

Hacia la Neurosintaxis

Itziar Laka

Departamento de Lingüística y Estudios Vascos
Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

1. Gramática generativa y neurociencia cognitiva.

El estudio sistemático y riguroso de la sintaxis comienza en la segunda mitad del siglo XX con la gramática generativa. Una de las premisas fundamentales de este programa de investigación es la concepción del lenguaje como una función cognitiva y biológica de la especie humana. Por ello, la gramática generativa tiene desde sus orígenes un fuerte compromiso epistemológico con el estudio de la mente/cerebro, ya que no concibe el lenguaje como una entidad platónica, externa al organismo humano, sino como un elemento constitutivo de nuestra especie, en particular de su estructura cognitiva. Muestra de este compromiso fundacional es la reseña de *Verbal Behavior* que Noam Chomsky publicó en la revista *Language* en 1959, donde el núcleo de la crítica a la concepción skinneriana del lenguaje se basa en argumentos sobre su adquisición en la infancia, un área apenas explorada en aquella época, donde Chomsky subraya especialmente el carácter de función biológica predeterminada que tiene el lenguaje en los humanos¹.

Esta hipótesis de que la estructura central del lenguaje humano estaba gobernada por factores biológicos y específicos a nuestra especie era entonces profundamente heterodoxa, dado el paradigma conceptual de las humanidades y las ciencias sociales en la época de influencia del conductismo. Sin embargo, desde una perspectiva contemporánea, la hipótesis no resulta en absoluto herética, y la evidencia obtenida de

¹ Para una discusión sobre diferentes concepciones del lenguaje y posiciones epistemológicas asociadas véase Chomsky et al. (2002); para una defensa del lenguaje como entidad platónica véase Katz (1981).

Aparecerá en: Gallego Angel (Ed.) *Perspectivas de sintaxis*, Ediciones Akal, Madrid.

estudios sobre la adquisición del lenguaje confirma que los bebés humanos tienen capacidades enormemente especializadas que les permiten seleccionar ciertas propiedades del input lingüístico e interpretarlas de forma muy sofisticada para adquirir rápidamente una gramática (Yang 2006; Hochmann et al. 2010; Gervain et al. 2013). Pocos expertos discutirían hoy que es fundamental conocer la estructura del cerebro humano y su desarrollo para obtener una visión completa de la adquisición, la representación y el procesamiento del lenguaje (Berwick et al. 2013). El debate actual gira en torno a la naturaleza y la especificidad de estas propiedades internas del organismo capaz de adquirir una gramática (Laka 2009).

Aunque nada de esto estaba claro en aquella fase embrionaria de la ciencia cognitiva, la relevancia del estudio del cerebro para la lingüística era ya firmemente defendida por Chomsky en sus primeros escritos. Así, por ejemplo, en un comentario sobre las propuestas del neurólogo Lashley sobre procesos de ordenación temporal de eventos mentales, Chomsky (1959) presenta el programa de investigación de la lingüística como parte del estudio de la mente/cerebro: *“Although present-day linguistics cannot provide a precise account of these integrative processes, imposed patterns, and selective mechanisms, it can at least set itself the problem of characterizing these completely.”*(pp.55-56) Este programa de investigación que plantea Chomsky para la lingüística debería ser relevante tanto para la lingüística como para la neurociencia: *“The results of such a study might, as Lashley suggests, be of independent interest for psychology and neurology (and conversely).”*(p.56). Afirmaciones de este tipo eran extrañas a la lingüística y a la psicología de la época, pero describen un panorama que se ha convertido en el hábitat natural de la ciencia cognitiva y la lingüística contemporáneas del siglo XXI. Esta expectativa de relevancia mutua es nuestro presente: hay una vasta extensión de investigación sobre lenguaje donde lingüistas, psicólogos y neurocientíficos conversan y discuten hoy como no lo habían hecho en las décadas anteriores. La semilla conceptual sembrada en 1959 ha germinado y soportado el paso del tiempo: si queremos entender el lenguaje de un modo profundo, debemos saber qué es, y parte ineludible de la respuesta a esta pregunta se halla en el cerebro humano, su organización y funcionamiento. Pero aunque resulte paradójico, junto a esta expectativa de convergencia entre la lingüística y la neurociencia cognitiva, hay también una percepción muy generalizada de que aún existe un gran abismo entre la

Aparecerá en: Gallego Angel (Ed.) *Perspectivas de sintaxis*, Ediciones Akal, Madrid.

gramática generativa y la neurociencia. Marantz (2005) expresa esta situación paradójica del siguiente modo:

The first decade of the 21st century should be a golden era for the cognitive neuroscience of language. Fifty years of contemporary linguistic analysis of language can be coupled with a wide range of brain imaging and brain monitoring machines to test hypotheses and refine theory and understanding. However, there is still a gulf between mainstream linguistics within the generative linguistic tradition and most of those engaged in experimental cognitive neuroscience research. (Marantz 2005:429-430)

La sintaxis se representa y computa en el cerebro humano, y las categorías y operaciones postuladas por la gramática generativa son hipótesis acerca de las representaciones y computaciones en las mentes y cerebros de los hablantes. Siendo esto así, si la lingüística generativa y la neurociencia cognitiva del lenguaje caminan por sendas empíricamente bien dirigidas, deberán necesariamente encontrarse a medida que avance nuestro conocimiento. Para que este encuentro se de es esencial que los investigadores de estos campos tengamos noticia de los hallazgos en diversas áreas; así llegaremos antes, y con menos desvíos, a una ciencia del lenguaje que comparte un espacio de discusión amplio y activo.

La investigación experimental de las últimas décadas ha ido revelando aspectos de la naturaleza neurocognitiva de la sintaxis, algunos de los cuales se recogen y discuten en este capítulo. La selección de temas, resultados e interpretación de la evidencia se ha hecho teniendo en cuenta principalmente la perspectiva de la teoría lingüística, y por ello haré más hincapié en la relevancia de algunos resultados obtenidos por la investigación en neurocognición del lenguaje sobre la sintaxis, que en los aspectos metodológicos relacionados con las técnicas de neuroimagen y el diseño experimental que se utilizan en estos trabajos. Intentaré ofrecer una visión de algunas de las contribuciones que considero más significativas en el estudio de la neurocognición de la sintaxis, visión que será necesariamente parcial e incompleta, dado el enorme número y disparidad de contribuciones que se publican actualmente en este campo. Para una presentación y defensa de la lingüística generativa dentro de la neurociencia cognitiva del lenguaje, léase Marantz (2005); para discusiones más detalladas sobre

Aparecerá en: Gallego Angel (Ed.) *Perspectivas de sintaxis*, Ediciones Akal, Madrid.

sintaxis donde se discuten también métodos y sus características, léanse Embick y Poeppel (2005), Grodzinsky y Friederici (2006) y las numerosas referencias citadas en estos trabajos.

2. Del lenguaje como tarea al lenguaje como conocimiento.

El estudio del lenguaje en el cerebro comienza en el siglo XIX, con los estudios pioneros sobre afasia a cargo de neurólogos como Broca y Wernicke. Durante muchos años, y dada la ausencia de otros modos de obtener evidencia sobre el funcionamiento del cerebro, la única fuente de datos sobre el sustrato neurocognitivo del lenguaje eran los estudios de pacientes con lesiones cerebrales que resultaban en afasias. Con el surgimiento de las técnicas de neuroimagen no invasivas en la última mitad del siglo XX y su constante desarrollo en el siglo XXI, los estudios de pacientes con lesiones han perdido el lugar central que ostentaban y este lugar es ocupado hoy por el estudio de hablantes sanos de diferentes edades y características, mediante el empleo de las numerosas técnicas que permiten el estudio del procesamiento del lenguaje en humanos sin lesiones cerebrales (ERPs, MRI, (f)MRI, MEG, TMS, movimientos oculares, registros intracraneales...). Estas técnicas se complementan con el estudio de pacientes de patologías adquiridas o no, que son ahora un elemento más de la base empírica sobre la que se asienta la investigación.

La estrategia de investigación en afasiología consistía y consiste en correlacionar las disociaciones manifestadas en los síntomas de las diversas patologías observadas con diferentes componentes del lenguaje (Ardila 2006 ofrece una extensa panorámica de la afasiología escrita en español). Estas correlaciones dieron inicialmente como resultado una caracterización neurológica del lenguaje que no convergía con la visión ofrecida por la lingüística. Así, por ejemplo, Karl Wernicke propuso un modelo del lenguaje compuesto de dos componentes neuroanatómicamente diferenciados dedicados a la percepción y la producción, debido a que estos dos aspectos parecían estar disociados en las afasias llamadas motora y sensorial. Como consecuencia, las primeras cartografías del cerebro, debidas al grupo de Wernicke, situaban la producción del lenguaje en la región de Broca y su percepción en el área de Wernicke. Por ello, durante mucho tiempo se pensó que los afásicos de Broca sólo presentaban problemas de producción del lenguaje, no de comprensión, que se suponía intacta.

Aparecerá en: Gallego Angel (Ed.) *Perspectivas de sintaxis*, Ediciones Akal, Madrid.

En la década de los setenta se comenzaron a llevar a cabo experimentos controlados de comprensión sintáctica con afásicos de Broca, y se comprobó que la comprensión también estaba afectada en estos pacientes. Caramazza y Zurif (1976), por ejemplo, mostraron que los afásicos de Broca presentaban una dificultad asimétrica en la comprensión de oraciones de relativo, que dependía de que la categoría vacía en la oración fuera sujeto u objeto. Este descubrimiento, a su vez, mostró que los modelos basados estrictamente en tareas de producción y comprensión eran inadecuados, lo que dio paso a una nueva forma de estudiar las patologías del lenguaje, más directamente relacionada con los niveles de representación lingüística (fonología, sintaxis, semántica), y dentro de la sintaxis, más relacionada con los fenómenos de movimiento y localidad de las dependencias sintácticas estudiados en la gramática generativa (Grodzinsky 2004).

Este cambio de perspectiva supone para la neurología la constatación de que la complejidad sintáctica tiene un reflejo neurológico. Para la lingüística, supone superar la paradoja de que el cerebro organizara el lenguaje en dos módulos diferenciados (producción/comprensión) que ninguna teoría lingüística había postulado como ejes de la estructura del lenguaje. Desde entonces, gracias al empleo de nuevos métodos experimentales, y materiales lingüísticamente más sofisticados, elaborados prestando atención a las caracterizaciones del lenguaje ofrecidas por la investigación lingüística, se ha superado la visión neuroanatómica del lenguaje basada exclusivamente en actividades o tareas (hablar, escuchar, leer, escribir) y se ha comprobado que la organización cerebral es sensible a diferentes aspectos del conocimiento y procesamiento lingüístico como la fonología, la sintaxis o el léxico, aunque estemos aún muy lejos de comprender los detalles de su organización (Grodzinsky y Friederici 2006).

3. La sintaxis y el procesamiento.

En la gramática generativa, desde sus orígenes hasta los últimos desarrollos dentro del Programa Minimalista (Chomsky 2000, 2001), se asume que la única vía de computación para las representaciones gramaticales es la sintaxis. Dentro de esta concepción del lenguaje, los elementos léxicos mínimos se unen mediante la operación

Aparecerá en: Gallego Angel (Ed.) *Perspectivas de sintaxis*, Ediciones Akal, Madrid.

recursiva “combinar (*merge*)” creando constituyentes o sintagmas estructurados de forma jerárquica. A su vez, estas estructuras son interpretadas por las interfaces sensorio/motora y conceptual, en forma de percepto (fonológico o visual) y significado respectivamente.

Esta visión de la sintaxis se asemeja mucho a un procesador en tiempo real, pero pese a esta similitud conceptual, la visión mayoritaria tanto en lingüística como en psicolingüística es aún hoy en día que la relación entre los modelos de computación sintáctica (las gramáticas) propuestas por la teoría lingüística y los procesos implicados en el procesamiento en tiempo real del lenguaje en el cerebro son dos realidades distintas (Sanz, Laka, Tanenhaus 2013b). Esta disociación epistemológica entre gramática y procesador tiene su origen en Bever (1970), que en un artículo fundacional de la psicolingüística sostenía que la relación entre reglas gramaticales y operaciones cognitivas implicadas en el procesamiento de oraciones es muy indirecta (*‘the relation between grammatical rules and perceptual operations is ‘abstract’ rather than direct’* Bever, 1970: 287). Como consecuencia de este posicionamiento, la gramática generativa y la psicolingüística dejaron de percibirse como áreas mutuamente relevantes y durante estos últimos cuarenta años han trabajado de forma casi totalmente disociada (véase Marantz 2005 y Phillips 2013 para perspectivas alternativas sobre la relación entre la lingüística teórica y la psicolingüística, más acordes con la asumida en este capítulo y Sanz, Laka, Tanenhaus 2013a para una visión amplia de diferentes perspectivas sobre la relación entre gramática y procesamiento).

La lingüística generativa de los años sesenta generó una nueva psicolingüística que intentaba interpretar la gramática como un modelo para la psicología del lenguaje (Fodor, Bever y Garrett, 1974; Levelt, 1974). En un trabajo pionero, Chomsky y Miller habían afirmado que:

The psychological plausibility of a transformational model of the language user would be strengthened, of course, if it could be shown that our performance on tasks requiring an appreciation of the structure of transformed sentences is some function of the nature, number, and complexity of the grammatical transformations involved.’ (Miller y Chomsky, 1963: 481)

Aparecerá en: Gallego Angel (Ed.) *Perspectivas de sintaxis*, Ediciones Akal, Madrid.

Suele sostenerse que estos primeros estudios experimentales encontraron evidencia en apoyo de las representaciones sintácticas propuestas por la gramática generativa, pero no a favor de las transformaciones que se postulaban en aquellos modelos para las derivaciones. Esta falta de correlación entre las predicciones de complejidad sintáctica que hacían las transformaciones gramaticales y los resultados experimentales se interpretó como evidencia de que las transformaciones no reflejaban procesos mentales en tiempo real; es decir, se interpretó como un fracaso de la denominada *Derivational Theory of Complexity* (DTC) que predecía una correspondencia entre la complejidad de la derivación sintáctica y la complejidad de procesamiento de una estructura lingüística. Como han argüido Marantz (2005) y Phillips (2013) la aceptación generalizada del fracaso de la DTC en los setenta se debió a una simplificación de lo que se investigó y los resultados que se obtuvieron, y paradójicamente, la investigación en neurocognición del lenguaje ha proseguido aceptando tácitamente la DTC, ya que en palabras de Marantz,

...linguists really have no choice but to embrace the derivational theory of complexity, since it's essentially just a name for standard methodology in cognitive science and cognitive neuroscience. All other things being equal, the more complex a representation – the longer and more complex the linguistic computations necessary to generate the representation – the longer it should take for a subject to perform any task involving the representation and the more activity should be observed in the subject's brain in areas associated with creating or accessing the representation and with performing the task (see, e.g., Phillips et al. 2005 for a recent application of this reasoning). (Marantz 2005:439)

La investigación neurocognitiva del lenguaje asume que las computaciones mentales requieren tiempo, esfuerzo y recursos, y que por tanto tienen un impacto en la realización de tareas que las implican. Por ello, los estudios de neuroimagen (ERP, fMRI, etc.) asumen que a mayor complejidad sintáctica mayor es el tiempo, esfuerzo y cantidad de recursos que empleará el cerebro en la computación. La inmensa mayoría de trabajos sobre procesamiento sintáctico en estas áreas, como se verá, parten de esta premisa, que es la idea central de la Teoría Derivacional de la Complejidad descartada en los inicios de la psicolingüística.

4. *La sintaxis en milisegundos.*

Sabemos que los procesos de computación sintáctica se producen a gran velocidad; las medidas temporales de procesamiento sintáctico se registran en milisegundos. Por ello, los métodos experimentales que nos proveen de medidas temporales muy precisas resultan especialmente valiosos para investigar el curso temporal de la computación sintáctica. Actualmente el método que ofrece mayor resolución temporal son los registros de potenciales evocados por eventos (*Event Related Potentials*, ERP) que detectan las señales electrofisiológicas que genera la actividad cerebral. Presentaciones más extensas dedicadas a la investigación del lenguaje mediante ERPs que la que se puede ofrecer aquí se encontrarán en Kutas et al. (2006) y Kaan (2007); una presentación más centrada en aspectos técnicos y metodológicos se halla en Luck (2005).

La gran ventaja de la técnica de potenciales evocados es su altísima resolución temporal y también el hecho de que los registros de procesamiento no requieren estar asociados a una tarea conductual (juicio de gramaticalidad, respuesta a pregunta u otro tipo de tarea). Principalmente, los ERPs nos permiten ahondar en procesos tempranos y automáticos de computación cognitiva como la sintaxis. Las medidas exclusivamente conductuales como el juicio gramatical obtenido de un hablante nativo implican una decisión consciente mucho más compleja que la mera computación sintáctica. Es aquí donde los ERPs aportan su máximo valor. Por ejemplo, es frecuente encontrar disociaciones entre las respuestas conductuales y electrofisiológicas de los sujetos: una persona puede “no darse cuenta” de que una oración de las que ha leído durante el experimento era agramatical y por tanto puede haber respondido “sí” a la pregunta “¿Es esta oración correcta?”, mientras que para la misma oración el registro de potenciales habrá detectado (mediante la generación de un patrón electrofisiológico denominado componente P600) que la agramaticalidad ha sido de hecho observada e identificada por el cerebro de esa misma persona en la fase temprana de computación sintáctica, previa a la elaboración del juicio de gramaticalidad (véase Tokowicz & MacWhinney, 2005 para un ejemplo con aprendices de español).

Uno de los primeros estudios que mostraron una medida electrofisiológica específica para la sintaxis, con materiales y diseño experimental inspirado en la

Aparecerá en: Gallego Angel (Ed.) *Perspectivas de sintaxis*, Ediciones Akal, Madrid.

gramática generativa fue el de Neville et al. (1991). Hasta entonces, los registros de electrofisiología aplicados al procesamiento del lenguaje sólo habían dado como resultado la identificación de un componente, el N400, en respuesta a violaciones de expectativas semánticas², y algunos estudios habían encontrado otro componente, el P600, aunque no se había podido asociar de forma concluyente a la computación sintáctica. Neville et al (1991) estudiaron las respuestas cerebrales de cuarenta adultos mientras leían oraciones presentadas a un ritmo de dos palabras por segundo. La mitad de las oraciones estaban bien formadas, pero la otra mitad contenía violaciones de expectativas semánticas o violaciones sintácticas diseñadas en referencia a la gramática generativa que se ilustran en (1).

- (1)
- a. The man admired a sketch of the landscape
 - b. The man admired Don's sketch of the landscape
 - c. What_i did the man admire a sketch of t_i?
 - d. Was [_{SN} a sketch of the landscape] admired by the man?
 - e. *The man admired Don's of sketch the landscape
 - f. #The man admired Don's headache of the landscape
 - g. *What_i did the man admire Don's sketch of t_i?
 - h. *What was [_{SN} a sketch of t_i] admired by the man?

Las oraciones en (1a,b) son gramaticales, y se distinguen en que (1a) tiene un objeto indefinido (*a sketch of...*) mientras (1b) contiene un objeto definido (*Don's sketch of...*). Esta propiedad provoca restricciones en la extracción sintáctica, resultando en el contraste entre (1c) y (1g). El contraste entre (1d) y (1h) ilustra la condición de Subyacencia, que limita el movimiento sintáctico. La oración (1e) viola la estructura de frase del SN, una condición sintáctica, mientras que la oración (1f) ilustra una violación semántica pero no sintáctica.

² Kutas y Hillyard (1980) observaron y nombraron este componente N400 por primera vez para oraciones semánticamente anómalas con respecto al contexto previo (*He spread the warm bread with socks*).

Aparecerá en: Gallego Angel (Ed.) *Perspectivas de sintaxis*, Ediciones Akal, Madrid.

Neville et al. (1991) replicaron los resultados que asociaban violaciones de expectativas semánticas con el componente N400, pero encontraron diferentes componentes temporales para los diferentes tipos de violación sintáctica, lo cual interpretaron como evidencia de que los procesos sintácticos y semánticos emplean diferentes subsistemas neurocognitivos. En particular, la violación de las condiciones de Subyacencia, Especificidad y estructura de frase generaron un componente positivo alrededor de los 600 milisegundos (P600)

Los componentes electrofisiológicos más frecuentemente asociados a la computación sintáctica son la negatividad izquierda anterior (*left anterior negativity* LAN), un componente muy temprano asociado con la categorización y la estructura de frase, y el P600, un componente tardío asociado con las violaciones sintácticas de todo tipo y la complejidad sintáctica.

Los primeros trabajos que detectaron el componente LAN en violaciones gramaticales fueron Kutas y Hillyard (1983), Friederici et al. (1993) y Coulson et al. (1998). Posteriormente, se ha sugerido en algunos trabajos que hay dos tipos de negatividades tempranas: (a) una primera, en la ventana de los 100-200 milisegundos (denominada LAN temprana o ELAN), que se ha interpretado como un primer marcador neural del procesamiento sintáctico, más específicamente asociado a la computación de la información categorial y de estructura de frase (Neville et al. 1991; Friederici et al. 1993; Hahne y Friederici 1999) y la LAN, que se genera entre los 300 y 500 milisegundos y se ha asociado más específicamente a la detección de violaciones de concordancia (Friederici et al. 2002).

El componente P600 es el que más frecuentemente se asocia a violaciones sintácticas y al procesamiento de estructuras sintácticamente complejas (Osterhout y Holcomb 1992; Hagoort et al. 1993). Al contrario que el componente LAN, el P600 se ha observado consistentemente a través de diferentes tareas, tipos de experimento, lenguas y tipos de estructuras sintácticas, y se observa no sólo en casos de agramaticalidad, sino también cuando se comparan estructuras con o sin movimiento sintáctico. Por ejemplo, Kaan et al. (2000) observaron que la oración inglesa *Emily wondered who the performer in the concert had imitated for the audience's amusement* genera un componente P600 mayor en la posición del verbo subordinado que la oración *Emily wondered whether the performer in the concert had imitated for the audience's*

Aparecerá en: Gallego Angel (Ed.) *Perspectivas de sintaxis*, Ediciones Akal, Madrid.

amusement, presumiblemente porque la primera oración implica la detección del origen del elemento-Qu desplazado que se enlaza con la posición argumental en la oración subordinada, mientras que en la segunda tal computación no se lleva a cabo. Este componente también se ha observado, por ejemplo, en el procesamiento de desplazamiento de constituyentes en la oración en euskara, una lengua de núcleo final, cuyo orden básico de palabras es SOV. En los hablantes de esta lengua, el procesamiento de oraciones de orden OSV muestra este componente P600, en comparación a la señal electrofisiológica que producen las oraciones de orden SOV (Erdocia et al. 2009). El componente P600 también se ha observado en violaciones de estructura argumental (asignación de papeles temáticos) en diversos estudios y en diversas lenguas como el inglés, alemán o holandés (Kuperberg, 2007; Brouwer, Fitz, Hoeks, 2012).

Los estudios llevados a cabo con potenciales evocados son hoy en día muy numerosos y cada vez más lenguas con características diferentes se están integrando en la cuenta de resultados, lo cual permite determinar mejor qué aspectos de los componentes evocados reflejan características de la computación sintáctica generales a la facultad del lenguaje, y cuáles se deben a peculiaridades específicas de la forma morfológica de cada lengua (por ejemplo, si la morfología de concordancia se detecta en los primeros segmentos fonológicos del verbo o en los últimos, lo cual puede alterar el registro temporal de la detección de una incongruencia gramatical, y otras cuestiones que no reflejarían directamente propiedades significativas de la sintaxis). Así, por ejemplo, Zawiszewski y Friederici (2009) y Díaz et al. (2011) muestran que las violaciones de concordancia y caso en euskara generan señales electrofisiológicas equivalentes a las halladas para otras lenguas, lo cual sugiere que los substratos neuronales subyacentes a estas computaciones son también equivalentes (para un estado de la cuestión en estudios de electrofisiología sobre concordancia véase Molinaro et al. 2011).

Como es el caso en otras medidas de la actividad cerebral, no podemos afirmar que los dos componentes principales asociados a la computación lingüística (el N400 y el P600) reflejen disociadamente procesos léxico-semánticos y procesos sintácticos respectivamente (véase Zawiszewski y Friederici 2009; Phillips 2013 entre otros para discusiones y evidencia a este respecto), y ni siquiera podemos afirmar que reflejen

Aparecerá en: Gallego Angel (Ed.) *Perspectivas de sintaxis*, Ediciones Akal, Madrid.

exclusivamente el procesamiento lingüístico, pero sí podemos afirmar que cuando el cerebro detecta errores o incongruencias sintácticas en el estímulo lingüístico que procesa, se genera el componente P600, y que este componente también se genera en computaciones sintácticas complejas en comparación a otras que lo son menos. Respecto a los otros dos componentes más tempranos, el ELAN y LAN, que se han asociado en algunos trabajos con la categorización inicial de las palabras y su estructuración en sintagmas, los resultados muestran menor convergencia y estabilidad, y por tanto generan cuestiones sobre su replicabilidad; algunos estudios observan estos componentes, además del componente P600, mientras que otros estudios no los detectan en condiciones experimentalmente equivalentes.

5. Combinatorialidad y recursión.

Comencemos por recordar el principal argumento de *Syntactic Structures* (1957): la estructura de frase, los constituyentes sintácticos, son una propiedad esencial de las gramáticas humanas, y la teoría lingüística ha de dar cuenta de ello. La naturaleza combinatorial y recursiva de la gramática que se ponía de manifiesto en *Syntactic Structures* se considera hoy una propiedad fundamental del lenguaje:

There are other universals, which are so basic that they are implicit in every linguistic theory and become most obvious when we compare language with other animal communication systems. These include the fact that language is built up from a set of reusable units, that these units combine hierarchically and recursively, and that there is systematic correspondence between how units combine and what the combination means. (O'Donnell, Hauser y Fitch 2005:285)

Recientemente, la combinatorialidad y recursividad del lenguaje humano han recibido especial atención en algunos estudios neurocognitivos que discutiremos a continuación. En Hauser, Chomsky y Fitch (2002) se sugería la posibilidad de que la combinatorialidad recursiva fuera una propiedad del lenguaje cualitativamente distinta y evolutivamente original de nuestra especie; esta cuestión ha sido abordada en al menos tres estudios con técnicas hemodinámicas, es decir métodos que localizan el flujo sanguíneo en el cerebro, que parecen aportar fundamento a esta posibilidad.

Aparecerá en: Gallego Angel (Ed.) *Perspectivas de sintaxis*, Ediciones Akal, Madrid.

Musso et al. (2003), y Friederici et al. (2006) enseñaron a grupos de participantes dos tipos distintos de gramáticas: una gramática de estados finitos, sin estructura de frase ni recursión, y una gramática combinatorial y recursiva, con el objetivo de determinar cómo se procesan en el cerebro estos dos tipos de estructuras. En última instancia lo que estos dos estudios pretendían era determinar si la recursividad refleja un tipo de computación específica detectable en el sustrato neuronal.

Musso y sus colaboradores enseñaron a nativos alemanes tres estructuras/construcciones del italiano y el japonés, y tres estructuras/construcciones imposibles en un sistema combinatorial y recursivo, utilizando palabras del italiano y el japonés. Por ejemplo, en una estructura no-natural la negación se insertaba siempre después de la tercera palabra de la oración. La regla que genera oraciones negativas de oraciones declarativas en esta lengua artificial es trivial desde el punto de vista computacional pero es una derivación imposible en el lenguaje humano, porque no se basa en la estructura de constituyentes. Los autores observaron que la detección de violaciones de las estructuras/construcciones de las lenguas naturales (italiano y japonés) que habían aprendido los sujetos generaba una activación del área de Broca que no se observaba en las violaciones de la lengua artificial.

Friederici y sus colaboradores titularon el artículo que presentaba los resultados de su estudio de modo muy informativo: “*The brain differentiates human and non-human grammars*”. Lo que muestran es que las violaciones de una gramática artificial aprendida por los participantes en el estudio activa un área cerebral llamada opérculo frontal. Sin embargo, cuando los participantes detectaban violaciones a una gramática recursiva, se activaba también el área de Broca. Los autores interpretan estos resultados como indicativos de que hay una diferenciación funcional entre dos áreas cerebrales que son tanto citoarquitectónicamente como filogenéticamente diferentes dentro del córtex frontal del hemisferio izquierdo:

The evaluation of transitional dependencies in sequences generated by an FSG, a type of grammar that was shown to be learnable by non-human primates, activated a phylogenetically older cortex, the frontal operculum. In contrast, the computation of hierarchical dependencies in sequences generated according to a PSG, the type of grammar characterizing human language, additionally recruits a phylogenetically younger cortex, namely Broca’s area (BA 44 45). (Friederici et al. 2006:2460)

Aparecerá en: Gallego Angel (Ed.) *Perspectivas de sintaxis*, Ediciones Akal, Madrid.

Si están en lo cierto, el área del cerebro que computa estructuras recursivas del lenguaje, la sintaxis, sería evolutivamente más reciente que el área que computa simples secuencias ordenadas, lo cual sugeriría en efecto, que la recursión del lenguaje pudiera ser una propiedad cualitativamente nueva y específica del lenguaje y de la cognición de nuestra especie.

Más recientemente, Pallier et al. (2011) han investigado específicamente la estructura de constituyentes de la sintaxis. Mediante la resonancia magnética funcional, que es también la metodología empleada por los dos estudios anteriores, este estudio investiga si hay un área del córtex específicamente dedicada a la computación de la estructura de frase. Para ello, parten de la hipótesis de que los grupos neuronales que computan constituyentes sintácticos aumentan en función de los niveles de recursión, es decir, de la complejidad de anidamiento. Los materiales experimentales tenían varias condiciones, pero todas ellas se componían de doce palabras presentadas a los participantes. En la primera condición, las palabras eran inconexas y no formaban constituyentes; en la segunda, las doce palabras se organizaban en seis constituyentes distintos formados por pares de palabras; en la tercera se organizaban en cuatro constituyentes de tres palabras cada uno; en la cuarta eran tres constituyentes de cuatro palabras, en la quinta dos constituyentes de seis palabras; y en la última condición las doce palabras se estructuraban hasta formar un único constituyente. Así pues, en cada condición, la complejidad estructural iba proporcionalmente en aumento. Los resultados revelan una red interconectada de regiones que implican a la circunvolución inferior izquierda, dentro del área de Broca, donde la activación se incrementa de forma paramétrica a medida que la complejidad estructural aumenta. Estos resultados convergen con los de Musso et al. (2003) y Friederici et al. (2006) en apuntar a que al menos algunas subáreas de Broca están especialmente dedicadas a la computación de la recursividad sintáctica.

6. El área de Broca: sintaxis y mucho más.

El área de Broca nació como área del lenguaje y se especializó como área de gramática y fonología, pero la evidencia de que disponemos hoy muestra que son muchos y aparentemente diversos los tipos de actividades mentales que activan este área

Aparecerá en: Gallego Angel (Ed.) *Perspectivas de sintaxis*, Ediciones Akal, Madrid.

de forma significativa, y que estamos muy lejos de tener una visión coherente de su neuroanatomía, enormemente compleja, y de las tareas que lleva a cabo. Pese a ello, la evidencia acumulada en las últimas décadas muestra que esta área de nuestro cerebro, algunas de cuyas partes son filogenéticamente recientes y características de nuestra especie, está crucialmente implicada en la computación sintáctica.

Numerosos estudios han encontrado que el área de Broca se activa en tareas tanto de comprensión como de producción de estructuras sintácticas (Caplan et al. 1998, Dapretto y Bookheimer 1999, Embick et al. 2000, Friederici et al. 2000, Friederici 2002, Kaan y Swaab 2002, Kang et al. 1999, Moro et al. 2001, Musso et al. 2003 entre muchos otros), por lo que suele concluirse que este área tiene un papel privilegiado en la computación sintáctica, y suele a menudo denominarse como área de la sintaxis, o área de la gramática. Pero el hecho de que la computación sintáctica implique a esta área cerebral no significa que esta área esté dedicada exclusivamente a la sintaxis, y hay muchos estudios que encuentran una activación significativa de Broca en tareas que no implican el procesamiento gramatical o lingüístico.

Kang et al. (1999) presentaron a los sujetos sintagmas verbales para leer (como *wore glasses, broke rules*) entre las que había algunas violaciones sintácticas (*grew heard*) y otras semánticas (*ate suitcases*), y hallaron que los dos tipos de violaciones generaban una mayor activación en el área de Broca en comparación a las frases gramaticales, y que, dentro de Broca, el área de Brodman 44 presentaba una mayor activación para las violaciones sintácticas que para las semánticas. Moro et al. (2001) llevaron a cabo un estudio con método hemodinámico, donde la tarea a realizar por los sujetos era leer en silencio y dar juicios de aceptabilidad a una batería de oraciones presentadas en orden aleatorio, pero que pertenecían a cuatro tipos de condiciones: una condición de control utilizaba oraciones bien formadas creadas con pseudopalabras (equivalente a *Jabberwocky*, por ejemplo *Il gulco gianigevale brale*), y las otras tres condiciones contenían violaciones sintácticas (**Gulco il gianigevale brale*), morfosintácticas (**Il gulco ha gianigiataquesto bralo*) y fonotácticas (**Il gulco gianigzlevale brale*). La utilización de pseudopalabras tenía como objeto disociar la computación léxica de la sintáctica, para detectar específicamente esta última. La condición sintáctica generó una mayor activación en el área de Broca, el núcleo caudado y el cerebelo.

La complejidad del panorama que revelan los numerosos estudios que encuentran activación del área de Broca ha de hacernos concluir que la identificación de Broca con la computación sintáctica es excesivamente simplista y alejada de la realidad. No hay controversia al respecto de que al menos algunas computaciones necesarias para el procesamiento sintáctico se llevan a cabo en la circunvolución frontal inferior (*inferior frontal gyrus* IFG), pero esto no necesariamente significa que toda la sintaxis se compute en esa localización. Otro aspecto que complica la interpretación de los numerosos y a menudo contradictorios resultados en torno a la función del área de Broca y su papel en la computación lingüística es el de la variabilidad del área cortical a la que se refieren diferentes autores mediante la expresión “área de Broca” y los distintos grados de precisión cortical que proveen las diferentes técnicas. Aún queda mucho por avanzar tanto en el nivel de detalle que las técnicas de neuroimagen y la neurofisiología puedan ofrecer sobre el área de Broca (Amunts et al. 2010), como en la comprensión de su relación con las diferentes subrutinas implicadas en el procesamiento de la sintaxis.

7. Cerebros bilingües: ¿Dos gramáticas?

Durante los últimos años, se ha investigado intensamente cómo se organizan las lenguas en los cerebros de personas bilingües. ¿Se aloja cada lengua en un área separada del cerebro, o en áreas superpuestas? Los estudios de neuroimagen con técnicas hemodinámicas muestran que en los bilingües altamente competentes en sus dos lenguas se activan las mismas regiones cuando usan cualquiera de sus dos lenguas (Kim et al. 1997; Perani et al. 1998). Hernandez et al. (2001) llevaron a cabo un estudio de fMRI con seis bilingües tempranos de español/inglés que habían adquirido las dos lenguas antes de los cinco años de edad y observaron que las dos lenguas activaban regiones superpuestas. Estos resultados indican que, al menos dado el nivel de detalle y granularidad que permiten las técnicas hemodinámicas, los bilingües tempranos y competentes utilizan el mismo sustrato neural para las dos lenguas que conocen.

Sin embargo, cuando el bilingüe ha aprendido la segunda lengua más tarde, las tareas lingüísticas que se llevan a cabo en esta segunda lengua no nativa tienden a

Aparecerá en: Gallego Angel (Ed.) *Perspectivas de sintaxis*, Ediciones Akal, Madrid.

activar un área más extensa que la lengua nativa, superponiéndose sólo parcialmente con las regiones activadas por la lengua nativa. Kim et al. (1997) llevaron a cabo un estudio de fMRI que comparaba bilingües tempranos y tardíos mientras procesaban las dos lenguas que sabían. Los resultados revelaron distintas áreas de activación para la lengua nativa y no-nativa para los bilingües tardíos, pero no para los tempranos.

Dehaene et al. (1997) investigaron el procesamiento de un grupo de bilingües francés/inglés, que habían adquirido el inglés pasados los siete años de edad. Se observó que, mientras escuchaban oraciones en su lengua nativa, se producía una activación equivalente en el lóbulo temporal izquierdo para todos los sujetos participantes. Pero cuando escuchaban oraciones en la lengua no-nativa, las áreas de activación se daban en ambos hemisferios y eran muy variables de un individuo a otro. Son numerosos los estudios que han encontrado que el procesamiento de la lengua nativa activa más el área de Broca que el procesamiento de una lengua no nativa (Perani et al. 1996, 1998). En el caso de los bilingües tempranos, cabe la posibilidad de que cada lengua emplee circuitos neuronales pequeños y especializados dentro del área de Broca, y que las técnicas de neuroimagen no puedan detectarlos. Alternativamente, y siempre en el caso de estas poblaciones que han adquirido sus dos lenguas en la primera infancia y las utilizan con frecuencia, es posible que el cerebro utilice los mismos circuitos para la computación sintáctica, independientemente de la lengua que se emplee. En el momento actual no podemos decidir entre estas dos posibilidades, dada la evidencia de la que disponemos. En todo caso, lo que sí podemos concluir de la investigación con bilingües es que la edad de adquisición de la lengua es un factor determinante para su representación neurocognitiva. Además de los estudios anteriormente citados, podemos incluir a Halsband et al. (2002), por ejemplo, donde estudiaron a diez adultos bilingües de finlandés/inglés que habían aprendido inglés más allá de los diez años. Estos autores observaron áreas de activación diferenciadas para el procesamiento de cada lengua, tanto dentro del área de Broca como en la circunvolución supra-marginal, entre el área de Broca y de Wernicke. Wartenburger et al. (2003) investigaron tres grupos de bilingües italiano/alemán: (i) personas que aprendieron alemán en su primera infancia y eran altamente competentes (ii) personas que aprendieron alemán en la edad adulta y habían alcanzado alto nivel de competencia, y (iii) personas que aprendieron como adultos y no tenían mucha competencia gramatical. Comprobaron que la edad de adquisición era un factor estadísticamente significativo para determinar las áreas de

Aparecerá en: Gallego Angel (Ed.) *Perspectivas de sintaxis*, Ediciones Akal, Madrid.

activación en las tareas de procesamiento sintáctico, pero que no lo era para determinar las áreas de activación en las tareas semánticas. Estos resultados refuerzan la hipótesis de que el lenguaje tiene un componente biológico predeterminado con sus propias pautas de desarrollo y maduración. Los resultados sugieren también, aunque la evidencia en este sentido es menos sólida, que en la representación neurocognitiva del lenguaje la sintaxis nativa/temprana se representa y computa en los mismos circuitos, independientemente de la lengua implicada³.

8. Direcciones de futuro.

Jacob (1997) nos alerta en el primer capítulo de su delicioso *La souris, la mouche et l'homme* de la enorme importancia que tiene en ciencia lo impredecible, y explica cómo aunque la ciencia tiene como objetivo explicaciones predictivas de los fenómenos bajo estudio, es imposible saber, dado un momento en el tiempo científico, qué deparará el futuro de la investigación. De hecho, una mirada al pasado nos muestra que el futuro deparaba casi siempre algo muy distinto de lo que quienes especulaban sobre él proponían. Pese a ello, he creído conveniente apuntar algunas direcciones contemporáneas de investigación que podrían traer cambios sustanciales en el modo en que entendemos la representación y computación de la sintaxis en el cerebro. Si estas hipótesis serán refutadas, o si darán origen a nuevas perspectivas científicas es imposible de saber, ciertamente. Aún así, he considerado conveniente apuntarlas, para conocimiento del lingüista contemporáneo.

El Programa Minimalista se articula en torno a una cuestión fundamental: ¿Tiene el lenguaje humano propiedades cualitativamente diferenciadas que carecen de homólogos en otros dominios de la cognición? Un modo de abordar esta cuestión es abordar la gramática asumiendo que toda su arquitectura resulta de las condiciones que se le imponen desde la interfaz perceptual y la interfaz conceptual, que constituyen dos aspectos irreductibles del lenguaje (forma y significado), y es éste el programa de investigación que propone perseguir el Programa Minimalista.

³ Para una revisión más detallada de la neurocognición bilingüe, puede consultarse Laka 2012.

La pregunta central es pues, como lo ha sido desde el inicio de la gramática generativa, cuál es la naturaleza del lenguaje. Hasta el presente, las diferentes perspectivas que emergen de la lingüística, la psicología, o la neurociencia, entre otras, no han terminado de encontrar un territorio común para una interacción fértil. En los últimos años, numerosas investigaciones neurocientíficas han mostrado que las áreas tradicionalmente consideradas específicas al lenguaje no lo son, dado que también se activan para la percepción y ejecución de acciones motoras complejas, o la computación musical y matemática. Esto sugeriría que los recursos computacionales empleados para la gramática subyacen también a estas otras actividades, y podrían por tanto no ser específicas al lenguaje. Aspectos de la fonología y la semántica de las palabras se han revelado profundamente anclados en el sistema motor en modos que no eran esperables diez años atrás (para una revisión véase Pulvermüller y Fadiga 2010), y se explora la posibilidad de que la sintaxis también tenga una relación neurocognitiva privilegiada con el sistema motor humano, que computa acciones complejas mediante estructuras recursivas (Fazio et al. 2009; Fadiga y D'Ausilio 2013). Kemmerer (2012), arguye que la agrupación estructural del objeto y el verbo formando un constituyente que excluye al sujeto, considerada universal en la estructura básica de las oraciones, hunde sus raíces en la representación neurocognitiva de las acciones complejas (denominadas *goal directed actions*, aquellas que tienen un objetivo, no simples secuencias motoras). Esto se debe a que en la representación de las acciones, la acción y el objeto tienen una estrecha relación, distinta de la del actor/ejecutor. Esta propiedad de la representación mental de las acciones, según el argumento de Kemmerer, explicaría por qué el lenguaje humano presenta una estructura jerárquica donde los objetos están más próximos a los verbos. Estas hipótesis están lejos de haber sido confirmadas, pero constituyen vías de investigación sobre el lenguaje que entroncan con dos desarrollos científicos independientes muy fructíferos de las últimas décadas: por una parte, el descubrimiento de las neuronas espejo (Rizzolatti et al. 1996), neuronas motoras que se activan tanto al ejecutar como al observar una acción, y que en humanos se encuentran muy concentradas en el área de Broca; y por otra, el desarrollo de la cognición corporeizada (*embodied cognition*), según la cual no hay representaciones conceptuales independientes de las experiencias percibidas (Johnson 1987).

Aparecerá en: Gallego Angel (Ed.) *Perspectivas de sintaxis*, Ediciones Akal, Madrid.

Agradecimientos: La autora agradece los comentarios de dos revisores anónimos que han ayudado a mejorar la inteligibilidad de este capítulo, y la financiación a la investigación recibida del Gobierno Vasco (IT665-13) y del Ministerio de Economía y Competitividad (FFI2012-31360).

Bibliografía:

- Amunts K, Lenzen M, Friederici AD, Schleicher A, Morosan P, et al. (2010) Broca's Region: Novel Organizational Principles and Multiple Receptor Mapping. *PLoS Biology* 8(9)
- Ardila, A. (2006) *Las Afasias*. Manuscrito de libre disposición en la red: <http://www.aphasia.org/docs/LibroAfasiaPart1.pdf>, <http://www.aphasia.org/docs/LibroAfasiaPart2.pdf>
- Berwick, R., Friederici, A.D., Chomsky, N. & Bolhuis, J.J. (2013) Evolution, brain, and the nature of language. *Trends in Cognitive Sciences* 17(2):89-98
- Bever, Thomas G. (1970). 'The Cognitive Basis for Linguistic Structures'. In Hayes, J.R. (Ed.). *Cognition and the development of language*. New York: Wiley and Sons: 279–362. Revisado y reeditado en Sanz, M., Laka, I., Tanenhaus M. (Eds.) (2013). *Language Down the Garden Path: The Cognitive and Biological Bases for Linguistic Structure*. Oxford: Oxford University Press.
- Brouwer, Harm, Fitz, Hartmut, and Hoeks, John. (2012). 'Getting real about semantic illusions: Rethinking the functional role of the P600 in language comprehension'. *Brain Research* 1446, 127-143.
- Caplan D., Alpert, N., & Waters, G.. (1998). Effects of syntactic structure and propositional number on patterns of regional cerebral blood flow. *Journal of Cognitive Neuroscience* 10, 541-52.
- Chomsky, Noam. (1957). *Syntactic Structures*. The Hague: Mouton.
- Chomsky, N (1959) "Review: B.F. Skinner's *Verbal Behavior*", *Language* 35: 26-58.
- Chomsky, Noam. (2000). 'Minimalist Inquiries: The Framework'. In Martin, Roger, Michaels, David and Uriagereka, Juan. (Eds.). *Step By Step: Essays In Syntax in Honor of Howard Lasnik*. MIT Press: 89–155.
- Chomsky, Noam. (2001). 'Derivation by phase'. In Kenstowicz, Michael. (Ed.). *Ken Hale: A Life in Language*. Cambridge, MA: The MIT Press: 1-52.

- Aparecerá en: Gallego Angel (Ed.) *Perspectivas de sintaxis*, Ediciones Akal, Madrid.
- Chomsky, N.; Catalá N.; Piera, C.; Laka, I.; Torrego, E.; Mascaró, J.; Díez Calzada, J.A.; García-Carpintero, M.; Cela Conde, C.J.; Carbonell, E.; Wagensberg, J. (2002) *El lenguaje y la mente humana*, Barcelona: Ariel.
- Coulson, S., J. W. King, M. Kutas (1998). Expect the unexpected: Event-related brain response to morphosyntactic violations. *Language and Cognitive Processes* 13.21–58.
- Dapretto, M., & Bookheimer, S. (1999). Form and content: Dissociating syntax and semantics in sentence comprehension. *Neuron* 24, 427-432.
- Dehaene, S., Dupoux, E., Mehler, J., Cohen, L., Paulesu, E., Perani, D., et al. (1997). Anatomical variability in the cortical representation of first and second language. *Neuroreport*, 8(17), 3809–3815.
- Díaz, B., Sebastián-Gallés N., Erdocia, K., Mueller J., and Laka I. (2011). On the cross-linguistic validity of electrophysiological correlates of morphosyntactic processing: A study of case and agreement violations in Basque.” *Journal of Neurolinguistics* 24, 357–373.
- Embick, D., Marantz, A., Miyashita, Y., et al. (2000). A syntactic specialization for Broca's area. *Proceedings of the National Academy of Sciences PNAS* 97, 6150-6154.
- Embick, D. and Poeppel, D (2005). Mapping syntax using imaging: prospects and problems for the study of neurolinguistic computation. In K. Brown (ed.), *Encyclopedia of Language and Linguistics 2nd*, Oxford: Elsevier.
- Erdocia K., Laka I. Mestres A., Rodriguez-Fornells A (2009). Syntactic complexity and ambiguity resolution in a free word order language: behavioral and electrophysiological evidences from Basque. *Brain and Language* 109, 1-7.
- Fazio et al. (2009). Encoding of human action in Broca's area. *Brain* 132 (7): 1980-1988
- Friederici, A. D., E. Pfeifer, A. Hahne (1993). Event-related brain potentials during natural speech processing-Effects of semantic, morphological and syntactic violations. *Cognitive Brain Research* 1.183–92.
- Friederici A., Opitz B., von Cramon D. (2000). Segregating semantic and syntactic aspects of processing in the human brain: an fMRI investigation of different word types. *Cerebral Cortex* 10(7), 698-705.
- Friederici, A. D. (2002). Towards a neural basis of auditory sentence processing. *Trends in Cognitive Sciences* 6(2), 78-84.

Aparecerá en: Gallego Angel (Ed.) *Perspectivas de sintaxis*, Ediciones Akal, Madrid.

Friederici, A. D., A. Hahne, D. Saddy (2002). Distinct neurophysiological patterns reflecting aspects of syntactic complexity and syntactic repair. *Journal of Psycholinguistic Research* 31.45–63.

Friederici A., Bahlmann J., Heim S., Schubotz R., and Anwander A. (2006) The brain differentiates human and non-human grammars: Functional localization and structural connectivity, *Proceedings of the National Academy of Sciences PNAS*, February 14, vol. 103, no. 7, 2458–2463

Fodor, Jerry A., Bever, Thomas G., and Garrett, Merrill. (1974). *The psychology of language*. New York: McGraw Hill.

Gervain, J.; Sebastian-Galles, N.; Diaz, B.; Laka, I.; Mazuka, R.; Yamane, N.; Nespors, M.; Mehler, J. (2013) Word Frequency Cues Word Order in Adults: Cross-Linguistic Evidence. *Frontiers in Psychology*. 4:689.

Grodzinsky Y, Amunts K (Eds) (2006) *Broca's Region*. Oxford: Oxford University Press.

Grodzinsky Y., Friederici A.D. (2006) Neuroimaging of syntax and syntactic processing *Current Opinion in Neurobiology*, 16:240–246

Hahne, A., A. D. Friederici (1999). Electrophysiological evidence for two steps insyntactic analysis: Early automatic and late controlled processes. *Journal of Cognitive Neuroscience* 11.194–205.

Hagoort, P., C. Brown, J. Groothusen (1993). The syntactic positive shift (SPS) as an ERP measure of syntactic processing. *Language and Cognitive Processes* 8.439–83.

Hauser, M.D., Chomsky N. and Fitch, W.T. (2002) The faculty of Language: what is it, who has it, and how did it evolve?. *Science* 298, 1569-1579.

Hochmann, J.R., Endress A.D., & Mehler, J. (2010). Word frequency as a cue to identify function words in infancy. *Cognition*, 115, 444-457

Johnson M. (1987) *The Body in the Mind* Chicago: University of Chicago Press.

Kaan, E., A. Harris, E. Gibson, P. Holcomb (2000). The P600 as an index of syntactic integration difficulty. *Language & Cognitive Processes* 15.159–201.

Kaan, E. & Swaab, T. (2002). The brain circuitry of syntactic comprehension *Trends in Cognitive Sciences* 6(8), 350-356.

Kaan E. (2007) Event-Related Potentials and Language Processing: A Brief Overview *Language and Linguistics Compass* 1/6 (2007): 571–591.

- Aparecerá en: Gallego Angel (Ed.) *Perspectivas de sintaxis*, Ediciones Akal, Madrid.
- Kang A., Constable R., Gore J., et al. (1999). An event-related fMRI study of implicit phrase-level syntactic and semantic processing. *Neuroimage* 10: 555-61.
- Katz, J. J. (1981). *Language and Other Abstract Objects*. New Jersey: Rowman and Littlefield.
- Kemmerer, D. (2012) The Cross-Linguistic Prevalence of SOV and SVO Word Orders Reflects the Sequential and Hierarchical Representation of Action in Broca's Area. *Language and Linguistics Compass* 6/1: 50–66
- Kim, K. H., Relkin, N. R., Lee, K. M., & Hirsch, J. (1997). Distinct cortical areas associated with native and second languages. *Nature*, 388(6638), 171–174.
- Kuperberg, G. R. (2007). 'Neural mechanisms of language comprehension: Challenge to syntax'. *Brain Research* 1146: 23-49.
- Kutas, M., y S. A. Hillyard (1980). Reading senseless sentences: brain potentials reflect semantic incongruity. *Science* 207.203–05.
- Kutas, M., y S. A. Hillyard (1983). Event-related brain potentials to grammatical errors and semantic anomalies. *Memory & Cognition* 11.539–50.
- Kutas, M., C. K. Van Petten, and R. Kluender (2006). Psycholinguistics electrified II: 1994–2005. In M. A. Gernsbacher and M. Traxler (Eds.), *Handbook of Psycholinguistics*, New York: Elsevier, 659–724.
- Laka, I. (2009). What is there in Universal Grammar? On innate and specific aspects of language. In M. Piattelli-Palmarini, J. Uriagereka, P. Salaburu (eds.) *Of Minds and Language: A dialogue with Noam Chomsky in the Basque Country*, Oxford University Press, 329-343.
- Laka, Itziar 2012. More than one language in the brain. In Boeckx C., M.C. Horno & J.L. Mendivil (Eds.) *Language, from a Biological Point of View: Current Issues in Biolinguistics*. Cambridge: Cambridge Scholars Publishing, pp.184-207.
- Levelt, Willem J. M. (1974). *Formal grammars in linguistics and psycholinguistics (3 volumes)*. The Hague: Mouton.
- Luck, S. J. (2005). *An introduction to the event-related potential technique*. Cambridge, MA: MIT press.
- Marantz, A. (2005) Generative linguistics within the cognitive neuroscience of language. *The Linguistic Review* 22, 429–445.
- Molinaro, N., Barber, H.A., & Carreiras, M., (2011) Grammatical agreement processing in reading: ERP findings and future directions. *Cortex*, 47, 908-930.

- Aparecerá en: Gallego Angel (Ed.) *Perspectivas de sintaxis*, Ediciones Akal, Madrid.
- Moro, A. Tettamanti, M., Perani, D., et al. (2001). 'Syntax and the brain: disentangling grammar by selective anomalies' *NeuroImage* 13, 110 - 118.
- Moro, A. (2008) *The Boundaries of Babel*. Cambridge: MIT Press.
- Musso M., Moro A., Glauche V., et al. (2003). Broca's area and the language instinct. *Nature Neurosciences* 6, 774-81.
- Neville, H., Nicol, J.L., Barss, A., Forster, K.I., and Garrett, M.F. (1991). Syntactically based sentence processing classes: Evidence from Event-Related Brain Potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience* 3(2): 151 – 165.
- Osterhout, L., P. J. Holcomb (1992). Event-related brain potentials elicited by syntactic anomaly. *Journal of Memory and Language* 31.785–806.
- O'Donnell, T.J., Hauser M.D. and Fitch T. W. (2005) Using mathematical models of language experimentally *Trends in Cognitive Sciences* 9-6, 284-289.
- Pallier, C. A.-D. Devauchelle, S. Dehaene. Cortical representation of the constituent structure of sentences. *Proceedings of the National Academy of Sciences, PNAS*, 108(6):2522-2527
- Perani D, Dehaene S, Grassi F, Cohen L, Cappa SF, Dupoux E, et al. (1996) Brain processing of native and foreign languages. *Neuroreport*; 7: 2439–44.
- Perani, D., Paulesu, E., Sebastian-Galles, N., Dupoux, E., Dehaene, S., Bettinardi, V., Cappa, S. F., Fazio, F. and Mehler, J. (1998) The bilingual brain: Proficiency and age of acquisition of the second language. *Brain*, 121,1841-1852.
- Phillips, C., Kazanina, N., y Abada, S. (2005). 'ERP effects of the processing of syntactic long-distance dependencies'. *Cognitive Brain Research* 22: 407-428.
- Phillips, C. (2013) Parser-grammar relations: We don't understand everything twice. In Sanz, M., Laka, I., Tanenhaus M. (Eds.), *Language Down the Garden Path: The Cognitive and Biological Bases for Linguistic Structure*. Oxford: Oxford University Press.
- Pulvermüller, F. y Fadiga, L. (2010). 'Active perception: sensorimotor circuits as a cortical basis for language'. *Nature Reviews Neuroscience* 11: 351-360.
- Rizzolatti G, Fadiga L, Gallese V, Fogassi L. (1996) Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive Brain Research* 3:131–41.
- Sanz, M., Laka, I., Tanenhaus M. (Eds.)(2013) *Language Down the Garden Path: The Cognitive and Biological Bases for Linguistic Structure*. Oxford: Oxford University Press.

Aparecerá en: Gallego Angel (Ed.) *Perspectivas de sintaxis*, Ediciones Akal, Madrid.

Sanz, M., Laka, I., Tanenhaus M. (2013). Sentence comprehension before and after 1970: topics, debates and techniques. In Sanz, M., Laka, I., Tanenhaus M. (Eds.) *Language Down the Garden Path: The Cognitive and Biological Bases for Linguistic Structure*, Oxford: Oxford University Press.

Steinhauer, K., J. E. Drury (2012). On the early left-anterior negativity (ELAN) in syntax studies. *Brain & Language* 120, 135–162.

Tokowicz, N., & MacWhinney, B. (2005). Implicit and explicit measures of sensitivity to violations in second language grammar - An event-related potential investigation. *Studies in Second Language Acquisition*, 27(2), 173-204.

Yang, C. (2006) *The Infinite Gift. How Children Learn and Unlearn the Languages of the World*. New York: Scribner.

Zawiszewski, A. and Friederici, A.D. (2009) Processing Object-Verb agreement in canonical and non-canonical word orders in Basque: Evidence from Event-related brain potentials. *Brain Research* 1284, 161-179.