



Revista Chilena de Neuropsicología

ISSN: 0718-0551

editor@neurociencia.cl

Universidad de La Frontera

Chile

Chávez, Silvia; Cruz, Felipe; Orozco, Gabriela; Vélez, Alicia
Procesamiento cortical de la visión: interacción de subsistemas parietales
Revista Chilena de Neuropsicología, vol. 7, núm. 3, diciembre, 2012, pp. 102-107
Universidad de La Frontera
Temuco, Chile

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179324986002>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto



Artículo breve

Procesamiento cortical de la visión: interacción de subsistemas parietales

Cortical processing of vision: parietal subsystems interaction

Silvia Chávez^{1*}, Felipe Cruz¹, Gabriela Orozco¹ & Alicia Vélez¹

¹ Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.

Resumen

El procesamiento visual en el contexto de la neuropsicología exige la articulación de distintos niveles de análisis. Esto hace que el estudio de la visión se encuentre permeado por el avance en distintas disciplinas lo cual plantea como reto a la neuropsicología la construcción de un marco conceptual y de organización cerebral que permita la articulación de los vastos y distintos conocimientos que en la actualidad se tienen sobre el tema. Por tal motivo el presente artículo tiene como objetivo revisar los aportes de los principales modelos dicotómicos del procesamiento visual empleados en neuropsicología para detenernos con mayor detalle en la participación del Lóbulo Parietal Posterior y los retos que plantea a dichos modelos.

Palabras clave: lóbulo parietal, procesamiento visual, atención, espacialidad

Abstract

Visual processing requires, from a neuropsychological view, the integration of different analysis levels. This makes visual studies dependent on the advances produced by different scientific disciplines, leading into an increasing and comprehensive conceptual demand as well as more consistent brain functioning models. Thus, the aim of this article is to review the most outstanding dichotomic visual processing models used in neuropsychology, so as to painstakingly analyze the role of the Posterior Parietal Lobe and the risks taken by those different models.

Keywords: parietal lobe, visual processing, attention, spatiality

Introducción

El ser humano está en constante comunicación e interacción con el medio, esto lo realiza de forma mediada a partir de sistemas sensoriales; permitiendo generar mecanismos de orientación cada vez más complejos que no solo favorecieron la adaptación al medio sino también su transformación. Realizando un recorrido filogenético encontramos que las especies consideradas mayormente evolucionadas han sido aquellas que lograron transformar su medio esto gracias a la complejización de su actividad a partir de sistemas de orientación más sofisticados. En el ser humano la visión es uno de los principales medios para guiar la actividad; el conjunto de sistemas y subsistemas que lo conforman dan cuenta de su papel crucial en la adaptación y transformación de su medio.

Desde una aproximación neurobiológica la visión tiene una amplia representación cerebral con altos niveles de especialización funcional que claramente ponen de manifiesto un carácter multifuncional en la actividad humana. Encontramos implicaciones altamente especializadas que permite una res-

puesta específica para la identificación de luz, color, forma, movimiento, etc. (Castelo-Branco et al., 2006) y también encontramos niveles de complejización mayor a partir de la interacción con otros sistemas sensoriales de retroalimentación que se van modulando, regulando y orientando mutuamente (Posner, Cohen, & Rafal, 1982; Prather, Votaw, & Sathian, 2004; Coello, Danckert, Blangero, & Rossetti, 2007). Por otra parte, desde una aproximación cognoscitiva la visión puede ser considerada como un proceso de representación mental que puede ser analizado en un carácter estructural y funcional (Kravitz, Saleen, Baker, & Mishkin, 2011; Jeannerod & Jacob, 2005; Coello, Richaud, Magne, & Rossetti, 2003).

En la actualidad las investigaciones cada vez encuentran mayor acuerdo al considerar que la visión no es un fenómeno de recepción pasiva lo cual se hace evidente al analizar la vasta representación que tiene en diversas regiones del cerebro. Por lo tanto, el presente trabajo tiene como objetivo realizar una revisión sobre los modelos de procesamiento visual tratando de responder ¿qué papel tiene el lóbulo parietal inferior en el procesamiento visual?

* Correspondencia: silvia.chavez.venegas@gmail.com. Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México. Universidad 3004, Col. Copilco Universidad, Delegación Coyoacán, C.P. 04510. Teléfono: 01 52 55 56222230, Ext. 41217 Av. México, Distrito Federal, México.
Recibido: 27-05-12. Revisión desde: 11-07-12. Aceptado: 16-10-12

Modelos de procesamiento visual: propuesta de la doble vía

En el ámbito de las neurociencias ha habido varias propuestas teóricas y metodológicas para el estudio del reconocimiento visual, mismas que han sido enriquecidas por los avances en otras disciplinas (psicología, ingeniería, matemáticas, medicina, etc.). En los modelos de procesamiento visual de doble vía se observa una dificultad para integrar el papel del Lóbulo Parietal Inferior LPI (Turnbull et al., 1997, 1999). Estos modelos han coincidido en referir que el LPI está involucrado en el procesamiento espacial de los estímulos (Geranmayeh et al., 2012; Baldo & Dronkers, 2006; Chochon, Cohen, & Dehaene, 1999). No obstante estar de acuerdo en este aspecto, no se aprecia una integración de los componentes del procesamiento espacial a dichos modelos.

Ungerleider y Mishkin: vía dorsal y ventral

Concretamente podemos ubicar un momento crucial en la investigación del procesamiento visual con la propuesta de Ungerleider y Mishkin (1983) quienes localizaron dos vías visuales en el cerebro de macacos, concluyendo que existe una vía ventral y una vía dorsal especializadas en diferentes aspectos del mundo perceptual. La vía dorsal tiene una representación topográfica que va de corteza visual primaria a través de la secundaria hacia la región dorsomedial del occipital llegando hacia regiones parietales posteriores (Milivojevic, Hamm, & Corballis, 2011; Castelo-Branco et al., 2006). Consiste en una serie de proyecciones occipitoparietales que siguen su curso a través del fascículo longitudinal superior (Mishkin, Underleider, & Macko, 1983; Macaluso & Maravita, 2010); éstas interconectan con el estriado, pre-estriado y áreas inferiores del parietal. Funcionalmente se ha relacionado con la representación de relaciones espaciales y el control de los movimientos oculares y extremidades. Posteriormente las proyecciones occipitoparietales se conectan con sistema límbico y corteza frontal dorsal que hacen posible la construcción de mapas así como la guía visual de los actos motores (Mishkin, Underleider, & Macko, 1983; Warrington & McCarthy, 1994). La vía ventral topográficamente está representada desde la corteza visual primaria y secundaria hacia corteza temporal inferior. Consiste en un sistema de proyecciones multisinápticas occipitotemporales que siguen su curso por el fascículo longitudinal inferior; esta vía interconecta áreas del estriado, preestriado y áreas temporales inferiores. Funcionalmente se ha relacionado con la identificación de objetos. Posteriormente este sistema de proyecciones occipitotemporales sigue su curso hacia regiones límbicas del lóbulo temporal y con la región ventral del lóbulo frontal lo que hace posible la asociación de objetos con otros eventos así como las acciones motoras y emocionales.

Cabe destacar que para este modelo el procesamiento espacial se realiza en la vía del “donde” con un referente neuroanatómico que incluye regiones del parietal inferior, refiriendo el procesamiento espacial en un sentido amplio a la ubicación espacial de los objetos (Pisella, Binkofski, Lasek, Toni, & Rossetti 2006). Sin embargo LPI en los humanos se ha relacionado con la transformación espacial compleja y el reconocimiento de los objetos en ciertas circunstancias que requieren el establecimiento de relaciones espaciales (Coello et al., 2007; Milner, 2008, 1995). Esta cuestión no fue ampliamente desarrollada como parte de este modelo.

Milner y Goodale: visión para la percepción y visión para la acción

Otra aportación de gran valor la encontramos en Milner y Goodale (2008) quienes retoman el modelo de las dos vías en el procesamiento visual analizando la transformación de la información visual en comandos de la mano para alcanzar objetos (visión para la acción); y la visión para la percepción (Milner & Goodale, 2008). Estas categorías son concordantes con la propuesta de la vía dorsal y ventral. Estos autores basaron sus observaciones en estudios neuropsicológicos a partir del principio de doble disociación, especialmente ante dos condiciones patológicas, la agnosia visual (lesión temporal inferior) y la ataxia óptica (lesión parietal superior).

La visión para la percepción tiene un correlato neuroanatómico concordante con la vía ventral; las neuronas del temporal inferior responden pasivamente a estímulos visuales posibilitando la identificación de las características de los objetos. Por su parte la visión para la acción, concordante con la vía dorsal, tiene su referente neuroanatómico en el lóbulo parietal posterior. Estas regiones responden ante diferentes estímulos visuales en función de los tipos de respuesta solicitados, es decir, cuando el estímulo tiene que ser alcanzado por la mano, cuando guíe el movimiento sacádico o tenga que ser seguido por los ojos. Por lo que las neuronas visomotoras tendrán que recibir entradas visuales de otros sistemas. Estas entradas visuales pueden ser tan selectivas como para responder ante características de orientación de los objetos (Milner & Goodale, 2008).

Estos autores han sugerido que LPI podría tener participación en la percepción de alta demanda de procesamiento espacial; ya que transforma información derivada de ambas vías (dorsal y ventral) (Sack, 2009; Rozzi, Ferrari, Bonini, Rizzolatti, & Fogassi, 2008). Estas observaciones son consistentes al realizar estudios clínicos de lesión LPI y temporoparietal derecho; la lesión de estas zonas genera una incapacidad para atender a los acontecimientos que ocurren en el lado contralesional, cuadro conocido como negligencia (Singh Curry, 2009). Sin embargo poco se ha profundizado sobre las dificultades espaciales presentes en la negligencia, por lo que suelen ser referidas como alteraciones en la representación egocéntrica, dificultades para dirigir la atención o la planificación de los movimientos.

Siendo estas las propuestas que con mayor fuerza se propugnan en el tema se hace evidente puntos de discordancia especialmente en el significado funcional de cada vía. Por ejemplo, para Ungerleider y Mishkin la función principal es la visión; y para Milner y Goodale la función no se limita a la visión ya que los seres humanos pueden planificar, ejecutar y controlar visualmente acciones muy complejas. De igual forma es posible identificar aspectos convergentes. En todos encontramos una propuesta de fases de procesamiento en las cuales queda claramente diferenciado un proceso de codificación perceptual y uno de procesamiento pragmático (Jeannerod & Jacob, 2005; Castelo-Branco, 2006); este procesamiento se plantea serialmente; se hace énfasis en los procesos de reconocimiento centrados en el objeto sin considerar las representaciones dependientes del punto de vista del sujeto; paulatinamente en los diferentes modelos se han ido integrando diferentes hipótesis de organización neurobiológica con las de estructuración conceptual.

Teniendo esto como antecedente conceptual es evidente que el estudio del procesamiento visual de los objetos requiere de la integración de diversos niveles de análisis siendo los más

representativos la generación de conceptos y nociones cognitivas enriquecidas por los hallazgos de la neurociencia.

Por lo tanto el planteamiento de la hipótesis de dos vías visuales tiene un doble objetivo: la percepción visual y guía de las acciones (Singh Curry, 2009). Durante la percepción se encuentran dos procesos complementarios, el de la selección y el reconocimiento. La selección consiste en que tanto segregarse una matriz visual compleja en varios objetos separados, y en atribuir a cada uno por separado su propio conjunto de atributos, la unión del problema (Franz, Hesse, & Kollath, 2009; Fischbein, 1993). La segregación y la unión hacen que las posiciones relativas de los objetos en una matriz visual sean codificadas por el sistema perceptivo (Tao, Watter, & Sun, 2011). De manera general el reconocimiento de objetos requiere que la información visual acerca de un objeto coincida con la información conceptual y el conocimiento del almacén a largo plazo. Una vez que el objeto ha sido perceptualmente seleccionado de un conjunto de competidores, el control y seguimiento de la acción de agarre puede tomar el relevo. Lo relevante para esto es su forma absoluta, el tamaño y orientación en conjunto con su posición relativa al cuerpo de la persona.

Para realizar una propuesta de articulación de distintos niveles de análisis es necesario plantear como puntos ejes la identificación de la terminología, la diferenciación entre tarea y proceso y el método de estudio. Una de las propuestas que ha logrado integrar coherentemente estos ejes es la de Milner y Goodale. Retomando los modelos existentes sobre la visión encuentran una serie de aspectos regulares que permitieron sistematizar una serie de nociones (como visión para la percepción, visión para la acción), con tareas cuidadosamente elaboradas para identificar cualidades del proceso a través del método de la doble disociación. Al utilizar las nociones de visión para la percepción y visión para la acción, esta propuesta pone de relieve que el proceso visual tiene más de un propósito. Planteando así que la diferencia entre las dos vías también puede encontrarse en el análisis de los sistemas de salida.

La percepción desde esta propuesta se refiere a la noción estándar de la psicofísica, a la experiencia consciente de ver, como experiencia perceptual en la mayoría de los casos se puede traducir en un informe subjetivo. Es necesario mencionar que el concepto requiere ser ampliado. De manera general la percepción representa la experiencia visual para considerar algunos aspectos inconscientes o preconcientes de la percepción del mundo pero no proporciona directamente las bases para la acción (Prather, Votaw, & Sathian, 2004; Pins, Meyer, Foucher, Humphreys & Boucart, 2004); el vínculo entre la percepción y la acción es consecuencia indirecta (Milner & Goodale, 2008; Seungjin, Kwanho, Joo-Young, Minsu, & Hoi-Jun, 2010). La contribución fundamental de los mecanismos de la percepción en la corriente ventral es la identificación de los objetivos posibles y reales así como la selección del curso de la acción. Sin embargo la aplicación posterior de la acción es el trabajo de la corriente dorsal (Macaluso & Maravita, 2010). Esta corriente no juega ningún papel en la selección adecuada de las acciones pero es fundamental para la definición detallada y el control de los movimientos que constituyen la acción. Es decir que ambas corrientes contribuyen a la acción pero de manera distinta.

Al explicar cómo la percepción y la acción se aportan mutuamente para el procesamiento visual plantea un aspecto metodológico implementacional que es fundamental resolver, la diferencia entre la tarea y el proceso. Por una parte es necesario retomar que ambas vías aportan a la percepción y a la acción; y

por otra, no es posible plantear tareas que permitan la participación aislada de sistemas específicos incluso cuando la tarea planteada sea bastante simple (Aviezer et al., 2007). El hecho de que la tarea en sí misma implica la acción no significa que el rendimiento en esta tarea es responsabilidad de la vía dorsal o la visión para la acción (Coello et al., 2003, 2007). De este problema implementacional deriva una propuesta de aproximación a partir del principio de doble disociación lo que ha hecho que las investigaciones se realicen a partir de pacientes neuropsicológicos (Pisella et al., 2006; Castelo-Branco, 2006).

También se reporta la existencia de interacción entre ambas vías; esta interacción está dirigida a la generación de una conducta adaptativa. Sin embargo no se ha profundizado en cómo estas vías interactúan entre sí y con otros sistemas. La propuesta de una tercer vía podría dar algunas respuestas, orientando la atención al papel del LPI y el procesamiento espacial. Se reporta que la vía principal para el reconocimiento visual de los objetos se lleva a cabo por la vía ventral sin embargo esta vía recibe aporte sustancial de otras regiones principalmente las del LPI, lo cual da como característica del proceso el reconocimiento visual del objeto en condiciones poco comunes (Turnbull, 1999). Esta tercer vía puede ser descrita como un sistema espacial y no solo como la visión que guía la acción; para el sistema de la visión para la acción es necesario la descripción de los objetos codificados exclusivamente en términos egocéntricos lo cual facilitaría tomar un objeto o dirigirse hacia un objeto para tomarlo. Este sistema no requiere información allocéntrica sin embargo al referir a otro cómo debe alcanzar un objeto se hace necesario la manipulación mental de la información en parámetros allocéntrico (Zaehle, Jordan, Wüstenberg, & Baudewig, 2007). Por lo que las habilidades espaciales en esta tercer vía parecen estar relacionadas con praxias construccionales (Rozzi, Ferrari, Bonini, Rizzolati, & Fogassi, 2008; Warrinton & James, 1967), rotación mental y reconocimiento de objetos fragmentados, mal iluminados que requieren del almacenamiento y posterior manipulación de la información espacial para la generación de códigos de localización egocéntrica (Zaehle et al., 2007; Pylyshyn, 2001).

De los modelos anteriormente descritos queda pendiente el estudio de las características de procesamiento de las regiones de traslape entre las dos vías, es decir el papel del parietal posterior en el procesamiento espacial y las interacciones con otros sistemas.

El lóbulo parietal posterior LPP en el procesamiento visual

El lóbulo parietal posterior se localiza posterior al surco post-central SP y delante del surco parieto-occipital SPO y bordeado por la cisura de Silvio CS. Puede ser dividido en varias regiones, el lóbulo parietal superior LPS, lóbulo parietal inferior LPI, surco intraparietal SIP, campo ocular del parietal COP, giro angular GA, giro supramarginal GSM y temporo-parietal TP. Funcionalmente el LPP participa en una amplia variedad de tareas que requieren alta demanda cognitiva y de procesamiento visual.

Los principales hallazgos son provenientes de investigaciones de lesión y de neuroimagen funcional (Singh-Curry, 2009; Rozzi et al., 2008; Baldo & Dronkers, 2006). Los estudios de lesión han encontrado de forma consistente que el parietal posterior juega un papel crucial en la cognición espacial. La cognición espacial hace referencia a la capacidad de procesamiento e integración de todos los aspectos espaciales de nues-

tro ambiente incluyendo el análisis de la información externa multisensorial así como la información interna de representaciones mentales (Kravitz, Saleen, Baker, & Mishkin, 2011; Chochon et al., 1999; Goodale & Milner, 1998). Se ha considerado como base de numerosas habilidades cognitivas como la orientación espacial, el reconocimiento de objetos, razonamiento abstracto, memoria, atención, etc. por lo que la integración exitosa de estos procesos garantiza el adecuado funcionamiento en nuestro entorno. Por su parte, los estudios de imagen reportan que el LPP participa en la realización exitosa de tareas de cognición espacial (Milivojevic, Hamm, & Corballis, 2011). Algunos estudios de fMRI en humanos encuentran que la ejecución de tareas espaciales produce un aumento en la activación de la corteza parietal y frontal, en particular el SIP bilateral (Singh-Curry, 2009).

Diferentes investigaciones han reportado la participación del LPP en procesos atencionales. Se asocia al LPI con la guía visual de las acciones y la orientación atencional (Posner, 1980, 1982; Colmenero, 2001); al LPI y la corteza frontal ventral con tareas de sostenimiento atencional o de vigilancia (Baldo, 2006; Posner, 1982); al LPI derecho en el mantenimiento de la atención, en la atención basada en la intensidad del estímulo y en la respuesta ante eventos sobresalientes (Pins et al., 2004); al LPP ante estímulos salientes a través del mantenimiento en mente del objetivo de la tarea para su posterior diferenciación de los no-objetivos; etc (Geranmayeh et al., 2012; Jeannerod et al., 2005).

Los procesos atencionales requieren de la participación de varios sistemas ampliamente distribuidos por cerebro. Los diferentes sistemas o redes participan de forma diferencial. El modelo de las redes atencionales propuesto por Posner (1980) es uno de los más ampliamente desarrollados y que considera varias redes atencionales y sus sistemas cerebrales. A saber, sistema atencional supervisor, sistema atencional posterior y sistema atencional anterior.

Varias de las investigaciones sobre la participación del LPP en los procesos atencionales han tomado este modelo de referencia buscando aspectos específicos de procesamiento que contribuyan a la orientación atencional. El sistema atencional posterior se relaciona con el procesamiento espacial, encargándose de centrar la atención en la posición del campo visual donde está situado el estímulo (Castillo & Paternina, 2006). Específicamente realiza operaciones de desenganche atencional del objetivo, movimiento por el campo visual hasta la nueva posición y enganche de la atención al estímulo actual. Estas operaciones son realizadas por sistemas cerebrales distintos (Posner, 1982).

Antes de desplazarse hacia otra localización, la atención debe desengancharse del objetivo actual; esto se lleva a cabo en el LPP. Posteriormente, se requiere situar la nueva posición, para ello participa la movilidad de los ojos y la movilidad atencional sin movimiento ocular; los colículos superiores con sus proyecciones a sistemas del LPP son los responsables de realizar estas operaciones (Castelo-Branco, 2006; Chochon, Cohen, & Dehaene, 1999). Por último, es necesario situarse en la posición del nuevo objetivo, es decir, engancharse. Esto facilitara el procesamiento del estímulo; los sistemas talámicos, específicamente el núcleo pulvinar y sus proyecciones a LPP se han relacionado con las operaciones de facilitación e inhibición que realiza la atención para seleccionar el objetivo (Colmenero, Catena, & Fuentes, 2001).

Discusión

Después de haber recorrido algunas de las aproximaciones y modelos del procesamiento visual se está en condiciones de realizar una propuesta que permita la articulación de la vasta información que en la actualidad se tiene.

Retomando, la propuesta clásica de dos vías sintetiza acertadamente una serie de hallazgos que de manera consistente se presentaron en las investigaciones básicas sobre la percepción visual; a partir de esto plantearon un modelo que analiza dicotómicamente el procesamiento visual. Milner y Goodale (2008) retoman esta propuesta, aunque su aportación principal no fue la de precisar a partir de sistemas neurobiológicos sus hipótesis, aportan un marco conceptual para la interpretación del proceso perceptual, como una unidad de la experiencia perceptiva. Esto se hace evidente en su planteamiento sobre los sistemas de reconocimiento de objetos y sistemas de acción que no son áreas especializadas pero que actúan en paralelo por canales independientes.

Esto hace que las relaciones sujeto y objeto no sean consideradas solo un sistema de percepción individual con zonas separadas para el procesamiento especializado. Sino que se nos presentan al menos dos mundos independientes que corren en paralelo, que comúnmente coinciden y que pueden ofrecer diferentes versiones de la realidad. Planteando entonces una propuesta más activa sobre el proceso de percepción visual, rompiendo con la tendencia clásica de la construcción de la imagen visual. En otras palabras plantea la percepción como un proceso dinámico que orienta la acción.

Otro aspecto que surge como interrogante radica en la cualidad espacial del procesamiento visual que desde la perspectiva de las hipótesis de las dos vías no queda resuelta. El procesamiento espacial ha sido ampliamente estudiado en su relación a diferentes aspectos. Tenemos así amplios estudios sobre procesos visoespaciales para el desarrollo de nociones aritméticas (Hernández, 2007), aspectos de organización espacial para la ejecución correcta de la lectura y la escritura (Akhutina, 2002), organización espacial del discurso y la producción adecuada del lenguaje, procesamiento visual en el reconocimientos de expresiones emocionales (Deruelle, Rondan, Salle-Collemitche, Bastard-Rosset, & Da Fonséca, 2008), orientación topológica y ubicación en planos de coordenadas, etc. También se ha vinculado su estudio con otras funciones y procesos, se estudia los procesos atencionales en la organización espacial y en la memoria espacial, recuperación de información a partir de la generación de estrategias de organización espacial (Kessels, Haan, Kappelle, & Postma, 2001), etc. De igual forma se observa una amplia variedad de conceptos para referir este proceso; algunos autores abordan la percepción espacial como una actividad que se lleva a cabo a través de los ojos, localizando objetos o patrones, identificando formas y moviendo objetos (Braun, 1997); se ha estudiado la estructuración espacial entendida como la capacidad para mantener constante la localización de los objetos y sujetos entre sí (Velasco, 2007); otros refieren como espacialidad a la percepción, el conocimiento y el control que el sujeto tiene de su situación en el espacio, de sus posibilidades de desplazamiento y situaciones en el entorno con respecto a los objetos y las demás personas que en él se encuentran (Vidal, 2007). De estas conceptualizaciones también es posible derivar formas particulares para evaluar dichos procesos. Tenemos tareas de predominio visual, algunas que utilizan la percepción táctil, otros que incluyen información auditiva y vestibular, etc. Es evidente que nos encontramos con una am-

plia variedad de formas para referirlo (espacialidad, percepción espacial, organización espacial, estructuración espacial, procesamiento espacial), una amplia variedad de formas de conceptualizarlo (actividad perceptual, proceso, conjunto de procesos, etc.) y por ende una amplia variedad de formas para evaluarlo (desde la que concibe el proceso espacial a partir de la información visual hasta la que la considera como proceso perceptual de diversas modalidades).

Este panorama nos plantea diferentes retos. Primeramente, la claridad conceptual para saber si lo que se está considerando bajo la noción de espacialidad es sinónimo de las otras nociones, o si se están evaluando diferentes componentes de un mismo proceso. Además las diferentes propuestas para evaluar nos reportan datos que comúnmente son analizados a la luz de otros procesos y funciones.

Estas interrogantes han surgido de las observaciones clínicas de pacientes con lesión del parietal inferior, localización intermedia entre la ruta ventral o visión para la percepción y la ruta dorsal o visión para la acción. Aunque su descripción funcional por el momento se ha limitado a un carácter de interacción entre las dos vías, algunos han continuado con las investigaciones y han planteado la existencia de una tercer vía. Esta vía estaría implicada en el procesamiento espacial en condiciones poco usuales de orientación e iluminación, en las cuales la hipótesis de la vía dorsal (dónde) no brinda una explicación concluyente sobre la cualidad del procesamiento espacial.

Por lo que es necesario retomar una noción de transformación espacial más compleja, que a diferencia de la vía dorsal o de acción codifica información aloentrada encargada de la normalización de la imagen para su reconocimiento por la vía ventral. Por tanto podríamos plantear que la vía ventral está encargada del reconocimiento de objetos pero hay una contribución desde fuera. Esta contribución la hace el LPI, dejando libre a la vía dorsal, parietal superior, para la acción. Estas observaciones nos aproximan a considerar una tercer vía como el referente principal de que el cerebro es una red de sistemas complejos con interacciones abundantes entre regiones locales y distantes (Singer, 1999). Una forma de estudiar esta compleja red de comunicación es a través de la conectividad funcional (Gepner, 2011). La conectividad funcional es el mecanismo que permite la realización de una tarea cognitiva o de procesamiento perceptivo a través de la coordinación y correlación espacio-temporal de la actividad entre diferentes grupos neuronales. Por lo que los patrones de conectividad funcional podrían reflejar las características de desarrollo, alteración y o la capacidad de reorganización ante lesión (Castellanos et al., 2011). La conectividad funcional se ha estudiado teniendo como base la concepción de una organización modular del cerebro con un gran número de procesadores que trabajan en paralelo (Barttfeld, 2011).

Las investigaciones sustentadas en el modelo de conectividad funcional sostienen que la mayoría de las funciones cognitivas se basan en la interacción coordinada de un gran número de neuronas que se distribuyen dentro de las distintas áreas especializadas del cerebro. Sin embargo aún no quedan resueltas cuestiones fundamentales tales como la forma que se logra esta coordinación en los procesos cognitivos. Ante cuestionamientos como estos se ha planteado que la integración y segregación de la actividad neuronal debe tener diferentes escalas espaciales y temporales que deben estar ajustadas dinámicamente dependiendo de la tarea cognitiva requerida (Uhlhaas, 2006). Los estudios en esta línea han tratado de investigar la sincronía neuronal y diferentes tipos de tareas cognitivas sin embargo aún

hace falta profundizar. De igual forma, poco se sabe sobre los procesos de conectividad funcional en diferentes estados patológicos en los que se podrían identificar patrones de organización y reorganización en el curso de la enfermedad o durante un proceso de intervención. Aunque se cuenta cada vez con más estudios aún nos falta investigar acerca de los principios que rigen los procesos de reorganización de las redes funcionales (Castellanos, 2011).

En los modelos de procesamiento visual revisados en el presente trabajo no se incluye el análisis del papel del LPI; sin embargo se tienen datos, provenientes de estudios de lesión y neuroimagen, sobre la contribución que el LPI hace para el sostenimiento atencional y la posibilidad de dar diversas formas de respuesta ante estímulos salientes. Mantener la atención en los objetivos es indispensable para la adaptación a entornos cambiantes ya que hacen posible reconfigurar las metas en base a la información relevante. Si consideramos que la mayoría de las funciones cognitivas se basan en la interacción coordinada de un gran número de neuronas que se distribuyen dentro de las distintas áreas especializadas del cerebro, el LPI plantea un reto a los modelos dicotómicos de procesamiento visual. Ya que los aspectos funcionales de esta región aun no son abordados con detenimiento ni integrados en un modelo.

Referencias

- Akhutina, T. V. (2002). Diagnóstico y corrección de la escritura. *Revista Española de Neuropsicología*, 4(2-3), 236-261.
- Aviezer, H., Landau, A. N., Robertson, L. C., Peterson, M. A., Soroker, N., Sacher, Y., Bonne, Y., Bentin, S. (2007). Implicit integration in a case of integrative visual agnosia. *Neuropsychologia*, 45, 2066-2077.
- Baldo, J. V., & Dronkers, N. F. (2006). The Role of Inferior Parietal and Inferior Frontal Cortex in Working Memory. *Neuropsychology*, 20(5), 529-538.
- Barttfeld, P. (2011). A big-world network in ASD: Dynamical connectivity analysis reflects a deficit in long-range connections and an excess of short-range connections. *Neuropsychologia*, 49, 254-263.
- Braun, E. (1997). *El saber y los sentidos*. México, D.F.: Editorial Fondo de cultura económica.
- Castelo-Branco, M., Mendes, M., Silva, M. F., Januário, C., Machado, E., Pinto, A., Figueiredo, P., & Freire, A. (2006). Specific retinotopically based magnocellular impairment in a patient with medial visual dorsal stream damage. *Neuropsychologia*, 44(2), 238-253.
- Castellanos, N. P., Leyva, I., Buldú, J. M., Paúl, N., Cuesta, P., Ordoñez, V. E., Pascua, C. L., Boccaletti, S., Maestlú, F., & del-Pozo, F. (2011). Principles of recovery from traumatic brain injury: Reorganization of functional networks. *NeuroImage*, 55, 1189-1199.
- Castillo, M. A. & Paternina, M. A. (2006) Redes atencionales y sistema visual selectivo. *Universitas Psychologica*, 5(2), 305-325.
- Coello, Y., Richaud, S., Magne, P., & Rossetti, Y. (2003). Vision for spatial perception and vision for action: a dissociation between the left-right and near-far dimensions. *Neuropsychologia*, 41, 622-633.
- Colmenero, J. M., Catena, A., & Fuentes, L. (2001). Atención visual: Una revisión sobre las redes atencionales del cerebro. *Anales de psicología*, 17(1), 45-67.
- Chochon, F., Cohen, L., & Dehaene, S. (1999). Differential contributions of left and right inferior parietal lobules to numerical cognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11(6), 617-630.
- Deruelle, C., Rondan, C., Salle-Collemerche, X., Bastard-Rosset, D., & Da Fonséca, D. (2008). Attention to low- and high-spatial frequencies in categorizing facial identities, emotions

- and gender in children with autism. *Brain and Cognition*, 66(2), 115-123.
- Fischbein, E. (1993). La teoría de los conceptos figurales. *Revista Educational Studies in Matematics*, 24(2).
- Franz, V. H., Hesse, C., & Kollath, S. (2009). Visual illusions, delayed grasping, and memory: No shift from dorsal to ventral control. *Neuropsychologia*, 47(6), 1518-1531.
- Gepner, B., & Féron, F. (2011). Autism, a world changing too fast for a mis wired brain. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 33, 1227-1242.
- Geranmayeh, F., Brownsett, S. L. E., Leech, R., Beckmann, F., Woodhead, Z., & Wise, R. J. S. (2012). The contribution of the inferior parietal cortex to spoken language production. *Brain & Language*, 121, 47-57
- Goodale, M. A., & Milner, A. D. (1998). The Visual brain in action. *Psyche*, 4(12), 4-12.
- Hernández, A. E. (2007). Tratamiento instrumental de la percepción Espacial, en Tareas de predicción. Conferencia impartida en V congreso Enseñanza de la Matemática Asistida por Computadora. Diciembre 2007.
- Jeannerod, M., & Jacob, P. (2005). Visual cognition: a new look at the two-visual systems model. *Neuropsychologia*, 43(2), 301-312.
- Kessels, P. C., Haan, H. F., Kappelle, L. J., & Postma, A. (2001). Varieties of human spatial memory: a meta-analysis on the effects of hippocampal lesions. *Brain Research Reviews*, 35(3), 295-303.
- Kravitz, D. J., Saleen, K. S., Baker, C. I., & Mishkin, M. (2011). A new neural framework for visuospatial processing. *Nature Reviews Neuroscience*, 12(4), 217-230.
- Macaluso, E., & Maravita, A. (2010). The representation of space near the body through touch and vision. *Neuropsychologia*, 48(3), 782-795.
- Milivojevic, B., Hamm, J. P., & Corballis, M. C. (2011). About turn: How object orientation affects categorisation and mental rotation. *Neuropsychologia*, 49(13), 3758-3767.
- Milner, A. D. (1995). Cerebral correlates of visual awareness. *Neuropsychologia*, 33(9), 1117-1130.
- Milner, A. D., & Goodale, M. A. (2008). Two visual systems reviewed. *Neuropsychologia*, 46(3), 774-785.
- Mishkin, M., Ungerleider, L. G., & Macko, K. (1983). Object vision and spatial vision: two cortical pathways. *Trends In Neurosciences*, 6, 414-417.
- Pins, D., Meyer, M. E., Foucher, J., Humphreys, G., & Boucart, M. (2004). Neural correlates of implicit object identification. *Neuropsychologia*, 42(9), 1247-1259.
- Pisella L., Binkofski, F., Lasek, K., Toni, I., & Rossetti, Y. (2006). No double-dissociation between optic ataxia and visual agnosia. *Neuropsychologia*, 44(13), 2734-2748.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.
- Posner, M. I., Cohen, Y., & Rafal, R. D. (1982). Neural systems control of spatial orienting. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 298, 187-198.
- Prather, S. C., Votaw, J. R., & Sathian, K. (2004). Task-specific recruitment of dorsal and ventral visual areas during tactile perception. *Neuropsychologia*, 42(8), 1079-1087.
- Pylyshyn, Z. W. (2001). Visual indexes, preconceptual objects, and situated vision. *Cognition*, 80(1-2), 127-158.
- Rozzi, S., Ferrari, P. F., Bonini, L., Rizzolati, G., & Fogassi, L. (2008). Functional organization of inferior parietal lobule convexity in the macaque monkey: electrophysiological characterization of motor, sensory and mirror responses and their correlation with cytoarchitectonic areas. *European Journal of Neuroscience*, 28, 1569-1588.
- Sack, A. T. (2009). Parietal cortex and spatial cognition. *Behavioural Brain Research*, 202, 153-161.
- Seungjin, L., Kwanho, K., Joo-Young, K., Minsu, K., & Hoi-Jun, Y. (2010). Familiarity based unified visual attention model for fast and robust object recognition. *Pattern recognition*, 43, 1116-1128.
- Singer, W. (1999). Neuronal Synchrony: A Versatile Code for the Definition of Relations? *Neuron*, 24(49-65), 111-125.
- Singh-Curry, V., & Husain, M. (2009). The functional role of the inferior parietal lobe in the dorsal and ventral stream dichotomy. *Neuropsychologia*, 47,1434-1448.
- Tao, L., Watter, S., & Sun, H. J. (2011). Differential visual processing for equivalent retinal information from near versus far space. *Neuropsychologia*, 49(14), 3863-3869.
- Turnbull, O. H. (1999). Of Two Minds About Two Visual Systems. *Psyche*, 5(8).
- Turnbull, O. H., Carey, D. P., & Mac Carthy, R. A. (1997). The neuropsychology of object constancy. *Journal of the International Neuropsychological Society*. 3, 288-298.
- Uhlhaas, P. J., Roux, F., Rodriguez, E., Rotarska-Jagiela, A., & Singer, W. (2006). Neural synchrony and the development of cortical networks. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(2), 72-80.
- Velasco, G. C. (2007). Estructuración espacio-temporal de un aula específica de autismo. *Revista digital "Práctica Docente"*, 8, 1-11.
- Vidal, J. R. (2007). *Espacialidad, temporalidad y comunicación-Red*. Buenos Aires: Ediciones del Signo.
- Warrington, E. K., & McCarthy, R. A. (1994). Multiple meaning systems in the brain: a case for visual semantics. *Neuropsychologia*, 32(12), 1465-1473.