

Las estructuras lógicas fundamentales y su representación en el encéfalo humano.

Rafael Blanco Menéndez
Licenciado en Psicología- Neuropsicólogo
Doctor por la Universidad de Oviedo

“El pensamiento puro se convierte en Filosofía”, según el Dr. Pedro González-Quirós Corujo, pionero de la Neuropsiquiatría en Asturias. ¿Puede considerarse al pensamiento, en todas sus modalidades y niveles, como el objeto esencial de la Filosofía, a lo largo de las centurias y de los milenios? El presente trabajo se basa en la tesis doctoral que fue presentada el día 23 de septiembre de 2009 con vistas a la obtención, por nuestra parte, del grado de Doctor por la Universidad de Oviedo, que lleva por título *El pensamiento lógico desde la perspectiva de las Neurociencias Cognitivas* y que fue elaborada bajo la dirección de los Profesores Alfonso García Suárez, Catedrático de Lógica de la Universidad de Oviedo y Eva María Arroyo Anlló, Profesora de Neuropsicología de la Universidad de Salamanca.

Esta investigación representa la culminación de, aproximadamente catorce años de formación, investigación, docencia y funciones asistenciales en el campo de la Neuropsicología Clínica (comenzados bajo la dirección del Profesor Enrique Vera de la Puente, responsable de la Unidad de Neuropsicología y Neurología de la Conducta del Hospital Universitario Central de Asturias, además de profesor de Neuropsicología en la Universidad de Oviedo, fallecido en 2005; además, también he cultivado el campo de las Neurociencias Cognitivas, área más amplia que el puramente neuropsicológico, dado que incorpora diversas aportaciones científicas, lingüísticas, lógicas, semióticas, matemáticas, cibernéticas, de teoría de la comunicación y de las ciencias de la computación, además de numerosos desarrollos en teoría de la ciencia, epistemología, fenomenología, gnoseología, filosofía del lenguaje, filosofía de la mente y ontología, entre otras disciplinas.

Probablemente, las Neurociencias Cognitivas representan, a día de hoy, una nueva síntesis en las Ciencias de lo Mental, análoga a la que representó para la Biología Evolucionista la Teoría Sintética de la Evolución, a mediados del siglo XX. El término Neurociencias Cognitivas se emplea en el presente trabajo con dos sentidos, uno más restringido y otro más amplio. El sentido restringido implica a las investigaciones que estudian los procesos de pensamiento lógico, razonamiento y solución de problemas por medio de tecnologías modernas de neuroimagen estructural o funcional, mientras que el sentido amplio se encuentra representado por la mayoría de las aportaciones traídas a colación, desde la Psicología y la Ciencia Cognitiva, la Psicología del Desarrollo, las Neurociencias básicas, la Neurología Clínica, la Neuropsicología, la Psiquiatría, la Neuropsicología del lenguaje, además de diversos desarrollos epistemológicos que toman al número como protagonista.

Posteriormente, se ofrecen unas hipótesis de localización de las estructuras y funciones lógicas en el cerebro humano, y una metodología para el estudio empírico de estos procesos mentales en sujetos cerebrolesionados, por medio de tareas experimentales específicamente diseñadas para tal fin.

Los procesos de pensamiento lógico fueron estudiados desde época remota por Pitágoras, Zenón de Elea, Parménides, Platón, Aristóteles, además de por la Escuela estoica, representada por Filón de Megara y por Crisipo (principalmente).

De este modo, resultan de capital interés en esta época las aportaciones de la Escuela eleática, representada por Zenón de Elea, filósofo que empleó diversas estrategias de prueba, hoy en día ampliamente utilizadas por los matemáticos y los lógicos modernos, concretamente, el recurso a la reducción al absurdo, además de el uso sistemático de paradojas lógico-lingüísticas, que permitían la victoria en discusiones con un amplio componente retórico. Son conocidas las cuatro aporías planteadas por este filósofo, relacionadas con el movimiento y la unidad o multiplicidad de los seres.

En esta época, y aparte de la conceptualización del pensamiento como actividad lógica por parte de Platón, resulta obligada la referencia a las sistematizaciones lógico-gramáticas y retóricas llevadas a cabo por Aristóteles, que puede ser considerado como

uno de los principales fundadores de la Ciencia de la Lógica, entendida como Ciencia del discurso (o Logos).

La presente investigación tratará de ilustrar, en primer lugar, la manera cómo ha sido considerado, desde el punto de vista teórico y empírico, el pensamiento y la actividad lógica a lo largo de la Historia de la Filosofía y de la Psicología Occidental. Además nos ocuparemos, posteriormente, de la relación entre las disciplinas lógicas y los procesos de pensamiento, entendidos como fenómenos mentales, para, a continuación hablar de los principales modelos propuestos, desde la moderna Ciencia Cognitiva, para dar cuenta de estas actividades. También se mencionarán las aportaciones de psicólogos del Desarrollo, como Piaget, Wallon, Vygotsky o Karmiloff-Smith, los cuales estudiaron el nacimiento del pensamiento, de la inteligencia y de las funciones psíquicas en general, desde la perspectiva constructivista. Además, numerosos estudios provenientes de las Neurociencias Cognitivas, de la Neurología clínica, de la Neuropsicología Experimental y Clínica, además de la Psiquiatría, serán mencionadas y analizadas, ofreciendo, finalmente, un modelo teórico de localización de las funciones lógicas en el encéfalo humano, con un diseño experimental que se propone con el fin de llevar a cabo en el futuro diversas investigaciones empíricas relacionadas con el tema que nos ocupa en sujetos cerebrolesionados. Se ofrece, asimismo, un protocolo de tareas que implican a los procesos de razonamiento, solución de problemas y pensamiento lógico, para la exploración de determinadas estructuras lógicas (clases frente a proposiciones, principalmente).

La posición epistemológica de partida que asumimos representa un intento de síntesis entre la posición constructivista de la Escuela de Ginebra, representada por los estudios biológicos, psicológicos, lógicos y epistemológicos del psicólogo suizo de lengua francesa Jean Piaget y colaboradores, y la orientación cognitivo-computacional del enfoque cognitivo o del procesamiento de la información, tanto desde el punto de vista de los modelos simbólicos tradicionales como los actuales modelos conexionistas basados en redes neuronales artificiales en paralelo.

Los procesos de pensamiento lógico se entenderán como actividades de procesamiento de la información llevadas a cabo por el encéfalo humano en su conjunto, pero en el que pueden considerarse determinadas especializaciones

funcionales dependiendo de las estructuras lógicas consideradas o implicadas en dicho procesamiento. Se parte, por un lado, de la noción de función simbólica o semiótica, propuesta por la Escuela de Ginebra, el concepto de instrumento psíquico, desarrollado por la Escuela sociocultural rusa, además de diversas investigaciones en la Neurolingüística llevadas a cabo por Alexander R. Luria y colaboradores de la Escuela de Neuropsicología soviética, conjuntamente con los desarrollos neurocomputacionales provenientes de la moderna Ciencia Cognitiva.

Una idea fundamental que guía toda nuestra argumentación a lo largo de este trabajo la constituye la consideración del movimiento y de la acción como base y principio sobre el que se construyen las funciones cognitivas en general, y el pensamiento lógico, en particular. Esta idea implica la consideración de los organismos vivos (el ser humano, pero también los animales, principalmente los vertebrados) como entidades activas que utilizan sus capacidades sensoriales y motoras para satisfacer sus necesidades y adaptarse de forma activa e inteligente al medio circundante. Estas ideas se encuentran presentes en numerosos investigadores científicos y filosóficos que se han ocupado del estudio teórico o experimental del pensamiento y de las actividades lógicas. Se encuentran entre ellos autores de la talla de Bartlett, Maturana y Varela, Piaget, Inhelder, Llinás o el lógico polaco Bochenski. De todas formas, la conceptualización de las actividades de la inteligencia y el pensamiento lógico propuestas por Piaget son, a nuestro juicio, las más ajustadas y realistas en esta cuestión, dado que considera la acción recíproca de sujeto y de objeto en el acto del conocimiento y en la construcción progresiva de las operaciones lógicas y de las estructuras de conocimiento, además de haber ofrecido numerosas consideraciones epistemológicas generales acerca de cómo surgen y se desarrollan a partir del nacimiento, diversas nociones científicas muy elementales pero muy generales, como los conceptos de espacio, tiempo, movimiento, número y causalidad.

Como quedó apuntado anteriormente, se considera necesario, por nuestra parte establecer la relación entre la Lógica, como disciplina científica y filosófica, y los procesos de pensamiento. Muy brevemente, cabe mencionar dos grandes orientaciones en esta cuestión, dependiendo de la posición epistemológica (racionalista o empirista) que sostenga el autor considerado. De este modo, y aparte de la época en la que se

confundían las investigaciones lógicas y las psicológicas, desde las primeras sistematizaciones lógico-gramáticas y retóricas de Aristóteles, hasta el siglo XIX, pueden mencionarse numerosas figuras que, en la Filosofía Occidental, se ocuparon de las cuestiones lógicas y de las actividades intelectuales. Así, Averroes, S. Alberto Magno o Sto. Tomás de Aquino en el Medievo, John Locke o Gottfried Wilhelm Leibniz en el Renacimiento o, posteriormente, Spinoza, Kant y Hegel, contribuyeron a desarrollar las disciplinas lógicas y las cuestiones epistemológicas relacionadas con las actividades de pensamiento. La llegada del siglo XIX supuso, hasta cierto punto, la separación entre las investigaciones lógicas, por un lado, y por otro, las psicológicas, con la creación de la Lógica Matemática o simbólica, por un lado, y de la Psicología Experimental o Fisiológica, por el otro. Pueden distinguirse, en la investigación lógica de esta época, las figuras de George Boole, en el lado mentalista y empirista, y de Gottlob Frege o Edmund Husserl, críticos con las posiciones psicologistas en Lógica y críticos principales, además, de autores como John Stuart Mill. Husserl, además, intenta resucitar la antigua dicotomía entre Psicología racional y Psicología empírica, convirtiendo a la disciplina, por él creada, de la Fenomenología, como una nueva Psicología racional, fundamentando de modo importante la ciencia de la Lógica, no en los aspectos empíricos, sino en los aprióricos y noéticos. Crítico del psicologismo en estos años, es también Bertrand Russell, el cual llevó a cabo uno de los tratados más completos e influyentes de Lógica formal o simbólica del siglo XX, los llamados *Principia Mathematica*, junto con Alfred North Whitehead. Existen posiciones intermedias en esta cuestión, que tratan de establecer una síntesis entre el racionalismo y el empirismo, o si se quiere, entre el psicologismo y el logicismo en Lógica, correspondiendo uno de estos intentos a la Epistemología genética de Jean Piaget. Asimismo, desde la Filosofía de la Mente, Reinhardt Grossmann sostiene, en su obra titulada *La estructura de la mente* que “todos los actos mentales son proposicionales”, constituyendo un apoyo indirecto a los modelos proposicionalistas en la Ciencia Cognitiva actual

Las consideraciones anteriores entroncan, además, con los conocimientos consolidados en las Neurociencias Clínicas, y resulta posible avanzar algunas suposiciones acerca de la relación entre el pensamiento, entendido como interiorización de la conducta o actividad motora y la acción del Sistema Nervioso Central (o Sistema

de la Vida de Relación) en general. Además, partiremos de la base de que la actividad lógica implica una representación de las formas estructurales abstractas presentes en el discurso y en la acción, siendo posible hablar del pensamiento verbal convencional, al lado del pensamiento no verbal, más propio de los animales superiores, de los niños preverbiales o de diversos sujetos con daños cerebrales diversos o con patologías médicas de varios tipos.

Por otro lado, debe tenerse en cuenta la relación existente entre cerebro y lenguaje, con vistas a la generalización a la actividad intelectual o lógica, desde la Neurolingüística.

Roman Jakobson y la Escuela de Praga, Alexander R. Luria y otros investigadores en Afasiología, como René Tissot o Sir Henry Head (que distinguió entre afasia sintáctica y afasia semántica), señalaron en su momento, la distinción entre las lesiones del eje sintagmático del discurso lingüístico, ocasionadas por afectación de las porciones anteriores de los hemisferios cerebrales (lóbulos frontales), que alteran los componentes lógico-lingüísticos que dotan de cohesión gramatical y sintáctica al discurso verbal, y que son denominados juntores o funtores. En el plano psicolingüístico, se trata de partículas tales como las preposiciones, las conjunciones, las declinaciones, las terminaciones de los verbos (por oposición a las raíces), etc. En el plano lógico, se incluyen los términos conectores o conectivas proposicionales, que articulan entre sí los distintos enunciados de los que consta el discurso. Nos referimos en este caso a proposiciones consideradas globalmente, es decir, cuyo contenido no ha sido analizado en argumento y predicado. Este eje se altera, como queda dicho, por lesiones frontales del hemisferio izquierdo en los diestros, que cursan con afasias no fluidas.

En el caso de las lesiones de las porciones posteriores de la corteza cerebral izquierda, que cursen con afasias fluidas, es conocida la alteración del componente léxico-semántico del discurso. Desde el punto de vista de la Neurolingüística de Luria y de la Escuela de Praga, estas lesiones afectan al llamado eje paradigmático del discurso, que puede ser formalizado ,desde el punto de vista lógico, por medio de la lógica de predicados o de clases (probablemente, también a través de la de relaciones).

Estas consideraciones permitirían, caso de generalizarse desde el comportamiento psicolingüístico, al de las actividades intelectuales, establecer una localización de determinadas estructuras lógicas en la corteza cerebral humana, e incluso de otras áreas, núcleos u órganos del encéfalo humano y animal, como, principalmente, diversos núcleos del tálamo, los núcleos grises centrales (o ganglios de la base del encéfalo) o algunos componentes del sistema límbico. Probablemente, podría extenderse también dicha localización a algunas estructuras implicadas en el control motor, como el cerebelo o vías descendentes integradas en los circuitos fronto-subcorticales, fronto-basales y fronto-límbicos.

En otro orden de cosas, y desde la moderna Ciencia Cognitiva o del Procesamiento de la Información han sido propuestas diversas teorías y modelos relacionados con las capacidades intelectuales, aunque investigadores de la talla de Höffding, James, Dewey, Köhler, Wertheimer, Watson, Pavlov, Hull o los investigadores de la “escuela de Würzburg” o del “pensamiento sin imágenes” analizaron de forma profunda, y desde sus respectivos puntos de vista, la actividad lógica y el pensamiento.

Cabe mencionar dos modelos generales principales desde la Ciencia Cognitiva propuestos para explicar la totalidad de los procesos intelectuales, el de la inteligencia de Sternberg y el de los modelos mentales semánticos de Johnson-Laird, aunque también han sido construidos numerosos micromodelos para determinadas tareas de razonamiento o que implican solamente a algunas clases de actividades intelectuales.

La teoría de la inteligencia de Robert Sternberg (triárquica) consta de 3 subteorías, la componencial (o de los componentes cognoscitivos), la experiencial (que trata los aspectos relacionados con la adquisición de habilidades nuevas y la de la automatización del procesamiento de la información) y la contextual (que trata de cómo el sujeto inteligente se acomoda o adapta a los diferentes medios o incluso, selecciona activamente los ambientes en los que interactúa, con vistas a optimizar los resultados de su inteligencia y resolución de problemas). En la teoría componencial de Sternberg se puede comprobar una cierta influencia de algunos autores factorialistas en inteligencia, en especial del modelo jerárquico de Vernon. Además, Sternberg distingue, en esta subteoría, unas habilidades fluidas y otras cristalizadas, englobando la inducción y la

deducción en las capacidades fluidas. Por otro lado, la subteoría componencial de Sternberg incluye la noción de **metacomponentes**, que serían aspectos ejecutivos y de control del resto de procesos cognoscitivo-computacionales. Hay que hacer mención de que esta teoría fue elaborada de modo principal en el año 1984/1985, adelantándose a la formulación y al concepto que, del constructo de las funciones ejecutivas, fue avanzado por Muriel D. Lezak, en 1986.

La otra teoría fundamental del pensamiento y de las actividades intelectuales de carácter general fue elaborada por Philip Johnson-Laird en la década de 1990. Se trata de la teoría de los modelos semánticos, aplicable a la resolución de silogismos categóricos, y posteriormente aplicada a la toma de decisiones, al razonamiento proposicional y a otros aspectos del funcionamiento intelectual. Johnson-Laird establece, concretamente, una taxonomía de los procesos intelectuales, según que vayan o no dirigidos a meta, si su resultado puede estar abierto o está ya prefijado o según que el resultado de la resolución de problemas tenga como meta un incremento de la información semántica del sistema (inducción) o si no aporta tal incremento (deducción). En el primero de los casos (procesos no dirigidos a meta) hablamos de asociación y ensoñamiento; cuando el resultado no se encuentra estrictamente prefijado en las premisas del problema se trataría de una situación de resolución de problemas, mientras que, al contrario, hablamos del cálculo mental. En los dos últimos casos, como queda apuntado, hablamos de inducción y de deducción.

La resolución de problemas, además, tendría como escenario situaciones no muy bien definidas, ligera o moderadamente ambiguas, con una estructura lógica compleja y que envolvería, para su resolución, la participación de procesos complejos de abstracción, inducción, deducción, comprensión, atención sostenida, categorización, memoria de trabajo, etc. Defendemos el que las capacidades de resolución de problemas involucran procesos complejos tanto de tipo inductivo como deductivo, al igual que los procesos de categorización, formación de conceptos y clasificación, en los que se verían implicados procesos tanto deductivos como inductivos, y en los que serían determinantes las habilidades de contrastación de hipótesis.

Existen una serie de investigaciones en razonamiento y solución de problemas, propuestos exclusivamente para una sola tarea o para una clase de tareas específicas.

De este modo, podemos mencionar las investigaciones de las que se hace eco Johnson-Laird acerca del razonamiento sobre relaciones o inferencia transitiva, en las que se han propuesto modelos “logicistas” u “operacionales”, “visuo-espaciales” y “lingüísticos”, además de modelos mixtos, como el que propuso Robert Sternberg en 1980, y que han sido aplicados, asimismo, a la investigación en Neurociencia Cognitiva. Existen otros micromodelos relacionados con la resolución de silogismos categóricos, que apuestan por explicaciones ilogicistas, por un lado (modelo de Woodworth y Sells) o logicistas por otro (Ceraso y Provitera o el de Chapman y Chapman, relacionado con la conversión ilícita de las premisas de algunos silogismos). También se hace referencia a los sesgos cognitivos y emocionales que pueden estar presentes en el razonamiento, derivados de las actitudes emocionales relacionadas con las motivaciones que experimenta el sujeto que razona, con respecto al contenido del problema.

En el caso del razonamiento proposicional, y aparte de las investigaciones pioneras de Piaget e Inhelder, de la orientación cognitiva de Peter Wason y de otros acercamientos lógico-computacionales, vinculados a la Inteligencia Artificial, pueden hacerse referencia a las investigaciones logicistas o de Lógica mental de Braine o de O'Brien de 1995, que sigue defendiendo la existencia de una lógica mental diferente hasta cierto punto de la lógica convencional, pero que consta de una serie de reglas de aplicación general. Otros acercamientos al problema del razonamiento proposicional lo tenemos desde la perspectiva de los esquemas de razonamiento pragmático, como los propugnados por Holyoak y Cheng o los trabajos de Leda Cosmides y colaboradores (llevados a cabo en 1995 y 1996). Otros modelos incluidos en esta problemática serían los relacionados con la teoría de la relevancia de Sperber y Wilson, en los que se propugnan esquemas de inferencia bayesianos en el razonamiento.

Las habilidades de clasificación, categorización y formación de conceptos se incluían tradicionalmente, en el apartado de inducción, aunque, a la vista de numerosos estudios que ponen el énfasis en los procesos de contrastación de hipótesis, parece que estas capacidades incluyen componentes complejos, tanto inductivos como deductivos. Deben recordarse de forma principal, los trabajos pioneros de Bruner, Goodnow y Austin, en los que se investigaban de forma muy detallada las estrategias de resolución de los problemas de formación de conceptos, identificándose los factores implicados en

el comportamiento de los sujetos que resolvían dichos problemas. Se debe recordar que, en la clínica neuropsicológica, existen tres tareas principales para el examen de las perturbaciones formales del pensamiento, de la resolución de problemas y de la abstracción en pacientes lesionados cerebrales, principalmente en la corteza prefrontal y en las áreas subcorticales que forman un circuito anatómico-funcional con ella. Nos referimos al test de clasificación de tarjetas de Wisconsin y al test de formación de conceptos de Hanfmann-Kasanin (o test de Vygotsky, tomado por este autor de las investigaciones pioneras de Narziss Ach), además de al test de clasificación de objetos de Goldstein y Scheerer.

Existen diversas investigaciones clásicas y recientes que han abordado la temática de la formación y aprendizaje de conceptos en el contexto de las capacidades de resolución de problemas, entre otros, los de Clark L. Hull, Kendler y Kendler, Restle, Bourne, o los de Anderson y Anderson y Fincham (más recientemente). Algunas de estas investigaciones han sido realizadas desde un enfoque asociacionista-conductista estricto (caso de las investigaciones de Hull en formación de conceptos), mientras que otras fueron realizadas desde un enfoque neoconductista mediacional. Además, el enfoque cognitivo-computacional ha impulsado la realización de diversos estudios más recientes en categorización y formación de conceptos, que ponen el énfasis en los procesos de elaboración y contrastación de hipótesis en el razonamiento inductivo o probabilístico. Debe mencionarse que existen algunos modelos teóricos e investigaciones empíricas en los que se sostiene que el razonamiento inductivo-probabilístico se guía por modelos normativos (Teoría de la Probabilidad), mientras que otros investigadores, como Tversky y Kahneman opinan que estos procesos de razonamiento se encuentran gobernados, en la práctica, por numerosos sesgos cognitivos que distorsionan la información, apartando el proceso de las prescripciones de las teorías estadísticas al uso. Por otro lado, las capacidades de memoria semántica (la cual representa una *interface* entre pensamiento, lenguaje y memoria, además de otros aspectos cognoscitivos incluidos en las capacidades neuropsicológicas como las praxias o la percepción visual-véanse los modelos neuropsicológico-cognitivos recientes incluidos en la monografía de Alan Parkin de 1999), pueden ser considerados.

Dentro de los modelos de la memoria semántica, existen numerosas propuestas, entre ellas los modelos de red semántica (de Collins y Quillian), los de rasgos semánticos (representado por las propuestas de Katz y Fodor), además de las investigaciones sobre conceptos naturales, llevados a cabo por Eleanor Rosch y colaboradores. En estas investigaciones se pone de manifiesto la circunstancia de que el proceso de aprendizaje de conceptos contiene unos componentes universales, comunes a todas las culturas humanas. De esta forma, según este enfoque, existirían colores prototípicos, números prototípicos, orientaciones de líneas prototípicas y, dentro de cada categoría, existirían ejemplares que definirían la medida de tendencia central de los diferentes elementos de la categoría, que configurarían el prototipo, que serían más accesibles en el procesamiento de la información, y que serían a lo largo del aprendizaje de conceptos en el desarrollo, aquellos ejemplares a los que se accede de forma previa al resto.

Traemos a colación, asimismo, en nuestro estudio, las capacidades de resolución de problemas, puesto que dichas funciones cognoscitivo-ejecutivas han sido consideradas, generalmente, como íntimamente relacionadas con los procesos de pensamiento lógico. De este modo, existen, al menos tres enfoques distintos en el abordaje de estas capacidades.

- a) El enfoque asociacionista-conductista, representado por Thorndike, y adoptado sin muchas modificaciones por el resto de investigadores que comparten esta orientación teórica (caso de Maltzman, por ejemplo). En este enfoque, se reduce la inteligencia y la resolución de problemas a la formación de conexiones entre estímulos sensoriales y respuestas motoras, ejecutadas por ensayo y error y seleccionadas posteriormente por su valor hedónico para el organismo
- b) El enfoque fenomenológico-gestáltico, que parte de los trabajos de Brentano y Husserl en Austria y Alemania, y que entronca con orientaciones como la del “pensamiento sin imágenes” de la Escuela de Würzburg, así como la Escuela de Psicología experimental de la Gestalt. En esta línea de argumentación se pone el énfasis en la comprensión de las situaciones problema, además de en fenómenos como la fijeza funcional (*Einstellung*) o

la comprensión súbita de las mismas (*Einsicht* o *Insight*). Desde el punto de vista neuropsicológico, puede comentarse que, en el caso de los sujetos con lesiones frontales, existen fenómenos de fijeza funcional, así como de falta de insight, que dificultan la resolución de problemas, convirtiendo el proceso en algo más mecánico, que impide, por ejemplo, la realización de soluciones creativas. Investigadores de la talla de Wertheimer, Köhler o Duncker llevaron a cabo estudios desde esta orientación.

- c) El enfoque cognitivo o del procesamiento de la información, que se considera como continuador de diversas tradiciones epistemológicas y filosóficas, principalmente, de las corrientes racionalistas y kantianas. El modelo se basa en las investigaciones en Teoría de la Información, teoría de la comunicación, teoría del control, teoría general de sistemas, neurofisiología computacional (principalmente, las desarrolladas por investigadores rusos) y el desarrollo de los computadores digitales. En este enfoque, generalmente, se realiza un modelo teórico previo de tipo hipotético sobre el proceso cognitivo en cuestión que se desea estudiar, estableciendo los parámetros del sistema en un programa informático lo más detallado posible. Después se diseña el experimento correspondiente, verificándose o falsándose las hipótesis consideradas. Además, muchas veces se lleva a cabo un estudio correlacional o de regresión múltiple con vistas a determinar el grado de ajuste del modelo a los datos empíricos. En otros casos, se propone un modelo teórico de los procesos computacionales intervinientes en una tarea de tipo cognitivo y se construye un programa con vistas a comprobar si éste tiene relevancia lógico-computacional y es viable como modelo de los procesos neurocomputacionales en el ser humano, intervinientes en esa capacidad intelectual. Simon y Kotovsky, Sternberg o Carpenter, Just y Shell realizaron diversos análisis desde este enfoque acerca de los procesos de resolución de problemas e inteligencia. Por otro lado, pueden mencionarse, desde una óptica neurocomputacional, los trabajos de Earl Hunt, el cual investigó numerosos procesos cognitivos desde la década de 1960 hasta, al menos, la década de 1990. Desde esta aproximación puede considerarse que se intenta trascender el enfoque meramente cuantitativo en Neuropsicología

y Neurociencia Cognitiva, basado en el análisis factorial (criticado por Luria en la monografía de Anne Lise Christensen) de la escuela psicométrica en inteligencia, preguntándose los investigadores cuáles son los mecanismos cualitativos y procesuales que intervienen en la resolución de estos problemas.

Los estudios relacionados con la Psicología del Desarrollo, con investigadores como Jean Piaget, Bärbel Inhelder, Herminia Sinclair, Annette Karmiloff-Smith, Henri Wallon o Lev S. Vygotsky deben ser mencionados, igualmente, dado que complementan de modo importante los trabajos en Ciencia Cognitiva mencionados anteriormente (debe recordarse que la monografía de Annette Karmiloff Smith, de 1992, titulada *Más allá de la modularidad*, lleva como subtítulo *La ciencia cognitiva desde la perspectiva del desarrollo*).

Jean Piaget es considerado como uno de los psicólogos y epistemólogos más reputados del siglo XX, habiendo comenzado sus investigaciones en la década de 1920, finalizándolos poco antes de su fallecimiento, en 1980. Elaboró una Psicología del Desarrollo y una Epistemología genéticas de matiz constructivista y psicogenético, basándose en ideas provenientes de la Biología, de la Teoría de la Evolución, así como de aportaciones del funcionalismo norteamericano como la de James Mark Baldwin. Las ideas de Piaget se aplicaron, fundamentalmente, a la construcción de las funciones cognitivas y de las operaciones lógicas en el niño, además de investigar la relación entre pensamiento y lenguaje.

Por otra parte, desarrolló el concepto de “función simbólica” o “semiótica” que incluye, además de al lenguaje, a la representación mental en imágenes, al juego simbólico, la imitación y las primeras actividades gráficas, como el dibujo o la escritura.

Piaget establece, por medio de la observación de niños de diferentes edades, la construcción de la inteligencia y de las operaciones lógicas, a lo largo de la primera, segunda y tercera infancias, atribuyendo una estructura lógico-algebraica característica a cada uno de los estadios por él postulados. Estas estructuras son las siguientes:

1. Estadio sensoriomotor: Nacimiento a 18 meses-2 años: Estructura característica: Grupo de los desplazamientos de Henri Poincaré Desde el punto de vista geométrico, según Luquet, prevalecen las estructuras topológicas
2. Estadio preoperacional: Aparición de los primeros preconceptos, que no cumplen aún con las características operacionales. Presencia de la función simbólica o semiótica (lenguaje, imágenes, imitación, etc.) 2-7 años
3. Estadio operacional concreto: de 7 hasta los 11 o 12 años: Se corresponde con las estructuras algebraicas de clases y de relaciones, consiguiéndose la comprensión, por ejemplo, de la estructura numérica, de la conservación de la materia, del peso y del volumen, estructuras como la multiplicación de clases, etc.) Geométricamente, aparecen las estructuras proyectivas, con una métrica euclidiana
4. Estadio operacional formal: de 11-12 años en adelante. Las estructuras algebraicas fundamentales en este estadio son las del pensamiento proposicional e hipotético-deductivo (Grupo INRC y retículo), considerándose un cambio epistemológico fundamental la transición a este estadio, pues se comienza a considerar las realidades empíricas como subconjunto de las realidades posibles (*lo real como subconjunto de lo posible*). Desde el punto de vista geométrico, comienza la comprensión de la proporcionalidad métrica. Además, empieza la adquisición de los esquemas combinatorios, de acción y reacción, de las proporciones lógicas, así como diversos conceptos físicos, como las condiciones implicadas en la comprensión de los factores presentes en problemas como el de la balanza o el del plano inclinado.

Resulta capital la noción de función semiótica o simbólica por parte de la Escuela de Ginebra, dado que representa un vínculo con formulaciones recientes, provenientes de la Ciencia Cognitiva, que emplean como concepto clave la noción de representación simbólica. Esto es, que los sistemas computacionales actuales se entiende que realizan sus cálculos y computaciones sobre representaciones simbólicas,

hablándose, según Riviére de pares representaciones- procesos. Asimismo, la función simbólica piagetiana podría relacionarse hasta cierto punto con nociones modularistas (sostenidas por Jerry Fodor, por ejemplo), como la de lenguaje del pensamiento, si entendemos éste como la estructura formal subyacente a la actividad mental, al pensamiento y al lenguaje. Debe recordarse que, en opinión de Piaget, la función simbólica no es reducible al lenguaje, sino que las diferentes manifestaciones mentales y comportamentales se corresponden con una estructura básica y fundamental subyacente a todas esas manifestaciones, cuya principal característica definitoria sería la de representar el conocimiento o la realidad externa e interna. Es importante advertir la influencia experimentada por Piaget de la Lingüística de Ferdinand de Saussure, cuyas nociones semióticas hace suya la Escuela de Ginebra.

Otro aspecto fundamental en la orientación constructivista ginebrina la constituyen las aportaciones que realizara el autor vasco-español De Ajuriaguerra, neuropsiquiatra, el cual investigó los trastornos del desarrollo cognitivo, afectivo y motor en los niños, aplicando las teorías constructivistas, a numerosos cuadros clínicos en Neuropsicología. A este respecto, debe recordarse que este clínico estableció que, en el caso de síndromes de deterioro neuropsicológico compatibles con las demencias (corticales, fundamentalmente), la operatividad referida a las praxias (principalmente) sufre una regresión involutiva que se corresponde, en sentido inverso con los estadios establecidos por Jean Piaget para la construcción de la inteligencia en los niños.

Las ideas del materialismo dialéctico han sido, asimismo, aplicadas a la caracterización del desarrollo del pensamiento y del lenguaje por autores como Henri Wallon, Lev Vygotsky, Alexander Luria o más recientemente, por investigadores como Montealegre. Se parte de la noción vygotskiana de “instrumento psíquico” referido al lenguaje, que se entiende que se encuentra relacionado con el pensamiento de forma dialéctica. En palabras de Vygotsky, con la socialización y el acceso al lenguaje y a la cultura, “el pensamiento se torna verbal, y el lenguaje, racional”). Debe tenerse en cuenta que la orientación sociocultural rusa representa el segundo eslabón de la cadena que conduce desde la reflexología de Bechterew, Sechenov o Pavlov hasta la Neuropsicología de Luria y colaboradores, que se hace eco de la caracterización de la conciencia y del lenguaje como “segundo sistema de señales” por parte de los

reflexólogos de la primera generación. En todo caso, los investigadores mencionados se encuentran en una línea coherente de desarrollo que parte, probablemente, de las ideas materialistas de Marx y Engels, así como de la concepción científicista y positivista de la ciencia del siglo XIX.

Otro ámbito vinculado a nuestra argumentación lo constituyen las Neurociencias Experimentales y Clínicas, dentro de las que se encuentra la Neurología clínica, la Neuropsicología, la Neurociencia Cognitiva que emplea tecnologías modernas de neuroimagen estructural y sobre todo, funcional, así como determinados aspectos de la Neuropsiquiatría. Además, las aportaciones de la Neurolingüística resultan, a nuestro juicio, relevantes para la argumentación que tratamos de desarrollar en este estudio.

Desde el punto de vista de la Neurología Clínica, Adams y Víctor consideran que las alteraciones en los procesos de pensamiento se producen, en las condiciones médicas y patológicas, por alteraciones en los lóbulos frontales del cerebro, así como en varias condiciones patológicas del Sistema Nervioso Central, como en las esquizofrenias, en la manía e hipomanía, en las demencias, de predominio cortical, además de en los estados confusionales agudos. Hernández Lahoz, por otro lado, hace referencia al papel de los estados confusionales agudos en la desorganización del pensamiento, mientras que Lee y Loring, desde la Neurología Quirúrgica coinciden, básicamente con los autores anteriores.

Debe mencionarse que, a pesar de que el examen del pensamiento lógico es estudiado de modo sumario y breve por parte de los neurólogos en su praxis habitual, por medio del MMSE, instrumento que juzgamos insuficiente en el examen de la estructura y contenido del pensamiento, diversos neurólogos clínicos clásicos crearon métodos para el examen de las funciones intelectuales de alto nivel, como el lenguaje, las capacidades abstractas, o diversos aspectos de las funciones neuropsicológicas complejas. Entre estos autores se cuentan a Levi-Valensi o Monrad-Krohn, además de diversos neuropsiquiatras clásicos (fundamentalmente alemanes y franceses) que desarrollaron el llamado “método clínico” al que hace referencia Piaget en su monografía de 1933 titulada *La representación del mundo en el niño*, y que adquirió en su estancia de formación psicopatológica en la Salpêtrière. No obstante, las investigaciones clínicas llevadas a cabo por los neurólogos en esta temática adolecen de

una falta de especificación de las estructuras lógicas y de los requerimientos psicológicos o cognitivos implicados en las tareas planteadas.

Desde la Neuropsicología Experimental y Clínica ha existido una mayor preocupación por el estudio de la inteligencia, la resolución de problemas y el pensamiento. De este modo, Anne Lise Christensen, en su metodología de exploración de las funciones neuropsicológicas, basada en Luria, propone diversas tareas que serían sensibles a alteraciones en las funciones intelectuales y de pensamiento. Entre ellas, se contarían la comprensión de imágenes temáticas y textos, la realización de cálculos aritméticos o la comprensión y producción de estructuras lógico-gramaticales complejas, en las que intervendrían diversas estructuras del encéfalo humano. Además, esta autora considera que existen algunos tipos de tareas específicamente sensibles a las lesiones en áreas encefálicas distintas de los lóbulos frontales. Entre ellas, se cuentan las siguientes:

- a) Generar miembros de una categoría semántica dada
- b) Decidir a qué categoría pertenece un ejemplar determinado
- c) Dar el elemento opuesto en significado a otro que se presenta (en general, de sustantivos, adjetivos y verbos)
- d) Decidir, de entre tres o cuatro conceptos verbales, cuál es de diferente clase que los demás

Existen numerosas investigaciones clínicas en la Neuropsicología de los procesos intelectuales. Entre ellos, pueden comentarse los trabajos de Read (que señalan la importancia de las estructuras del lóbulo temporal en los procesos de categorización), los de Basso y colaboradores (que constituyó una de las primeras investigaciones en las que se aplicó el test de Raven a una muestra de lesionados cerebrales y se intentó localizar componentes neurológicos de la inteligencia humana) o los de Glosser y Goodglass (que enfatizaron el papel de los lóbulos frontales en la planificación y en la resolución de problemas, tratando de establecer una distinción entre pensamiento y capacidades verbales y visuo-espaciales).

Por otra parte, en nuestra investigación, expuesta con más detalle en la memoria de tesis doctoral en la que se basa este artículo, figuran numerosos estudios que han sido realizados desde la perspectiva de la Neurología de la Conducta y de la Neuropsicología, entre otros, los de Deglin y Kinsbourne (relacionados con los diversos modos de procesamiento de la información lógica de ambos hemisferios), los de Miller y Tippet (que investigaron la resolución de problemas con métodos no verbales), los de Godefroy y Rousseaux (acerca de la toma de decisiones) o los de Bogen (que realizó una reflexión sobre las capacidades cognitivas del hemisferio derecho y la cognición no lingüística). Por otro lado, han sido realizados diversos estudios neuropsicológicos en enfermos de Parkinson, y las capacidades relacionadas con la lógica polivalente (que utiliza varios valores de verdad) han sido, asimismo, investigadas con metodología psicofisiológica (potenciales evocados cognitivos), llegando a la conclusión de que estas habilidades se relacionan con la función de los lóbulos prefrontales del cerebro humano. Asimismo, las investigaciones de Eslinger y Grattan, acerca de la flexibilidad cognitiva en tareas de formación de conceptos, enfatizaron el papel de los circuitos fronto-basales en las habilidades de razonamiento y pensamiento lógico, mostrando, asimismo, la presencia de una disociación doble en este tipo de problemas, relacionados con la flexibilidad reactiva, y la flexibilidad espontánea en tareas de formación de conceptos.

Mencionamos, igualmente, investigaciones desarrolladas por nuestra parte (Blanco Menéndez y Aguado Balsas, en 2002) o la realizada por el equipo de la Unidad de Neuropsicología y Neurología de la Conducta del HUCA en 2004-2005, presentada en el Congreso de la Sociedad Internacional de Neuropsicología (INS) de Dublín, en julio de 2005, en el que se informaba del hallazgo de una disociación doble en procesos de pensamiento lógico. Además, han sido desarrollados otros estudios diversos con metodología psicofisiológica o en los que han sido explorados otros tipos de pacientes, por ejemplo, afectados por enfermedad de Parkinson. Por otro lado, cabe mencionar los trabajos del grupo de Tim Shallice acerca de los pacientes con afectación de los lóbulos frontales del cerebro, en relación con tareas intelectuales y de resolución de problemas, además, de los relativos a la cognición y al razonamiento social con estructura proposicional (implicación material), llevados a cabo por Goel y su grupo de investigación en 2004, en los que se mostraba que dichos aspectos intelectuales se encontraban vinculados a la función de los lóbulos frontales, en especial el del lado

izquierdo. Se mencionan, en este apartado, otros estudios más recientes de los años 2005, 2006 y 2007, que tratan las alteraciones disejecutivas que presentan los sujetos cerebrolesionados con afectación en la porción anterior de sus hemisferios cerebrales (lóbulos frontales).

Otro ámbito de investigación, muy en boga actualmente, lo constituye el campo de la Neurociencia Cognitiva (en sentido estricto), que incluye estudios de neuroimagen estructural y, más frecuentemente, funcional, que emplean tecnologías modernas de visualización de la actividad cerebral durante las realizaciones de carácter sensorial, cognitivo o motor. Las técnicas que se mencionan incluyen el PET-scan y la Resonancia Magnética funcional (fMRI), como métodos de exploración de la actividad cerebral.

De este modo, el grupo de Vinod Goel y colaboradores se ha mostrado muy activo en la investigación en este ámbito, publicando desde el año 1997 hasta hoy en día (aproximadamente) diversos trabajos de investigación acerca del razonamiento y la solución de problemas en sujetos sanos, a los que se les registraban diversos parámetros neurofisiológicos de su actividad cerebral. En general, en la mayor parte de las investigaciones de este grupo, los resultados indicaban una mayor activación de las áreas vinculadas al procesamiento lingüístico, coincidentes con las áreas perisilvianas del hemisferio cerebral izquierdo, y en uno de ellos, de 2004, se propone explícitamente la participación preferente del área 44 de la corteza cerebral humana (o área de Broca) en el procesamiento sintáctico ligado a las situaciones de razonamiento deductivo.

Sin embargo, consideramos el trabajo de Osherson, Perani y colaboradores, llevado a cabo en 1998, como más coincidente con lo que cabría esperar según las hipótesis de localización de estos procesos que manejamos (que implicarían una representación bilateral de estas actividades, y tanto frontales como post-rolándicas); efectivamente, estos investigadores encuentran, en esencia, una activación de amplias áreas del encéfalo, incluyendo zonas del hemisferio derecho y subcorticales (tálamo), y dentro de la corteza cerebral, de áreas tanto frontales como parietales, además de otras estructuras encefálicas más alejadas, como el cerebelo (esta última sugeriría que nuestras asunciones acerca de la génesis del pensamiento como un proceso motor, podrían ser razonablemente contrastadas desde el punto de vista empírico).

Por otro lado, en la Neurociencia Cognitiva existen desarrollos empíricos y teóricos clásicos (al menos desde la década de 1940) que emplean los instrumentos metodológicos y conceptuales de la Cibernética y del Álgebra, así como de la Lógica Matemática, para dar cuenta de las actividades neurofisiológicas de carácter más básico. Tal es el caso de los trabajos de Donald O. Hebb, quien, en su monografía *La organización de la conducta*, estableció las primeras leyes y principios de funcionamiento neurofisiológico de las llamadas “asambleas neuronales” o conjuntos neurales, que podrían dar cuenta de la actividad categorial del Sistema Nervioso Central. Estos principios establecidos por Hebb son hoy en día aplicados en los modelos de redes neuronales en paralelo, aplicándose la llamada “regla de Hebb” como un algoritmo de funcionamiento de dichas redes, conjuntamente con el algoritmo de Boltzmann y las reglas de retropropagación. Estos modelos de redes neuronales podrían, tal vez, dar cuenta, hoy en día de las habilidades implícitas o incidentales (tal vez, el llamado por Reber, “inconsciente cognitivo”), frente a las capacidades de cognición explícita, declarativa o consciente, que se encontrarían implementadas por modelos neuro-cognitivos simbólicos tradicionales. Resulta posible conjeturar la posibilidad de que el llamado “inconsciente cognitivo” se encuentre vehiculado con el funcionamiento de las redes neuronales en paralelo.

Por otro lado, los trabajos de Kandel, Schwartz y Jessell, así como en general, los conocimientos consolidados en Neurociencias básicas y en Neuropsicología, ponen de manifiesto la circunstancia de que en el funcionamiento y descarga de la célula nerviosa, se aplica la ley del “todo-o nada”, isomórfica a los valores de verdad de la Lógica proposicional bivalente, hecho ya establecido por Mac Culloch y Pitts en 1943, que establecieron la Lógica neuronal y, en la que según mostraban, en los circuitos nerviosos era posible aplicar los diferentes operadores de la Lógica proposicional bivalente (disyunción, conjunción, condicional, negación, etc.) Estos circuitos neuronales han sido, además, formalizados por diversos matemáticos, entre ellos el Profesor Dr. González Carlomán, docente en la Universidad de Oviedo, el cual estableció una formalización de los circuitos lógicos que resulta, hasta cierto punto, isomórfica con las estructuras nerviosas.

Otros estudios en Neurociencias Cognitivas han sido llevados a cabo, con objeto de probar la pertinencia de determinados modelos teóricos cognitivos (entre ellos, el modelo de pensamiento lógico propuesto por Johnson-Laird) mostrando, en general, activaciones en determinadas áreas del encéfalo humano y no tan solo de los lóbulos frontales, sino también localizadas en las áreas posteriores del cerebro humano.

Otro ámbito de evidencia que hemos analizado críticamente ha sido el de la Psiquiatría. De este modo, las enfermedades psiquiátricas, entre ellas las psicosis mayores como las esquizofrenias, los trastornos delirantes y las psicosis maníaco-depresivas han sido estudiadas con vistas a tratar de mostrar la presencia (o ausencia) de alteraciones cognitivo-ejecutivas que pudieran, de algún modo, ser vinculadas con la disfunción de determinadas áreas, núcleos u órganos del cerebro humano, en particular, y del encéfalo, en general.

Así, para Schüle, investigador clásico del siglo XIX, existirían determinadas alteraciones cognitivas y ejecutivas, típicas de las grandes psicosis, aunque serían cualitativamente diferentes entre sí. Sin embargo, autores como Ernst Kretschmer, Kurt Schneider o Karl Jaspers no aciertan a encontrar, en general, en el grupo de psicosis por ellos aisladas, alteraciones cognitivas o del pensamiento. Incluso para Karl Jaspers y para muchos psiquiatras clínicos de orientación fenomenológica, la presencia de alteraciones cognitivas (a excepción de los fenómenos psicopatológicos de primer rango) suponían un criterio de exclusión en sus diagnósticos de esquizofrenia.

Aportaciones de psicopatólogos clásicos, como Kurt Goldstein (que consideraba que existían numerosas condiciones neuropsicológicas en las que se verificaba la llamada “pérdida de la actitud abstracta”), han sido revisadas críticamente, o las de Eugene Minkowski, por otro lado (desde la orientación fenomenológica), que consideraba que condiciones psicopatológicas tales como la esquizofrenia suponen una especie de “demencia pragmática”, vinculada con el “autismo esquizofrénico” de Bleuler y que se materializaba, de modo preferente, en la actitud conocida como “racionalismo y geometrismo mórbidos”. Además, los trabajos de la psicopatóloga rusa Bluma Zeigarnik, representante de la escuela neuropsicológica de Luria y Vygotsky, ha sido, asimismo, mencionada, en relación con los trastornos formales del pensamiento.

Las perturbaciones formales del pensamiento y, en general, las alteraciones ideatorias de los pacientes psiquiátricos se han considerado, también desde la perspectiva del desarrollo, de modo que autores como Sigmund Freud, Lev Vygotsky o Jean Piaget coinciden básicamente en la noción de regresión de las actividades intelectuales en caso de patología psíquica, a estadios del desarrollo menos evolucionados, haciéndose eco de las posturas evolucionistas que, provenientes de la Embriología, sostuvo Ernst Haeckel a comienzos del siglo XX (las cuales han sido, no obstante, notablemente matizadas por los biólogos actuales).

Hoy en día, no obstante, las técnicas de exploración neuropsicológica han sido empleadas con éxito en la exploración de las psicosis mayores y han sido hallados diversos déficits neurobiológicos y neuropsicológicos (véase el capítulo de Gruzelier en el *Handbook of Clinical Neurology*, de 1985).

De este modo, Tim Shallice y equipo ofreció una excelente caracterización de los trastornos neuropsicológicos típicos de las esquizofrenias, poniendo de manifiesto, asimismo, la extrema heterogeneidad del síndrome y las grandes diferencias existentes entre los diferentes pacientes con el mismo diagnóstico. Tim Shallice encontró, ante todo, una deficiente función de la estructura cognitiva conocida como Sistema Supervisor Atencional (SAS), localizada a nivel de la corteza del lóbulo frontal, que se encarga de llevar a cabo el procesamiento ejecutivo y la planificación del comportamiento manifiesto, conjuntamente con el manejo de la información a nivel atencional y de memoria de trabajo.

Se revisan, asimismo, diversas aportaciones desde la Neuropsicología Cognitiva en relación con las funciones de pensamiento y lenguaje, además de realizar un análisis crítico de la moderna Psicopatología descriptiva, basada en el grupo de Cambridge y con las aportaciones que, en el tema de las estructuras delirantes, llevó a cabo de forma brillante, el recientemente fallecido Carlos Castilla del Pino.

La Neurolingüística, ha ofrecido algunas claves acerca de la pertinencia de los conocimientos derivados del estudio de las afasias en relación con el tema que nos ocupa. De este modo, autores como Jean Lhermitte, John B. Watson, Lev S. Vygotsky, Jean Piaget, o Antonio y Hanna Damasio, han ofrecido algunas claves que pueden

arrojar luz en el tema que nos ocupa. Además, resulta capital el que Alexander Romanovich Luria, en su tratado *Cerebro y Lenguaje*, y sobre todo, *Fundamentos de Neurolingüística*, tome partido, en primer lugar por la caracterización que John Hughlings Jackson realizara, acerca del lenguaje, en el siglo XIX, tomando como base la Biología Evolucionista, que define de la siguiente manera: El lenguaje consiste en formular pensamientos en forma proposicional. Además, Luria establece la dicotomía, tomada de la Escuela de Praga, entre **eje sintagmático** y **eje paradigmático**, los cuales, como hemos mencionado anteriormente, pueden ponerse en relación con las estructuras lógicas de proposiciones y de clases, respectivamente, a nivel lógico; pudiendo establecerse unas hipótesis de localización de los procesos lógicos, dependiendo de su estructura formal.

Además, René Tissot, Sir Henry Head, Antonio y Hanna Damasio, y Norman Geschwind (entre otros) establecieron determinadas hipótesis de localización de los procesos lingüísticos, distinguiendo, en general, las habilidades relacionadas con el procesamiento sintáctico, de aquellas estructuras vinculadas al procesamiento semántico, constituyendo estas investigaciones un apoyo adicional para nuestras tesis.

Se ha llevado a cabo un análisis epistemológico, cognitivo-genético y neuropsicológico de las habilidades numéricas entendidas como construcciones lógico-formales, cuestión en la que resultan de interés las aportaciones de los lógicos y filósofos matemáticos, como Peano, Hilbert y Ackermann, o Russell, además de la importancia de la estructura matemática del grupo de cuatro transformaciones, cuya estructura axiomática presentamos, y que fue resaltada por Jean Piaget en diversas investigaciones teóricas. Además, se hace mención de la llamada hoy en día “teoría de la complejidad” que implica la aplicación de formalismos hipercomplejos en dominios amplios de la realidad, incluyendo fenómenos geológicos, financieros, climáticos, cosmológicos, biológicos, ecológicos, psicológicos y sociológicos. La noción de complejidad permite entender los sistemas biológicos (entre otros) como sistemas autoformantes o auto-organizadores, siguiendo a los neurobiólogos Maturana y Varela. Asimismo, se ofrece una reseña de los trabajos más importantes en la Epistemología genética de las habilidades numéricas, tanto desde la Escuela de Ginebra como desde la

orientación cognitivista de autores como Karmiloff-Smith, además de las investigaciones comparativas, llevadas a cabo con animales de experimentación.

Podemos formular unas hipótesis de localización de las estructuras y funciones lógicas en el encéfalo humano, basándonos en la evidencia revisada críticamente de forma previa. Partiremos, para su enunciación de tres fuentes de evidencia convergente, derivada de los estudios anteriormente mencionados:

- a) Las investigaciones llevadas a cabo por la Escuela de Ginebra, acerca de la génesis, estructura y desarrollo del pensamiento y del lenguaje, además de la atribución de las correspondientes estructuras lógico algebraicas a estos estadios de formación del pensamiento, en correlación con los datos del desarrollo neuropsicológico
- b) Las investigaciones provenientes de la Neurolingüística de Luria y Jakobson, en relación con los ejes sintagmático y paradigmático del discurso
- c) El método de investigación al uso en Neuropsicología y Neurociencias Cognitivas, que permite relacionar la localización de una lesión cerebral, con un defecto funcional (sensorial, cognitivo o motor)

De este modo, las hipótesis quedarían formuladas de la siguiente manera:

HIPOTESIS 1: Si un paciente se encuentra lesionado en el lóbulo frontal izquierdo su actuación se verá significativamente alterada en tareas que incluyan estructuras de lógica de funtores con contenido verbal

HIPOTESIS 2: Si un paciente se encuentra lesionado en el lóbulo frontal derecho su actuación se verá significativamente alterada en tareas que incluyan estructuras de lógica de funtores con contenido no verbal

HIPOTESIS 3: Si un paciente se encuentra lesionado en el córtex posterior izquierdo su actuación se verá significativamente alterada en tareas que incluyan estructuras de lógica de clases con contenido verbal

HIPOTESIS 4: Si un paciente se encuentra lesionado en el córtex posterior derecho, su actuación se verá significativamente alterada en tareas que incluyan estructuras de lógica de clases con contenido no verbal

Se propone una metodología para el estudio empírico de estas habilidades en sujetos cerebrolesionados, adultos sanos y niños, siendo aplicable a personas de cualquier edad, con tan solo estudios primarios finalizados y que no aquejen alteraciones graves de la comprensión verbal, de la percepción visual o de la atención. Además, se avanza un diseño de investigación para la verificación o falsación de las hipótesis anteriormente formuladas. El número de pacientes que deberían ser estudiados sería de, aproximadamente, 53 cerebrolesionados y 20 sujetos de control, a los que les sería aplicada una batería de tareas experimentales de razonamiento y pensamiento lógico, que consta de diversas tareas de pensamiento proposicional, formación de conceptos y categorización, tanto verbales como no verbales. Se incluirían, en la muestra de cerebrolesionados, algunos pacientes afectados por lesiones localizadas en núcleos subcorticales y talámicos.

Por último, pueden enunciarse las siguientes conclusiones:

1. Los procesos de pensamiento lógico pueden ser caracterizados teóricamente y sometidos a investigación científica y filosófica, en función de sus analogías con las funciones lingüísticas, principalmente.
2. El cerebro humano y, posiblemente el de otras especies animales, puede ser conceptualizado como un sistema de procesamiento de la información que opera según principios lógico-matemáticos y estadísticos, semejantes a los que integran los computadores digitales y/o las redes neuronales artificiales
3. Las lesiones cerebrales que afectan al cerebro humano, en particular, y al encéfalo en su conjunto, en general, pueden causar diversas alteraciones en los procesos de pensamiento lógico, dependiendo de su estructura formal y de la localización de las lesiones consideradas, además del tipo de material (icónico o verbal) que se emplee para la investigación de estos procesos. Se

propone, en concreto, una localización frontal para los procesos de razonamiento con estructura proposicional, y post-rolándica para los procesos de razonamiento con estructura semántica y categorial, con una lateralización hemisférica, dependiendo de la naturaleza verbal o no verbal, del material incluido en las tareas. Se postula, asimismo, una participación de diversas estructuras neurológicas subcorticales (principalmente, el tálamo y los ganglios de la base del encéfalo) en estas funciones cognoscitivo-ejecutivas; probablemente, también algunos núcleos del cerebelo pueden encontrarse implicados en el procesamiento de la información lógica, dada su conexión preferente con diversos núcleos del tálamo, con el sistema límbico, con las vías descendentes del sistema motor, y con el córtex frontal (téngase presente la semiología disejecutiva, emocional y del comportamiento en general, característico del síndrome cognitivo-ejecutivo del cerebelo, o síndrome de Botez-Marquard).

4. Las consideraciones relativas al desarrollo cognoscitivo humano resultan de interés para la caracterización de la relación entre lenguaje, pensamiento y procesos lógicos.

Si estas consideraciones neuropsicológicas, neurocientíficas, cognoscitivas y epistemológicas pueden aportar alguna luz para la cuestión que constituye la última frontera de la ciencia, concretamente, “la comprensión del cerebro por sí mismo” en palabras del Profesor Enrique Vera de la Puente (en 1993), nos daremos por satisfechos.

Para finalizar, y como reflexión de todo lo anterior, diremos, con La Rochefoucauld, que “Todo el mundo se queja de su memoria, pero nadie se queja de su juicio”. El juicio y la memoria, la memoria y el juicio, constituyen las dos funciones capitales de la arquitectura neuropsicológica humana, si bien se encuentran en contraste y en continuo diálogo en el diario acontecer de la mente de los seres vivos animados, pues, como Aristóteles dejó sentado para los siglos venideros, existe en ellos un alma vegetativa, y un alma sensitiva, y, por fin, un alma racional o intelecto.

BIBLIOGRAFÍA

Acero, J. J., Bustos, E y Quesada, D. (2001): *Introducción a la Filosofía del lenguaje*. Madrid: Cátedra.

- Adams, R. D. y Victor, M. (1993): *Principles of Neurology*. Nueva York: Mc Graw-Hill (5ª Edición).
- Apostel, L. (1965): “Quelques questions sur les rapports entre la psychogenèse et les logiques non classiques » En : *Psychologie et épistémologie génétiques*. París: Dunod. Traducción española de J. Delval: “Algunos problemas sobre las relaciones entre la psicogenésis y las lógicas no clásicas”. En: J. Delval (Compilador): *Investigaciones sobre lógica y psicología*. Madrid: Alianza, 1977.
- Apostel, L. (1976): “Logique de l’action et logique piagetienne. Quelques problèmes autour de la psychogenèse de l’intelligence pratique ». *Bulletin de Psychologie* (Volumen de Homenaje a Jean Piaget) : 131-138.
- Aristóteles (1978): *Acerca del Alma*. Traducción española de Tomás Calvo Martínez. Madrid: Gredos (4ª Reimpresión, 1999).
- Aristóteles (1999): *Metafísica*. Traducción española de Patricio de Azcárate. Madrid: Espasa Calpe (17ª Edición)
- Agazzi, E. (1964): *La logica simbolica*. Brescia: La Scuola Editrice. Traducción española de J. Pérez Ballestar: *La Lógica simbólica*. Barcelona: Herder, 1986 (4ª Edición).
- Barraquer Bordás, Ll. (1963): *Neurología Fundamental*. Barcelona: Toray.
- Bartlett, F.C. (1958/1988): *Pensamiento: Un estudio de Psicología Experimental y Social*. Madrid: Debate.
- Berrios, G. E. y Fuentenebro de Diego, F. (1996): *Delirio*. Madrid: Trotta.
- Blanco Menéndez, R. y Aguado Balsas, A. Mª (2002): “Procesos de pensamiento lógico en un caso de lesión vascular cerebral”. *Revista de Neurología*, 34 (11): 1048-1052.
- Blanco Menéndez, R., Rico Blanco, B. L., Núñez Núñez, V., Villa Moreira, S. y Vera de la Puente, E. (2005): “Double dissociation in logical thought processes” Comunicación presentada en el XXVIII Congreso de la *International Neuropsychological Society*, celebrado en Dublín (República de Irlanda) en julio de 2005.
- Blank, S. C., Scott, S. K., Murphy, K., Warburton, E. y Wise, R. J. S. (2002): “Speech production: Wernicke, Broca and beyond”. *Brain*, 125: 1829-1838.
- Boole, G. (1847): *The mathematical análisis of logic*. Traducción española de E. Requena Manzano: *El análisis matemático de la Lógica*. Madrid: Cátedra, 1984.
- Botez, M. I. (1987): “Les circuits corticaux-sous-corticaux à la base du comportement » En : M. I. Botez (Ed.): *Neuropsychologie clinique et neurologie du comportement*. Montreal : Les Presses de l’Université de Montréal y París : Masson (páginas 215-225).
- Burloud, A. (1927): *La Pensée d’après les recherches expérimentales de H.-J Watt, de Messer et de Bühler*. París : Félix Alcan.
- Caplan, D. (2003): “Aphasic syndromes”. En: K. H. Heilman y E. Valenstein (Eds.): *Clinical Neuropsychology*. Oxford : Oxford University Press (4ª Edición) (pp. 14-34).
- Carpenter, P. A., Just, M. A. y Shell, P. (1990): “What one intelligence test measures: A theoretical account of the processing in the Raven Progressive Matrices Test” *Psychological Review*, 97: 404-431.
- Castilla del Pino, C. (1998): *El delirio, un error necesario*. Oviedo, Ediciones Nobel.
- Chevalier, J. (1953): *Histoire de la pensée*. París : Flammarion. Traducción española de J. A. Míguez: *Historia del pensamiento*. Madrid: Aguilar, 1958.

- Churchland, P. M. y Churchland, P. S (1990/1993): “¿Podría pensar una máquina?”. En: *Libros de Investigación y Ciencia (Psicología Fisiológica)*. Traducción de Luis Bou. Barcelona: Prensa Científica (original de 1990).
- Christensen, A. L. (1979): *Luria's Neuropsychological Investigation*. Copenhagen : Munksgaard. Traducción española de Dionisio Manga : *El diagnóstico neuropsicológico de Luria*. Madrid: Visor, 1987 (2ª Edición).
- Corbí, J. y Prades, J. L. (1995): “El conexionismo y su impacto en la filosofía de la mente” E: F. Broncano: *La mente humana*. Madrid: Trotta y Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) (pp.151-174).
- Cuetos Vega, F. (1999): “Neuropsicología Cognitiva del Lenguaje” En: M. De Vega y F. Cuetos (Eds.): *Psicolingüística del español*. Madrid: Trotta (pp. 535-569).
- Damasio, A. y Damasio, H. (1993): “Cerebro y lenguaje”. En: *Mente y Cerebro (Libros de Investigación y Ciencia)*. Traducción de J. M. García de la Mora. Barcelona: Prensa Científica.
- David, A. S. y Cutting, J. C. (1994): *The neuropsychology of schizophrenia*. Hove: Lawrence Erlbaum Associates.
- Davis, G. A., O’Neil-Pirozzi, T. y Coon, M. (1997): “Referential Cohesion and Logical Coherence after Right Hemisphere Stroke”. *Brain and Language*, 56: 183-210.
- Deglin, V. L. y Kinsbourne, M. (1996): « Divergent thinking styles of the hemispheres : How syllogisms are solved during transitory hemisphere suppression ». *Brain and Cognition*, 31: 285-307.
- Delval, J. (1977): “Lógica y Psicología del Razonamiento”. En: J. Delval (Compilador): *Investigaciones sobre lógica y psicología*. Madrid: Alianza.
- Duncan, J., Burgess, P. y Emslie, H. (1995): “Fluid intelligence after frontal lobe lesions” *Neuropsychologia*, 33: 261-268.
- Ellis, A. y Young, A. (1988): *Human cognitive neuropsychology*. Hove: Lawrence Erlbaum Associates.
- Eslinger, P. J. y Grattan, L. M. (1993): “Frontal lobe and frontal striatal substrates for different forms of human cognitive flexibility” *Neuropsychologia*, 31:17-28.
- Evans, J. St. B. T. y Newstead, S. E. (1995): “Creating a Psychology of Reasoning: The contribution of Peter Wason” En: S. E. Newstead y J. St. B. T. Evans (Eds.): *Perspectives on Thinking and Reasoning. Essays in Honour of Peter Wason*. Hove: Lawrence Erlbaum (pp. 1-14).
- Ezquerro, J. (1995): “Teorías de la arquitectura de lo mental”. En: F. Broncano: *La mente humana*. Madrid: Trotta y Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) (pp.97-150).
- Falguera López, J. L. y Martínez Vidal, C. (1999): *Lógica clásica de primer orden*. Madrid: Trotta.
- Feinberg, T. E. y Farah, M. J. (1997): *Behavioral neurology and neuropsychology*. Nueva York: Mc Graw Hill.
- Fernández Berrocal, P. y Carretero, M. (1995): “Perspectivas actuales en el estudio del razonamiento”. En: M. Carretero, J. Almaraz y P. Fernández Berrocal (Eds.): *Razonamiento y comprensión*. Madrid: Trotta.
- Flavell, J. H. (1977): *Cognitive Development*. Englewoods Cliff (NJ): Prentice Hall: Traducción española de J. I. Pozo: *El desarrollo cognitivo*. Madrid: Visor, 1984.
- Fodor, J. (1983): *The modularity of mind*. Harvard: The MIT Press. Traducción española de José Manuel Igoa: *La modularidad de la mente*. Madrid: Morata.

- Fraser, W. I., King, K. M., Thomas, P. y Kendell, R. E. (1986): "The diagnosis of schizophrenia by language analysis". *British Journal of Psychiatry*, 148:275-278.
- Frege, G. (1906/1976): *Wissenschaftlicher Briefwechsel*. Hamburgo: Felix Meiner (pp.96-98). Traducción española de L. M. Valdés Villanueva: "Carta a Husserl". En G. Frege: *Ensayos de Semántica y Filosofía de la Lógica*. Madrid: Tecnos, 1998 (pp 80-83).
- Frege, G. (1918): "Der Gedanke. Eine Logische Untersuchung". *Beiträge zur Philosophie des deutschen Idealismus*, 1 : 56- 77. Traducción española de L. M. Valdés Villanueva : « El pensamiento : Una investigación lógica ». En: G. Frege: *Ensayos de Semántica y Filosofía de la Lógica*. Madrid: Tecnos, 1998 (pp. 196-225).
- García Albea, J. E. (1993): *Mente y conducta. Ensayos de Psicología Cognitiva*. Madrid: Trotta (capítulos 1 y 10).
- García Carpintero, M. (1995): "El funcionalismo". En: F. Broncano: *La mente humana*. Madrid: Trotta y Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) (pp.43-76).
- Gazzaniga, M. S. (1994): *The Cognitive Neurosciences*. Harvard: The MIT Press.
- Geschwind, N. (1974): "Especializaciones del cerebro humano", en: *El lenguaje humano (Libros de Investigación y Ciencia)*. Barcelona: Prensa Científica.
- Gil, R. (1996): *Neuropsychologie*. París: Masson. Traducción española de la Dra. Eva M^a Arroyo Anlló: *Neuropsicología*. Barcelona: Masson, 1999.
- González Labra, M. J. (1998 a): "Análisis preliminar de la Psicología del Pensamiento". En: M. J. González Labra: *Introducción a la Psicología del Pensamiento*. Madrid: Trotta.
- González Labra, M. J. (1998 b): "Marco teórico de los modelos computacionales". En: M. J. González Labra: *Introducción a la Psicología del Pensamiento*. Madrid: Trotta.
- Goodglass, H. y Kaplan, E. (1983): *The Assessment of Aphasia and Related Disorders*. Philadelphia: Lea & Febiger.
- Grossmann, R. (1964): *The structure of mind*. Wisconsin: Regents of the University of Wisconsin. Traducción española de J. C. García Borrón: *La estructura de la mente*. Barcelona: Editorial Labor, 1969.
- Hebb, D. O. (1949): *The Organisation of Behaviour*. Nueva York: John Wiley & Sons. Traducción española de Tomás del Amo Martín: *Organización de la Conducta*. Madrid: Debate.
- Henle, M. (1962): "On the relation between logic and thinking". *Psychological Review*, 69: 366-378. Traducción española de J. Delval: "Sobre la relación entre la Lógica y el Pensamiento". En: J. Delval (Compilador): *Investigaciones sobre lógica y psicología*. Madrid: Alianza, 1977.
- Hunt, E. (1968): "Computer Simulation: Artificial Intelligence and their relevance to Psychology". *Annual Review of Psychology*, 19: 135-168.
- Husserl, E. (1913): *Logische Untersuchungen*. Halle del Saale: Max Niemeyer. Traducción española de Manuel García Morente y José Gaos: *Investigaciones Lógicas*. Madrid: Alianza, 1999 (3^a Edición).
- Inhelder, B. y Piaget, J. (1955): *De la logique de l'enfant a la logique de l'adolescent*. París: Presses Universitaires de France. Traducción española de M^a Teresa

- Cevasco: *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*. Barcelona: Paidós, 1985.
- Jaspers, K. (1913/1946): *Allgemeine Psychopathologie*. Heidelberg: Springer Verlag. Traducción española de Roberto O. Saubidet y Diego A. Santillán: *Psicopatología General*. México: Fondo de Cultura Económica, 1996 (2ª Edición).
- Johnson-Laird, P. N. (1994): "Mental models, deductive reasoning and the brain". En: M.S. Gazzaniga (Editor): *The Cognitive Neurosciences*. Cambridge, MA: The MIT Press (páginas 999-1008).
- Johnson-Laird, P. N. (1995): "Inference and mental models". En: S. E. Newstead y J. St. B. T. Evans (Eds.): *Perspectives on Thinking and Reasoning. Essays in Honour of Peter Wason*. Hove: Lawrence Erlbaum Associates (pp. 115-146).
- Karmiloff-Smith, A. (1992): *Beyond Modularity. A Developmental Perspective on Cognitive Science*. Cambridge: The MIT Press. Traducción española de Juan C. Gómez Crespo y Mª Núñez Bernardos: *Más allá de la modularidad. La ciencia cognitiva desde la perspectiva del desarrollo*. Madrid: Alianza, 1994.
- Karussis, D., Lekker, R. R. y Abramsky, O. (2000): "Cognitive dysfunction following thalamic stroke: a study of 16 cases and review of the literature". *Journal of the Neurological Sciences*, 172: 25-29.
- Köhler, W. (1921): *Intelligenzprüfungen an menschenaffen*. Berlín: Springer Verlag. Traducción española de Juan Carlos Gómez: *Experimentos sobre la inteligencia de los chimpancés*. Madrid: Debate, 1989.
- Lashley, K. (1930): "Basic neural mechanisms in behavior". *Psychological Review*, 37 (1): 1-24.
- Lecours, A. R. y Lhermitte, F. (1979): *L'Aphasie*. París : Flammarion y Montreal : Les Presses de L'Université de Montréal.
- Lhermitte, J. (1962): *Los mecanismos del cerebro*. Buenos Aires: Editorial Losada.
- Llinás, R. R. (2003): *El cerebro y el mito del yo*. Barcelona: Belacqva.
- Łukasiewicz, J. (1957): *Aristotle's Syllogistic*. Oxford: Clarendon Press: Traducción española: *La Silogística de Aristóteles desde el punto de vista de la lógica formal moderna*. Madrid: Tecnos, 1977.
- Luria, A. R. (1979): *Mozg cheloveka i psijicheskie protsesi*. Moscú: Pedagogica. Traducción española de Ricardo San Vicente: *El cerebro humano y los procesos psíquicos*. Barcelona: Fontanella, 1979.
- Luria, A. R. (1980): *Osnovnie problemi neirolingvistiki*. Moscú: Ediciones de la Universidad de Moscú. Traducción española de J. Peña Casanova: *Fundamentos de Neurolingüística*. Barcelona: Toray-Masson.
- Manning, L. (1992): *Introducción a la neuropsicología clásica y cognitiva del lenguaje. Teoría, evaluación y rehabilitación de las afasias*. Madrid: Trotta.
- Marcelli, D. y De Ajuariaguerra, J. (1993): *Psychopathologie de l'enfant*. París: Masson. Traducción española de María Helena Feliu i Pi de la Serra, Ana María Martínez González y Bibiana Lienas Massot: *Psicopatología del niño*. Barcelona: Masson, 1996 (3ª Edición).
- Miller, G. A., Galanter, E. y Pribram, K. H. (1960): *Plans and the structure of behaviour*. Nueva York: Holt, Rinehart & Winston. Traducción española de Rodolfo Fernández González: *Planes y estructura de la conducta*. Madrid: Debate, 1983.

- O'Brien, D. P. (1995): "Finding Logic in Human Reasoning requires looking at the Right Places" En: S. E. Newstead y J. St. B. T. Evans (Eds.): *Perspectives on Thinking and Reasoning. Essays in Honour of Peter Wason*. Hove: Lawrence Erlbaum Associates. (pp. 189-216).
- Osherson, D., Perani, D., Cappa, S., Schnur, T., Grassi, F. y Fazio, F. (1998): « Distinct brain loci in deductive versus probabilistic reasoning ». *Neuropsychologia*, 36: 369-376.
- Parkin, A. J. (1996): *Explorations in Cognitive Neuropsychology*. Londres: Blackwell. Traducción española de A. Medina, M. Belinchón y J. A. Ruiz Vargas: *Exploraciones en Neuropsicología Cognitiva*. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 1999.
- Peña Casanova, J. y Barraquer Bordás, Ll. (1983): *Neuropsicología*. Barcelona: Toray-Masson.
- Piaget, J. (1923): *Le langage et la pensée chez l'enfant*. París : Delachaux et Niestlé (10^a Ed., 1989).
- Piaget, J. (1933): *La représentation du monde chez l'enfant*. París : Presses Universitaires de France. Traducción española de V. Valls y Anglés: *La representación del mundo en el niño*. Madrid : Morata, 1993 (7^a Edición).
- Piaget, J. (1953): "Structures operationnelles et cybernétique ». *Année Psychologique*, 53 : 379-388. Traducción española de A. Deaño y J. Delval : *Estudios sobre lógica y psicología*. Madrid: Alianza Universidad, 1982.
- Piaget, J. (1959) : « El papel de la noción de equilibrio en la explicación en Psicología ». Amsterdam: *Acta Psychologica*, volumen 15. En: J. Piaget : *Six Etudes de Psychologie*. París : Gonthier, 1964. Traducción española de Jordi Marfà : *Seis Estudios de Psicología*. Barcelona: Labor, 1991.
- Piaget, J. (1970): *L'épistémologie génétique*. París : Presses Universitaires de France. Traducción española de J. A. Delval : *La epistemología genética*. Madrid: Debate, 1986.
- Pinker, S. (1997): *How the mind works*. Harvard: Steven Pinker. Traducción española de Ferran Meler-Ortí: *Cómo funciona la mente*. Barcelona: Destino, 2008.
- Poincaré, H. (1902/2002): *La Science et l'Hypothese*. Traducción española de A. Besio y J. Banfi: *Ciencia e hipótesis*. Madrid: Austral, 2002.
- Poon, C. S. (2006): "Brain calculus and brain logic: A firewall for sensory integration?" *Comparative Neuroscience*, 815: 13-54.
- Read, D. E. (1981): "Solving deductive reasoning problems after unilateral temporal lobectomy" *Brain and Language*, 12: 116-127.
- Reggia, J. A., Berndt, R. S. y D'Autrechy, C. L. (1994): "Connectionist models in Neuropsychology". En: François Boller y Jordan Grafman (Eds.): *Handbook of Neuropsychology*. (Vol. 9) Amsterdam: Elsevier.
- Rignano, E. (1922): *Psicología del razonamiento*. Madrid: Calpe
- Rivière, A. (1986): *Razonamiento y representación*. Madrid: Siglo XXI.
- Russell, B. (1956): *Introduction to Mathematical Philosophy*. Londres: Allen & Unwin. Traducción española de Mireia Bofill: *Introducción a la Filosofía Matemática*. Barcelona: Paidós, 1988.
- Semenza, C., Bisiacchi, P. y Rosenthal, V. (1988): "A function for Cognitive Neuropsychology". En: G. Denes, C. Semenza y P. Bisiacchi (Eds.): *Perspectives on Cognitive Neuropsychology*. Hove : Lawrence Erlbaum Associates (pp. 3-30).

- Serrallonga, J. (1991): «Trastornos del pensamiento y del lenguaje». En: J. Vallejo Ruiloba: *Introducción a la Psicopatología y la Psiquiatría*. Barcelona: Ediciones Científicas y Técnicas (3ª Edición) (pp. 178-185).
- Shallice, T. y Burgess, P. W. (1991): “Deficits in strategy application following frontal lobe damage in man”. *Brain*, 114: 727-741.
- Sinclair, H. (1974): “Language acquisition from a Piagetian point of view”. *Folia Phoniátrica*, 26: 1-12. Traducción española de A. Perinat: “La adquisición del lenguaje desde el punto de vista Piagetiano” En: J. Dolz (Compilador): *Psicolingüística genética*. Barcelona: Ediciones Avesta, 1985.
- Sloutsky, V. M. y Goldvarg, Y. (2004): “Mental representation of logical connectives”. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 57 A (4):636-665.
- Stanoulov, N. (1962): «Notas preliminares sobre un esquema funcional del pensamiento humano» En: N. Wiener y J. P. Schadé (Eds.): *Sobre modelos de los nervios, del cerebro y la memoria*. Madrid: Tecnos.
- Vera de la Puente, E. y Botez, M. I. (1987): “La representation imagée”. En: M. I. Botez: *Neuropsychologie clinique et neurologie du comportement*. Montreal : Les Presses de l’Université de Montreal y París : Masson (pp. 299-306).
- Vera de la Puente, E. (1993): *Neuropsicología de la representación mental en imágenes visuales*. Tesis doctoral no publicada. Universidad de Oviedo.
- Vygotsky, L. S. (1934/1986): *Thought and language*. Harvard: The MIT Press. Traducción española: *Pensamiento y lenguaje*. Barcelona: Paidós, 1995.
- Wason, P. C. (1968): “Reasoning about a rule”. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 20:273-281. Traducción española de J. Delval: “Razonamiento sobre una regla”. En: J. Delval (Compilador): *Investigaciones sobre lógica y psicología*. Madrid: Alianza, 1977.
- Wason, P. C. y Johnson-Laird, P. N. (1972): *Psychology of reasoning*. Londres: Batsford Ltd. Traducción española de J. Delval: *Psicología del razonamiento. Estructura y contenido*. Madrid: Debate.
- Watson, J. B. (1913): “Psychology as the behaviorist views it”. *Psychological Review*, 20:158-177.
- Wertheimer, M. (1945): *Productive Thinking*. Nueva York: Harper & Bros. Traducción española de L. Wolfson: *El pensamiento productivo*. Barcelona: Paidós, 1991.
- Woodworth, R. S. y Sells, S. B. (1935): “An atmosphere effect in formal syllogistic reasoning”. *Journal of Experimental Psychology*, 18: 451-460. Traducción española de V. Delmonte: “Un efecto de atmósfera en el razonamiento formal silogístico”. En: J. Delval (Compilador): *Investigaciones sobre lógica y psicología*. Madrid: Alianza, 1977.
- Zeman, J. (1962): “La información y el cerebro”. En: N. Wiener y J. P. Schadé (Eds.): *Sobre modelos de los nervios, el cerebro y la memoria*. Madrid: Tecnos.
- Zeigarnik, B. V. (1981): *Psicopatología*. Madrid: Akal.