

UNA EXPLICACIÓN CONECTIVISTA DE POR QUÉ Y CÓMO APRENDEMOS A HABLAR

A CONNECTIVIST EXPLANATION OF WHY AND HOW WE LEARN TO SPEAK

José María Gil*

Universidad Nacional de Mar del Plata-CONICET
Mar del Plata-Argentina

Recibido abril de 2021/Received April, 2021
Aceptado septiembre de 2021/Accepted September, 2021

RESUMEN

La teoría de redes relacionales es un modelo conectivista que permite entender que el sistema lingüístico de una persona es, al mismo tiempo, un sistema biológico y un producto de la cultura. En efecto, el desarrollo de las estructuras lingüísticas que tienen su asiento en el cerebro es lo que hace posible que las personas interactúen unas con otras en las más variadas situaciones comunicativas, cada una de estas tiene lugar en el contexto de la cultura. En este artículo se ofrece una explicación relacional y conectivista de por qué y cómo los seres humanos aprendemos a hablar. Aprendemos a hablar porque necesitamos comunicarnos, es decir, reconocer e intercambiar de forma continua los más diversos tipos de significados. Y el aprendizaje de la lengua materna consiste en la creación de una red de relaciones, esto es, de un vasto y complejo sistema de nodos interconectados entre sí. Estas explicaciones de por qué y cómo se aprende el lenguaje resultan consistentes no solo con la evidencia lingüística directamente observable, sino también con la evidencia neurológica provista por la neuroanatomía y la conectómica.

Palabras claves: Aprendizaje, lengua, comunicación, cognición, conectómica.

ABSTRACT

The relational network theory is a connectivist model that allows us to understand that a person's linguistic system is, at the same time, a biological system and a product of culture. Indeed, the development of linguistic structures that have their seat in the brain is what makes it possible for individuals to interact with each other in the most varied communicative situations, each of which takes place in the context of culture. This paper offers a relational and connectivist explanation of why and how human beings learn to speak. We learn to speak because we need to communicate, that is, we need to continuously recognize and exchange the most diverse types of meanings, and mother language learning consists in the creation of a network of relationships, a vast and complex system of interconnected nodes. These explanations of why and how language is learned are consistent not only with directly observable linguistic evidence, but also with the neurological evidence provided by neuroanatomy and connectomics.

Key Words: Learning, language, communication, cognition, connectomics.

1. INTRODUCCIÓN: EL LENGUAJE COMO SISTEMA NEUROCOGNITIVO

En este artículo se efectúa un análisis de las explicaciones relacionales de por qué y cómo se desarrolla el aprendizaje de la lengua materna.

La primera explicación (que da cuenta de la causa) establece que las personas aprenden a hablar

porque necesitan entender el mundo, entender a los demás y hacerse entender por ellas.

La segunda explicación (que es acerca del cómo) sostiene que el aprendizaje de la lengua consiste en la creación de una compleja y vasta red de relaciones que conecta información fonológica, léxico-gramatical y semántica.

* Autor correspondiente / Corresponding author: josemaria@gilmdq.com

Ambas explicaciones son compatibles con la evidencia empírica, tanto lingüística como neurológica. De manera especial, la segunda explicación (“el aprendizaje de la lengua consiste en el desarrollo de una red de relaciones”) satisface el requisito de plausibilidad neurológica porque resulta consistente con lo que se sabe del cerebro gracias a la neuroanatomía y a la conectómica.

Estas dos explicaciones acerca de la causa y el modo son conectivistas y se enmarcan en la “teoría de redes relacionales” (Lamb, 1999, 2005, 2006, 2013, 2016). Permiten entender que el lenguaje es un complejísimo fenómeno de naturaleza biológica y cultural a la vez. Tanto la disposición neurobiológica como el entorno de la cultura resultan imprescindibles para el aprendizaje de la lengua materna.

Para empezar, podría consignarse, por ejemplo, que entre los 10 y los 12 meses los niños ya son capaces de llamar la atención de los demás por medio de actos de ostensión y que también son capaces de entender los actos de ostensión de los otros. Esta capacidad sociocognitiva de “interpretar intenciones” tendrá gran importancia para el desarrollo de toda forma de comunicación.

En efecto, cerca del año de vida, los niños ya son capaces de señalar algo de forma ostensible o de balbucear las primeras palabras con la intención de pedir o informar. Según Tomasello (1988, 2003, 2008, 2011), el sistema lingüístico se empieza a desarrollar precisamente a partir de necesidades comunicativas como las de pedir o informar. De manera paralela, el desarrollo de las funciones lingüísticas es consistente con los cambios estructurales que se dan en el cerebro desde la infancia temprana hasta la senectud (Giedd y Rapoport, 2010; Westerhausen *et al.*, 2011; Roselli *et al.*, 2014).

Las interacciones comunicativas, que siempre tienen lugar en un contexto de cultura, ejercen una influencia decisiva en el desarrollo lingüístico desde muy temprano, por ejemplo en el fenómeno de “estrechamiento perceptivo”. En efecto, la percepción es muy amplia al nacer, pero se va haciendo más selectiva (“más estrecha”) a medida que pasa el tiempo (Kelly *et al.*, 2007). Así, un recién nacido está en condiciones de identificar los fonemas de cualquier lengua, pero ya hacia el año de vida manifiesta una significativa y previsible declinación en la capacidad de reconocer los sonidos que no corresponden a fonemas de su lengua materna (Werker y Tees, 2002; Kuhl *et al.*, 2008).

Ahora bien, cada uno de los subsistemas lingüísticos que se desarrollan a partir de las interacciones comunicativas tiene asiento en algún área identificable del cerebro. Por ejemplo, el sistema de producción fonológica se localiza en un área bien conocida, el área de Broca. A su vez, el subsistema de producción fonológica está conectado de forma muy rica y compleja con otros subsistemas. Si en el cerebro hubiera compartimentos estancos podría pensarse, por ejemplo, que los pacientes con daños en el área de Broca deberían tener problemas tan solo con la producción y no con el reconocimiento. Pero los pacientes con afasia de Broca experimentan dificultades para entender oraciones de sintaxis compleja. La razón de ello es que los diferentes subsistemas lingüísticos trabajan de forma interactiva.

En efecto, para entender una oración relativamente larga y compleja como “Muchos años después, frente al pelotón de fusilamiento, el coronel Aureliano Buendía había de recordar aquella tarde remota en que su padre lo llevó a conocer el hielo” (García Márquez, 1967, p. 9) por lo general seguimos “oyendo mentalmente” esa oración.

De manera concreta, para emitir y para comprender oraciones complejas nos servimos de la conexión entre el área de producción fonológica (área de Broca) y el área de reconocimiento fonológico (área de Wernicke). Dichas áreas están materialmente conectadas por el fascículo arqueado, un tracto de fibra blanca que posibilita la conectividad bidireccional de larga distancia (Lamb, 1999, pp. 217-218). Como vemos, en el sistema lingüístico del cerebro la conectividad es tan compleja que la comprensión requiere de la producción, y viceversa.

Los intentos de refutar que un subsistema como la producción fonológica tenga su asiento en un área identificable han sido infructuosos. Para ver un ejemplo problemático, hay personas que preservaron las habilidades lingüísticas a pesar de que perdieron el centro cortical que supuestamente se hubiera requerido para dicha habilidad según una interpretación localista estrecha.

Por ejemplo, John Pinel cuestiona severamente la concepción localista-conectivista de Wernicke reelaborada por Norman Geschwind (1964, 1965). Pinel (1993) cita varios casos documentados por Penfield y Roberts (1959), en especial el de un joven de 18 años, D. H., a quien tuvieron que extirparle el área de Broca (y también la circunvolución precentral adyacente y parte del surco temporal superior). Aun así, D. H. fue capaz

de hablar después de una cirugía tan invasiva. Para Pinel este dato constituye una refutación devastadora de la hipótesis localista-conectivista.

Sin embargo, el fenómeno se explica en virtud de la plasticidad de la corteza cerebral, la que también contribuye a entender los casos de lateralidades cruzadas, es decir, los casos en los que los sistemas lingüísticos no se representan exclusivamente en el hemisferio izquierdo.

Si el área que por su ubicación se hubiera usado para cierta función no está ya disponible, entonces un área adyacente puede asumir dicha función. En efecto, Penfield y Roberts (1959) cuentan que D. H. había padecido ataques que terminaron dañando el habla desde los tres años. Después de la operación D. H. ya no tuvo más ataques ni dificultades para hablar. Por ello concluyen que “la anomalía congénita había causado el desplazamiento de la función” (Penfield y Roberts, 1959, p. 163). El área cortical que en la mayor parte de las personas se corresponde con las áreas 44 y 45 de Brodman (*pars opercularis* y *par triangularis* respectivamente) había sufrido daños en la primera infancia y por ello otra área cortical vecina, que no

tenía daños, fue la que terminó encargándose de la producción del habla, años antes de la operación.

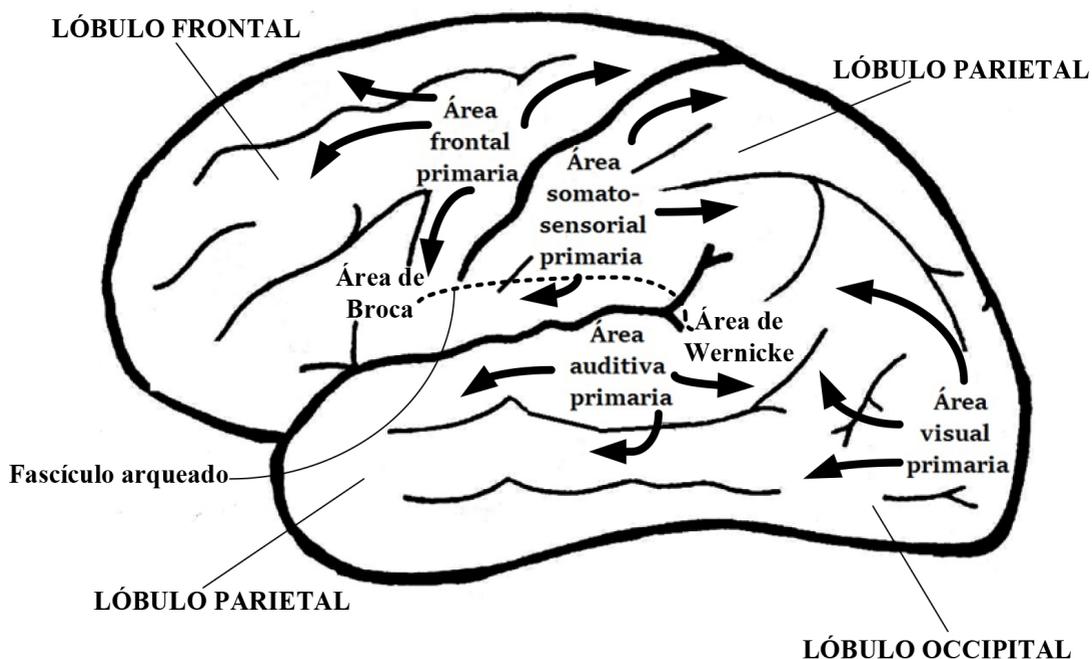
Gracias a esa operación justamente, el área patológica ya no perturbó el área vecina que había asumido la función de la producción del habla. “Si la operación se hace lo suficientemente temprano en la niñez, a un niño se le puede extirpar el hemisferio izquierdo en su totalidad sin que esto impida que ese niño desarrolle capacidades lingüísticas virtualmente normales” (Lamb, 1999, p. 365).

Ahora bien, si el cerebro tiene tanta plasticidad, ¿qué hay entonces de innato en el aprendizaje del lenguaje? Una respuesta plausible es que solo las áreas primarias son innatas, por ejemplo el área auditiva primaria en el lóbulo temporal (pero incluso estas grandes funciones primarias podrían ser objeto de reconexiones nuevas). Las áreas primarias innatas dan lugar a una secuencia relativa de desarrollo en el que se va organizando el sistema lingüístico del cerebro.

La Figura 1 (adaptada de Lamb, 1999, p. 346) sirve para visualizar *grosso modo* que la localización de un subsistema cortical se ve condicionada (pero no absolutamente determinada) por la proximidad.

Figura 1

*Secuencia relativa del desarrollo neurocognitivo desde las áreas primarias.
Cercanía del área auditiva primaria y del reconocimiento fonológico
(Área de Wernicke)*



La localización se verá condicionada también por la disponibilidad de senderos adecuadamente ubicados para establecer conexiones de larga distancia. Así, por ejemplo, el área de reconocimiento fonológico se ubica cerca del área auditiva primaria y, además, el fascículo arqueado permite establecer conexiones de larga distancia con la producción fonológica (área de Broca).

2. POR QUÉ APRENDEMOS A HABLAR

Una creencia generalizada, aunque no del todo precisa, es que el desarrollo lingüístico empieza con el aprendizaje de palabras sueltas. En verdad, el punto de partida de la experiencia lingüística es el enunciado, la unidad lingüística elemental por medio de la que se expresa un significado completo en relación con el entorno (Tomasello, 2011).

En algún sentido, la conducta protolingüística de señalar puede interpretarse como un enunciado, o como un “protoenunciado”. En efecto, acaso desde el nacimiento mismo, el niño empieza a construir un “protolenguaje”, un lenguaje básico que permite organizar significados o ideas que expresan necesidades elementales, por ejemplo la necesidad de comer.

Esas ideas, esos significados, se conectan de forma directa con ciertas señales, como el llanto o el señalamiento. Luego, la socialización y la maduración biológica dan lugar a las habilidades sociocognitivas que permiten interpretar significados complejos y aprender el lenguaje adulto. Los significados se van haciendo cada vez más complejos y el niño comienza a reemplazar el protolenguaje, donde las señales se conectan directamente con los significados, por el lenguaje propiamente dicho, donde aparece un nivel intermedio que conecta los significados con las señales.

Así, por ejemplo, cuando una niña comprende o produce un enunciado como *¡Gol!* (porque se señala una pelota) o *¡Dame!* (para requerir la acción de dar algo) lo que ya entiende (o luego produce) es un acto comunicativo completo con una determinada intención.

Si esa misma niña oye por ejemplo *ahí está la pelota* o *dame la pelota* la palabra *pelota* se revela como un constituyente potencial de enunciados para cuando ella necesite indicar una cierta clase de objetos como una subfunción de un enunciado. Este proceso se facilita si el adulto acentúa la palabra clave, como un indicador de su novedad referencial,

y si el referente particular en cuestión es de hecho nuevo (Grassman y Tomasello, 2007).

La niña, entonces, no aprende las palabras aisladas, sino que trata de entender la referencia y la intención de los enunciados. Así, para aprender una palabra nueva, la niña tiene que poder extraerla de un enunciado más amplio y conectarla con algún aspecto pertinente de la situación en la que se encuentra (Matthews *et al.*, 2006).

Los niños, entonces, aprenden a hablar porque necesitan entender el mundo que los rodea, necesitan expresar significados y necesitan reconocer los significados que evocan los otros. Desde luego, la manifestación y el reconocimiento de significados no son fenómenos exclusivamente humanos. Los perros y los gatos, por ejemplo, son capaces de comunicarse entre sí, con sus congéneres y con los humanos, todo ello involucra la capacidad de interpretar y de transmitir ciertos significados. Por ejemplo, el gato Timoteo maúlla y pone de manifiesto para sí y para sus compañeros humanos que quiere entrar a la casa que comparte con ellos. Dicho sea de paso, al reunir información proveniente de diversos dominios cognitivos (visión, olfato, percepción somatosensorial), Timoteo maneja conceptos en su sistema cognitivo, por ejemplo, los conceptos que en términos del lenguaje humano pueden representarse como COMIDA, CASA, COMPAÑERO DE CASA, etcétera.

¿Por qué, entonces, los gatos y los perros no emiten “palabras sueltas”? ¿Por qué tampoco llegan a construir o entender frases verbales, aun cuando parecen tener una base perceptiva y conceptual bastante común con la de los seres humanos? Porque los gatos y los perros no cuentan con la capacidad cerebral de construir un vasto número de conexiones diferentes entre las categorías conceptuales y las señales auditivas (Lamb, 1999, pp. 238-239). Por eso no pueden desarrollar un lenguaje tan complejo como el lenguaje humano.

Las áreas corticales primarias de la Figura 1 son sustancialmente “las mismas” en los humanos que en los perros, los gatos, los delfines y los chimpancés. Sin embargo, “el cableado” de esas áreas primarias y del resto de la corteza cerebral humana permite el establecimiento de conexiones entre conceptos y sonidos de un modo que simplemente no es posible en el caso de los otros animales.

Por nuestra parte, los seres humanos estamos involucrados de forma continua en la transmisión y el reconocimiento de significados. A lo largo

de toda nuestra vida, nos dedicamos de forma continua a construir nodos (puntos de reunión de información) y a interconectar esos nodos. También tratamos de entender los nodos y las conexiones de las demás personas, y además tratamos de influir en las construcciones que ellas hacen. Toda esa vasta, compleja, inabarcable serie de fenómenos (que no se reduce por cierto a la transmisión y al reconocimiento de significados solamente intencionales) es la comunicación. El lenguaje se desarrolla y se perfecciona para ayudarnos a que nuestro compromiso comunicativo pueda tener algún grado de éxito.

De manera concreta, el sistema lingüístico del cerebro se va organizando en virtud de la experiencia lingüística, por ejemplo a partir de los enunciados que constan de una sola palabra o a partir de enunciados más extensos que permiten entender las funciones de las palabras en particular.

Así, hacia el año de vida o aun antes aparecen las “holofrases”, enunciados de una sola palabra que evocan algún significado completo de forma intencional (García Velasco, 2017). Por ejemplo, *papa* puede evocar el pedido de comida; *upa*, el pedido de ser alzada; la emisión de *gol* puede evocar el señalamiento de una pelota o el deseo de jugar con ella.

Hacia el año y medio, no es infrecuente que los pequeños hablantes de las lenguas más diversas usen estructuras lingüísticas de más de una unidad (Lieven *et al.*, 2003; Brandt *et al.*, 2008).

Más adelante, entre los dos y los tres años, los niños empiezan a armar algunas estructuras más abstractas con menos palabras que las que usaría un hablante adulto. A pesar de su nivel de abstracción, cada estructura es consistente con alguna función comunicativa según el contexto de situación. Tomasello (2011, pp. 246-247) da cuenta de una variada y compleja serie de estructuras abstractas que muchos de los hablantes nativos de diversas lenguas ya manejan entre los dos y los tres años edad.

Debe enfatizarse que el desarrollo de las estructuras lingüísticas en la niñez temprana es consistente con los cambios estructurales que se van dando en el cerebro (Roselli *et al.*, 2014). La gran velocidad del desarrollo lingüístico que se observa hacia los dos años es en efecto consistente con cambios estructurales en las neuronas, como el crecimiento de los axones y el mayor número de dendritas. Esa velocidad se incrementa en el proceso de mielinización, que favorece grandemente la conductividad (Courchesne y Pierce, 2005). De

manera en efecto consistente, la mielinización en las áreas de Broca y Wernicke alcanza un aspecto maduro hacia los 18 meses, lo que se corresponde con el comienzo de la producción de enunciados de más de una unidad (Su *et al.*, 2008).

También es crucial aquí el proceso de poda neuronal, que permite una sintonía fina de los impulsos nerviosos en paralelo con la mielinización de áreas secundarias y terciarias de la corteza. De hecho, las redes de relaciones que tienen su asiento en el cerebro se respaldan en la poda sináptica, en virtud de ello primero se produce un número excesivo de conexiones potenciales para luego eliminarlas en función de la precisión y la operatividad (Navlakha *et al.*, 2018).

En síntesis, a lo largo de toda nuestra vida necesitamos interpretar significados o influir en nuestros congéneres, a veces de forma manifiesta e intencional, en otras ocasiones de forma velada, y en otras de forma automática o hasta inconsciente. Entender el mundo e interactuar con los otros nos permite no solo sobrevivir, sino también tratar de vivir bien, y de vivir felices. El lenguaje se constituye en un medio formidable para interpretar y transmitir información de todo tipo, como ideas, emociones, deseos. Todo ello explica en buena parte por qué los seres humanos aprendemos a hablar y, en relación con ello, por qué las estructuras neurocognitivas en general y las lingüísticas en particular se desarrollan como se desarrollan.

3. CÓMO APRENDEMOS A HABLAR

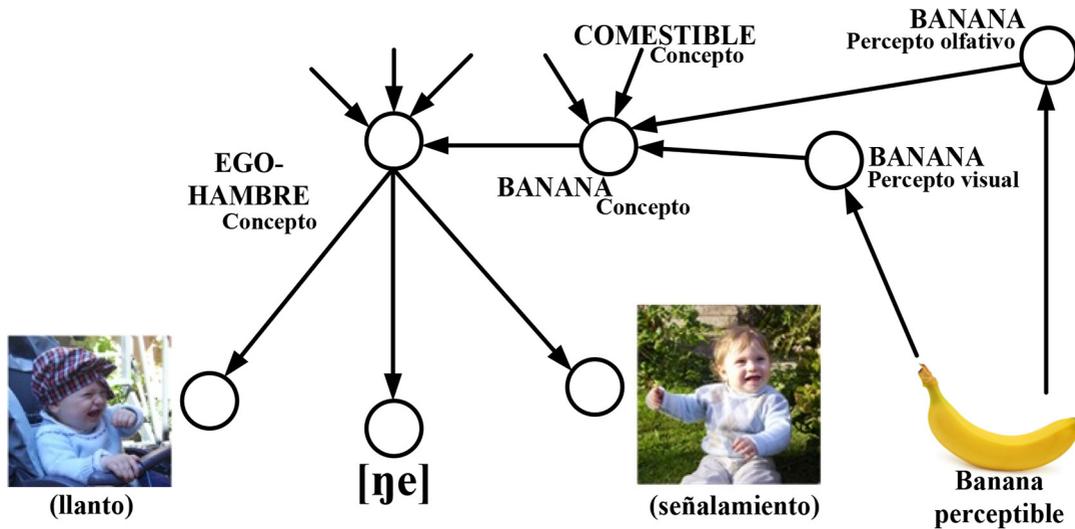
La Figura 2 representa el esbozo de una parte del protolenguaje de un niño pequeño, Chuli, hacia los 12 meses.

Los círculos representan nodos en su sistema neurocognitivo y las flechas representan conexiones entre nodos. El sentido de la flecha permite indicar el punto de partida y la llegada de las activaciones. Los nodos no son otra cosa que puntos de convergencia dentro de una red de relaciones. Gracias a ellos se representa alguna clase de información que está necesariamente interconectada con otros nodos en el contexto de la vasta red.

Debe enfatizarse que ni los rótulos (ni las imágenes) de las redes son parte del sistema neurocognitivo real del niño. Apenas indican a qué corresponde cada nodo o cada conexión, del mismo modo que los carteles indicadores no forman parte de una ruta, aunque puedan ser de enorme utilidad para conductores y viajeros.

Figura 2

Conexiones del protolenguaje de Chuli que hacen posible la emisión de [ɲe] para pedir una banana



En efecto, el sistema neurocognitivo real de una persona (y dentro de él, el sistema lingüístico) es una red de relaciones en el sentido de Saussure (1916), Hjslesmlev (1943) y Lamb (1999). Tan solo consta de nodos y conexiones entre nodos. En una reinterpretación del concepto de “valor”, un nodo es lo que los demás no son; en la red de relaciones “no hay más que diferencias” (Saussure, 1916, p. 144).

Como otros niños de 12 meses, Chuli ya había desarrollado las habilidades sociocognitivas básicas gracias a las cuales podía llamar la atención de los demás y también advertir cuando los otros querían llamar su atención o la de otra persona. Muy frecuentemente emitía el enunciado que puede representarse fonéticamente como [ɲe] con diversas funciones, por ejemplo para pedir una banana o aun para indicar que la banana estaba allí. Así, en la Figura 2 se esbozan algunas de las conexiones del sistema protolingüístico gracias a las cuales Chuli pudo emitir [ɲe] para expresar que quería comer banana:

i. La percepción de la fruta (ya sea porque la vio o la olió) activó el percepto visual y el percepto olfativo de BANANA. Un percepto es un significado perceptivo de carácter unimodal, es decir, un significado correspondiente a un único dominio cognitivo, como la visión, el olfato,

el tacto, la audición, el gusto. Por ejemplo, el percepto visual de BANANA se representa en el lóbulo occipital.

- ii. El sistema neurocognitivo de una persona real es una red de relaciones. Los nodos, que aquí se representan en un nivel muy abstracto por medio de círculos, son en sí mismos procesadores de información porque cada uno puede recibir y enviar activación. Recordemos que no hay símbolos ni imágenes. Los rótulos y las imágenes en la Figura 2 tan solo sirven para rotular nodos y conexiones.
- iii. Dos perceptos bastan para que se active el concepto de BANANA en el sistema neurocognitivo del niño. No es temerario sugerir que un lactante ya se representa conceptos, porque de hecho un concepto es un significado perceptivo de carácter multimodal, es decir, un significado que se activa a partir de la información proveniente de dos o más sistemas cognitivos. En la formación y la activación de un concepto también pueden participar otros conceptos, por ejemplo COMIDA.
- iv. La representación conceptual de BANANA activa a su vez el concepto que podría representarse por medio de la expresión “deseo de comer” o, como en la Figura 2, EGO-HAMBRE. Desde luego, la representación conceptual del

deseo de comer no es lo mismo que la sensación fisiológica del hambre, más allá de que en última instancia haya una conexión entre ambas a lo largo del sistema nervioso.

- v. En protolenguaje, un concepto activa directamente el nodo correspondiente a la señal. La Figura 2 muestra cómo Chuli puede activar la secuencia [ɲe], que a su vez activará los nodos que se conectan con el aparato fonador. Gracias a este último se produce la realización fonética concreta con la que Chuli termina llamando la atención de su mamá para que le dé u observe la banana. Aunque nunca o casi nunca podemos estar absolutamente seguros de la intención comunicativa de una persona, esta interpretación parece confirmada por el hecho de que el niño terminó comiendo banana con un entusiasmo visible.
- vi. Obsérvese que el nodo conceptual que aquí se representa como HAMBRE permite enviar activación a tres nodos distintos. La activación de cada uno de ellos puede servirle a Chuli para comunicar que quiere llamar la atención sobre la banana. Puede llorar, puede emitir [ɲe] o puede señalar la banana de forma ostensible. Repitamos que el rótulo [ɲe] y las imágenes sirven para indicar que hay nodos que se pueden activar. El nodo que reciba más activación será precisamente el que de hecho se active y el que a su vez envíe activación a otros.

Es oportuno señalar que la interacción del niño con el entorno no se reduce a la comunicación protolingüística o lingüística. La exploración oral de una pieza de comida o de un juguete, por ejemplo, activará perceptos del sistema somatosensorial, los que, en asociación con perceptos visuales, le permitirán formar un concepto de lo que explora oralmente. Así, Zuccharini *et al.* (2017) entienden que las habilidades exploratorias pueden ser pertinentes para el posterior desarrollo del lenguaje.

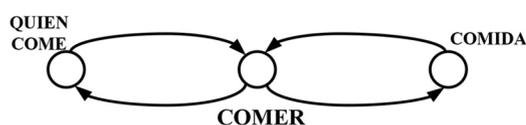
En síntesis, la Figura 2 sirve para mostrar que el protolenguaje de Chuli cuenta con varios recursos alternativos para llamar la atención de un objeto del contexto. Ahora bien, ¿cómo se pasa del protolenguaje al lenguaje propiamente dicho? ¿Cómo se aprende una estructura lingüística? Tal vez pueda considerarse otro ejemplo relativamente sencillo.

Otra niña, Emi, a sus 16 meses, ya ha estado expuesta a muchos enunciados con el verbo *comer*, lo que evoca no solo el proceso de comer sino

también sus “participantes inherentes”, a saber, algún agente animado que come y algo que es comida. Digamos que ella ha oído cosas tales como *Chuli come puré* o *mamá come milanesa*. ¿Cómo es posible entonces que Emi sepa usar el lexema *come* en relación con el proceso y los participantes que se evocan en relación con dicho proceso? Se ha sugerido recién que no es posible entender de qué se trata el concepto del proceso COMER sin concebir también a los participantes inherentes: QUIEN COME y la COMIDA. La Figura 3 ilustra de forma esquemática estas relaciones en el sistema neurocognitivo, tanto de un niño como de un adulto.

Figura 3

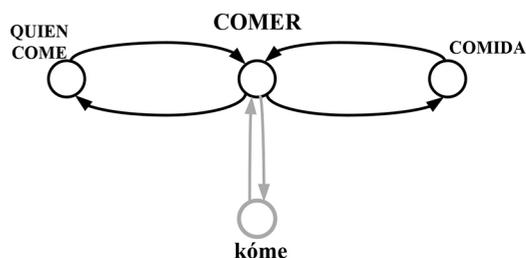
Representación conceptual del proceso COMER y de los participantes inherentes



No hace falta que las categorías de la Figura 3 se definan de forma clara y precisa. Tampoco debe requerirse que COMER, QUIEN COME y COMIDA se definan de modo tal que puedan aplicarse de forma exactamente igual a toda la comunidad de habla. De hecho, cada sistema lingüístico es único e irrepetible (Lamb, 2006). A este respecto, lo que el niño necesita aprender es la forma lingüística (“la palabra”) para un concepto que ya está representado en su sistema neurocognitivo. La Figura 4 representa el primer paso en el aprendizaje de la forma lingüística.

Figura 4

Surgimiento de la representación fonológica para /kóme/ en conexión directa con el concepto para COMER

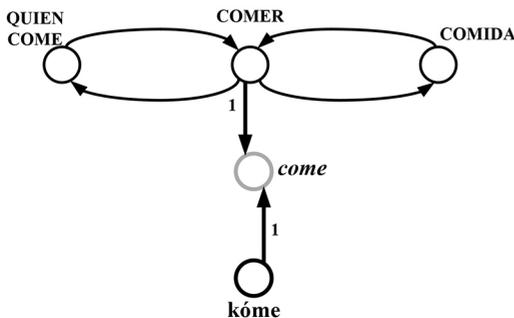


La Figura 4 da cuenta de una instancia intermedia y seguramente muy breve en donde la niña identifica que una secuencia fonológica se corresponde con un concepto. En algún momento la secuencia /kóme/ se activa cuando se hace referencia a la acción de comer, un proceso que ya conoce bien y está representado en su sistema conceptual. La conexión entre el nodo para el concepto COMER y la representación de la secuencia /kóme/ es aquí provisoria porque se trata de una relación directa entre el concepto y el modo de expresión (comparable a las conexiones del protolenguaje de la Figura 2). Precisamente la Figura 4 trata de captar una etapa del aprendizaje, intermedia y fugaz, entre el protolenguaje y el lenguaje. Como no hay aún una representación lo bastante fuerte, el nodo y las conexiones se representan en color gris.

Emi ha llegado entonces a un momento clave en el proceso del desarrollo del lenguaje. Necesita crear las conexiones que le van a permitir que una forma fonológica active el nodo correspondiente al concepto de COMER. De manera complementaria, ella también necesita crear las conexiones que le permitan decir “come” cuando ella piense en comer. Lo que necesita, entonces, es reclutar un nodo latente (un nodo que aún carece de función en la red) para que pueda hacerse cargo de la representación léxica de *come*, en un nivel intermedio entre la representación conceptual y la representación fonológica.

Figura 5

Comienzo del reclutamiento del nodo léxico para come



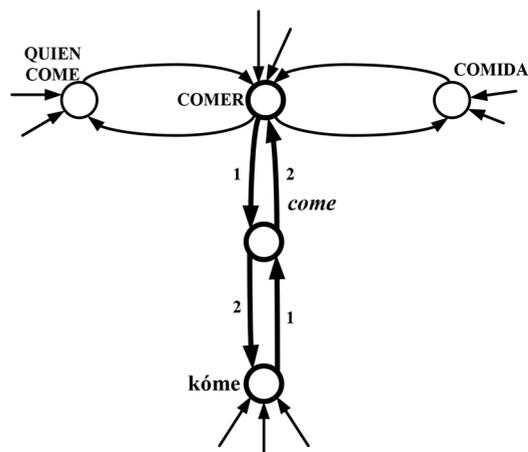
La Figura 5 representa tan solo la primera parte del reclutamiento de un nodo léxico, que consiste en el establecimiento inicial de dos conexiones entrantes, así como lo indican las fechas que llegan al nodo que se está reclutando y que por ello aparece en color gris.

Una de esas conexiones entrantes proviene del nodo conceptual para COMER y la otra proviene del nodo fonológico para /kóme/. Las líneas que representan estas conexiones entrantes llevan el rótulo “1”, lo que sirve para indicar que si Emi percibe la secuencia /kóme/ o si Emi piensa decir “comer” podrá llegar a estar en condiciones de activar el nodo léxico para *come*. Téngase en cuenta que en esta etapa del desarrollo del lenguaje no hay un reconocimiento de los matices flexivos y que la niña entiende y usa *come* para el proceso de COMER en general.

A continuación, la Figura 6 da cuenta de un proceso fundamental del desarrollo lingüístico.

Figura 6

*Cómo se aprende “una palabra”.
Establecimiento y consolidación del
nodo léxico dedicado a come.
Conexión entre el significado, el léxico y la
fonología*



Al reclutamiento inicial del nodo (Figura 5) le sigue la asignación de función para dicho nodo, que así se convierte en un nodo dedicado, es decir, un nodo tal que cumple una función específica en

el sistema neurocognitivo. En este caso, el nodo dedicado a la representación léxica de *come* cumple la función de conectar la representación fonológica /kóme/ con el concepto COMER.

El nodo correspondiente a la representación léxica define el surgimiento mismo del lenguaje, porque es precisamente el que establece la conexión entre un concepto y una señal auditiva. Ya se ha dicho en la primera sección que los animales carecen del potencial neurocognitivo para establecer una gran cantidad de interconexiones mediadas entre significados y señales. En virtud de estas conexiones el lenguaje humano se configura como un sistema de tres niveles, a saber, (1) el nivel de los significados, (2) el nivel de las expresiones, (3) el nivel de las señales auditivas.

La Figura 6 en efecto muestra cómo se establecen las conexiones entre el significado, la léxico-gramática y la fonología. Del nodo ya dedicado a *come* (adonde llegan las conexiones con el rótulo “1”) también parten ahora las conexiones con el rótulo “2”, las que llevan activación tanto al nodo conceptual COMER como al nodo fonológico /kóme/. Así, Emi ha aprendido la palabra *come*.

Una vez establecidas, las conexiones empiezan a consolidarse y luego a fortalecerse gracias a la repetición y al uso exitoso. De aquí en más, las activaciones recorrerán los senderos en sentido ascendente (de la fonología al significado) y en sentido descendente (del significado a la fonología). El sistema lingüístico en todos sus niveles constituye una vasta y compleja red de relaciones.

La explicación en torno a las Figuras 3-6 da cuenta de cómo una niña, hacia los dieciséis meses, ya “había aprendido una palabra” que podía utilizar en holofrases. Lo que Emi hizo fue reclutar un nodo léxico, asignarle una función (hacerlo dedicado), establecer conexiones y consolidar esas conexiones por medio del uso repetido en función de lo que ella necesitaba decir o entender. Recordemos que la palabra aislada resulta significativa para la niña porque aparece en el contexto de algún enunciado. Así, en más de una ocasión, la niña emitió la holofrase *come* con la intención de pedir comida o aun de comunicar que ella u otra persona estaba comiendo.

Ahora bien, una teoría del desarrollo neurocognitivo del lenguaje también tiene que dar cuenta

del aprendizaje y del manejo de las secuencias. En la cláusula castellana la estructura no marcada es que la realización léxica de QUIEN COME vaya antes del verbo y que luego del verbo vaya la realización léxica de la COMIDA. A Emi, como a cualquier otro niño, pueden bastarle unos pocos ejemplos para representarse la realización léxico-gramatical de la información conceptual de la Figura 3: QUIEN COME-COMER-COMIDA. Así, de un modo análogo al que aprendió la palabra *come* (Figura 6), Emi aprendió otras palabras como *mamá*, *nena*, *papa*, etc. En su caso, aproximadamente a los 25 meses, dijo *nena come papa* con la intención de contar lo que ella estaba haciendo justo en el momento en que emitió el enunciado. Se trata de un típico ejemplo del lenguaje infantil, en el que la palabra *nena* se usa para hacer referencia a la misma niña que habla, mientras que la palabra *papa* evoca cualquier clase de comida, aun lo que estaba comiendo en el momento del enunciado.

Para Emi fue relativamente fácil derivar *nena come papa* de los enunciados que había percibido y entendido (por ejemplo, *mamá come milanesa*) precisamente gracias a las conexiones y los nodos representados en la Figura 6, los que son un punto de partida para comprender y producir esos dos enunciados y muchos más.

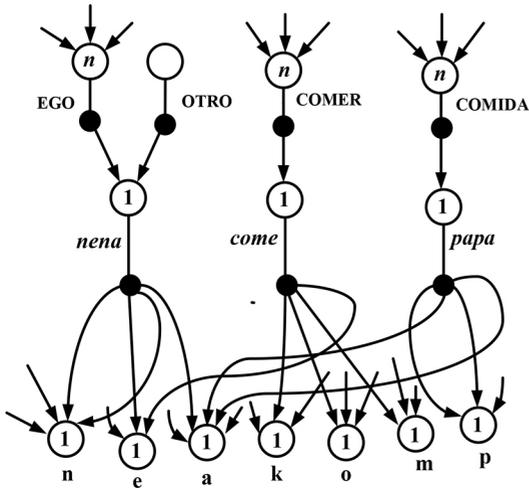
Llegar a entender un enunciado como *el mar come la playa* es mucho más difícil porque los vínculos conceptuales tienen menos conexiones (o tienen conexiones más débiles) que las de la Figura 6. Emi podrá entender este enunciado metafórico cuando sea más grande.

Lo cierto es que Emi, a los 25 meses, ya conoce el orden no marcado de los constituyentes de la cláusula: FN1/agente (QUIEN COME), V/proceso (COMER), FN2/meta (COMIDA). Basta que los nodos conceptuales cuyos rótulos están en MAYÚSCULAS se conecten con nodos léxicos para que se pueda comprender o producir en enunciado con esa estructura. La Figura 7, entonces, representa la estructura que le permite a Emi producir el enunciado *nena come papa*.

La Figura 7 tiene orientación descendente (por eso las flechas señalan hacia abajo). Representa conexiones que se originan en la planificación del enunciado (en el nivel de los significados), siguen por la léxico-gramática y llegan a la fonología.

Figura 7

Producción por parte de Emi del enunciado nena come papa (orientación descendente)



Las Figuras 2-6 representaban a los nodos tan solo por medio de círculos. En la Figura 7 ya se usan convenciones de la “notación fina” de las redes relacionales (Lamb, 1999, p. 77-80), en la que los nodos tienen una estructura interna bien delineada. El círculo más grande representa el umbral del nodo, es decir, el punto al que llega la activación desde otros nodos. El círculo negro representa la salida del nodo, desde donde se propaga la activación hacia otros nodos. Las flechas representan precisamente las conexiones de activación. Dentro de los umbrales de los nodos conceptuales figura *n* para indicar que un cierto número de conexiones que no es necesario ni posible determinar activó dicho concepto. Por su parte, el número “1” dentro de cada nodo umbral simplemente indica que para que se active dicho nodo se necesita que se *active una y solo una* de las muchas conexiones entrantes. Por ejemplo, el nodo para *nena* se activa con la llegada de la información de EGO (ella misma) o con la activación de la referencia a OTRO (a los dos años, aproximadamente, es común que Emi use la palabra *nena* para referirse a ella misma o a otro niño cualquiera).

La Figura 7 también permite advertir cómo las relaciones sintácticas guardan una relación directa con los significados que se expresan. El orden no marcado en castellano presenta al AGENTE o PERSONA-QUE-COME en posición inicial y al OBJETO o COMIDA en posición post-verbal. Si se cambiara el orden sintáctico no-marcado, como en

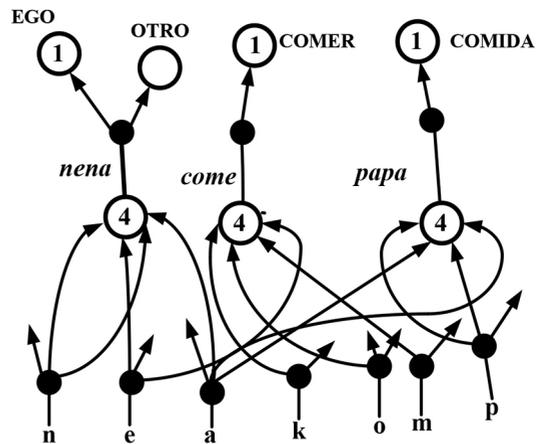
papa come nena, de todos modos se identificarían las funciones en virtud de los roles inherentes.

En las redes relacionales no hay cosas tales como “reglas de la gramática”. Dichas reglas son dispositivos descriptivos muy útiles para caracterizar las estructuras, pero obviamente no tienen existencia neurocognitiva. Carecen de la plausibilidad neurológica que sí tienen las redes relacionales, como veremos en la próxima sección.

Además, las redes relacionales no solo dan cuenta de la producción lingüística (que va *grosso modo* del significado a la fonología) sino también de la comprensión lingüística, que va de la fonología a los significados. A continuación, la Figura 8 representa la comprensión por parte de Emi del enunciado *nena come papa* cuando lo oye como refuerzo por parte de un adulto o incluso cuando ella misma oye su propia emisión.

Figura 8

Comprensión por parte de Emi del enunciado nena come papa (orientación ascendente)



Obsérvese que la orientación es ascendente con el fin de representar la propagación de las activaciones desde la fonología hasta el nivel del significado por medio de la léxico-gramática, por ello las flechas señalan hacia arriba.

Las flechas de salida que en la Figura 8 “no llegan a ningún nodo”, como una de las que sale del nodo para /p/, en el extremo inferior derecho del diagrama, simplemente indican que el nodo envía activación a otros nodos que están en el sistema pero no aparecen representados en esta figura, por ejemplo a otros nodos léxicos.

Los números dentro de los nodos umbrales vuelven a indicar cuántas conexiones deben activarse para que se active el nodo. Por ejemplo, el nodo léxico para *kena* se activa si, y solo si llegan las cuatro conexiones provenientes del nivel fonológico, y el nodo conceptual para EGO se activa con la llegada de una conexión desde el nodo léxico para *kena*.

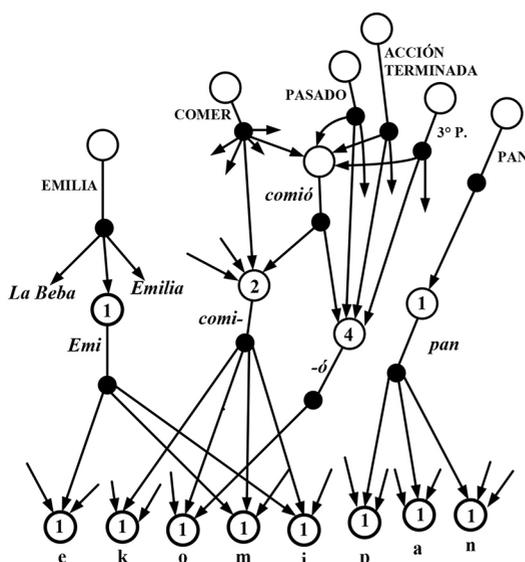
Obsérvese también que hay un único nodo para el fonema /n/ que manda activación dos veces y en diferente orden a la secuencia *kena*. En el sistema de reconocimiento fonológico hay un solo nodo para identificar /n/ (no hay una cosa tal como dos realizaciones de /n/).

Las Figuras 7 y 8, entonces, dan cuenta de un ejemplo del desarrollo del lenguaje infantil. En esta etapa del desarrollo lingüístico, el verbo *come* se conecta directamente con el concepto COMER sin dar lugar a demasiados matices temporales o aspectuales. En relación con esto, a sus casi dos años, Emi todavía estaba lejos de usar el pronombre *yo* para hacer referencia a ella misma. Por su parte, la palabra *kena* le servía también para hacer referencia a otras personas, incluso a adultos.

Por su parte, la Figura 9 representa (una porción de) la estructura que le permite a la hermana de Emi (de 8 años) producir el enunciado *Emi comió pan*.

Figura 9

Producción del enunciado Emi comió pan



En el sistema lingüístico de una niña más grande ya hay un nodo que representa la flexión en el nivel léxico-gramatical: Se trata del nodo *-ó*, que recibe activación de los nodos correspondientes a cuatro significados (cuyos rótulos son 3ª PERSONA, PASADO, ACCIÓN TERMINADA).

En conclusión, las redes relacionales permiten explicar no solo cómo se aprenden las palabras y las estructuras sintácticas, sino también cómo es posible que un niño pase del protolenguaje al lenguaje.

4. PLAUSIBILIDAD NEUROLÓGICA DE LOS NODOS Y LAS CONEXIONES DE LAS REDES RELACIONALES

Se ha sugerido que la teoría redes relacionales (Lamb, 1999, 2005, 2013, 2016) no solo tiene plausibilidad neurológica sino que además ofrece explicaciones fundamentales para entender cómo funcionan los procesos cognitivos (Sowa, 2011, 2016; Majumdar y Sowa, 2014).

Para empezar, el análisis de la sección 3 tiene plausibilidad operativa porque permite empezar a dar cuenta de cómo se implementan la comprensión y la producción lingüística en tiempo real.

También tiene plausibilidad de desarrollo porque permite empezar a entender cómo se va dando el aprendizaje de la lengua materna.

La explicación, además, tiene plausibilidad neurológica.

Por ejemplo, Hubel y Wiesel (1977) mostraron hace tiempo que la percepción visual de monos y gatos se organiza como una red de relaciones y que los nodos de la red visual se implementan de forma concreta como columnas corticales. En efecto, las columnas corticales (los nodos) se organizan en una red de niveles de manera tal que los nodos de un nivel integran los rasgos de un nivel inferior y envían activación a los niveles superiores (Lamb, 2005, p. 168).

En este sentido, varias investigaciones de neurociencia perceptiva permiten inferir que la columna cortical es la unidad básica de la corteza madura. Las columnas corticales más pequeñas (o minicolumnas) son finas cadenas de alrededor de 100 neuronas que se extienden de forma vertical entre la capa II y la capa VI (la última) de la corteza cerebral. Algunas de las neuronas de una columna son de excitación y otras son inhibitorias. Mouncastle (1998, p. 181) destaca que “todas las investigaciones celulares de la corteza auditiva de monos y gatos

ofrecen evidencia directa de su organización en términos de las columnas”.

Ahora bien, como la percepción del habla es un proceso perceptivo de alto nivel, resulta atendible efectuar la siguiente extrapolación: cada nodo del sistema lingüístico puede implementarse como una columna cortical con una función bien específica. Por ejemplo, debe haber una columna cortical para la representación de la información léxica de *vena*. Así, los nodos de las redes relacionales se implementan como columnas corticales a nivel neurológico.

Esta hipótesis es neurológicamente plausible porque el análisis de la evidencia muestra que las columnas corticales y sus interconexiones tienen las mismas propiedades que los nodos y las conexiones de las redes relacionales (Lamb, 2005, p. 170). Por ejemplo, las conexiones entre columnas corticales tienen fuerzas variables y se fortalecen por medio del uso exitoso, todo ello permite entender el aprendizaje en los términos de la Figura 6. En las etapas tempranas del aprendizaje, la mayoría de las conexiones son muy débiles, es decir, están latentes como los nodos y las conexiones que aún se necesitan reclutar y establecer (debe decirse que, aunque las columnas corticales disponibles y aún no reclutadas ni establecidas puedan utilizarse para muy diversas funciones, la organización columnar de las capas de la corteza primaria no es la misma que en cortezas secundarias y terciaria (Buxhoeveden y Casanova, 2002; Hustler y Galuske, 2003)).

También hay evidencia cuantitativa indirecta a favor de la hipótesis de que los nodos se implementan como columnas corticales. Por ejemplo, según las estimaciones de Mountcastle (1998, p. 96), hay unas 140.000 minicolumnas por centímetro cuadrado de corteza cerebral. Por su parte, el área de Wernicke puede tener una superficie cercana a los 20 cm². Estas estimaciones permiten inferir que en esa área debe haber alrededor de 2.800.000 minicolumnas corticales, un número más que suficiente para representar los nodos del subsistema de reconocimiento fonológico, aun cuando se necesitaran de muchas minicolumnas para integrar una columna funcional que represente por ejemplo la información correspondiente a un fonema o una sílaba (Lamb, 2005, p. 173).

En conclusión, los nodos y las conexiones de las redes relacionales (que representan la información lingüística) se implementan, respectivamente, como columnas corticales y como fibras neurales

de diversas clases. Estas últimas permiten establecer las conexiones entre las columnas, es decir, entre los nodos de la red.

Dicho de otra forma, como las columnas corticales y las fibras forman parte de las conexiones neurológicas, los nodos y las conexiones de las redes relacionales representan (con un alto nivel de abstracción, como si fuera un mapa de las rutas de un país) la información lingüística en el cerebro.

La explicación relacional y neurocognitiva que aquí se ofrece parece consistente con los desarrollos de la conectómica, un feliz resultado del cruce interdisciplinario de las neuroimágenes y la teoría de redes. Tal como sugieren Behrens y Sporns (2012, p. 14), el principal objetivo de la conectómica es la representación y el análisis de la conectividad cerebral a lo largo de todas las escalas, desde el nivel microscópico de las conexiones sinápticas hasta el nivel macroscópico de las áreas y de los senderos interregionales del cerebro.

Las redes relacionales de las Figuras 7, 8 y 9 pueden llegar a ser un aporte para el conectoma estructural, cuyo objetivo es representar el mapa de conexiones neurológicas reales en la corteza. En este contexto, las redes relacionales pueden contribuir a la caracterización de las conexiones cerebrales concretas. Por consiguiente, hay una clara correspondencia con las redes relacionales, porque en la red del conectoma estructural ciertos puntos de la materia gris se definen como nodos, mientras que las fibras nerviosas que vinculan dichos puntos se definen como conexiones.

El método del conectoma estructural ha permitido mostrar, por ejemplo, que el cableado de conexiones del cerebro de los varones difiere significativamente del cableado de conexiones del cerebro de las mujeres (Ingalhalikar *et al.*, 2014), sin que desde luego esto implique jerarquías biológicas o culturales en ningún sentido. En el campo de la neurología, el conectoma estructural se ha presentado como una técnica eficaz para el diagnóstico de recuperación ante un ACV (Grefkes y Fink, 2014) y, en combinación con técnicas de inteligencia artificial, ha servido para predecir el diagnóstico de epilepsia (Munsell *et al.*, 2015).

Las redes relacionales que dan cuenta del desarrollo del lenguaje también parecen consistentes con el conectoma funcional, el que constituye una red de nodos que representa alguna región de la materia gris, con la particularidad de que hay dos nodos que se conectan cuando sus respectivas áreas

se activan de forma simultánea durante alguna prueba. En ocasiones, la técnica es tan resolutive que llega a distinguir grupos de personas en términos de sus propiedades conectómicas funcionales (Finn *et al.*, 2015).

En efecto, se ha visto que el conectoma funcional de una misma persona en espacios de tiempo diferentes manifiesta rasgos topológicos que permiten diferenciarlos de otros individuos (Rodríguez-Caso y López-Rodríguez, 2016). Ocurre que el patrón de conexiones funcionales de una persona es un atributo característico de dicha persona, como su altura, su peso, su piel y aun sus formas de resolver problemas o de concebir el mundo. Este dato justifica la tesis relacional según la cual cada sistema lingüístico es único.

Se ha mostrado incluso que los conectomas funcionales pueden servir para diagnosticar enfermedades como la esquizofrenia. Esto resulta posible porque se detectan diferencias topológicas sustanciales en el conectoma funcional de personas con esquizofrenia y en el de personas que no padecen este trastorno (Skatun *et al.*, 2016).

Algo análogo ocurre con síndromes de espectro autista. Personas que manifiestan alguna clase de autismo tienen conectomas funcionales bien diferentes de los de las personas cuyas conductas no se incluyen en este espectro (Monk *et al.*, 2009).

En conclusión, los mapas de la conectividad estructural y funcional del cerebro humano ofrecen no solo una comprensión fina de cómo las conexiones neuroanatómicas configuran y rigen la estructura y el funcionamiento del cerebro, sino también de cómo estos factores pueden variar de una persona a otra. En ese punto, las redes relaciones como las de las figuras 3-9 podrían llegar a integrarse al trabajo conjunto de las neurociencias, la inteligencia artificial y otras disciplinas, entre ellas la psicología, la lingüística, y la filosofía, para que en un futuro no muy distante se consiga un mapa general del conectoma humano.

Por último, es importante destacar también que las redes relacionales de este trabajo son consistentes con los enfoques neurobiológicos más actuales, que sostienen que la información lingüística se representa de forma distribuida no solo en estructuras corticales sino también en estructuras subcorticales (Axer *et al.*, 2012; Krestel *et al.*, 2013; Yagmurlu *et al.*, 2016). Estos enfoques reconocen la importancia de identificar

las áreas corticales que forman parte del sistema lingüístico (algo que se representa en la Figura 1) pero también destacan que es necesario dar cuenta de la conectividad subcortical que sustenta las interacciones funcionales.

En modelos de base conectómica se ha sugerido que el lenguaje se procesa por medio de dos “corrientes” interactivas, la corriente dorsal y la corriente ventral, las que se erigen en estructuras como el fascículo arqueado, el fascículo uncinado, el fascículo longitudinal inferior, el fascículo frontooccipital inferior, e incluso el fascículo longitudinal medio y la cápsula extrema (Dick y Trambley, 2012; Dick, Bernal, Tremblay, 2014).

En relación con ello, se ha revisado la función del fascículo arqueado, al que se hizo amplia referencia varios pasajes de este artículo. De este tracto de fibra se ha dicho que permite la conexión entre los sistemas de comprensión y producción fonológica, representados respectivamente en las conocidas áreas de Wernicke y Broca. Ahora bien, en investigaciones como las de Dick, Bernal y Trambley referentes al “conectoma del lenguaje” se propone que en realidad el fascículo arqueado pertenece a un dominio general y no constituye una estructura específica del lenguaje.

De todas formas, que las estructuras subcorticales formen parte sustancial del sistema lingüístico o que el fascículo arqueado no sirva exclusivamente para la conectividad de las áreas de Broca y Wernicke, no implica desde luego que no haya conectividad ni que dicha conectividad no pueda representarse por medio de las redes relacionales. Todo ello más bien implica que la conectividad es aún más compleja que lo que podía parecer y que a las redes relacionales también debe exigírseles que den cuenta de esa complejidad.

CONCLUSIONES

Los seres humanos estamos involucrados de forma continua en la transmisión y el reconocimiento de significados, intencionales o no intencionales. A lo largo de toda nuestra vida, nos involucramos en un intenso proceso de construcción e interconexión de nodos, gracias a ello no solo podemos entender el mundo y a las demás personas, sino que también podemos hacernos entender. Es por ello que aprendemos a hablar.

Asimismo, desde las palabras solas hasta las estructuras sintácticas más complejas se aprenden

sustancialmente de una misma manera: por medio del reclutamiento y de la dedicación de nodos y por medio del establecimiento y de la consolidación de conexiones.

En función de todo ello se presentan las siguientes conclusiones.

1. El desarrollo neurocognitivo del lenguaje es incompatible con el supuesto de que la sintaxis es un componente autónomo del lenguaje. En otras palabras, la sintaxis no tiene primacía sobre los demás aspectos del sistema lingüístico ni está desconectada de ellos. El aprendizaje de las palabras y de las estructuras gramaticales depende de los significados que las personas necesitan comunicar o entender.
2. Las esquematizaciones, como sugiere Tomasello (2011, p. 249), son una estrategia fundamental del desarrollo lingüístico. Los niños pequeños producen y comprenden de manera bastante regular, una y otra vez, los mismos enunciados pero con ligeras variaciones sistemáticas, por ejemplo en estructuras en torno a un constituyente tales como *más _____, dame _____, ¿dónde está _____?, _____ come _____*, etc.
3. Otra estrategia fundamental del desarrollo lingüístico es la analogía, esta consiste en formar esquemas que no tienen ningún constituyente concreto en común. Por ella se pasa de la esquematización a la construcción de estructuras más abstractas. La analogía puede concebirse como una esquematización más compleja gracias a la cual se ponen en foco las similitudes estructurales (ya que no se repiten los constituyentes). Por ejemplo, la niña Emi puede establecer una analogía entre *nena come papa* y *mamá patea pelota* porque los nodos léxico-gramaticales de ambos enunciados se conectan con los conceptos de QUIEN-HACE, PROCESO y A-LO-QUE-LE-HACEN. La habilidad fundamental que subyace a esta estrategia es la detección de similitudes estructurales y conceptuales (Tomasello, 2011, p. 250).
4. Se dijo recién que las estructuras lingüísticas están determinadas por el uso del lenguaje. Este principio se aplica a las palabras aisladas, a la morfología y a las estructuras sintácticas (desde las más simples a las más complejas), es decir, se aplica al nivel léxico-gramatical en su conjunto. La función comunicativa de las palabras o las estructuras sintácticas depende del uso que se hace de los enunciados. En términos históricos, la estructura lingüística aparece con los procesos de lexicalización y gramaticalización. En términos ontogénicos, los patrones de las estructuras lingüísticas abstractas se forman a partir de los enunciados que los niños van reconociendo o elaborando.
5. De manera algo sorprendente, Tomasello (2011, p. 255) cuestiona los enfoques conectivistas porque según él se apoyan en el análisis distribucional y no tienen en cuenta la función comunicativa y la analogía. Sin embargo, la teoría de redes relacionales es un enfoque conectivista que no solo permite explicar cómo las estructuras lingüísticas se configuran a partir de las necesidades comunicativas de los hablantes sino que además explica la formación de patrones lingüísticos en virtud de la analogía. Como dice Lamb (1999, p. 271), la analogía “se refuerza constantemente en los sistemas neurocognitivos y en las sociedades donde los sistemas neurocognitivos interactúan unos con otros”.
6. El desarrollo lingüístico no parte de ninguna clase de gramática, sino que evoluciona a partir del un protolenguaje, de un sistema de dos niveles en el que los significados se codifican directamente como expresiones, como sonidos y gestos. Para el segundo año de vida el protolenguaje evoluciona hacia un sistema de tres niveles en el que los significados se conectan con los nodos de la léxico-gramática y estos se conectan con los nodos fonológicos. Véase la Figura 6.
7. Como hubo de anunciar Saussure, ni se materializan los pensamientos ni se espiritualizan los sonidos (1916, p. 137). El aprendizaje de nodos léxico-gramaticales establece una conexión firme y fehaciente entre el “pensamiento” y la representación del sonido.
8. Las redes relacionales no solo son consistentes con los desarrollos de la conectómica sino que además podrían llegar a constituir un aporte para el diseño del conectoma estructural y del conectoma funcional.
9. El desarrollo del lenguaje es un complejo e inagotable proceso que consta de estas cuatro estrategias fundamentales:

-
- i) Reclutamiento de nodos. Se seleccionan nodos que antes no cumplían una función específica (estaban latentes).
 - ii) Asignación de función específica. Se logra que un nodo quede dedicado.
 - iii) Establecimiento de conexiones entre nodos.
 - iv) Consolidación y fortalecimiento de las conexiones.
10. El aprendizaje de la lengua materna es un proceso que se inicia en la niñez temprana y dura toda la vida.

REFERENCIAS

- Axer, H.; Klingner, C.M. y Prescher, A. (2012). Fiber anatomy of dorsal and ventral language streams. *Brain Lang*, 127 (2): 192-204. Doi: 10.1016/j.bandl.2012.04.015.
- Behrens, T. E. J. y Sporns, O. (2012). Human connectomics. *Current Opinion in Neurobiology*, 22: 144-153.
- Brandt, S.; Diessel, H. y Tomasello, M. (2008). The acquisition of German relative clauses: A case study. *Journal of Child Language*, 35 (2), 325-349. Doi: <https://doi.org/10.1017/S0305000907008379>
- Buxhoeveden, D. P. y Casanova, M.F. (2002). The Minicolumn and Evolution of the Brain *Brain Behav Evol* 60: 125-151. URL: <https://doi.org/10.1159/000065935>
- Courchesne, E. y Pierce, K. (2005). Brain overgrowth in autism during a critical time in development: Implications for frontal pyramidal neuron and interneuron development and connectivity. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 23 (2-3), 153-170. Doi: 10.1016/j.ijdevneu.2005.01.003
- Dick, A. S.; Bernal, B. y Tremblay, P. (2014). The language connectome: new pathways, new concepts. *Neuroscientist*, 20 (5): 453-67. Doi: 10.1177/1073858413513502
- Dick, A. S. y Tremblay, P. (2012). Beyond the arcuate fasciculus: consensus and controversy in the connectonal anatomy of language, *Brain*, 135 (12): 3529-3550. Doi: 10.1093/brain/aw222.
- Finn, E. S.; Shen, X.; Scheinost, D.; Rosenberg, M. D. (2015). Functional connectome fingerprinting: identifying individuals using patterns of brain connectivity. *Nat Neurosci*, 18: 1664-1671, 2015.
- García Márquez, G. (1967). *Cien años de soledad*. Buenos Aires: Sudamericana.
- García Velasco, D. (2017). Functional Discourse Grammar and acquisitional adequacy. *Odisséia*, 2, 42-57. Doi: <https://doi.org/10.21680/1983-2435.2017v2n0ID13182>
- Geschwind, N. (1964). The development of the brain and the evolution of language. *Georgetown Round Table on Languages and Linguistics*, 17, 155-169.
- Geschwind, N. (1965). Disconnexion syndromes in animals and man. *Brain* 88 (3), 585-644.
- Giedd, J.N. y Rapoport, J. L. (2010). Structural MRI of pediatric brain development: what have we learned and where are we going? *Neuron*, 67 (5), 728-734. Doi:10.1016/j.neuron.2010.08.040
- Grassman, S. y Tomasello, M. (2007). Two-year-olds use primary sentence accent to learn new words. *Journal of Child Language*, 34 (3), 677-687. Doi: <https://doi.org/10.1017/S0305000907008021>
- Grefkes, C. y Fink, G. R. (2014). Connectivity-based approaches in stroke and recovery of function. *The Lancet Neurology* 13 (2): 206-216.
- Hjelmlev, L. (1943). *Prolegómenos a una teoría del lenguaje*. Madrid: Gredos, 1984.
- Hubel, D. y Wiesel, T. N. (1977). Ferrier Lecture: functional architecture of Macaque Monkey visual cortex. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 198, 1-59.
- Hutsler, J. y Galuske, R.A.W. (2003). Hemispheric asymmetries in cerebral cortical networks, *Trends in Neurosciences*, 26 (8), 429-435. URL: [https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(03\)00198-X](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(03)00198-X).
- Ingalhalikar, M.; Smith, A.; Parker, D.; Satterthwaite, D.; Elliot, M. A.; Ruparel, K.; Hakonarson, H.; Gur, R.; Gur, R. y Verma, R. (2014). Sex differences in the structural connectome of the human brain. *Proc Natl Acad Sci USA* 111: 823-828.
- Kelly, D. J.; Quinn, P. C.; Slater, A. M.; Lee, K.; Ge, L. & Pascalis, O. (2007). The other-race effect develops during infancy: evidence of perceptual narrowing. *Psychological Science*, 18 (12), 1084-1089. Doi:10.1111/j.1467-9280.2007.02029.x
- Krestel, H.; Annoni, J. M.; Jagella, C. (2013). White matter in aphasia: a historical review of Dejerine's studies. *Brain Lang*. 127 (3): 526-532. Doi: 10.1016/j.bandl.2013.05.019.
- Kuhl, P.K.; Conboy, B. T.; Coffey-Corina, S.; Padden, D.; Rivera-Gaxiola, M. & Nelson, T. (2008). Phonetic learning as a pathway to language: new data and native language magnet theory expanded (NLM-e). *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363 (1493), 979-1000. Doi:10.1098/rstb.2007.2154
- Lamb, S. M. (1999). *Pathways of the Brain. The neurocognitive basis of language*. Amsterdam: John Benjamins. [Traducción castellana: Lamb, S. M. (2011). *Senderos del cerebro. La base neurocognitiva del lenguaje*. Mar del Plata: EUEM].
- Lamb, S. M. (2004). *Language and reality*. Londres: Continuum.
- Lamb, S. M. (2005). Language and the brain: when experiments are unfeasible, you have to think harder. *Linguistics and the Human Sciences*, 1, 151-178. Doi: 10.1558/lhs.2005.1.2.151
- Lamb, S. M. (2006). Being realistic, being scientific. *LACUS Forum*, 33, 201-209. Recuperado de: <http://www.ruf.rice.edu/~lngbrain/real.pdf>
- Lamb, S. M. (2013). Systemic networks, relational networks, and choice. En Fontaine, L., Bartlett, T. and O'Grady, G. (eds.). *Systemic Functional Linguistics. Exploring Choice*, Cambridge: Cambridge University Press, 137-160.
- Lamb, S. M. (2016). Linguistic structure: A plausible theory. *Language Under Discussion*, 4 (1), 1-37. [http://www.ludjournal.org/index.php?journal=LUD&page=article&op=view&path\[\]=30](http://www.ludjournal.org/index.php?journal=LUD&page=article&op=view&path[]=30)
- Lieven, E.; Behrens, H.; Speares, J. & Tomasello, M. (2003). Early syntactic creativity: A usage-based approach. *Journal of Child Language*, 30, 333-370. Doi: <https://doi.org/10.1017/S0305000903005592>
- Majumdar, A. and Sowa, J. (2014). Quantum cognition, *Web Intelligence and Intelligent Agent Technologies*, 2, 1-4 Doi: 10.1109/WI-IAT.2014.9
- Matthews, D.; Lieven, E.; Theakston, A. & Tomasello, M. (2006). The effect of perceptual availability and prior discourse on young children's use of referring expressions. *Applied Psycholinguistics*, 27 (3), 403-422. Doi: <http://dx.doi.org/10.1017/S0142716406060334>
- Monk, C. S.; Peltier, S. J.; Wiggins, J. L.; Weng, S. J.; Carrasco, M.; Risi, S. y Lord, C. (2009). Abnormalities of intrinsic functional connectivity in autism spectrum disorders. *Neuroimage*, 47: 764-772, 2009.

- Munsell, B. C.; Wee, C. Y.; Keller, S.; Weber, B.; Elger, C.; Tomaz da Silva, L. A.; Nesland, T.; Styner, M.; Shen, D. y Bonilha, L. (2015). Evaluation of machine learning algorithms for treatment outcome prediction in patients with epilepsy based on structural connectome data. *NeuroImage*, 118: 219-230.
- Navlakha, S.; Bar-Joseph, Z. y Barth, A. L. (2018). Network Design and the Brain. *Trends in Cognitive Science*, 22 (1), 64-78.
- Penfield, W. y Roberts, L. (1959). *Speech and Brain Mechanisms*. Princeton: Princeton U. Press.
- Pinel, J.P.J. (1993). *Biopsychology*. Boston: Allyn & Bacon.
- Rodríguez-Caso, Carlos y López-Rodríguez, Domingo (2016). ¿Qué es la conectómica?, *Encuentros en la Biología*, 9 (159), 123-126.
- Rosselli, M.; Ardila, A.; Matute, E. & Vélez-Uribe, I. (2014). Language Development across the Life Span: A Neuropsychological/Neuroimaging Perspective. *Neuroscience Journal*, 2014, 1-21. Doi: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/585237>
- Saussure, F. de (1916). *Curso de lingüística general*. Buenos Aires: Losada, 1986.
- Skatun, K. C.; Kaufman, T.; Tonnesen, S.; Biele, G.; Melle, I.; Agartz, I.; Alnaes, D.; Andreassen, O.; Westlye, L. (2016). Global brain connectivity alterations in patients with schizophrenia and bipolar spectrum disorders. *J Psychiatry Neurosci*, 41 (5): 331-341.
- Sowa, J. (2011). Cognitive Architectures for Conceptual Structures. En Andrews, S.; Polovina, S.; Hill, R. & Akhgar, B. (eds.), *Conceptual Structures for Discovering Knowledge*, Berlín: Springer, 35-49. Recuperado de: <http://www.jfsowa.com/pubs/ca4cs.pdf>
- Sowa, J. (2016). The Virtual Reality of the Mind. *Procedia Computer Science*, 88, 139-144. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.07.417>
- Su, P.; Kuan, C. C.; Kaga, K.; Sano, M. y Mima, K. (2008). Myelination progression in language-correlated regions in brain of normal children determined by quantitative MRI assessment. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 72 (12), 1751-1763. Doi: [10.1016/j.ijporl.2008.05.017](https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2008.05.017)
- Tomasello, M. (2008). *Origins of human communication*. Cambridge, EE.UU.: MIT Press.
- Tomasello, M. (2003). *Constructing a language: A usage-based theory of language acquisition*. Cambridge, EE.UU.: Harvard University Press .
- Tomasello, M. (1988). The role of joint attentional processes in early language development. *Language Sciences*, 10 (1), 69-88.
- Tomasello, M. (2011). Language Development. En U. Goswami (ed.). *Childhood Cognitive Development*, Oxford: Blackwell, 239-257.
- Werker, J. F. y Tees, R. C. (2002). Cross-language speech perception: evidence for perceptual reorganization during the first year of life. *Infant Behavior and Development*, 25 (1), 121-133. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0163-6383\(84\)80022-3](https://doi.org/10.1016/S0163-6383(84)80022-3)
- Westerhausen, R.; Luders, E. & Spechtetal, K. (2011). Structural and functional reorganization of the corpus callosum, between the age of 6 and 8 years. *Cerebral Cortex*, 21 (5), 1012-1017. Doi: [10.1093/cercor/bhq165](https://doi.org/10.1093/cercor/bhq165)
- Yagmurlu, K.; Middlebrooks, E. H.; Tanriover, N.; Rhoton, A.L. Jr. J. (2016). Fiber tracts of the dorsal language stream in the human brain. *Neurosurg*, 124 (5): 1396-1405. Doi: [10.3171/2015.5.JNS15455](https://doi.org/10.3171/2015.5.JNS15455).
- Zuccarini, M.; Guarini, A.; Savini, S.; Iverson, J. M.; Aureli, T.; Alessandroni, R.; Faldella, G.; Sansavini, A. (2017). Object exploration in extremely preterm infants between 6 and 9 months and relation to cognitive and language development at 24 months, *Research in Developmental Disabilities*, 68, 140-152. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2017.06.002>