

# El bilingüismo como factor de protección en el envejecimiento cognitivo

Le bilinguisme, un facteur de protection contre le déclin cognitif associé à l'âge  
Bilingüismo como um fator de proteção contra o envelhecimento cognitivo relacionado à idade  
Bilingualism as a protective factor against age-related cognitive decline

Daniel Adrover-Roig<sup>1,2</sup> & Ana Inés Ansaldo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre de Recherche de l'Institut Universitaire de Gériatrie de Montréal <sup>2</sup> Departament de Psicologia, Universitat de les Illes Balears.

Agradecimientos: Este trabajo ha podido llevarse a cabo gracias a una subvención FRSQ otorgada a la Dra. Ana Inés Ansaldo y una beca post-doctoral otorgada al Dr. Daniel Adrover-Roig por la Obra Social de la Caixa de Balears "SaNostra".

## Resumen

El control atencional permite a los bilingües utilizar ambos lenguajes de forma alternante minimizando las intrusionas de una lengua en la otra. En el presente trabajo se revisan de forma exhaustiva las evidencias que han puesto de manifiesto tanto una mayor capacidad de control cognitivo en sujetos bilingües, en especial en personas mayores, como su implicación en el deterioro cognitivo asociado a la edad. Para ello se reportan resultados de estudios conductuales y de neuroimagen, los cuales han empleado diversos paradigmas que implican resolución de la interferencia, entre otros. Posteriormente se establece un vínculo con la teoría de la reserva cognitiva, se discute el escaso protagonismo del bilingüismo en los modelos sobre envejecimiento cognitivo y se perfilan futuros campos de estudio y nuevas variables a considerar. Dado el creciente interés en la relación entre la función cognitiva y el cambio neural, se proponen los candidatos neurales que podrían dar cuenta de la "ventaja bilingüe", en especial en la capacidad de control de la interferencia.

Palabras clave: envejecimiento, bilingüismo, control atencional, reserva cognitiva.

## Résumé

Le contrôle attentionnel des bilingues leur permet de passer d'une langue à l'autre en minimisant les interférences mutuelles de ces deux langues. Cette revue exhaustive présente un ensemble d'évidences démontrant une plus grande capacité de contrôle cognitif chez les bilingues (particulièrement parmi les aînés) mais aussi son implication sur le déclin cognitif associé à l'âge. Nous rapportons ici des résultats d'études comportementales et de neuroimagerie qui ont utilisé des tâches visant notamment à évaluer le contrôle des interférences. Nous associerons ensuite le bilinguisme avec la théorie de la réserve cognitive, en mettant en avant son rôle peu mentionné parmi les modèles actuels de vieillissement cognitif. Des domaines de recherches futures et de nouvelles variables à prendre en compte seront aussi exposés. Grâce à l'intérêt grandissant de la relation entre le fonctionnement cognitif et les changements neuronaux, l'identification de candidats neuronaux comme "avantageux pour les bilingues" seront exposés, particulièrement en ce qui concerne le contrôle des interférences.

Mots-clés : Vieillesse ; bilinguisme ; contrôle attentionnel ; réserve cognitive.

## Resumo

O controle atencional dos bilíngües permite a eles utilizarem ambas as línguas de forma alternada, minimizando as intrusões de uma língua na outra. No presente trabalho são revisadas de forma exaustiva as evidências que demonstram uma grande capacidade de controle cognitivo em bilíngües (especialmente entre os idosos), e também suas implicações na temática do declínio cognitivo relacionado à idade. Para isso, são apresentados resultados de estudos comportamentais e de neuroimagem, os quais empregaram diversos paradigmas que envolveram o controle da interferência, entre outros. Posteriormente, a relação entre o bilingüismo e a teoria da reserva cognitiva é discutida, bem como o papel escasso do bilingüismo nos modelos atuais de envelhecimento cognitivo. Discutem-se, ainda, as futuras áreas de pesquisa e as novas variáveis a serem consideradas. Devido ao crescente interesse na relação entre as funções cognitivas e as mudanças neurais, alguns candidatos neurais que poderiam explicar a “vantagem bilíngüe” são propostos, especialmente com relação ao controle da interferência.

Palavras-chave: Envelhecimento; bilingüismo; controle atencional; reserva cognitiva.

### Abstract

Bilinguals' attentional control allows them to switch between languages while minimizing mutual interferences between them. This exhaustive review presents a body of evidence that demonstrates both a larger cognitive control capacity in bilinguals (especially among the elderly), and also its implications on the age-related cognitive decline. We report results of both behavioural and neuroimaging studies, which have employed tasks devoted to investigate interference control, among others. We further link bilingualism with the cognitive reserve theory, and also point out the need of its inclusion among the current models of cognitive ageing. Further research fields and new variables to account for are considered. Due to the growing interest in the relationship between cognitive function and neural change, some neural candidates that could account for the “bilingual advantage” are proposed, especially with regard to interference control.

Keywords: Aging; bilingualism; attentional control, cognitive reserve.

---

Artículo recibido: Noviembre 27, 2009; Artículo revisado: Octubre 5, 2009; Artigo aceito: Octubre 13, 2009  
Dirección de correo: [daniel.adrover@criugm.qc.ca](mailto:daniel.adrover@criugm.qc.ca)

Actualmente, una de las preguntas más interesantes sobre el bilingüismo se refiere a su impacto sobre la vida cognitiva, en especial durante el proceso de envejecimiento. El influyente trabajo publicado por Bialystok et al. (2007), el cual reveló un retraso de 4.1 años en la instauración de los síntomas de demencia en sujetos bilíngües (ver más adelante, sección 2) ha motivado en parte la presente revisión teórica. Sin embargo, los resultados de Bialystok et al. (2007) han sido recientemente puestos en entredicho por Chertkow et al. (2008), quienes, tras revisar los historiales de 632 pacientes monolingües y bilíngües (inglés-francés), no pudieron replicar dicho hallazgo, al no hallar diferencias en la edad de diagnóstico entre monolingües y bilíngües ni una asociación entre el número de lenguas habladas y la edad de diagnóstico. Además, dichos resultados se mantuvieron al comparar los monolingües con bilíngües nativos.

Aún así, interesa cada vez más explorar si la experiencia continua de hablar y comprender dos lenguas, junto con los mecanismos cognitivos que se usan para controlarlas, tiene una repercusión constatable sobre la edad de instauración de las demencias (Bialystok et al., 2007, pero véase Chertkow et al., 2008). Aunque los resultados son aún poco concluyentes y escasos, existe un modelo teórico que podría dar cuenta de una mayor capacidad de control cognitivo en

sujetos bilíngües (en comparación con los monolingües) (Green, 1998). Dicho modelo predice que el manejo de dos lenguas depende de un sistema atencional con recursos limitados, el cual también se utiliza para llevar a cabo tareas no-verbales y que permite a los bilíngües controlar dos sistemas lingüísticos en competición activados de manera simultánea. En este sentido, diversos estudios han dado cuenta de las ventajas por parte de sujetos bilíngües en tareas no-lingüísticas, los cuales han sido llevados a cabo fundamentalmente por Ellen Bialystok y colaboradores (Bialystok, 1999; 2001) quienes han subrayado las ventajas que presentan los niños bilíngües al realizar tareas que demandan un alto grado de función ejecutiva. Al parecer, estas ventajas persisten más allá de la infancia y de la adolescencia (Bialystok, et al., 2004; Bialystok et al., 2005; Bialystok et al., 2006a; 2006b) y se extienden a la vida adulta (Bialystok et al., 2007; Meuters & Simmons, 2007).

### **La ventaja bilíngüe: un mejor control de la interferencia**

La mayoría de los estudios que han reportado una ventaja “ejecutiva” en sujetos bilíngües (Bialystok et al., 2004; 2007) han empleado tareas que implican alguna clase de control de la interferencia, como las tareas tipo Simon (Simon, 1969). En la tarea Simon, los

sujetos deben producir una respuesta lateralizada (es decir, una respuesta con la mano izquierda o derecha) basándose en un atributo no espacial de un estímulo presentado de forma lateralizada (por ejemplo, el color de un estímulo que se presenta a la derecha o a la izquierda de la pantalla). La posición del estímulo es irrelevante (y distractora) para el sujeto, pues éste solamente debe atender al color del estímulo para responder. El “efecto Simon” es el costo de respuesta (en tiempo de reacción, TR) que resulta de sustraer el TR de los ensayos en los cuales la posición del estímulo y la mano de respuesta no coinciden -ensayos incongruentes- de los ensayos en los cuales la posición del estímulo coincide con la mano de respuesta, -ensayos congruentes-. Generalmente, los sujetos bilingües muestran un efecto Simon menos pronunciado que los monolingües. Además, dichas diferencias aumentan en sujetos mayores, incluso en las condiciones con una mayor demanda de memoria de trabajo (Bialystok et al., 2004).

Se suele asumir que este resultado refleja la mayor eficiencia de los bilingües a la hora de inhibir información irrelevante (en este caso, la posición del estímulo en la tarea Simon). Dicha eficiencia diferencial podría ser consecuencia de la práctica continua que deriva de inhibir una lengua para hablar otra. Sin embargo, dicha explicación puede quedar en entredicho, puesto que la mayor eficiencia comportamental en bilingües durante tareas tipo Simon se ha observado no solamente durante los ensayos incongruentes, sino también durante los congruentes (Bialystok et al., 2004; Martín & Bialystok, 2003).

No obstante, los procesos inhibitorios también pueden evaluarse mediante tareas que implican *priming negativo* (PN) (Tipper, 1985). El PN se observa cuando la información irrelevante de un ensayo (del inglés, *prime*) resulta relevante en el siguiente ensayo (del inglés, *probe*). Este procedimiento permite analizar si la identificación de un objeto se ve afectada por el hecho de que éste haya tenido que ser ignorado en una presentación inmediatamente anterior. Los resultados de este experimento muestran TR significativamente mayores en los ensayos en que los estímulos “prime” y “probe” coinciden, frente a aquellos otros en los que no coinciden. Por tanto, la identificación de un objeto se ve dificultada si éste ha sido previamente ignorado. De hecho, el efecto PN puede reducirse en sujetos con un déficit en capacidades inhibitorias, como en pacientes con la enfermedad de Alzheimer (EA) (Amieva et al., 2004).

En correspondencia, si los sujetos bilingües son realmente más eficientes que los monolingües en sus capacidades de control inhibitorio, entonces deberían mostrar un costo mayor en condiciones de PN. En este sentido, Treccani et al. (2009) exploraron la hipótesis de la mayor eficiencia en control inhibitorio en bilingües administrándoles una tarea de PN (localización del

estímulo diana) a 29 bilingües tempranos y a 29 monolingües. Sus resultados mostraron que la mayor capacidad de los bilingües para inhibir información espacial irrelevante (la posición del estímulo distractor) resultó en un menor efecto de la presencia del estímulo distractor (menor número de errores entre ensayos con y sin distractores) y en un mayor efecto de PN (mayores diferencias entre las tasas de error en los ensayos en los cuales el estímulo diana se correspondía con la posición del distractor previo, y los ensayos en los que el estímulo distractor se presentó en una posición previamente vacía). Estos resultados empezaron a poner de relieve que la mayor capacidad inhibitoria no siempre es ventajosa para los bilingües. Por su parte, Colzato et al. (2008) reevaluaron diversas versiones posibles de la hipótesis de la inhibición comparando sujetos monolingües y bilingües utilizando tareas de señal de Stop (*stop signal tasks*), de inhibición de retorno y de parpadeo atencional. Los resultados de su estudio permitieron constatar que los monolingües y bilingües no se diferenciaron en los TR en la tarea de señal de Stop y que, por lo tanto, fueron comparables en términos de eficiencia en sus mecanismos de “inhibición activa”. Además, los sujetos bilingües no mostraron un mecanismo de facilitación frente a las señales espaciales, aunque sí mostraron un marcado efecto de inhibición de retorno y un mayor efecto de parpadeo atencional. Sus conclusiones revelaron que los sujetos bilingües no se diferencian de los monolingües en términos de inhibición activa, aunque presentan una mejor capacidad para mantener las metas de la tarea y para llevarla a cabo, posiblemente debido a un mecanismo para inhibir de forma reactiva la información irrelevante.

Por último, Costa et al. (2008) exploraron el rendimiento de sujetos monolingües y bilingües en la *Attention Network Task* (ANT) (Fan et al., 2003), la cual evalúa tres redes atencionales diferentes, aunque relacionadas: la alerta, la orientación y el control ejecutivo. Los resultados de su estudio revelaron que los sujetos bilingües eran más rápidos al realizar todas las tareas y más eficientes en las tareas que implicaban mayoritariamente la red de alerta y de control ejecutivo. En concreto, los bilingües se sirvieron mejor de la señal de preparación y fueron mejores al resolver información conflictiva. También mostraron un menor costo del cambio (Rogers & Monsell, 1995) entre diferentes tipos de ensayo, en comparación con los sujetos monolingües.

Resultados similares se han observado en estudios que han empleado otras tareas que implican condiciones que requieren la inhibición de información irrelevante, aunque sin conflicto (Costa et al., 2008). Con el objeto de explicar este resultado, se ha propuesto que el bilingüismo tiene un impacto significativo sobre las capacidades cognitivas que implican no solamente el control inhibitorio, sino también otros procesos cognitivos. Por ejemplo, Bialystok (2006b) y Bialystok

et al. (2004) demostraron que el bilingüismo también puede modular los procesos de memoria de trabajo, como por ejemplo, el mantenimiento de las asociaciones estímulo-respuesta relevantes en tareas tipo Simon (para una explicación más detallada, ver sección 2.1). Por tanto, aunque las diferencias entre monolingües y bilingües resultan fiables, la “ventaja bilingüe” parece afectar de una forma más general a lo que se pensaba inicialmente.

En consecuencia, resulta plausible que la experiencia continua con dos sistemas lingüísticos tenga como resultado un aumento inespecífico de las capacidades ejecutivas durante la ejecución de tareas lo suficientemente demandantes, más que un efecto específico sobre una capacidad concreta. Esta disyuntiva fue resuelta por Emmorey et al. (2008), quienes incluyeron una nueva variable característica de los sujetos bilingües: su capacidad para producir ítems léxicos de forma simultánea en dos lenguajes. Para ello, compararon los resultados de 15 monolingües, y de dos tipos de bilingües (15 bilingües “bimodales”, del inglés, *bimodal bilinguals*) y 15 bilingües “unimodales”, del inglés, *unimodal bilinguals*) en una tarea de inhibición de flancos (Eriksen & Schultz, 1979). Los bilingües “unimodales” saben hablar dos lenguas, pero no pueden producir dos palabras al mismo tiempo, es decir, no pueden decir simultáneamente “dog” y “perro”. Por el contrario, los bilingües “bimodales” pueden hablar una lengua y comunicarse en otra lengua mediante signos, es decir, pueden producir ítems léxicos a la vez en ambas lenguas (Emmorey et al., 2008). Como los bilingües “unimodales”, los bilingües “bimodales” tienen dos lenguas accesibles, pero su producción lingüística simultánea no se limita a una sola lengua, incluso en interacciones monolingües. Por tanto, los autores exploraron si la “ventaja bilingüe” proviene de un efecto general del bilingüismo (es decir, dos sistemas de representación) o si por el contrario surge de una modalidad específica que se responsabiliza de los procesos de selección. De ser así, los autores esperaban que los bilingües “bimodales” no presentaran la misma ventaja que los bilingües “unimodales”. De forma interesante, los autores no hallaron diferencias entre los tres grupos en precisión pero constataron que los bilingües “unimodales” eran más rápidos que el resto de los grupos. Por tanto, sus resultados propusieron que la ventaja de los bilingües en control ejecutivo se relaciona con la experiencia de los bilingües “unimodales” a la hora de seleccionar ítems de dos lenguas en la misma modalidad.

#### Bilingüismo, planificación y tareas duales

Hasta la fecha, no solamente se han investigado los procesos inhibitorios/control de la interferencia comparando sujetos monolingües y bilingües. Craik y Bialystok (2006) exploraron la capacidad de

planificación y monitorización en entornos ecológicos entre monolingües y bilingües jóvenes y mayores. Para ello, les administraron una tarea simulada de “preparar el desayuno”, en la cual los participantes debían empezar y acabar cinco platos diferentes y tenerlos a punto al mismo tiempo. Entre el inicio y el fin de la preparación, los participantes debían preparar la mesa, como tarea “de relleno” o secundaria. La tarea de “preparar el desayuno” proporcionó varias medidas conductuales en tareas duales y de control ejecutivo. Los resultados mostraron un declive sustancial en la mayoría de procesos que requerían control ejecutivo en personas mayores, aunque específicamente, los sujetos mayores bilingües invirtieron menos tiempo en la tarea de relleno. Ello demostró que los bilingües mayores aprovechaban mejor el tiempo y realizaban más cambios eficientes relacionados con la tarea principal cuando ello resultaba apropiado. Además, con el objeto de predecir la cantidad de tiempo utilizado entre preparar el desayuno y poner la mesa (tarea de relleno) evaluaron qué variable predecía mejor el tiempo dedicado a la tarea de relleno. En los sujetos monolingües, ésta fue una tarea de memoria de trabajo, y en bilingües, el número de veces que comprobaban el estado de preparación de la comida. Dicho resultado se tomó como evidencia a favor de un control más directo sobre la tarea por parte de los bilingües, puesto que dedicaban más tiempo a la planificación y a la monitorización.

Por otra parte, Bialystok et al. (2006a) exploraron la capacidad de ejecución en tareas duales entre monolingües y bilingües jóvenes (Exp. 1) y mayores (Exp. 2). Para ello, los sujetos debían realizar una tarea dual de clasificación en la que se presentaban estímulos visuales (tarea primaria) y auditivos (tarea secundaria), los cuales se debían clasificar en dos categorías diferentes. Los estímulos pertenecían a dos dominios: letras y números (LN) o animales e instrumentos musicales (AM). Los resultados señalaron que para ambos grupos de edad, los bilingües resultaban menos perjudicados que los monolingües al clasificar los estímulos visuales en el dominio LN. Por tanto, los resultados señalaron diferentes demandas de procesamiento para ambos dominios, siendo el dominio más simple (LN) el más favorable para los bilingües, por lo que se propuso que durante la realización de tareas duales, los bilingües realizan mejor que los monolingües la tarea más simple.

Otro estudio llevado a cabo por Badzakova-Traikov et al. (2008) presentó una tarea dual a monolingües y a bilingües, que consistía en una tarea de golpeteo acelerado durante una condición de lectura silente y una condición de lectura en voz alta. Dicha tarea dual se empleó para investigar la especialización hemisférica tanto para la primera lengua (L1) como para la segunda lengua (L2) en bilingües que vivían en un entorno L2. Los bilingües y los monolingües mostraron una mayor interferencia al realizar la tarea con la mano

derecha que con la izquierda, lo cual indicó un procesamiento del habla lateralizado (hemisferio izquierdo) y mayor interferencia al leer en voz alta que al leer de manera silente. Sin embargo, los bilingües mostraron una mayor interferencia que los monolingües en la tarea con la mano izquierda con L1 y L2, resultado que sugirió que el hemisferio derecho participa en mayor grado durante tareas lingüísticas en bilingües, en comparación con los monolingües. Por último, en cuanto al test de Stroop, (la prueba más reportada en cuanto a la resolución de la interferencia), Bialystok et al. (2008) no hallaron diferencias entre monolingües y bilingües en las condiciones control (denominación de palabras y de colores). Sin embargo, en los ensayos con conflicto, tanto los bilingües jóvenes como mayores mostraron un menor costo de respuesta al nombrar el color de la tinta de las palabras en la condición incongruente.

Acceso al léxico: ¿la otra cara de la moneda?

Existe un buen número de trabajos que aportan evidencias de un menor tamaño del léxico en sujetos bilingües, en comparación con monolingües (Oller & Eilers, 2002; Perani et al., 2003). Normalmente, los bilingües son más lentos al realizar tareas de denominación de dibujos (Gollan et al., 2005; Kaushanskaya & Marian, 2007), muestran puntuaciones menores en tareas de fluencia verbal (Gollan et al., 2002; Rosselli et al., 2000), presentan más efectos “punta de la lengua” (Gollan & Acenas, 2004), muestran un reconocimiento más pobre de palabras (Rogers et al. 2006) y experimentan una mayor interferencia en tareas de decisión semántica (Ransdell & Fischler, 1987). En estos estudios, se cuenta con evidencias de que, al menos, parte de la problemática surge de la interferencia que provoca la lengua no-diana.

Manipular la relación entre las palabras de ambos lenguajes, por ejemplo, el control del “*cognate effect*” (*cognate*: palabra que comparte los rasgos fonológicos y semánticos entre las dos lenguas, por ejemplo: *botella/bouteille* en español y francés, respectivamente), o ajustando la frecuencia de las palabras, puede cambiar sistemáticamente el rendimiento de los bilingües (Costa, 2005), lo cual sugiere un rol central del tipo de palabra en dichos efectos. Salvatierra et al. (2007) trataron de determinar si tal dificultad se reproducía en ambas lenguas (español-inglés) en pacientes con EA cuya L1 era el español. Su estudio comparó el rendimiento en fluencia verbal semántica y fonética en 11 pacientes bilingües con EA con 11 adultos mayores bilingües sanos equiparados en edad, género, nivel educativo y nivel de bilingüismo. Los participantes sanos recuperaron más ítems durante la condición semántica que durante la fonológica, mientras que los EA mostraron un rendimiento similar durante ambas condiciones, lo cual

sugirió un mayor declive en pruebas de fluencia verbal de tipo semántico. Este patrón se produjo tanto en L1 como en L2, por lo que al parecer ambos sistemas semánticos se hallan afectados en la EA.

Posteriormente, Bialystok et al. (2008) testearon 96 participantes (jóvenes, mayores, monolingües y bilingües, 24 por subgrupo) durante tareas que evaluaron memoria de trabajo, recuperación de léxico y control ejecutivo. Como era esperable, los jóvenes rindieron mejor que los mayores en todas las tareas. El efecto del grupo de lenguaje fue diferente para cada tipo de tarea. Monolingües y bilingües tuvieron un rendimiento comparable en las tareas de memoria de trabajo, los monolingües rindieron mejor en pruebas de recuperación de léxico, y los bilingües mostraron un rendimiento mejor en pruebas de control ejecutivo, en especial al comparar ambos grupos de sujetos mayores. En ese mismo estudio también se administraron a ambos grupos de sujetos dos tareas de memoria de trabajo (*self-ordered pointing task* y el *Corsi blocks test*). En ambas tareas no se hallaron diferencias entre monolingües y bilingües mayores, aunque en la segunda tarea los bilingües jóvenes rindieron mejor que los monolingües jóvenes en la condición más difícil (condición de *span* inverso).

En correspondencia con los estudios revisados, se ha demostrado que los déficit de acceso y recuperación del léxico persisten durante el envejecimiento (Gollan et al., 2007). Gollan et al. (2008) testearon la hipótesis de las “conexiones débiles” (del inglés, *weaker links hypothesis*), la cual propone que los bilingües poseen una desventaja con respecto a los monolingües en tareas que requieren producción lingüística porque frecuentemente dividen la frecuencia de uso entre las dos lenguas. En dos experimentos, sujetos bilingües jóvenes y mayores y sujetos monolingües nombraron imágenes de alta o baja frecuencia en inglés (monolingües) y en inglés y español (bilingües). En el Experimento 1 se apreció una lentificación asociada al bilingüismo, constatándose una dominancia lingüística para los nombres de baja frecuencia. En el Experimento 2, la lentificación asociada a la edad fue mayor al producir nombres de baja frecuencia en L1 pero no en L2. La edad avanzada atenuó los efectos de la frecuencia, limitándose el efecto de la edad a los nombres de alta frecuencia. Sus resultados pusieron a prueba las explicaciones basadas en la competencia lingüística en cuanto a la desventaja bilingüe en tareas de producción, e ilustraron cómo las diferencias entre grupos pueden ser consecuencia de mecanismos cognitivos generales.

La razón por la cual los bilingües experimentan un déficit en el acceso al léxico no está clara. Por una parte, la hipótesis “*weaker links*”, como se ha comentado, propone que los bilingües usan cada una de sus lenguas con menos frecuencia que los monolingües, por lo que practican menos cada una de ellas, que resulta

menos fluida. En marcado contraste con dicha explicación, Hernández y Li (2007) propusieron una explicación alternativa de corte sensoriomotor, que implicaba directamente la edad de adquisición del vocabulario en cada lengua, con diferentes resultados dependiendo de la edad de adquisición de L2. Otras alternativas explicativas atribuyen la reducción del acceso léxico en bilingües al conflicto que se crea en el ítem correspondiente en el lenguaje no-diana (Green, 1998). Esta competición requiere de un mecanismo de control atencional que seleccione el lenguaje diana y que inhiba la opción alternativa. Generalmente, dicho conflicto se resuelve con los procesos de control ejecutivo. Si estos procesos se hallan implicados de forma ordinaria en la producción del lenguaje en bilingües, entonces es posible que su uso constante tenga como consecuencia transformar estos procesos a través de la práctica, haciéndolos más eficientes y más disponibles para una mayor variedad de tareas.

### **El impacto del bilingüismo sobre el envejecimiento cognitivo**

En la presente sección se reportan los todavía escasos estudios que han aportado evidencias sobre algún tipo de ventaja en la función cognitiva de los sujetos mayores bilingües, en comparación con los monolingües. El primero de ellos, un estudio epidemiológico llevado a cabo por Johnson et al. (1997), exploró la prevalencia de la demencia probable en la comunidad rural homogénea de los Amish en los EEUU del medio oeste. Los Amish son un grupo aislado genéticamente, con un bajo nivel de educación formal (menos de 8 años) y baja exposición a la vida moderna, con establecimientos intergeneracionales y fuertes redes sociales. Los resultados revelaron que los Amish presentaban puntuaciones en el MMSE mayores que en la población general, siendo su prevalencia de deterioro cognitivo después de los 64 años de tan sólo el 6,4%. Los factores asociados con la protección cognitiva de los Amish fueron el bienestar económico, la estabilidad social, los excepcionales leves de aculturación, la buena nutrición y el acceso médico. Además un factor que los autores enfatizaron fue el hecho de que todos los Amish son bilingües, siendo ésta la primera vez que dicho factor se relaciona con la teoría de la “reserva neuronal” propuesta diez años atrás (Katzman et al., 1988).

Una década después, Bialystok et al. (2007) examinaron de forma más detallada el efecto del bilingüismo sobre el mantenimiento de la función cognitiva y su posible impacto sobre el retraso de los síntomas de la demencia en personas mayores. Los autores seleccionaron una muestra de 184 pacientes con quejas sobre su estado cognitivo hospitalizados en una clínica de memoria. De entre los participantes, 132 fueron diagnosticados como EA probable, y 52 fueron diagnosticados como “otras demencias”, incluyendo EA

posible, demencia debida a otros desórdenes neurodegenerativos y demencia vascular. El 51% de la muestra era bilingüe. Además, los monolingües contaban con mayores tasas de educación formal que los bilingües (12,4 versus 10,8 años de media, respectivamente). De forma sorprendente, los bilingües desarrollaron síntomas claros de demencia 4.1 años más tarde que los monolingües, siendo todas las demás medidas equivalentes (nivel educativo, estatus ocupacional y diferencias culturales). De forma llamativa, la tasa de declive en el MMSE en los 4 años siguientes al diagnóstico fue la misma para un conjunto de pacientes en los dos grupos, lo cual sugirió un cambio en la edad de instauración pero no en la tasa de progresión de la enfermedad (hecho que contrasta los pronósticos de la teoría de la reserva cognitiva, la cual se refiere al mecanismo que relaciona el bajo nivel educativo con un mayor riesgo de padecer un proceso neurodegenerativo, Stern, 2009). Sin embargo, cabe destacar que los mismos autores constatan: “este resultado debe considerarse tentativo más que definitivo.” (Bialystok et al., 2007; p.462). También especificaron otras limitaciones de su estudio: “estos resultados son correlacionales y no el producto de un diseño experimental con asignación aleatoria de sujetos a grupos.” (Bialystok et al., 2007; p.462).

Sus resultados pueden considerarse afines a los reportados por Salthouse (2006), quien demostró una relación inversa entre la actividad mental estimulante y el declive cognitivo en sujetos mayores. Sin embargo, es posible que la mayor actividad cognitiva presente una contrapartida en sujetos mayores: una mayor tasa de declive posterior al diagnóstico (Scarmeas et al., 2006; Stern, 2009, pero véase Bialystok et al., 2007). Los mecanismos que subyacen a dichos efectos protectivos todavía no están claros, aunque Valenzuela y Schadev (2006a) proponen que dichos candidatos podrían ser incrementos en los niveles de fosfocreatina en reposo, la neurogénesis, la sinaptogénesis, la arborización dendrítica y la reorganización funcional de las redes neurales.

### **Factores que pueden modular las diferencias**

Las diferencias en el control inhibitorio entre monolingües y bilingües pueden modularse a su vez por otros factores, como el nivel de competencia en L1 y L2 (estrechamente asociado a la edad de adquisición, a los procesos de socialización, y al uso), por los procesos de cambio de lengua y por el tipo de respuesta emitida.

El impacto del nivel de competencia en L1 y L2 sobre el funcionamiento inhibitorio y la resolución del conflicto en sujetos bilingües jóvenes y mayores fue explorado por Zied et al. (2004) mediante la administración de una versión bilingüe del test de Stroop. Los autores predijeron patrones diferentes de interferencia entre diferentes tipos de sujetos bilingües,

los cuales dependerían de su nivel de competencia en las lenguas. Los bilingües “equilibrados” (del inglés, *balanced bilinguals*) dominan ambas lenguas por igual, mientras que los bilingües “no equilibrados” (del inglés, *unbalanced bilinguals*) tienen una lengua dominante (L1) y una lengua no dominante (L2). Los resultados de su estudio confirmaron una mayor lentificación en los bilingües que respondían en su L2. Además, los bilingües “no equilibrados” mostraron una mayor interferencia interlingüística al responder en su L2 ante estímulos visuales escritos en L1. Sin embargo, los bilingües “equilibrados” mostraron unos efectos de interferencia equivalentes en todas las condiciones, por lo que los autores concluyeron que manipular dos lenguas y dominarlas por igual podría aumentar la eficiencia de los mecanismos inhibitorios. Sin embargo, es importante resaltar que la competencia alcanzada en L1 y L2 se halla en estrecha relación con la edad de adquisición, los procesos de socialización y los aspectos pragmáticos asociados al uso de ambas lenguas en el entorno (Hamers, 2004), por lo cual considerar dichos factores resulta relevante.

Recientemente, Gollan y Ferreira (2009) exploraron otro factor que podría modular las diferencias halladas en bilingües: los procesos de cambio de lengua (del inglés, *code switching*). Dichos autores se preguntaron de qué modo los cambios de lengua voluntarios difieren de los involuntarios (señalizados) en sujetos bilingües español-inglés jóvenes (Exps. 1 y 2) y mayores (Exp. 3). Para ello, administraron a los sujetos una tarea de denominación de dibujos que incluía tres condiciones: (a) lengua dominante, L1 (b) lengua no dominante, L2, y (c) utilizar cualquier lengua que le venga a la mente (Exp. 2). Los costos de cambiar de lengua revelan el papel del control inhibitorio en la producción lingüística, hecho que podría implicar una modularidad parcial en la selección léxica. Los resultados indicaron que la mayoría de los bilingües – en especial los “equilibrados” – mezclaron lenguas de forma voluntaria incluso aunque ello acarrearía un costo del cambio. De forma contraria al cambio provocado mediante señales, el cambio voluntario no sólo disminuyó los TR, sino que los costos del cambio no fueron mayores para el lenguaje dominante, siendo los efectos de la edad en el cambio de lengua muy limitados. Por ello, la libertad para cambiar y mezclar lenguajes tanto en los bilingües “no equilibrados” como en sujetos mayores les acerca al rendimiento de los bilingües “equilibrados” y de los jóvenes, respectivamente, lo cual revela la importancia de medir si existe una asimetría en el dominio de ambas lenguas.

Una aportación interesante sobre los factores que pueden modular las diferencias entre monolingües y bilingües fue aportada por Bialystok et al. (2006b). Los autores, con el objeto de precisar sus anteriores resultados reportados en Bialystok et al. (2004), trataron

de discriminar con mayor precisión qué aspectos concretos del control ejecutivo de las personas mayores eran sensibles a la experiencia bilingüe. Para ello realizaron un experimento con una tarea de “anti-sácadas” (del inglés, *antisaccade task*), similar a la tarea Simon utilizada en Bialystok et al. (2004). Dicha tarea mide la capacidad de los participantes para inhibir una respuesta preponderante (mirar en la dirección de un destello de corta duración) aplicando una regla de forma interna (mirar al lado contrario). El efecto “anti-sacada” requiere a los participantes resistir las respuestas automáticas en las que la mirada se dirige a un estímulo que captura la atención (Friesen & Kingstone, 1998; Zorzi et al., 2003). En dicho trabajo, interesaba especialmente si el tipo de respuesta emitida por el sujeto (ocular o manual) modulaba las diferencias halladas en cuanto al control de la interferencia entre monolingües y bilingües mayores. Por tanto, Bialystok et al. (2006b) utilizaron una variante de dicha tarea, en la cual, el color de los ojos de una cara esquemática provocaba el efecto sacádico. En la tarea, los ojos de color verde indicaban al participante mover los suyos hacia el lado en el que aparecería un asterisco 500 ms después. Si por el contrario, los ojos eran de color rojo, la respuesta ocular requerida debía realizarse en la dirección opuesta al lado en el que aparecería el asterisco. Por tanto, los ojos verdes consistían la condición “pro-sacádica” mientras que la condición con ojos rojos conformaban la condición “anti-sacádica”. De igual modo que en la tareas tipo Simon, se halló una ventaja en los bilingües en la condición más difícil (anti-sacádica), la cual demandaba suprimir dos señales (el color de los ojos y la localización del asterisco) para responder correctamente. Sin embargo, dicho efecto sólo se halló al utilizar respuestas motoras manuales (en lugar de movimientos oculares como respuesta), lo cual mostró que los sujetos bilingües resolvían el conflicto de forma más rápida que los monolingües, y que dicha ventaja aumentaba con la edad, aunque solamente cuando las respuestas son manuales.

En otro revelador estudio, Kavé et al. (2008) examinaron si el número de lenguas dominadas puede predecir el rendimiento en pruebas de *screening* cognitivo. Los autores obtuvieron datos de una muestra amplia de adultos mayores israelíes ( $N = 814$ , edad media = 83,0; DE = 5,4), quienes fueron entrevistados por vez primera en 1989 y posteriormente en dos ocasiones más en los 12 años siguientes. Los autores observaron que el estatus cognitivo difería significativamente entre los grupos en cada uno de los momentos de la evaluación. El número de lenguas habladas contribuyó significativamente en la predicción de las puntuaciones de las pruebas cognitivas más allá del efecto de otras variables demográficas, como la edad, el género, el lugar de nacimiento, la edad de inmigración y el nivel educativo. El multilingüismo también se perfiló como un predictor significativo del

estado cognitivo en un grupo de sujetos sin educación formal. En concreto, aquellos sujetos que mostraron mayor fluidez en una lengua que *no* fuera su lengua materna, obtuvieron mayores puntuaciones que aquéllos cuya mayor fluidez se daba en su lengua materna, aunque efecto del número de lenguas dominadas sobre el estatus cognitivo fue el mismo en ambos grupos. Tanto los resultados de Bialystok et al. (2007) como los de Kavé et al. (2008) han sido recientemente complementados por Meuter y Simmons (2007), quienes evaluaron sujetos jóvenes ( $N=26$ ) y mayores ( $N=28$ ) monolingües y bilingües. Los autores solamente hallaron una “ventaja bilingüe” en la tarea Simon, (Simon, 1969), pero no en tareas de atención sostenida ni de cambio atencional, aunque los autores argumentaron que posiblemente la ausencia de diferencias se relacionara con la edad avanzada a la que los sujetos aprendieron su L2.

### Posibles correlatos neurales de la “ventaja bilingüe”

En la presente sección se reportan los principales resultados que de una manera directa o indirecta han contribuido a discernir las posibles sedes neurales asociadas tanto con el bilingüismo como con el sustrato neural que otorga a los bilingües cierta ventaja en tareas que implican resolución de la interferencia, y que podrían ser candidatos a una posible “reserva cognitiva” (Stern, 2002).

#### Sedes neurales asociadas al bilingüismo

A mediados de los años noventa, Klein et al. (1994) utilizaron tomografía por emisión de positrones (TEP) para demostrar que la producción de L2 en bilingües (inglés-francés) que aprendieron su L2 después de los cinco años de edad aumentaba la actividad en el putamen izquierdo, por lo que los autores concluyeron que dicha región cerebral juega un papel fundamental en los procesos articulatorios de L2, la cual demanda mayores recursos cognitivos.

Por otra parte, Price et al. (1999) evaluaron adultos bilingües (alemán-inglés) al traducir del alemán al inglés (y viceversa), al leer palabras en alemán (L1), y en inglés (L2), y al alternar entre ambas lenguas. Los procesos de traducción se asociaron con un incremento de la actividad de la corteza cingulada anterior (CCA), de estructuras subcorticales y de regiones implicadas en la articulación (ínsula anterior, cerebelo y área motora suplementaria, AMS). Sin embargo, la alternancia entre lenguas activó el área de Broca y el giro supramarginal, ambas implicadas en la recodificación fonológica. Posteriormente, Hernández et al. (2001) examinaron la naturaleza de los procesos de control cognitivo en participantes bilingües tempranos al cambiar entre lenguas diferentes. Para ello, los sujetos denominaron dibujos tanto en una lengua como alternando entre

lenguas, lo cual reveló que el cambio de lengua activaba la corteza dorsolateral prefrontal. Dicho resultado llevó a los autores a concluir que dicha región cerebral podría hallarse implicada en la atenuación de la interferencia que resulta de suprimir y activar dos lenguas en alternancia, poniendo de manifiesto que el cambio de lengua requiere el control ejecutivo de la atención.

Un año después, Rodríguez-Fornells et al. (2002) revelaron que los sujetos bilingües “filtran” las palabras en el lenguaje suprimido temporalmente incluso antes de la fase de análisis semántico, demostrando que para controlar la interferencia, los bilingües reclutan regiones cerebrales implicadas en fonología y en el procesamiento de pseudopalabras. Dicho hallazgo sugirió que los bilingües utilizan rutas neurales indirectas para acceder al léxico y para prevenir las interferencias de L2.

Por otra parte, las diferencias de activación neural entre monolingües y bilingües en tareas que requieren fluencia, denominación y comprensión en holandés, francés e inglés fueron evaluadas por Vingerhoets et al. (2003). Sus resultados indicaron que la generación de palabras en L2 y en L3 elicita la actividad de la circunvolución frontal inferior (incluyendo el área de Broca) y del lóbulo temporal medial. La denominación en L2 y L3 se asoció con una mayor actividad frontal inferior lateral y medial frontal derecha. Los autores no constataron una mayor actividad del hemisferio derecho para los lenguajes aprendidos de forma tardía. De forma llamativa, las sedes neurales responsables de la “ventaja bilingüe” en sujetos jóvenes durante la realización de tareas que implican conflicto e interferencia no fueron examinadas hasta el año 2005 (Bialystok et al., 2005). Para ello, los autores, evaluaron sujetos monolingües (inglés), sujetos bilingües (cantónés-inglés) y bilingües (francés-inglés) mientras realizaban una tarea tipo Simon mediante magnetoencefalografía (MEG). Se halló un patrón de actividad cerebral similar en los tres grupos, caracterizado por un cambio en la señal en torno a regiones cerebrales prefrontales mediales izquierdas. Sin embargo, el análisis correlacional reveló un mayor TR en los dos grupos de sujetos bilingües cuando aumentaba su actividad en el lóbulo temporal superior y medial, en el giro cingulado y en las circunvoluciones superior e inferior frontal izquierda. Por el contrario, los sujetos monolingües solamente mostraron una correlación de su conducta con regiones mediales frontales izquierdas, hecho que llevó a los autores a concluir que el manejo de dos sistemas lingüísticos conlleva cambios sistemáticos en las funciones ejecutivas.

En ese mismo año, Rodríguez-Fornells et al. (2005) exploraron el patrón cerebral de monolingües y bilingües (alemán-español) al procesar la interferencia fonológica del lenguaje no-diana. Para ello, administraron una tarea de denominación de dibujos que



requería el control de la interferencia. En dicha tarea, los sujetos debían responder atendiendo a la primera letra del sustantivo en el lenguaje diana. En una de las condiciones, los sujetos debían responder cuando el nombre empezara con una vocal y no responder si el sustantivo empezaba con consonante. En la mitad de los ensayos, los sustantivos de ambos lenguajes demandaban la misma respuesta (ambos empezaban por vocal), mientras que en la otra mitad, ambos lenguajes demandaban respuestas diferentes (en una lengua empezaba por vocal y en la otra, por consonante). Para los bilingües, el lenguaje de respuesta cambiaba después de cada bloque. Los resultados revelaron que la región más importante para controlar la interferencia interlingüística en los bilingües fue la corteza prefrontal medial inferior.

No obstante lo anterior, el comprender mejor el significado funcional de la activación de la corteza medial prefrontal inferior como posible mecanismo regulador de la interferencia en bilingües requiere explorar si esta área interviene o no en la consolidación tanto de L1 como de L2, puesto que la actividad de dicha área podría relacionarse con una baja competencia en L2. En este sentido, las activaciones corticales asociadas al desarrollo tanto de L1 como de L2 en el tiempo fueron exploradas por Tatsuno et al. (2005) mediante una tarea de identificación del tiempo pasado en un grupo de sujetos de 13 años de edad y otro de 19 años de edad cuya L1 era el japonés y L2, el inglés. Los autores hallaron que la activación de la parte dorsal triangular del giro frontal inferior (DTGFI) era menor en el grupo de 19 años al utilizar su L2. Por otra parte, la activación del DTGFI al realizar la tarea en L1 fue mayor en el grupo de 13 años que en el grupo de 19 años, incluso al equiparar los sujetos en sus resultados conductuales. Dichos resultados sugirieron que el grado de dominio lingüístico es inversamente proporcional a la actividad de dicha área, por lo cual los autores propusieron que el DTGFI se encarga de funciones específicas críticas para dominar cualquier lengua, y no solamente de L2.

De igual forma, un aspecto que ha sido hasta la fecha pobremente estudiado pero que resulta de vital importancia para comprender la posible “ventaja bilingüe”, es la diferencia neural en los procesos articulatorios entre bilingües tempranos y tardíos. En este sentido, Frenck-Mestre et al. (2005) compararon los correlatos neurales de los procesos articulatorios en sujetos bilingües (francés-inglés) tempranos y tardíos (los cuales aprendieron francés después de los 12 años). Sus resultados mostraron que los procesos articulatorios elicitan una activación bilateral de la corteza motora, de los ganglios basales, del cerebelo y del AMS, independientemente de la lengua hablada. Los sujetos bilingües tardíos mostraron una mayor activación del putamen izquierdo, en comparación con los bilingües tempranos, por lo que los autores concluyeron que los

patrones neurales asociados a los procesos articulatorios difieren entre bilingües tempranos y tardíos. Puesto que el papel de los ganglios basales en la activación cerebral de sujetos bilingües iba cobrando mayor importancia (Frenck-Mestre et al. 2005; Klein et al. 1994; Price, 1999), Crinion et al. (2006) exploraron si éstos se activan a la hora de distinguir la lengua que se halla en uso. Para ello, evaluaron sujetos bilingües alemán-inglés y japonés-inglés en una tarea de priming semántico. La influencia del *prime* sobre el estímulo diana se identificó comparando tanto los pares semánticamente relacionados (bathtub-SHOWER; en español: bañera-ducha), como no relacionados (spoon-SHOWER; en español: cuchara-ducha). Posteriormente, compararon el efecto de priming semántico cuando el *prime* y el estímulo diana se hallaban escritos la misma lengua (trout-SALMON en inglés, o forelle-LACHS en alemán; en español; trucha-salmón) o en lenguas distintas (trout-LACHS o forelle-SALMON). Los autores constataron que las respuestas neurales del núcleo caudado son sensibles a los cambios de lengua e incluso al significado de las palabras, por lo que concluyeron que dicha área de los ganglios basales podría hallarse implicada en la monitorización y control de dos lenguas en uso.

El control atencional voluntario de dos lenguas en bilingües (el cual les permite comunicarse en una lengua mientras reducen la interferencia causada por la lengua que no se usa en ese momento) fue explorado recientemente por Abutalebi et al. (2007). Los autores exploraron si la sede neural responsable de controlar ambas lenguas residía en una región dedicada al control ejecutivo de la atención (un sistema ejecutivo que también permitiría cambiar de una lengua a la otra, competir entre diferentes respuestas e incluso la transición entre varios registros lingüísticos), o si, por el contrario, se trataba de un sistema específico del lenguaje. Para ello, evaluaron sujetos jóvenes bilingües (alemán-francés) durante diferentes contextos monolingües y bilingües en una tarea de denominación de dibujos. De forma similar a los resultados aportados por Crinion et al. (2006), los autores demostraron que la denominación en L1 en un contexto bilingüe (al compararlo con un contexto monolingüe) aumentaba la activación en el núcleo caudado izquierdo, aunque también en el CCA, e incluso la activación de estas regiones se incrementaba si los sujetos usaban su L2. Dichos hallazgos llevaron a los autores a concluir que los procesos de control ejercidos sobre lenguas en competición en contextos en los que ambas lenguas se hallan activas se caracterizan por activaciones del núcleo caudado izquierdo y del ACC de un modo diferente a las áreas reclutadas al cambiar de registro dentro de una misma lengua.

En un estudio posterior, Kovelman et al. (2008a) se preguntaron si existe una única área cerebral responsable del bilingüismo (*bilingual signature*). Para

ello, escanearon los cerebros de sujetos monolingües (inglés) y bilingües (español-inglés) con alto grado de dominio y exposición temprana. Los participantes realizaron una tarea de juicio sintáctico, cuyas frases se diseñaron para maximizar las diferencias entre las propiedades lingüísticas entre el español y el inglés, lo cual permitió explorar las similitudes y diferencias entre las respuestas neurales y comportamentales entre los bilingües y monolingües, y entre ambos idiomas en bilingües. Los resultados de su estudio mostraron un patrón equivalente en velocidad y precisión entre monolingües y bilingües. Los análisis de las respuestas cerebrales revelaron que tanto los monolingües (en su lengua) y los bilingües (en ambas lenguas) mostraban un incremento de activación en las áreas clásicas del lenguaje (corteza frontal inferior izquierda), sin que se hallara ninguna diferencia a nivel neural entre las dos lenguas en los sujetos bilingües. Sin embargo, los sujetos bilingües presentaron una mayor actividad en la corteza frontal inferior izquierda (BA45) al procesar frases en inglés, en comparación con los monolingües. Sus resultados proporcionaron nuevas evidencias sobre el grado de separación de las representaciones neurales y lingüísticas de los sujetos bilingües, y abrió la posibilidad de que existiera un sustrato neural específico del bilingüismo.

Posteriormente, Kovelman et al. (2008b) hallaron que en un contexto monolingüe, los sujetos bilingües y monolingües muestran diferencias en ambos hemisferios en la actividad de la corteza dorsolateral prefrontal y de la corteza frontal inferior izquierda, pero una activación similar del área de Broca. En concreto, en un contexto monolingüe, los bilingües mostraron mayor actividad en el la corteza prefrontal dorsolateral izquierda y en la corteza frontal inferior izquierda, mientras que en un contexto bilingüe, los sujetos bilingües mostraron un mayor reclutamiento de la corteza prefrontal dorsolateral derecha y del corteza frontal inferior derecha. Otros resultados interesantes sobre los sustratos neurales asociados al bilingüismo provienen de los estudios con sujetos con talento para los idiomas, los cuales aprenden rápidamente a percibir y a reproducir sonidos del habla extranjeros. Golestani y Pallier (2007) testearon sujetos nativos franceses jóvenes mientras producían consonantes en lengua persa. Los individuos que pronunciaron mejor y aprendieron más rápido a pronunciar mostraron mayor densidad de sustancia blanca en la ínsula izquierda y en la corteza prefrontal izquierda, junto con una mayor densidad en regiones parietales inferiores bilaterales. Por tanto, los autores concluyeron que el volumen de sustancia blanca en regiones implicadas en la articulación y memoria de trabajo fonológica (MTF) puede predecir la calidad de pronunciación de sonidos extranjeros. Como se ha comentado anteriormente, es importante tener en cuenta si los sujetos bilingües son competentes en ambas lenguas o “equilibrados” o “no

equilibrados” puesto que ello también afecta a la arquitectura cerebral de los sujetos (Chee et al., 2004).

Chee et al. (2004) midieron la activación cerebral inducida por tareas de MTF en dos grupos de bilingües inglés-chino. Uno de los grupos se componía por bilingües “equilibrados”, y el otro grupo por bilingües “no equilibrados” (su L2 era el inglés). A todos los sujetos se les presentaron palabras y pseudopalabras francesas bisilábicas. Se controló para ambos grupos la edad de adquisición de la lengua china, los años de escolarización en lengua china, el nivel de exposición a dicha lengua y la presión social para convertirse en bilingüe. De forma interesante, aunque ni los bilingües “equilibrados” ni los “no equilibrados” mostraron un patrón conductual diferente en la tarea MTF, ambos grupos se diferenciaron en sus patrones activación cerebral. Durante la tarea MTF, se hallaron incrementos de activación en todos los sujetos, aunque el descubrimiento principal fue una mayor activación de la ínsula izquierda y de la circunvolución frontal inferior izquierda en el grupo de bilingües “equilibrados”. Por el contrario, el grupo de bilingües “no equilibrados” mostró una activación significativa en el CCA, y desactivaciones en regiones frontales mediales y posteriores parietales. Dicho patrón de activación fue interpretado como un tipo de reclutamiento optimizado de los procesos de MTF por parte de los bilingües “equilibrados”, mientras que en los “no equilibrados” se evidenciaba más el rendimiento enfocado a la meta de la tarea.

Por tanto, los resultados de los estudios revisados ponen de manifiesto que la capacidad lingüística debe ser evaluada con detalle, puesto que ésta correlaciona con la activación óptima de las áreas relacionadas con la MTF, los procesos articulatorios y de control cognitivo.

#### Bilingüismo y reserva cognitiva

Como ya se expuso anteriormente, tanto la ventaja en los procesos inhibitorios como el retraso en la instauración de las demencias en personas mayores bilingües sitúa en estrecha relación al bilingüismo con la teoría de la “reserva neuronal” (Katzman et al., 1998) y de la reserva cognitiva (RC) (Stern, 2002), cuyos principios tratan de dar cuenta de la disyunción entre el grado de daño cerebral y la sintomatología manifiesta (Stern, 2009), aunque por el momento no se ha hecho todavía mención explícita al bilingüismo como factor de protección. La reserva cognitiva se puede subdividir en dos componentes: la *reserva neural* y la *compensación neural* (Stern, 2009). La reserva neural se refiere a las diferencias interindividuales en el procesamiento cognitivo que existen en un cerebro sano y asume que tanto los jóvenes como lo mayores pueden reclutar las mismas redes neurales para llevar a cabo la tarea, aunque con diferentes niveles de eficiencia y capacidad.

La compensación neural se refiere a las alteraciones en el procesamiento cognitivo que podrían originarse con el objeto de afrontar la patología cerebral. Dicha variabilidad interindividual se halla presente incluso en los grupos de jóvenes y mayores por separado, pudiendo ser la reserva neural uno de los mecanismos que subyacen a la RC. Por otra parte, existen muchas situaciones en las cuales los sujetos mayores reclutan redes neurales alternativas (ver Stern, 2009, pp. 2025), las cuales no utilizan los sujetos jóvenes para llevar a cabo la misma tarea, en lo que podría constituir una respuesta a los cambios asociados a la edad. El uso de dichas redes neurales puede representar la compensación neural, sino también el sostenimiento de la tarea, aunque a menor nivel, idea que contrasta con Cabeza et al. (2002). En este sentido, Stern (2002) explicaba que el aumento de actividad en el hemisferio derecho en sujetos mayores se puede interpretar como una respuesta cerebral ventajosa y de tipo compensatorio, mediante la cual se maximiza el rendimiento (Stern, 2002).

De entre los factores que se especifican como promotores de la reserva cognitiva destacan dos: un entorno estimulante y el ejercicio físico, ambos relacionados con una mayor neurogénesis en el giro dentado (Brown et al., 2003; van Praag et al., 2005). Tanto el ejercicio físico como la estimulación cognitiva regulan los factores que incrementan la plasticidad neuronal (como el factor de crecimiento neuronal) y aumentan la resistencia a la muerte celular. También se cuenta con evidencias que indican que el enriquecimiento del entorno puede actuar de forma directa en la prevención o en el retraso de la acumulación de materiales celulares patológicos en la EA (Lazarov et al., 2005). De entre las áreas cerebrales alternativas asociadas a la RC destacan el hipocampo derecho, la ínsula posterior, el tálamo y el opérculo de forma bilateral (el cual forma parte del área de Broca) (Stern et al., 2005). También se ha hallado una desactivación del giro lingual, del lóbulo parietal inferior, del giro cingulado posterior izquierdo y de la corteza calcarina bilateral. Es interesante remarcar que los sujetos jóvenes con alta reserva cognitiva muestran un aumento en la actividad de dichas áreas, mientras que los adultos mayores con alta reserva cognitiva muestran una reducción de su actividad. Dichos resultados sugieren que la reorganización funcional de la red usada por los jóvenes, cuyo uso en mayores representa una alteración, se utiliza para mantener la funcionalidad, debido a los cambios fisiológicos.

En un estudio posterior, Stern et al. (2007) dilucidaron un patrón de regiones asociado a la RC en sujetos jóvenes para tareas simples y complejas, que se correspondía con la utilizada por los sujetos mayores únicamente durante la realización de tareas complejas. Dichas regiones (similares a las halladas en su estudio anterior) comprendían el giro frontal superior bilateral

(BA10), el giro medial frontal izquierdo (BA9) y el giro frontal medial derecho (BAs, 6, 8). Muchas de estas áreas, que los autores contemplaron como posibles candidatos a la RC, se corresponden con aquéllas que se muestran activas en estudios de control cognitivo, como por ejemplo, durante el cambio atencional (Braver et al., 2003; Wager et al., 2003), y en algunos estudios de memoria de trabajo (Wager & Smith, 2006).

En relación a los procesos lingüísticos en bilingües, se ha propuesto que la edad y el declive cognitivo general pueden conllevar un efecto pernicioso a la hora de usar dos lenguas diferentes. Por ejemplo, la edad avanzada se ha asociado con una mayor probabilidad de interferencia entre las dos lenguas en bilingües (Durga, 1978). Dicha interferencia se ha definido como la transferencia de elementos de una lengua a la otra a varios niveles, como el fonológico, el gramatical, el léxico y el ortográfico (Berthold et al., 1997). La alternancia accidental entre lenguas se da comúnmente entre bilingües en diferentes formas, como cambios entre frases de las dos lenguas y cambios de idioma en procesos discursivos largos (Sikba, 1997). En este sentido, la capacidad de seleccionar el lenguaje apropiado y de cambiar entre lenguas implica un control ejecutivo general y se contempla como un tipo de capacidad lingüística dependiente de la actividad del lóbulo frontal (Hernández et al., 2001). Con la edad, esta capacidad puede verse comprometida, resultando en una mezcla entre las dos lenguas.

Méndez et al. (1999), tras evaluar a 51 pacientes bilingües con demencia, hallaron en éstos una “vuelta” al lenguaje original (L1), hallazgo que reflejaba el incremento de las dificultades translingüísticas con la edad. Es posible que las personas bilingües nunca “desactiven” ninguno de sus dos idiomas por completo, hecho que podría resultar en un incremento de las interferencias y las intrusiones, particularmente desde L1 a L2. Los procesos necesarios para controlar los dos sistemas lingüísticos para una persona bilingüe (atención, inhibición, monitorización y atención alternante) son componentes de la función ejecutiva (Daniels et al., 2006). En este sentido, los procesos ejecutivos son las primeras capacidades que sufren un declive durante el envejecimiento normal, mostrando un control menos eficiente y más lentificado con la edad (McDowd & Shaw, 2000). Los monolingües, durante tareas que requieren resolución de conflicto, utilizan regiones cerebrales dedicadas a resolver la interferencia, las cuales se hallan en las inmediaciones de la corteza dorsolateral prefrontal (Peterson et al., 2002). Por el contrario, los bilingües utilizan regiones cerebrales tradicionalmente asociadas con el lenguaje, como el área de Broca (BA45) (Bialystok et al., 2005). Por tanto, los bilingües resuelven las tareas con conflicto (con mejores resultados conductuales) utilizando una serie de estructuras cerebrales que normalmente no se reclutan

para tareas atencionales no verbales, como la tarea Simon.

Este cambio funcional es una consecuencia de la experiencia continua de usar dichos centros cerebrales de forma rutinaria para manejar ambos sistemas lingüísticos. Además, este hallazgo es consistente con los argumentos de Novick et al. (2005), quienes demostraron que el área de Broca se halla implicada en una variedad de tareas que requieren resolución de conflicto, incluyendo tareas no verbales. Sin embargo, es importante tomar en consideración que existen otras áreas cerebrales que ven incrementada su densidad de materia gris tras aprender una segunda lengua, como la corteza parietal inferior izquierda, cuyo grado de reorganización estructural se halla modulado tanto por el nivel de competencia alcanzado como la edad de adquisición de L2 (Mechelli et al., 2004). Se ha mostrado que dicha región es responsable de la adquisición de vocabulario en monolingües y bilingües y varía en volumen dependiendo de cuáles sean las dos lenguas del bilingüe (Green et al., 2007). Por último, es importante señalar que, recientemente, Bialystok et al. (2009) han demostrado que los sujetos bilingües cuentan con más recursos atencionales (probablemente debido a una mayor eficiencia del área de Broca) y son más eficientes (asociado a otras regiones frontales) al llevar a cabo tareas basadas en el conflicto no-verbal.

### **Conclusiones: el bilingüismo, un factor aún ausente en los modelos de envejecimiento**

Hasta la fecha, uno de los hallazgos más consistentes en la literatura sobre el envejecimiento cognitivo consiste en una reducción de la lateralización de la activación de las áreas prefrontales (Cabeza, 2002; Reuter-Lorenz, 2002). El aumento de la bilateralidad en personas mayores ha sido propuesto por el modelo HAROLD (Cabeza, 2002), y se ha relacionado con un esfuerzo neurocognitivo para mantener un nivel funcional adecuado. Sin embargo, en el estudio de Cabeza (2002), los adultos que se clasificaron como “altos en ejecución” mostraron una correlación positiva entre la precisión y la respuesta hemodinámica (tanto en regiones derechas como izquierdas de la circunvolución frontal inferior), mientras que los “bajos en ejecución” solamente mostraron una correlación positiva con la circunvolución frontal inferior. De forma notoria, ni los adultos mayores con alto ni con bajo perfil de ejecución mostraron un patrón de activación neural similar al de los jóvenes. Por tanto, la capacidad para reclutar áreas cerebrales contralaterales al giro frontal inferior (en el hemisferio derecho), incluyendo el homólogo al área de Broca y el *pars orbitalis*, podría servir de ayuda a los sujetos mayores pero no ser beneficioso para los jóvenes.

En resumen, el modelo HAROLD ofrece sustento a la hipótesis compensatoria, puesto que es

muy numerosa la evidencia que apoya la hipótesis de la cooperación entre ambos hemisferios durante la realización de tareas cognitivas, especialmente si éstas son complejas (Banich, 1998; Weissman & Banich, 1999). Por último, otros estudios (Grady et al., 1994; Davis et al., 2008) ofrecen sustento a un modelo complementario, caracterizado por una reducción de actividad occipitotemporal, en paralelo con un incremento en la actividad frontal, patrón denominado PASA (*posterior-anterior shift in aging*). Según este modelo, la corteza prefrontal compensaría los déficit de procesamiento sensorial llevados a cabo en las regiones occipitotemporales (Davis et al., 2008). Incluso aunque el patrón PASA se ha hallado en estudios en los cuales los adultos jóvenes y mayores se emparejaron según su nivel de ejecución (Grady et al., 1994), es posible que los mayores alcanzaran un alto nivel de ejecución gracias a la activación de un mayor número de áreas cerebrales que los jóvenes, lo cual sustentaría la interpretación del modelo PASA como un mecanismo compensatorio. En su estudio, Davis et al. (2008) emparejaron por ejecución a sujetos jóvenes y mayores en tareas de recuperación de contenidos en memoria episódica y de percepción visual. Los autores demostraron que el patrón PASA no se debía a la dificultad de la tarea, sino que representaba un tipo de actividad compensatoria, puesto que los sujetos jóvenes mostraron un incremento de la actividad occipital, mientras que los mayores mostraron un incremento de la actividad prefrontal que iba asociado a un rendimiento equivalente al de los jóvenes.

Aunque los modelos HAROLD y PASA gozan en la actualidad de apoyo empírico y se les considera dos referentes en la literatura sobre el envejecimiento cognitivo, ninguno de ellos ha hecho mención explícita al bilingüismo como variable moduladora. Únicamente se ha considerado de forma muy sucinta que el bilingüismo podría formar parte de la reserva cognitiva (Bialystok et al., 2007; Johnson et al., 1997). Por tanto, futuros estudios deberían evaluar con detalle la experiencia lingüística de los sujetos, con el objeto de considerarlo como una variable moduladora y poder así ampliar las escasas evidencias con las que contamos al respecto.

También es necesario explorar si los sujetos mayores bilingües muestran tanto un patrón de activación HAROLD (en particular, en relación a la región dorsolateral prefrontal y a la región de Broca), como un patrón PASA más pronunciado (en virtud de un mecanismo compensatorio más activo). Asimismo, sería oportuno explorar si por el contrario, el bilingüismo favorece la función cognitiva de los sujetos mayores por medio de una mayor implicación de las regiones cerebrales asociadas con la RC, como la circunvolución frontal superior y mediales bilateral (Stern et al., 2005; 2007). Futuros estudios deberían también evaluar si los sujetos bilingües poseen una

mayor capacidad tanto para no responder (mediante el uso de tareas *go-no go*) como una mejor memoria de trabajo de tipo manipulativo, puesto que los datos con los que contamos hasta la fecha son prácticamente inexistentes. Finalmente, es necesario integrar la investigación sobre envejecimiento cognitivo con aspectos asociados a la experiencia bilingüe, la cual coexiste con una constelación de variables, como son la competencia y el talento para las lenguas, el nivel motivacional, la autoestima y factores sociales, los cuales también contribuyen a determinar el cambio cognitivo.

## Referencias

- Abutalebi, J., Annoni, J. M., Zimine, I., Pegna, A. J., Seghier, M. L., Lee-Jahnke, H., Lazeyras, F., Cappa, S. F., & Khateb, A. (2007). Language Control and Lexical Competition in Bilinguals: An Event-Related fMRI Study. *Cerebral Cortex*, *18*(7), 1496-505.
- Amieva, H., Phillips L. H., Della Sala, S., & Henry J. D. (2004). Inhibitory functioning in Alzheimer's disease. *Brain: a Journal of Neurology*, *127*(5), 949-64.
- Badzakova-Trajkov, G., Kirk, I. J. & Waldie, K. E. (2008). Dual-task performance in late proficient bilinguals. *Laterality*, *13*(3), 201-16.
- Banich, M.T. (1998). The missing link: the role of interhemispheric interaction in attentional processing. *Brain and Cognition*, *36*(2), 128-157.
- Berthold, M., Mangubhai F., & Batorowicz K. (1997). *Bilingualism & Multiculturalism: Study Book*. University of Southern Queensland: Toowoomba, QLD.
- Bialystok, E. (1999). Cognitive complexity and attentional control in the bilingual mind. *Child Development*, *70*, 636-644.
- Bialystok, E. (2001). *Bilingualism in development: Language, literacy, and cognition*. New York: Cambridge University Press.
- Bialystok, E., Craik, F.I., & Freedman, M. (2007). Bilingualism as a protection against the onset of symptoms of dementia. *Neuropsychologia*, *45*(2), 459-64.
- Bialystok, E., Craik, F. I., Grady, C., Chau, W., Ishii, R., Gunji, A., & Pantev, C. (2005). Effect of bilingualism on cognitive control in the Simon task: evidence from MEG. *Neuroimage*, *24*(1), 40-9.
- Bialystok, E., Craik, F. I., Klein, R., & Viswanathan, M. (2004). Bilingualism, aging, and cognitive control: evidence from the Simon task. *Psychology and Aging*, *19*(2), 290-303.
- Bialystok, E., Craik, F. I., & Luk, G. (2008). Cognitive control and lexical access in younger and older bilinguals. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, *34*(4), 859-73.
- Bialystok, E., Craik, F. I., & Ruocco, A. C. (2006a). Dual-modality monitoring in a classification task: the effects of bilingualism and ageing. *Quarterly Journal of Experimental Psychology (Colchester)*, *59*(11), 1968-83.
- Bialystok, E., Craik, F. I., & Ryan, J. (2006b). Executive control in a modified antisaccade task: Effects of aging and bilingualism. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *32*(6), 1341-54.
- Braver, T. S., Reynolds, J. R., & Donaldson, D. I. (2003). Neural mechanisms of transients and sustained cognitive control during task switching. *Neuron*, *39*, 713-726.
- Brown, J., Cooper-Kuhn, C. M., Kemperman, G., van Praag, H., Winkler, J., & Gage, F. H. (2003). Enriched environment and physical activity stimulate hippocampal but not olfactory bulb neurogenesis. *European Journal of Neuroscience*, *17*, 2042-2046.
- Cabeza, R. (2002). Hemispheric asymmetry reduction in older adults: the HAROLD model. *Psychology and Aging*, *17*(1), 85-100.
- Chee, M. W., Soon, C. S., Lee, H. L., & Pallier, C. L. (2004). Left insula activation: a marker for language attainment in bilinguals. *Proceeding of the National Academy of Sciences*, *101*(42), 15265-70.
- Chertkow, H. M., Whitehead, V., & Phillips, N. (2008). Bilingualism fails to delay the onset of Alzheimer's disease. P04-63. *Alzheimer and Dementia*, *4*(4), T686-T686.
- Colzato, L. S., Bajo, M. T., van den Wildenberg, W., Paolieri, D., Nieuwenhuis, S., La Heij, W., & Hommel, B. (2008). How does bilingualism improve executive control? A comparison of active and reactive inhibition mechanisms. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *34*(2), 302-12.
- Costa, A. (2005). Lexical access in bilingual production. In J. F. Kroll & A. M. B. de Groot (eds.), *Handbook of Bilingualism: Psycholinguistic Approaches* (pp. 308-325). New York: Oxford University Press.
- Costa, A., Hernandez, M., & Sebastian-Galles, N. (2008). Bilingualism aids conflict resolution: Evidence from the ANT task. *Cognition*, *106*(1), 59-86.
- Craik, F. I., & Bialystok, E. (2006). Planning and task management in older adults: cooking breakfast. *Memory and Cognition*, *34*(6), 1236-1249.
- Crinion, J., Turner, R., Grogan, A., Hanakawa, T., Noppeney, U., Devlin, J. T., Aso, T., Urayama, S., Fukuyama, S., Stockton, K., Usui, K., Green, D. W., & Price, C. J. (2006). Language control in the bilingual brain. *Science*, *312*(5779), 1537-1540.
- Daniels, K., Toth, J., & Jacoby, L. (2006) The aging of executive functions. In E. Bialystok, & F.I.M. Craik (Eds.), *Lifespan Cognition: Mechanisms of Change* (pp. 96-111). New York: Oxford University Press.
- Davis, S. W., Dennis, N. A., Daselaar, S. M., Fleck, M. S., & Cabeza, R. (2008). Que PASA? The posterior-anterior shift in aging. *Cerebral Cortex*, *18*(5), 1201-9.
- Durga, R. (1978). Bilingualism and interlingual interference. *Journal of Crosscultural Psychology*, *9*, 401- 415.
- Emmorey, K., Luk, G., Pyers, J. E., & Bialystok, E. (2008). The source of enhanced cognitive control in bilinguals: evidence from bimodal bilinguals. *Psychological Science*, *19*(12), 1201-1206.
- Eriksen, C. W., & Schultz, D. W. (1979). Information processing in visual search: A continuous flowconception and experimental results. *Perception & Psychophysics*, *25*, 249-263.
- Fan, J., Fossella, J., Sommer, T., Wu, Y., & Posner, M. I. (2003). Mapping the genetic variation of executive attention onto brain activity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *100*, 7406-7411.
- Frenck-Mestre, C., Anton, J. L., Roth, M., Vaid, J., & Viallet, F. (2005). Articulation in early and late bilinguals' two languages: evidence from functional magnetic resonance imaging. *Neuroreport*, *16*(7), 761-765.
- Friesen, C. K., & Kingstone, A. (1998). The eyes have it! Reflexive orienting is triggered by nonpredictive gaze. *Psychonomic Bulletin and Review*, *5*, 490-495.
- Golestani, N., & Pallier, C. (2007). Anatomical correlates of foreign speech sound production. *Cerebral Cortex*, *17*(4), 929-934.
- Gollan, T. H., & Acenas, L. A. R. (2004). What is a TOT? Cognate and translation effects on tip-of-the-tongue states in Spanish-English and Tagalog-English bilinguals. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *30*, 246-269.
- Gollan, T. H., Montoya, R. I., Cera C., & Sandoval, T. C. (2008). More use almost always a means a smaller frequency

- effect: Aging, bilingualism, and the weaker links hypothesis. *Journal of Memory and Language*, 58(3), 787-814.
- Gollan, T. H., & Ferreira, V. S. (2009). Should I stay or should I switch? A cost-benefit analysis of voluntary language switching in young and aging bilinguals. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 35(3), 640-65.
- Gollan, T. H., Montoya, R. I., Fennema-Notestine, C., & Morris, S.K. (2005). Bilingualism affects picture naming but not picture classification. *Memory & Cognition*, 33, 1220-1234.
- Gollan, T. H., Montoya, R. I., & Werner, G. (2002). Semantic and letter fluency in Spanish-English bilinguals. *Neuropsychology*, 16, 562-576.
- Grady, C. L., Maisog, J. M., & Horwitz, B. (1994). Age-related changes in cortical blood flow activation during visual processing of faces and location. *Journal of Neuroscience*, 14, 1450-1462.
- Green, D.W. (1998). Mental control of the bilingual lexico-semantic system. *Bilingualism: Language and Cognition*, 1, 67-81.
- Green, D. W., Crinion, J., & Price, C. J. (2007). Exploring cross-linguistic vocabulary effects on brain structures using voxel-based morphometry. *Bilingualism: Language and Cognition*, 10, 189-199.
- Hamers, J. F. (2004). A Sociocognitive Model of Bilingual Development. *Journal of Language and Social Psychology*, 23, 70-98.
- Hernandez, A. E., Dapretto, M., Mazziotta, J., & Bookheimer, S. (2001). Language Switching and language representation in Spanish-English bilinguals: An fMRI Study. *Neuroimage*, 14, 510-520.
- Hernandez, A. E., & Li, P. (2007). Age of acquisition: Its neural and computational mechanisms. *Psychological Bulletin*, 133, 638-650.
- Johnson, C. C., Rybicki, B. A., Brown, G., D'Hondt, E., Herpolsheimer, B., Roth, D., & Jackson, C. E. (1997). Cognitive impairment in the Amish: a four county survey. *International Journal of Epidemiology*, 26(2), 387-94.
- Katzman, R., Terry, R., DeTeresa, R., Brown, T., Davies, P., Fuld, P., Renbing, X., & Peck, A. (1988). Clinical, pathological, and neurochemical changes in dementia: a subgroup with preserved mental status and numerous neocortical plaques. *Annals of Neurology*, 23(2), 138-44.
- Kaushanskaya, M., & Marian, V. (2007). Bilingual language processing and interference in bilinguals: Evidence from eye tracking and picture naming. *Language Learning*, 57, 119-163.
- Kavé, G., Eyal, N., Shorek, L., & Cohen-Mansfield, J. (2008). Multilingualism and cognitive state in the oldest old. *Psychology and Aging*, 23(1), 70-78.
- Klein, D., Zatorre, R. J., Milner, B., Meyer, B., & Evans, A. C. (1994). Left putaminal activation when speaking a second language: evidence from PET. *Neuroreport*, 5(17), 2295-2297.
- Kovelman, I., Baker, S.A. & Petitto, L.A. (2008). Bilingual and monolingual brains compared: a functional magnetic resonance imaging investigation of syntactic processing and a possible "neural signature" of bilingualism. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(1), 153-69
- Kovelman, I., Shalinsky, M. S., Berens, M., & Petitto, L. A. (2008). Shining new light on the brain's "bilingual signature": a functional Near Infrared Spectroscopy investigation of semantic processing. *Neuroimage*, 39(3), 1457-1471.
- Lazarov, O., Robinson, J., Tang, Y. P., Hairston, I. S., Korade-Mirnics, Z., & Lee, V. M. (2005). Environmental enrichment reduces Abeta levels and amyloid deposition in transgenic mice. *Cell*, 120, 701-713.
- Martin M. M., & Bialystok, E. (2003). Notation to symbol: Development in children's understanding of print. *Journal of Experimental Child Psychology*, 86, 223-243.
- McDowd, J. M., & Shaw, R. J. (2000). Attention. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *Handbook of aging and cognition* (2nd ed., pp. 221-292). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Mechelli, A., Crinion, J. T., & Noppeney, U. (2004). Neurolinguistics: structural plasticity in the bilingual brain. *Nature*, 431-757.
- Mendez, M. F., Perryman, K. M., Pontón, M. O., & Cummings, J. L. (1999). Bilingualism and dementia. *Journal of Neuropsychiatry Clinical Neuroscience*, 11, 411-412.
- Meuter, R., & Simmond, M. (2007). The aging bilingual and executive function: Beyond the Simon effect. In *The 6th International Symposium on Bilingualism*, May 30 - June 2, University of Hamburg, Germany.
- Novick, J. M., Trueswell, J. C., & Thompson-Schill, S. L. (2005). Cognitive control and parsing: reexamining the role of Broca's area in sentence comprehension. *Cognitive Affective Behavioral Neuroscience*, 5(3), 263-81.
- Oller, D. K., & Eilers, R. E. (eds.) (2002). *Language and literacy in bilingual children*. Clevedon: Multilingual Matters.
- Perani, D., Abutalebi, J., Paulesu, E., Brambati, S., Scifo, P., Cappa, S. F., & Fazio, F. (2003). The role of age of acquisition and language usage in early, high-proficient bilinguals: An fMRI study during verbal fluency. *Human Brain Mapping*, 19, 170-182.
- Peterson, B. S., Kane, M. J., Alexander, G. M., Lacadie, C., Skudlarski, P., Leung, G.-C., May, J., & Gore, J.C. (2002). An event-related functional MRI study comparing interference effects in the Simon and Stroop tasks. *Cognitive Brain Research*, 13, 427-440.
- Price, C. J., Green, D. W., & von Studnitz, R. (1999). A functional imaging study of translation and language switching. *Brain*, 122(12), 2221-35.
- Ransdell, S. E., & Fischler, I. (1987). Memory in a monolingual mode: When are bilinguals at a disadvantage? *Journal of Memory & Language*, 26, 392-405.
- Reuter-Lorenz, P. (2002). New visions of the aging mind and brain. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(9), 394.
- Rodriguez-Fornells, A., Rotte, M., Heinze H. J., Nosselt, T., & Munte, T. F. (2002). Brain potential and functional MRI evidence for how to handle two languages with one brain. *Nature*, 415(6875), 1026-9.
- Rodriguez-Fornells, A., van der Lugt, A., Rotte, M., Britti, B., Heinze, H. J., & Munte, T. F. (2005). Second language interferes with word production in fluent bilinguals: brain potential and functional imaging evidence. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(3), 422-33.
- Rogers, R. D., & Monsell, S. (1995). Costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124(2), 207-231.
- Rosselli, M., Ardila, A., Araujo, K., Weekes, V.A., Caracciolo, V., Padilla, M., & Ostrosky-Solis, F. (2000). Verbal fluency and verbal repetition skills in healthy older Spanish-English bilinguals. *Applied Neuropsychology*, 7, 17-24.
- Salthouse, T. A. (2006). Mental exercise and mental aging: Evaluating the validity of the "use it or lose it" hypothesis. *Perspectives on Psychological Science*, 1, 68-87.
- Salvatierra, J., Rosselli, M., Acevedo, A., & Duara, R. (2007). Verbal fluency in bilingual Spanish/English Alzheimer's disease patients. *American Journal of Alzheimers Disease and Other Dementia*, 22(3), 190-201.
- Scarmeas, N., Albert, S.M., Manly, J. J., & Stern, Y.J. (2006). Education and rates of cognitive decline in incident Alzheimer's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 77, 308-316.
- Simon, J. R. (1969). Reactions towards the source of stimulation. *Journal of Experimental Psychology*, 81, 174-176.

- Skiba, R. (1997). Code Switching as a Countenance of Language Interference. *The Internet TESL Journal*, Vol. III, 10, October. <http://iteslj.org>.
- Stern, Y. (2002). What is cognitive reserve? Theory and research application of the reserve concept. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 8(3), 448-60.
- Stern, Y. (2007). Imaging cognitive reserve. In Y. Stern (Ed.), *Cognitive reserve: Theory and applications* (pp. 251-264). New York: Taylor & Francis.
- Stern, Y. (2009). Cognitive reserve. *Neuropsychologia*, 47(10), 2015-28.
- Stern, Y., Habeck, C., Moeller, J., Scarmeas, N., Anderson, K. E., Hilton, H.J., Flynn, J., Sackeim, H., & van Heertum, R. (2005). Brain networks associated with cognitive reserve in healthy young and old adults. *Cerebral Cortex*, 15(4), 394-402.
- Tatsuno, Y., & Sakai, K. L. (2005). Language-related activations in the left prefrontal regions are differentially modulated by age, proficiency, and task demands. *Journal of Neuroscience*, 25(7), 1637-44.
- Tipper, S. P., Brehaut, J. C., & Driver, J. (1990). Selection of moving and static objects for the control of spatially directed action. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 492-504.
- Treccani, B., Argyri, E., Sorace, A., & Sala, S. D. (2009). Spatial negative priming in bilingualism. *Psychonomic Bulletin Review*, 16(2), 320-7.
- Valenzuela, M.J., & Sachdev, P. (2006a). Brain reserve and dementia: A systematic review. *Psychological Medicine*, 36, 441-454.
- van Praag, H., Shubert, T., Zhao, C., & Gage, F. H. (2005). Exercise enhances learning and hippocampal neurogenesis in aged mice. *Journal of Neuroscience*, 25, 8680-8685.
- Vingerhoets, G., Van Borsel, J., Tesink, C., van den Noort, M., Deblaere, K., Seurinck, R., Vandemaele, P., & Achten, E. (2003). Multilingualism: an fMRI study. *Neuroimage*, 20(4), 2181-96.
- Wager, T. D., Jonides, J., & Reading, S. (2003). Neuroimaging of shifting attention: A meta-analysis. *Neuroimage*, 22, 1679-1693.
- Wager, T. D., & Smith, E. E. (2006). Neuroimaging studies of working memory: A meta-analysis. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 3, 255-274.
- Weissman, D. H., & Banich, M. T. (1999). Global-local interference modulated by communication between the hemispheres. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128(3), 283-308.
- Zied, M., Phillipe, K., Pinon, K., Havet-Thomassin, V., Aubin, G., Roy, A., & Le Gall, D. (2004). Bilingualism and adult differences in inhibitory mechanisms: evidence from a bilingual Stroop task. *Brain and Cognition*, 54(3), 254-256.
- Zorzi, M., Mapelli, D., Rusconi, E., & Umiltà, C. (2003). Automatic spatial coding of perceived gaze direction is revealed by the Simon effect. *Psychonomic Bulletin and Review*, 10, 423-429.