

Lenguaje y cerebro: Cuando los experimentos son irrealizables hay que pensar un poco más

*Language and the Brain:
When Experiments Are Unfeasible, You Have to Think Harder*

 <https://doi.org/10.48162/rev.57.020>

Sydney Lamb

Universidad Rice
Houston, Estados Unidos
lamb@rice.edu

Resumen

Las investigaciones acerca de cómo el cerebro organiza el lenguaje han girado casi exclusivamente en torno a la ubicación de las funciones lingüísticas y dejaron de lado las preguntas más interesantes de qué es lo que ocurre en dichas ubicaciones y cómo se representa la información lingüística. La razón para todo esto es que las preguntas sobre la ubicación son más fáciles de tratar, por medio de la afasiología y de las neuroimágenes. Pero hay una copiosa evidencia empírica, tanto lingüística como neurológica, que permite brindar respuestas a las preguntas más fundamentales. Esta evidencia respalda de manera muy poderosa una concepción conectivista de la información lingüística y no una concepción según la cual el cerebro almacena símbolos como tales. Las caracterizaciones del lenguaje en términos de un depósito de símbolos son incompatibles con la evidencia neuroanatómica y requieren supuestos imposibles sobre el funcionamiento del cerebro. Por el contrario, la Teoría de Redes Relacionales, que es una de las versiones del conectivismo, da una explicación de los procesos cerebrales que resulta consistente no solo con numerosas precisiones de la anatomía y la función cortical sino también con estimaciones cuantitativas de la capacidad cortical.

Palabras claves: cerebro, conectivismo, columna cortical, evidencia empírica, aprendizaje, neurona, percepción, redes relacionales.

Abstract

Research into how the brain organizes language has focused almost exclusively on the location of linguistic functions, leaving aside the more interesting questions of what happens in those locations and how linguistic information is represented. The reason for this is that questions about location are easier to address, through aphasiology and neuroimaging. However, there is abundant empirical evidence, both linguistic and neurological, that provides answers to the more fundamental questions. This evidence strongly supports a connectivist conception of linguistic information rather than a conception in which the brain stores symbols as such. Characterizations of language in terms of a repository of symbols are incompatible with neuroanatomical evidence and require impossible assumptions about how the brain works. In contrast, Relational Network Theory, which is one version of connectivism, provides an explanation of brain processes that is consistent not only with numerous details of cortical anatomy and function but also with quantitative estimates of cortical capacity.

Keywords: brain, connectivism, cortical column, empirical evidence, learning, neuron, perception, relational networks.

1. Dos niveles de investigación

Pido disculpas al lector por traer a colación ese viejo chiste del borracho que estaba buscando las llaves de la casa en una esquina, aunque las había perdido a mitad de cuadra: era de noche y a mitad de cuadra estaba muy oscuro para buscar, mientras que la esquina estaba alumbrada por un farol. Por desgracia, el chiste es una metáfora bastante adecuada para mucho de lo que pasa hoy en día con las investigaciones del lenguaje en relación con el cerebro.

Algún investigador curioso que se acerque desprejuiciado al estudio del lenguaje y el cerebro, movido por el deseo de saber y no por la conveniencia de quedar bien con lo que otros están haciendo podría seguramente interesarse por preguntas como las siguientes:

- I. ¿Cómo se representa el conocimiento lingüístico de una persona en el cerebro?

- II. ¿Qué es lo que va pasando en el cerebro de un hablante a medida que planifica y produce un enunciado?
- III. ¿Cómo se las arregla un oyente normal para reconocer la información transmitida por el hablante a medida que las palabras le llegan a su cerebro a razón de dos o más por segundo?

Nuestro investigador desprejuiciado habrá de descubrir que solo unos pocos de los que se dedican al estudio del lenguaje y el cerebro se hacen estas preguntas, o aun muestran alguna clase de interés en ellas. La mayoría parece estar absorta en las preguntas sobre la ubicación: ¿en qué parte del cerebro se ubica, digamos, la información fonológica? No estoy sugiriendo que esta pregunta no sea interesante, tan solo estoy sugiriendo que esta pregunta es secundaria con respecto a las que de verdad importan. Y si nos detenemos a preguntar por qué hay tanto trabajo hecho en torno a las preguntas de la ubicación y tan poco a partir de las preguntas que de verdad importan (aquellas a través de las cuales queremos empezar a entender cómo funciona el lenguaje) descubrimos que esto es así porque es el tipo de información que puede obtenerse gracias a los equipos de neuroimágenes, que son los dispositivos cuyo uso determina la mayor parte de las investigaciones en la neurolingüística actual. En los comienzos, la fuente primaria de información sobre el vínculo entre el lenguaje y el cerebro consistía en el estudio de los afásicos, personas que han perdido parte de sus habilidades lingüísticas como consecuencia de un ataque o de otro tipo de lesión en el cerebro. La clase de información que brinda la afasiología también se ha correspondido con la ubicación, por lo cual el cambio hacia una nueva metodología no reside meramente en el tipo de pregunta que uno se está haciendo, sino en el tipo de evidencia que se está considerando durante una investigación.

La neurolingüística puede definirse como el estudio del lenguaje en relación con el cerebro. Este estudio se ha venido desarrollando durante un siglo y medio: Fue en 1860 cuando el médico francés Pierre Paul Broca (1824-1880) manifestó su conocido pronunciamiento según el cual las personas hablamos con el lado izquierdo del cerebro, e identificó el área en el lóbulo frontal que se conoce como área de Broca. En la década de

1870 Carl Wernicke (1845-1905) propuso el modelo de acuerdo con el cual el área de Broca se identifica como la zona de la producción fonológica, mientras que una zona del lóbulo temporal, que hoy se conoce como área de Wernicke, se identifica como la zona dedicada a la percepción fonológica. Wernicke también distinguió estas dos funciones de la articulación y la percepción auditiva, con lo cual planteó una base neurológica para distinguir entre la fonética (articulatoria y acústica) y la fonología. También distinguió las áreas fonológicas de las áreas de procesamiento conceptual. En retrospectiva, es sorprendente que estas propuestas, de hace 130 años, hayan sido apenas conocidas o directamente ignoradas por la mayoría de los lingüistas hasta hace relativamente poco. Más sorprendente aún es que la lingüística siga ignorando la distinción fundamental entre la percepción fonológica y la producción fonológica, una distinción para la cual Wernicke mostró evidencia. La mayoría de los lingüistas todavía considera que la fonología es un solo sistema en lugar de dos, uno para la percepción y otro para la producción.

Wernicke también desarrolló una explicación conectivista de la función lingüística en el cerebro (Eggert, 1977). Fuera de esta importante propuesta, la neurolingüística, tal como se ha dicho más arriba, se ha ocupado desde sus orígenes hasta hoy más que nada por la ubicación de las funciones lingüísticas en áreas del cerebro. Esta perspectiva puede denominarse de nivel macroscópico. El nivel relativamente marginado (que involucra las preguntas sobre qué pasa de verdad en aquellas áreas del cerebro que permiten el desarrollo de los procesos lingüísticos y la representación de la información lingüística) puede llamarse nivel microscópico. Este nivel presenta implicaciones mucho más vastas para entender no solo el lenguaje sino también el cerebro mismo.

La importancia del nivel fonológico radica en su pertinencia para con la pregunta fundamental de cómo se procesa la información lingüística en el cerebro. Este nivel resulta fundamental para entender la naturaleza de la información lingüística. Es más, la pregunta puede plantearse de forma mucho más concreta sin la circunstancia "en el cerebro", con lo cual queda

así reformulada: ¿cómo se representa la información lingüística? Una forma de representar la información lingüística es por medio de símbolos, y otra es por medio de conexiones en una red.

Siempre me ha desconcertado que la pregunta sobre la representación de la información lingüística (que debería considerarse de importancia primordial para la ciencia del lenguaje) despierte tan poco interés entre mis colegas. También resulta sorprendente que no haya demasiado interés en las preguntas referidas a cómo se usa la información lingüística en la ejecución de los procesos de producción y comprensión del habla. A medida que se las ve se nota que estas dos cuestiones relativamente postergadas mantienen un vínculo muy íntimo, puesto que los medios para representar la información se relacionan de manera directa con cómo se pone en uso dicha información para el procesamiento lingüístico. Para ser realistas deberíamos concebir la información lingüística en términos tales que pueda funcionar o hacerla funcionar a través de procedimientos plausibles. Este desiderátum puede denominarse "plausibilidad operativa". Un hecho que guarda una relación trascendente con todo esto es que el conocimiento lingüístico de una persona se ha ido desarrollando de alguna manera. Es por lo tanto importante que podamos concebir la información lingüística de una forma tal que se la pueda aprender gracias a algún proceso plausible. Este desiderátum puede llamarse "plausibilidad de desarrollo".

La lingüística no siempre ha manifestado semejante falta de interés. Al principio del siglo pasado, Saussure empezó a llevar adelante la idea de que el sistema lingüístico es básicamente relacional. A mediados del siglo XX esta propuesta fue ampliamente desarrollada por Hjelmslev, quien expresó lo siguiente:

una totalidad no consiste en cosas sino en relaciones... La postulación de que hay objetos diferentes de las relaciones es un axioma superfluo y en consecuencia una hipótesis metafísica de la cual la ciencia lingüística deberá librarse ([1943] 1961, p. 23).

En tanto que nuestros sistemas lingüísticos se representan en nuestras cortezas cerebrales, la evidencia neurológica en el nivel microscópico tiene que darnos luz para entender las preguntas sobre cómo se representa la información lingüística. Estas preguntas no solo son importantes en sí mismas, sino que también pueden darnos luz también para entender cómo se representa otra clase de información, como la información conceptual. Aunque mayormente no se la ha tenido en cuenta, hay una copiosa evidencia neurológica que sirve para tratar estos asuntos.

2. El nivel microscópico: neuronas, columnas de neuronas e información lingüística

Las magnitudes en el nivel microscópico van de los micrones (micrómetros) a los milímetros. Es en este nivel donde hallamos evidencia para las preguntas fundamentales sobre la naturaleza de la información lingüística. (Y en un nivel más microscópico está la escala de los nanómetros. En este nivel se estudian los detalles de la estructura y el funcionamiento de las sinapsis, por ejemplo). Téngase en cuenta que 1 micrón ($1\ \mu\text{m}$) es la millonésima parte de un metro, o la milésima de milímetro, mientras que 1 nanómetro ($1\ \text{nm}$) es una milésima de μm , o la milmillonésima parte de un metro.

Para empezar a explorar este nivel se requiere echar un vistazo a ciertos aspectos significativos de la anatomía cortical. Desde el punto de vista macroscópico puede empezarse con los dos hemisferios cerebrales, que están unidos por el cuerpo calloso, para ir haciendo una aproximación gradual. Cada hemisferio es una estructura tridimensional, pero en términos topológicos resulta más efectivo hacer una descripción simplemente bidimensional, así que la corteza de cada hemisferio se ve como una sábana chica con una superficie de $1,3\ \text{m}^2$ ($1.300\ \text{cm}^2$) y un espesor que oscila entre los 2 mm y 4 mm. Según Mountcastle (1999, pp. 97-98), el espesor promedio de la corteza es de 2,87 mm. La apariencia tridimensional proviene del hecho de que estas dos sábanas chicas tienen que arrugarse lo suficiente como para caber dentro del cráneo. Es entonces por este arrugamiento que hay surcos y circunvoluciones. El espesor (2-4

mm) se explica por la estructura interna de las "columnas corticales", que son columnas consistentes de neuronas más o menos ensambladas una por encima de otra. Cada minicolumna se extiende desde la parte más alta hasta la parte más baja de la corteza, esto es, entre 2 mm y 4 mm de largo, y consta de entre 75 y 110 neuronas. Su diámetro oscila entre los 30 μm y 40 μm . (Los cuerpos celulares de las neuronas piramidales tienen por lo general unos 30 μm de diámetro). Estas medidas, tanto de diámetro como de extensión, son bastantes comparables a las de un palo de teléfono o palo de luz. En una minicolumna prototípica, cerca del 70% de las neuronas son piramidales, un nombre que reciben debido a la apariencia del cuerpo celular. Un racimo de alrededor de 100 minicolumnas contiguas constituye una maxicolumna. Tanto minicolumnas como maxicolumnas son de hecho unidades funcionales muy importantes. Posiblemente, más importantes aún son las que pueden denominarse "columnas funcionales", unidades de tamaño intermedio, es decir, un manojo de minicolumnas más pequeñas que una maxicolumna.

La neurona piramidal es la neurona cortical prototípica. Se orienta en sentido vertical dentro de su minicolumna, con dendritas que se extienden por encima del cuerpo celular hacia la cima de la minicolumna, y un axón que se extiende desde la base del cuerpo celular, con muchas ramificaciones. El axón mayor de neurona piramidal de la corteza es relativamente muy largo, y alcanza no solo la base de su minicolumna sino también otras columnas posiblemente distantes; por ejemplo, desde una minicolumna en el área de Wernicke (en el lóbulo temporal) todo a lo largo para establecer contacto con columnas en el área de Broca (en el lóbulo frontal); o desde el hemisferio izquierdo hacia el derecho. La llamada materia blanca consiste en su totalidad de (miles de millones) de axones, junto con sus vainas de mielina, las cuales proveen aislamiento y facilitan la transmisión de activaciones. Si en la descripción topológica de los hemisferios en términos bidimensionales se incluye la materia blanca, con sus muy abundantes interconexiones, entonces se agrega una tercera dimensión.

La neurona piramidal recibe activación de otras neuronas en las sinapsis distribuidas a lo largo de sus muchas ramificaciones dendríticas y sobre el cuerpo celular. Manda activación a otras neuronas por medio de su axón, que a su vez tiene muchas ramificaciones. Las ramificaciones colaterales del axón se extienden de forma horizontal desde el axón principal hasta las minicolumnas vecinas. La activación de una neurona a otra puede ser de excitación ("excitatoria") o bien de inhibición ("inhibitoria") según el tipo de neurona. Las neuronas piramidales mandan activación excitatoria a otras neuronas.

Alrededor del 70% de las neuronas en la corteza son neuronas piramidales, mientras que el 30% restante consiste principalmente en neuronas inhibitorias de varios tipos y, en la mitad de la columna, neuronas estrelladas espinadas, muchas de las cuales reciben activación del tálamo y la transmiten a otras células de la minicolumna. Como excepción a un enunciado previo debe consignarse que algunos axones inhibitorios se pliegan a los axones de otras neuronas (y no solo a las dendritas y los cuerpos celulares).

Y así, vista en términos topológicos, la corteza puede concebirse como un despliegue bidimensional de nodos interconectados que conforman una red. La tercera dimensión se entiende en virtud de (1) la estructura interna de los nodos y (2) las conexiones de larga distancia entre los nodos, es decir, la materia blanca. Cada nodo de la red se implementa como una minicolumna que tiene una estructura sustentada en un conjunto de 80 a 110 neuronas, tanto excitatorias como inhibitorias. Los nodos se conectan no solo a los nodos adyacentes sino también a los nodos distantes, y además las neuronas están interconectadas dentro de la minicolumna misma de modo tal que todas pueden activarse o desactivarse juntas (la desactivación se da por medio de neuronas inhibitorias).

Las formas alternativas para representar la información, la simbólica versus la conectivista, guardan relación no solo con la plausibilidad operativa sino también con la plausibilidad neurológica. Los problemas operativos de la

representación simbólica saltan a la vista cuando nos preguntamos de qué forma sería posible esa representación en el cerebro.

La representación simbólica de las reglas de la gramática de palabras y/o morfemas es engañosamente fácil de concebir y encaja muy bien con nuestro hábito de ver la información en términos de símbolos que pueden representarse en algún soporte físico, porque es el modo en el que nos hemos acostumbrado a tratar la información por fuera de nuestros cerebros. Sobre el papel, los pizarrones o las pantallas de computadoras y teléfonos celulares la información consta de símbolos. En tanto hipótesis de la naturaleza de la información lingüística, la concepción simbólica se ve defendida por científicos cognitivistas. Por ejemplo, Pinker escribe lo siguiente:

Las representaciones que tenemos en la mente tienen que ser disposiciones de símbolos ... Recuérdese que una representación ... tiene que usar símbolos para representar conceptos, y disposiciones de símbolos para representar las relaciones lógicas entre ellos... (Pinker, 1994, p. 78).

Esta concepción nos lleva a problemas muy serios que por lo general se han ignorado por completo. En términos neurológicos la concepción simbólica no es plausible porque requiere que haya algo en el cerebro que sea capaz de leer la información en forma de símbolos. ¿Hay en el cerebro ojitos pequeños que puedan leer símbolos? No, obviamente no. ¿Y otra clase de dispositivo quizá? Algunos han pensado que tal vez el cerebro almacena información de un modo bastante análogo al de una computadora. Esta hipótesis ha sido analizada por algunos de los más respetados líderes de la investigación en neurociencias (cfr. por ejemplo, Churchland y Sejnowski, 1992). Las memorias de las computadoras sí tienen dispositivos de sensibilidad electrónica conectadas a cada célula de la memoria con la capacidad de detectar si la célula tiene depositada en ella el valor "1" o el valor "0". De acuerdo con la hipótesis computacional, la información se deposita como combinaciones de dígitos binarios, o tal vez como otras clases de símbolos. Más aún, la concepción simbólica necesita mostrar

cómo se manipulan dichos símbolos en procesos como el reconocimiento y la producción.

Sabemos bien cómo funciona el reconocimiento en una computadora: depende de un proceso de comparación. Dado un ítem que debe reconocerse, se usan una o varias estrategias para encontrar los candidatos entre los ítems almacenados en la memoria, y entonces cada candidato se compara con el ítem de a reconocer. Si hay una correspondencia entre el ítem a reconocer y un ítem de la memoria, entonces el reconocimiento ha tenido éxito. Si no hay correspondencia, entonces debe buscarse otro candidato, y así sucesivamente. No debe despreciarse el hecho de que este proceso requiere un equipamiento adicional aún no mencionado: un depósito para todos los símbolos que puedan reconocerse; un *buffer* donde almacenar el input de entrada mientras se desarrolla el proceso; un dispositivo para realizar la comparación (las computadoras usan un circuito especial denominado comparador); y lo más importante, un dispositivo ejecutivo de alguna clase, un homúnculo, que ejecute los procesos; este dispositivo entonces requiere alguna clase de conocimiento del proceso y de cómo llevarlo a cabo (en una computadora, eso está conformado por el programa junto con la unidad de procesamiento central). Más aún, se necesita una considerable cantidad de tiempo para todas estas operaciones, especialmente si la primera comparación no es exitosa y si se necesitan candidatos adicionales para comparar. Todos estos aspectos de la hipótesis según la cual la información lingüística se representa de manera simbólica son fáciles de descartar puesto que las personas desplegamos el reconocimiento y la comparación de los símbolos externos de forma inconsciente, continua y sencilla usando el cerebro, el cual evidentemente representa la información de un modo muy distinto al de la computadora. Lo que ocurre entonces es que damos los procesos de reconocimiento y comparación por sentados, pero se nos debe hacer ver que en verdad involucran una enorme cantidad de procesamiento de información.

De modo similar, si tenemos en cuenta la producción del habla, nunca nadie ha encontrado evidencia neurológica o de otra clase que respalde la

hipótesis de que dicha producción es posible gracias al uso de símbolos que se representan de alguna forma en el cerebro. La alternativa más realista consiste en suponer que lo interno no son las representaciones simbólicas de palabras o morfemas o unidades así, sino los medios para producir tales formas, en el habla o en la escritura.

En cualquier caso, las consideraciones del tipo que estamos haciendo aquí deben ajustarse a la contrastación de las hipótesis de cómo el cerebro procesa la información.

Una alternativa a la concepción simbólica es que nuestro conocimiento lingüístico, y en verdad todo nuestro conocimiento, adopta la forma de conexiones en una red. El enfoque de la red es atrayente desde el punto de vista neurológico porque se sabe gracias a la neurociencia que la corteza cerebral es en efecto una red y que el aprendizaje se da como fortalecimiento de conexiones. De acuerdo con esta concepción, los procesos de hablar y entender funcionan directamente en la red, como patrones de activación que viajan a través de los senderos formados por líneas y nodos. De forma análoga, el aprendizaje se interpreta de forma muy simple y directa: como fortalecimiento de conexiones. Este fortalecimiento es también el proceso mediante el cual se aprenden y se consolidan las expresiones idiomáticas (modismos)¹ y las construcciones sintácticas en general. Tiene que ser así, porque la información está en las conexiones.

Traer a colación las redes puede llegar a desorientar porque muchos de los que tienen contacto con el tema solo están al tanto de un modelo conectivista en particular, el que hicieron conocido Rumelhart y McClelland (1986). Por ello necesito enfatizar que este tipo de red se encuentra muy lejos de ser un modelo conectivista atendible. De hecho, en su forma más

¹ Ejemplos de expresiones idiomáticas, o modismos, en castellano: cara bonita, fin de semana, máquina de cortar pasto, máquina de hacer chorizos, poner las barbas en remojo, cada muerte de obispo, tomar sol, sol de noche, algo huele a podrido en (X lugar), me toman de punto, etc. Las expresiones idiomáticas se aprenden como una totalidad y así deben representarse en el sistema lingüístico. El aprendizaje de las construcciones sintácticas, aun las más complejas, también se explica en términos de establecimiento y refuerzo de conexiones (N. de T.)

difundida, debería descartarse porque carece de plausibilidad neurológica (Lamb, 1999, pp. 118-119). Esta versión se conoce por lo general como conectivismo o PDP (Procesamiento Distribuido Paralelo) (Rumelhart y McClelland 1986), aunque estos términos se aplican de forma apropiada a todo un conjunto de hipótesis alternativas y no solo a la de estos autores. El término "conectivista" es en verdad un término muy antiguo, y se remonta hasta la obra de Wernicke, hace cerca de un siglo y medio (Eggert, 1977). Sin duda Wernicke habría suscrito a la idea de procesamiento distribuido paralelo si el término se hubiera acuñado por aquella época. Podemos referirnos a las de Rumelhart y McClelland como redes del tipo R&M ya que los nombres "conectivismo" y "procesamiento distribuido paralelo" (PDP) no resultan distintivos porque se aplican a todo un conjunto de modelos de redes, aun a algunos que están muy lejos de ser plausibles tanto en términos cognitivos como neurológicos. Desde el punto de vista neurológico, los tipos más simples y conocidos de las redes R&M no son realistas por muchas razones. En primer lugar, tiene muy pocos estratos, en particular, un solo estrato oculto. Pero incluso las funciones perceptivas y motoras más simples utilizan unos cuantos estratos ocultos; en los procesos complejos el número de estratos se hace mayor todavía y participan además muchos diferentes subsistemas. La segunda deficiencia de las redes R&M consiste en que son unidireccionales, pasan de un estrato al del nivel más alto, pero no en la dirección contraria (del más alto al más bajo). Otra vez sabemos gracias a la neurociencia que las conexiones entre niveles son por lo general recíprocas. Una carencia adicional de las redes R&M, muy seria para la aplicabilidad al procesamiento del lenguaje, es que no tienen forma natural o directa de manejar las secuencias y las combinaciones posibles. Hay por añadidura una variedad de problemas con respecto al manejo del aprendizaje: el método normal, que involucra una técnica llamada "de propagación retrógrada" no es realista en términos cognitivos porque requiere de la ayuda externa de un dispositivo maestro que la enseñe. También ocurre que el sistema empieza a trabajar, en el estado previo al aprendizaje, con todos los nodos ya comprometidos y con fuerzas de conexiones aleatorias. Y en el proceso de aprendizaje real las fuerzas de las conexiones pueden tanto aumentar como disminuir.

Todas estas propiedades de las redes R&M son incompatibles con lo que mejor se sabe del cerebro gracias a las neurociencias. Que las redes de este tipo sigan siendo objeto de discusión en círculos de lingüística y también de ciencia cognitiva (a pesar de que no son plausibles en términos cognitivos ni neurológicos) es, en verdad, algo que constituye un misterio.

Por otro lado, hay una clase diferente de modelo de redes, "las redes relacionales", de las cuales se ha venido hablando veinte años antes del modelo R&M (Lamb, 1966). Las redes relacionales se vinculan estrechamente a las redes sistémicas y, de hecho, fue bajo la influencia de Halliday que se desarrollaron. Al igual que las redes R&M, las redes relacionales son conectivistas porque toda la información está en las conexiones y porque funcionan por medio del procesamiento distribuido paralelo. A diferencia de las redes R&M, su estructura es compatible con la de los hemisferios cerebrales tal como se los caracterizó más arriba. Esta compatibilidad se analizará un poco más adelante. Antes de ello es importante reconocer que hay una amplia variedad de evidencia lingüística que respalda la hipótesis de que la estructura lingüística es de hecho una red de relaciones. Que esto por lo general se pase por alto no le resta importancia en absoluto.

3. Evidencia lingüística a favor de las redes relacionales

Para justificar la posición conectivista es de gran ayuda la copiosa evidencia que proviene tan solo de los datos lingüísticos. Un estudio de dicha evidencia lingüística puede partir de una observación inmediatamente aceptable: el sistema lingüístico manifiesta numerosas relaciones de varios tipos entre sus constituyentes, por ejemplo, entre morfemas y fonemas. Ahora, cuando estas relaciones se exhiben de modo completo, los constituyentes en tanto unidades desaparecen porque no tienen existencia independiente de sus relaciones. Por ejemplo, un morfema al que se le puede asignar una representación simbólica, como *gato*, se conecta por un lado con los elementos fonológicos y por el otro con (o hacia) aspectos gramaticales y conceptuales. Si representamos tales relaciones en tanto conexiones en la red, el símbolo *gato* termina por no tener otra función más que la de marcar un

lugar en la red. Podría así quitárselo sin que se perdiera información (Lamb, 1970; Lamb, 1999, pp. 53-62). Cualquier valor que el símbolo pueda tener es algo en definitiva superfluo. Los símbolos que lo integran (*g, a, t, o*) son apenas los indicadores de su composición fonológica, pero la cual por cierto aparece directamente representada en las conexiones fonológicas. Podría pensarse que la única y diferente función que cumple el símbolo es la de distinguir el morfema *gato* de los demás, pero esta función ya la satisface el hecho de que la localización (apenas señalada por el símbolo) es única en la red. Un morfema con una forma fonológica diferente, por ejemplo, podría tener que contar con diferentes conexiones fonológicas. Por ejemplo, el morfema *pato* tendría una conexión con *p* en lugar de una conexión con *g*.

Además de este argumento básico hay varias otras muestras de evidencia empírica proveniente de la observación de los fenómenos lingüísticos que sustentan la hipótesis de que la estructura lingüística es una red de relaciones. Cuando se la considera toda en su conjunto, la evidencia parece abrumadora. Por el contrario, la hipótesis alternativa, que recurre a reglas y otros tipos de información simbólica, resulta muy inapropiada para tratar con las muestras de evidencia de las que estamos hablando.

En primer lugar, las redes relacionales permiten brindar una explicación realista de los procesos del habla y la comprensión. El hecho obvio de que la gente es capaz de hablar y entender lo que dicen los demás pide a gritos una explicación. La Teoría de Redes Relacionales explica pues estos procesos en términos de transmisión de información a lo largo de los senderos provistos por la red (Lamb, 1999, pp. 180-203). Para el oyente, la activación va a través de la red desde la expresión a los conceptos. Para el hablante, la activación empieza comúnmente en los conceptos y, en una primera mirada de un fenómeno que es mucho más complejo, luego sigue las conexiones hacia la expresión.

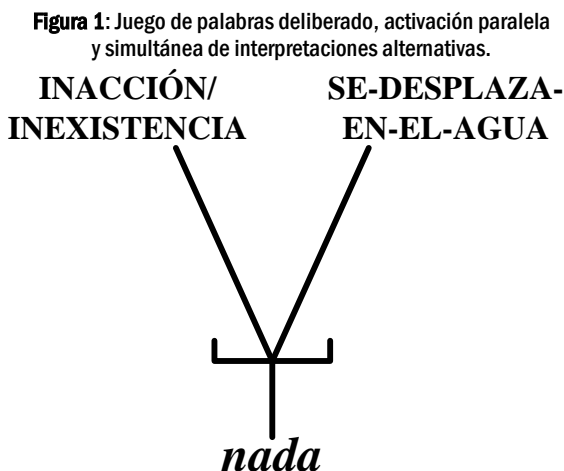
Echemos ahora un vistazo rápido a cómo la red puede manejar el reconocimiento, ya que antes se consideró este proceso en términos de un sistema de símbolos. Supongamos ahora que una palabra hablada está arribando a la red. La activación primero va a lo largo de las conexiones desde

la cóclea hasta el área auditiva primaria de la corteza, a través del tálamo. La activación continuará hacia los nodos de los rasgos auditivos de la palabra, y esos nodos pasarán activación a los nodos de niveles más altos, quizá a los que representan los fonemas. Digo "quizá" porque todavía no sabemos con qué trabaja el sistema de reconocimiento fonológico; si no son fonemas, tal vez transiciones de un fonema a otro. De todas formas, el proceso de reconocimiento funciona en general de este modo independientemente de los constituyentes con que trabaje. Estos nodos de alto nivel, los que se activan debido al reconocimiento de la secuencia *gato*, a su vez le pasan su activación a un nodo de nivel más alto aún, concretamente el que se corresponde con la palabra *gato*. Es justo la activación de este nodo lo que experimentamos como el reconocimiento de la palabra en cuestión. Adviértase que no hacen falta ni un *buffer*, ni un espacio donde mover objetos de un lado a otro, ni dispositivo de comparación. Y lo más importante: no hace falta un dispositivo ejecutivo u homúnculo. Cada nodo en la red es su propio procesador, el cual funciona sobre la base de un principio muy simple: Si el nodo recibe una activación suficiente que satisface el nivel de su umbral, entonces dicho nodo le pasa activación a los nodos de niveles más altos con los que está conectado. Más aún, la organización de la red permite que todos los candidatos posibles sean tenidos en cuenta al mismo tiempo, en paralelo. Esta operación le permite al sistema de la red que vaya reconociendo a medida que ingresan las palabras a una razón de dos o más por segundo, un desafío inimaginable para un sistema que opere con símbolos.

A continuación, permitámonos considerar qué quiere decir que un lexema tiene significado. ¿Cuál es el significado de "tiene" en este contexto? Por supuesto rechazamos la metáfora según la cual la palabra porta el significado como si la palabra fuera un contenedor de alguna clase. Más bien debemos reconocer que el significado no reside en otro lugar sino en la mente de los hablantes de la lengua en cuestión, lo cual implica que el significado puede variar (y muchas veces de hecho varía) de un hablante al otro. Y dentro de cada uno de esos sistemas mentales debe haber una representación de la forma y una representación del significado. Ahora, una vez que establecimos estos términos podemos preguntarnos lo siguiente: ¿cuál es la relación entre la

representación fonológica y la representación conceptual? Seguramente no es que una contenga a la otra. Tampoco es atendible suponer que cada una de estas representaciones está hecha de símbolos y que estos símbolos tienen alguna clase de adyacencia o aun más símbolos que representen su interdependencia mutua. Por el contrario, resulta mucho más simple y razonable que la relación entre la representación fonológica y el significado guarde la forma de una conexión, una conexión recíproca que va de la representación fonológica a la representación del significado, y viceversa.

Adviértase que esta hipótesis tan simple permite dar cuenta de algunos fenómenos de manera muy sencilla. Considérese en primer término la ambigüedad, es decir, una forma simple "con" dos significados (o más). En las redes relaciones esta situación puede captarse por medio de dos conexiones que salen desde una forma, cada una de ellas hacia una representación conceptual diferente. Es importante señalar que esta formulación no solo es simple y directa, sino que también constituye un medio simple y directo para dar cuenta de procesos involucrados en el uso del lenguaje. Por ejemplo, la interpretación de un chiste basado en un juego de palabras involucra la activación simultánea de dos conexiones (**Figura 1**). *¿Qué hace un pez en el agua? Nada.*



Fuente: Elaboración propia

De manera similar, un lexema ambiguo puede ser resultado de un malentendido si el hablante ha activado un significado mientras que el oyente activa otro diferente. Lederer (1987, p. 31) brinda un ejemplo tomado de una interacción real durante un juicio.

Abogado: Sra. Jones, ¿su presencia esta mañana aquí se da de conformidad con un aviso de comparecencia que le hice llegar a su abogado defensor?

Testigo: No. Siempre me visto así cuando voy a trabajar.

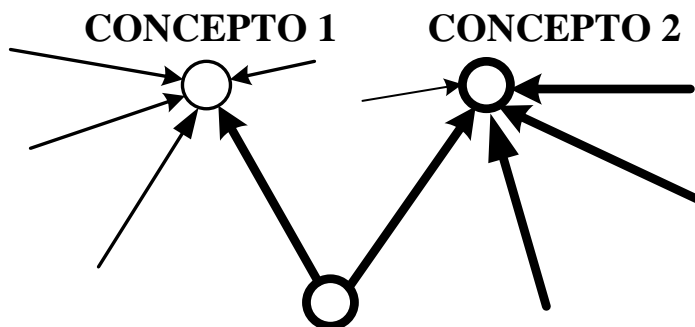
Cuando se representan casos como este en las redes relacionales resulta imprescindible reconocer que el hablante y el oyente tienen dos sistemas lingüísticos (es decir, dos redes de relaciones) diferentes. Este ejemplo nos permite observar una variedad de fenómenos que pueden explicarse muy eficazmente por medio del enfoque de las redes relacionales (Lamb, 1999, p. 202). De manera concreta, podemos dar cuenta de la interpretación de la testigo al advertir que ella parece estar preocupada con su apariencia (concepto que se activa más fuertemente cuando el abogado emite *presencia*) y con asuntos de su situación presente o en desarrollo como activación débil ya presente en su red mental al momento de percibir las palabras del abogado. A este factor debe agregársele otro: los lexemas o las locuciones poco familiares como *de conformidad*, *aviso de comparecencia* e incluso, tal vez, *abogado defensor*, aunque fueron recibidos por su sistema de reconocimiento fonológico posiblemente no hayan generado mucha activación en el sistema léxico-gramatical y, en consecuencia, la activación en el sistema conceptual pudo haber terminado siendo muy baja o casi nula.

Este ejemplo muestra cómo funciona la desambiguación de palabras ambiguas: por medio de la activación de perceptos y conceptos relacionados (es decir, conectados) que representan el contexto lingüístico y extralingüístico (Figura 2).

La ambigüedad involucra múltiples senderos que son alternativos unos con otros. En cualquier lengua tenemos también una copiosa variedad de ejemplos que involucran senderos que *no* son alternativos. En los dos casos anteriores se da una interpretación paralela simultánea, pero en este último caso las

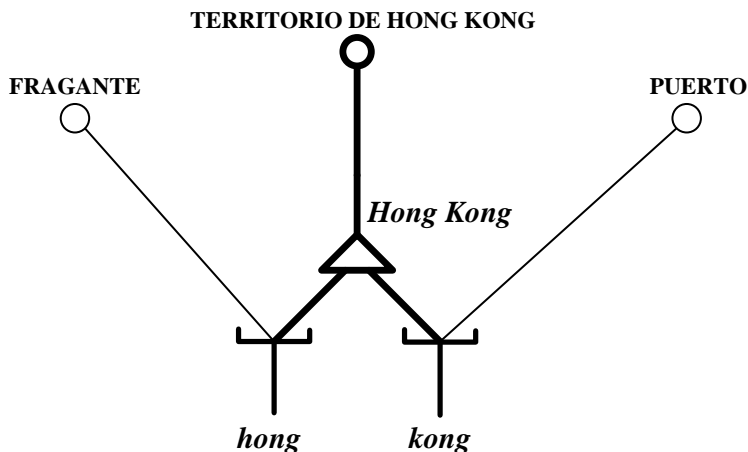
interpretaciones se complementan y no entran en conflicto una con otra. Este es el caso común de los lexemas complejos (cfr. Lamb 1999, pp. 184-197; Müller, 2000). Por ejemplo, el compuesto chino *zhong* [central, medio] más *guo* [reino] es el nombre para China, pero en su interpretación también significa, de forma paralela y simultánea, "reino central".

Figura 2: Desambiguación de una expresión por medio de la activación conceptual. Las conexiones que se están activando se representan con líneas más gruesas. El concepto-2 recibe más activación de las propiedades conceptuales que el concepto 1.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3: Un lexema complejo. Activación paralela y simultánea de su significado primario y su significado en sombra.



Fuente: elaboración propia.

De manera similar *Beijing* tiene dos significados paralelos: uno es el nombre de la ciudad y el otro "capital del norte". Para los hablantes chinos *Hong Kong* es, de forma paralela y simultánea, el nombre del territorio y "puerto fragante" (**Figura 3**). En tales casos podemos hablar de un significado primario y de otro que representa un "significado en sombra" (Chafe, 2000). Podemos dar cuenta de la diferencia al reconocer que el significado primario se activa de modo más fuerte, mientras que los significados en sombra se activan más débilmente. Pero la Teoría de Redes Relacionales permite que ambas clases de significados se activen simultáneamente. La cantidad de activación se relaciona con las fuerzas de las conexiones involucradas. Cuando las conexiones al significado primario se hacen muy fuertes (lo que se representa en las redes por medio de líneas más gruesas), se puede decir que el lexema está fuertemente arraigado. En los casos de arraigo muy fuerte, la activación provista por el significado primario oscurece muchísimo la activación que va hacia el significado en sombra, por ejemplo, en castellano, *luna de miel*, *chivo expiatorio*, *cortina de humo*, *Mar del Plata*, *Buenos Aires*.

Antes de seguir me gustaría proponerle al lector una pequeña actividad: Trate de armar una explicación realista de los fenómenos considerados y de cómo funcionan a partir de una hipótesis según la cual el sistema lingüístico está constituido por símbolos y reglas. Mi pronóstico es que, por más que quisiera intentarlo, no va a poder tener éxito. La actividad puede sin embargo resultar instructiva, porque le permitirá advertir con más claridad que el enfoque simbólico no tiene esperanza de resultar adecuado. La misma actividad podría aplicarse a los ejemplos que siguen.

Muy parecidos a los casos que involucran múltiples posibilidades de interpretación son aquellas manifestaciones permanentes del habla cotidiana en las que hay múltiples posibilidades para expresar un concepto o una idea. En tales casos se advierte a veces una clara evidencia de que la selección de lexemas está determinada por el poder de los factores contextuales intervinientes, tanto lingüísticos como no lingüísticos (Lamb, 1999, pp. 190-194; Reich, 1985). Otra vez, se puede concebir que tales factores contextuales inciden en el recorrido de la activación que va de

conceptos y perceptos a otros con los cuales se conectan. Un ejemplo del habla espontánea real es la selección de *arando* (posible pero menos probable que *corriendo*) en *Cuando vio al puma salió arando del campo de soja*.

Podemos luego preguntarnos cómo funcionan los fenómenos que involucran la asociación, por ejemplo, las alusiones literarias o los actos fallidos. Por ejemplo, el titular del diario que decía *Algo huele a podrido en Catamarca* alude claramente a Hamlet para las personas que conocen la obra de Shakespeare. ¿Cómo puede explicarse la activación de tales asociaciones sin recurrir a la hipótesis de que la información lingüística y conceptual se representa en una red de conexiones?

Contamos con evidencia lingüística adicional gracias a la observación de que los lexemas, aun las expresiones idiomáticas y otros lexemas complejos, manifiestan diversos grados de arraigo en las mentes de los hablantes. Tales grados de arraigo pueden explicarse en términos de la variabilidad de las fuerzas de las conexiones. El fenómeno se relaciona estrechamente con el proceso de aprendizaje, dado que es a través de la activación repetida que las conexiones se hacen más fuertes. Es así que el modelo de la red da cuenta de la gradualidad del aprendizaje como gradualidad del fortalecimiento de las conexiones en el curso del proceso del aprendizaje.

Las redes relacionales también nos permiten dar con medios para explicar los fenómenos de prototipicalidad. La categoría conceptual *ave*, por ejemplo, incluye algunos miembros, como *gorrión*, *hornero*, *paloma* que son más prototípicos que otros, como *pingüino*, *kiwi*, *emú*. Numerosos experimentos psicológicos han utilizado esa evidencia y consideraron el tiempo de reacción para decidir si un ítem es o no miembro de una categoría. La Teoría de Redes Relacionales cuenta con procedimientos simples y directos para explicar estos fenómenos, concretamente gracias a dos dispositivos que además se necesitan para explicar otros fenómenos: (1) la variación en la fuerza de las conexiones (así la propiedad de "volar" se conecta fuertemente con la categoría *ave*) y (2) la variación en los grados

de satisfacción de los umbrales. La fuerza de la activación, la fuerza de las conexiones y el número de las conexiones activadas son factores que en conjunto contribuyen a la velocidad y al grado con que se satisface el umbral de un nodo. Es importante advertir que, aunque estos fenómenos han sido estudiados en muchas publicaciones, jamás se ha llegado a explicarlos sin recurrir a otro modelo que no sea el de la red relacional.

Este breve muestrario (para ver más, consúltese Lamb, 1999; 2004) tiene por objeto sugerir que hay una considerable cantidad de evidencia lingüística a favor de la hipótesis según la cual el sistema lingüístico de una persona es una red relacional. Más aún (hasta donde yo sé) nadie nunca ha propuesto alguna explicación de estos fenómenos de alguna forma alternativa. Aquellos que crean razonable la hipótesis de que el cerebro almacena reglas de la gramática, o palabras, o morfemas u otros símbolos, o que funciona como una computadora, debería verse inclinado, tal vez, a revisar su posición. Esta creencia debería justificarse a partir de alguna clase de evidencia empírica o debería directamente abandonarse.

4. Evidencia neurológica a favor de las redes relacionales

Ahora estamos listos para dar el próximo paso. En la sección 3 se ha visto que, aun fuera de las consideraciones neurológicas, resulta plausible entender que el sistema lingüístico es una red antes que un sistema de reglas y símbolos. También se ha observado que la concepción simbólica del sistema lingüístico no es compatible con la evidencia neurológica, puesto que no hay forma aparente de que las columnas corticales puedan usarse para almacenar dígitos binarios o símbolos de alguna clase. Debemos preguntarnos ahora si la evidencia neurológica respalda la hipótesis de la red.

Estaría bien que pudiéramos ver dentro del cerebro de una persona que está hablando y observar así qué es lo que está pasando ahí. Algunos hasta han supuesto que las neuroimágenes pueden de verdad hacer esa observación. Sin embargo, por ahora al menos, las neuroimágenes son demasiado gruesas como para permitir algún progreso a nivel microscópico. ¿Por qué? Las razones pueden clasificarse bajo dos

encabezados: resolución temporal y resolución espacial. El método más utilizado, la resonancia magnética funcional (fMRI) tiene serios problemas de resolución temporal. Esta técnica mide los cambios en el metabolismo cerebral como producto de la actividad neurológica que ha tenido lugar unos segundos antes apenas (Papanicolau, 1998). Por lo tanto, ofrece solo una descripción indirecta de la actividad cerebral real, por ejemplo, flujos de iones a lo largo de las fibras neurales y flujos de moléculas neurotransmisoras a lo largo de las sinapsis. Agréguese a estos datos que la personas hablamos a una razón de dos o más palabras por segundo y que, para una simple palabra, la actividad cerebral abarca múltiples subsistemas lingüísticos, desde el sistema conceptual hasta los sistemas fonológicos de producción y reconocimiento.

El método del magnetoencefalograma (MEG) brinda una resolución temporal ideal porque detecta la corriente que produce la actividad eléctrica concreta de las dendritas apicales de las neuronas piramidales (Papanicolau 1998). Su resolución espacial puede llegar a ser tan buena como la de la tomografía de emisión de positrones (PET) y la de la resonancia magnética (MRI). Sin embargo, el MEG sigue siendo demasiado grueso como para permitir la observación de lo que de verdad está pasando a nivel microscópico: La activación paralela y simultánea de alrededor 10.000 dendritas de neuronas piramidales produce la energía suficiente para que la detecten los sensores del MEG (Papanicolau, comunicación personal). Si se tiene en cuenta que hay unas 60 neuronas piramidales por minicolumna cortical y así unas 60 dendritas que deben activarse, la activación de 10.000 dendritas requiere la activación simultánea de unas 170 minicolumnas vecinas. Pero la situación es aún peor porque algunas de las 60 células piramidales de la minicolumna tienen sus cuerpos celulares cerca de la parte superior de la columna (en las capas II y III) y sus dendritas apicales son muy cortas, demasiado cortas como para ofrecer actividad eléctrica que sea detectable por los sensores. Por lo tanto, es probable que se requiera la activación simultánea de 250 o más minicolumnas vecinas para que dicha activación pueda ser captada por los sensores del MEG. Hemos aprendido algunas cosas muy interesantes

gracias a los experimentos con MEG, y seguramente habrá más aportes en los años venideros. Pero para el tipo de evidencia que podría informarnos sobre el funcionamiento de la red, cuyas unidades operativas son las columnas corticales, la resolución espacial del MEG no sirve porque no llega a representar los fenómenos significativos en los cuales solo un número mucho más pequeño de minicolumnas se activan de manera simultánea dentro de una determinada área cortical. Los fenómenos más significativos pueden ser de este tipo justamente. En este caso, no hay método de neuroimágenes disponible que pueda detectar de manera confiable esos hechos puntuales en el procesamiento lingüístico.

Y hay más problemas adicionales. Las palabras que son procesadas por un oyente llegan a su sistema a una razón de dos o más por segundo. El proceso de reconocimiento fonológico para la primera parte de una palabra ya va teniendo lugar muy rápidamente en los niveles funcionales del lóbulo temporal mientras la última parte de la palabra todavía está siendo procesada por la cóclea. Para cuando se reconoció la palabra completa la activación sigue avanzando rápidamente a los niveles superiores, mientras que al mismo tiempo el sistema de reconocimiento fonológico continúa procesando la palabra siguiente. Por lo tanto, la activación cortical que se desarrolla durante la recepción de incluso una simple palabra se está dando tan solo después de un par de cientos de milisegundos en numerosas áreas de la corteza: Ningún método de neuroimágenes, ni siquiera el MEG, tiene alguna posibilidad de deslindar los varios patrones de activación resultantes de la percepción de diferentes palabras sucesivas.

Debemos entonces buscar otras fuentes de evidencia empírica. Por suerte, esas otras fuentes existen, pero son indirectas. Por eso es que tenemos que pensar más cuando trabajamos a este nivel. Por un lado, tenemos una considerable cantidad de evidencia de la percepción, un proceso que se ha estudiado muy extensamente en las neurociencias. Los procesos perceptivos de los que hay evidencia empírica son la visión (lóbulo occipital, niveles altos en los lóbulos parietal y temporal), la audición (lóbulo temporal) y la percepción somatosensorial (lóbulo parietal). La

evidencia sobre los procesos perceptivos es muy pertinente para la lingüística porque la comprensión del habla constituye un proceso perceptivo. Esta aserción, que podrá causar sorpresa a algunos lectores, es muy importante. Trataré de justificarla a continuación.

Pero antes es necesario hacer algunas aclaraciones sobre diversos aspectos de la percepción. De manera concreta, deberíamos distinguir un sentido amplio y un sentido estrecho de este término. En su sentido más estrecho la percepción no es otra cosa que el reconocimiento. Es en este sentido por ejemplo que la percepción auditiva se localiza en lóbulo temporal y que la percepción somatosensorial se ubica en el lóbulo parietal. Pero la percepción de cualquier cosa más allá de un nivel trivial es más compleja y por lo general involucra también la corteza motora (en el lóbulo frontal). Por ejemplo, estudios de neuroimágenes han confirmado que si a un individuo se le muestra el dibujo de una mano en varias posiciones y si se le pregunta si se trata de una mano derecha o de una mano izquierda, hay actividad cerebral precisamente en la parte de la corteza que cumple la función de mover la mano. ¿Por qué? Como parte del proceso de identificación, el individuo del experimento se imagina a sí mismo con las manos en la misma posición, puesto que una de las manos se corresponde con lo que le están mostrando en el dibujo y la otra no. Por tanto, debería decirse que en su sentido amplio la percepción incluye la actividad de reconocimiento y la actividad motora (y posiblemente también actividades de imaginación en otras modalidades perceptivas). Este fenómeno da cuenta de las conocidas "neuronas en espejo" (Rizzolatti y Arbib, 1998), neuronas motoras de las cuales se ha descubierto que participan en los procesos perceptivos de los monos. De manera similar, la percepción fonológica incluye no solo el reconocimiento, en el lóbulo temporal, sino también la formación de imágenes articulatorias, en el lóbulo frontal (área de Broca). Así que, aunque el término percepción se sigue usando tanto en su sentido amplio como en su sentido estrecho, deberíamos distinguir el sentido estrecho, que puede llamarse "reconocimiento", del sentido amplio, al que le podemos aplicar el rótulo "percepción".

La comprensión del habla es un proceso de reconocimiento que se da en múltiples niveles. El más bajo de estos niveles es el del reconocimiento de fonemas (o, más probablemente, de las transiciones entre fonemas), sílabas y palabras, y a pesar de que es bajo se puede advertir rápidamente que involucra el reconocimiento, algo que no se advierte con tanta claridad en el caso del procesamiento sintáctico.

Podemos acercarnos al tema de la sintaxis (solo en términos del proceso de comprensión, y no de producción) de dos maneras diferentes. En primer lugar, podemos preguntarnos si es esencialmente distinto o igual que otras clases de procesamiento lingüístico. Si fuera esencialmente distinto requeriría de alguna clase diferente de estructura cerebral. Pero no hay evidencia empírica que justifique esa diferencia. Más bien por el contrario, la totalidad de la corteza exhibe un notable grado de uniformidad, ya esbozado antes cuando se expuso la estructura de la columna cortical. Esta evidencia anatómica se ve respaldada por numerosos hallazgos relativamente recientes acerca de la plasticidad de la corteza, una propiedad que le permite a un área cortical asumir la función de un área vecina que se ha dañado. Esta adaptación no sería posible si las diversas áreas corticales tuviesen estructuras diferentes destinadas a cumplir funciones diferentes.

En segundo lugar, podemos explicar el procesamiento sintáctico en términos de las redes relacionales. Aquí, otra vez, encontramos la misma clase de estructura que se encuentra en cualquier otra parte del sistema lingüístico: Todo se trata de líneas y nodos, y las líneas y los nodos (aun los tipos de interconexión que se necesitan entre los nodos) son básicamente del mismo tipo. Lo que hace que las líneas y los nodos de las construcciones sintácticas parezcan comportarse de un modo diferente es nada más que su ubicación: Están en una posición más alta en la jerarquía de relaciones.

Para decirlo en términos lingüísticos más conocidos, advertimos que la sintaxis no es más que un conjunto de construcciones (véase Goldberg, 1995). Cada construcción tiene propiedades análogas a las de un ítem léxico. De hecho, también hay formas que son intermedias entre los

lexemas y las construcciones, los que llamo "lexemas mutables", por ejemplo, *la madre de todas las/los* <COSA>-s, o la canción del feliz cumpleaños (que se modifica con el nombre del cumpleañosero) son lexemas complejos con uno o más constituyentes variables. Una construcción del tipo más familiar es una estructura similar, una en la cual uno o más constituyentes son variables. Advértase que muchas construcciones que se reconocen comúnmente como tales tienen uno o más constituyentes fijos (y no variables). Por ejemplo, esta construcción incluye el coordinante *o* y el adverbio *no* como elementos fijos.

<PROCESO> *o no* <PROCESO>

Sobre la base de la famosa construcción de Hamlet, *ser o no ser*, se arman construcciones como *cocinar o no cocinar* y tantos otros. Debido a la influencia de la cita original, cualquier disyunción de este tipo parece implicar una inquietud metafísica, aunque se trate de un proceso (tan) material y cotidiano como *cocinar*.

La comprensión de una frase como ésta exige el reconocimiento de cada uno de los lexemas constituyentes junto con el reconocimiento de la construcción. Cada nodo que se activa en este proceso representa un paso de reconocimiento: de una sílaba, de una palabra, de una construcción, o lo que sea. Una vez que se activa, el nodo les manda activación a los nodos de niveles más altos, y los nodos léxicos y sintácticos les mandan activaciones a las estructuras semánticas con las que están conectadas. Este proceso, donde la activación va sucesivamente desde la fonología a niveles sucesivamente más generales o abstractos en la jerarquía de la red, es uno de los niveles de reconocimiento sucesivos, el proceso básico de la percepción, y resulta análogo al caso de los procesos perceptivos (visión, audición, percepción somatosensorial) que sí se han estudiado de un modo completo.

La hipótesis de que la comprensión del lenguaje es fundamentalmente un proceso perceptivo resulta muy importante en la búsqueda de la plausibilidad neurológica de la Teoría de Redes Relacionales, dado que hay

una copiosa evidencia neurocientífica sobre las estructuras neuronales que satisfacen los procesos de la percepción.

Sería posible obtener una confirmación más directa de la validez del modelo si fuera posible hacer alguna clase de estudio neuroanatómico a nivel microscópico de la corteza cerebral humana, donde se desarrolla el proceso de comprensión del habla. Pero no hay forma de hacer tales estudios por medio de métodos conocidos y aceptables en términos éticos. Por otra parte, la condición de "aceptable" o "permisible" ha recibido un trato diferente en lo que respecta a otros sistemas perceptivos que no son la percepción del habla (como la visión, la audición, la percepción somatosensorial) en la medida que estos últimos son sistemas que compartimos con otros mamíferos. La utilización de tejido cerebral vivo para estudios de la percepción no se ha considerado contraria a la ética cuando los estudios se hicieron con gatos, ratas o monos. Y a pesar de que las consideraciones éticas en torno a estos estudios pueden ser objeto de discusión, hay por ellos una considerable cantidad de información disponible. Debe dejarse en claro que esta evidencia es indirecta porque involucra sistemas perceptivos diferentes de la percepción lingüística. Dado que los gatos y los monos carecen de sistemas lingüísticos tal como los conocemos, no tenemos forma de usar el tejido cerebral vivo de estos animales para el estudio directo del procesamiento lingüístico.

Hubel y Wiesel (1962, 1977) han descubierto que la percepción visual de gatos y monos funciona exactamente del modo que sería predicho por el modelo de redes relacionales y que los nodos de la red de la visión se implementan como columnas corticales. Los nodos se organizan en una red jerárquica donde cada nivel pasa a integrar rasgos del nivel siguiente y manda activación a los niveles más altos. Hallazgos similares se han reportado del estudio de la corteza somatosensorial y de la corteza auditiva primaria (véase Mountcastle, 1998, pp. 165-203). Como dice Mountcastle (1998, p. 181), "todos los estudios celulares de la corteza auditiva de gatos y monos han ofrecido evidencia directa de su organización en columnas".

Debe dejarse en claro que estos estudios constituyen evidencia indirecta en la medida que conciernen a la percepción auditiva en niveles más bajos de aquellos involucrados en el reconocimiento del habla. Las neurociencias no examinaron la percepción del habla en gatos y monos porque sencillamente carecen de ese sistema. Pero es importante considerar que en las neurociencias se considera lícita la siguiente extrapolación: Si se ha confirmado que la corteza auditiva primaria de los gatos y los monos funciona de cierta manera, entonces la audición, la visión y la percepción somatosensorial también funcionan de esa cierta manera. No estamos dando un gran salto al suponer que la percepción del habla, un proceso perceptivo de alto nivel, también funciona de esa manera.

También reviste interés el hecho de que, justo en el caso de las redes relacionales para la estructura lingüística, cada nodo/cada columna cortical en estos sistemas tiene una función perceptiva altamente específica. Por ejemplo, en el sistema visual hay, desplegadas en hilera, una serie de columnas cada una de las cuales responde a una línea recta de una orientación particular, de modo que sus columnas vecinas responden a orientaciones ligeramente distintas. De manera análoga, en la percepción somatosensorial, ciertas columnas individuales responden a la estimulación de puntos específicos, por ejemplo, un dedo específico. En el área auditiva primaria las columnas individuales responden a frecuencias específicas.

En los dos o tres párrafos precedentes la palabra "columna" se ha usado más que "minicolumna" o "maxicolumna". Resulta muy probable que en las primeras etapas del aprendizaje una maxicolumna completa (unas 100 minicolumnas contiguas) responda a un rasgo perceptivo significativo o una combinación de rasgos significantes. Las neuronas piramidales tienen dendritas basales que se extienden de forma horizontal a las minicolumnas vecinas dentro de una maxicolumna, de forma tal que pueden ser activadas por sus otras minicolumnas vecinas. Luego, con la ayuda de los ajustes que resultan posibles gracias a las conexiones inhibitorias y a los cambios en los umbrales de activación, los diferentes subgrupos de minicolumnas de una maxicolumna pueden terminar siendo distintivos en la medida que

respondan a uno o más rasgos adicionales (adicionales a aquellos ya establecidos en la maxicolumna completa). El caso límite sería, si se agregaran más y más distinciones, que cada minicolumna aprenda a responder a un conjunto específico de rasgos dentro del conjunto mayor establecido previamente para toda la maxicolumna. La unidad funcional consistente de una o más minicolumnas que se superponen para responder a exactamente el mismo conjunto de rasgos puede denominarse "columna funcional". Dicha columna funcional tiene como tamaño mínimo el de una minicolumna cortical anatómica y como tamaño máximo el de una maxicolumna cortical anatómica.

Arribamos aquí a un punto muy importante de las investigaciones, y es de gran ayuda que estemos prevenidos de cómo puede usarse la evidencia disponible para evaluar el modelo teórico en discusión: La Teoría de Redes Relacionales de la información lingüística. En la honorable tradición de la ciencia, una buena manera de evaluar una teoría consiste en reconocer las predicciones que pueden ser evaluadas, ya sea por medio de la observación o de experimentos. Otro criterio, que guarda relación con lo anterior, es el de falsabilidad: ¿Qué tipos de datos falsarán las hipótesis de la teoría? Podemos hacernos esta pregunta para el caso de la hipótesis de las columnas: Los nodos de las redes relacionales se implementan como columnas corticales a nivel neurológico.

Un test o una evaluación de la hipótesis de las columnas tienen que ver con los tipos de conectividad. El modelo de redes relacionales exige que ciertos tipos de conexiones se manifiesten entre sus nodos y que dichas conexiones tengan ciertas propiedades. Las propiedades pertinentes se han descubierto gracias al análisis de la evidencia lingüística tal como se la expuso aquí y en otras publicaciones (Lamb, 1999, pp. 321-328). Dichas propiedades pueden enumerarse de este modo:

- 1 Las conexiones tienen fuerza variable.
- 2 Las conexiones se fortalecen por medio del uso exitoso (proceso del aprendizaje).
- 3 Las conexiones de una fuerza dada poseen grados de activación variables.

- 4 Los nodos tienen umbrales de activación variables.
- 5 El umbral de un nodo puede variar a lo largo del tiempo (parte del proceso de aprendizaje).
- 6 Las conexiones son de dos tipos: excitatorias e inhibitorias.
- 7 Las conexiones excitatorias son bidireccionales, se conectan prospectiva y retrospectivamente (Damasio, 1989, 1994; Lamb, 1999, pp. 132-136; 2000).
- 8 Las conexiones excitatorias pueden ser locales o distantes.
- 9 Las conexiones inhibitorias son exclusivamente locales.
- 10 Las conexiones inhibitorias pueden conectarse tanto con un nodo como con una línea; el elemento de bloqueo se adhiere a una línea (Lamb, 1999: 80-81).
- 11 En las primeras etapas (pre-aprendizaje) la mayor parte de las conexiones son muy débiles (latentes).
- 12 Un nodo (al menos algunos nodos) tiene que incluir un elemento interno de espera (un retraso o "delay"). Dicho elemento interno de espera es necesario para la producción de secuencias, por ejemplo, las partes de una sílaba o los constituyentes de una construcción (Lamb, 1999, pp. 97-101).

Estas propiedades bastante específicas están determinadas por consideraciones lingüísticas. Son propiedades que se le exigen a la Teoría de Redes Relacionales para dar cuenta de los datos y procesos lingüísticos, aun los del aprendizaje. Las doce propiedades constituyen entonces predicciones de la teoría acerca de propiedades que tienen que estar presentes en el cerebro en el caso de que la hipótesis de la Teoría de Redes Relacionales sea verdadera. En los términos de la falsabilidad, si alguna de estas propiedades no está presente en las columnas corticales de la corteza y sus interconexiones, entonces la hipótesis habrá sido falsada.

Lo que descubrimos, después de examinar la evidencia sobre las columnas corticales y sus interconexiones gracias a los datos que ofrecen las neurociencias, es que cada una de las doce características está presente en las minicolumnas y sus interconexiones (Lamb 1999, pp. 321-329). El elemento interno de espera (o "delay"), que figura en el 12º lugar de la lista, se implementa de la siguiente manera: Las fibras del axón se ramifican desde los axones de las células piramidales dentro de una columna y se conectan de

forma vertical con otras células en la misma columna; desde la capa VI las fibras del axón se proyectan de forma ascendente y desde las capas superiores se proyectan de forma descendente. Esta activación de la circulación entre las células piramidales de una misma columna mantiene viva la activación hasta que resulta apagada por la actividad de las neuronas inhibitorias con axones que se despliegan verticalmente dentro de la misma columna. Estas células inhibitorias se llaman células canastas dobles.

También puede traerse a colación la evidencia cuantitativa en el trabajo de contrastación de hipótesis. ¿Hay suficientes columnas corticales disponibles para el procesamiento de información en el cual se comprometen las personas?, ¿o hay demasiadas? Que haya demasiadas columnas corticales podría sugerir que los seres humanos nunca hacen un buen uso de la capacidad que tienen disponible; que la cantidad exceda aun la demasía podría sugerir que la hipótesis está fuera de escala y no se ajusta a la realidad. Es importante ponderar la evidencia cuantitativa porque las estructuras neurológicas son lo suficientemente complejas como para permitirnos concebir muchas posibilidades diferentes de procesamiento lógico. En un nivel muy microscópico puede observarse que la ramificación de una simple dendrita da lugar a la posibilidad de implementar puertas lógicas. A nivel más amplio, la neurona individual puede concebirse como un procesador lógico complejo. La hipótesis que se sostiene aquí es que el módulo lógico fundamental de las redes relacionales es la columna cortical (un manojo de unas cien neuronas o más). Alguien podría sugerir que se trata de un extravagante desperdicio si se comparan las cantidades disponibles en cada nivel. Parece que se están tirando a la basura, por así decirlo, las abundantes posibilidades de procesamiento lógico disponibles a niveles más microscópicos. (En verdad, no hay que suponer que tales posibilidades quedan desperdiciadas en la hipótesis de la columna, porque probablemente participan de operaciones de ajuste fino). Para construir una base que permita tomar una opción en este dilema, las estimaciones cuantitativas son fundamentales. Preguntémonos pues si es realista suponer que puede haber disponibilidad de suficientes nodos en los lugares correctos como para que le

sirvan a una persona a lo largo de toda una vida de aprendizaje, todo esto encuadrado en la hipótesis de que los nodos se implementan como columnas corticales. Aquellos que defienden el uso de elementos más microscópicos como módulos básicos de procesamiento podrían posiblemente argumentar que la capacidad evidenciada por los seres humanos supera la disponibilidad que habría gracias a la cantidad de columnas en la corteza.

Podemos estimar la capacidad que ofrece el modelo sobre la base de la hipótesis según la cual los nodos de la red se implementan como columnas corticales y comparar esa cantidad con estimaciones razonables para personas reales. Por supuesto, no es de hecho posible estimar la capacidad de información de los seres humanos de ninguna manera general, pero sí podemos tener en cuenta un área lo bastante conocida como para sugerir una aproximación. Un área bastante conocida es la de la capacidad del vocabulario. Consideremos el área en la que están nuestras representaciones fonológicas. A partir de los datos de la afasiología y de las neuroimágenes es razonable proponer la hipótesis de que este subsistema se corresponde con el área de Wernicke en el sentido estrecho del término; esto es, la parte superior posterior del lóbulo temporal izquierdo, plano temporal incluso.

Para nuestro test de falsabilidad necesitamos estimar el número de columnas corticales disponibles en esta área de la corteza. Es posible hacer estimaciones gruesas si se mide la superficie cortical y se la multiplica por una estimación razonable del número de columnas corticales por centímetro cuadrado en la superficie cortical. En un caso típico, el área de Wernicke abarca la parte posterior de la circunvolución temporal superior y se extiende también a la fisura silviana (el plano temporal) y al surco temporal superior, quizá también a la circunvolución temporal media. La extensión horizontal, tal como puede medírsela a lo largo de la parte superior de la circunvolución temporal, es de unos 3cm en un individuo típico. Por su parte la extensión en dirección ortogonal abarca unos 3cm en el plano temporal (en la fisura silviana), 1,5 cm o más para la circunvolución temporal superior y 2,5 cm para el surco temporal superior. De acuerdo con estas medidas gruesas tenemos una superficie de unos 3 cm por unos 7 cm: Toscamente, unos 20 cm². Según las estimaciones

de Mountcastle (1998, p. 96) el número de maxicolumnas corticales por centímetro cuadrado de corteza cerebral es de alrededor de 1.400. Como hay unas 100 minicolumnas por maxicolumna y el área de Wernicke tiene aproximadamente 20 cm², se llega a las siguientes estimaciones (Tabla 1):

Tabla 1. Estimación del número de columnas corticales.

	Por mm ²	Por cm ²	Área de Wernicke
Cantidad de minicolumnas	1.400	140.000	2.800.000
Cantidad de maxicolumnas	14	1.400	28.000

Fuente: Producción propia a base de datos de Mountcastle (1998, p. 96).

Aunque estos cálculos sean muy toscos, también son lo bastante aproximados como para satisfacer nuestros propósitos; pero es más difícil estimar el número de columnas "funcionales" en un sistema de percepción fonológica. El número de columnas funcionales es presumiblemente intermedio entre los límites máximo y mínimo, la maxicolumna y la minicolumna respectivamente. El número de minicolumnas, el límite superior absoluto de capacidad, probablemente no se alcance nunca puesto que requeriría el uso máximamente eficiente de la capacidad disponible en cada minicolumna. Una estimación realista del número de columnas funcionales podría ser 280.000, si se supone que las maxicolumnas se han particionado en 10 columnas funcionales cada una.

De acuerdo con la teoría de redes relacionales el área de Wernicke necesita suficientes nodos como para representar las unidades fonológicas que una persona podría llegar a conocer, incluso sílabas, palabras fonológicas, frases fonológicas fijas. Un cálculo generoso sería 50.000 representaciones para cada lengua, un número que se ajusta muy bien a la disponibilidad de 280.000 columnas funcionales. Pero necesitamos tener en cuenta el multilingüismo. Si multiplicamos 50.000 por 20 para el caso de un políglota fenomenal que sea fluido en 20 lenguas, tenemos el requerimiento de un 1.000.000 de nodos/columnas. Este número también se ajusta a la capacidad máxima de minicolumnas disponibles, 2.800.000. Sin embargo,

esto se logra a expensas de suponer una utilización sumamente eficiente de todo el dispositivo de columna, lo que termina siendo poco realista. Por otro lado, es probable que el sistema del políglota no duplique de forma completa la representación del vocabulario, sino que aproveche las similitudes que hay entre varias lenguas, en especial cuando son muy obvias como en el caso del castellano y el italiano. También es probable que el políglota no necesite un vocabulario tan rico en todas las lenguas que maneja, sino solo en algunas. Un factor adicional es la plasticidad del cerebro, la cual permite que en el sistema de un individuo tan especializado en el conocimiento de idiomas se vayan reclutando nodos para formar un área más grande para la percepción fonológica en relación con la superficie del área equivalente en otros individuos más típicos. Hay espacio adicional en áreas adyacentes, como la circunvolución temporal media, así como también el área homóloga del área de Wernicke en el hemisferio derecho, y hasta hay evidencia de las neuroimágenes según la cual dichas áreas adicionales son frecuentemente utilizadas por personas plurilingües para la percepción fonológica (Dehaene et al., 1997; Kim et al., 1997).

Ni hace falta decir que se han manejado estimaciones muy gruesas, pero dado el actual desarrollo de nuestro conocimiento sobre el cerebro todo lo que estamos buscando es una correspondencia general en el orden de las magnitudes. Y parecemos ya tenerla.

Por otro lado, puede aplicarse este proceso de contrastación a la hipótesis según la cual la información lingüística adopta la forma de símbolos. En este caso podemos considerar solo la necesidad que tendría un hablante monolingüe de almacenar 50.000 formas fonológicas. Entonces multiplicamos esa cifra por el número de columnas requeridas para almacenar cada ítem. Si los ítems se representan como combinaciones de rasgos distintivos y si hay un promedio de 40 rasgos por lexema y si cada columna debe almacenar cada rasgo entonces necesitamos satisfacer la siguiente estimación:

$$50.000 \text{ formas} \times 40 \text{ columnas por forma} = 2 \text{ millones de columnas}$$

Y la estimación no tiene en cuenta el multilingüismo. Sin mencionar problemas adicionales, uno de los no menores, es que nadie jamás ha propuesto una teoría razonable de cómo una columna cortical puede usarse para almacenar información. Pero la hipótesis simbólica es falsada de manera aún más decisiva por medio de la contrastación aquí desarrollada.

El último test o procedimiento de contrastación tiene que ver con el "fascículo arqueado", un manojo de fibras que conecta el reconocimiento fonológico (área de Wernicke) con la producción fonológica (área de Broca). El fascículo arqueado constituye el mejor ejemplo de un importante problema que deberían considerar todos quienes quieran armar una teoría de cómo se representa la información lingüística, tanto en el cerebro como en un modelo abstracto o general. Una persona que tiene una imagen auditiva de una palabra sabe inmediatamente cómo decirla. ¿Cómo se transmite la información representada en el sistema de reconocimiento fonológico (área de Wernicke) al sistema de producción fonológica (área de Broca)? Sabemos que son dos subsistemas diferentes y que funcionan en dos áreas corticales diferentes. Y cada una trabaja con su propio tipo de información: Los rasgos perceptivos no son lo mismo que los rasgos articulatorios. La posibilidad de transmitir información de un sistema al otro depende directamente de cómo se representa la información. Si estuviera representada por medio de símbolos necesitaríamos un circuito para transmitir dichos símbolos. ¿Cómo debería ser ese circuito o conducto? Para quienes creen que la computadora constituye una metáfora del funcionamiento del cerebro, se trata de un manojo de fibras análogo al bus (o conector) de una computadora. Las computadoras sí almacenan símbolos, como combinación de dígitos binarios, y transmiten los símbolos de una parte de la computadora a otra por medio de un bus (o conector), que consta de un manojo de cables cuyo número es 16, 32 ó 64. Un bus de 32 bits puede transmitir 2^{32} (más de cuatro mil millones) de representaciones simbólicas. Si un dispositivo como este se usara en el cerebro para transmitir símbolos de la producción fonológica a la percepción fonológica, entonces un bus de este tipo sería más que

suficiente, aun si se permitiera un alto nivel de redundancia. Pero el fascículo arqueado tiene más de 32 fibras. El número no se conoce bien aún, pero el fascículo arqueado es lo bastante grande como para verlo sin la ayuda de un microscopio y es tan grande de hecho que debe tener varios cientos de miles, tal vez millones, de fibras.

Pero la hipótesis simbólica tiene otro problema más: ¿Cómo se convierte la información de la representación de rasgos perceptivos a la representación de rasgos articulatorios?

Por el otro lado, si la información se representa bajo la forma de una red relacional, tales problemas desaparecen y se explica con facilidad el gran número de fibras en el fascículo arqueado. El nodo de la forma perceptiva (sílabas, palabras fonológicas) se conecta (localmente, dentro del área de Wernicke) con aquellos nodos que representan sus rasgos perceptivos, y el nodo correspondiente en la producción fonológica se conecta con sus rasgos articulatorios. Tan solo se necesita una conexión directa de uno a otro, una única conexión para cada forma fonológica. Y esto resuelve el problema de por qué el fascículo arqueado tiene muchas fibras: Necesita una fibra individual (o tal vez más de una, en términos de la redundancia) para cada forma fonológica representada en el sistema. Más aún, el modelo de la red predice que la terminación de entrada del fascículo arqueado tiene que estar ampliamente distribuida a través del área de percepción fonológica puesto que cada una de sus fibras tiene que conectarse con su propio nodo. Si se considera la estructura anatómica se advierte que esta predicción se confirma de modo preciso. De hecho, tiene que ser así porque las fibras del fascículo arqueado son axones de neuronas piramidales provenientes de cientos de miles de columnas distribuidas a lo largo y a lo ancho del área de Wernicke. Estas fibras tienen pues su origen a ubicaciones precisas dentro de esa área.

El tema de si el fascículo arqueado tiene o no fibras que vayan en la dirección opuesta, del área de Broca al área de Wernicke, es algo que aún debe determinarse. Pero dondequiera que haya de darse esta

determinación, las conexiones corticocorticales son por lo general recíprocas.

5. Observaciones finales

En las neurociencias y en la psicología es común que se busque respaldo en experimentos para justificar las hipótesis. Es así que se recurre a experimentos con neuroimágenes, experimentos con microelectrodos insertados en cerebros de animales, y varios más. Pero los experimentos como esos no son posibles para obtener la información que nos gustaría tener acerca del lenguaje y el cerebro. Las neuroimágenes son demasiado gruesas excepto para un estudio a nivel macroscópico, de ubicación general. Los experimentos con tejido cerebral de animales vivos no se hacen con personas por razones éticas. Y los experimentos con animales se han aplicado a la percepción visual, auditiva y somatosensorial de dichos animales, pero no pueden aplicarse a la percepción lingüística porque dichos animales no tienen un sistema tal. He tratado de mostrar, con todo, que a pesar de la falta de evidencia directa contamos con una considerable cantidad de evidencia indirecta que permite evaluar la plausibilidad neurológica de la Teoría de Redes Relacionales.

La lingüística y las neurociencias pueden beneficiarse con importantes contribuciones mutuas. Por un lado, la evidencia neurológica está ahí disponible para considerar la viabilidad de teorías lingüísticas alternativas. Siendo este el caso, la evidencia lingüística no puede ignorarse. Por el otro lado, los estudios de las redes relacionales, así como también estudios más generales del lenguaje que pueden vincularse a las redes relacionales, permiten empezar a entender preguntas importantes sobre cómo el cerebro representa toda clase de conocimiento, no solo la información lingüística. Los resultados de estas investigaciones pueden ser de enorme interés para las neurociencias cognitivas y tal vez para otros campos, incluso la filosofía.

Aunque parte del territorio explorado en los pasajes de este trabajo es menos que conocido para muchos lingüistas, el recorrido que hicimos apenas empieza a tratar el asunto. Muchos problemas fundamentales ni

siquiera se mencionaron, por ejemplo, los problemas de combinación y otros problemas de sincronización que tal vez puedan entenderse como circuitos talamo-corticales. Una gran cantidad y variedad de oportunidades espera a quienes sean lo bastante corajudos como para no esquivar estos problemas y aventurarse en este rico y fascinante campo de investigación.

Referencias bibliográficas

- Chafe, W. (2000). Loci of diversity and convergence in thought and language. In M. Pütz and M. H. Verspoor (eds) *Explorations in Linguistic Relativity*. John Benjamins.
- Churchland, P. and Sejnowski, T. (1992). *The Computational Brain*. MIT Press.
- Damasio, A. (1989). The brain binds entities and events by multiregional activation from convergence zones. *Neural Computation*, 1, 123–32.
- Damasio, A. (1994). *Descartes' Error: emotion, reason, and the human brain*. Putnam.
- Dehaene, S., Dupoux, E., Mehler, J., Cohen, I., Paulesu, E., et al. (1997). Anatomical variability in the cortical representation of first and second language. *NeuroReport*, 8, 3809–3815.
- Eggert, G. H. (1977). *Wernicke's Works on Aphasia: a sourcebook and review*. Mouton.
- Goldberg, A. (1995). *Constructions: a construction grammar approach to argument structure*. University of Chicago Press.
- Hjelmslev, L. [1943] (1961). *Prolegomena to a Theory of Language*, English translation by F. J. Whitfield (Originally published in Danish as *Omkring Sprogteoriens Grundlæggelse* by E. Munksgaard, Copenhagen), University of Wisconsin Press.
- Hubel, D. and Wiesel, T. N. (1962). Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex. *Journal of Physiology* (London), 160, 106–54.
- Hubel, D. and Wiesel, T. N. (1977). Functional architecture of Macaque monkey cortex. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 198, 1–559.
- Kim, K. H. S., Relkin, N. R., Lee, K. M. and Hirsch, J. (1997). Distinct cortical areas associated with native and second languages. *Nature*, 388, 171–4.
- Lamb, S. M. (1966). *Outline of Stratificational Grammar*. Georgetown University Press.
- Lamb, S. M. (1970). Linguistic and cognitive networks. In P. L. Garvin (ed.), *Cognition: a multiple view*, Spartan Books.
- Lamb, S. M. (1999). *Pathways of the Brain: the neurocognitive basis of language*. Benjamins.

Lamb, S. M. (2000). Bidirectional processing in language and related cognitive systems. In M. Barlowe and S. Kemmer (eds.), *Usage-Based Models of Language*, CSLI Publications.

Lamb, S. M. (2004). *Language and Reality*. Edited by J. Webster. Continuum.

Lederer, R. (1987). *Anguished English*. Dell Publishing.

Mountcastle, V. B. (1998) *Perceptual Neuroscience: the cerebral cortex*. Cambridge: Harvard University Press.

Müller, E-A. (2000). Valence and phraseology in stratificational linguistics. In D. G. Lockwood, P. H. Fries and J. E. Copeland (eds.), *Functional Approaches to Language, Culture, and Cognition*, Benjamins.

Papanicolaou, A. C. (1998). *Fundamentals of Functional Brain Imaging: a guide to the methods and their applications to psychology and behavioral neuroscience*. Swets and Zeitlinger.

Pinker, S. (1994). *The Language Instinct*. Morrow.

Reich, P. (1985). Unintended puns. *LACUS Forum*, 11, 314–22.

Rizzolatti, G. and Arbib, M. A. (1998). Language within our grasp. *Trends in Neurosciences*, 21, 188-94.

Rumelhart, D. E. and McClelland, J. L. (1986) *Parallel Distributed Processing: explorations in the microstructure of cognition*. MIT Press.

Nota biográfica

Sydney M. Lamb (nacido el 4 de mayo de 1929 en Denver, Colorado, EE. UU.) es un lingüista estadounidense y creador de la Teoría de Redes Relacionales (*Relational Network Theory*), un modelo del lenguaje concebido como neurológicamente plausible. Obtuvo el doctorado en 1958 en la Universidad de California, Berkeley, donde impartió clases entre 1956 y 1964 y dirigió el Proyecto de Traducción Automática durante el mismo período. En 1964 se incorporó al cuerpo docente de la Universidad de Yale. Posteriormente, en 1977, pasó a formar parte del equipo de *Semionics Associates* en Berkeley, California.

En 1981 fue nombrado profesor de lingüística y semiótica en la Universidad Rice de Houston, donde en 1983 se le otorgó la cátedra Agnes Cullen Arnold en Lingüística y, en 1996, el título de profesor de Ciencias Cognitivas. Desde 1998 es profesor emérito de dicha universidad.

El trabajo del profesor Lamb abarca diversos campos, desde el estudio de las lenguas indígenas norteamericanas hasta la lingüística computacional y la traducción automática, con especial énfasis en los mecanismos neurocognitivos subyacentes al lenguaje. Su Teoría de Redes Relacionales sostiene que el sistema lingüístico, al igual que el sistema cognitivo en general, es puramente relacional, y que el procesamiento lingüístico consiste en la activación selectiva de rutas dentro de subredes interconectadas que forman parte de la red cognitiva global.