

Sintaxis enraizada: La reutilización de recursos neuronales perceptivos y motores para el procesamiento de estructuras sintácticas

Mariela Destéfano[†]

Resumen

En la ciencia cognitiva han tenido lugar dos grandes discusiones que se han desarrollado con relativa independencia. Por un lado, en el marco de la lingüística cognitiva (más específicamente en la biolingüística), se ha discutido sobre la posibilidad de que la facultad del lenguaje, tal como es delineada en el programa minimalista chomskiano, tenga asiento en las condiciones reales de nuestros cerebros. Por el otro lado, en el marco de la psicología cognitiva y de la filosofía de la psicología, se ha polemizado la posibilidad de que nuestras capacidades cognitivas (sobre todo las conceptuales) estén enraizadas en otras capacidades tales como las sensitivas, perceptivas y motoras. La motivación general de este trabajo es poner en relación ambas discusiones. Focalizándome en la capacidad lingüística de generar estructuras sintácticas que unifican sonido y significado, pretendo argumentar que la sintaxis estaría enraizada en términos de reutilización de ciertos recursos neuronales perceptivos y motores (*neural reuse*).

1. Introducción

En la ciencia cognitiva han tenido lugar dos grandes discusiones que se han desarrollado con relativa independencia. Por un lado, en el marco de la lingüística cognitiva (más específicamente en la biolingüística), se ha discutido sobre la posibilidad de que la facultad del lenguaje, tal como es delineada en el programa minimalista chomskiano, tenga asiento en las condiciones reales de nuestros cerebros. Por el otro lado, en el marco de la psicología cognitiva y de la filosofía de la psicología, se ha polemizado la posibilidad de que nuestras capacidades cognitivas (sobre todo las conceptuales) estén enraizadas en otras capacidades tales como las sensitivas, perceptivas y motoras. La motivación general de este trabajo es poner en relación ambas discusiones. Focalizándome en la capacidad lingüística de generar estructuras sintácticas que unifican sonido y significado, pretendo argumentar que la sintaxis estaría enraizada en términos de reutilización de ciertos recursos neuronales perceptivos y motores (*neural reuse*). Para ello organizaré el trabajo de la siguiente manera. En la sección 2 caracterizaré las estructuras jerárquicas propias de la sintaxis y haré algunas especificaciones de B44, que es el área del cerebro que procesaría este tipo de estructuras. También presentaré los lineamientos básicos de un enfoque enraizado y reconstruiré dos criterios de Barsalou (2016) para determinar si la capacidad de generar estructuras sintácticas está enraizada. Estos criterios son: (i) involucrar representaciones modales y (ii) hacer uso de recursos perceptivos y/o motores. En la sección 3 intentaré sostener que la sintaxis lingüística sería amodal, razón por la cual no satisfaría el criterio (i). Aun así, la sintaxis estaría enraizada de acuerdo al criterio (ii). En la sección 4 desarrollé la idea de que, asumiendo que B44 es el área destinada al procesamiento sintáctico, tenemos razones para sostener que dicho

[†] Universidad de Buenos Aires (UBA). Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Para contactar a la autora, por favor, escribir a: mdestefano@filo.uba.ar

procesamiento apela de manera constitutiva a recursos motores y perceptivos. Será en la sección 5 donde extraiga algunas conclusiones.

2. Estructuras sintácticas y enfoque enraizado

Los lingüistas suelen aceptar que las oraciones tienen una estructura sintáctica en la que las palabras se agrupan jerárquicamente en frases que están contenidas en otras frases de nivel superior (Frank *et al.* 2012). El análisis de estructuras como:

- a. Juan dijo que María rió nuevamente

permite identificar relaciones de incrustación entre constituyentes tales como

- b. Juan dijo [que María rió] nuevamente
- c. Juan dijo [que María rió nuevamente]

Los constituyentes sintácticos están jerárquicamente relacionados entre sí, de modo que el análisis de la estructura sintáctica de una oración no es meramente secuencial. Desde el enfoque del Programa Minimalista, “ensamble” sería la operación que reúne constituyentes sintácticos para dar lugar a estas estructuras de frase (Chomsky, 1995). Tal como sostiene Chomsky, “con ensamble disponible instantáneamente tenemos un sistema ilimitado de expresiones jerárquicamente estructuradas” (2005, p. 11). ¿Qué significa que ensamble genera un sistema ilimitado de expresiones? El minimalismo asume la idea de que ensamble puede operar recurrentemente sobre elementos sintácticos, uniendo o reuniendo elementos a partir de estructuras de un nivel derivacional previo (Reuland, 2011). En este sentido, ensamble sería un operador que construye recursivamente objetos sintácticos. Una manera mínima de caracterizar la recursión es considerar que un objeto sintáctico ha sido recursivamente construido cuando (i) puede ser definido en términos de la combinación de objetos sintácticos más pequeños con los ítems léxicos como base y (ii) el objeto sintáctico complejo está compuesto jerárquicamente (Hulst, 2010).

La estructura jerárquica sería una propiedad fundamental de las construcciones generadas por ensamble. Ensamble genera objetos jerárquicamente estructurados de manera endocéntrica. Es decir, que en el par de ítems agrupados hay un proceso de selección de uno de ellos como núcleo el cual sirve de sujeto para las combinaciones ulteriores. Por ejemplo, cuando se agrupa un verbo con un sustantivo lo que se obtiene (típicamente) es un verbo, y ese verbo, funciona como unidad, es decir, la estructura actúa como verbo en futuras combinaciones (Boeckx, 2009a). El tipo de estructuras jerárquicas que produce ensamble son estructuras con “cabezas” o “rótulos” las cuales son potencialmente ilimitadas. Existen estudios neuropsicológicos tienden a mostrar que el procesamiento de estas estructuras está localizado en el área de Broca entre la región anterior y posterior, es decir, el área B44 (Jeon, 2014). Investigaciones sobre lesiones cerebrales han mostrado que la atrofia en el área de Broca, particularmente B44, está relacionada con el déficit de los pacientes en el procesamiento de estructuras sintácticas (Wilson *et al.*, 2012, Rogalski *et al.*, 2011). Otros estudios mostraron una fuerte activación en la región posterior del giro frontal inferior (B44) particularmente para el procesamiento de cláusulas incrustadas. Por ejemplo, frente a estímulos de cláusulas incrustadas en alemán comparados con estímulos de cláusulas no incrustadas, se evidenció una mayor activación de B44 (Jeon & Friederici, 2013).

Habiendo aclarado que el espíritu de este trabajo es vincular la discusión sobre el carácter enraizado de ciertas capacidades cognitivas con la cuestión del procesamiento de las estructuras sintácticas, cabe preguntarse por la posibilidad de que tales estructuras estén enraizadas. Asumiendo la evidencia sobre la localización neural de la sintaxis lingüística en B44 *¿qué inferencias podemos hacer respecto de su carácter enraizado?* En un sentido general, el enfoque enraizado consiste en un abordaje programático de la cognición según el cual esta se estudia, no tanto como mecanismos aislados, sino estableciendo sus relaciones con el contexto. En un sentido más específico, el enfoque enraizado pretende ofrecer explicaciones de cómo los procesos cognitivos que se localizan/sucedan/procesan en el cerebro utilizan modalidades perceptivas y motoras así como también explotan propiedades del ambiente (Barsalou, 2016). El objetivo del enfoque enraizado no es reducir la cognición a los mecanismos sensorio-motores. Por el contrario, este enfoque pretende entender cómo las modalidades, así como también el ambiente físico y social, contribuyen de manera central a la cognición (Barsalou *et al.*, 2007).

Es cierto que elucidar qué significa que la sintaxis esté enraizada es una tarea conceptual que excede ampliamente los objetivos de este trabajo. En esta oportunidad tomaré en cuenta dos criterios de mínima para afirmar que una capacidad cognitiva está enraizada. Tomando en consideración a Barsalou (2016) consideraré que la sintaxis está enraizada en la medida en que involucra (i) representaciones modales y (ii) hace uso de recursos perceptivos y/o motores.

3. La sintaxis es amodal

En la filosofía de la ciencia cognitiva, la distinción modal/amodal hace alusión al vehículo de las representaciones mentales. Suele considerarse que las representaciones mentales pueden analizarse de acuerdo a dos aspectos: contenido y vehículo. El contenido es aquello acerca de lo que es la representación, es decir, aquello que es representado. En este sentido, se relaciona con las propiedades semánticas de las representaciones. El vehículo, en cambio, es el medio representacional a través del cual la representación representa algo, es decir, el formato que porta la información que lleva la representación. En este sentido, se relaciona con las propiedades no semánticas de las representaciones (denominadas, generalmente, sintácticas). El contenido y el vehículo constituyen aspectos bien diferenciados de las representaciones. Un mismo contenido puede tener diferentes tipos de vehículos. Por ejemplo, el ladrido de un perro puede ser representado por una oración o por una imagen. Asimismo, diferentes contenidos pueden tener el mismo tipo de vehículo. Que un perro ladra o que un árbol es grande son diferentes contenidos que pueden ser representados por el mismo tipo de medio, como las oraciones. No hay duda de que esta manera de hablar de las representaciones, en términos de “vehículo” y “contenido”, es metafórica (Weiskopf, 2007). Sin embargo, traza una distinción que es importante tener en cuenta al estudiar las representaciones mentales.

Mientras que el formato modal es aquel que tienen las representaciones perceptivas y motoras, el formato amodal es diferente del de las representaciones perceptivas y motoras (Machery, 2016). En el caso de las representaciones modales los recursos de los sistemas perceptivos y motores son constitutivos de las propiedades sintácticas de las representaciones. Por el contrario, en el caso de las representaciones amodales los recursos de los sistemas perceptivos y motores no son constitutivos de las propiedades sintácticas de las representaciones. Fodor (1975, 2008) traza esta distinción en términos de las representaciones propias de los mecanismos perceptivos de acceso

semántico y las representaciones con formato simbólico del lenguaje del pensamiento. La hipótesis del lenguaje del pensamiento es la idea de que nuestras actitudes proposicionales de deseos, creencias y pensamientos en general se expresan en un lenguaje interno que tiene semántica composicional y sintaxis combinatoria. Este lenguaje hace uso de representaciones amodales, las que pueden entenderse como símbolos inestructurados cuyo contenido está determinado por ciertas relaciones nómicas con propiedades en el mundo.

Barsalou (2016) ha desestimado la idea de que el cerebro opera sobre símbolos inestructurados que no están enraizados en ninguna modalidad perceptiva debido a que el modo en que opera el cerebro no permite decirnos nada sobre la existencia de este tipo de entidades mentales. Tal como él caracteriza a las representaciones con este tipo de formato, serían como agujeros negros en un espacio conceptual. Es concebible la idea de que nuestras capacidades cognitivas hagan uso de representaciones cuyo vehículo no reclute recursos perceptivos, ni motores, pero sería difícil empíricamente encontrar algo así en el cerebro. Desde el enfoque de las neurociencias, tal vez, la mejor manera de entender la distinción modal/amodal no sea en términos del formato de las representaciones sino, más bien, en términos de la información que porta la representación desde un punto de vista semántico. En su caracterización de las zonas de convergencia, Damasio (1989) señala que son regiones “amodales” del cerebro que reciben señales de las diferentes modalidades perceptivas pero que no mapean la actividad sensorio-motora a fin de preservar las relaciones topológicas, topográficas y basadas en rasgos del ambiente externo, tal como aparecen en la experiencia psicológica.

Asumiendo este uso de la noción de “amodal”, podría sostenerse que las representaciones modales tienen información que preserva ciertas relaciones topográficas y topológicas con el ambiente mientras que las representaciones amodales no tienen dicha información. Así, las estructuras sintácticas serían amodales en el sentido en que se representan en el cerebro sin incorporar información que preserve relaciones topográficas y topológicas con el ambiente. Las estructuras sintácticas incorporan información sobre rasgos léxicos. Siguiendo a Chomsky (1965), los rasgos son propiedades lingüísticas universales. Los rasgos fonológicos son los que aluden a características tales como +nasal, +bilabial, etc. Los rasgos semánticos se refieren a características como +animal, +humano, etc. Los rasgos sintácticos, por último, son los que aluden a características tales como +SN, +SV, etc. La particularidad de los rasgos es que son unidades léxicas que no pueden descomponerse en otros elementos. En palabras de Boeckx, los rasgos son “propiedades [lingüísticas] irreductibles” (2009b, p. 2). Ahora bien, ¿la información sobre los rasgos fonéticos, sintácticos y semánticos de las palabras es perceptiva y/o motora? Pareciera que los rasgos léxicos en general no constituyen información perceptiva y/o motora que preserve ningún tipo de relaciones con el ambiente. Por ejemplo, el rasgo sintáctico +SV ¿qué tipo de relaciones topográficas y topológicas con el ambiente preservaría? Es cierto que la gramática universal, la cual incluye los rasgos léxicos, no puede fijarse en la mente/cerebro del aprendiz de una lengua sin la necesaria exposición a los datos del contexto lingüístico. Sin embargo, esta relación con el ambiente solamente constituye un factor desencadenante para la adquisición del lenguaje pero no es intrínseco a las propiedades formales de la gramática.

Entonces, tomando en consideración este criterio modal/amodal (en términos del tipo de información de la representación), la sintaxis no estaría enraizada, pues, si las estructuras de frase

no incorporan información perceptiva y/o motora, entonces hay un sentido en el que los sistemas perceptivos y/o motores no serían constitutivos del procesamiento de las estructuras sintácticas. Sin embargo, esta caracterización (amodal) de la sintaxis se ha presentado sin tomar en consideración la evidencia relativa a B44 y la idea es evaluar el carácter enraizado de la sintaxis en base a la evidencia neurocientífica. Por esta razón, en la siguiente sección evaluaré el segundo criterio para determinar si una capacidad cognitiva está enraizada.

4. Sintaxis y reutilización neural

El segundo criterio para determinar si una capacidad cognitiva está enraizada es si hace uso de recursos perceptivos y/o motores (Barsalou, 2016). Intentaré mostrar que bajo este criterio la sintaxis estaría enraizada. Este criterio alude al concepto de “reutilización neural” propuesto inicialmente por Anderson (2010). Las capacidades cognitivas estarían enraizadas en procesos perceptivos y/o motores en el sentido de reutilizar sus recursos neurales. El procesamiento de una capacidad cognitiva depende de los sistemas de modalidad específica en el sentido de utilizar los mismos sistemas que dan lugar a la percepción y a la acción. Siguiendo este criterio, el procesamiento de una capacidad cognitiva no se reduce a los procesos de modalidad específica pero los utiliza. En este contexto, la idea de utilizar los mismos recursos neurales de los sistemas perceptivos y/o motores podría entenderse en dos sentidos diferentes. En primer lugar, en el sentido de que se utilizarían los mismos senderos neurales (*pathways*) de las modalidades perceptivas específicas (Barsalou, 2016). Esta sería una manera neuroanatómica de entender la noción de “reutilización neural”. En segundo lugar, en el sentido de que se utilizarían las mismas funciones computacionales que generan representaciones de modalidad específica (Barsalou, 2016). En este caso, la reutilización se daría en un sentido más funcional/computacional.

Me interesaría tomar en consideración la noción de “reutilización neuronal” en un sentido computacional. Para ello cabe indagar en ciertas particularidades del área B44. Lo cierto es que esta región parece encargarse del procesamiento de estructuras jerárquicas pertenecientes a otros dominios cognitivos allende al de la sintaxis. (Jeon, 2014, Boeckx *et al.*, 2014, Fujita, 2016). Esta área también se encargaría (i) del *procesamiento jerárquico de secuencias visoespaciales*, es decir el procesamiento de alfabetos como símbolos visuales en dominio visoespacial (Tettamanti *et al.*, 2009); (ii) del *procesamiento jerárquico de secuencias musicales*, o sea, la sintaxis musical, que consiste en secuencias armónicas en las que hay relaciones jerárquicas de larga distancia entre eventos musicales (Koelsh, 2013) y el (iii) *procesamiento jerárquico de la planificación motora*, es decir, la sintaxis motora, la cual consiste en el planeamiento de la acción motora compleja que está jerárquicamente compuesta de acciones motoras simples, controladas por ciertas reglas para alcanzar un objetivo direccionado y jerárquicamente estructurado (Grafton & Hamilton, 2007).

Lo anterior llevaría a sostener que B44 es un área en la que tendrían lugar funciones computacionales que generan representaciones de modalidad específica, es decir, representaciones auditivas de la sintaxis musical, representaciones visuales de las secuencias visoespaciales, y representaciones motoras de la sintaxis motora. Podría pensarse que las estructuras de frase de la sintaxis se generarían gracias a esas mismas funciones computacionales. Estas funciones computacionales que comparten las distintas modalidades de sintaxis (lingüística, visoespacial, musical y motora) tendrían lugar en un área que no parece ser estrictamente perceptiva (tal como la corteza visual primaria, etc.) aunque tampoco parece ser un área de asociación en la que se

computan de manera unificada inputs de modalidades diferentes, logrando integración a través de modalidades. Parece ser, más bien, un área multidimensional en la que las representaciones amodales de la sintaxis lingüística se procesan de acuerdo a cómputos propios de modalidades perceptivas (visoespacial, auditiva y motora).

5. Conclusión

A lo largo de este artículo he intentado abonar a la idea de que la sintaxis lingüística estaría enraizada en términos de reutilización de ciertos recursos neuronales perceptivos y motores. Más específicamente, en términos de reutilización de funciones que se usarían para computar representaciones de modalidades específicas. De este modo, la sintaxis estaría enraizada pero no en el sentido de reducirse al funcionamiento de las áreas sensorio-motoras. Aun así quedan abierta la siguiente pregunta: ¿podría ser el caso de que B44 utilice funciones computacionales que no son de modalidad específica para la generación de sintaxis motora, la sintaxis musical y las secuencias visoespaciales? La respuesta a esta cuestión queda por resolverse en ulteriores investigaciones.

Bibliografía

- Anderson, M. L. Neural Reuse: A Fundamental Organizational Principle of the Brain. *Behavioral and Brain Sciences* **33**: 245-266, 2010.
- Barsalou, L. W. On Staying Grounded and Avoiding Quixotic Dead Ends. *Psychon Bull Rev* **23**: 1122–1142, 2016.
- Barsalou, L. W. *et al.* Cognition as Coordinated Non-cognition. *Cognitive Processing* **8**: 79-91, 2007.
- Boeckx, C. The Nature of Merge: Consequences for Language, Mind, and Biology. En: Piattelli-Palmarini, M., Uriagereka, J & Salaburu, P. (eds.). *Of Minds and Language: A Dialogue with Noam Chomsky in the Basque Country*, 2009a. Pp. 44-57.
- Boeckx, C. Syntactic order for free. En: *Workshop 'At the root of complexity: The emergence of structures in matter, brain, life, and language'*, Institute for Scientific Interchange (ISI) Foundation, Turin, 2009b.
- Boeckx, C. *et al.* Universal Grammar and Biological Variation: An EvoDevo Agenda for Comparative Biolinguistics. *Biological Theory* **9** (2): 122–134, 2014.
- Chomsky, N. *Estructuras sintácticas*. Madrid: Siglo XXI, 1965.
- Chomsky, N. *El Programa Minimalista*. Madrid: Alianza, 1995.
- Chomsky, N. "On Phases". Manuscrito, 2005.
- Damasio, A. The brain binds entities and events by multiregional activation from convergence zones. *Neural Computation* **1**: 123-32, 1989.
- Fodor, J. *El lenguaje del pensamiento*. Madrid: Alianza, 1975.
- Fodor, J. *LOT 2: The Language of Thought Revisited*. Oxford: OUP, 2008.
- Frank, S., Bod, R. & Christiansen. M. How Hierarchical is Language Use. *Proceedings of the Royal Society* **279**: 4522–4531, 2012.

- Fujita, K. On the parallel evolution of syntax and lexicon: A Merge-only view. *Journal of Neurolinguistics* **43**: 178–192, 2016.
- Grafton, S. T. & Hamilton, A. F. Evidence for a distributed hierarchy of action representation in the brain. *Human Movement Science*. **26**: 590–616, 2007.
- Hulst, Van Der. *Recursion and Human Language*. Berlin: Mouton de Gruyter, 2010.
- Jeon, H. Hierarchical Processing in the Prefrontal Cortex in a Variety of Cognitive Domain. *Frontiers in Systems Neuroscience* **8**: 1-8, 2014.
- Jeon, H. & Friderici, A. D. Two Principles of Organization in the Prefrontal Cortex are Cognitive Hierarchy and Degree of Automaticity. *Nature Communications* **4**: 2041, 2013.
- Koelsch, S. Neural correlates of music perception. En: Arbib, M. A. (ed.). *Language, Music and the Brain: A Mysterious Relationship*. Cambridge, MA: MIT Press, 2013. Pp. 141–172.
- Machery, E. The amodal brain and the offloading hypothesis. *Psychonomic Bulletin & Review* **23**:1090–1095, 2016.
- Reuland, E. Syntax and Interpretation Systems: How is their Labour Divided?. En: C. Boeckx (ed.) *The Oxford Handbook of Linguistic Minimalism*. Oxford: Oxford University Press, 2011. Pp. 377-395.
- Rogalski, E., Cobia, D., Harrison, T. *et al.* Anatomy of Language Impairments in Primary Progressive Aphasia. *Journal of Neuroscience* **31**: 3344-3350, 2011.
- Tettamanti, M., Rotondi, I., Perani, D. *et al.* Syntax without language: neurobiological evidence for crossdomain syntactic computations. *Cortex* **45**: 825–838, 2009.
- Weiskopf, D. Concept Empiricism and the Vehicles of Thought- *The Journal of Consciousness Studies* **14**: 156-183, 2007.
- Wilson, S., Galantucci, S. *et al.* The Neural Basis of Syntactic Deficits in Primary Progressive Aphasia. *Brain and Language* **122**: 190-198, 2012.