a la expresión en sus algoritmos. Estas restricciones pueden ser universales –generales a todas las lenguas- o particulares –para cada lengua-.

### *Principios y reglas*

Las gramáticas generativas pueden basarse en principios (HPSG) o en reglas (LFG o GPSG). Las teorías que se basan en principios, como HPSG, se basan en postulados de carácter abstracto y general. Tanto las reglas como los principios imponen condiciones explícitas de buena formación para los elementos lingüísticos, pero las reglas son más concretas y definidas. La regla suele tener un algoritmo definido mientras que el principio no tiene por qué llevar un algoritmo asociado. Existen, por tanto, para un modelo HPSG dado, unos principios que especifican cuáles son las condiciones de buena formación para el conjunto ontológico de estructuras de rasgos y los esquemas de dependencia inmediata –las reglas-. La idea que subyace a la elección de los principios frente a las reglas no sería otra que la apuesta por un modelo lexicalizado, de manera que el tamaño de las reglas sintagmáticas se reduciría en favor de una lexicalización del modelo. Esto significa que reglas específicas de ciertas construcciones (pasivas, etc.) se eliminarían, y en su lugar se utilizarían principios más generales, considerados, incluso, principios de la Gramática Universal.

Ciertamente, el tratamiento semántico en HPSG es un asunto de vital importancia, siendo una de las principales preocupaciones de este modelo el hecho de ser capaces de integrar fenómenos sintácticos y aspectos más interpretativos, donde incluimos la semántica, pero también el contenido contextual –aunque en este último punto haya un largo camino por recorrer-. Un aspecto que podemos destacar como innovador, en comparación con modelos LFG y GPSG, es la inclusión de la información interpretativa dentro de las estructuras de rasgos, puesto que de esta forma ya no hace falta ningún mecanismo que haga corresponder las reglas sintácticas con una estructura interpretativa al margen.

## *El núcleo o Head*

HPSG, a partir de una ontología restrictiva, distingue entre dos tipos de núcleos: los *núcleos sustantivos* y los *núcleos funcionales*. Los primeros contribuyen de forma sustancial a la semántica de los signos que conforman. Subtipos de un núcleo sustantivo pueden ser nombre, verbo, adjetivo o preposición. Los segundos, por su parte, pueden ser de dos subtipos: determinante (artículo, demostrativo, etc.) o marcador (de contenido semántico puramente lógico o vacío). Marcan o señalan al constituyente con el que aparecen. El atributo de un marcador es MARCA, que puede tomar los valores + o – marcado.

## *Principios*

Como el propósito de este trabajo no es el de analizar en profundidad los principios que rigen el modelo HPSG, vamos a destacar los tres más importantes, tal como lo hace Moreno Sandoval en el capítulo dedicado a HPSG de su manual sobre gramáticas de unificación (2001):

- *Principio de Subcategorización*: este principio es un fenómeno léxico que afecta tanto a la selección de complementos como a la asignación de casos, a los papeles temáticos y a la concordancia del sujeto con el verbo. Junto a cada complemento aparecen especificados los valores que deben compartir para que sea posible su unificación en una estructura superior.
- *Principio de los rasgos del núcleo*: se encuentra íntimamente ligado al anterior, puesto que ambos transmiten información léxica mediante la unificación. Según este principio, se establece que el valor HEAD de un sintagma dado con núcleo, debe ser igual al valor de dicho rasgo en el núcleo del elemento hijo.
- *Principio del Dominio Inmediato*: es el principio que reduce las estructuras sintácticas de cualquier lengua dada a seis esquemas, que son los siguientes:
  - Esquema 1 (Núcleo- Sujeto): son sintagmas saturados, es decir, tienen vacío el rasgo SUBCAT.

- Esquema 2 (Núcleo-Complemento): son sintagmas saturados, pero parcialmente. Son sintagmas que contienen un solo elemento en la lista de SUBCAT.
- Esquema 3 (Núcleo-Sujeto-Complemento): son estructuras típicas de lenguas con orden libre de constituyentes o lenguas con orden VSO.
- Esquema 4 (Núcleo-Marcador): recoge aquellas estructuras donde aparece un complementante –marcador- y una oración –núcleo-
- Esquema 5 (Núcleo-Adjunto): son estructuras formadas por un núcleo y un adjunto –elemento hijo- no subcategorizado.
- Esquema 6 (Núcleo-Filler): alude a fenómenos como la topicalización, o estructuras interrogativas y relativas.

A modo de recapitulación del apartado, podemos entender que HPSG es un modelo gramatical basado en un sistema de restricciones que deben ser formalizadas según los principios de buena formación de las estructuras sintácticas, y que, además de estos principios, la mayor parte de la información que define a los signos se encuentra codificada en forma de matrices de rasgos, cuyos valores se encuentran, a su vez, ordenados según una jerarquía de tipos, que no vendría a ser otra cosa que una ontología.

## *¿Lenguajes independientes o dependientes del contexto? HPSG frente a la Gramática Transformacional*

Como hemos visto en los apartados anteriores, una gramática de unificación y rasgos es un modelo gramatical sustentado teóricamente en una gramática independiente del contexto aumentada con rasgos. La elección de dicho tipo de lenguaje formal radica en que este lenguaje tiene el suficiente poder expresivo para dar cuenta de los fenómenos de las lenguas naturales sin tener que recurrir a una gramática más compleja y de un coste computacional superior, es decir, a una gramática dependiente del contexto y a un autómata linealmente finito.

Sin embargo, si analizamos con un poco más de profundidad los mecanismos utilizados por el modelo HPSG y la manera en que opera un autómata de pila, puede que su ubicación como modelo perteneciente a las gramáticas independientes del contexto no sea del todo apropiada. Veámoslo.

Los lenguajes independientes del contexto operan con secuencias bidimensionales, de forma que los elementos  $v$  de cada secuencia están relacionados no solo en una dimensión lineal, sino que también se encuentran organizados en subsecuencias en las que se establecen otras relaciones, denominadas relaciones *locales*. Como explica Ramírez González (2013 3):

En definitiva, estas secuencias son concatenaciones lineales de elementos  $v$  (primera dimensión), pero además, entre estos elementos  $v$  se pueden establecer relaciones estructurales locales (varios elementos  $v$  adyacentes en la dimensión lineal pueden entenderse como constituyentes de una subsecuencia [...])

El tipo de autómata que reconoce estas secuencias es un autómata de estados finitos aumentado con una pila, que consistiría en una especie de memoria complementaria que permitiría al autómata en cuestión recordar en cualquier momento del análisis cuántos elementos de un tipo se han analizado, aunque la lectura de las secuencias seguiría siendo –como en los autómatas finitos– secuencial. Gracias a la pila tendría acceso a estados anteriores del análisis, lo que no está permitido para un autómata de estados finitos.

El autómata de estados finitos aumentado con una pila opera de forma que cada vez que encuentra un símbolo [ se añade un símbolo  $p$  a la memoria de la pila, y cada vez que encuentra un ] se elimina un símbolo de la memoria de la pila. Así, las secuencias analizadas por el autómata tienen el mismo número de símbolos de apertura y cierre. El problema de estos autómatas es que, aunque en un primer momento parece que pueden procesar todos los fenómenos sintácticos de las lenguas naturales, no pueden dar cuenta de fenómenos tales como el movimiento y el ligamiento. Si tenemos las secuencias:

- a) [*Patricia* [piensa [que [*la* suspenderán]]]]  $\longrightarrow$  Ligamiento  
 b) [*¿Qué* [piensas [que [será [*h?*]]]]]  $\longrightarrow$  Movimiento

Las relaciones de ligamiento y movimiento que se establecen entre los elementos destacados son relaciones entre elementos alejados en la secuencia lineal. Estaríamos ante relaciones no locales, de las cuales un autómata de pila no podría hacerse cargo de forma computacional. Sin embargo, estos fenómenos existen en las lenguas naturales. Entonces, ¿puede realmente un lenguaje independiente del contexto servir de modelo para el procesamiento y formalización de los lenguajes naturales?

Para representar este tipo de fenómenos sería necesario un autómata que opere con secuencias tridimensionales, y no bidimensionales. Necesitaríamos, pues, un *autómata linealmente finito*. Estos autómatas procesan lenguajes dependientes del contexto, que permiten formalizar secuencias de estructura tridimensional. La memoria de estos autómatas es sustancialmente superior a la de los autómatas finitos con pila, y la forma en la que analizan las secuencias también es diferente: el autómata linealmente finito puede retroceder o avanzar a otros estados durante la lectura.

Para la Gramática Transformacional que Noam Chomsky desarrolló en los años cincuenta, las secuencias de las lenguas naturales son secuencias como las de los ejemplos a) y b), por lo tanto, la Gramática Transformacional entiende que las lenguas naturales deben ser formalizadas como lenguajes dependientes del contexto.

Como sabemos, HPSG es un modelo gramatical basado en lenguajes independientes del contexto, –cuyo poder expresivo ha sido ampliado con el uso de rasgos– es decir, en lenguajes de menor poder formal y coste computacional que los lenguajes dependientes del contexto en los que se apoya la Teoría Transformacional.

La cuestión capital de este punto es la que trata el artículo de Ramírez González (2013): ¿realmente podemos considerar el modelo HPSG como un modelo basado en lenguajes independientes del contexto? La realidad es que HPSG encuentra una solución para poder operar con los fenómenos de movimiento y ligamiento: el uso de estructuras de rasgos. Dentro de una estructura de rasgos, dos o más atributos pueden compartir un mismo valor, y si uno de ellos se modifica, el otro también lo hará. Este tipo de tratamiento/movimiento de la información es conocido como *percolación de rasgos*. “Es esta percolación de rasgos la que permite establecer relaciones (como las propias del ligamiento y el movimiento) entre elementos alejados lineal y jerárquicamente en las secuencias de las lenguas naturales”.

El problema aparece cuando nos percatamos del hecho de que las matrices de rasgos con estructura compartida son, en sí, elementos tridimensionales. Esto quiere decir que las estructuras sintagmáticas con relaciones no locales de la Gramática Transformacional y las estructuras de rasgos empleadas en HPSG son secuencias tridimensionales. Y esto nos hace inferir, lógicamente, que ambos modelos realmente tratan fenómenos de las lenguas naturales a través de lenguajes dependientes del contexto. El autómata necesario para procesar estas estructuras deberá ser, por tanto, un autómata linealmente acotado o finito.

Parece ser que la diferencia sustancial entre las dos teorías residiría en cómo las reglas de la gramática operan con estas estructuras: para HPSG todos los procesos gramaticales serían locales, es decir, las reglas no tendrían acceso a los constituyentes de un sintagma  $x$ . Esto debe ser así porque si el autómata pudiese recordar durante todo el proceso la estructura completa –y además modificarla- el coste computacional sería inabarcable. El modelo Transformacional, por su parte, permitiría que las reglas de su gramática tuviesen acceso a los constituyentes de un sintagma  $x$ , pero solo en determinados tramos del proceso: las fases.

A pesar de todo, el modo en que el modelo HPSG opera con las secuencias gramaticales es el que resulta más eficiente computacionalmente –ya que intenta tratar las relaciones no locales como procesos locales cíclicos-, aunque las diferencias con el modelo Transformacional no sean tan amplias como en un primer momento pudiésemos pensar. ¿Por qué, entonces, si el modelo HPSG sigue resultando más eficiente computacionalmente que la propuesta Chomskiana, se insiste en atribuirle la etiqueta “independiente del contexto ampliado con rasgos” a dicho modelo? ¿Se trata de una

estrategia teórica o realmente no se quiere explicitar que las estructuras de rasgos son elementos tridimensionales?

## *Límites*

La posibilidad de traducir el mecanismo interno de las lenguas naturales a un lenguaje formal, desde sus comienzos, ha sido un campo de estudio muy atrayente. En un primer momento, parece que el uso de herramientas lógicas puede proporcionar al lingüista un modelo cerrado y bien acotado, pero nada más ajeno a la realidad, puesto que estos modelos formales también tienen limitaciones teóricas.

Empezaremos en primer lugar por el *aspecto creativo*. ¿Podemos computar un lenguaje formal semejante al de un ser humano de forma que una máquina pueda ser creativa en el uso de dicho lenguaje? De momento, la respuesta parece ser negativa. Tal y como recordaba Chomsky (1989) ya Descartes se percató de que el uso del lenguaje es innovador, libre, y por ello las lenguas sufren cambios. Para Descartes y su escuela, el matiz creativo en el uso del lenguaje proporciona la prueba de que cualquier organismo que se parezca a nosotros tiene una mente como la nuestra, -¿deberíamos hablar de inteligencia ‘artificial’ entonces, o podríamos eliminar el adjetivo?-.

El aspecto creativo del lenguaje da la clave para diferenciar a un humano de cualquier otra cosa del mundo físico. El resto de organismos son máquinas, en el sentido de que dentro de unos parámetros biológicos, su comportamiento está predeterminado. La clave residiría en la pregunta ¿puede una máquina hacer uso de un lenguaje creativo? Como hemos apuntado antes, por el momento parece ser que no es posible. Atisbos de esta posible creatividad podemos encontrar en el hecho de que no podemos afirmar que los modelos usados en computación de lenguajes naturales no son ambiguos, y, por tanto, a través de esta ambigüedad podrían producirse cambios, o al menos el abanico de posibilidades sería mayor.

Otro aspecto que me parece fundamental es el papel que desempeñan en las teorías formales *la información contextual* y *el uso*. Personalmente, considero relevante la inclusión de estos parámetros en este tipo de teorías porque me parece que el uso que

hacemos de una lengua concreta y todo aquello que tiene que ver con ese uso realmente afecta al producto final que ofrecemos a un interlocutor, y es en esa relación emisor-receptor en la que se fundamenta la lengua: en el fin comunicativo. “Ha ido creciendo el número de investigadores que comparten la convicción de que el paradigma chomskiano resulta demasiado limitado como para dar cuenta de aquellos interrogantes sobre el lenguaje que poseen mayor interés.” (Lavandera 1992 15-27)

Sin embargo, también podría decir que no creo en la relevancia de dichos parámetros en este tipo de teorías porque podemos considerar, también, que el producto final de un proceso comunicativo no engloba solamente información lingüística. Hay una suma de informaciones que incluyen a las no lingüísticas, donde podríamos ubicar todos los aspectos contextuales. El contexto no va a provocar una variación en la coherencia sintáctica, incluso tampoco en la semántica, ya que podríamos explicar variaciones semánticas producidas por el contexto a partir de la ambigüedad inherente a una lengua natural.

Esto no quiere decir que se pueda prescindir de esta información dentro de un modelo sobre el lenguaje –como defendía Chomsky–, puesto que el fin último siempre es el comunicativo, donde entran en juego diversos aspectos de la realidad. Sin embargo, esto tampoco quiere decir que esa información deba ser tratada del mismo modo que la información propiamente lingüística, aunque tenga que ser tenida muy en cuenta. Perspectivas como las que puede ofrecer el análisis del discurso resultan complementarias, pero no imprescindibles en una teoría sobre el lenguaje. Moreno Sandoval (135) distingue entre información lingüística e información acerca del mundo y el contexto:

Al codificar o decodificar una expresión, los hablantes entremezclan información lingüística con información acerca del mundo y del contexto comunicativo. En otras palabras, para interpretar una oración se necesitan distintos tipos de conocimiento, cada uno de los cuales presenta una serie de restricciones que permiten elegir la interpretación apropiada entre varias posibles. Pensemos en las palabras polisémicas, que provocan la indeterminación interpretativa. En muchos casos, solo el contexto nos proporciona la clave. En la actualidad no hay ninguna teoría que explique satisfactoriamente la interacción del conocimiento lingüístico y extralingüístico para resolver la ambigüedad, pero es razonable preferir una teoría que permita integrar flexiblemente ambos tipos de conocimiento.

Los lingüistas que trabajan en Inteligencia Artificial actualmente dedican gran parte de sus esfuerzos a desarrollar un modelo lingüístico que sea capaz de codificar de alguna forma el modo en que un humano usa la lengua en diferentes contextos, para que así una máquina sea capaz de gestionar su lenguaje según el contexto comunicativo – aunque, por el momento, supone un coste computacional elevado -.

### *Limitaciones del Modelo HPSG*

Uno de los principales problemas de este modelo es el control del flujo de la información. Como referimos anteriormente, en teoría HPSG es un modelo basado en lenguajes independientes del contexto ampliado con algunas extensiones formales. Lo que ocurre es que el uso de estructuras de rasgos tan complejas dificulta un procesamiento eficiente, y junto con la simplificación que sufre el modelo al introducir como mecanismo combinatorio la unificación, esta dificultad aumenta por el hecho de tener que dividir esa información en distintos tipos.

De igual modo, como los principios que controlan esta cantidad de información son muy generales, cuando tienen que procesarse oraciones no demasiado sencillas, nos encontramos con excesiva información que el sistema no es capaz de procesar –como sí lo hace con oraciones más simples-. Según Moreno Sandoval (196):

La opción más factible y eficaz para el problema del flujo de información es aplicar restricciones directamente sobre el sistema de rasgos, cuya variante más conocida es la tipificación de los rasgos. Recordemos que este recurso consiste en hacer declaraciones totalmente precisas de los rasgos y los valores posibles para determinadas categorías. Con este se consigue que ciertos rasgos se apliquen solo en ciertas reglas, reduciendo el problema de la interacción entre distintas partes del modelo lingüístico. La idea, por tanto, es restringir la información que puede aparecer en cada descripción parcial.

En conclusión, podemos indicar que las teorías lingüísticas formales tampoco son teorías completas y satisfactorias íntegramente, pero, ¿qué teoría lingüística lo es?

## *Las gramáticas de unificación como modelo de computación de lenguas naturales: machina sapiens*

*“Por supuesto que las máquinas no pueden pensar como la gente lo hace. Una máquina es diferente de una persona. Por lo tanto, piensan de manera diferente. La pregunta interesante es: sólo porque algo piensa diferente a ti ¿significa que no está pensando?” (Morten Tyldum 2014)*

Las gramáticas independientes del contexto, según la jerarquía de Chomsky, son el marco teórico que parece más adecuado para el procesamiento del lenguaje natural. Y es precisamente por este hecho que las gramáticas de unificación y rasgos –gramáticas independientes del contexto ampliadas con rasgos, en un principio– han experimentado un éxito notable desde los años ochenta hasta hoy.

Dos de las características que deben sustentar cualquier teoría científica son la simplicidad y la generalidad: si tenemos dos teorías que dan explicación a un mismo fenómeno o a un mismo conjunto de fenómenos, siempre se preferirá aquella que use un mecanismo menos complejo y más general. Así creemos que funciona también nuestro cerebro a la hora de procesar cualquier información, en pos de la eficiencia. Por ello, el marco teórico que proporciona la gramática de unificación y rasgos se ha convertido en el marco por excelencia para la computación del lenguaje natural.

Hay una importante simplificación del poder formal, derivada del rechazo de las transformaciones de la teoría chomskiana. En computación, expresividad y restricción van de la mano, siendo el segundo de ellos un concepto clave en el desarrollo de la lingüística computacional. ¿Dónde debemos situar el límite de la restricción? Una gramática que aspire a poder reflejar los fenómenos de las lenguas naturales a nivel computacional debe reunir dos condiciones complementarias:

- a) Debe ser lo suficientemente expresiva como para poder reflejar adecuadamente los fenómenos de una lengua natural  $x$ . Cuanto más expresiva sea una gramática, mayor será su complejidad, y entonces será menos eficiente computacionalmente.
- b) Cuanto más restrictiva sea una gramática, más eficiente lo será computacionalmente. El objetivo que persiguen los lingüistas computacionales es crear un modelo lo suficientemente expresivo como para reflejar los fenómenos de las lenguas naturales, pero también lo suficientemente restrictivo como para

que su procesamiento, medido en términos de complejidad, sea posible. Es decir, cuanto más restrictiva sea una gramática, menos recursos se consumirán para su procesamiento.

Las gramáticas de unificación y rasgos ofrecen dos innovaciones dentro del conjunto de las gramáticas generativas, que son: el uso de los rasgos como mecanismo de codificación de la información, y el empleo de la operación de unificación como único mecanismo para combinar esta información. Estos aspectos convierten a este tipo de gramáticas en un modelo que persigue los presupuestos científicos de la simplicidad y la generalidad, y a su vez en el modelo más adecuado para la computación del lenguaje humano—sin olvidarnos de las limitaciones del propio modelo—.

La computación del lenguaje natural humano lleva consigo una serie de implicaciones que nos hacen tener que volver a las primeras preguntas que se plantearon los lingüistas, ¿es la lengua un fenómeno intrínseco al ser humano, al homo sapiens? ¿Es la facultad del lenguaje la que otorga inteligencia —entendida como ‘inteligencia humana’- a un ser? ¿Es el lenguaje lo que dota de conciencia y pensamiento racional a un ente? Y sobre todo, ¿son los lenguajes formales, en este caso las gramáticas de unificación y rasgos- capaces de proporcionar lenguaje ‘humano’ a una máquina?

Lo que sí es seguro es que nuestro lenguaje nos diferencia del resto de seres vivos. Nuestras lenguas son muy superiores en complejidad al resto de códigos comunicativos que encontramos en la naturaleza. ¿Reside nuestra inteligencia en nuestro lenguaje? Seguramente no, pero nuestro lenguaje es reflejo de la evolución filogenética como especie. La inteligencia es una consecuencia del perfeccionamiento del genoma en la evolución, y el lenguaje también lo es. ¿Esto quiere decir que solo un ser tan evolucionado como nosotros podría poseer la facultad del lenguaje? ¿Se pueden computacionalmente emular esos años de evolución mediante formalismos matemáticos, a modo de ‘selección artificial’ frente a ‘selección natural’? ¿Podría el hombre hacer en pocos años lo que la naturaleza ha hecho a lo largo de millones de años? Podríamos aventurar que sí.

El debate central sería el siguiente: ¿podríamos entonces hacer pensar a una máquina, otorgarle algo llamado humanidad? Y si es el lenguaje el canal a través del cual se organiza y se gesta el pensamiento humano, ¿si proporcionamos lenguaje a una máquina, proporcionamos pensamiento a una máquina?

Searle (1983) exponía en contra del pensamiento en las máquinas la cuestión de la intencionalidad. Si el rasgo definitorio de los procesos mentales es la intención, ¿se puede considerar que una máquina la tenga?

Leonardo Francisco Barón (2008 183) explica:

Las manipulaciones formales de símbolos realizadas por las máquinas no poseerían intencionalidad, ya que la base de su organización sería la forma, y no el significado; o lo que es igual, los procesos realizados por una máquina no estarían dirigidos a algo (...) los humanos, por el contrario, realizamos manipulaciones sintácticas de símbolos y, además, tenemos acceso a su significado.

Es decir, como las máquinas no tienen –a priori- intencionalidad, no piensan. Lo que deducimos de este fragmento es que, el ser humano, además de llevar a cabo complejas operaciones formales de forma simultánea, tiene acceso al plano del significado. No sé si significado es el término, en este caso, más adecuado. Yo hablaría quizás de sentido, de una visión totalizadora que de alguna forma hace corresponder mente y mundo. Una máquina no tiene mundo con el que hacer corresponder una supuesta inteligencia, no necesita un lenguaje que deba corresponderse con una determinada realidad y que le facilite la supervivencia. Por lo tanto, no debemos pensar que el lenguaje tiene que cumplir las mismas funciones en una máquina que en un humano, sin dejar por ello de ser lenguaje. Además de esto, ¿tan seguro es que la intención reside en el significado? ¿No emergería la intencionalidad, de manera natural, como fruto de la complejidad alcanzada en el sistema? Así es como parece que emergió en nuestra biología.

Por otra parte tenemos que aludir a la cuestión de la simulación, ¿podríamos entender la simulación como forma de pensamiento? ¿Podría una simulación ser equivalente a lo simulado? Volviendo al texto de Leonardo Francisco Barón:

Se simularía pues la esencia de lo simulado, lo cual significa, extrapolando, que la esencia del pensamiento habría de ser el proceso que lo subyace: el cómputo matemático. Al final, no interesaría tanto el medio en el que, y mediante el cual, se realiza la operación, sino la operación misma.

Si la operación que subyace al pensamiento humano es el cómputo matemático, ¿por qué no una gramática formal, en este caso, una gramática de unificación, podría simular ese cómputo matemático que subyace al lenguaje y al pensamiento? Tomando

como postulados estas consideraciones, podemos decir que una máquina –si se consigue- podría tener lenguaje humano, inteligencia ‘artificial’. Pensamiento.

Según el texto de Leonardo Francisco Barón, existe una teoría llamada *Conexionismo*, según la cual se considera “la mente como un sistema de cómputo, pero no del tipo que propone Turing, sino como un sistema acorde a ciertas propiedades específicas del sistema nervioso humano”. Esta teoría pone de manifiesto una idea interesante, que sería la búsqueda de una síntesis “entre procesos operacionalizables computacionalmente y características conocidas del *hardware* humano, es decir, su biología”.

Es interesante pensar que no es tan importante el soporte físico –humano o máquina- que realice una determinada operación, como la operación en sí. Si un humano consigue -a través de un modelo de gramática formal- simular el cómputo que subyace al pensamiento y al lenguaje, ¿qué es lo que de verdad nos importa, que la máquina sea menos máquina y más humano; o que el humano sea por ello menos humano y más máquina?

En mi opinión –mi humilde opinión- me parece totalmente legítimo –y probable dentro de no muchos años- que una máquina pueda ostentar el adjetivo de “inteligente” o “dotada de la facultad del lenguaje”. No debemos olvidar que la información recogida en nuestro ADN no es más que una cadena codificada de bases nitrogenadas, desoxirribosa y algunos grupos fosfato, que se traducen y hacen posible el funcionamiento de todas las operaciones que gestiona nuestro organismo. Es información codificada según estructuras fijas, que tienen un significado posterior. Un cómputo. ¿Por qué no va a ser capaz el ser humano, teniendo como maestra a la naturaleza, de actuar como la misma naturaleza y proporcionar “el soplo” del pensamiento a una máquina, si todos los procesos que lleva a cabo nuestro organismo no responden sino a la información recogida en forma de código genético?

En cuanto a la creatividad no hay mucho que decir. La creatividad humana respondería a una serie de procesos que estarían acotados dentro de unos márgenes constantes, sin que exista nada de “misticismo” en el proceso creativo.

Bastante más interesante es lo que nos hace plantearnos Fodor (1986). ¿En realidad la mente tiene conciencia total de los mecanismos que está llevando a cabo cuando realiza una operación? La respuesta, casi inmediata, es no. Somos simples

observadores del resultado de nuestro cómputo de información, siendo este cómputo un procedimiento llevado a cabo a nivel inconsciente, “automático”. Según Fodor, esta cuestión hay que verla desde un prisma diferente. No atribuimos cualidades humanas a una máquina, sino que a medida que el mundo avanza, nos damos cuenta de que la biología humana actúa como una máquina.

Una de las múltiples consecuencias de las ideas de Fodor fue la hipótesis de la mente computacional de Jackendoff. Este autor diferencia entre lo que sería la mente fenomenológica, donde residen ilusiones, sensaciones o la conciencia de uno mismo; y la mente computacional, reservada para el reconocimiento, la comparación o el análisis. Estos procesos de la mente computacional se llevarían a cabo fuera del nivel consciente. ¿Carecería entonces una máquina de mente fenomenológica?

Una idea que parece bastante razonable comentar es la que diferencia dos tipos de entendimiento: el asociativo y el comprensivo. El comprensivo implica el asociativo, pero no a la inversa. Este hecho en parte ha dificultado los progresos en Inteligencia Artificial. Es una vuelta a la cuestión de si una máquina tiene acceso o no al significado de los símbolos con los que opera. Es decir, debemos también preguntarnos si la coherencia sintáctica basta para concluir que una máquina piensa.

En conclusión, aunque al ser humano le guste soñar con un *alter ego* donde mirarse y ver el reflejo de un pensamiento similar al suyo, no debemos olvidar dos de las restricciones fundamentales de la inteligencia artificial, tal y como se proponen en el artículo de Leonardo Francisco Barón (189):

1. Imposibilidad ontológica de la identidad de la inteligencia artificial y el pensamiento humano, debido a génesis dispares.
2. Imposibilidad semántica de la identidad de la inteligencia artificial y el pensamiento humano, debido a categorías conceptuales dispares.

Y aunque ya hemos concluido, me gustaría apuntar que lo que hoy es considerado como un límite imposible o como una idea asentada, mañana puede quebrarse ante el genio humano o la intervención del maravilloso azar.

## *Conclusiones*

La primera idea que de estas páginas podemos extraer es que no existe ninguna teoría lingüística que sea capaz -por el momento- de abarcar la realidad del lenguaje en todo su conjunto. Cada teoría o perspectiva intenta acotar su ámbito de estudio para poder profundizar en los aspectos que desea estudiar, inevitablemente en detrimento de otros aspectos igualmente significativos.

Pese a que las gramáticas formales, y en concreto las de unificación y rasgos, presentan un paradigma de estudio competente y atractivo, lo cierto es que a pesar de los años que lleva en continuo auge y desarrollo, todavía no se ha podido lograr dar una explicación completa de todos los fenómenos que ocurren en la lengua humana, y tampoco hemos podido ver una definitiva implementación de una lengua natural a una máquina, puesto que cuestiones como la creatividad, la conceptualización, la información acerca del mundo y contextual, o la eficiencia, siguen siendo una frontera para el mundo de la Lingüística computacional.

No obstante, hemos de reconocer que estos objetivos son muy ambiciosos, y que una disciplina concreta rara vez consigue llegar al conocimiento absoluto de su materia de estudio. Podría ser que el mundo de la lingüística exigiese demasiado éxito a estas teorías formales y las esperanzas depositadas en ellas hayan sido demasiado altas. Esto no significa, sin embargo, que los estudios y proyectos sigan avanzando en línea recta hacia los objetivos propuestos.

No podemos dejar de señalar la importancia de las gramáticas basadas en unificación y rasgos, y en concreto del modelo HPSG, ya que su desarrollo ha supuesto un gran esfuerzo por aunar conocimientos lingüísticos y eficiencia computacional, sin tampoco renunciar totalmente al intento de codificar información contextual en sus matrices de rasgos, a expensas de disminuir dicha eficiencia computacional. Este marco de estudio supone, por tanto, un intento de combinar ideas procedentes de diferentes teorías lingüísticas, pero también supone la asimilación de ideas propias de otros campos de estudio, como la filosofía del lenguaje, la lógica o la computación.

Todo ello en su conjunto no puede conducir sino a la conquista de una teoría, si bien no total, casi completa, acerca del lenguaje humano, lo que significa, a su vez, estar un poco más cerca de la respuesta a la pregunta ¿qué somos?

## Bibliografía

- Aranda Joaquín, Duro y otros. *Fundamentos de Lógica Matemática y Computación*. Madrid: Sanz y Torres, 2006.
- Barón Birchenall, Leonardo Francisco. “El juego de imitación de Turing y el pensamiento humano”, *Avances en Psicología Latinoamericana* 26 (2008): 180-194.
- Chomsky, Noam. *El lenguaje y los problemas del conocimiento*. Madrid: Visor, 1989.
- Fodor, J.A. *La modularidad de la mente: un ensayo sobre la psicología de las facultades*. Madrid: Morata, 1986.
- Garrido Medina, Joaquín. *Lógica y Lingüística*. Madrid: Síntesis, 1994.
- Grishman, Ralph. *Introducción a la lingüística computacional*. Madrid: Visor, 1991.
- Kelley, Dean. *Teoría de autómatas y lenguajes formales*. Madrid: Prentice Hall, 1998.
- Lavandera, Beatriz R. “El estudio del lenguaje en su contexto socio-cultural” en *Panorama de la lingüística moderna*. Edición a cargo de Luis Eguren. Madrid: Visor, 1992, páginas 15-27.
- Moreno Sandoval, Antonio. *Gramáticas de unificación y rasgos*. Madrid: A. Machado libros, 2001.
- Newmeyer, Frederick J. *Panorama de la lingüística moderna de la Universidad de Cambridge*. Edición a cargo de Luis Eguren. Madrid: Visor, 1992.
- Ramírez González, Benjamín. “Hacia un modelo computacional unificado del lenguaje natural”, *LinguaMÁTICA* 5 (2013): 91-100.
- Solías Arís, Teresa. *Métodos formales en Lingüística*. Madrid: Síntesis, 2015.
- Searle, J. "Mentes, cerebros y programas". En D. Hofstadter y D. Dennett (Comps.), *El ojo de la mente: fantasías y reflexiones sobre el yo y el alma*, 1983 (pp. 454-493). Buenos Aires: Sudamericana.
- Tyldum, Morten. *The imitation game*. 2014.