

Bilingüismo: hallazgos y repercusiones metodológicas en neurociencias.

Ernesto E. Guerra^a

Laboratorio de Neurociencia Afectiva y Psicopatología, Facultad de Psicología, Universidad Mayor. Temuco –Chile.

Resumen

El estudio de los sustratos neurobiológicos del bilingüismo emerge de los primeros datos sobre pacientes afásicos bilingües y que presentaban una recuperación dispar de sus múltiples idiomas (Pitres, 1895). Muchos años más tarde, la hipótesis de los sustratos distintos de uno y otro lenguaje en el cerebro bilingüe, seguía siendo la mejor explicación frente a los distintos patrones de recuperación (Paradis, 1989). Sin embargo, con el avance en los métodos de neuroimagen y la precisión en la formulación metodológica, la evidencia comienza a mostrar convergencia hacia la noción de los sustratos compartidos (Hull y Vaid, 2007). El objetivo de este artículo es revisar evidencia reciente en estudios sobre la neurociencia del bilingüismo, y contrastar resultados y generar discusión sobre el tema. Además se pretende resaltar la importancia de las metodologías y procedimientos a la hora de interpretar los resultados de las investigaciones en neurociencias.

Palabras Claves: Bilingüismo, Representación Cortical, Metodología.

Abstract

The research of the neurobiological substrates of bilingualism emerge from the first data of aphasics bilingual patients, who presented a disparate recovery of their multiples languages (Pitres, 1895). Many years later, the hypothesis of the distinct substrates of one and another languages in the bilingual brain, stilled being the best explanation fronting the distinct patterns of recovery (Paradis, 1989). Nevertheless, with the advances in neuroimage methods and the precision on the methodological formulation, the evidence begins to show convergence forward to the notion of shared substrates (Hull and Vaid, 2007). The aim of this article is to review recent research's evidence in neuroscience of bilingualism, contrast results and generate discussion about the theme. In addition, it pretends to be able to stand out the importance of the methodology and procedures at the time to interpret the results of the investigations in neurosciences.

Key Words: Bilingualism, Cortical Representation, Methodology.

^a ernesto.guerra.g@gmail.com

Introducción

Uno de los procesos cognitivos más cautivantes, tanto por su complejidad, diversidad y belleza, es el lenguaje (Dronkers, 1999). Todos los niños normales desarrollan un dominio de alto nivel de su lengua materna durante los primeros años (Gleitman & Newport, 1995; Gleitman & Bloom, 1999) por lo que podemos asumir que todos contamos con las estructuras biológicas, que nos permiten desarrollar formas particulares de lenguaje. Pero, ¿qué sucede en el cerebro de las personas que hablan más de una lengua?

El interés por estudiar las bases neurobiológicas del bilingüismo nace principalmente de los primeros estudios de casos sobre pacientes bilingües con afasias y su recuperación (Pitres, 1895; Paradis y Goldblum, 1989), los cuales por las características de recuperación de dichos pacientes instituyeron la idea de que la lengua materna (L1) y una segunda lengua (L2), tiene representaciones corticales diferentes. Más recientemente, el aumento en el número de personas que hablan más de una lengua (más del 50% de la población mundial, según Fabbro, 2001a) sumado al creciente interés por las minorías, han dirigido las investigaciones hacia la búsqueda de datos empíricos que apoyen los constructos teóricos actuales. Paradis (2000) destaca al menos dos puntos en relación a lo anterior: "(1) el rol de las estructuras cerebrales subyacentes a la competencia lingüística, el conocimiento metalingüístico, el aprendizaje y el uso, y (2) la exploración de los correlatos neuroanatómicos y neurofisiológicos de las funciones particulares del lenguaje, tales como el *switching* (mecanismos de cambio), mixturas, y traducción simultánea, ambos mirando hacia informar métodos de rehabilitación del lenguaje"^a.

En el siguiente artículo se revisarán algunas de las publicaciones más recientes en neurociencias sobre el bilingüismo, tanto sobre los sustratos neuroanatómicos, como reportes comparativos de los rendimientos de sujetos mono-, bi- y multilingües en tareas relacionadas con el lenguaje, y de esta forma poder contrastar resultados y generar una discusión en torno a ellos.

Casos de Investigaciones Recientes

A pesar de que el estudio comparativo de los correlatos neurobiológicos de sujetos bilingües y sujetos monolingües partió desde la hipótesis de la diferencia (Pitres, 1895), la literatura científica más reciente apunta hacia un sustrato cortical compartido para L1 y L2. Sin embargo aún existe controversia sobre este tema, y los datos siguen siendo contradictorios.

Illes y cols (1999) buscaron representaciones corticales convergentes para el procesamiento semántico, en personas que hablan más de un idioma. Utilizando medidas de resonancia magnética funcional (RMf), registraron la actividad cerebral de 8 sujetos bilingües (inglés/español) mientras realizaban dos tipos de tareas, una semántica y una no semántica. Se observó, sobre el análisis de los datos una mayor activación del giro frontal inferior (GFI) izquierdo al comparar tarea semántica con no-semántica en el procesamiento de palabras en inglés (véase también Chee y cols, 1999; Klein y cols, 2006). En comparación, se observó activación más débil en el GFI derecho. La activación cerebral para las tareas de procesamiento semántico de palabras en español mostró el mismo patrón. Se encontraron unos pocos píxeles de diferencia por cada participante, sin embargo de manera esparcida, no sistemática y no significativa estadísticamente.

Otro estudio publicado el mismo año, es el de Klein y cols (1999) en el cual se utilizó tomografía por emisión de positrones (TEP) para evaluar la organización cerebral en sujetos bilingües tardíos (L1 mandarín, L2 inglés). No se encontraron diferencias significativas, que mostrarán una organización distinta a la base de L1 y L2. En este estudio se reclutaron siete sujetos de origen chino que aprendieron inglés durante la adolescencia (rango = 10-14). Los resultados muestran un incremento del flujo sanguíneo cerebral en la corteza frontal inferior (CFI) izquierda, frontal dorsolateral (CFDL), temporal (CT) y parietal (CP) para ambas lenguas, las cuales no muestran diferencias significativas frente a la comparación directa entre generación de verbos y repetición de palabras en L1 y L2. La comparación intrasujeto para las tareas experimentales para L1 y L2 tampoco develó diferen-

^a Paradis M (2001). *The Neurolinguistics of Bilingualism in Next Decades*, Brain and Language 71, pag.178.

cias significativas estadísticamente. Este estudio contrasta con el de Illes y cols (1999) por lo diferente de los idiomas y por la edad de adquisición de L2. Estos resultados permiten que los autores afirmen que hay un sustrato neuronal compartido incluso para lenguas tan distintas como el mandarín y el inglés.

Por su parte, Chee y cols. (1999) agregaron una variable importante al llevar a cabo un experimento con el cual incluyeron tanto bilingües tempranos como tardíos. Frente a una tarea de generación de palabras, y mediante RMf, la actividad cerebral de 15 bilingües tempranos y 9 bilingües tardíos fue registrada. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las localizaciones de los *peaks* ni en la activación asimétrica hemisférica en las áreas prefrontales de lenguaje. Tanto los bilingües tardíos como los tempranos mostraron patrones similares de activación, y no existieron diferencias significativas entre las áreas corticales activadas por el mandarín y el inglés.

Un estudio más reciente, realizado por Hasegawa y cols (2002), sugiere que existe una sobreposición cortical importante en el procesamiento auditivo de oraciones del inglés y el japonés. Este estudio de RMf se llevó a cabo con 10 sujetos hablantes nativos de japonés, los cuales tenían un dominio moderado del inglés. Los investigadores reportaron que no obstante la sobreposición de las áreas corticales activadas, se observó mayor activación en las oraciones en inglés, lo cual ellos atribuyen como el reflejo de la mayor demanda cognitiva más que como evidencia de áreas específicas para L2. Esta afirmación es coherente con el trabajo de Perani y cols (1998) el cual estudió la influencia de las variables "dominio" y "edad de adquisición" mediante un estudio con TEP. El equipo de Daniela Perani reportó encontrar mayor activación en la región temporal izquierda del cerebro en sujetos que tenían menor fluidez en L2. De la misma manera, Hasegawa y cols, se basan en la evidencia de que por sobre la mayor activación de la estructura clásica del lenguaje, los resultados muestran un mayor y más consistente efecto del lenguaje en las regiones asociadas al subsistema de la memoria de trabajo, tales como giro supramarginal izquierdo y el surco precentral izquierdo entre otras.

Un año más tarde De Bleser y cols (2003) a través de un estudio con TEP, encontraron hallazgos similares. Con el objetivo de controlar la variable "dominio", este equipo de investigación utilizó un sistema de palabras *cognates* y *non-cognates* (este término hace alusión a palabras que tienen el mismo origen, o que están relacionadas en alguna manera con una palabra en otro lenguaje)^b, condición que interactúan con la variable "dominio" ya que las palabras relacionadas en dos idiomas (*cognates*) son reconocidas por adultos bilingües más rápidamente que las que no están relacionadas con otro idioma (*non-cognates*) (Caramazza & Brones, 1979; deGroot & Nas, 1991). Once sujetos hablantes nativos de holandés/flamenco y que tenían un buen dominio de francés, debían nombrar objetos en holandés y en francés mientras se hacía el registro. Los resultados de esta investigación están en la línea de los sustratos compartidos para L1 y L2 ya que no se encontraron diferencias significativas entre *cognates* L2, *cognates* L1 y *non-cognates* L1. Sin embargo, y al igual que estudios anteriores, las pequeñas diferencias que se hallaron entre ambos lenguajes, tuvo relación con las palabras *non-cognates* en francés, relacionado a su vez con un menor manejo y mayor esfuerzo.

Estos cinco estudios convergen en sus resultados sobre el sustrato anatomocerebral compartido por las distintas lenguas, todos ellos utilizando pruebas hemodinámicas (RMf o TEP) las cuales entregan información detallada sobre las estructuras corticales y subcorticales que participan en el procesamiento de un tipo de información específico (Luck, 2005), pero al mismo tiempo algunos de estos estudios han encontrado ciertas desviaciones no significativas, las cuales han sido atribuidas a diferencias en el dominio del idioma en cuestión, y en consecuencia al esfuerzo que el procesamiento de tal información demanda.

Una propuesta interesante es la que hace el equipo de Tan y cols (2003) a través de 2 experimentos. El primero se llevó a cabo con sujetos bilingües (hablantes de chino) que adquirieron su L2 (inglés) a los 12 años aproximadamente. Mediante el análisis de los datos obtenidos con RMf, los autores plantearon que los sistemas neurales del procesamiento fonológico de una segunda lengua son mol-

^b Cambridge Dictionaries Online, Cambridge University Press. <http://dictionary.cambridge.org/>

deados por los mecanismos neurales que subyacen a la lengua materna. Estos resultados demostraron que en el procesamiento fonológico de caracteres del Chino, las estructuras involucradas fueron el giro frontal medial izquierdo (GFMI) y el giro parietal posterior izquierdo (GPPI), regiones corticales que están relacionadas con la memoria de trabajo espacial, la representación espacial de la información y con la coordinación de recursos cognitivos como sistema ejecutivo central. A modo de contraste, el segundo experimento fue realizado con sujetos que solo hablaban inglés y los resultados son coherentes con un abundante cuerpo teórico que muestra que áreas como el giro temporal medial superior izquierdo (GTMSI) y la porción posterior de la CFI izquierda están implicadas en el procesamiento fonológico de palabras, hecho por monolingües de habla inglesa (Petersen y cols, 1988, 1998; Xu y cols, 2001). Los resultados de ambos estudios revelan que existe una diferencia importante entre las representaciones corticales subyacentes al procesamiento de la información fonológica por parte de hablantes nativos de inglés y chino. Sin embargo, cuando los sujetos bilingües realizaron tareas en inglés (L2) las áreas de mayor activación fueron el GFMI y el GPPI, mientras que la CFI izquierda y el GTMSI se activaron débilmente. Frente a estos datos los autores sugieren que los sujetos bilingües aplican el sistema de procesamiento fonológico de su L1 a su L2.

Utilizando instrumentos diferentes a los revisados hasta ahora, un estudio con medidas electrofisiológicas (potenciales relacionados con acontecimientos discretos, PRADs) y medidas comportamentales, que tuvo como objetivo comparar el desempeño de bilingües disléxicos y bilingües normales (L1 hebreo, L2 inglés) frente a tareas de lectura, llevado a cabo por Oren y Breznitz (2004), también aporta evidencia sobre el sustrato neuronal del bilingüismo. Los resultados indican que los lectores disléxicos son significativamente más lentos y aciertan menos al compararlos con los lectores normales esto tanto para L1 como L2. Así mismo los PRADs muestran latencias tardías en estos en sujetos disléxicos en todos los niveles de procesamiento cognitivo en ambas lenguas, aunque más pronunciado en inglés. En cambio, en los sujetos categorizados como "lectores regulares" (bilingües normales) tanto las medidas comportamentales y los PRADs indican una asociación significativa entre

inglés y hebreo, lo cual señala que existen patrones de procesamiento consolidados a través de distintos idiomas y es coherente según lo que plantean los autores con respecto a la Hipótesis de Interdependencia Lingüística (véase Cummins, 1979), además de poner en evidencia la relación de las competencias en un idioma con las competencias en otro.

En otro estudio del equipo de investigación dirigido por Denise Klein (Klein y cols, 2006) utilizando esta vez RMf adaptativo, se encontraron poblaciones neuronales fundamentalmente compartidas entre L1 y L2; aunque al mismo tiempo sugieren que existen ciertas poblaciones de neuronas que actúan de manera independiente. Este estudio se llevó a cabo con 16 sujetos bilingües (L1 inglés, L2 francés) que aprendieron su segunda lengua a temprana edad (media = 7,88), los cuales divididos en dos grupos, fueron sometidos a un total 8 tareas experimentales. Los resultados muestran activación similar en las tareas experimentales, especialmente en el GFI izquierdo (véase Chee y cols, 1999; Illes y cols, 1999), y en el giro temporal superior bilateralmente. Todo esto sustenta la idea de que existen muchas estructuras comunes y al menos en el dominio léxico, los sustratos neurales de L1 y L2 son compartidos, sin embargo existen algunas diferencias, por ejemplo en tareas de traducción dependiendo de la dirección. Como respuesta Klein y cols proponen que esto se debe a que, en contraste con la representación mental de las palabras, distintas poblaciones neuronales actúan en la percepción de estas.

Desde un punto de partida diferente, Hernandez y cols (2007) encontraron datos similares a los del equipo de Klein (2006). En un estudio de caso de una mujer bilingüe (catalán/español) de 74 años con la enfermedad de Alzheimer, reportaron el rendimiento en una tarea de sustantivos y verbos. Según los autores, los resultados reflejan que limitándose a la organización cortical de las representaciones léxicas, el déficit producido por la enfermedad, afecta de manera similar la organización de las representaciones léxicas de L1 y L2. Esto tomando como evidencia que la paciente muestra un déficit específico en la categorización gramática, el cual afecta en mayor grado sustantivos que verbos, pero de la misma manera que para ambas lenguas.

A través de un meta-análisis, Abutalebi y Green (2007) encontraron representaciones neuronales convergentes para la lengua materna y una segunda lengua adquirida. Se basaron en la evidencia de estudios de neuroimagen en combinación con estudios sobre afasia, a partir de los cuales argumentan que: a) existe redes neuronales comunes subyacentes a L1 y L2; b) tanto estructuras corticales como subcorticales participan en el control del lenguaje y la selección léxica; c) en tales estructuras existe una competición por el control de la respuesta a través de L1 vs. L2 y que d) la inhibición es el mecanismo clave en el control del lenguaje y la selección léxica. El tercero (c) de estos planteamientos es coherente con la visión expuesta por Hernandez y cols. (2005) basándose en los trabajos de Elizabeth Bates sobre el Modelo de Competición (véase Bates y MacWhinney, 1989), el cual contradice la separación neuronal predicha por la Teoría de la Modulación.

Así mismo, el trabajo de Proberio y cols (2007) es coherente con el cuarto punto (d) expuesto por Abutalebi y Green (2007), al sugerir que el fenómeno de la interferencia entre lenguajes que se observa en los sujetos bilingües se debe a que existen mecanismos de cambio (*switching*) para controlar cada lengua. Este equipo llevó a cabo dos experimentos: el primero fue un estudio con 34 sujetos, 19 subdividido en dos grupos experimentales y 15 para el grupo control, en el cual se compararon los tiempos de reacción (TRs) en tareas de lenguaje. El segundo experimento reclutó a 8 interpretes simultáneos altamente especializados (4 italiano/inglés, y 4 italiano/inglés/alemán), para los cuales también se compararon los TRs. Los resultados de estos experimentos indican que la interferencia es menor cuando un idioma tiene un estatus especial, como por ejemplo aprendido antes de la pubertad. Sin embargo, y por sobre esas diferencias, la evidencia muestra que los sistemas lingüísticos no son independientes, y que en realidad funcionan mediante un *switch*, que probablemente es responsable del control de tareas en el dominio lingüístico e incluso en otros. Por ejemplo, como demostró Fassbender y cols (2004), aunque se observa una mayor activación de la corteza prefrontal dorsolateral (CPFDL) en tareas donde dos idiomas se mezclaron en comparación a cuando fueron separados, existe evidencia de que la misma estructura se activa en

tareas que requieren un incremento de las funciones de control atencional/ejecutivo.

Las investigaciones revisadas, utilizaron distintas unidades y métodos de análisis como meta-análisis, medidas electrofisiológicas y medidas conductuales, y tienen varios puntos de convergentes, entre los cuales destacan que (1) los sistemas cerebrales subyacentes a L1 y L2/L3 son mayoritariamente compartidos, pero que al mismo tiempo (2) existen generalmente diferencias no significativas entre los distintos idiomas y también entre los sujetos. Varios equipos de investigación plantean que (3) existen mecanismos no particulares del lenguaje, que están relacionados con el procesamiento fonológico de distintas lenguas, por ejemplo mecanismos de *switching*, moldeamiento de L2 por L1, y mecanismo de competición entre otros. Por último, la mayoría de las investigaciones destacan (4) la importancia de variables como son la "edad de adquisición" y el "dominio alcanzado del lenguaje".

Sin embargo, existe también evidencia vigente que plantea diferencias, especialmente en rendimientos y desempeños en distintas tareas entre bilingües y monolingües. Aunque esto podría ser evidencia de distintos sustratos neuronales, los autores tienden a manejar sus resultados con cautela y difícilmente asumen que estos son prueba de variaciones neuroanatómicas al menos sobre áreas directamente relacionadas con el lenguaje.

Es así como Roux y cols (2004) con el objetivo de identificar las áreas del cerebro relacionadas con la lectura utilizaron estimulación cortical directa en pacientes operados de tumores cerebrales. Aunque la mayoría de los participantes eran monolingües (n = 35), 19 sujetos eran bi- o multilingües. Los resultados muestran claramente que los pacientes utilizan las mismas áreas corticales pero también distintas, en el procesamiento de la lectura para L1 y L2/L3, frente a lo cual los autores señalan que esto es coherente con otros estudios de estimulación cortical directa en pacientes bilingües (véase Ojemann et al., 2002; Walker et al., 2004). En la discusión el equipo de Roux también señala la importancia de variables intervinientes tales como ambiente y edad de adquisición, e incluso factores lingüísticos y afectivos, en las diferencias en el desempeño lingüístico en bilingües. Llama la atención que estos autores no logren ser suficientemente

claros en señalar si sus resultados están en la línea del sustrato compartido o diferente, ya que en la sección de los resultados señalan que: "Ninguna diferencia en términos lugares de lectura o nombramiento localizados fue encontrada entre pacientes monolingües y bilingües ($P > 0.05$); en otras palabras, pacientes bilingües no tuvieron una distribución diferente de los lugares de nombramiento y lectura comparados con los pacientes monolingües. Aunque lugares específicos de lenguaje fueron encontrados a veces en algunos pacientes, ninguna diferencia estadísticamente significativa entre la organización de la primera y la segunda lengua (francés vs. otras lenguas, en tests de nombramiento y lectura) fueron encontrados ($P > 0.05$)"^c, mientras que en el resumen reportan que: "en pacientes bilingües, si algunas áreas comunes pudiesen ser encontradas, áreas específicas de lenguaje y lectura fueron halladas a veces, dándole soporte al concepto de que bilingües pueden tener representaciones corticales relativamente distintas de sus habilidades de lenguaje."^d

Por último, dos autocríticas importantes de destacar son las que se hacen en este estudio, y es que (1) no existe evidencia suficiente como para asegurar que todas las áreas que aparecen relacionadas con el procesamiento de la lectura son esenciales para este, y que (2) la estimulación cortical directa está lejos de ser actividad cerebral normal, por lo que el funcionamiento podría presentarse de forma distinta.

Otro estudio que podría adscribirse en la línea de la diferencia de la organización cerebral distinta en bilingües y monolingües es el que llevó a cabo Hausmann y cols (2004). Los hallazgos de este estudio con datos comportamentales (TRs) muestran que a diferencia de los sujetos monolingües que mostraron marcadas asimetrías para tareas verbales de emparejamiento de palabras y no verbales de discriminación con estímulos faciales, los sujetos bilingües muestra una disminución de tal asimetría, específicamente una reducción de la ventaja del hemisferio derecho para discriminación facial. Por lo anterior, Hausmann y cols aseguran que la adquisición de una segunda lengua tiene como consecuencia importantes cambios en varias áreas

corticales y por tanto afecta la organización cerebral sobre incluso otras funciones. Sin embargo, los autores reportan que los resultados demuestran la organización funcional para L1 y L2 están muy relacionadas, y que bilingües y monolingües no difieren significativamente en el patrón de asimetría para tareas verbales manteniendo la predominancia izquierda. Los resultados de esta investigación apoyan la idea de que aprender una segunda lengua altera la asimetría cerebral del lenguaje; aún así, mono- y multilingüismo están probablemente localizados en distintos niveles del mismo sistema cerebral de lenguaje (Paradis, 2000).

Convoy y Mills (2006) realizaron un interesante estudio a través de PRADs. Estas investigadoras tomaron un grupo de 30 niños pequeños (media = 20.3 meses de edad) los cuales habrían sido expuestos tanto a inglés y español antes de los 6 meses de edad. A través de medidas comportamentales subdividieron la muestra por lenguaje dominante vs. no dominante (basado en el vocabulario para cada idioma separado) y amplio vocabulario vs. bajo vocabulario (basado en el vocabulario bilingüe). Sumado a esto los estímulos fueron divididos en palabras conocidas vs. palabras desconocidas. En términos generales, se hallaron diferentes patrones de actividad cerebral en la asimetría lateral de un componente temprano, como es el P100 relacionado con el lenguaje dominante. Así mismo, se encontraron diferencias en componentes tardíos desde 200-400 a 400-600, relacionadas con la condición palabra conocida vs. palabra desconocida. También se observaron diferencias en los patrones de actividad dependiendo de la condición alto vocabulario vs. bajo vocabulario. Los resultados muestran la existencia de interacción entre el lenguaje dominante/no dominante y alto/bajo vocabulario, condiciones que a la base tienen las hipótesis de sistemas no idénticos vs. sistemas compartidos respectivamente. Las autoras concluyen que los resultados de su investigación están en línea de la importancia de la experiencia del lenguaje, lo cual involucra el dominio y el uso, en lugar de características maduracionales y genéticas. En este mismo sentido, proponen que el ambiente de aprendizaje bilingüe debería resultar en patrones de actividad neuronal cualitativamente distintos al del desarrollo monolingüe. Sugieren por último que variables como la

^c Roux y cols (2004), pág. 1804

^d Roux y cols (2004), pág. 1796

experiencia deben ser incluidas en estudios de individuos bilingües de cualquier edad.

Otra investigación que incluye una variable interesante es la llevada a cabo a través de dos experimentos con medidas comportamentales por Bialystok y cols (2007). Se reportaron rendimientos distintos para bilingües y monolingües en tareas acceso léxico. Según los autores, las variables amplitud de vocabulario y control ejecutivo jugarían un rol importante en el desempeño de tales tareas. Los resultados mostraron que cuando se controla la variable de la amplitud de vocabulario los bilingües tienen un mejor desempeño que los monolingües a diferencia de lo reportado en estudios en los cuales no se controló tal variable (véase

En un estudio de caso Meinzer y cols (2007) observaron la recuperación de un paciente bilingüe temprano (a los 3 años de edad hablaba francés y alemán fluido; luego durante la educación secundaria adquirió inglés e italiano) quien presentaba una afasia crónica. A través de RMf la actividad cerebral relacionada con el desempeño de tareas con lenguaje fue registrada en dos momentos. El primero, 32 meses luego de la lesión y el segundo, posterior a un entrenamiento de lenguaje (en alemán) intensivo a corto plazo. Datos anteriores con medidas comportamentales mostraron una recuperación selectiva del idioma alemán asociado además a un incremento de la activación funcional cerebral comparado con el desempeño en francés. Luego del entrenamiento se observaron cambios en las medidas comportamentales (y en las hemodinámicas) con un incremento del desempeño en alemán. Sin embargo no se observó generalización a la lengua no entrenada. Según los autores estos resultados son evidencia contundente de la influencia del uso/entrenamiento en la recuperación de las funciones expresivas de una lengua específica en pacientes afásicos. El equipo de Marcus Meinzer destaca que dentro de la lógica el supuesto de la coactivación automática de diferentes lenguas en el cerebro bilingüe (hipótesis del sustrato compartido y lenguas en competencia), se debería haber registrado mayor activación en la condición de palabras en francés, y aunque solo tentativamente plantea que los resultados están en la línea de accesos independientes entre lenguas en las cuales se ha alcanzado un buen dominio.

Gollan & Kroll, 2001; Michael & Gollan, 2005), por lo tanto, parece importante incluir tal variable en estudios con bilingües. Por otra parte, los sujetos bilingües puntúan mejor en tareas que requieren de captar información y luego utilizarla, esto probablemente es atribuible a que en estos individuos los procesos ejecutivos se encuentran potenciados. Las conclusiones de este equipo de investigación están en la línea de ciertas diferencias en los rendimientos y las habilidades cognitivas al comparar los desempeños de sujetos bilingües con los de monolingües, sin embargo no hacen alusión a sustratos cerebrales o sistemas distintos de procesamiento de la información directamente relacionada con el lenguaje

Hull y Vaid (2007) realizaron un meta análisis de 66 estudio comportamentales relacionados con la lateralización cerebral en sujetos que hablan más de una lengua. Los múltiples resultados de esta investigación aportan en varios niveles al desarrollo del conocimiento en bilingüismo. En primer lugar, los autores contrastan dos hipótesis teóricas clave con respecto a la organización funcional del lenguaje en el cerebro bilingüe; estas son (1) la hipótesis de la edad de adquisición del lenguaje, y (2) la hipótesis del estado de adquisición del lenguaje. Sus resultados dan mayor importancia a la hipótesis de la edad, ya que las diferencias entre los patrones de activación cerebral son más pronunciadas cuando se comparan los registros de los bilingües tardíos con los bilingües tempranos, que cuando se utiliza el dominio como marco de referencia. Específicamente, en los bilingües tempranos la actividad relacionada con el lenguaje aparece menos lateralizada. Por lo tanto se infiere que el aprendizaje simultáneo de dos o más lenguas a temprana edad genera un patrón único de organización bilateral del lenguaje en el cerebro. Por contraparte, incluso bilingües que alcanzaron un alto dominio de L2, no obstante adquirieron su segunda lengua en etapas tardías del desarrollo presentan una organización asimétrica izquierda del lenguaje, al igual que los sujetos monolingües, activándose este patrón para ambos idiomas.

Este estudio no mostró evidencias que apoyen la hipótesis del estado, la cual relaciona la mayor activación derecha con un menor dominio vs. un mayor dominio; más aún los resultados muestran lo contrario, ya que los sujetos

con menor manejo del idioma mostraron activaciones más asimétricas (asimetría izquierda) que los sujetos con mayor dominio. Como en otros estudio (véase De Bleser y cols, 2003; Hasegawa y cols, 2002; Perani y cols, 1998) los autores sugieren que la mayor actividad reflejaría un mayor esfuerzo de procesamiento, en sujetos que solo aprendieron una lengua en la infancia.

En segundo lugar, aunque existen diferencias entre los subgrupos de bilingües, Hull y Vaid, reportan que encontraron una sobreposición substancial en la representación funcional de L1 y L2, y que sin embargo la literatura sobre la recuperación diferencial de lenguaje en pacientes afásicos, "el argumento sobre la localización cerebral separada para L1 y L2 es, en el mejor de los casos, especulativa y no tiene sustento en la mayoría de los casos observados"^e. Aunque existe un buen número de investigadores, investigaciones y modelos psicolingüísticos que se mantienen en esta línea (véase Dijkstra y Van Heuven, 2002), es importante tomar en cuenta que junto con los avances en los métodos de neuroimagen (TEP y Rmf) un gran número de estudios "han demostrado que el patrón prevalente es el de la superposición en vez del de circuitos neuronales separados subyacentes a las manifestaciones de L1 y L2, tanto para paradigmas de palabra única, como para tareas que envuelven niveles de procesamiento de oraciones y discurso"^f. Por último, con relación a este punto los autores destacan que la mayoría de los estudios que avalan la idea de sustratos distintos, fueron realizados con bilingües tardíos y por tanto solo consideran datos respecto al dominio.

Un tercer nivel en el que este meta-análisis puede aportar es una visión hacia la conciliación de datos contradictorios provenientes de las investigaciones sobre lesiones y recuperación. Específicamente, si es que asumimos que los sujetos que hablan más de una idioma pueden activar o inhibir selectivamente un lenguaje dado, esto permitiría explicar la diversidad de patrones recuperativos en pacientes afásicos, en términos de las variaciones en el daño de mecanismos inhibitorios del lenguaje más que en alguna estructura neuronal específica o módulo de un lenguaje en particular. En suma, una perspectiva funcional de la superposición

del sistema de representación en el cerebro bilingüe, funciona como una alternativa a la idea de que patrones de recuperación distintos, son consecuencia de que diferentes partes del cerebro son responsables de procesar distintos lenguajes.

Este último artículo muestra evidencia consistente con las nociones mayoritariamente compartidas, además de dar respuestas tentativas ciertas preguntas que han rondado el estudio del bilingüismo desde sus orígenes. Las anteriores cinco investigaciones, destacan las diferencias que pueden encontrarse en los rendimientos, a través de medidas conductuales (Bialystok y cols, 2007; Hausmann y cols, 2004), en patrones de activación electrofisiológicas (Conboy y Mills, 2006), en recuperación diferencial de lenguaje a través de estudios de caso (Meinzer y cols, 2007) y en funcionamiento cortical específico con estimulación directa (Roux y cols, 2004). No obstante estas diferencias, difícilmente los autores se aventuran a hablar sobre sustratos neuronales separados para L1 y L2, y en su lugar plantean interesantes hipótesis de funcionamiento sistémico y mecanismos de activación e inhibición. Además, destacan la complejidad del fenómeno del lenguaje como objeto de estudio y las dificultades en la empresa de alcanzar un entendimiento más acabado de la relación entre su sustrato neural, su uso y su desarrollo.

Por último, con una lógica distinta pero no menos importante, un artículo muy controversial y revelador no solo para las neurociencias del bilingüismo, sino que en general para todo quehacer científico, es el que Michel Paradis (2006) publica en el 19º número del *Journal of Neurolinguistics*, en el cual pone en tela de juicio muchas de las conclusiones que a las que se pueda haber llegado sobre la bases neurobiológicas del bilingüismo.

Paradis, de amplia trayectoria en el tema (Paradis, 1977, 1989, 1999, 2006), muestra como diversos autores en diversas revistas de divulgación científica utilizan citas erróneas, mal interpretaciones, imprecisiones e incluso falsificaciones en el ámbito de las neurociencias del bilingüismo (véase Paradis, 2006). Por ejemplo, autores citan artículos que no existen, o que existen pero son absolutamente irrelevantes o incluso que dicen lo opuesto a lo que se supone debe dar soporte. Este artículo está subdividido en seis partes denominadas Citas Aberrantes, Citas Irrelevantes,

^e Hull y Vaid (2007) pág. 2004

^f Hull y Vaid (2007) pág. 2004

Citas Selectivas, Perpetuación de Mitos, Desinformación y Confusiones, cada uno de ellos con suficientes ejemplos. Paradis refiere como objetivo central de tal publicación, el poder generar en la comunidad científica la suficiente sensibilidad hacia el trabajo riguroso y el ojo crítico frente a la enorme cantidad de información que se encuentra disponible en la actualidad.

Discusión

Considerando los hallazgos de los estudios revisados en el presente artículo, se puede inferir que (a) a medida que los estudios utilizan métodos de registro y análisis más sofisticados y complejos, que entregan información cada vez más precisa sobre los sitios que participan en procesos asociados al procesamiento de lenguaje, los resultados y conclusiones parecen acercarse y converger. Por ejemplo, Illes y cols (1999), Hasegawa y cols (2002) y De Bleser (2003) plantean que no existen diferencias significativas entre la actividad o la localización de las áreas cerebrales registrada durante tareas relacionadas con L1 y L2; sin embargo, todos reportan pequeñas diferencias no significativas, atribuidas generalmente a un mayor esfuerzo en el procesamiento de la información (Perani y cols, 1998). Junto con esto, también es importante destacar que (b) de los diseños experimentales, y en particular las variables que se incluyan (o excluyan) dependerá la naturaleza de los resultados e interpretaciones posteriores. En este sentido los estudios que encuentran diferencias significativas parecen aportar más a la mejor formulación de las tareas y diseños experimentales (Convoy y Mills, 2006; Bialystok y cols, 2007; Meinzer y cols, 2007), que a dar respuesta consistente a la pregunta sobre la representación de L1 y L2.

Parece también relevante, revisar la importancia de los factores en los cuales se han centrado las investigaciones actuales. A medida que los datos convergen sobre (1) la falta de diferencias significativas en los datos sobre representación macroanatómica, y sobre (2) constante presencia de diferencias no-significativas, no sistemáticas y en niveles microanatómicos, es que cabe plantear la pregunta sobre el foco de investigación. Deberían existir pocas dudas acerca de cómo los avances tecnológicos nos brindan la oportuni-

dad única de conectar los dominios cognitivos y neurales, sin embargo y como lo plantearan Dehaene, Dehaene-Lambertz y Cohen en la introducción al V capítulo de *Language, Brain and Cognitive Development* (2001) “[n]o es simplemente un asunto de ser capaz de encontrar las localizaciones precisas de los circuitos neuronales subyacentes a tales funciones [cognitivas]. En vez de eso, una vez que son localizadas, sus modos de operación y principios de codificación se hacen accesibles a la investigación con la directividad de la cual carecen las medidas comportamentales”.⁹

Ciertamente, la investigación relacionada a los sustratos biológicos del lenguaje, en especial la relacionada al procesamiento bilingüe, lleva al planteamiento de interesantes preguntas. Por ejemplo, tomando en cuenta que existe evidencia de que la activación de ciertas áreas que se relacionan con L2, se relacionan también con tareas que implican un incremento del control ejecutivo (Fassbender, 2004), y que además correlacionan inverso con el dominio del lenguaje, cabe plantear la siguiente pregunta: ¿cuál es la naturaleza de L2 en términos de proceso cognitivo?, ¿podría este proceso estar siendo modulado por otros sistemas distintos a los del lenguaje?

Por último, es importante destacar el llamado que hace Paradis (2006) frente a la distorsión de la información en investigación relacionada con la neurociencia, la cual puede sintetizarse en una cita de Pulvermüller (2002) quien destaca la importancia de mantener “críticas radicales e irrespetuosas que son condición necesaria para el progreso científico”^h

Conclusiones

De acuerdo con las investigaciones revisadas en este artículo la diversidad de resultados entorno al tema de bilingüismo desde una perspectiva neurocientífica es evidentemente muy amplia. No obstante, parece obvio que investigaciones con diseños experimentales diferentes, utilizando distintos instrumentos de medición y a distintos niveles de medición, den como resultado datos de distintas naturalezas.

⁹ Dehaene, Dehaene-Lambertz y Cohen (2001), pág. 398.

^h Pulvermüller (2002), pág. xiii. En Paradis (2006).

Guerra, E.

En este sentido, Simos y cols (2001) plantea que la interrogante sobre la divergencia en las ideas sobre los resultados de investigaciones en bilingüismo pudiese encontrar respuesta en las diferencias de los procedimientos y metodologías, más que en las características particulares del fenómeno en sí.

Sin embargo, y sobre la base de la diversidad de estos resultados, al parecer la convergencia en términos de la valoración e interpretación de los datos es cada vez mayor, a diferencia de algunos años atrás. La mayoría de las investigaciones, convergen principalmente en que es muy difícil asegurar que existen sustratos neuroanatómicos diferentes para L1 y L2/L3, pero que al mismo tiempo es posible encontrar ciertas diferencias entre grupos (bi vs. monolingües) e intra sujetos (en tareas con L1 vs. L2) de activación funcional/estructural en el caso de pruebas hemodinámicas, en rendimientos en el caso de mediciones conductuales y en el patrón temporal de activación en pruebas electrofisiológicas (Illes y cols, 1999; Hasegawa y cols, 2002; Perani y cols, 1998; De Bleser y cols, 2003; Klein y cols, 2006; Abutalebi y Green, 2007; Probervio y cols, 2007). La mayoría de los investigadores coinciden también, en la relevancia de las disposiciones experimentales; ya sea referidas a las tareas en sí misma (palabras, oraciones, discursos, etc), como a las características de los sujetos (bilingües tardíos vs. tempranos, buen dominio vs. dominio moderado, etc.). Esto apuntando especialmente a la capacidad que tengan los resultados de ser generalizados.

Por esta razón, es de esperar que investigaciones futuras a través de pruebas precisas y diseños adecuados, encuentren evidencia suficiente que ayude a corregir los antiguos modelos psicolingüísticos y a formular nuevos modelos que explique mejor el funcionamiento y las modalidades de un proceso tan complejo como el lenguaje.

Agradecimientos

Me gustaría agradecer a Germán Monje por facilitar gran parte del material bibliográfico revisado, y Raúl Jiménez por sus valiosos comentarios sobre el presente artículo.

Referencias

- Abutalebi J., Green D. *Bilingual language production: The neurocognition of language representation and control*. Journal of Neurolinguistics 20 (2007) 242–275
- Bates E., MacWhinney B. *Functionalism and the competition model*. The Crosslinguistic Study of Sentence Processing (1989) 3–73. En: Hernandez A., Li P., MacWhinney B. *The emergence of competing modules in bilingualism*. In Trends in Cognitive Sciences Vol. 9 No. 5 (2005) 220–225
- Bialystok E., Craik FIM., Luka G. *Lexical access in bilinguals: Effects of vocabulary size and executive control*. Journal of Neurolinguistics (2007) Article in press
- Caramazza A., Brones I. *Lexical access in bilinguals*. Bulletin of the Psychonomic Society 13 (1979) 212–214. En: De Bleser R., Dupont P., Postler J., Bormans G., Speelman D., Mortelmans L., Debrock M. *The organisation of the bilingual lexicon: a PET study*. Journal of Neurolinguistics 16 (2003) 439–456
- Chee MWL., Tan EWL., Thiel T. *Mandarin and English Single Word Processing Studied with Functional Magnetic Resonance Imaging*. The Journal of Neuroscience, April 15 (1999) 19 (8):3050–3056
- Conboy BT., Mills DL. *Two languages, one developing brain: event-related potentials to words in bilingual toddlers*. Developmental Science 9:1 (2006) F1–F12
- Cummins J. *Linguistic interdependence and the educational development of bilingual children*. Review of Educational Research, 49(2) (1979) 222–251. En: Oren R., Breznitz Z. *Reading processes in L1 and L2 among dyslexic as compared to regular bilingual readers: behavioral and electrophysiological evidence*. Journal of Neurolinguistics 18 (2005) 127–151
- De Bleser R., Dupont P., Postler J., Bormans G., Speelman D., Mortelmans L., Debrock M. *The organisation of the bilingual lexicon: a PET study*. Journal of Neurolinguistics 16 (2003) 439–456
- de Groot, AMB., Nas GL. *Lexical representation of cognates and noncognates in compound bilinguals*. Journal of Memory and Language 30 (1991) 90–123. En: De Bleser R., Dupont P., Postler J., Bormans G.,

- Speelman D., Mortelmans L., Debrock M. *The organisation of the bilingual lexicon: a PET study.* Journal of Neurolinguistics 16 (2003) 439–456
- Dijkstra A., Van Heuven WJB. *The architecture of the bilingual word recognition system: From identification to decision.* Bilingualism: Language and Cognition 5 (2002) 175–197. En: Hull R., Vaid J. *Bilingual language lateralization: A meta-analytic tale of two hemispheres* Neuropsychologia 45 (2007) 1987–2008
- Dronkers NF., *Neural Basis of Language.* The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences (1999) 448-451
- Fabbro F. *The Bilingual Brain: Bilingual Aphasia.* Brain and Language 79 (2001) 201-210
- Fassbender C., Murphy K., Foxe JJ., Wylie GR., Javitt DC., Robertson IH., Garavan H. *A topography of executive functions and their interactions revealed by functional magnetic resonance imaging.* Cognitive Brain Research 20(2) (2004) 132–143. En: Prober vio AM., Roberta A., Alberto Z. *The organization of multiple languages in polyglots: Interference or independence?* Journal of Neurolinguistics 20 (2007) 25–49
- Gleitman L., Newport E. *The invention of Language by Children: Environmental and Biological Influences on the Acquisition of Language.* An invitation to cognitive sciences Vol. I Language (1995) 1-24
- Gleitman L., Bloom P. *Language Acquisition.* The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences (1999) 434-438
- Hasegawa M., Carpenter PA., Just MA. *An fMRI Study of Bilingual Sentence Comprehension and Workload.* NeuroImage 15 (2002) 647–660
- Hausmann M., Durmusoglu G., Yazgan Y., Güntürkün O. *Evidence for reduced hemispheric asymmetries in non-verbal functions in bilinguals.* Journal of Neurolinguistics 17 (2004) 285–299
- Hernandez M., Costa A., Sebastián-Gallés N., Juncadella M., Reñé R. *The organisation of nouns and verbs in bilingual speakers: A case of bilingual grammatical category-specific deficit.* Journal of Neurolinguistics 20 (2007) 285–305
- Hull R., Vaid J. *Bilingual language lateralization: A meta-analytic tale of two hemispheres* Neuropsychologia 45 (2007) 1987–2008
- Illes J., Francis WS., Desmond JE., Gabrieli JDE., Glover GH., Poldrack R., Lee CJ., Wagner AD. *Convergent Cortical Representation of Semantic Processing in Bilinguals.* Brain and Language 70 (1999) 347–363
- Klein D., Brenda Milner B., Zatorre RJ., Zhao V., Nikelski J. *Cerebral organization in bilinguals: A PET study of Chinese-English verb generation.* NeuroReport 10, 2841-2846 (1999)
- Klein D., Zatorre RJ., Chen J-K., Milner B., Crane J., Belin P., Bouffard M. *Bilingual brain organization: A functional magnetic resonance adaptation study.* NeuroImage 31 (2006) 366 – 375
- Meinzer M., Obleser J., Flaisch T., Eulitz C., Rockstroh B. *Recovery from aphasia as a function of language therapy in an early bilingual patient demonstrated by fMRI.* Neuropsychologia 45 (2007) 1247–1256
- Luck, SJ. *An Introduction to the Event-Related Potential and their Neural Origins.* An Introduction to the Event-Related Potential Technique. (2005) 1-50
- Ojemann J, Ojemann G, Lettich E. *Cortical stimulation mapping of language cortex by using a verb generation task: effects of learning and comparison to mapping based object naming.* Journal of Neurosurgery 97 (2002) 33–8. En: Roux F-E., Lubrano V., Lauwers-Cances V., Trémoulet M., Mascott CR., Démonet J-F. *Intra-operative mapping of cortical areas involved in reading in mono- and bilingual patients.* Brain (2004), 127, 1796–1810
- Oren R., Breznitz Z. *Reading processes in L1 and L2 among dyslexic as compared to regular bilingual readers: behavioral and electrophysiological evidence.* Journal of Neurolinguistics 18 (2005) 127–151
- Paradis M. *Bilingualism and aphasia.* (1977) 65–121 En: Paradis M. *More belles infidèles—or why do so many bilingual studies speak with forked tongue?* Journal of Neurolinguistics 19 (2006) 195–208

Guerra, E.

- Paradis M., Goldblum MC. *Selective crossed aphasia in a trilingual aphasic patient followed by reciprocal antagonism*. Brain and Language 36 (1989) 62-75
- Paradis M. *More belles infidèles—or why do so many bilingual studies speak with forked tongue?* Journal of Neurolinguistics 19 (2006) 195–208
- Paradis M. *The Neurolinguistics of Bilingualism in the Next Decades*. Brain and Language 71 (2000) 178–180
- Paradis M. *Valutazione dell'afasia bilingue*. (1999) Bologna: EMS. En: Paradis M. *More belles infidèles—or why do so many bilingual studies speak with forked tongue?* Journal of Neurolinguistics 19 (2006) 195–208
- Perani D., Paulesu E., Galles NS., Dupoux E., Dehaene S., Bettinardi V., Cappa SF., Fazio F., Mehler J. *The bilingual brain: Proficiency and age of acquisition of the second language*. Brain 121 (1998) 1841–1852.
- Petersen SE., Fox PT., Posner MI., Mintun M., Raichle ME. *Positron emission tomographic studies of cortical anatomy of single-word processing*. Nature 331 (1988) 585–589. En: Tan LH., Spinks JA., Feng C-M., Siok WT., Perfetti CA., Xiong J., Fox PT., Gao J-H. *Neural systems of second language reading are shaped by native language*. Human Brain Mapping 18 (2003) 158–166
- Pitres A. *Étude de l'aphasie chez les polyglottes*. Revue de Médecine 15 (1895) 873-899. En: Paradis M. *Language and Communication in multilinguals*. Hand book of Neurolinguistics (1998) 417-430
- Probervio AM., Roberta A., Alberto Z. *The organization of multiple languages in polyglots: Interference or independence?* Journal of Neurolinguistics 20 (2007) 25–49
- Pulvermüller F. *The neuroscience of language*. (2002) Cambridge: Cambridge University Press. En: Paradis M. *More belles infidèles—or why do so many bilingual studies speak with forked tongue?* Journal of Neurolinguistics 19 (2006) 195–208
- Roux F-E., Lubrano V., Lauwers-Cances V., Trémoulet M., Mascott CR., Démonet J-F. *Intra-operative mapping of cortical areas involved in reading in mono- and bilingual patients*. Brain (2004), 127, 1796–1810
- Tan LH., Spinks JA., Feng C-M., Siok WT., Perfetti CA., Xiong J., Fox PT., Gao J-H. *Neural systems of second language reading are shaped by native language*. Human Brain Mapping 18 (2003) 158 – 166
- Walker JA., Quinones-Hinojosa A., Berger MS. *Intraoperative speech mapping in 17 bilingual patients undergoing resection of a mass lesion*. Neurosurgery 54 (2004) 113–8. En: Roux F-E., Lubrano V., Lauwers-Cances V., Trémoulet M., Mascott CR., Démonet J-F. *Intra-operative mapping of cortical areas involved in reading in mono- and bilingual patients*. Brain (2004), 127, 1796–1810
- Xu B., Grafman J., Gaillard WD., Ishii K., Vega-Bermudez F., Pietrini P., Reeves-Tyer P., DiCamillo P., Theodore W. *Conjoint and extended neural networks for the computation of speech codes: the neural basis of selective impairment in reading words and pseudowords*. Cerebral Cortex 11 (2001) 267–277. En: Tan LH., Spinks JA., Feng C-M., Siok WT., Perfetti CA., Xiong J., Fox PT., Gao J-H. *Neural systems of second language reading are shaped by native language*. Human Brain Mapping 18 (2003) 158 – 166