

Neuroimagen de los Procesos de Comprensión en la Lectura y el Lenguaje

Neuroimaging of Comprehension Processes in Reading and Language

José Antonio León Cascón
Universidad Autónoma de Madrid

Resumen. En este artículo abordaremos algunas de estas cuestiones relativas a las estrechas relaciones entre mente y cerebro, no sin antes detenernos en saber algo más de las inferencias responsables de todo el lenguaje implícito que media en los procesos de comprensión y la realización de inferencias. El artículo introduce, aunque sea de manera breve, en este mundo fascinante del estudio del lenguaje implícito y de sus implicaciones en la mente y el cerebro, así como algunos resultados obtenidos con la resonancia magnética funcional (RMf) y sobre algunas de sus repercusiones en el estudio del lenguaje e implicaciones educativas. *Palabras claves:* Lectura, comprensión, inferencias, neuroimagen, mente-cerebro, neuroimagen.

Abstract. In this paper will address some of these issues concerning the close relationship between mind and brain, and role that inferences play on comprehension processes and language comprehension. This paper starts with an introduction about pragmatics inferences and the fMRI method. This paper also presents some important results obtained by fMRI related to language comprehension, and supports some educational implications for the study of language and comprehension processes.

Keywords: Reading, Comprehension, Inferences, Pragmatics inferences, Mind and Brain, Neuroimaging.

En cierta ocasión, un escritor famoso recibió una carta de un lector en la que le agradecía el que hubiese escrito su última obra por la agradable y exquisita experiencia que sintió al leerla. El escritor, un tanto sorprendido, le respondió congratulándose del hecho, pero recordándole que él sólo había realizado la mitad del trabajo, esto es, escribir el libro. La otra mitad, comprenderlo e interpretarlo, había sido tarea del lector. Por ello, el escritor acabó su carta agradeciéndole también su parte del trabajo

realizado. Este comentario del autor nos viene a cuento para resaltar el papel fundamental del lector cuando trata de dar sentido, de comprender e interpretar sobre cualquier material escrito. Es precisamente el lector quién indaga en el significado de la obra, por eso suele decirse que el lector hace que la obra exista, que esté viva.

Lejos de considerar la lectura como una actividad pasiva supone, en realidad, una actividad tan difícil

Nota del autor: Este trabajo quiere servir de homenaje a un buen amigo y compañero, Adolfo Fernández Barroso, cuyo fallecimiento repentino y reciente, nos ha impregnado a todos de una huella muy difícil de olvidar. Adolfo fue director y miembro del consejo editorial de esta revista y ocupó cargos relevantes en el Colegio de Psicólogos. Fue, además, un incansable psicólogo educativo que veló por la profesión allá donde se encontraba.

La correspondencia sobre este artículo debe enviarse al autor al Dpto. de Psicología Básica. Facultad de Psicología. Universidad Autónoma de Madrid. 28049 Madrid. Correo electrónico: joseantonio.leon@uam.es

como compleja. Exige del lector un esfuerzo notable por dotar de significado todo lo que lee elaborando en su mente una representación coherente de aquello que ha leído. Para ello, el lector debe aportar mucho de su fondo de conocimientos, de todo el bagaje de conocimiento, pues muchas veces la información está implícita. Buena parte de esta actividad frenética que tiene lugar en la mente del lector y que realiza con lo que denominamos “inferencias”, alude a una destreza inigualable para activar el conocimiento ya almacenado y utilizarlo para organizar e interpretar la nueva información entrante, a través de complejas relaciones abstractas no provenientes de los estímulos, como ya señalaba un ilustre psicólogo llamado Jerome Bruner (1987). Actualmente, buena parte de los estudios sobre inferencias se han acotado dentro del discurso escrito, debido fundamentalmente a que el texto permite estructurar y controlar muchas variables que afectan a su contenido de manera más precisa que el discurso oral, más natural y espontáneo. Esta es la razón por la que nos referimos a un lector imaginario como el sujeto de estudio.

La disciplina que viene dedicándose de manera profusa al estudio de las inferencias como de la comprensión lectora es la denominada *psicología de la comprensión del discurso* o, si se prefiere, *la psicología del texto o del discurso*. Además de otros propósitos encaminados a explicar los procesos de comprensión y de la lectura, esta disciplina se ha encargado de profundizar en el estudio de todo tipo de inferencias pragmáticas que tienen lugar en diversos contextos de comunicación. Por eso el psicólogo del discurso investiga las representaciones mentales, los procesos, procedimientos y estrategias que la mente humana genera cuando comprendemos o producimos cualquier forma de discurso (e.g., un texto, un cómic, una opinión, un chiste, una reprimenda). Es cierto que este objeto de estudio también se comparte con otras ramas de la psicología (e.g., psicología cognitiva, psicología de la lectura y de la escritura, psicología de la memoria, psicología del desarrollo, psicología del pensamiento y lenguaje,...) pero en este caso, las inferencias sería “su”

objeto de estudio, aunque necesariamente necesite de otras disciplinas para desarrollar su tarea. También afecta a la psicolingüística, aunque su área de conocimiento se centra fundamentalmente en el procesamiento de oraciones y no tanto en segmentos más amplios del discurso como párrafos o segmentos más amplios. En cualquier caso, la psicología del texto está estrechamente relacionada con un amplio campo interdisciplinar que aborda cuestiones más allá de la lingüística, entre las que destacan la retórica, la literatura, la sociología, la antropología, la filosofía, la educación, la comunicación y nuevas tecnologías, las ciencias de la computación, las ciencias cognitivas y, de manera más reciente, de las neurociencias cognitivas.

Gracias a esta aportación sumatoria e interdisciplinar disponemos actualmente de una importante cantidad de conocimientos sobre el tema. Este enfoque interdisciplinar ha mejorado profundamente el conocimiento de lo que hoy sabemos. En todos estos casos, el estudio sobre las inferencias supone indagar en claves que nos permiten conocer de manera más precisa cómo comprendemos una determinada información, cómo la procesamos y qué mecanismos entran en juego. En otras palabras, conocer mejor la funcionalidad de la mente de manera general, y del estudio del lenguaje, del mecanismo de comprensión y de las inferencias en particular. Así, si el interés de la lingüística recae básicamente en la descripción del lenguaje mismo y de sus principios generales, para los psicólogos, en cambio, son las funciones y mecanismos psicológicos implícitos (e.g., la memoria, las operaciones que ejecuta el lector, inferencias,...) su objeto de estudio. Las ciencias de la computación, por su parte, está más interesada en la investigación tecnológica, en elaborar algoritmos que realicen cálculos lingüísticos de un modo eficiente. La neuropsicología del lenguaje estudia el deterioro selectivo de las funciones de la lectura y el lenguaje asociado a lesiones cerebrales.

En los últimos años, el estudio de las inferencias ha adquirido tanta relevancia que actualmente se considera el núcleo de la comprensión e interpretación de la realidad y, por tanto, uno de los pilares de

la cognición humana. Desvelar las claves de su funcionamiento permitiría comprender mejor no sólo el funcionamiento mental o la adquisición de conocimiento, sino el procesamiento del lenguaje, tanto el explícito como implícito, y su implicación en el cerebro. Desde hace mucho tiempo se sabe, por ejemplo, de la existencia de dos áreas cerebrales relacionadas estrechamente con el lenguaje, a saber, el área de Broca y el área de Wernicke, ambas localizadas en el hemisferio izquierdo del cerebro. Sin embargo, desde hace relativamente poco tiempo, sabemos que hay más áreas cerebrales implicadas y que participan muy activamente en ambos hemisferios. En el presente trabajo abordaremos algunas de estas cuestiones relativas a las estrechas relaciones entre mente y cerebro, no sin antes detenernos en saber algo más de las inferencias responsables de todo el lenguaje implícito que media en los procesos de comprensión e introducimos, aunque sea de manera breve, en este mundo fascinante del estudio del lenguaje implícito y de sus implicaciones en la mente y el cerebro, así como algunas de sus repercusiones y aplicaciones educativas.

¿Qué entendemos por inferencia?

Una inferencia podría ser definida como aquellas ideas que, no estando incluidas en un mensaje, son capturadas por la representación interna del lector. Las inferencias se identifican así con representaciones mentales que el lector construye al tratar de comprender el mensaje leído u oído, sustituyendo, añadiendo, integrando u omitiendo información del texto. Son fundamentales porque tienen un altísimo valor adaptativo para predecir conductas, para entender la realidad, para comprender mensajes abstractos. Gracias a las inferencias podemos desvelar lo “oculto” de un mensaje, leer entre líneas, hacer explícita en nuestra mente la información implícita del mensaje. De una manera general, podríamos afirmar que cualquier información que se extrae del texto y que no está explícitamente expresada en él puede considerarse, *de facto*, una inferencia. O

dicho de otra manera, toda información implícita es generada mediante inferencias. Con ellas generamos expectativas sobre una situación dada y que nos parece cierta, aunque no sea necesariamente así.

La comprensión del discurso supone, por tanto, una función inferencial muy compleja. Partiendo de unos contenidos descritos en un texto, el lector elabora un conjunto de proposiciones explícitas o inferidas y, al mismo tiempo, construye un modelo situacional a partir de las ideas o proposiciones disponibles. El resultado final es que siempre acabamos procesando más información de la que leemos de manera explícita. Se une lo que se ha leído u oído con aquello que sabemos acerca de algo. Las inferencias funcionan hasta en casos de extrema dificultad como se presenta en el ejemplo siguiente:

Sgeun un etsduio de una uivensdiad ignlsea, no ipmotra el odren en el que las letars etsan ersciats, la uicna csoa ipormtnate es que la pmrirea y la utlima ltera etsen ecsritas en la psiocion cocrrtea. El rsteo peuden estar ttaolmntee mal y aun pordas lerelo sin pobrleams

A pesar del completo “desorden” léxico de este párrafo, donde más bien parece compuesto de pseudopalabras que de palabras, somos capaces de “reconocer” cada palabra y extraer el significado leyéndolo sin problemas. Comprendemos el sentido de cada palabra por el contexto de cada frase y del párrafo. Activando mucho más conocimiento implícito del que pensamos. Este hecho fue descrito por Roger Schank (1975) quién afirmaba que si sumásemos el número de significados que posee cada una de las palabras que componen este párrafo, su resultado siempre será menor al cómputo total de ideas que el lector ha necesitado activar para comprender el mensaje.

Como hemos podido observar, “comprendemos más” de lo que leemos de manera explícita. En situaciones como estas, la información fluye sin necesidad de que se hagan explícitas todas las ideas requeridas para comprender. La parte de información omitida delega en las inferencias. Sin embargo,

para que esta situación de comunicación se desarrolle con éxito exige, al menos, dos requisitos imprescindibles. El primero nos recuerda que el proceso de inferencias *depende completamente* de que el sujeto posea conocimientos previos necesarios y relacionados con lo que lee. No hay inferencias si no tenemos y activamos un conocimiento previamente. Así, disponemos de conocimiento gramatical, del significado de cada palabra, de la estructura organizativa del párrafo, de lo que se refiere, etc. Pero, además, ese conocimiento, o al menos parte de él, *debe compararse* con el autor del escrito. Ambos, escritor y lector, deben participar de un espacio común de conocimiento. No debemos olvidar que los discursos se comprenden e interpretan porque se accede un conjunto de conocimientos universales y compartidos sobre el mundo, sobre las acciones humanas..., que está altamente organizado y almacenado en la memoria. Sólo así, el texto puede cumplir los principios de relevancia, economía y coherencia. Algo así como el poder expresar de la manera más concisa y precisa posible, la información considerada como la más relevante. Ello simplifica, por fortuna, la temible y engorrosa tarea que para el escritor supondría el tener que explicitar todas y cada una de las ideas que se presuponen necesarias para captar correctamente el mensaje. Como resultado de este acuerdo, las oraciones explicitadas en el texto ofrecen claves suficientes para activar la información relevante.

Algunos tipos de inferencias

Dada la enorme capacidad *a priori* de nuestra mente para generar inferencias de todo tipo, un primer aspecto que conviene destacar es que el estudio de las inferencias está sujeto a un determinado número de limitaciones que producen sus consecuentes sesgos en su análisis e investigación. Uno de estos sesgos hace referencia a que no se estudia “todo” tipo de inferencias. Las inferencias a las que nos venimos refiriendo son las denominadas, de manera genérica, *inferencias pragmáticas*. Las

inferencias pragmáticas se basan en el conocimiento común de las personas y asumimos que algo puede ser cierto y probable, aunque no tiene necesariamente que ser así. Por ejemplo, si leemos la frase *Sofía, muy enfadada, le dio al perro la comida del invitado*, de una manera pragmática podríamos suponer que el invitado no llegó a tiempo o que, finalmente, no asistió a la cena y eso explicaría el enfado de Sofía. Pero esto no implica necesariamente que fuese así. Podría haber sucedido, por ejemplo, que la comida no le hubiese salido a Sofía como a ella le hubiera gustado o bien que el invitado, por alguna otra razón, rechazara la comida. Lo característico de estas inferencias pragmáticas es que se acomodan a un saber compartido por personas que pertenecen a una misma cultura, tienen una naturaleza probabilística y algunas veces opcional, con lo que resulta difícil predecir qué inferencias pueden llevarse a cabo ante la lectura de un texto (Escudero y León, 2007). Pero tienen a favor su carácter espontáneo y sensible, así como la enorme rapidez con la que se ejecutan. Comprobemos ahora este carácter espontáneo solicitando de nuevo la atención del lector hacia esta misma frase modificando tan sólo el orden de dos palabras y resultando de esta manera: *Sofía, muy enfadada, le dio al invitado la comida del perro*. Invitamos al lector a sacar y contrastar con las anteriores las nuevas inferencias que traten explicar esta nueva acción.

Volviendo sobre los tipos de inferencias, cabe resaltar que una de las formas más características de funcionamiento de nuestra mente trata de buscar desesperadamente un grado de coherencia, de dotar de significado lo que lee, oye o siente. Esa coherencia se suele lograr mediante el establecimiento de conexiones causales, algo inherente a nuestra naturaleza humana. En realidad, estos ejemplos que hemos utilizado en el párrafo anterior poseen, en mayor o menor medida, un componente causal donde las inferencias tratan de conectar la información implícita proveniente de nuestro conocimiento con la explicitada en el texto. Nos referimos a las *inferencias causales explicativas* y las *inferencias causales predicti-*

vas. Las primeras buscan los antecedentes causales (causa, razón o motivo) de un hecho o acción, respondiendo a la pregunta *¿por qué?*, integrando las distintas oraciones del discurso, formando parte esencial de la comprensión (León y Peñalba, 2002). Tienen carácter adaptativo, reducen la incertidumbre y suelen ser esenciales para alcanzar la coherencia. Por estos motivos forman parte esencial de la comprensión, así como de otros aspectos del razonamiento científico y de la vida diaria. Se generan cuando se conecta la oración leída con el pasaje previo, mediante redes y enlaces causales o también cuando se busca alguna explicación de por qué los sucesos y acciones ocurren. Las inferencias causales predictivas son anticipaciones de sucesos probables basadas en la aplicación de nuestro conocimiento previo. Responden a la pregunta *¿qué pasará después?* Implican expectativas o consecuencias acerca de hechos, objetivos, acciones, resultados o emociones, facilitando el procesamiento de la información posterior en el mensaje (León, 2003).

El binomio mente-cerebro y su visión neurológica

Hasta ahora hemos subrayado que el lenguaje es una propiedad funcional de nuestra mente, como también lo es la comprensión y las inferencias. Pero aún nos queda plantear la idea de si podría asumirse que el lenguaje, la comprensión y la realización de inferencias son también parte de la actividad cerebral. Sobre este punto existen importantes cuestiones que están siendo objeto de debate y que inciden sobre la relación que guarda la mente con el cerebro, sobre si el cerebro es el soporte físico o biológico de la mente, sobre cómo se representa el lenguaje en el cerebro, sobre cuál es el sustrato corpóreo de las inferencias o de si las inferencias o el lenguaje implícito comparten o no las mismas áreas cerebrales que las del lenguaje. Todo ello nos lleva a profundizar en esta estrecha relación cerebro-mente o mente-cerebro, buscando posibles respuestas a estas cuestiones.

Dentro de la comunidad neurocientífica la posición más afianzada actualmente sea la de asumir que, en términos generales, el cerebro constituye el soporte físico de la mente, de la misma manera que el lenguaje o más bien su actividad, se ve reflejada en él. Este hecho se amplía de manera decisiva cuando en el año 2000 apareció publicado un estudio que se hizo famoso por someter a diversos taxistas londinenses a una prueba de fMRI. En ese estudio los investigadores encontraron que los taxistas más experimentados tenían el hipocampo (la parte del cerebro que rige, entre otras cosas, las relaciones espaciales) hasta un 25 por ciento más desarrollado que otras personas que no se dedicaban a este tipo de tareas. Podríamos llegar a deducir entonces que todo proceso mental que de él se derive dependerá de la propia estructura cerebral y de la información que ésta reciba. O en otras palabras, que los pensamientos hacen al cerebro lo que el viento a las dunas. Sin embargo, esta afirmación tan cabal no parece tener un acuerdo unánime entre todos los estudiosos del tema. De hecho, existe una corriente de pensamiento que cree que los fenómenos psicológicos, aunque son funciones del cerebro, no tienen por qué ser necesariamente idénticos a éste, y menos aún, piensan que el cerebro no está capacitado para acceder al interior de la mente, no es un órgano competente para desvelar la intimidad de la mente. Dicho de otra manera, podríamos poner en cuestión como, por ejemplo, generar una abstracción mental o una emoción de felicidad o tristeza tenga que ser necesariamente el resultado de una actividad neuronal determinada. Pensar que un sentimiento tan nítido e íntimo como el afecto que sentimos hacia nuestro pequeño hijo cuando nos devuelve una sonrisa o cuando mantenemos una sesuda y discutida reflexión acerca, pongamos por caso, de los distintos métodos de enseñanza de la lectura, puedan, en ambos casos, inducirse mediante una activación neuronal o por un cúmulo de reacciones neuronales en distintas partes de mi cerebro, lo que puede resultarnos excesivamente reduccionista. De la misma manera, generar la inferencia pragmática de que *Sofía en el fondo sea muy mala cocinera* y pueda ser

explicada bajo la actividad electro-química que una agrupación de neuronas corticales que se produzca en un área determinada del cerebro, puede pecar de “localizacionismo”. Es evidente que resulta difícil reducir la mente, la consciencia o el comportamiento humano a una actividad neuronal. Lo cierto es que sabemos muy poco de cómo nuestro cerebro genera la mente, y no poseemos aún de una teoría capaz de unificar el funcionamiento neuronal, el proceso mental y la conducta.

Pero a pesar de ello, desde hace muchos años se viene estudiando el cerebro desde dos diferentes perspectivas diferentes y que hasta hace muy poco no se han conseguido aunar. Una primera, más microscópica y reduccionista, se ha interesado en analizar de manera minuciosa la composición estructural del cerebro así como su actividad, lo que ha permitido corroborar que los cerebros de los animales coinciden en esa composición estructural y en su actividad, llegando a postular modelos de funcionamiento cerebral común a todos ellos. Aunque esta visión del cerebro resulta extraordinaria para analizar su composición, estructura y funcionamiento, no recala, sin embargo, en una información suficiente como para establecer una relación cerebro-mente. Por ello, hay una segunda perspectiva de carácter más macroscópico y conductual que ha indagado directamente sobre la correlación entre cerebro-mente, entre la actividad cerebral y la conducta. Como es sabido, esta segunda perspectiva se inició a partir del siglo XIX con el estudio de la semiología de diferentes enfermedades neurológicas, analizando la posible relación existente entre lesiones cerebrales localizadas que sufrían pacientes y la alteración específica que estas lesiones producían sobre las funciones mentales y sobre la conducta de esos mismos pacientes. El cerebro y la mente que hasta ese momento era ámbito exclusivo de la filosofía y la literatura, se convirtieron en objeto de estudio para otros investigadores. Como ejemplos notables cabe destacar los estudios que Pierre Paul Broca (1824-1880) y Karl Wernicke (1848-1904) realizaron sobre las afasias, en las que lesiones producidas en una parte del sistema nervioso producía

trastornos en el lenguaje. Fue precisamente Pierre Paul Broca en 1861 el primer investigador que escribió y presentó un artículo muy breve en la *Société Anthropologique* de Paris, en el que describía a un único paciente con daño cerebral, quién a pesar de mantener intacta su habilidad para comprender el lenguaje era, sin embargo, incapaz de hablar. Con esta afirmación, Broca se adentraba por primera vez en la relación cerebro-mente, en el que una función cognitiva de alto orden, la facultad del lenguaje articulado, podría localizarse en un área particular del cerebro. Los descubrimientos de Broca fueron ampliándose a otros pacientes con lesiones cerebrales similares. Obviamente, este tipo de “localizacionismo” fue criticado y contrarrestado por otros autores, bien presentando a pacientes con déficits de producción no tenían afectado el área de Broca, o bien estudiando a pacientes con déficits en el área de Broca no presentaban, sin embargo, desajustes en el habla articularia (Brown-Sequard, 1877).

Con el advenimiento de métodos no invasivos en la última parte del siglo XX capaces de medir funciones cerebrales como la técnica de *resonancia magnética funcional* (RMf, fMRI en inglés) o también denominada neuroimagen funcional, se renovó el interés de los procesos neuronales que subyacen al lenguaje. Al igual que los estudios iniciales neurológicos, la neuroimagen inicial se centró en un mapa anatómico de las funciones cerebrales que especificaran sobre aéreas corticales. Pero esta vez, ya no se requiere necesariamente evaluar a personas que padecen una lesión cerebral, sino que puede someterse a personas sanas a las que se les analiza la activación cerebral mientras realizan una tarea específica. Surge así una nueva visión integradora y multidisciplinaria de la neurología partiendo de la vieja idea de que las actividades cognitivas son, en última instancia, actividades del sistema nervioso. Es decir, acceder al estudio de las funciones cerebrales a partir del conocimiento físico y químico de las neuronas, de su actividad y de sus conexiones.

La neurociencia plantea de esta manera una nueva forma de aproximarse al estudio del cerebro, basada en esta hipótesis de trabajo de binomio cerebro y

mente. Esta aproximación al estudio cerebral ha promovido un cambio radical en la concepción tradicional del cerebro y la mente, en el que diferentes investigadores procedentes de diferentes áreas de la ciencia están concentrando sus esfuerzos en el análisis neurobiológico de los procesos mentales. A esta nueva propuesta de búsqueda de una teoría unificadora ha contribuido de manera significativa la incorporación de herramientas nuevas de estudio, que incluyen las técnicas de neuroimagen funcional y los sistemas informáticos, que han permitido desarrollar modelos matemáticos que tratan de analizar y simular la función global del cerebro.

La neuroimagen, por ejemplo, es una técnica que permite explorar el cerebro humano intacto al mismo tiempo que analiza las variaciones de la actividad funcional de las neuronas en los procesos mentales específicos del ser humano. De este modo, no sólo se exploran las áreas cerebrales implicadas en funciones mentales sino que, además, se pueden relacionar con cualquier actividad emocional e intelectual del sujeto consciente (e.g., pensamientos, emociones, procesos de razonamiento, de comprensión, de inferencias). La actividad neuronal se registra a través de cambios en el flujo sanguíneo o en el metabolismo. Este tipo de métodos se denominan hemodinámicos, porque detectan cambios en el flujo sanguíneo o en el metabolismo cerebral que acompañan a la actividad neuronal. Su resolución espacial es muy alta por lo que es posible localizar áreas cerebrales con precisión anatómica, informándonos con precisión dónde ocurre el proceso cerebral. A partir de los datos directos o indirectos de la actividad neuronal que proporcionan esta técnica puede dibujarse un mapa del cerebro.

La neuroimagen funcional también ha supuesto un avance esencial ha sido en el estudio del lenguaje. La posibilidad de explorar en una persona consciente la actividad cerebral y relacionarla con tareas que exploran diferentes aspectos del lenguaje ha permitido re-evaluar las teorías clásicas del lenguaje, basadas en modelos de estimulación o de lesiones en el cerebro humano. Hoy conocemos áreas cerebrales que participan en el procesamiento de distin-

tos aspectos del lenguaje, áreas temporales basales y mediales en los aspectos semánticos, y otras áreas frontales en los aspectos sintácticos. En relación con el estudio de la lectura, este tipo de estudios permiten dibujar lo que Ardila (2008) denomina el “sistema cerebral de la lectura”, esto es, se trata de un sistema formado por diversos componentes cerebrales que tienen que ver con la lectura. Entre las áreas que lo forman se encuentran áreas del lóbulo occipital responsables del reconocimiento visual de letras y palabras, zonas parieto-temporo-occipital que participan en las asociaciones entre información visual y auditiva, y áreas del lóbulo temporal responsables del reconocimiento de las palabras, entre otros. En definitiva, todas las regiones cerebrales necesarias para reconocer el lenguaje escrito.

Otra de las aportaciones importantes de la neuroimagen al estudio del lenguaje ha sido la de conocer de manera más precisa la participación del hemisferio derecho, responsable del componente afectivo que incluye la entonación, acentuación y el ritmo del lenguaje, así como la capacidad plástica de asumir las funciones de hemisferio dominante en niños y adolescentes cuando se produce una lesión en el hemisferio izquierdo. Particular interés poseen los estudios de neuroimagen que abordan el desarrollo del niño, en los que se ha observado un aumento progresivo de la actividad metabólica cerebral desde el segundo año de edad hasta los diez años, y que disminuye en la adolescencia. Este aumento del metabolismo se relaciona con una alta actividad sináptica, lo que podría explicar que en la infancia el cerebro posee una capacidad de re-organización de las áreas de lenguaje ante una lesión en el hemisferio izquierdo, o que la capacidad de aprendizaje de una nueva lengua en esta edad sea óptima.

¿Existe un sustrato corpóreo de las inferencias y del discurso?

Ahora bien, si en algo están ayudando los estudios de neuroimagen en el ámbito de los procesos de comprensión es a conocer la actividad inferencial y

las áreas cerebrales responsables. A este respecto, los estudios procedentes de la neuropsicología y de la resonancia magnética funcional han proporcionado indicios importantes sobre las áreas cerebrales que están implicadas en la generación e integración de las inferencias causales. Los estudios basados en lesiones cerebrales han identificado tradicionalmente al hemisferio derecho como el responsable de la elaboración de inferencias, así como en otros procesos de orden superior tales como la interpretación de bromas o chistes (Shammi y Stuss, 1999) y metáforas (Winner y Gardner, 1977). Se ha observado, asimismo, que en pacientes con lesiones en el hemisferio derecho producen con cierta frecuencia un habla que es socialmente inadecuada con relaciones poco significativas entre las oraciones, incluso cuando otros aspectos de la comprensión del lenguaje y la producción son normales (Joanette y cols., 1990). Estos datos contrastan con los síndromes clásicos de afasia asociados a lesiones en la corteza izquierda perisylviana y entre cuyos problemas clínicos destacan los que afectan especialmente al nivel de generación y/o comprensión de palabras individuales y oraciones (Caplan, 1992). Existen estudios de pacientes con lesiones en el hemisferio derecho que muestran ciertas anomalías en la comprensión del discurso que requiere la generación de inferencias causales para el establecimiento de la coherencia (Beeman, 1993; Brownell y cols., 1986). Por ejemplo, Beeman (1993) afirma que este tipo de pacientes comete errores a la hora de generar inferencias cuando se les hace preguntas de comprensión explícita y son más lentos que los sujetos control en tareas de decisión léxica. De hecho, este autor sostiene que, frente al papel dominante del hemisferio izquierdo en gran parte de las tareas de lenguaje, a medida que la comprensión requiere de la participación de procesos cada vez más complejos, el hemisferio derecho juega un papel fundamental. Este autor, incluso, identifica al menos tres componentes en el hemisferio derecho esenciales en el procesamiento semántico y con un alto componente interactivo, que juegan un papel central en la comprensión de información compleja (Beeman, 2005).

En suma, los estudios de neuroimagen sobre procesamiento del discurso han implicado a múltiples áreas de ambos hemisferios en el establecimiento de la coherencia del discurso. Estudios que han comparado la lectura de historias, palabras no relacionadas y oraciones sin relacionar (Fletcher y cols., 1995; Xu y cols., 2005) han destacado el papel de regiones fuera de la corteza perisylviana izquierda en procesos del lenguaje de alto nivel, incluyendo la corteza temporal anterior bilateral (Fletcher y cols., 1995), la corteza prefrontal media (Callagher y cols., 2000) y áreas temporales y prefrontales dentro del hemisferio derecho (Xu y cols., 2005). Otros estudios con fMRI donde se ha comparado la activación cerebral ante textos coherentes e incoherentes han implicado también al hemisferio derecho en el establecimiento de la coherencia de discurso, apoyando parte de la literatura neuropsicológica (St George y cols., 1999).

Otra de las aportaciones más reciente de esta técnica es referente a la actividad inferencial, que también se produce de manera bilateral en el área de Broca y su homóloga en el hemisferio izquierdo. Se confirman los datos cronométricos en el sentido de que la activación de las causales antecedentes se produce con anterioridad a las predictivas. Ambas regiones están asociadas con procesos semánticos y sintácticos dando apoyo a otras funciones lingüísticas generales. Estudios previos señalan que la activación de las inferencias está relacionada con la selección semántica relacionada con estas inferencias. El papel del área de Broca y su homóloga puede incluir también la evaluación de juicios causales. Hay otras áreas cerebrales también relacionadas con la activación de estas inferencias como son el área bilateral de la zona frontal media que relaciona con el control de los estados mentales de los protagonistas de las historias leídas (teoría de la mente), el área de Wernicke y su homóloga del hemisferio derecho, ambas implicadas en los procesos de integración del texto y de la activación semántica más automática, coincidiendo con otros autores (León, Escudero, Prat, Mason y Just, en revisión; Singer y León, 2007).

A modo de conclusión e implicaciones educativas

La incorporación de las técnicas de neuroimagen ha supuesto un salto cualitativo en el abordaje experimental del cerebro, y ha contribuido a definir patrones básicos de funcionamiento cerebral que han revolucionado la concepción de nuestro cerebro y lo está haciendo acerca del lenguaje, la comprensión y la realización de inferencias. Sin embargo, en esta búsqueda de patrones de actividad neuronal que se correlacionen con la conducta, nos encontramos con territorios poco conocidos, como las emociones o la experiencia subjetiva. Además, y a pesar de la gran información existente, no se ha podido definir una teoría capaz de unificar el funcionamiento neuronal y la conducta. Hay también otras limitaciones. Por muy sencilla que sea la tarea cognitiva que trata de observarse y aun conociendo con exactitud las conexiones y proyecciones anatómicas implicadas en las mismas, las técnicas de neuroimagen han puesto de manifiesto que los mapas funcionales no son una foto fija de una región específica cerebral, sino que la actividad neuronal puede variar significativamente dependiendo del contexto en el que se produce el procesamiento de la información. Incluso el mapa cerebral de dos sujetos que responden a un mismo estímulo puede ser diferente. Este es, sin duda, el gran reto de la neurociencia del siglo que vivimos, hallar nuevos modelos de análisis de la actividad cerebral que nos permitan acceder al funcionamiento íntimo del cerebro y desvelar el salto entre el nivel neuronal y la conducta. En este reto la neuroimagen, creemos, va a jugar un papel destacado con el desarrollo de nuevos modelos dinámicos en los que, a partir de la sincronización y el acoplamiento de la actividad neuronal, surja un fenómeno emergente que no es la mera suma de las partes, sino una entidad distinta y única.

Al igual que los estudios iniciales neurológicos, la neuroimagen inicial se centró en un mapa anatómico de las funciones cerebrales que especificaran sobre áreas corticales (Desikan et al., 2006). Este tipo de mapas señalan dos puntos muy importantes.

Primero, que el lenguaje no se limita a las áreas clásicas de Broca y Wernicke. De hecho, se introducen la mayor parte de áreas corticales de los dos hemisferios tanto como otras regiones subcorticales. Segundo, no existe una sola área del cerebro dedicada específicamente al lenguaje, sino que todas estas áreas también están implicadas en otras funciones no lingüísticas relacionadas con el control cognitivo, memoria, atención, percepción o acción. Estos dos puntos proporcionan un cambio principal en la investigación neurolingüística, reconociendo la necesidad de ir más allá de crear un mapa de funciones cognitivas dentro de la neuroanatomía (mapa cerebral) más hacia una comprensión sistemática del procesamiento de la información neuronal que subyace al lenguaje.

Todo ello conlleva distintas implicaciones educativas sobre la lectura, sobre la comprensión y sobre las inferencias. Muy probablemente, el hecho de que los dos hemisferios se activen ante un proceso de comprensión o de realización de inferencias indica que estamos ante actividad muy compleja e interactiva, ante un proceso constructivo, en el que la información de un estímulo o evento se empareja con otra información existente en la memoria del lector para dar una respuesta coherente. Esto implica que la comprensión se obtiene mediante diferentes procesos cognitivos y actividades que incluyen, además de la decodificación de la palabra, el acceso léxico o el procesamiento sintáctico, la realización de múltiples inferencias que conectan conocimiento implícito del lector, estrategias de lectura y múltiples actividades posteriores que deben ser capaces de responder a una variedad de situaciones que demandan conocimiento acerca de un tema o contenido determinado, tales como explicar, encontrar evidencia y ejemplos, generalizar, aplicar, establecer analogías y representar este tema o contenido de una forma nueva.

De manera también plausible puede asumirse que el hecho de que ante la comprensión se activen diferentes partes del cerebro muy ligadas a tipos de conocimientos diferentes como puede ser el léxico, la teoría de la mente, espacial, semántico, etc., pue-

de ser indicativo de que la comprensión o la realización de inferencias también exige de diferentes tipos de conocimientos (tanto lingüísticos como no lingüísticos) que pueden producir, incluso diferentes tipos de comprensión. De esta manera, podemos decir que comprender un texto narrativo podría requerir de patrones de comprensión diferentes que, pongamos por caso, un texto expositivo como un libro de matemáticas. Los tipos de texto pueden generar, por tanto, diferentes tipos de conocimientos y éstos, a su vez, producen distintos tipos de comprensión. Esta concepción interactiva de la lectura implica, por lo tanto, muchos tipos de conocimientos y comprensión aplicados a diferentes tipos de textos, abordando, además, dos tipos de comprensión lectora, una más explícita, que afecta a la información del texto fundamentalmente, y otra, que afecta a la información implícita que requiere de los conocimientos del lector e integrarlos con los que ya le ofrece el texto. Una última apreciación tiene que ver con la desmotivación del alumno. Resulta plausible pensar que si en el ámbito educativo se promueve la comprensión, ello implicaría un extra de motivación intrínseca en el alumno, puesto que lo que se comprende seduce más alumno y lo hace más participe de lo que viene siendo habitual.

Referencias

- Ardila, A. (2008). ¿Qué puede localizarse en el cerebro? *Ciencia Cognitiva: Revista Electrónica de Divulgación*, 2(2), 53-55. Barcelona: Avesta.
- Beeman, M. (1993). Semantic processing in the right hemisphere may contribute to drawing inferences during comprehension. *Brain and Language*, 44, 80-120
- Beeman, M. (2005). Bilateral brain processes for comprehending natural language. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 9 (11), 512-518.
- Broca, P. (1861). Remarques sur le siège de la faculté du langage articulé: suivies d'une observation d'aphémie. *Bull Soc Anat Paris*, 6, 330-357.
- Brownell, H.H., Potter, H.H., Bihrlé, A.M., & Gardner, H., (1986). Inference deficits in right brain-damaged patients. *Brain and Language*, 27, 310-321.
- Brown-Sequard, C.E. (1877). Aphasia as an effect of brain disease. *Dublin Journal Medical Science* 63, 209-225.
- Bruner, J.S. (1957). Going beyond the information given. En H.E. Gruber, K.R. Hammond y R. Jessor (Eds.), *Contemporary approaches to cognition* (41-69). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Caplan, D., (1992). *Language Structure, Processing and Disorders*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Escudero, I. y León, J.A. (2007). Procesos inferenciales en la comprensión del discurso escrito. Influencia de la estructura del texto en los procesos de comprensión. *Revista Signos: Estudios de Lengua y Literatura*, 40 (64), 311-336.
- Fletcher, P.C., Happe, F., Frith, U., Baker, S.C., Dolan, R.J., Frackowiak, & R.S., Frith, C.D., (1995). Other minds in the brain: a functional imaging study of "theory of mind" in story comprehension. *Cognition*, 57, 109-128.
- Gallagher, H.L., Happe, F., Brunswick, N., Fletcher, P.C., Frith, U., & Frith, C.D., (2000). Reading the mind in cartoons and stories: an fMRI study of 'theory of mind' in verbal and nonverbal tasks. *Neuropsychologia*, 38, 11-21.
- Joanette, Y., Goulet, P., & Hannequin, D., (1990). *Right Hemisphere and Verbal Communication*. Springer-Verlag, New York.
- León, J. A. (2004). *Adquisición de Conocimiento y comprensión: Origen, evolución y método*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- León, J.A. (Coord.) (2003). *Conocimiento y Discurso. Claves para inferir y comprender*. Madrid: Pirámide.
- León, J.A. Escudero, I., Prat, Ch. & Just, M. (en prensa). Cortical networks in implicit language comprehension. An fMRI study. *Brain and Language*.
- León, J.A. y Escudero, I. (2002). La memoria de trabajo y el procesamiento de inferencias en la comprensión del discurso. En M.D. Sainz, J. Fuentes,

- J. Baqués y J. Sáiz (Coords.), *Psicología de la memoria: Aportaciones recientes* (pp. 25-34).
- León, J.A. & Peñalba, G. (2002). Understanding causality and temporal sequence in scientific discourse. En J.C. Otero, J.A. León, y A.C Graesser (Eds.), *The Psychology of the scientific text* (pp. 155-178) Mahwah, Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Schank, R.C. (1975). The role of memory in language processing. En C. Cofer y R. Atkinson (Eds.), *The nature of human memory*. San Francisco: Freedman. (Trad. Cast.: Estructura de la memoria humana. Barcelona: Omega, 1979).
- Shammi, P., & Stuss, D.T., (1999). Humour appreciation: a role of the right frontal lobe. *Brain*, 122 (4), 657–666.
- Singer, M., & León, J.A. (2007). Psychological studies of higher language processes: Behavioral and empirical approaches. En Franz Schmalhofer y Charles A. Perfetti (Eds.), *Higher level language processes in the brain: Inference and Comprehension processes* (pp. 19-35). Mahwah, Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- St George, M., Kutas, M., Martinez, A., & Sereno, M.I., (1999). Semantic integration in reading: engagement of the right hemisphere during discourse processing. *Brain*, 122, 1317–1325.
- Wernicke, C. (1874). *Der aphasische symptomkomplex*. Cohen and Weigert, Wroclaw.
- Winner, E., & Gardner, H., (1977). The comprehension of metaphor in brain damaged patients. *Brain*, 100, 719–727.
- Xu, J., Kemeny, S., Park, G., Frattali, C., & Braun, A., (2005). Language in context: emergent features of word, sentence, and narrative comprehension. *NeuroImage* 25, 1002–1015.

Manuscrito recibido: 30/10/2009

Revisión recibida: 16/11/2009

Manuscrito aceptado: 26/11/2009