

Impacte del bilingüisme sobre l'estructura cerebral

Ferran Suay i Lerma i Anthyma Franco Soler

Departament de Psicobiologia, Universitat de València

ferran@suay.cat

Recepció: 20/02/2015, acceptació: 18/05/2015

Resum: Tradicionalment la recerca neurocientífica sobre el bilingüisme s'ha centrat en les implicacions funcionals. El cervell és un òrgan en constant canvi durant tota la vida (per causes genètiques i no genètiques), i la intensitat i freqüència amb què usem el llenguatge fan del bilingüisme una condició d'elevada demanda cognitiva. En l'última dècada s'ha produït un progrés significatiu pel que fa als correlats neurals del processament i la representació del llenguatge, en gran part gràcies als avanços en les tècniques de neuroimatge. Nombrosos estudis han mostrat que el bilingüisme podria estar relacionat amb increments del volum de substància grisa i una integritat superior de la substància blanca en àrees cerebrals implicades en el llenguatge. També s'ha observat que es poden produir endarreriments d'entre 4 i 5 anys en l'aparició de la demència, fet que fa pensar que el bilingüisme podria incrementar la reserva cognitiva.

Paraules clau: bilingüisme, substància grisa, substància blanca, reserva cognitiva

Impacto del bilingüismo sobre la estructura cerebral

Resumen: Tradicionalmente la investigación neurocientífica sobre el bilingüismo se ha centrado en las implicaciones funcionales. El cerebro es un órgano en constante cambio durante toda la vida (por causas genéticas y no genéticas), y la intensidad y la frecuencia con que usamos el lenguaje hacen del bilingüismo una condición de alta demanda cognitiva. En la última década se ha producido un progreso significativo en lo referente a los correlatos neurales del procesamiento y la representación del lenguaje, en gran parte debido a los avances en las técnicas de neuroimagen. Así, numerosos estudios han mostrado que el bilingüismo podría estar relacionado con incrementos del volumen de sustancia gris y una mayor integridad de la sustancia blanca en áreas cerebrales implicadas en el lenguaje. También se ha observado que se podría producir un retraso de entre 4 y 5 años en la aparición de la demencia, lo que hace pensar que el bilingüismo podría incrementar la reserva cognitiva.

Palabras clave: bilingüismo, sustancia gris, sustancia blanca, reserva cognitiva

Effects of bilingualism on brain structure

Abstract: Neuroscientific research on bilingualism has traditionally focused on its functional implications. The brain is a continually changing organ (due to genetic as well as nongenetic causes), and language's pervasiveness in human behaviour allows to consider bilingualism as a highly demanding cognitive condition. During the last ten years, important developments of the neuroimaging techniques have boosted significant progresses in the knowledge about the neural correlates of language processing and

representation. Many studies have shown that bilingualism might be involved in Grey Matter volume's changes in brain regions such as the inferior frontal Gyrus or the Posterior Supramarginal Gyrus, as well as in promoting a greater White Matter integrity in several brain structures. Furthermore, bilingualism has been recently linked to a delay of 4 to 5 years in the onset of dementia, so suggesting that it could be an effective strategy to enhance the Cognitive Reserve.

Key words: bilingualism, Grey and White Matter, Cognitive Reserve

1. BILINGÜISME

D'acord amb la Comissió Europea (Europeans and their languages 2006), el 56% de la població de la UE es reconeix com a bilingüe (BL). La creença que el bilingüisme afecta el desenvolupament cerebral és antiga, però les connotacions que hi estan associades han canviat molt amb el temps. Inicialment eren clarament negatives, com ara que aprendre dues llengües podia resultar confús per als infants¹, o fins i tot que podia produir retard². Més d'un segle després, alguns professionals educatius i clínics continuen mostrant-se escèptics respecte al bilingüisme, i recomanen als pares d'infants amb problemes d'aprenentatge que simplifiquen el context lingüístic, i renunciïn al bilingüisme, malgrat que hi ha evidència que el bilingüisme podria comportar avantatges comunicatius i cognitius, tant a curt com a llarg termini (Bialystok et al. 2012, Fiszer 2008).

Si ens centrem en les bases neurals del llenguatge, el model tradicional de Wenicke-Geschwind, que distingeix entre comprensió (amb centre neural a l'àrea de Wernicke) i producció (a l'àrea de Broca), està essent substituït per una nova divisió: processos automàtics i controlats (Abutalebi i Green 2007, citats per Struys et al. 2013). El nou model proposa que les àrees de Broca³ i Wernicke estarien implicades en el processament automàtic, mentre que unes altres regions cerebrals s'encarregarien del processament controlat. La funció d'aquest últim, també conegut com a *control cognitiu* o *funció executiva*, consistiria a suprimir les interferències de la informació no rellevant, inhibir les respostes inadequades i seleccionar els trets rellevants de la tasca per a executar-la. Tot això no recauria sobre una única regió cerebral, sinó sobre una xarxa neural formada per les escorces prefrontal, cingulada anterior i parietal inferior, així com pel nucli caudat i els ganglis basals (Struys et al. 2013).

Una de les dificultats inicials de la investigació és com cal decidir si algú és BL o no. Actualment ja no és tan freqüent trobar monolingües (ML) purs (sense contacte amb una altra llengua que no siga la familiar), tot i que haver tingut contacte amb altres llengües i saber-ne algunes frases no ens converteix en BL. Les propostes per a discriminar entre BL i ML van des de les més estrictes, que consideren BL només qui parla amb total fluïdesa dues llengües (Bloomfield 1933), fins a les més laxes, que accepten que ho és qui pot funcionar en dos idiomes, per satisfer unes necessitats determinades (Grosjean 1989,

¹ "Si fos possible per a un infant viure en dues llengües al mateix temps igual de bé, encara seria pitjor. El seu creixement intel·lectual no es multiplicaria per dos sinó que es dividiria. La unitat de ment i caràcter tindrà més dificultats per a manifestarse en aquestes circumstàncies" (Laurie 1890: 15, citat per Baker 2001: 135)

² "[...] l'ús d'una llengua estrangera a casa és un dels principals factors que produeixen retard mental tal com es mesura amb els tests d'intel·ligència" (Goodenough 1926: 393, citat per Bialystok et al. 2012: 248).

³ Estudis recents han observat que l'àrea de Broca també està implicada al processament del llenguatge i que és possible parlar sense aquesta àrea (Struys et al. 2013).

citat per Fiszer 2008). Convé afegir que, dins del bilingüisme, també s'han proposat diverses classificacions (Wei 2006), i els estudis solen tenir en compte tres variables principals: edat d'adquisició, competència i freqüència d'ús de cada llengua.

S'ha proposat (Gorlitzer von Mundy 1959, citat per Gómez-Ruiz 2010) que els BL experimentarien una més gran lateralització cerebral del llenguatge⁴, però la inconsistència dels resultats obtinguts (Paradis 1990; 1992; 1995; 2002; 2007, citat per Gómez-Ruiz 2010) no permet afirmar que l'hemisferi dret tinga un paper diferent en BL i ML, i remarca la necessitat de revisar els paradigmes utilitzats i de justificar per què cada procediment produeix resultats diferents. A més, en lloc de confirmar-se la pressuposició que la primera llengua (L1) i la segona llengua (L2) estan necessàriament representades en regions diferents del cervell, l'evidència disponible (Perani i Abutalebi 2005) indica que ambdues són processades pels mateixos dispositius neurals, que varien en funció de l'edat d'adquisició, el grau de competència i el nivell d'exposició a la L2. Atenent a tot allò exposat, i tenint en compte que els BL han de dominar dos vocabularis i dos sistemes fonològics, el bilingüisme podria suposar un esforç cognitiu extra i els costos associats podrien manifestar-se en forma de desavantatges lingüístics.

Així sembla que els infants BL tenen un vocabulari més reduït en cadascuna de les dues llengües (Bialystok et al. 2009 i Oller et al. 2007, citats per Sadat et al. 2012), tot i que el nombre de paraules que utilitzen, tot considerant els dos idiomes, és superior en els bilingües.

També s'ha observat, en BLs adults, una vulnerabilitat més gran al fenomen conegut com *en la punta de la llengua*, així com alguns desavantatges en producció lingüística en tasques de laboratori (Bialystok et al. 2008, Gollan et al. 2001, Gollan et al. 2004, Gollan et al. 2002, Portocarrero et al. 2007, Rosselli et al. 2000, Rosselli et al. 2002. Citats per Sadat et al. 2012). Aquest desavantatge s'ha documentat més per a la L2 que no per a la L1 (Ivanova i Costa 2008, citats per Sadat et al. 2012).

També s'han referit avantatges dels BL en nombroses tasques extralingüístiques, com ara les relacionades amb creativitat (Jacobs i Pierce 1966, Kessler i Quinn 1987, Ricciardelli 1992. Citats per Fiszer 2008), pensament divergent i imaginació (Ricciardelli 1992), resolució de problemes (Seceda 1991 i Costa et al. 2006, citats per Fiszer 2008; Bialystok et al. 1998, citat per Bialystok et al. 2012), memòria de treball (Morales et al. 2013), memòria episòdica (Ljungberg et al. 2013) i control cognitiu (Bialystok 1999, Bialystok et al. 2004 i 2005, Bialystok et al. 2005 i Costa et al. 2007, citat per Fiszer 2008). Així mateix, recentment s'ha referit un avantatge addicional, com és la capacitat superior per a modificar el punt de vista, que aporta flexibilitat al comportament de les persones bilingües (Athanasopoulos et al. 2015).

2. BILINGÜISME EN EL CERVELL

En la investigació sobre el substrat neural del bilingüisme s'observa una tendència a centrar-se en la relació amb la plasticitat funcional, és a dir, l'augment o la disminució del teixit neural implicat en una determinada habilitat a causa de l'experiència o de lesions (Struys 2013). Es disposa, per tant, de menys informació sobre plasticitat estructural, entesa com els canvis en el volum i la qualitat de les estructures neurals, que poden afectar tant la substància grisa (SG)⁵ com la blanca (SB)⁶ (Struys 5 6 2013). No obstant

⁴ Aquest autor fou el primer a parlar de lateralització en els BL i proposava que la llengua que s'havia après de forma oral es localitzava a tots dos hemisferis i la llengua que s'havia après formalment (oral i escrit) es lateralitzava a l'hemisferi esquerre.

⁵ La SG és el teixit del sistema nerviós central que està format pels somes de les neurones i les prolongacions d'aquests que no estan recobertes de mielina.

això, sembla que l'interès creixent per les estructures anatòmiques implicades en els processos cognitius, així com el desenvolupament de les tècniques de neuroimatge (Li et al. 2014), han afavorit la producció d'estudis centrats en els canvis estructurals derivats d'aprendre dues llengües.

Així, el debat *nature-nurture* aportaria dues propostes no incompatibles sobre la relació bilingüisme-cervell. Mentre que determinades característiques neuroanatòmiques (*nature*) podrien predisposar, per exemple, a una facilitat superior per a adquirir habilitats lingüístiques (Ortiz-Mantilla et al. 2010, citat per Struys et al. 2013), l'aprenentatge i la pràctica d'una L2 (*nurture*) podrien modificar certes característiques neuroanatòmiques (SG i SB) de les àrees implicades en el llenguatge (Li et al. 2014). És en aquest últim punt que se centra la present revisió.

3. SUBSTÀNCIA GRISA

Una de les àrees cerebrals en què s'han trobat canvis en el volum de la SG en els BL és el gir posterior supramarginal, al lòbul parietal inferior, que ha estat relacionat amb el vocabulari en els ML (Lee et al. 2007). El primer estudi sobre SG i bilingüisme de què tenim constància (Mechelli et al. 2014) trobà un volum superior de SG en els BL, relacionat positivament amb la competència lingüística i negativament amb l'edat d'adquisició. Un estudi posterior (Grogan et al. 2012) no va replicar aquests resultats però sí que trobà més volum de SG en el grup multilingüe. Açò podria estar relacionat amb la quantitat de vocabulari. Al gir frontal inferior, on es troba l'àrea de Broca, implicada en producció del llenguatge, processament automàtic i canvi de llengua, s'han observat augments del volum de SG després de cinc mesos d'immersió lingüística (Stein et al. 2012) i de tres mesos de curs intensiu d'una L2, especialment en els aprenents menys competents (Mårtensson et al. 2013). Això podria estar relacionat amb les demandes funcionals de producció, en el cas dels competents, i de recepció en el cas dels menys competents, i reflecteix l'estreta relació entre funció i estructura. Un altre estudi (Klein et al. 2013) no trobà cap canvi estructural quan l'aprenentatge de les dues llengües era simultani, però sí quan era seqüencial, cosa que podria reflectir els diferents processos d'aprenentatge: implícit en els BL simultanis i explícit en els seqüencials, i remarcaria el paper de l'edat d'adquisició en els canvis estructurals.

A més, a la pars opercularis, al gir frontal inferior, associada amb aspectes fonològics de la llengua, s'ha trobat que el volum de la SG correlacionava positivament amb l'eficiència lèxica en la L2 i negativament amb l'edat d'adquisició (Hosoda et al. 2012).

Altres àrees on s'ha observat més densitat de la SG als BL han estat l'escorça cingulada anterior (Abutalebi et al. 2011), relacionada amb el control cognitiu, el gir frontomedial (Mårtensson et al. 2012), que forma part de la xarxa articulatòria i està també implicat en el processament de dalt a baix, el gir de Heschl (Ressel et al. 2012), part fonamental de l'escorça auditiva, l'hipocamp dret (Mårtensson et al. 2012), implicat en l'aprenentatge mitjançant associació, el cerebel (Pliatsikas et al. 2013), implicat en el processament gramatical, i el lòbul temporal (Stein et al. 2012), implicat en la xarxa semàntica que integra informació externa (auditiva, visual...) i interna (emocions, memòria...).

⁶ La SB és el teixit del sistema nerviós central conformat per cèl·lules glials i axons recobertes de mielina. Aquesta fa la funció d'aïllant, entre d'altres, i té un paper fonamental en la transmissió i velocitat dels senyals nerviosos i, a més, és la responsable del color blanc a la SB. Té un rol fonamental en les habilitats cognitives com el llenguatge.

4. SUBSTÀNCIA BLANCA

Al cos callós (CC), l'estructura més important de SB que uneix tots dos hemisferis, s'ha trobat més densitat de SB al segment mitjà anterior (implicat en funcions motores i el processament fonològic) en BL (Coggins et al. 2004). Un altre estudi (Luk et al. 2011) trobà una integritat superior de la SB en BL ancians així com més connectivitat distribuïda⁷, mentre que els ML presentaven més connectivitat γ intrafrontal. Açò podria ser indicatiu que la SB compensaria el deteriorament de la SG en els BL. Altres estudis (Schlegel et al. 2012) observaren una correlació positiva entre la SB al genoll del CC i la competència lingüística en la L2, i una menor densitat de la SB en el segment anterior del CC, que podria indicar una millor comunicació de l'àrea de Broca amb l'àrea simètrica de l'hemisferi dret en els ML. També s'ha observat una menor integritat de SB en subjectes BL respecte a un grup ML amb les mateixes capacitats cognitives, que podrien compensar la degeneració d'aquesta integritat mitjançant xarxes de funció executiva més eficients (Gold et al. 2013).

Pel que fa al lòbul frontal, amb implicacions en el processament lingüístic i el control cognitiu, s'ha observat un augment progressiu del volum de SB en subjectes ML que feien un curs intensiu d'una L2 durant tres mesos, correlacionant positivament amb competència lingüística (Schlegel et al. 2012). En BL primerencs també s'ha observat una connectivitat superior en àrees temporoparietals i frontals esquerres (García-Pentón et al. 2014).

A la pars opercularis s'ha observat una correlació entre la densitat de la SB i el rendiment lingüístic en la L2, sent necessària la pràctica continuada perquè es mantinga aquest canvi (Hosoda et al. 2013).

Altres àrees a esmentar són el nucli caudat, part dels ganglis basals i implicat en el processament controlat del llenguatge, i l'escorça cingulada (Cummine et al. 2013), que presentaven una correlació negativa amb el temps de resposta en una tasca de denominació en BL tardans. El fascicle occipitofrontal inferior esquerre, ja esmentat, presentà més densitat de SB que correlacionava positivament amb l'edat d'adquisició (Mohades et al. 2012). D'altra banda, les regions temporoparietals i occipitals esquerres, associades al processament i control del llenguatge, també han presentat més densitat als BL (García-Pentón et al. 2014).

5. RESERVA COGNITIVA I DEMÈNCIA

La hipòtesi de la reserva cognitiva (RC) postula que les diferències individuals en les bases neurals o processos cognitius que subjauen al rendiment en el desenvolupament de tasques fan que unes persones s'enfronten amb més èxit que altres al dany cerebral (Stern 2009). Així, una RC més gran facilitaria un ús més eficaç de les xarxes cerebrals, o d'estratègies cognitives alternatives⁸.

Així, es podria entendre el bilingüisme com un facilitador de la plasticitat neural que permet fer front al dany cerebral. En el cas de la demència i, concretament en el mal d'Alzheimer (MA), una revisió destaca que aproximadament un 30% dels individus que

⁷ Entenem per *connectivitat distribuïda* la comunicació entre xarxes neurals que estan situades a regions cerebrals distants entre si. Aquesta podria implicar una facilitació en la transferència d'informació entre aquestes i en conseqüència un millor rendiment executiu.

⁸ És a dir: "Amb un nivell similar de patologia cerebral, s'espera que aquells que tenen més reserva cognitiva presenten menys deteriorament cognitiu, i que entre subjectes amb un estatus cognitiu similar, aquells amb més reserva cognitiva siguin més capaços de tolerar graus més elevats de patologia" (Díaz-Orueta et al. 2010: 150).

excedien els criteris patològics en l'autòpsia, no havien manifestat deteriorament cognitiu en vida (Valenzuela et al. 2006). Sembla que en aquest desajustament hi té un rol fonamental la RC. Segons aquesta revisió, el millor predictor de la demora en l'aparició de la demència seria fer activitats mentalment estimulants⁹. D'acord amb la hipòtesi de l'ambient bilingüe enriquit¹⁰, el bilingüisme contribuiria a la RC. Els mecanismes concrets dels possibles efectes neuroprotectors del bilingüisme en els processos d'envelliment són encara desconeguts. Tanmateix, els estudis fets suggereixen que la superior complexitat de l'activitat neural, especialment pel que fa al control executiu i la cognició semàntica, podria ser l'origen dels canvis neuroplàstics que contrarestarien el deteriorament cognitiu causat per la neurodegeneració associada a l'envelliment o a processos patològics (Abutalebi et al. 2014).

Pel que fa a la demència, trobem que el bilingüisme ha estat associat a un retard d'entre 4 i 5 anys en l'aparició del MA (Alladi et al. 2013, Bialystok et al. 2007, Craik et al. 2010, Gollan et al. 2011), que s'ha observat fins i tot en estadis primerencs de la patologia (Ossher et al. 2012), i que s'estén a uns altres tipus de demència (Alladi et al. 2013).

Cal destacar que no s'ha trobat relació entre bilingüisme i velocitat del declivi cognitiu, una vegada apareixen els primers símptomes el ritme d'avanç de la malaltia és el mateix.

D'altra banda, convé esmentar la polèmica establerta al voltant de les possibles variables estranyes (estatus migratori, nivell educatiu, ocupació...), les quals han contribuït al qüestionament dels resultats d'alguns estudis (Bialystok et al. 2007, Chertkow et al. 2010, Gollan et al. 2011). Així, algunes investigacions s'han centrat especialment a esbrinar el paper d'aquestes variables. Els últims estudis semblen indicar que els efectes del bilingüisme sobre l'aparició de la demència són independents d'aquestes variables (Alladi et al. 2013). També n'hi ha evidències físiques com el volum més elevat de SG (Abutalebi et al. 2014) i SB (Luk et al. 2011) en els BL en regions afectades pel MA, o més atrofia cerebral en BL respecte a ML amb el mateix rendiment cognitiu (Schweizer et al. 2012). D'altra banda, els resultats obtinguts, tot considerant les possibles variables estranyes com a potencials moduladors (Gollan et al. 2011), plantegen la possibilitat que hi haja un límit màxim de RC acumulable a partir del qual el fet de fer més activitats ja no produiria cap increment addicional.

6. CONCLUSIONS

Ateses les limitacions dels estudis que relacionen demència i bilingüisme (dimensions mostrals insuficients, ús de diferents definicions de bilingüisme i de criteris per a establir la competència lingüística, predominança d'estudis retrospectius i transversals, etc.), cal ser prudents a l'hora de formular conclusions. Així, les nostres conclusions són les següents:

1. El bilingüisme pot afavorir un increment de la densitat de la SG, en qualsevol edat, com a resultat tant de la pràctica continuada i durant llargs períodes de temps, com de l'aprenentatge a curt termini.

⁹ En 2010 hi havia al món més de 35 milions de persones amb demència, amb un cost econòmic estimat en 604 mil milions de dòlars. La previsió és que en 2050 hi haurà 115,4 milions de pacients d'aquesta patologia que hom considera crònica i, fins ara, incurable. Si considerem la forta càrrega econòmica i social que representa, els factors que puguen retardar l'aparició de la demència assoleixen una gran importància científica i social. S'estima, per exemple, que un retard de només un any en l'aparició del MA reduiria en 12 milions el nombre de malalts en 2050 (Brodaty et al. 2011).

¹⁰ Aquesta considera que el bilingüisme produeix ambients enriquits que induïrien plasticitat estructural en el cervell humà (Struys et al. 2013).

2. La SB no sempre varia conjuntament amb la SG i sembla prou clar que la pràctica bilingüe continuada exerceix un rol crític en el manteniment dels canvis estructurals.
3. Les regions cerebrals que experimenten millores amb el bilingüisme estan implicades en les funcions lingüístiques.
4. L'edat d'adquisició del segon idioma i la competència lingüística són variables que poden afectar els canvis estructurals.
5. Mentre que en BL s'ha observat una connectivitat funcional més distribuïda, els ML presenten més connectivitat intrafrontal. Algunes àrees cerebrals que presenten deteriorament cognitiu a causa de l'envelliment podrien ser més vulnerables a la neurodegeneració en els ML.
6. El bilingüisme ha estat associat a un retard d'entre 4 i 5 anys en l'aparició del mal d'Alzheimer, que s'ha observat fins i tot en estadis primerencs de la patologia, i que es pot estendre a altres tipus de demència. En canvi, no s'ha trobat relació entre bilingüisme i velocitat del declivi cognitiu, després de l'aparició dels primers símptomes.
7. Malgrat l'evidència existent sobre la relació entre complexitat ambiental i RC, i de la probable funció neuroprotectora de la RC, és difícil saber si les activitats que estimulen la cognició milloren el rendiment, o si, en sentit contrari, és la capacitat d'assolir un millor rendiment cognitiu, el factor que predisposa a dur a terme aquestes activitats i proporciona una protecció natural contra l'aparició de la demència. Com que l'aprenentatge d'una (segona) llengua ve determinat en la majoria dels casos per les característiques de l'entorn i no per les capacitats cognitives dels subjectes, estudiar la relació del bilingüisme amb l'aparició de demències pot superar el problema esmentat i facilitar l'avaluació dels efectes de l'ambient enriquert sobre la RC.
8. La reserva cognitiva és un concepte clau per abordar la prevenció, i sembla que el bilingüisme és una condició d'exigència cognitiva que contribuiria a millorar-la, tal com ho fan altres activitats estimulants de caràcter intel·lectual o social, amb millors resultats, fins ara, que cap intervenció farmacològica, sobre el retard de l'aparició de la demència.
9. És probable que hi haja un límit màxim de reserva cognitiva acumulable a partir del qual el fet de fer més activitats ja no induiria cap increment addicional. Així, és rellevant la pregunta sobre si la RC podria continuar millorant amb activitats que estimulen estructures cerebrals diferents d'aquelles implicades en el llenguatge. Aquestes hipòtesis poden ser punt de partida per a futures investigacions sobre el fenomen de la reserva cognitiva.

Així, en la nostra opinió, les futures investigacions sobre la repercussió cerebral del bilingüisme haurien de centrar-se a:

- Aprofundir en el rol de la competència lingüística i de l'edat d'adquisició de la segona llengua.

- Determinar si el nombre d'idiomes parlats (dos o més) té repercussions estructurals diferents.
- Establir la temporalitat amb què es produeixen els canvis estructurals derivats de l'aprenentatge o l'ús d'una segona llengua.
- Esclarir si els canvis en SG i SB responen a un mateix procés o si es produeixen independentment.

7. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

ABUTALEBI, JUBIN; CANINI, MATTEO; DELLA ROSA, PASQUALE A.; SHEUNG, LO PING; GREEN, DAVID W.; WEEKE, BRENDAN S. (2014). «Bilingualism protects anterior temporal lobe integrity in aging». *Neurobiology of Aging*, 35, 2126-2133.

ABUTALEBI, JUBIN; DELLA ROSA, PASQUALE A.; GREEN, DAVID W.; HERNANDEZ, MIREIA; SCIFO, PAOLA; KEIM, ROLAND; CAPPÀ, STEFANO F.; COSTA, ALBERT (2011). «Bilingualism Tunes the anterior Cingulate Cortex for Conflict Monitoring». *Cerebral Cortex*, 21(9), 2076-86.

ATHANASOPOULOS, PANOS; BYLUND, EMANUEL; MONTERO-MELIS, GUILLERMO; DAMJANOVIC, LJUBICA; SCHARTNER, ALINA; KIBBE, ALEXANDRA; RICHES, NICK; THIERRY, GUILLAUME (2015). Two languages, two minds: flexible cognitive processing driven by language of operation. *Psychological Science*, 26(4), 518-26.

BAKER, COLIN (2001). *Foundations of Bilingual Education and Bilingualism*. Clevedon: Multilingual matters.

BIALYSTOK, ELLEN; CRAIK, FERGUS IM; FREEDMAN, MORRIS (2007). «Bilingualism as a protection against the onset of symptoms of dementia». *Neuropsychologia*, 45, 459-464.

BIALYSTOK, ELLEN; CRAIK, FERGUS IM; LUK, GIGI (2012). «Bilingualism: consequences for mind and brain». *Trends in Cognitive Sciences*, 16(4), 240-250.

BLOOMFIELD, LEONARD (1933). *Language And Linguistics*. Londres: George Allen & Unwin.

BRODATY, HENRY; BRETELER, MONIQUE; DEKOSKY, STEVEN; DORENLOT, PASCALE; FRATIGLIONI, LAURA; HOCK, CHRISTOPH; KENIGSBERG, PAUL-ARIEL; SCHELTENS, PHILIP; STROOPER, BART DE (2011). «The world of dementia beyond 2020». *Journal American Geriatric Society*, 59(5), 923-7.

CHERTKOW, HOWARD; WHITEHEAD, VICTOR; PHILLIPS, NATALIE; WOLFSON, CHRISTINA; ATHERTON, JULIE; BERGMAN, HOWARD (2010). «Multilingualism (but not always bilingualism) delays the onset of Alzheimer disease: evidence from a bilingual community». *Alzheimer Disease and Associated Disorders*, 24(2), 118-125.

COGGINS III, PORTER E.; KENNEDY, TERESA J.; ARMSTRONG, TERRY A. (2004). «Bilingual corpus callosum variability». *Brain & Language*, 89, 69-75.

CRAIK, FERGUS IM.; BIALYSTOK, ELLEN; FREEDMAN, MORRIS (2010). «Delaying the onset of Alzheimer disease: bilingualism as a form of cognitive reserve». *Neurology*, 75, 1726-1729.

CUMMINE, JACQUELINE; BOLIEK, CAROL A. (2013). «Understanding white matter integrity stability for bilinguals on language status and reading performance». *Brain Structure & Function*, 218(2), 595-601.

EUROPEAN COMMISSION (2006). *Special Eurobarometer 243: Europeans and their Languages (Executive Summary)* [en línia]. Europa web portal. <http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_243_sum_en.pdf> [Consulta: 1 març 2014].

FISZER, CHAVIE (2008). *The Effect of Bilingualism on Cognition: Evidence from Early and Late Bilinguals*. Tesi final de màster. EHESS-ENS-PARIS5.

GARCÍA-PENTÓN, LORNA; PÉREZ FERNÁNDEZ, ALEJANDRO; ITURRIAMEDINA, YASSER; GILLON-DOWENS, MARGARET; CARREIRAS, MANUEL (2014). «Anatomical connectivity changes in the bilingual brain». *NeuroImage*, 84, 495-504.

GOLD, BRIAN T.; JOHNSON, NATHAN F.; POWELL, DAVID K. (2013). «Lifelong bilingualism contributes to cognitive reserve against white matter integrity declines in aging». *Neuropsychologia*, 51(13), 2841-2846.

GOLLAN, TAMAR H.; SALMON, DAVID P.; MONTOYA, ROSA I.; GALASKO, DOUGLAS R. (2011). «Degree of bilingualism predicts age of diagnosis of Alzheimer's disease in low-education but not in highly educated Hispanics». *Neuropsychologia*, 49, 3826-3830.

GÓMEZ-RUIZ, M^a ISABEL (2010). «Bilingüismo y cerebro: mito y realidad». *Neurología*, 25(7), 443-452.

GROGAN, ANNE; PARKER JONES, ŌIWI; ALI, NILUFA; CRINION, JENNY; ORABONA, SALVATORE; MECHIAS, MARIE-LUISE; RAMSDEN, SUE; GREEN, DAVID; PRICE, CATHY (2012). Structural correlates for lexical efficiency and number of languages in non-native speakers of English. *Neuropsychologia*, 50(7), 1347-1352.

HOSODA, CHIHIRO; TANAKA, KANJI; NARIAI, TADASHI; HONDA, MANABU; HANAKAWA, TAKASHI (2012). «Dynamic neural network reorganization associated with second language vocabulary acquisition: a multimodal imaging study». *Journal of Neuroscience*, 33(34), 13663-13672.

KLEIN, DENISE; MOK, KELVIN; CHEN, JEN-KAI; WATKINS, KATE E. (2013). «Age of language learning shapes brain structure: A cortical thickness study of bilingual and monolingual individuals». *Brain & Language*, 131, 20-24.

LEE, HWEELING; DEVLIN, JOSEPH T.; SHAKESHAFT, CLARE; STEWART, LAUREN H.; BRENNAN, AMANDA; GLENSMAN, JEN; PITCHER, KATHERINE; CRINION, JENNY; MECHELLI, ANDREA; FRACKOWIAK, RICHARD S.J.; GREEN, DAVID W.; PRICE, CATHY J. (2007). «Anatomical traces of vocabulary acquisition in the adolescent brain». *Journal of Neuroscience*, 1184-1189.

LI, PING; LEGAULT, JENNIFER; LITCOFSKY, KAITLYN A. (2014). «Neuroplasticity as a function of second language learning: Anatomical changes in the human brain». *Cortex*, 1199, 1-24.

LJUNGBERG, JESSICA K.; HANSSON, PATRIK; ANDRES, PILAR; JOSEFSSON, MARIA; NILSSON, LARS-GÖRAN (2013). «A Longitudinal Study of Memory Advantages in Bilinguals». *PLoS ONE*, 8(9), e73029.

LUK, GIGI; BIALYSTOK, ELLEN; CRAIK, FERGUS IM; GRADY, CHERYL L. (2011). «Lifelong bilingualism maintains white matter integrity in older adults». *Journal of Neuroscience*, 31, 16808-16813.

MÅRTENSSON, JOHAN; ERIKSSON, JOHAN; BODAMMER, NILS CHRISTIAN; LINDGREN, MAGNUS; JOHANSSON, MIKAEL; NYBERG, LARS; LÖVDÉN, MARTIN (2013). «Growth of language-related brain areas after foreign language learning». *Neuroimage*, 240-244.

MECHELLI, ANDREA; CRINION, JENNY T.; NOPPENY, UTA; O'DOHERTY, JOHN; ASHBURNER, JOHN; FRACKOWIAK, RICHARD S.; PRICE, CATHY J. (2014). «Structural plasticity in the bilingual brain: proficiency in a second language and age at acquisition affect grey-matter density». *Nature*, 431(7010), 757.

MOHADES, SEYEDE G.; STRUYS, ESLI; VAN SCHUERBEEK, PETER; MONDT, KATRIEN, VAN DE CRAEN, PIET; LUYPAERT, ROBERT (2012). «DTI reveals structural 124 differences in white matter tracts between bilingual and 125 monolingual children». *Brain Research*, 1435, 72-80.

MORALES, JULIA; CALVO, ALEJANDRA; BIALYSTOK, ELLEN (2013). «Working memory development in monolingual and bilingual children». *Journal of Experimental Child Psychology*, 114, 187–202.

OSSHER, LYNN; BIALYSTOK, ELLEN; CRAIK, FERGUS IM; MURPHY, KELLY J.; TROYER, ANGELA K. (2012). «The effect of bilingualism on amnesic mild cognitive impairment». *The Journals of Gerontology Series B*, 68(1), 8-12.

PERANI, DANIELA; ABUTALEBI, JUBIN (2005). «The neural basis of first and second language processing». *Current Opinion in Neurobiology*, 15, 202–206.

PLIATSIKAS, CHRISTOS; JOHNSTONE, TOM J.; MARINIS, THEODOROS (2013). «Grey matter volume in the Cerebellum is related to the processing of grammatical rules in a second language: a structural voxel-based morphometry study». *Cerebellum*, 1-9.

RESSEL, VOLKER; PALLIER, CHRISTOPHE; VENTURA-CAMPOS, NOELIA; DÍAZ, BEGOÑA; ROESSLER, ABEBA; ÁVILA, CÉSAR; SEBASTIÁN-GALLÉS, NÚRIA (2012). «An effect of bilingualism on the auditory cortex». *Journal of Neuroscience*, 32(47), 16597-16601.

RICCIARDELLI, LINA A. (1992). «Creativity and bilingualism». *The Journal of Creative Behavior*, 26(4), 242-254.

SADAT, JASMIN; MARTIN, CLARA D.; ALARIO, F. XAVIER; COSTA, ALBERT (2012). «Characterizing the Bilingual Disadvantage in Noun Phrase Production». *Journal of Psycholinguistic Research*, 41(3), 159-179.

SCHLEGEL, ALEXANDER A.; RUDELSON, JUSTIN J.; PETER, U. TSE (2012). «White matter structure changes as adults learn a second language». *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24(8), 1664-1670.

SCHWEIZER, TOM A.; WARE, JENNA; FISCHER, CORINNE E.; CRAIK, FERGUS IM; BIALYSTOK, ELLEN (2012). «Bilingualism as a contributor to cognitive reserve: Evidence from brain atrophy in Alzheimer's disease». *Cortex*, 48(8), 991-996.

STEIN, MARIA; FEDERSPIEL, ANDREA; KOENIG, THOMAS; WIRTH, MIRANKA; STRIK, WERNER; WIEST, ROLAND; BRANDEIS, DANIEL; DIERKS, THOMAS (2012). «Structural plasticity in the language system related to increased second language proficiency». *Cortex*, 458-465.

STERN, YAAKOV (2009). «Cognitive reserve». *Neuropsychologia*, 47, 2015-2028.

STRUYS, ESLI (2013). *Functional and Structural Plasticity in the Bilingual Brain: An Investigation into the Development of Cognitive Processing in Bilingual Populations*. Tesi doctoral. Vrije Universiteit Brussel.

VALENZUELA, MICHAEL J.; SACHDEV, PERMINDER (2006). «Brain reserve and cognitive decline: a non-parametric sistematice review». *Psychological medicine*, 1065-1073.

WEI, LI (2006). «Complementary schools, past, present and future». *Language and Education*, 20(1), 76-83.