

# Hacia una fundamentación matemática de la sintaxis: categorías funcionales y operaciones semánticas en un modelo matemático del significado<sup>1</sup>

LUIS POLO PAREDES  
Universidad de Oviedo

## 1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es presentar un modelo del lenguaje natural que permita enfocar desde una nueva perspectiva el Principio de Composicionalidad y, sobre todo, las relaciones ineludibles entre los procedimientos sintácticos y las operaciones semánticas. Mis indagaciones, dentro del marco de investigación planteado por el Programa Minimalista, espero que permitan descubrir la sencillez subyacente a la aparente complejidad del lenguaje humano.

Intentaré ante todo dar cuenta de un modelo que permita dar cuenta del llamado Principio de Composicionalidad,

- (1) *Principio de Composicionalidad*: “El significado de una expresión compleja es una función del significado de sus partes y de las reglas sintácticas por las cuáles éstas se combinan” (Partee *et al.* 1990: 318, la traducción es mía).

Partimos de la base de que la Facultad del Lenguaje en sentido amplio abarca dos tipos de sistemas de actuación externos a la propia computación sintáctica. Por un lado, los sistemas de pensamiento atienden a relaciones jerárquicas entre los elementos y sus representaciones internas implican un tipo de relación conceptual entre los distintos componentes. Por otro, el sistema sensoriomotor procesa información que se corresponde con la linearización de los elementos que le proporciona el sistema computacional. Este sistema no atiende a relaciones de jerarquía, sino a instrucciones de secuenciación temporal.

Entiendo, en consonancia con Hauser *et al.* (2002), que la Facultad del Lenguaje en sentido estricto es el sistema computacional y su procedimiento generativo, que proporciona a los dos sistemas externos una estructura sintáctica, cíclicamente

---

<sup>1</sup> Estoy en deuda con el profesor Guillermo Lorenzo. Sus aclaraciones y guías han permitido que las ideas de mi cabeza tengan cierto sentido inteligible y no formen una telaraña de intuiciones inconexas.

construida, que cada uno interpreta de acuerdo con la información que está preparado para procesar:

- (2)    Sistemas de pensamiento: relaciones jerárquicas  
           Sistema sensoriomotor: ordenamiento temporal (= linearización).

Mi idea, como se verá en el apartado 2, es que los procesos sintácticos entre los distintos elementos léxicos están motivados por las relaciones conceptuales entre los mismos. De esta forma, la semántica es el motor generativo que guía las derivaciones del sistema computacional y la sintaxis la que habilita las instrucciones para que los sistemas de pensamiento construyan sus representaciones semánticas. Por otro lado, en el apartado 3 exploraré una nueva forma de entender la semántica en términos matemáticos. Reformularé las operaciones sintácticas en un nuevo modelo matemático isomórfico con las representaciones semánticas. La computación no hace, por tanto, sino disponer ordenadamente de instrucciones de construcción de estructura de tipo matemático. Por último, estudiaré, en el apartado 4, qué tipo de información procesa el sistema sensoriomotor y las consecuencias que tienen en la linearización de la estructura las proyecciones asimétricas sintácticas.

El enfoque que asumo, de acuerdo con el Programa Minimalista, implica una computación sintáctica derivacional y no representacional. La búsqueda del diseño teórico perfecto del lenguaje en términos de convergencia implica que partiremos de una teoría gramatical desnuda. No hay propiedades realmente gramaticales, mientras que no se demuestre lo contrario, sino sólo elementos o estructuras sintácticas que puedan ser interpretadas por los sistemas externos. “[La computación], vista de manera derivacional, se compone de pasos simples que es posible expresar en términos de propiedades y relaciones naturales” (Chomsky 1995: 260, el encorchetado es mío).

## 2. LAS OPERACIONES SINTÁCTICAS Y EL SISTEMA COMPUTACIONAL

La derivación sintáctica, desde una perspectiva minimalista, no debería estar sujeta a ningún tipo de restricción formal. Al contrario, entendida en un sentido natural y como un proceso de organización léxica, la computación solamente debería mostrar propiedades como consecuencia de la emergencia de un determinado tipo de conexión entre los sistemas externos y no como un elemento sometido a prescripciones de orden gramatical. Estas propiedades tienen la forma de condiciones *a priori*, son propiedades a las que el sistema computacional debería responder si la hipótesis minimalista sobre el diseño del lenguaje humano es correcta. Exploremos sus consecuencias directas:

*Condición de inclusividad*<sup>2</sup>: las relaciones entre los elementos léxicos son fruto de la reordenación léxica realizada por el sistema computacional. No se introducen

<sup>2</sup> Formulada como en Chomsky (1995) y (2000a).

nuevos elementos durante la derivación sintáctica. Esto nos lleva a postular la existencia de una operación necesaria en cualquier tipo de sistema simbólico: *Ensamble*.

*Ensamble* es la única operación natural<sup>3</sup> que contempla la sintaxis y, por tanto, la única que, en principio, existe. *Ensamble* toma dos elementos **a** y **b**, y crea un nuevo objeto sintáctico **K**.



La etiqueta **K** de la operación debe construirse a través de los constituyentes **a** y **b**. Si suponemos que **a** y **b** son dos elementos léxicos, cada uno de ellos es un conjunto de rasgos. La proyección asimétrica es entonces la más natural. La más natural porque es la más sencilla. Si, en cambio, la proyección fuese simétrica, implicaría la unión o intersección de los rasgos de **a** y **b**. Estas opciones tienen que rechazarse porque necesitarían mecanismos gramaticales particulares para regular cada operación del sistema computacional. Por tanto, “la operación *Ensamble* (**a**, **b**) es asimétrica; se proyecta o **a** o **b**” (Chomsky 1995:194). La relación sintáctica **K** (**a** (**b**)) es el procedimiento más simple para una computación natural. El sistema computacional reducido a la mínima expresión de la complejidad introduce los elementos en la derivación generando emparejamientos binarios asimétricos.

De vuelta a la figura (3), si ahora se introduce un tercer elemento en la derivación, este nuevo elemento **c** se ensamblaría con **K**, la estructura ya creada mediante *Ensamble*. **K**, ahora **K<sub>1</sub>** para evitar confusiones, es la relación entre **a** y **b**. De este modo, el sistema computacional relaciona (**a** (**b**)) y **c** creando **K<sub>2</sub>** (**c** (**K<sub>1</sub>**)):



<sup>3</sup> Me es imposible abordar en este trabajo cualquier tipo de consideración a los rasgos no interpretables, que parecen ser el único residuo gramatical que puede concebir una teoría actual del lenguaje en términos de convergencia entre derivación y sistemas externos. Como se sabe, este tipo de rasgos ayudan a la computación sintáctica creando configuraciones sintácticas con relaciones de elementos a larga distancia. Son las operaciones de Concordancia y Movimiento (Concordancia + *Ensamble*) que establecen relaciones de concordancia entre dos elementos léxicos no relacionados mediante *Ensamble* local, sino mediante la supresión a distancia de un rasgo no interpretable (**R**) compartido por ambos. Estas supuestas imperfecciones del lenguaje desde el punto de vista del diseño óptimo parecen ser una mejor vía para solventar problemas de arquitectura. No entraré a explorar estas cuestiones, pero cuando se estudian a fondo estas imperfecciones se muestran como respuestas internas (posiblemente como un problema de auto-organización) a presiones de los sistemas externos en la convergencia de las derivaciones sintácticas. Otra posibilidad es considerar, como en Lorenzo & Longa (2003), que los rasgos no interpretables no forman parte de nuestra facultad lingüística, por lo que no hay residuos gramaticales ni imperfecciones. Son elementos de la lengua-e que nos ayudan en nuestras computaciones como una especie de andamiaje mental. Las consecuencias de esta nueva hipótesis aún no han sido evaluadas.

En (3) y en (4),  $K_1$  y  $K_2$  no son más que marcas formales imaginarias que simbolizan una relación asimétrica entre dos elementos que se establece a través de la sintaxis y que tiene consecuencias interpretativas para los sistemas externos. El sistema computacional queda reducido a una operación local, Ensamble, que construye toda la derivación sintáctica cíclicamente. A partir de emparejamientos binarios y computaciones simples, Ensamble crea configuraciones de elementos más complejas como  $(c(a(b)))$ . El sistema computacional genera el objeto sintáctico  $(a(b))$ , que no existe por separado, sino que es una configuración derivada de su aplicación, y el elemento  $c$  no se relaciona ni con  $a$  ni con  $b$  de forma individual, sino con la configuración existente del paso computacional anterior que ya los ha puesto en contacto.

*Condición de transparencia estructural*<sup>4</sup>: las representaciones de los sistemas externos, sistemas de pensamiento y sistema sensoriomotor, son isomórficas con la derivación sintáctica.

Si tenemos en cuenta que las operaciones que realiza el sistema computacional tienen que ser entre los elementos léxicos que han sido seleccionados por la derivaciones, no hay razones en contra para no suponer que todas las operaciones sintácticas tienen que ser visibles para los sistemas externos, es decir, que a medida que la sintaxis computa y la estructura se construye, los sistemas externos interpretan en paralelo. En otras palabras,

La interpretación semántica y fonológica es, por tanto, *invasiva* a la sintaxis, siendo isomórfica con la derivación sintáctica e interpretándola a la vez que procede, (...). Para cada operación sintáctica, hay una correspondiente interpretativa en los componentes semántico y fonológico” (Epstein *et al.* (1998: 12), la traducción es mía).

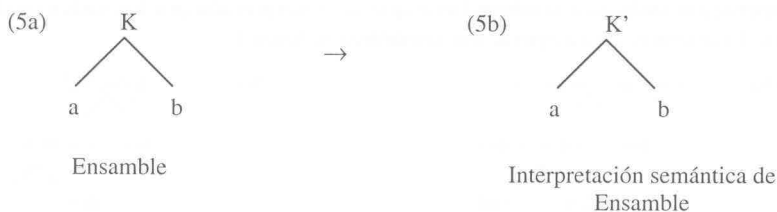
En Chomsky (1995) y (2000a), los niveles de interfaz todavía se mantienen como niveles de representación sintácticos, pero considero, como Epstein *et al.* (1998), que eso es una contradicción con el enfoque derivacional y que mientras no haga falta, justificado por evidencias empíricas, no existen niveles de representación a la computación sintáctica. El sistema computacional es el propio interfaz entre los dos sistemas externos perfectamente diferenciados: el que computa las relaciones semánticas entre los elementos léxicos y obedece a instrucciones de jerarquía entre los elementos y el que interpreta las relaciones fonológicas que permiten la linearización de la estructura.

Consideremos entonces de nuevo la operación sintáctica  $K(a(b))$ . Esta operación  $K$  es transparente, por lo que tiene que ser interpretada, pongamos por caso, por

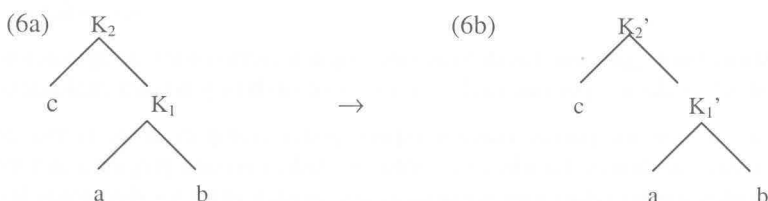
---

<sup>4</sup> Esto es una consecuencia natural de asumir un enfoque derivacional fuerte como en Epstein *et al.* (1998).

los sistemas de pensamiento<sup>5</sup>. Por tanto,  $K$  también expresa una relación semántica entre  $a$  y  $b$ :



Y, continuando con el proceso derivacional anterior, (4) se interpreta semánticamente como



La estructura sintáctica (6a) proporciona las instrucciones necesarias mediante la ciclicidad de Ensamble para construir la configuración semántica (6b), que refleja el orden parcial de la estructura. De este modo, la expresión compleja ( $c(a(b))$ ) es una composición natural de operaciones sintácticas que en virtud de ser transparente para los sistemas externos se convierte en una composición de determinadas operaciones semánticas.

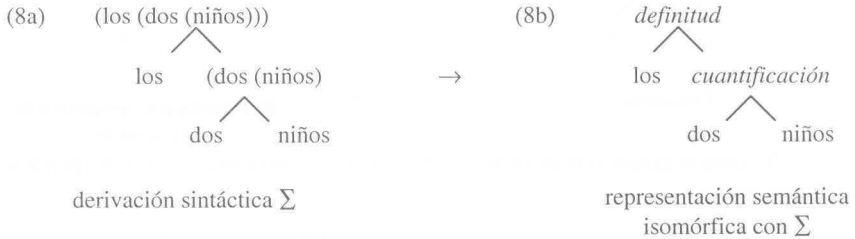
El isomorfismo estructural entre la derivación sintáctica y la interpretación semántica se cumple. A cada operación sintáctica  $K$  que relacione dos elementos  $a$  y  $b$  le corresponde una operación semántica  $K'$  definida en función de los rasgos interpretables de  $a$  y de  $b$ .

Veamos qué quiere decir todo esto. Imaginemos una derivación que englobe, por ejemplo, los elementos *niños* y el numeral *dos*. Ensamble toma los dos elementos y crea  $K$  (*dos (niños)*). En virtud de que las derivaciones sintácticas son isomórficas con las representaciones externas, esta operación sintáctica  $K$  es visible para los sistemas de pensamiento que la interpretan como una determinada operación semántica. Llamémosla *cuantificación*.



<sup>5</sup> Estudiaremos ahora la relación entre la sintaxis y los sistemas de pensamiento para descubrir las relaciones composicionales entre sintaxis y significado. Al final, expondré brevemente las consecuencias que tiene en la linearización de la estructura este enfoque particular.

Si la derivación continúa, un tercer elemento, un artículo por ejemplo, se introduce mediante Ensamble y se fusiona a la estructura generada (dos (niños)). Esta nueva operación sintáctica también tiene que ser interpretada por los sistemas de pensamiento. Llamemos a esta operación semántica *definitud*:



Ahora bien, ¿por qué las derivaciones siguen cierto orden de aplicación de las operaciones?, es decir, ¿por qué la derivación es (c (a (b))) y no otra cualquiera?

La cuestión me parece clave y espero poder ejemplificar de forma genérica parte de estas cuestiones. La idea, sin embargo, radica en una pregunta aún más profunda: ¿cuáles son las relaciones semánticas que existen entre los elementos léxicos?

Desde un punto de vista minimalista, las derivaciones sintácticas tienen que cumplir ciertos criterios de convergencia que permitan que esas derivaciones sean interpretables por los sistemas externos. Estos criterios guían la computación pero son condiciones internas a los propios sistemas de pensamiento y al sistema sensoriomotor, es decir, son características propias de ellos, no del sistema computacional, que es ciego<sup>6</sup>. De esta forma, y sobre todo atendiendo al isomorfismo estructural existente entre representación semántica y computación sintáctica, las relaciones u operaciones semánticas  $K^*$ , consecuencia de la operación sintáctica binaria de Ensamble  $K$ , son requisitos externos a la propia derivación, pero necesarios para su interpretabilidad.

Así pues, entre los elementos léxicos *los*, *dos* y *niños* existe cierto tipo de implicaciones semánticas. Las operaciones semánticas de *cuantificación* y de *definitud* son operaciones de los sistemas de pensamiento (internas a ellos y no a la computación sintáctica). Por lo tanto, una derivación convergente tiene que cumplir los requisitos de legibilidad definidos por estas propiedades de los sistemas de pensamiento. La operación de *cuantificación* opera sobre los predicados nominales convirtiéndolos en subconjuntos de elementos y *definitud* selecciona uno de estos subconjuntos. La cuestión es que si las operaciones semánticas están jerarquizadas, los elementos que generan esas operaciones semánticas también tienen que estarlo. De este modo, *dos* y *los* se introducen en la derivación sintáctica. El ensamble sintáctico de cada uno de los

<sup>6</sup> Véase Longa & Lorenzo (2001) para una aclaración sobre la reducción de la capacidad de las operaciones del sistema computacional de mirar-hacia-delante (o "look-ahead") como ocurría con la operación Muévase- $\alpha$  en el modelo sintáctico GB. También véase Chomsky (1995) y siguientes para una explicación pormenorizada sobre estas cuestiones y en qué medida el sistema computacional es ciego y sus consecuencias en la derivación sintáctica. No hay ningún tipo de propósito o finalidad en sus acciones.

dos elementos se interpreta como una operación semántica particular, que en la medida en que son operaciones de los sistemas de pensamiento, son operaciones implicadas lógicamente. Por tanto, la derivación sintáctica (los (dos (niños))) es una configuración con efectos interpretativos en la que los elementos que la componen están ordenados conceptualmente,  $los \rightarrow dos \rightarrow niños$ , porque cada operación de ensamblaje sintáctico genera una operación semántica determinada por los sistemas de pensamiento:  $definitud \rightarrow cuantificación \rightarrow predicado nominal$ .

Genéricamente, podemos concluir que los elementos léxicos están relacionados jerárquicamente unos entre otros. Si un elemento **c** se introduce en la derivación es porque Ensamble ha fusionado los elementos **a** y **b** en una configuración (**a (b)**). Entre **a**, **b** y **c** hay cierto tipo de implicación semántica que guía la computación, en otras palabras, que determina entre ellos un orden de aplicación de las operaciones semánticas  $K'$ . La sintaxis debe reflejar este orden interno. De este modo, la estructura  $K_2$  de (6a) y la estructura (8a) no son arbitrarias, sino que están exigidas por las relaciones lógicas entre los elementos léxicos que generan  $K_1'$  y  $K_2'$  y las operaciones de *cuantificación* y *definitud* respectivamente, ya que estos elementos, aunque independientes, están ordenados conceptualmente. Las configuraciones sintácticas  $K_2$  y (los (dos (niños))) son entonces las únicas permitidas entre esos elementos determinados porque deben satisfacer los criterios de convergencia de los sistemas de pensamiento. Lo único que hace el sistema computacional es generar esa estructura a través de una operación local de ensamblaje binario. Cada operación sintáctica, en virtud de que es isomórfica con una operación semántica, está determinada por los sistemas de pensamiento. El orden parcial de construcción de estructura son las implicaciones conceptuales entre los elementos y, sin embargo, es el sistema computacional el que habilita las relaciones entre ellos. Así, el círculo se cierra y las derivaciones sintácticas son meramente un conjunto de instrucciones para que los sistemas externos puedan generar sus representaciones internas.

Ahora podemos refinar más la definición de proyección asimétrica descrita al principio del apartado. Si las derivaciones sintácticas son isomórficas con las representaciones semánticas, Ensamble tiene que reflejar las relaciones semánticas (implicación conceptual y jerarquía) entre los elementos, por lo que obviamente no puede haber una proyección simétrica en una operación  $K$  porque  $K$  no sería interpretable por los sistemas de pensamiento. Imaginemos que Ensamble fusione dos objetos sintácticos:

$$(9) \quad \begin{array}{c} K \\ \wedge \\ \text{abrió} \quad \text{la puerta} \end{array}$$

Si entendemos la relación  $K$  como una relación simétrica (abrió, la puerta), los dos elementos ensamblados tienen el mismo nivel estructural por lo que no se pueden establecer relaciones de núcleo-complemento o de dependencia estructural como de hecho ocurre en (9), el objeto depende semánticamente del verbo. Por tanto, si las relaciones  $K$  de Ensamble fuesen relaciones simétricas, esto tendría graves repercusio-

nes para los sistemas interpretativos porque no serían capaces de ver el tipo de jerarquía entre los elementos de la derivación. El hecho de que *K* sea una relación asimétrica (abrió (la puerta)) es una consecuencia del tipo de información que procesan los sistemas de pensamiento. La asimetría es la forma natural de reflejar las jerarquías de implicación entre los distintos elementos léxicos y las operaciones semánticas.

Tenemos, por tanto, que cada operación sintáctica es una relación entre una configuración sintáctica ya derivada y un elemento nuevo que se introduce y se fusiona con la estructura construida. Los elementos que se ensamblan tienen como dominio de operaciones (tanto semántico como sintáctico, no olvidemos el isomorfismo estructural) la estructura derivada hasta el punto en que se insertan<sup>7</sup>. Si volvemos de nuevo a la figuras (7a) y (7b), Ensamble de **a** con **b**, (**a** (**b**)), implica que **a** tiene como dominio de operaciones **b**. La relación *K* es asimétrica y los dos elementos no están al mismo nivel estructural por razones de jerarquía semántica. De esta forma el elemento que proyecta, **a** en este caso, tiene como dominio el elemento al que se fusiona, **b**. Si continuásemos la derivación, un elemento **c** aparecería por implicación lógica y tendría como dominio de operaciones la relación sintáctica, por supuesto también semántica, (**a** (**b**)) y, por definición, todo lo que contenga **b**<sup>8</sup>.

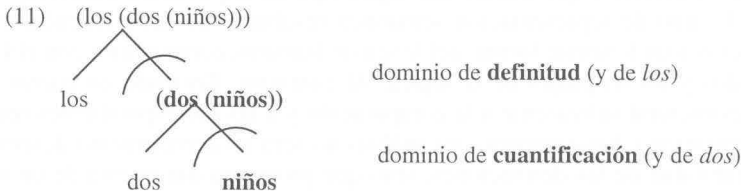


La computación sintáctica, el orden y la jerarquía de las relaciones se construyen automáticamente por las relaciones conceptuales existentes entre las operaciones semánticas. El dominio de cada operación es la estructura derivada hasta el momento en que el elemento léxico que genera esa operación se introduce, como en (8). Cuando *dos* se ensambla asimétricamente con el predicado *niños*, su dominio de operaciones es el predicado nominal y nada más que el predicado nominal. Ensamble permite que la operación sintáctica *K* sea interpretada como *cuantificación* por los sistemas de pensamiento. El posterior ensamble de *los*, exigido por la aparición de *dos* y su interpretación semántica, implica que el nuevo elemento fusionado tome como dominio la

<sup>7</sup> La relación de *dominio* que voy a establecer está entendida de forma derivacional y es una consecuencia directa del ensamblaje asimétrico. En Chomsky (1995) se establecen también relaciones de *dominio* aunque atendiendo a otras consideraciones, como el tipo de categoría, relaciones de mando-c y otras cuestiones que llevan a postular varios tipos de *dominio*: dominios mínimos, de cotejo, etc. Además Chomsky sólo evalúa condiciones sintácticas entre los elementos relacionados mientras que el análisis que yo propongo engloba también las relaciones semánticas entre los elementos en virtud del isomorfismo estructural. Aún así está claro que los dos tipos de *dominio* son familiares entre sí, a pesar de que las cuestiones tratadas por Chomsky (1995) no pueden ser estudiadas en este trabajo.

<sup>8</sup> También todo lo que pudiese contener **a**. La sintaxis construye en paralelo y **a** también puede ser un objeto sintáctico complejo creado por la computación.

estructura derivada hasta el punto en que se ensambla, es decir, (dos (niños)). De esta forma, al ser isomórficas las derivaciones sintácticas y semánticas, *los*, y su proyección semántica *definitud*, tiene que operar con el resultado de la cuantificación seleccionando uno de los subconjuntos creados por el ensamble de *dos*.



Este tipo de análisis predice el Principio de Composicionalidad. La secuenciación de las operaciones sintácticas y semánticas supone una composición del significado del lenguaje natural que se soporta deductivamente. Si el dominio de una operación es el resultado de la otra, esto implica de forma trivial que la operación que toma como dominio el resultado de otra tiene que actuar posteriormente. De esta forma, las relaciones entre los elementos de las representaciones semánticas se derivan paso a paso a través de la sintaxis.

El Principio de Composicionalidad queda reducido a una consecuencia inherente de la propia computación lingüística. No es una regla que regule las derivaciones sintácticas y el significado de las expresiones complejas, sino que es un reflejo de la naturaleza de estas. Ahora bien, hemos visto que el significado de una expresión compleja puede ser explicado por la sucesiva composición de operaciones sintácticas; sin embargo, ocurre que estas instrucciones sintácticas que construyen las representaciones semánticas no son más que operaciones de ensamblaje asimétrico determinadas por las implicaciones conceptuales existentes entre los elementos léxicos, es decir, determinadas por los propios sistemas de pensamiento. Por tanto, el Principio de Composicionalidad se puede invertir, el significado de una expresión compleja es una función de la sintaxis por la cual se combinan los elementos léxicos y la sintaxis de una expresión compleja es una función del significado de sus partes y de las relaciones de implicación semántica entre ellas.

### 3. CATEGORÍAS FUNCIONALES Y FUNCIONES MATEMÁTICAS

Hemos visto cómo el lenguaje humano puede ser simplificado a postulados básicos que sean capaces de generar estructuras complejas mediante operaciones sencillas y secuenciadas. La composicionalidad del significado se convierte en una consecuencia del tipo de procedimiento sintáctico que genera las propias expresiones. Las operaciones del sistema computacional construyen, paso a paso, relaciones semánticas complejas entre los elementos léxicos de una derivación. Ahora bien, ¿qué tipo de operaciones consideramos como operaciones semánticas?, ¿cómo se cumple el iso-

morfismo estructural si no entendemos bien el tipo de operaciones y representaciones que manejan los sistemas de pensamiento<sup>9</sup>?

A partir de ahora, exploraré un nuevo modelo semántico, basado en todas las conclusiones anteriores, que intente dar algún tipo de explicación coherente a estas preguntas. El tipo de representación semántica resultante no debe entenderse como una traducción a un lenguaje formal del lenguaje humano, como ocurre con el Cálculo de Predicados y los lenguajes de la lógica. Al contrario. Teniendo en cuenta el isomorfismo estructural subyacente a la computación y a las correspondientes representaciones semántica y fonotemporal, mi análisis no será un acercamiento descriptivo a la interpretabilidad de las derivaciones, sino que procurará dar cuenta de un modelo matemático explicativo del proceso mismo de la interpretación.

Este modelo, dicho sin más preámbulos, considera que:

- (12) **categorías sustantivas:** conjuntos lógicos = variables / incógnitas  
**categorías funcionales:** operaciones semánticas = funciones matemáticas.

En primer lugar, las categorías sustantivas (Nombre, Verbo y Adjetivo<sup>10</sup>) se pueden entender como listas abiertas y están asociadas a un contenido descriptivo determinado. Semánticamente pueden ser tomadas como conjuntos lógicos donde sus propiedades (la intensión) determinan los elementos que pueden ser considerados como elementos del conjunto (la extensión). Obviamente, a cada tipo de categoría sustantiva le corresponde un tipo de elementos atendiendo a sus características específicas. Estos elementos léxicos, al ser conjuntos lógicos, son, en su forma genérica, variables incógnitas, y así es como las voy a considerar a partir de ahora. Las operaciones entre categorías sustantivas implican un desarrollo de la teoría argumental en operaciones entre conjuntos y variables<sup>11</sup>.

Por otra parte, las categorías funcionales son inventarios cerrados de elementos universales. Son la expresión de un rasgo o conjunto de rasgos interpretables que definen una operación semántica (o fonológica) concreta. Estos rasgos interpretables son propiedades que los sistemas externos pueden computar. Elementos con las características internas de los sistemas de pensamiento (y del sistema sensoriomotor). Un diseño óptimo del lenguaje no debería mostrar más que este tipo de rasgos legibles por los dos únicos sistemas representacionales<sup>12</sup>.

Tenemos, entonces, que un rasgo interpretable semánticamente  $[\pm k]$  asociado a una categoría funcional es procesado por los sistemas de pensamiento como un ele-

<sup>9</sup> Véase Chomsky (2000a: 78).

<sup>10</sup> Dejo de lado, de forma intencionada, la categoría Partícula.

<sup>11</sup> Al carecer de una buena formalización o modelización de los predicados en términos matemáticos no puedo ofrecer una versión clara de este asunto y por eso obvio de forma consciente cualquier tipo de consideración hacia ellas. Espero que una línea de investigación consistente aclare estas y muchas otras cosas referentes al nuevo modelo.

<sup>12</sup> Véase n. 3 para una pequeña aclaración.

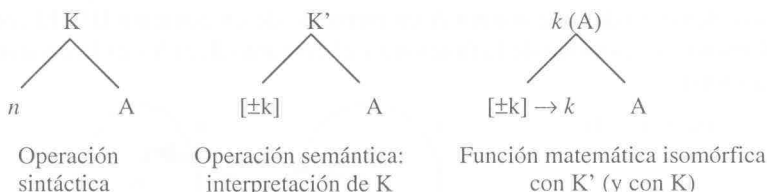
mento que tiene un contenido semántico  $K'$ . Los sistemas de pensamiento leen  $K'$  cuando el sistema computacional les proporciona el rasgo  $[\pm k]$ .

Tomemos la relación entre una categoría sustantiva  $X$  y una categoría funcional  $n$  de rasgo  $[\pm k]$ . Cuando este elemento léxico  $X$  se introduce en una derivación,  $X$  debe satisfacer ciertas condiciones de legibilidad con los sistemas de pensamiento, a saber, cuantificación, estructura temporal<sup>13</sup>, etc., dependiendo del tipo de categoría sustantiva que sea. La operación semántica  $K'$  que genera  $n$  es una operación de este tipo, un criterio de convergencia de los sistemas que procesan la información conceptual. Por tanto, entre  $X$  y  $n$  existe cierto tipo de implicación lógica ( $n \rightarrow X$ ) que determina una operación semántica necesaria. Cuando  $X$  se introduce en la derivación,  $n$  aparece necesariamente después para que se genere  $K'$ , la operación asociada al rasgo  $[\pm k]$ ,



Esto es exactamente lo que ocurría en el apartado anterior, aunque en términos un poco más concretos dentro de este marco genérico. Veamos ahora las consecuencias inmediatas de la premisa (12) en un marco un poco más general. Una operación sintáctica  $K$  que ensamble un elemento léxico  $n$  a la estructura derivada  $A$ , dejemos por ahora el estatus de  $A$ , genera una operación semántica  $K'$  expresión del rasgo interpretable  $[\pm k]$  de  $n$  que ahora se interpreta como una función matemática  $k$ .

- (14) A: estructura derivada  
 n: categoría funcional de rasgo interpretable  $[\pm k]$



Las operaciones sintácticas son ahora interpretadas como funciones matemáticas determinadas por los rasgos interpretables de los elementos léxicos que se introducen en la derivación. De este modo, el término *categoría funcional* encuentra su significado pleno en el marco de la gramática generativa:

- (15) Una *categoría funcional*  $n$  es una proyección léxica de un rasgo interpretable  $[\pm k]$  que expresa una determinada función matemática  $k$ .

<sup>13</sup> Las operaciones que denominé como *cuantificación* y *definitud*, figura (6b), son la proyección de determinadas categorías funcionales. Conviene tener esto presente, aunque aquí no se trate ni su formulación explícita ni su descripción por motivos de claridad expositiva.

Esta categoría funcional  $n$  tiene como dominio  $A$ , la estructura derivada hasta el punto de su inserción en la computación. Si  $k$  es la interpretación de Ensamble ( $n(A)$ ), la función tiene el mismo dominio operacional que  $n$ . Hay que tener en cuenta que  $k$  no deja de ser su proyección semántica. El conjunto dominio de  $k$  es por tanto  $A$ , como en la figura (10). La construcción de la función  $k$  se deriva de la estructura sintáctica y de las operaciones que ejecuta el sistema computacional. En este caso, mediante Ensamble:

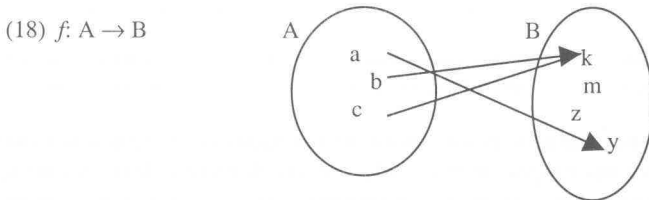
$$(16) \quad \begin{array}{ccc} k(A) & \rightarrow & \text{resultado de la aplicación de Ensamble} \\ \swarrow & & \text{dominio de } n, [\pm k] \text{ y } k. \\ n: [\pm k] \rightarrow k & & \text{Isomorfismo estructural} \\ \searrow & & A \end{array}$$

De este modo, la función  $k$ , expresión del elemento léxico funcional  $n$ , queda bien definida en términos sintácticos porque la computación proporciona la estructura necesaria para poder describir la interpretación de la relación sintáctica Ensamble ( $n(A)$ ) como una función matemática:

$$(17) \quad \begin{array}{ll} \text{función } k: & A \rightarrow k(A) \\ \text{dominio de la función: } & A \quad \rightarrow \text{estructura derivada} \\ \text{imagen de la función: } & k(A) \quad \rightarrow \text{interpretación de la op. sintáctica } K. \end{array}$$

El isomorfismo estructural se cumple entre una operación sintáctica interpretada semánticamente como una función matemática. Como acabamos de ver, en un marco teórico completamente abstracto, el sistema computacional parece que puede proporcionar a los sistemas de pensamiento las instrucciones necesarias para interpretar la estructura como una configuración semántica equivalente a una función.

Una función matemática, definida informalmente, es una aplicación que asocia a cada elemento de un conjunto  $A$  un elemento de un conjunto  $B$ <sup>14</sup>. El conjunto  $A$  es el *dominio* o *argumento* de la función  $f$  y el conjunto  $B, f(A)$ , es la *imagen* o *valor* de la función  $f$ ,



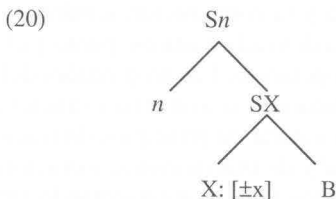
Fijémonos ahora, no obstante, en el objeto sintáctico  $A$ , la estructura derivada hasta el punto de ensamble de  $n$ . Por definición  $A$  sólo puede ser dos tipos de objetos sintácticos:

<sup>14</sup> Véase Partee *et al.* (1990) para un acercamiento en detalle de la matemática aplicada a la lingüística y para cuestiones siguientes como la composición de funciones.

- (19) a.  $SX^{15}$ : X es una categoría sustantiva  
 b.  $SX$ : X es una categoría funcional.

Exploremos las dos posibilidades. En primer lugar, imaginemos que X es una categoría sustantiva. En nuestro nuevo modelo semántico los elementos léxicos sustantivos son interpretados como variables, es decir, como conjuntos de elementos que se definen a través de una o varias propiedades. Presumiblemente el tipo de elementos estará condicionado por el tipo de propiedades que definan el conjunto y no necesitamos, por ahora, más consideraciones que esa. La categoría funcional  $n$  se ensambla con X (en este modelo simplificado no hay diferencias entre SX y X, ya que no se tratan las operaciones entre variables) y genera una nueva relación sintáctica  $K(n(X))$  que es interpretada como una operación semántica  $o$ , en nuestro nuevo modelo, como una función matemática  $k$  que toma como conjunto dominio la variable X y como conjunto imagen  $k(X)$ . Como ya señalé más arriba, Ensamble es quien computa para formar una estructura que sea interpretable por los sistemas de pensamiento como una función que opera simultáneamente al proceso de construcción sintáctico. La estructura creada por el sistema computacional se mantiene en este modelo semántico generando una representación interna en paralelo de los sistemas de pensamiento de acuerdo con las instrucciones que recibe del proceso derivacional sintáctico.

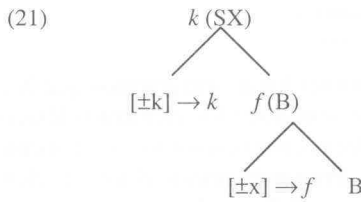
Imaginemos, en segundo lugar, que X no es una categoría sustantiva, sino un elemento funcional del Léxico. Teniendo en cuenta todo lo dicho hasta ahora, X es por definición la expresión léxica de una función  $f$  asociada a un rasgo interpretable  $[\pm x]$ . X, al no ser una categoría sustantiva, no puede ser inicio de la estructura, es decir, no puede iniciar una derivación sintáctica. Debe estar ensamblado entonces a una estructura ya derivada  $B^{16}$ :



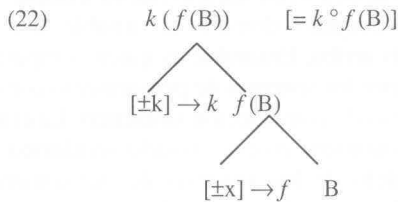
La operación sintáctica  $K(X(B))$ , es decir,  $SX$ , es interpretada como  $f(B)$ . Consecuentemente, los sistemas de pensamiento interpretan la operación sintáctica  $K(n(SX))$  como la función  $k(SX)$ :

<sup>15</sup> En esta teoría gramatical desnuda y en virtud del isomorfismo estructural, las etiquetas SX (o proyecciones máximas) son las propias operaciones sintácticas K y sus correspondientes semánticas  $K'$ , o  $k$ , si se prefiere en el nuevo modelo. Son entonces meras etiquetas que nos sirven para reflejar los procedimientos computacionales y la constante invasión de los sistemas externos que las interpretan en función de los rasgos interpretables de los elementos léxicos relacionados. En el caso de que X fuese una categoría sustantiva, su proyección SX sólo implica el reconocimiento por los sistemas de pensamiento como variable matemática y alude también al dominio operacional interno por el cual se construye la propia variable (por ejemplo, estructura argumental).

<sup>16</sup> Sobre la que surgen las mismas preguntas que sobre A.

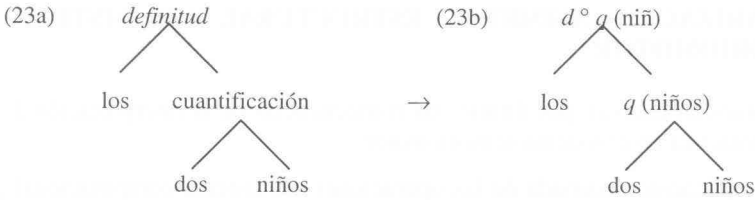


Evidentemente, si la relación sintáctica  $SX$ , que tiene que ser el Ensamble de  $K(X(B))$ , es  $f(B)$ , como se aprecia en la figura (21), entonces, por mera sustitución de términos, la función  $k$  opera sobre  $SX$  que es igual a  $f(B)$ :



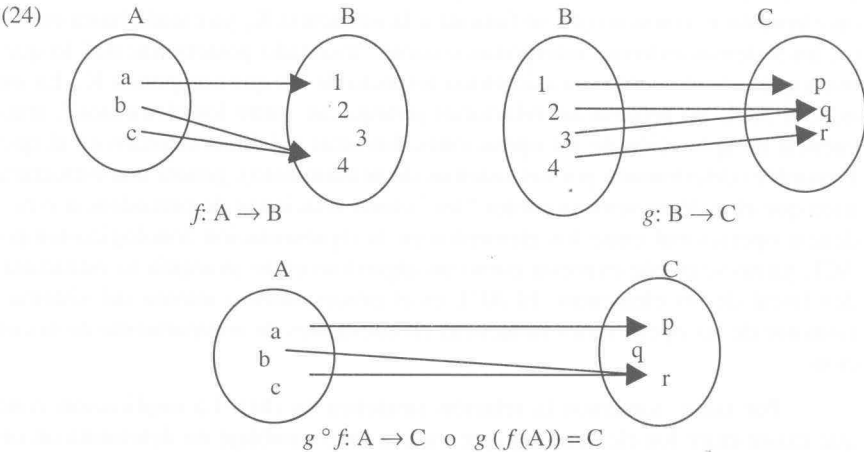
El resultado de (22) quizás pueda parecer trivial pero, a mi juicio, no lo es en absoluto. No es sólo que nuestro modelo sintáctico sea isomórfico con la representación semántica, sino que se puede modelizar matemáticamente el proceso de construcción de estructura. Las operaciones del sistema computacional son completamente asimilables con una perspectiva semántica matemática. Uno de los mayores logros del modelo sintáctico del apartado anterior dentro del marco minimalista, y, por tanto, expuesto a principios de convergencia con los sistemas externos, es establecer una relación isomórfica entre la composición sintáctica y la composición semántica. Cada nueva operación toma como dominio la estructura derivada hasta ese punto y el resultado vuelve a servir como *input* para una nueva operación. Las propiedades del sistema computacional, como los emparejamientos binarios, la asimetría estructural o la composicionalidad, son deducibles de una forma natural de principios derivacionales básicos como son las condiciones de *inclusividad* y de *transparencia estructural*. La consecuencia es que ahora podemos refinar aún más todo lo argumentando anteriormente y señalar que una composición de relaciones sintácticas es una composición de funciones matemáticas.

Volvamos de nuevo a las figuras (8a) y (8b). Una representación semántica de una derivación del lenguaje natural como (8a) se interpreta ahora como (23b). Las operaciones semánticas que hemos considerado de *cuantificación* y de *definitud* pueden ser expresadas por una función  $q$  y  $d$  respectivamente (que no detallaré en este trabajo). La variable matemática es el conjunto lógico definido por el predicado *niños*.



Como se aprecia, una derivación sintáctica como (8a) es interpretada como (23a) y (23b). Las tres figuras son completamente isomórficas, atendiendo a todo lo dicho anteriormente. Los rasgos interpretables de los elementos léxicos generan operaciones semánticas  $K'$  que ahora se interpretan como funciones matemáticas  $k$ . Ensamble es capaz de generar estructuras sintácticas asimétricas que permiten a los sistemas de pensamiento interpretar en paralelo la derivación (8a) como una composición de funciones, en (23b).

Antes de concluir este apartado, me gustaría señalar brevemente lo que significa informalmente una composición de funciones matemáticas. La composición de dos funciones  $f: A \rightarrow B$  y  $g: B \rightarrow C$  es una nueva función desde el conjunto  $A$  hasta el conjunto  $C$  y se denomina *composición* de  $f$  y  $g$ . La siguiente figura representa las dos funciones  $f$  y  $g$ , y su composición:



Ensamble genera estructuras sintácticas isomórficas con composiciones de funciones, lo que permite reducir la composicionalidad del significado de una expresión lingüística a operaciones sintácticas que generan sucesivas composiciones de funciones. Esto es muy interesante, no sólo debido a la importancia de poder trabajar con un modelo semántico y sintáctico que pueda dar cuenta del significado del lenguaje natural en términos composicionales, sino porque este tipo de estructuras semánticas reflejan el tipo de jerarquías que manejan los sistemas de pensamiento y que el sistema computacional les proporciona a través de ordenamiento secuencial de las operaciones sintácticas.

#### 4. LINEARIZACIÓN, ASIMETRÍA ESTRUCTURAL Y EL SISTEMA SENSORIOMOTOR

Vamos a observar, por último, las consecuencias de la interpretación de la estructura sintáctica en el sistema sensoriomotor.

La aplicación ordenada de las operaciones del sistema computacional genera una asimetría entre los elementos que componen la estructura. Kayne (1994) señala la existencia de una correspondencia entre el orden lineal (fonológico-temporal) de los elementos y las relaciones jerárquicas entre ellos, lo que llama Axioma de Correspondencia Lineal (ACL)<sup>17</sup>. En su modelo sintáctico estas relaciones de precedencia están condicionadas por la noción gramatical de “mando-c asimétrico” que determina relaciones sintácticas asimétricas entre los elementos de una representación sintáctica. Epstein *et al.* (1998) traducen la relación de “mando-c asimétrico” representacional de Kayne en una relación sintáctica derivacional.

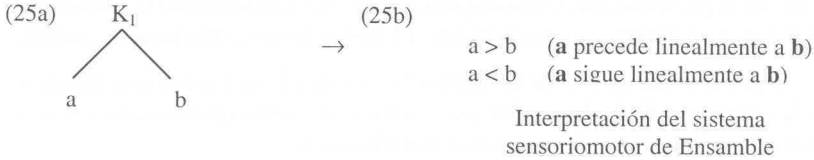
Mi idea es que la asimetría de la sintaxis es inherente a la propia construcción de la estructura. No hay ningún tipo de noción gramatical como el “mando-c” para establecer relaciones entre los elementos. Estas se producen por la mera fusión de los mismos en el sentido anterior de Ensamble. El ACL no es más que la interpretación del sistema sensoriomotor del orden parcial de construcción de estructura. Es decir, si un elemento *c*, como en (4), se fusiona a la estructura  $K_1$  ya creada hasta ese momento, los sistemas externos interpretan *c* como “insertado posteriormente” lo que determina que este elemento sea asimétrico respecto de los que componen  $K_1$ . En este sentido, el ACL no procesa las relaciones jerárquicas entre los elementos<sup>18</sup>, sino la secuencia de aplicación de las operaciones. En otras palabras, el orden en el que opera Ensamble (determinado por los sistemas de pensamiento), genera una estructura simétrica que el sistema sensoriomotor “lee” como relaciones de precedencia o no precedencia operacional entre los elementos en la representación fonológico-temporal. El ACL ya no se puede expresar como un algoritmo entre jerarquía (o estructura) y orden lineal de los elementos. El ACL es el procesamiento interno del sistema sensoriomotor de las operaciones sintácticas en cuestiones de ordenamiento de la computación.

Por tanto, tomemos la relación sintáctica (**a** (**b**)). La implicación conceptual que existe entre los elementos y que motiva su ensamblaje no determina un orden lineal específico entre ellos. Es la relación sintáctica asimétrica entre **a** y **b** la que tiene interpretación en el sistema sensoriomotor, por lo que Ensamble se procesa como “**a** posterior computacionalmente a **b**”, es decir, a su dominio. De este modo, la relación asimétrica entre un elemento de la computación y su dominio se interpreta como un

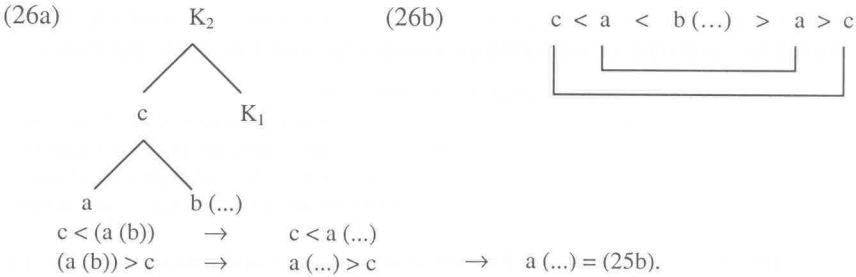
<sup>17</sup> También véase Lorenzo (1996), donde se detallan consecuencias del hecho de que la estructura lingüística sea asimétrica.

<sup>18</sup> Que sí existen, pero son los sistemas de pensamiento los encargados de procesar esas relaciones.

patrón fonotemporal con márgenes de variación muy concretos, específicamente como una relación lineal en la que el elemento precede o sigue a su dominio:



El posterior ensamble de c a la estructura derivada  $K_1$  genera de nuevo una relación asimétrica entre los elementos fusionados. El orden de la computación, derivado de la cadena conceptual entre los elementos léxicos y las operaciones semánticas, implica que c precede o sigue a su dominio y, por extensión, también al dominio de a, b(...)<sup>19</sup>:



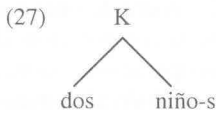
El orden de la derivación sintáctica, determinado por las relaciones conceptuales entre los elementos, construye las relaciones lineales a efectos de precedencia o no precedencia del dominio. Elementos dependientes semánticamente estarán entonces teóricamente más próximos en la cadena lineal (como ocurre entre a y b). De este modo, la linearización entre a, b y c corresponde al procesamiento de los rasgos interpretables por el sistema sensoriomotor junto con la interpretación del orden parcial de construcción de la estructura sintáctica. Este orden parcial de la derivación (determinado por los sistemas de pensamiento) implica relaciones de proximidad lineal ente elementos relacionados computacionalmente y, por otra parte, el rasgo interpretable [ $\pm$ precedencia] cifrado en los elementos léxicos permite el procesamiento fonotemporal de la estructura decidiendo el orden lineal de un elemento léxico y su dominio.

Este patrón ideal puede aparecer desvirtuado por operaciones específicas del sistema sensoriomotor, amalgamas de elementos, instrucciones concretas de cliticización sobre ciertos elementos y otras cuestiones. Sin embargo, teóricamente, si sumamos al rasgo [ $\pm$ precedencia], los rasgos interpretables [ $\pm$ clítico] y [ $\pm$ afijo], cifrados también en los elementos léxicos, el sistema sensoriomotor dispone de los instrumen-

<sup>19</sup> b es la estructura derivada (por proyección asimétrica), o sea, que puede ser un objeto sintáctico creado por composición de relaciones sintácticas, b (...) o una categoría sustantiva introducida por Ensamble puro, b.

tos suficientes para interpretar linealmente la información que le proporciona el sistema computacional. La combinación de los tres rasgos restringe los límites de variación de las representaciones fonológicas y cada operación sintáctica K es interpretada por los sistemas externos correctamente. El isomorfismo estructural se cumple.

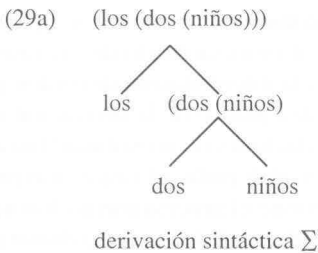
Fijémonos de nuevo en la figura (7a), ahora (27), el sistema computacional genera la operación K de Ensamble por motivos de convergencia con los sistemas de pensamiento: la operación semántica *cuantificación*:



Esta relación sintáctica K (dos (niño-s)) el sistema sensoriomotor la interpreta en función de los rasgos interpretables fonológicamente de los elementos léxicos que implica la operación *cuantificación*, es decir, de *dos* y de *-s*, el morfema de plural. De esta forma, la interpretación fonológica isomórfica con Ensamble anterior es,

- (28) Sistema computacional: K (dos (niño-s))  
 Sistema sensoriomotor:
- a. *dos* y *-s* son asimétricos respecto de *niño*
  - b. *-s*: [-precedencia], [+afijo], [-clítico] < *niño*  
*dos*: [+precedencia], [-afijo], [-clítico] > *niño*
  - c. representación fonológica: [dos niño-s]

Lo mismo ocurriría con Ensamble de *los* a la estructura derivada K. El procesamiento de los rasgos interpretables fonológicamente de *los*: [+precedencia], [+clítico] y [-afijo], generan finalmente una representación fonotemporal como la siguiente:



→



El orden de aplicación de las operaciones sintácticas, motivado por la cadena de implicaciones conceptuales entre los elementos, determina un patrón fonotemporal (isomórfico con la derivación) con límites de variación restringidos a operaciones fonológicas simples y concretas que linearizan la estructura a medida que la sintaxis avanza.

## 5. CONCLUSIONES

El objetivo principal del trabajo considero que se ha satisfecho. Podemos explicar la convergencia entre los sistemas externos a través de un procedimiento computacional, Ensamble, que genera derivacionalmente descripciones estructurales. Cada operación semántica puede ser expresada como una función matemática definida mediante las instrucciones de construcción de la estructura sintáctica. De este modo, la representación semántica de una derivación es una composición natural de funciones matemáticas. La estructura sintáctica del lenguaje, en tanto que isomórfica con la semántica, es una función recursiva de funciones que satisfacen las condiciones de convergencia. El Principio de Composicionalidad aparece, por tanto, como una consecuencia más del tipo de aplicación ordenada del sistema computacional. Es una propiedad que refleja el lenguaje como interacción de unidades más elementales, los elementos léxicos, y podemos concluir que no es una premisa *a priori* del lenguaje humano, sino que es el resultado derivado de toda la argumentación anterior.

El procedimiento generativo del lenguaje, el sistema computacional<sup>20</sup>, ha quedado reducido a una sola operación de ensamblaje binario y asimétrico. Esta operación es la solución natural para la construcción de estructuras de forma derivacional. La sintaxis se mueve ahora a golpe puro y duro de semántica permitiendo generar estructuras que sean isomórficas, por un lado, con representaciones jerárquicas entre los elementos léxicos, y, por otro, con patrones fonotemporales concretos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHIERCHIA, G. & S. MCCONNELL-GINET (1990): *Meaning and Grammar: an introduction to semantics*. Cambridge (MA): The MIT Press.
- CHOMSKY, N. (1977): *Ensayos sobre forma e interpretación*. Madrid: Ediciones Cátedra, 1982.
- (1995): *El Programa Minimalista*. Madrid: Alianza Editorial, 1999.
- (1998): *Una aproximación naturalista a la mente y el lenguaje*. Barcelona: Prensa Ibérica.
- (2000a): “Minimalist inquiries: The framework”. En R. Martin, D. Michaels & J. Uriagereka (eds.): *Step by step. Essays on Minimalist Syntax in Honor of Howard Lasnik*: 89-155. Cambridge (MA): The MIT Press [Versión castellana: (1999) “Indagaciones minimalistas: el marco”. *Moenia* 5, 69-126].
- (2000b): *La arquitectura del lenguaje*. Barcelona: Kairós, 2003.
- HAUSER, M. D., N. Chomsky & W. Tecumseh Fitch (2002): “The Faculty of Language: What is it, Who has it, and how did it evolve?”. *Science* 298, 1569-79.
- EPSTEIN, S. M., E. M. Groat, R. Kawashima & H. Kitahara (1998): *A Derivational Approach to Syntactic Relations*. New York: Oxford University Press.
- KAYNE, R. (1994): *The Antisymmetry of Syntax*. Cambridge (MA): The MIT Press.

<sup>20</sup>

La Facultad del Lenguaje en sentido estricto de Hauser *et al.* (2002).

- LONGA, V. M. & G. LORENZO (2001): *Derivación y representación: Su alternancia cíclica en la teoría de la gramática*. Noia, A Coruña: Toxosoutos.
- LORENZO, G. (1996): "Por qué sólo existe una base universal". *Verba* 23: 377-88.
- LORENZO, G. & V. M. LONGA (2003): *Homo loquens: biología y evolución del lenguaje*. Lugo: Tris Tram.
- MARCONI, D. (1997): *Lexical competence*. Cambridge (MA): The MIT Press.
- PARTEE, B. H., A. Ter Meulen & R. E. Wall (1990): *Mathematical Methods in Linguistics*. Dordrecht: Kluwer.
- RADFORD, A. (1997): *Syntax. A minimalist introduction*. Cambridge: University Press