

Máster en enseñanza del catalán y el español como segundas lenguas

Universitat de Girona, 2020

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

## **LA LENGUA EN EL CEREBRO**

**APORTACIONES DE LA NEUROCIENCIA A LA ADQUISICIÓN DE SEGUNDAS LENGUAS**

JAUME LLORENS

TUTORA: BLANCA PALMADA

# CONTENIDOS

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO 1. LA NEUROCIENCIA COGNITIVA Y EL ESTUDIO DE LA LENGUA</b>	<b>10</b>
1.1. El cerebro humano	10
1.2. La neurociencia cognitiva y el estudio de la lengua	12
1.3. Métodos de la neurociencia para el estudio del lenguaje en el cerebro	13
1.4. Los estudios de bilingüismo	15
<b>CAPÍTULO 2. ASOCIACIONES Y EXPERIENCIA</b>	<b>17</b>
2.1. Conectividad y asociaciones: qué hacen las neuronas	17
2.2. Las neuronas espejo y el origen del lenguaje	19
2.3. Asociaciones neuronales y el aprendizaje de una L2	20
2.4. Cambios en el cerebro basados en la experiencia	23
2.5. Aprendizaje en contexto de clase y aprendizaje en inmersión	24
2.6. Inmersión y realidad virtual	27
<b>CAPÍTULO 3. EMOCIONES Y EMPATÍA</b>	<b>29</b>
3.1. El cerebro social	29
3.2. Lengua y emociones en el cerebro	30
3.3. La empatía y la lengua	33
<b>CAPÍTULO 4. NEUROPLASTICIDAD</b>	<b>36</b>
4.1. Neuroplasticidad	36
4.2. La experiencia y la plasticidad del cerebro	38
4.3. Neuroplasticidad y aprendizaje de segundas lenguas	39

<b>CAPÍTULO 5. ACULTURACIÓN</b>	<b>44</b>
5.1. Determinismo lingüístico: lengua y pensamiento	44
5.2. La categorización del mundo	46
5.3. Aculturación	48
5.4. La adquisición de patrones mentales nativos	49
<b>CONCLUSIÓN</b>	<b>52</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>54</b>

## INTRODUCCIÓN

Cuando estudiamos la lengua, esta puede ser entendida desde muchas perspectivas: lingüistas y docentes ponen énfasis en la estructura, logopedas y psicólogos se centran en los procesos mentales implicados en la producción del lenguaje, sociólogos e historiadores la estudian en función de su aspecto cultural, etc. Todas estas perspectivas son complementarias, y pueden ayudarnos a nuestra comprensión del fenómeno del lenguaje. Otra perspectiva es el planteamiento de la lengua como una función biológica del ser humano, y la consideración de la lengua en relación con lo que sucede en nuestro cerebro cuando procesamos el lenguaje.

El lenguaje, como un código de comunicación, no es exclusivo del ser humano, pues otras especies de animales también han desarrollado una capacidad para la comunicación, pero el lenguaje del ser humano tiene sus propias características. Como Steven Pinker escribía en *The Language Instinct*, "(we) belong to a species with a remarkable ability: we can shape events in each other's brains with exquisite precision. (...) That ability is language. Simply by making noises with our mouths, we can reliably cause precise new combinations of ideas to arise in each other's minds" (1994: 6). Pinker considera el lenguaje como una adaptación evolutiva de nuestra especie, y remarca su importancia como la habilidad que nos ha permitido la cooperación entre un gran número de individuos y la creación de comunidades y estructuras sociales complejas.

La interpretación moderna del lenguaje, revisada más recientemente por Noam Chomsky, fue inaugurada precisamente por Charles Darwin en *The Descent of Man* (1871). En su obra más conocida, *On the Origin of Species* (1859), Darwin presentó la teoría de la evolución y describió los procesos de la selección natural, y en *The Descent of Man*, el biólogo británico focalizó su objeto de estudio en la evolución de una especie: la nuestra. Darwin describe el lenguaje como análogo a las

otras adaptaciones biológicas del ser humano: es un órgano que se ha desarrollado de forma lenta e inconsciente. Para Darwin, hablar del lenguaje implica hablar del funcionamiento biológico de nuestro cerebro, y añade que:

it [language] certainly is not a true instinct, for every language has to be learned. It differs, however, widely from all ordinary arts, for man has an instinctive tendency to speak, as we see in the babble of our young children; while no child has an instinctive tendency to brew, bake, or write. Moreover, no philologist now supposes that any language has been deliberately invented; it has been slowly and unconsciously developed by many steps. (1871: página web)

Chomsky muestra la misma perspectiva hacia la lengua cuando escribe que las habilidades cognitivas del ser humano, como la lengua, "prove to be no less marvelous and intricate than the physical structures that develop in the life of the organism", y pregunta: "why, then, should we not study the acquisition of a cognitive structure such as language more or less as we study some complex bodily organ?" (Chomsky 1975: 10). De esta preocupación surge precisamente la influyente teoría de la gramática universal, que es como Chomsky llama a la habilidad del cerebro humano de construir un número ilimitado de frases a partir de un repertorio limitado de palabras –una teoría que queda reforzada por la observación de que los niños pueden desarrollar su capacidad para la lengua sin una instrucción formal.

Con Chomsky, Steven Pinker también defiende que el lenguaje es una estructura biológica de nuestro cerebro, y que como las otras adaptaciones biológicas, la lengua se ha desarrollado para cumplir funciones específicas, en este caso la de comunicar información de forma precisa (Pinker 1994).

Sin duda, la comprensión de cómo funcionan los sistemas cerebrales que producen el lenguaje puede ser muy importante para todos los profesionales de la lengua, como los docentes de segundas lenguas. La investigación sobre la lengua llevada a cabo en campos fuera de la lingüística ya ha tenido un impacto importante en cómo planteamos la docencia de una L2 pues, como señala Tokuhama-Espinosa, "el auge de nueva información relacionada con el bilingüismo y el cerebro que contribuye

a un cambio de paradigma en algunos aspectos de la enseñanza formal de lenguas extranjeras" (2013: 4).

Una disciplina que ha estudiado la lengua desde esta perspectiva es la lingüística cognitiva, una corriente que emergió en los años ochenta, influenciada por el pensamiento de Chomsky, y como una respuesta a las teorías formales sobre la lengua. Sus dos principales promotores fueron Ronald Langacker –autor de *Foundations of Cognitive Grammar* (1987)– y George Lakoff –autor de *Women, Fire and Dangerous Things* (1987). La lingüística cognitiva parte de la asunción de que el lenguaje refleja patrones de pensamiento, por lo que las lenguas ofrecen una ventana a la naturaleza, estructura y organización del pensamiento, y esta correlación entre las propiedades de la mente y el lenguaje es la característica que distingue la lingüística cognitiva de las otras corrientes que la precedieron.

Si la lingüística cognitiva estudia el lenguaje en relación con el pensamiento –con lo que llamamos la mente–, la neurociencia cognitiva estudia el lenguaje en relación con el cerebro, el órgano que *crea* la mente. La neurociencia cognitiva se centra en el funcionamiento electroquímico de las células del cerebro, las neuronas. Como escribe David Kemmerer en *Cognitive Neuroscience of Language*:

Organized networks of [neurons] manage to create our multifaceted mental worlds, representing everything from single colors to glorious sunsets, pure tones to symphonies (...), as well as supporting sophisticated abilities like producing and comprehending language. (2015: 8)

En el artículo titulado "Language and the Brain" (2005), Colin Philips y Sakai Kuniyoshi plantean que el lenguaje del ser humano se diferencia de los sistemas de comunicación de las otras especies en dos aspectos fundamentales: en primer lugar, los humanos son capaces de memorizar miles de palabras, cada una de las cuales contiene información compleja codificada en el uso de una secuencia arbitraria de sonidos, símbolos o gestos; y, en segundo lugar, los humanos son capaces de combinar el uso de estos símbolos para crear discursos, posibilitando la comunicación de un número infinito de significados (2005: 166). Teniendo en cuenta estas características del lenguaje humano, Philips y Kuniyoshi añaden que los estudios en el campo de la neurociencia cognitiva del lenguaje están

interesados en entender cuáles son las propiedades y los mecanismos del cerebro que hacen posible esta habilidad cognitiva (2005: 166). Las herramientas de la neurociencia cognitiva son tecnologías como la resonancia magnética, que permite realizar escáneres cerebrales, y ayudan a los neurocientíficos a comprender qué sucede en nuestro cerebro cuando escuchamos, aprendemos o hablamos una segunda lengua.

Un ejemplo de la aplicación de estos estudios al trabajo de los docentes es que pueden ayudarnos a desmentir creencias falsas que sostenemos sobre el aprendizaje y sobre la adquisición de segundas lenguas. Tokuhamas-Espinosa enumera algunas de estas creencias que la investigación reciente ha desvelado como incorrectas: por ejemplo, no es del todo correcto decir que los niños tengan más facilidad para aprender una L2 que los adultos, pues los adultos pueden en efecto aprender una L2 de forma mucho más eficiente que los niños si dedican la misma cantidad de tiempo al aprendizaje, con la notable excepción del acento; es falso que haya lenguas más difíciles que otras, ya que cuando nacemos tenemos la capacidad de recibir todos los sonidos, y es solo cuando hemos consolidado nuestra L1 y la comparamos con otras lenguas que percibimos algunas lenguas extranjeras como difíciles; o, también, es falso que aprender múltiples lenguas pueda causar confusión o sobrecarga cerebral, pues la plasticidad del cerebro permite la adquisición de varios idiomas a la vez (2013: 4).

Las últimas décadas han visto una verdadera explosión de estudios en el campo de la neurociencia del lenguaje, y se han estudiado fenómenos como la adquisición de la primera lengua, el procesamiento de la lengua en distintas áreas del cerebro, la relación de la lengua con otros fenómenos mentales como el pensamiento, las emociones o la empatía, y también se han realizado numerosos estudios sobre el bilingüismo y la adquisición de segundas lenguas. Sin embargo, esta abundancia de información aparece dispersa, y falta una narrativa que englobe las aportaciones en los distintos ámbitos para darnos una visión más general.

A la vez, los libros que recogen esta información son manuales de neurociencia: *Cognitive Neuroscience of Language* (2015) de David Kemmerer; *The Handbook of the Neuroscience of*

*Language* (2008) editado por Birgitte Stemmer y Harry Whitaker; *Neurobiology of Language* (2016) editado por Gregory Hickok y Steven Small; y partes específicas en *The Cognitive Neurosciences* (2009) editado por Michael Gazzaniga, y en *Principles of the Neural Sciences* (2000) editado por Eric Kandel y otros. Estos manuales, igual que los artículos publicados en revistas como *The Journal of Neuroscience*, *Cortex* o *Current Biology*, están escritos para un público especializado en las ciencias biológicas. Esto implica, en primer lugar, un énfasis en la descripción de los procesos electroquímicos del cerebro; y, en segundo lugar, que esta literatura, por su orientación especializada, resulta inaccesible para otro tipo de público no especializado en biología o neurología pero que también podría estar interesado en los temas tratados, como los profesionales de la pedagogía, la lingüística y la docencia de segundas lenguas –resultando en una interacción escasa entre ambos ámbitos.

El objetivo de este trabajo, por tanto, es describir el conocimiento que tenemos actualmente sobre los mecanismos cerebrales involucrados en la adquisición de segundas lenguas, sobre todo a partir de las aportaciones de la neurociencia cognitiva, y desde una perspectiva que tenga en cuenta sus implicaciones para la docencia.

El trabajo tendrá un enfoque teórico: consideraré las implicaciones de los aspectos discutidos para la docencia de una L2, pero no elaboraré propuestas didácticas o metodológicas, pues esto requeriría otro trabajo.

En el primer capítulo presentaré el campo de la neurociencia cognitiva, los estudios de la lengua en el cerebro, y los métodos utilizados para estos estudios, para que sirva como contexto para el resto del trabajo. Como En los capítulos dos a cinco discutiré un conjunto de fenómenos cerebrales que intervienen en la adquisición de segundas lenguas: los mecanismos neuronales que fundamentan el aprendizaje de una L2 y el papel de la experiencia (capítulo dos); la interacción de las emociones y la empatía con el aprendizaje de segundas lenguas (capítulo tres); la cuestión de la plasticidad del cerebro en relación con aprender lenguas como adultos (capítulo cuatro); y la relación entre la lengua

y el pensamiento, enfocando este debate desde la perspectiva de la aculturación y la adquisición de patrones mentales nativos (capítulo cinco).

Para elaborar este trabajo he consultado principalmente literatura especializada: artículos publicados en revistas académicas como las que he mencionado y capítulos específicos en libros sobre la neurociencia del lenguaje. Me he centrado directamente en la literatura que aborda la cuestión de la adquisición de segundas lenguas, y no he abordado otras cuestiones importantes en el campo de las neurociencia del lenguaje, como la adquisición de la L1 o el procesamiento la lengua en distintas áreas del cerebro. En cuanto a los estudios que he consultado, he optado por describirlos de forma concisa, exponiendo el planteamiento de los experimentos sin ahondar en la información técnica –las referencias y los enlaces de todos los estudios están en la bibliografía–, para centrarme en los resultados y sus repercusiones para el aprendizaje y docencia de una L2.

## CAPÍTULO 1

### LA NEUROCIENCIA COGNITIVA Y EL ESTUDIO DE LA LENGUA

#### 1.1. EL CEREBRO HUMANO

El lenguaje es una habilidad muy compleja en la que intervienen distintos órganos y sentidos: escribimos con nuestras manos, leemos con nuestros ojos y escuchamos con nuestros oídos. Sin embargo, estas capacidades son totalmente dependientes del cerebro, el órgano que se ocupa de producir e interpretar el lenguaje, entre muchas otras funciones. Podríamos decir, sin que fuera una hipérbole, que el lenguaje *existe* en el cerebro.

En la actualidad comenzamos a tener algunos conocimientos sobre el funcionamiento de este órgano, que no tan solo actúa como centro ejecutivo para el resto del organismo, sino que también produce nuestras capacidades para pensar, recordar, aprender, hablar, y nuestra propia percepción del *yo*. Nuestro conocimiento sobre el cerebro es incompleto y solo muy reciente, pues aunque los humanos tenemos una larga tradición de preguntarnos "para qué sirve esto", no siempre hemos prestado atención al cerebro: el corazón, situado en lo que se puede interpretar como el centro del cuerpo humano, con sus latidos que atestiguan la vida y su función claramente visible de bombear sangre por todo el cuerpo, era un candidato mucho más obvio para ser considerado el centro de la esencia humana. Puedes abrir un torso y ver para qué sirve el corazón, mientras que a simple vista el cerebro no parece hacer nada. Más importante, hasta hace poco ni siquiera teníamos las herramientas para estudiarlo.

Nuestra tradición científica y filosófica occidental ha querido trazar una narrativa que se remonta a la Grecia clásica, y las primeras consideraciones sobre la mente, el pensamiento y el lenguaje son

atribuidas a los filósofos griegos –ciencia, filosofía y mitos eran, por supuesto, una misma cosa hasta que el método empírico los segregó. Aristóteles llegó a la conclusión de que todos los procesos mentales tienen lugar en el corazón, y describió el cerebro como si fuera un mero aparato de aire acondicionado para enfriar la sangre (Kemmerer 2015: 3). Unos siglos más tarde, el médico romano Galeno, considerado (en retrospectiva) uno de los padres de la neurología, reivindicó el papel del cerebro como el órgano que manipula el resto del cuerpo a través del sistema nervioso y como el receptor de la información que adquirimos a través de los cinco sentidos.

Aun así, el corazón seguía teniendo un estatus superior, y la asociación del cerebro con la mente tuvo que esperar unos mil quinientos años más: David Kemmerer sitúa este momento a finales del siglo XVII, cuando el médico inglés Thomas Willis dedujo, tras una serie de experimentos anatómicos, que nuestras percepciones, capacidad de movimiento, la memoria y el pensamiento emergen del sistema nervioso, y por tanto dependen del cerebro. Un siglo después, el italiano Luigi Galvani descubrió que los impulsos que recorren nuestro sistema nervioso y cerebro son, de hecho, electricidad, y pasado aun otro siglo, a finales del XIX, el médico español Santiago Ramón y Cajal argumentó que estos impulsos eléctricos son señales que transmiten piezas de información, y que esta información es transmitida entre unas células que solo existen en el cerebro y que están organizadas en redes intrincadamente complejas. En su autobiografía *Recuerdos de mi vida*, Ramón y Cajal, que tenía un gusto por lo literario, describió estas recién descubiertas células del cerebro como "células de formas delicadas y elegantes, las misteriosas mariposas del alma, cuyo batir de alas quién sabe si esclarecerá algún día el secreto de la vida mental" (consultado en el CVC). Basándose en el trabajo de Ramón y Cajal, el patólogo alemán Heinrich Wilhelm Gottfried von Waldeyer-Hartz bautizó estas células como neuronas.

Ahora sabemos suficiente sobre el cerebro para apreciar su complejidad, y para saber que la tarea de estudiarlo no es menos que épica. Kemmerer lo expresa del siguiente modo:

The human brain contains nearly 100 billion neurons whose connecting fibers, if laid end to end, would stretch for about 150,000 kilometres. Even the cerebral cortex taken by itself holds about 30 billion neurons with 1 million billion connections, and if we were to count one of those connections every second, it would take 32 million years to cover them all. Needless to say, we are dealing here with a biological machine of unimaginable complexity. (2015: 4)

Es precisamente en esta compleja red de conexiones neuronales donde emerge el lenguaje. Ya en el siglo XIX, esos primeros estudios empíricos sobre el cerebro estaban interesados en cómo el cerebro produce el lenguaje –pero no por motivos pedagógicos, sino médicos.

## 1.2. LA NEUROCIENCIA COGNITIVA Y EL ESTUDIO DE LA LENGUA

Estos primeros estudios se realizaron con pacientes afásicos, es decir, personas que mostraban impedimentos del habla a causa de daños cerebrales. Antonio Damasio (1992) define la afasia como la incapacidad de comprender o de producir lenguaje a causa de daños en específicas áreas del cerebro, y fue precisamente el campo de la afasiología el que sentó las bases para el desarrollo de la neurolingüística en la segunda mitad del siglo XX.

Anteriormente, Franz Joseph Gall había dividido la superficie exterior del cerebro en treinta y cinco áreas, y había asignado una función a cada área. La idea no estaba tan desencaminada: también en el siglo XIX, el cirujano francés Paul Broca descubrió –con autopsias a pacientes afásicos– que los individuos con deficiencias del habla tenían daño cerebral en un área concreta: el lóbulo frontal izquierdo; esto demostró que, en efecto, esta área del cerebro tenía alguna función relacionada con el lenguaje (Philips y Kuniyoshi 2005). Actualmente conocemos esta región como el área de Broca. El neurólogo alemán Carl Wernicke, contemporáneo de Broca, identificó una segunda área del cerebro involucrada con la lengua: el área de Wernicke, y concluyó que el área de Broca se ocupa de la producción del habla, mientras que el área de Wernicke se ocupa de la comprensión del lenguaje recibido como input oral.

En la segunda mitad del siglo XX emergió el campo de la neurociencia contemporánea, que con el uso de tecnologías cada vez más sofisticadas ha estado descodificando el funcionamiento de nuestras habilidades cognitivas, entre ellas la comprensión, producción y adquisición del lenguaje.

Michael Gazzaniga y George Miller acuñaron el término de neurociencia cognitiva en los años 70, para designar un nuevo campo cuyo objetivo es estudiar cómo el cerebro crea la mente. En *Cognitive Neuroscience: The Biology of the Mind* (2002), Gazzaniga, Ivry y Mangun describen la neurociencia cognitiva como la disciplina que estudia los fundamentos biológicos de nuestras funciones cognitivas, a través del estudio de las conexiones neuronales involucradas en estos procesos.

Hablar de la *mente* puede ser un concepto muy general, poco definido o abstracto, por lo que el objeto de estudio en este campo son un conjunto de funciones cognitivas concretas, aquellas que suelen ser consideradas específicas de los seres humanos y que tienen lugar en la corteza prefrontal del cerebro: la consciencia, la capacidad de tomar decisiones y de planear, la regulación de las emociones, la atención, la memoria, el aprendizaje y el lenguaje (Kandel, Jessel y Schwartz, eds. 2000).

Dentro de este campo encontramos, también, la corriente de la neurolingüística, que se ocupa del estudio de los circuitos neuronales responsables de la comprensión del lenguaje, la producción del habla, la adquisición de la L1 y el aprendizaje de segundas lenguas.

### 1.3. MÉTODOS DE LA NEUROCIENCIA PARA EL ESTUDIO DEL LENGUAJE EN EL CEREBRO

Los descubrimientos de Broca y Wernicke abrieron una nueva vía para el estudio de la lengua, una vía que hasta el momento ni siquiera había sido considerada como una posibilidad: el estudio del lenguaje no a través de las manifestaciones orales o escritas de este, sino a través de la investigación del órgano humano que produce el lenguaje.

Los métodos de la afasiología en el siglo XIX eran más bien crudos, pues estamos hablando de cirugías cerebrales y autopsias; en el presente, la neurolingüística y la neurociencia cognitiva tienen a su disposición técnicas no invasivas para documentar la actividad cerebral, y tecnologías que permiten un estudio más refinado de los procesos neuronales.

El método más común es la neuroimagen, es decir, la elaboración de imágenes de estructuras o funciones específicas en el cerebro humano. Para obtener estas imágenes se utilizan métodos de radiografía de la medicina nuclear como PET (*positron emission tomography*, o tomografía por emisión de positrones) o SPECT (*single photon emission computed tomography*, tomografía de emisión monofónica por ordenador), pero la técnica más común para obtener imágenes del cerebro es el fMRI (*functional magnetic resonance imaging*, imagen por resonancia magnética funcional). El fMRI cartografía y mide la actividad en el cerebro, y puede ser utilizado, por ejemplo, para la comparación de los cerebros de pacientes de afasia con los cerebros de adultos normales<sup>1</sup>. A través de estudios con fMRI se ha podido establecer la relación directa que hay entre la actividad neuronal en áreas específicas del cerebro y el procesamiento y la adquisición de la lengua (Philips y Kuniyoshi 2005: 168).

Otro método común son las técnicas electrofisiológicas, como EEG (la electroencefalografía) o MEG (la magnetoencefalografía). Con estas pruebas, se pueden medir "the scalp voltages or magnetic fields generated by electrical activity in the brain, and provide a detailed record of the temporal dynamics of the brain activity related to language" (Philips y Kuniyoshi 2005: 168). Entre otras aplicaciones, los estudios con EEG y MEG están desvelando los sistemas del cerebro que permiten que podamos procesar la lengua de forma tan rápida, y que permiten que podamos adquirir nuevas lenguas como adultos.

---

<sup>1</sup> Utilizo la palabra "normales" con reservas; esta es la palabra utilizada en la literatura que he consultado, a falta de mejor término.

Por último también cabe destacar las técnicas de estimulación del cerebro, que en la actualidad se realizan de forma no invasiva. El TMS (*transcranial magnetic stimulation*, estimulación magnética transcraneal), permite aplicar estímulos a áreas específicas del cerebro, para activar de forma artificial y controlada ciertos procesos neuronales (Philips y Kuniyoshi 2005: 168). Los estudios realizados con TMS han resultado muy importantes para comprender cómo nuestro cerebro genera la lengua, pues muestran qué áreas del cerebro son esenciales para tareas específicas relacionadas con la lengua, por ejemplo la percepción del sonido del habla o las habilidades gramaticales.

#### 1.4. LOS ESTUDIOS DE BILINGÜISMO

Tradicionalmente, en la lingüística y la pedagogía se ha tendido a comparar la adquisición de una segunda lengua con la adquisición de la lengua materna, y sabemos que el aprendizaje de una L2 es un proceso muy distinto de la adquisición de la L1 –más difícil, más lento, menos efectivo y con menos garantías de que la lengua meta llegue a consolidarse a largo plazo, especialmente si el aprendiente es un adulto. Una de las cuestiones principales en la neurolingüística es si la L2 es procesada a través de los mismos mecanismos neuronales que intervienen en la adquisición y el procesamiento de la L1 (Abutalebi 2008), y los estudios de bilingüismo constituyen un punto de referencia muy importante para el estudio de cómo funciona la adquisición y consolidación de segundas lenguas en el cerebro.

A lo largo de las últimas dos décadas se han realizado un gran número de estudios sobre el cerebro bilingüe utilizando métodos de neuroimagen, especialmente el fMRI. El método más común es la observación del procesamiento léxico-semántico y gramatical en el cerebro de los individuos bilingües, y la comparación de estos resultados con el procesamiento de una L2 en una persona que la ha aprendido como adulto. La evidencia de estos estudios sugiere que, en efecto, la L2 se adquiere

a través de las mismas estructuras neuronales responsables para el aprendizaje de las lenguas maternas (Abutalebi 2008).

Los estudios de bilingüismo también han confirmado otros datos relevantes para el estudio de la adquisición de L2; por ejemplo, se ha demostrado que conocer múltiples lenguas confiere ventajas cognitivas a largo plazo para el aprendiente respecto a los monolingües (Byalistok y Barac 2012), o que, aunque el procesamiento del lenguaje de los multilingües es igual al de los monolingües, los niños que han adquirido dos o más lenguas maternas tienen el área de Broca (una de las regiones del cerebro responsables del lenguaje) más grande (Byers-Heinlein, Burns y Werker 2010). Otro estudio, conducido por Maria Stein y otros, indica que los bilingües aprendientes de una nueva lengua "have enhanced neural activity involving the control network for the effective use of the target languages while inhibiting the unintended language" (Stein, Federspiel, Koenig *et al.* 2009: página web).

Otro estudio de bilingüismo conducido por investigadores en la Universidad de Edimburgo (Back, Nissan, Allerhand y Deary 2014) ha mostrado que, en comparación con los monolingües, conocer más de una lengua tiene beneficios más allá de la facilidad para el aprendizaje de nuevas lenguas, pues también ralentiza el envejecimiento cognitivo y, más importante para el tema que nos ocupa, que estos beneficios no se limitan a los bilingües de nacimiento, sino que también se observan en aquellos que aprenden una segunda lengua como adultos.

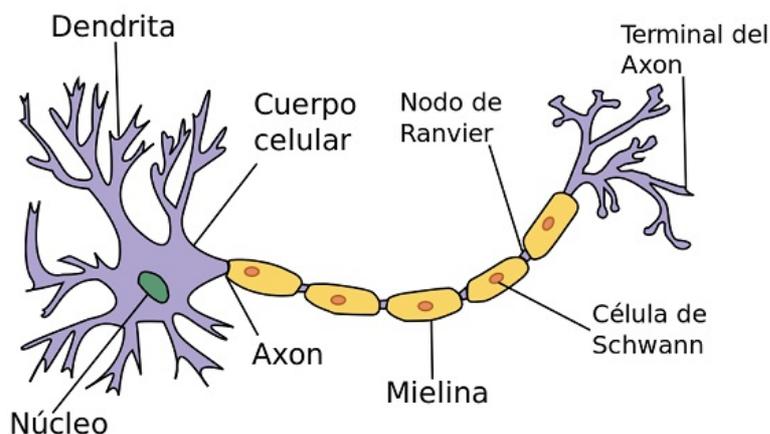
## CAPÍTULO 2

### ASOCIACIONES Y EXPERIENCIA

#### 2.1. CONECTIVIDAD Y ASOCIACIONES: QUÉ HACEN LAS NEURONAS

Todos nuestros procesos mentales –nuestros recuerdos, pensamientos, emociones, consciencia, comportamiento, o el aprendizaje y uso del lenguaje– están fundamentados en la actividad de cien billones de células en el cerebro, las neuronas, conectadas entre ellas en complejas redes.

Las neuronas son unas células cuya forma está diseñada para la transmisión de señales. Kemmerer (2015) compara la forma de las neuronas con la de un árbol, como podemos ver en esta imagen: con raíces que se extienden para recibir mensajes, un tronco, y ramas para transmitir información.



Fuente de la imagen: Wikipedia

El núcleo de la neurona, llamado soma, cumple las mismas funciones comunes en todas las células. Las raíces alrededor del núcleo se llaman dendritas (de la palabra griega para árbol), y tienen la función de recibir las transmisiones de otras neuronas y enviar esta información al núcleo. El tronco que parte del soma se llama axón, y se encarga de conducir los impulsos eléctricos del núcleo a las

terminales. El axón está cubierto por las vainas de mielina, una sustancia grasa que aísla el axón para protegerlo, y están separadas por los nodos de Ranvier, pequeñas regiones de menos de un micrómetro que quedan expuestas y cuya función es insertar electrolitos para que la transmisión de la señal eléctrica funcione correctamente. Las ramas que parten del axón son las terminales o botones sinápticos, que transmiten la información a las siguientes neuronas. La sinapsis es el espacio que hay entre las ramas de la terminal de una neurona y los dendritas de otra neurona, a través del que fluyen los neurotransmisores y se forman conexiones neuronales.

El estado por defecto de una neurona es el potencial de reposo, en el que la carga eléctrica dentro de la célula es más negativa que la carga eléctrica en el exterior. Ya he comentado que la neurona recibe señales de otras neuronas a través de sus dendritas –el flujo de señales eléctricas de los dendritas al cuerpo de la neurona se llama conducción pasiva. Si en un momento dado el input que la neurona recibe a través de la conducción pasiva es suficientemente positivo para aumentar la carga eléctrica positiva de la célula más allá de un umbral (-50 mV), la neurona se activa y genera el potencial de acción, o *spike* (Kemmerer 2015: 7). Esto significa que la neurona propaga un nuevo impulso eléctrico a través del axón. Cuando el impulso alcanza la terminal del axón y los botones sinápticos, provoca la segregación de los neurotransmisores.

Los neurotransmisores son sustancias químicas especializadas, y fluyen a través de la sinapsis, una grieta de una anchura de 20 nanómetros, hasta conectar con las dendritas de otras neuronas, detonando de nuevo el proceso de conducción pasiva, potencial de acción y transmisión.

Por tanto, las neuronas se comunican entre ellas mediante el flujo de neurotransmisores a través de las sinapsis, y estas señales crean complejos circuitos neuronales. Las funciones cognitivas que tienen lugar en la corteza prefrontal del cerebro –los pensamientos, las emociones, la memoria, el aprendizaje, el lenguaje– emergen de esta interacción electroquímica entre las neuronas.

Hay tipos de neuronas que podríamos llamar especializadas, es decir, que se ocupan de aspectos mentales, sensoriales y motores muy específicos (Kemmerer 2015: 9). Por ejemplo, en un estudio del

2005 conducido por Rodrigo Quián Quiroga y otros, descubrieron una neurona que se activa con fotografías de Jennifer Anniston, y la misma neurona se activa cuando el sujeto lee o escucha su nombre, por lo que la neurona parece reaccionar no a una imagen o sonido, sino al concepto mismo de Jennifer Anniston. La misma neurona también respondía a imágenes y nombres de otras personas famosas, pero en un grado muy inferior, por lo que los investigadores concluyeron que esta neurona responde a un conjunto de rasgos multimodales únicos a esa persona, y la bautizaron la "neurona de Jennifer Anniston"<sup>2</sup>. La asociación de las neuronas con conceptos, y la preguntas de cómo se forman y cuánto duran estas asociaciones, son cuestiones clave para comprender la adquisición de lenguas en el cerebro.

## 2.2. LAS NEURONAS ESPEJO Y EL ORIGEN DEL LENGUAJE

Las lenguas son sistemas que no tienen correlación con el mundo físico a nuestro alrededor; son, a todos los efectos, simulaciones ficticias generadas por los circuitos neuronales en nuestro cerebro. La habilidad de procesar estas simulaciones ha sido estudiada por neurocientíficos que, según el conocimiento actual, creen que estas simulaciones emergen de ciertas redes neuronales que llamamos sistemas espejo o neuronas espejo.

Estos circuitos neuronales se activan cuando observamos a alguien realizar una acción o experimentar una emoción, y también cuando nosotros mismos realizamos una acción o experimentamos una emoción. Michael Arbib define las neuronas espejo como "neurons that fire both when an agent performs an action and when the agent observes the same action performed by someone else" (2008: 237), es decir, que llamamos neurona espejo a una neurona cuando se activa – pasa del potencial de reposo al potencial de acción– a partir de la observación de una acción que

---

<sup>2</sup> En el 2009, Quiroga y otros investigadores replicaron este estudio e identificaron la "neurona de Oprah Winfrey", la "neurona de Saddam Hussein", y una neurona que reacciona ante las fotos y el nombre de uno mismo.

resulta en la ejecución de una acción similar.

Este sistema explica, también, por qué experimentamos en nosotros mismos las emociones que percibimos en los otros –por ejemplo, si interpretamos que alguien está enfadado también sentimos enfado; si vemos a alguien nervioso, nos ponemos nerviosos–, y constituye la base neurológica de la empatía.

La hipótesis del sistema espejo (*Mirror System*) sostiene que los mecanismos cerebrales para la lengua evolucionaron a partir de sucesivos sistemas mentales más primigenios para la imitación (Arbib 2008: 237). Estudios de neuroimagen han mostrado que el área de Broca –una de las áreas del cerebro más importantes para el lenguaje– está asociada con los sistemas neuronales responsables para la generación y el reconocimiento de acciones manuales, lo que ha sugerido a los investigadores que

the ability to learn and use language was not specific to spoken language, but instead evolved as an expressive system combining manual, vocal and facial gestures. Since protosign could exploit the open semantics of pantomime, it provided the scaffolding for protospeech to emerge as an open system of communication. (Arbib 2018: 237)

Es decir, el sistema espejo del cerebro humano permite una imitación compleja que dio lugar a sucesivos sistemas de comunicación: pantomima, protoseñales, protolenguaje y finalmente lenguaje. Esto es relevante porque muestra cómo el lenguaje se genera a través de asociaciones neuronales, y cómo las neuronas espejo, con su habilidad para la imitación, intervienen en el aprendizaje de la lengua –ya sea la lengua materna o una segunda lengua.

### 2.3. ASOCIACIONES NEURONALES Y EL APRENDIZAJE DE UNA L2

El modelo del conexionismo, utilizado en las ciencias cognitivas para explicar el funcionamiento de las funciones cognitivas de las que ya he hablado –conciencia, atención, memoria, aprendizaje,

lenguaje, etc.–, sostiene que todos nuestros fenómenos mentales son redes de unidades conectadas, es decir, que existen a través de asociaciones: neuronas que conectan unas con otras a través del proceso que he resumido al principio de este capítulo, formando complejos circuitos.

Más importante para el tema que nos ocupa, lo que crea estas conexiones neuronales es la repetición y la experiencia: las neuronas que se activan juntas una vez serán más propensas a estar conectadas y a activarse juntas la siguiente vez que una de ellas reciba el *trigger*, o disparador, que la activa, y cuantas más veces se repita este proceso, más conectadas estarán estas neuronas, lo que implicará que cuando una de ellas sea activada, las otras también se activarán. Podemos observar este fenómeno fácilmente fuera del laboratorio, en nuestro propio comportamiento mental y en las asociaciones que hemos creado: por ejemplo, a menudo cuando vemos, escuchamos o pensamos una cosa nos lleva a pensar en otra cosa específica, o a volver a experimentar cierta emoción, a veces incluso aunque ni si siquiera recordemos las circunstancias de la experiencia original. Este es el principio básico de la neurociencia moderna –y también la base para el modelo de la neuroplasticidad, del que hablaré en el capítulo cuatro–, que se conoce como la ley de Hebb: *neurons that fire together, wire together* –las neuronas que se activan juntas, se conectan.

Este es también el proceso que subyace bajo el aprendizaje de una segunda lengua; como escribe Vera Menezes (2013), "language learning is understood as the processing of experience and the repetition of experiences causing the strengthening of the connections" (406).

Un estudio del 2016, conducido por Chai Xiaoqian y otros en la Universidad de McGill, en Canadá, corroboró la importancia de la conectividad para el aprendizaje de segundas lenguas. Con el objetivo de estudiar las diferencias individuales en los aprendientes de una L2, los investigadores examinaron a un grupo de aprendientes de francés cuya L1 era el inglés, y que realizaban un curso intensivo de francés de doce semanas, en contexto de inmersión (en Montreal). Las neuroimágenes fueron tomadas con fMRI en estado de reposo, es decir, que la imagen por resonancia magnética medía la actividad cerebral mientras los sujetos estaban despiertos, pero sin realizar ninguna tarea.

Xiaoqian y sus colaboradores realizaron una neuroimagen de los cerebros de los aprendientes antes, durante y después del curso de francés, y compararon estas neuroimágenes con pruebas realizadas en momentos aleatorios a lo largo del curso en las que pedían a los estudiantes utilizar las distintas destrezas lingüísticas tanto en la L1 como en la L2.

Lo que encontraron es que las diferencias en la mejora de las destrezas lingüísticas de cada estudiante estaban relacionadas con los patrones de conectividad funcional preexistentes (de antes de empezar el curso) en el cerebro de los estudiantes<sup>3</sup>. También encontraron que tanto las destrezas orales como las escritas dependían de diferentes conexiones funcionales entre áreas del cerebro: por ejemplo, hablar depende de las conexiones en el giro frontal inferior, y leer depende de conexiones en el área visual de formación de palabras (*visual word form area*), pero ninguna de las dos destrezas está relacionada con el área del cerebro responsable de la otra. Lo más relevante es que pudieron comprobar que cuanto más conectividad hubiera entre las áreas involucradas en cada destreza antes de comenzar el curso, el progreso que cada aprendiente experimentaba con cada destreza también era mayor.

Las conclusiones del estudio fueron que la eficiencia del aprendizaje de una L2 depende de la conectividad neuronal (Xiaoqian, Berken, Barbeau y otros, 2016). Teniendo esto en cuenta, la pregunta que el equipo de Xiaoqian y otros investigadores han planteado es: como educadores, ¿qué podemos hacer para facilitar estas conexiones? Como ya he comentado antes, sabemos que las conexiones neuronales se forman a través de la experiencia, lo que me lleva al siguiente punto.

---

<sup>3</sup> La conectividad funcional es la conexión entre diferentes áreas del cerebro que trabajan juntas para realizar ciertas funciones cognitivas. Los estudios de neuroimagen en estado de reposo –en oposición a la resonancia magnética tomada mientras los sujetos realizan tareas– son muy útiles para poder observar qué áreas del cerebro comparten propiedades funcionales (Greene, Lessov-Schlaggar y Schlaggar 2015).

## 2.4. CAMBIOS EN EL CEREBRO BASADOS EN LA EXPERIENCIA

En el artículo “Summing Up: Some Themes in the Cognitive Neuroscience of Second Language Acquisition” (2006), John Schumann se pregunta cuáles son los motivos y el origen de las diferencias individuales entre los cerebros que influyen nuestras habilidades cognitivas –entre ellas el aprendizaje de una L2–, e indica que, según los estudios, se han encontrado tres fuentes de variaciones, tres procesos distintos que se combinan para producir cerebros que son tan diferentes entre ellos como las caras de las personas a nivel microestructural (Schumann 2006: 315).

Los dos primeros procesos son la combinación de los genes de los padres durante la fertilización, y la selección de desarrollo (*developmental selection*), es decir, el proceso de selección interna del genotipo de un individuo durante el periodo embrionario. Por supuesto, no hay nada que podemos hacer para influenciar los resultados de estos procesos (aparte quizás de la reproducción selectiva, que fue una propuesta muy popular a principios del siglo XX y que luego perdió el favor de la opinión pública por motivos obvios), pero el tercer proceso que interviene en la formación del cerebro, la experiencia de un individuo, nos da un pequeño margen para actuar (aunque otros argumentarían que solo es una ilusión de control).

La selección basada en la experiencia, escribe Schumann, "occurs as a result of an organism's experience in the world. The result of this selection is that some neuronal groups, ensembles, and circuits are strengthened and others are weakened and die out" (2006: 315). Esta última parte –que los circuitos o conexiones neuronales que no utilizamos se debilitan y desaparecen– también es muy relevante, sobre todo para entender los procesos que llevan a un individuo a consolidar o a perder una L2.

Ya he comentado cómo la conectividad entre las neuronas es la base de todo aprendizaje –de una L2, en nuestro caso, pero también para cualquier otra habilidad–, y vemos ahora que aquello que promueve o degrada las conexiones neuronales son los estímulos en el entorno y la experiencia del individuo en el mundo. David Kemmerer describe el comportamiento de las neuronas en relación con

la experiencia del individuo de la siguiente manera:

All neurons have a baseline firing rate that they maintain (...) when they are neither excited nor inhibited. But if the environment happens to contain the particular type of stimulus that a given neuron is tuned to represent, that neuron's firing rate will increase significantly above its baseline level. Moreover, the better the match between the stimulus and the neuron's unique tuning properties, the faster the neuron will fire. It's as if the neuron's firing frequency indicates how confident it is that its preferred stimulus is present. (2015:8)

En el capítulo cuatro hablaré sobre la plasticidad del cerebro basada en la experiencia y los cambios estructurales que tienen lugar en el cerebro al aprender una L2, pero por ahora basta tener en cuenta que cuanto más directa sea nuestra experiencia de un fenómeno, como de una lengua extranjera –en contraste con una experiencia mediada, como si leemos sobre una lengua en un libro–, más fortalecidos estarán los circuitos que se ocupan de esa habilidad, y por tanto más eficiente será el aprendizaje.

## 2.5. APRENDIZAJE EN CONTEXTO DE CLASE Y APRENDIZAJE EN INMERSIÓN

Las implicaciones de esta línea de estudios pueden ser muy relevantes para cómo concebimos la docencia de segundas lenguas. Una lengua es una herramienta para la comunicación, y la comunicación tiene lugar en entornos sociales: esto significa que es en un contexto social donde podemos aprender una lengua de forma más eficiente, en lugar de estudiarla de forma desconectada. Una de las preguntas principales planteadas por la neurociencia cognitiva del lenguaje es, precisamente, si ciertos cambios en los circuitos neuronales que se ocupan de la lengua pueden estar relacionados con el entorno y las condiciones en las que se ha aprendido una lengua.

En el artículo “Structural brain changes related to bilingualism: does immersion make a difference?” (2014), Maria Stein y otros 2014 distinguen entre el aprendizaje naturalista y la instrucción tradicional en clase: "Naturalistic language learning through immersion is characterized

by high levels of L2-exposure and implicit learning; it is thus similar to L1 acquisition", y, en cambio, "traditional L2 classroom instruction is mainly based on formalized training exercises and explicit instruction" (Stein, Federspiel, Koenig y otros 2014: página web). Los autores remarcan que los cambios estructurales en el cerebro producidos por el aprendizaje naturalista y la instrucción en contexto de clase difieren, y que una exposición a la L2 que sea similar a la experiencia que los hablantes nativos –es decir, aprendida en su contexto social– es más eficiente que la instrucción tradicional.

Un estudio que examina esta relación entre las condiciones del aprendizaje, los cambios en el cerebro y la adquisición de una segunda lengua es el experimento publicado en el artículo "Second Language Processing Shows Increased Native-Like Neural Responses After Months of No Exposure" (Morgan-Short, Ullman y otros 2012), conducido por investigadores de la Universidad de Illinois y la Universidad de Georgetown. Con el objetivo de estudiar si las condiciones en las que uno aprende una L2 impactan en aprendizaje, los investigadores crearon una lengua artificial muy simple, y dividieron a los participantes del experimento en dos grupos: un grupo recibió instrucción formal para aprender la lengua, basada sobre todo en explicaciones sobre la gramática de la lengua; el segundo grupo aprendió la lengua a través de exposición naturalista, es decir, sin ningún tipo de instrucción sobre la gramática y siendo expuestos a ejemplos de la lengua en uso.

Después de varios días, los dos grupos exhibieron altos niveles de competencia con la lengua, pero las neuroimágenes que tomaron de los participantes mostraron que había una diferencia: solo el grupo que había aprendido la lengua en condiciones que emulaban la inmersión mostraba un procesamiento "nativo" de la nueva lengua en el cerebro –es decir, que en el momento de procesar la L2, los aprendientes del grupo de inmersión utilizaban los mismos mecanismos cerebrales que una persona utiliza para procesar su L1.

Cinco meses más tarde, los investigadores reunieron a los participantes del estudio para hacer un seguimiento de la consolidación o degeneración de la nueva lengua en su cerebro, con nuevas

neuroimágenes, y sin haberlos advertido previamente, por lo que durante este periodo de tiempo los participantes no hicieron ningún esfuerzo para retener la lengua. Lo que encontraron fue que los miembros del grupo de inmersión habían consolidado la L2 artificial mediante los mecanismos del procesamiento nativo del lenguaje (Morgan-Short, Ullman y otros 2012).

Estos resultados sugieren que, incluso aprendiendo una L2 como adulto –pasado lo que conocemos como el "periodo crítico" de la plasticidad cerebral, en la infancia– un aprendiente puede de hecho adquirir un procesamiento nativo de la L2, aunque esto no sucede mediante la exposición a la lengua meta en el aula, sino mediante un aprendizaje naturalista, en condiciones de inmersión<sup>4</sup>.

Ahora bien, los sistemas cerebrales que se ocupan del procesamiento nativo de la lengua –es decir, cómo nuestro cerebro procesa la L1– son, a la vez, mucho más eficientes para la retención de la lengua y para la mejora de las competencias lingüísticas que el almacenamiento de la lengua en la memoria a corto plazo, que es el tipo de aprendizaje que tiene lugar con la instrucción tradicional. Por tanto, alcanzar el uso de estos mecanismos debería ser un objetivo para los aprendientes de segundas lenguas<sup>5</sup>. En el último capítulo del trabajo retomaré este hilo.

Conocer el funcionamiento de la adquisición de lenguas debería tener implicaciones más allá del laboratorio, para los docentes, si nuestro objetivo es facilitar que los aprendientes adquieran la L2 de la forma más eficiente. Por supuesto, no siempre es posible la enseñanza en condiciones de inmersión, y la mayoría de personas que estudian una L2 lo hacen desde su propio entorno social, en lugar del de la lengua meta. Aun así, los docentes pueden tener en cuenta tanto el método de enseñanza –los métodos tradicionales basados en la instrucción gramatical explícita pueden ser menos eficientes a largo plazo que el método comunicativo–, y los aspectos que distinguen el aprendizaje de una lengua

---

<sup>4</sup> Esto es, de hecho, lo que sucede con los hablantes bilingües: procesan ambas lenguas –adquiridas tanto simultáneamente como secuencialmente– con los mismos procesos cerebrales.

<sup>5</sup> Además de una mayor competencia lingüística, puede haber otros fenómenos cognitivos relacionados con la adquisición de patrones mentales nativos, que discutiré en el capítulo 4.

en inmersión, como el aprendizaje de la lengua enmarcada en su contexto, para hacer que la lengua sea socialmente relevante.

Otro método que podría ser una opción con los desarrollos tecnológicos sería la recreación de la experiencia de la inmersión mediante la realidad virtual.

## 2.6. INMERSIÓN Y REALIDAD VIRTUAL

Los desarrollos en la tecnología de la realidad virtual prometen abrir nuevas posibilidades para el campo de la educación, especialmente en la enseñanza de lenguas extranjeras. Como ya he comentado, el aprendizaje más eficiente tiene lugar con la experiencia directa, y la adquisición y retención de una lengua se beneficia cuando tiene lugar en condiciones de inmersión. Actualmente ya se está planteando que la realidad virtual pueda, precisamente, emular estas condiciones, para en cierto sentido "engañar" al cerebro y hacer que se comporte como lo haría en un contexto de inmersión.

En una conferencia presentada en la Universidad de Cambridge, Lulwa Bordcosh compara las limitaciones de los libros de texto con las posibilidades ofrecidas por la realidad virtual, y revisa cómo el aprendizaje mediante realidad virtual favorece el progreso de los aprendientes. Hablando sobre su experiencia utilizando herramientas pedagógicas de realidad virtual con estudiantes de inglés como segunda lengua, Bordcosh afirma que "students were not just learning English, they experienced it" (2018: página web). Precisamente, este aspecto del aprendizaje mediante realidad virtual –la experiencia– es lo que hace que las posibles aplicaciones de esta tecnología a la enseñanza de idiomas extranjeros sean prometedoras<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> Bordcosh y otros defensores de la realidad virtual como una herramienta pedagógica también señalan otros beneficios, como el hecho de que los aprendientes no necesitarán estar limitados al espacio de un aula, que el aprendizaje sería multi-sensorial y más autónomo, o que la motivación y la participación de los estudiantes sería mayor.

Sin embargo, de momento esta es solo una tecnología en desarrollo, y en el futuro habrá que ver si en efecto será un método factible para la educación. En primer lugar, actualmente aún hay pocos estudios que examinen los efectos cerebrales del aprendizaje mediante realidad virtual, y muchos de los estudios y artículos que he encontrado han sido elaborados por compañías que se dedican al desarrollo de programas de realidad virtual, con una función evidente de publicitar su producto. Además, también se deberá tener en cuenta que, según lo que comprendemos actualmente sobre el funcionamiento del cerebro humano, esta hipotética enseñanza de una L2 mediante realidad virtual solo sería eficiente si la realidad virtual es suficientemente buena para lograr que el cerebro se comporte como si estuviera experimentando un entorno social real.

Aun con estos *caveats*, la realidad virtual sigue siendo una tecnología muy prometedora para el futuro de la docencia de segundas lenguas y se necesitarán más estudios que interroguen y examinen su viabilidad.

## CAPÍTULO 3

### EMOCIONES Y EMPATÍA

#### 3.1. EL CEREBRO SOCIAL

Cuando hablamos del aprendizaje de una lengua en relación con los fenómenos cerebrales, otro factor importante que debemos tener en cuenta es el papel de las emociones. Aunque en un principio pueda parecer que las emociones y el aprendizaje de una segunda lengua no estén relacionados, o que su relación sea solo tangencial, a medida que comprendemos cada vez más el funcionamiento de nuestros sistemas cognitivos, comprendemos también que la lengua y las emociones forman una red intrincadamente unida, porque ambas son herramientas evolucionadas para la comunicación y la interacción social.

Las emociones, y sobre todo los aspectos sociales relacionados con las emociones, son otro de los campos de estudio de la neurociencia cognitiva. Utilizando el método de la neuroimagen, se están estudiando las funciones cognitivas relacionadas con las emociones, como la empatía, el reconocimiento de caras, la capacidad para la cooperación, o los juicios instantáneos que hacemos sobre si una persona determinada es atractiva o no, similar a nosotros o diferente, si tiene credibilidad o no, o si podemos confiar en ella.

En el apartado dedicado al estudio de las emociones en el manual *The Cognitive Neurosciences* (ed. Gazzaniga 2009), Heatherton y LeDoux subrayan el papel de las emociones en dos áreas: en el aprendizaje y en las interacciones sociales. Las emociones, describen los autores, son procesos cerebrales evolucionados para solucionar problemas de adaptación –y por tanto, de supervivencia–; para los humanos, los problemas adaptativos más importantes tienen que ver con la interacción con

otros humanos: cooperación, formación de alianzas, distinguir entre amigo y enemigo, selección de personas para aparearse, la competición con otros por recursos, o el conflicto con otros grupos (Heatherston y LeDoux 2009: 888). Los autores recuerdan que "interacting with other humans produces emotion, and these emotions serve as guidelines for successful group living" (2009: 888). Si comprendemos el lenguaje como una función biológica evolucionada para regular la interacción entre los humanos<sup>7</sup>, podemos ver cómo las emociones y el lenguaje constituyen dos capacidades cognitivas enlazadas en el órgano del cerebro.

El estudio del lenguaje, ya sea en el campo de la investigación científica como en el campo de la docencia de segundas lenguas, debe tener en cuenta que el lenguaje siempre es inseparable del aspecto social de la experiencia humana<sup>8</sup>. A la vez, todo aquello que tenga que ver con la esfera social de nuestra experiencia estará mediado por las emociones, pues "the social and emotional aspects of the brain are inexorably linked, the adaptive significance of emotions being closely linked to their social value, and nearly all social interaction produces affective responses" (Heatherston y LeDoux 2009: 887).

### 3.2. LENGUA Y EMOCIONES EN EL CEREBRO

En el capítulo titulado "The Relation of Human Language to Human Emotion" (en eds. Stemmer y Whitaker, *Handbook of the Neuroscience of Language*, 2008), Djana Van Lancker señala que el lenguaje y las emociones constituyen campos cognitivos distintos pero dependientes el uno del otro, y añade un tercer dominio cognitivo: el pensamiento. Como escribe la autora, "language, thought, and emotion form a basic triad in human psychology" (2008: 199). Sin embargo, Van Lancker

---

<sup>7</sup> Esta es la premisa principal del libro de Steven Pinker, *The Language Instinct: How the Mind Creates Language* (1994).

<sup>8</sup> Como hemos visto en el capítulo anterior, donde he hablado sobre cómo el aprendizaje de una lengua en su contexto social es más eficiente –teniendo en cuenta los mecanismos cerebrales involucrados– que el aprendizaje de la lengua en condiciones socialmente desconectadas.

también indica que, mientras que la relación entre las emociones y el pensamiento es reconocida como un aspecto clave de la psicología humana y constituye un campo de investigación popular<sup>9</sup>, la interacción entre la lengua y las emociones no ha recibido tanta atención, y su estudio es solo reciente<sup>10</sup>.

En el artículo “Summing Up: Some Themes in the Cognitive Neuroscience of Second Language Acquisition” (2006), John Schumann advierte que, precisamente, una de las más importantes aportaciones de la neurociencia cognitiva en este campo es el estudio de cómo los mismos circuitos neuronales que se ocupan de la regulación de las emociones y de la afiliación social también intervienen en la adquisición de lenguas, tanto la L1 como la L2. Schumann escribe que

if one believes that the caregiver-child bond in L1 learning or integrative motivation in L2 learning are important in language acquisition, then one would have to argue that language acquisition is also subserved by the extended amygdala, basolateral amygdala, the nucleus accumbens shell, the medial orbital area, and the hypothalamus. (2006: 316)

Las áreas del cerebro que Schumann menciona son áreas que utilizamos para el procesamiento de las emociones. La amígdala es una región del cerebro que forma parte del sistema límbico, por lo que, a diferencia de la corteza prefrontal del cerebro, no es una región específica de la especie humana sino que es común a todos los mamíferos: la función de la amígdala es la experiencia de las emociones, el almacenamiento de las emociones, y las reacciones emocionales automáticas.

Ahora bien, además de estas funciones, se ha comprobado que la amígdala también tiene un papel muy importante en la recepción y modulación de la información sensorial, como los sonidos, las voces de las personas, o el reconocimiento de las caras (Vuilleumier y Brosch 2009: 926). El hecho

---

<sup>9</sup> Dando lugar, por ejemplo, al campo de la psicología de las emociones, o al concepto de la inteligencia emocional, popularizado por Daniel Goleman en el libro de 1995, *Emotional Intelligence*.

<sup>10</sup> La tercera pata de este trípode, la relación entre la lengua y el pensamiento, ha sido objeto de numerosos debates en la tradición filosófica occidental, y más recientemente se ha convertido en el objeto de estudio de la lingüística cognitiva, como he mencionado en la introducción. En el capítulo 5 retomaré esta discusión.

de que la amígdala comparta funciones necesarias tanto para la experiencia de las emociones como para el procesamiento del lenguaje refuerza la importancia de las emociones en la adquisición de las lenguas.

Otra manera en que la relación entre lengua y emociones impacta la adquisición de una L2 es mediante las asociaciones emocionales que hemos formado a lo largo de nuestra experiencia: estas asociaciones afectan nuestra relación con otras culturas y lenguas, y en muchos casos determinan nuestras reacciones automáticas hacia ellas. En el capítulo 2 he hablado sobre cómo el aprendizaje de una segunda lengua está relacionado con las asociaciones –y conexiones neuronales– que formamos mediante nuestra experiencia en el mundo; como parte de nuestra experiencia, las emociones también tienen un papel en el aprendizaje y procesamiento de la lengua. Como escribe Van Lancker, "although language competence is independent of emotion, most linguistic performance is tinged by emotional content" (2008: 199).

Rod Ellis, en *Second Language Acquisition* (1997), habla de los factores afectivos que intervienen en el aprendizaje de una L2, entre los que menciona la motivación del aprendiente y su actitud hacia la lengua meta y su cultura. A la vez, la percepción que un aprendiente tendrá sobre una lengua específica –si encuentra esa lengua atractiva o hostil, por ejemplo– estará determinada por cómo esa persona percibe la cultura en la que se habla la lengua meta, pues "there is (...) a very tight coupling between how we see a community and region, and how we perceive their language" (Jenkin 2014: página web).

Por lo general, la tendencia es tener una percepción positiva de las culturas más parecidas a la propia, pero también es importante notar que juzgamos una lengua extranjera más atractiva y deseable de aprender cuando la percibimos como una lengua de prestigio. A lo largo de nuestra experiencia, también formamos asociaciones emocionales con otras lenguas y culturas, que tienen un papel no tan solo en el aprendizaje de la L2, sino en nuestra actitud y relación con esa lengua y las personas que la hablan. Estas asociaciones se forman mediante circuitos neuronales y actúan de forma automática:

es decir, cuando somos expuestos a un estímulo lingüístico de una lengua determinada, nuestra reacción emocional es rápida, como un comportamiento automatizado.

Aunque se necesitarán más estudios que examinen de forma explícita la interacción entre las emociones y la adquisición de segundas lenguas, la evidencia sugiere que esta interacción puede ser tan importante para la adquisición de una lengua como el contexto social del aprendizaje que mencionaba en el capítulo anterior.

### 3.3. LA EMPATÍA Y LA LENGUA

Otro aspecto relevante de la interacción entre las emociones y el lenguaje es el papel de la empatía. En términos generales, solemos definir la empatía como la capacidad que tenemos para identificarnos con la experiencia de otra persona, para compartir los sentimientos de otro. Es un mecanismo con base evolutiva, y neurológicamente está asentado en el funcionamiento de las neuronas espejo –de las que he hablado en el capítulo 2– y que permiten que experimentemos en nosotros mismos las emociones manifestadas por otras personas: es decir, cuando vemos a alguien que está experimentando una emoción específica, en nuestro propio cerebro se activan las mismas áreas que se activan cuando nosotros experimentamos esa emoción.

En el artículo “Dimensions of empathy in relation to language” (2016), Herlin y Visapää defienden que el lenguaje y la empatía constituyen una interfaz inseparable en el cerebro, y proponen que el análisis lingüístico es ser una herramienta muy importante para comprender el funcionamiento de la empatía en el cerebro. Sin embargo, hay otros aspectos de la empatía que debemos tener en cuenta en el momento de considerar su interacción con el aprendizaje de lenguas extranjeras.

En primer lugar, el hecho de que seamos capaces de experimentar empatía no significa que el cerebro humano esté naturalmente predispuesto a ello: según un estudio realizado por investigadores de la Sociedad Max Planck (Silani, Lamm, Ruff y Singer 2013), la tendencia más fuerte es el egocentrismo. En este estudio, los investigadores identificaron que un área específica del cerebro, el

giro supramarginal derecho, se encarga de reconocer cuando mostramos esta tendencia egocéntrica – que puede provocar tensiones sociales, y por tanto no es deseable en términos evolutivos– y la autocorrige, siendo responsable de la reacción cerebral que llamamos empatía<sup>11</sup>.

Estudios como el que he mencionado muestran que la empatía tiene una clara función evolutiva, pero, al contrario de lo que solemos pensar, esta función no es necesariamente altruista y pro-social, sino que suele tener un componente interesado. Por ejemplo, Tania Singer y Olga Klimecki (2014) indican que nuestra resonancia empática con el dolor o sufrimiento de otros tiene la función de activar, en nuestro cerebro, o un mecanismo que nos sintoniza con las emociones de los otros para alertarnos de potenciales amenazas o peligros para nosotros mismos.

Otro aspecto contraintuitivo de la empatía es el que destaca el psicólogo cognitivo Paul Bloom en el libro titulado provocativamente *Against Empathy* (2016). Bloom revisa los estudios recientes sobre la empatía, con la premisa de que la empatía no es tanto una herramienta para solucionar problemas interpersonales o sociales, o una brújula moral, sino que se trata más bien de un mecanismo biológico y automático que focaliza nuestra atención y nuestra sintonización emocional con un colectivo de personas muy específico: aquellos que son parecidos a nosotros.

La empatía, por tanto, es un proceso inseparable del comportamiento social que llamamos afiliación, es decir, la identificación de un individuo con un grupo de personas y la discriminación de aquellos que no comparten las mismas señas de identidad como *otros*. Este es también un comportamiento con base biológica: en *The Nature of Prejudice* (1954), Gordon Allport explica que nuestra tendencia a discriminar entre los miembros de nuestro grupo y los que pertenecen a otros grupos se debe a un proceso mental que llama categorización, y que describe como un mecanismo

---

<sup>11</sup> El fenómeno mental opuesto a la empatía, explican los autores del artículo, es la psicopatía: cuando una persona con una tendencia más marcada a la psicopatía observa o imagina a otra persona sufriendo, las áreas del cerebro que se activan cuando uno siente empatía no logran activarse, y en lugar de tener una reacción en estas áreas, muestran actividad en una región llamada estriado ventral, que está involucrada con la experiencia del placer.

biológico de la mente humana con la función de procesar la información de la manera más eficiente posible a través de aquella información que es más preeminente. Esto implica, también, que la lengua que uno habla tendrá un papel en la categorización de esa persona como *in-group* o *out-group*, y por tanto influirá también el grado de empatía que otros muestran hacia ella.

Lo que nos lleva de vuelta a la relación entre el aprendizaje de una L2, la empatía, y la percepción que tenemos de las personas que hablan otras lenguas. Investigadores del Instituto Max Planck indican que "when assessing the world around us and our fellow humans, we use ourselves as a yardstick and tend to project our own emotional state onto others" (Max Planck Gesellschaft 2013: página web), por lo que resulta interesante plantear si, al aprender una L2, podemos sacarnos a nosotros mismos de este lugar de referencia y, en cierto modo, *intervenir* la empatía: aprender a ser empáticos con grupos fuera de nuestro propio grupo –o, en términos neurológicos, a que la experiencia de las personas que pertenecen a otro grupo active en nuestro cerebro las mismas áreas que se activan cuando experimentamos empatía hacia miembros de nuestro grupo.

La respuesta a esta pregunta, de momento, no es tan clara. En primer lugar hay que tener en cuenta que el cerebro humano ya está programado para actuar de una forma determinada, a menudo en contra de lo que creemos deseable, y es posible que la idea de que aprender lenguas extranjeras promueva la empatía sea más un deseo que un reflejo de la realidad del cerebro.

Por otro lado, la evidencia de estudios tanto en el campo de la neurociencia cognitiva como en la sociología muestra que hay un margen para la adaptación: sabemos que los circuitos neuronales que hemos ido formando con nuestra experiencia son maleables, y pueden ser reformados mediante el fenómeno conocido como neuroplasticidad.

## CAPÍTULO 4

### NEUROPLASTICIDAD

#### 4.1. NEUROPLASTICIDAD

Una de las creencias tradicionales sobre el cerebro humano, que neurólogos y biólogos han sostenido incluso durante la mayor parte del siglo XX, es que el cerebro de un adulto nunca cambia: durante la infancia el cerebro es maleable, y es durante la etapa conocida como el período crítico que las neuronas se conectan formando circuitos. Estos circuitos, una vez consolidados, son permanentes, y cuando alcanzamos la edad adulta la estructura de nuestro cerebro es fija, no se pueden formar nuevos circuitos neuronales, y el único cambio estructural que tiene lugar en el cerebro es la degeneración que viene con la edad.

Sin embargo, los avances en neurociencia de las últimas décadas, propiciados por las nuevas tecnologías que permiten un estudio más refinado del cerebro, han descartado la creencia de que el cerebro sea completamente inalterable. En su lugar, como escriben Li, Legault y Litcofsku, ahora comprendemos que "the brain has an extraordinary ability to functionally and physically change or reconfigure its structure in response to environmental stimulus, cognitive demand, or behavioral experience" (2014: página web). Esta propiedad es la neuroplasticidad, y como los autores citados y otros investigadores plantean, esta propiedad del cerebro tiene un papel muy importante en la adquisición de segundas lenguas.

La neuroplasticidad es la habilidad que tiene el cerebro humano de cambiar, adaptándose mediante la experiencia del individuo. Según este modelo, el cerebro no funciona tanto como una máquina – una metáfora heredada de la revolución industrial, y que propició la visión del cerebro como un

órgano fijo, incapaz de cambiar. En su lugar, autores como Norman Doidge en *The Brain That Changes Itself* (2007) han propuesto que una metáfora más útil para entender el cerebro es compararlo con un músculo: cuanto más utilizas un músculo, más reforzado está, y si no lo utilizas, se atrofia; del mismo modo, cuanto más utilizas específicas áreas del cerebro, más conectados e integrados estarán esos circuitos neuronales, mientras que las sinapsis –conexiones entre neuronas– que no se utilizan se irán deteriorando. En neurociencia, esto se conoce de manera informal como el principio *use it or lose*, un proceso que en cierto modo busca optimizar el trabajo del cerebro eliminando las sinapsis que no se utilizan y potenciando las que se usan más –y como veremos, también tiene implicaciones importantes para el aprendizaje de segundas lenguas.

El modelo de la neuroplasticidad implica, por tanto, que nuevos circuitos neuronales se pueden ir formando a lo largo de la vida de una persona más allá de la infancia –aunque la capacidad misma del cerebro para la plasticidad también va disminuyendo con la edad. Se suelen distinguir entre dos fases o procesos distintos de plasticidad sináptica: en primer lugar hay la sinaptogénesis, que tiene lugar durante el periodo crítico del aprendizaje en la infancia, cuando formamos las conexiones neuronales que serán los fundamentos de nuestra estructura cerebral –y es durante esta fase cuando adquirimos los sistemas lingüísticos de la L1. Esta es una fase en la que las sinapsis se forman de manera relativamente rápida, cuando los circuitos neuronales se van consolidando. La plasticidad sináptica tiene una segunda fase, que dura el resto de la vida, y las conexiones neuronales que ya se han formado se van modificando hasta cierto grado, adaptándose a la experiencia del individuo en el mundo (Kandel y otros 2000: 1233–1253).

Le pregunta que estos descubrimientos plantean, pues, es hasta qué punto podemos hablar de neuroplasticidad al aprender una L2, cuando los circuitos neuronales que se ocupan de la L1 ya están bien asentados.

## 4.2. LA EXPERIENCIA Y LA PLASTICIDAD DEL CEREBRO

La experiencia de un individuo, como he mencionado en el capítulo 2 y en la sección anterior, influye en la creación de nuevas conexiones neuronales, en el refuerzo de los circuitos existentes y en la debilitación y eliminación de las conexiones que no se utilizan. Esto implica que la experiencia tiene un papel importante en los cambios estructurales en el cerebro.

Los cambios anatómicos en el cerebro determinados por la experiencia primero fueron estudiados durante los años setenta en animales, en estudios que mostraron que las condiciones del entorno –y por tanto la experiencia del individuo–, tienen un impacto en el peso del cerebro y el grosor de la corteza cerebral (Rosenzweig, Bennett y Diamond 1972). Más recientemente también se ha estudiado cómo el entorno y la experiencia determinan cambios estructurales en el cerebro de los seres humanos, sobre todo en relación al aprendizaje de distintas habilidades, como aprender a tocar un instrumento musical o aprender a hablar segundas lenguas (Lövdén, Wenger, Mårtensson y otros 2011).

En el artículo titulado "Neuroplasticity as a function of second language learning" (Li, Legault y Litcofsku 2014), los autores reseñan un conjunto de estudios que muestran que el aprendizaje y el uso de segundas lenguas promueve cambios anatómicos en el cerebro. Estos cambios, indican los autores, incluyen un aumento de la densidad de la materia gris y de la materia blanca del cerebro, y han sido identificados tanto en niños, adultos y ancianos –aunque, de nuevo, el grado de la plasticidad dependerá de otros factores como la edad del individuo o el nivel de competencia que alcanza con la L2 (Li, Legault y Litcofsku 2014).

Estos estudios refuerzan la relación entre el aprendizaje y la plasticidad del cerebro, pero también han mostrado que esta plasticidad no se da en todos los casos, y que dependen también de ciertas condiciones que van desde el entorno, la programación genética del individuo, el comportamiento y actitud del aprendiente, o la edad.

Por ejemplo, uno de los factores más relevantes para la neuroplasticidad dependiente del

aprendizaje es el grado de atención que el aprendiz dedica a la tarea. Como explica Daniel Goleman (2015), "Neuroplasticity –the strengthening of old brain circuits and building of new ones for a skill we are practicing– requires our paying attention: When practice occurs while we are focusing elsewhere, the brain does not rewire the relevant circuitry for that particular routine" (2015: 35).

Para Goleman, estos estudios en el campo de la neurociencia cognitiva desmienten la ley de las 10.000 horas, popularizada como una mala interpretación del trabajo del psicólogo sueco Anders Ericsson. Según esta ley, cualquier persona necesita dedicar 10.000 horas al aprendizaje y práctica (*input* y *output*) de cualquier habilidad, como aprender a hablar una lengua extranjera, para alcanzar un nivel de competencia. Tanto Ericsson como Goleman refutan esta creencia, insistiendo en que el tiempo dedicado al estudio y práctica de una habilidad no influye en absoluto en la formación y refuerzo de los circuitos neuronales que se ocupan de esa habilidad, sino que el aprendizaje y la práctica tienen que ser llevados a cabo de forma eficiente.

Esta posición es consistente con lo que hemos visto en el capítulo 2, donde he revisado cómo la experiencia directa del individuo es determinante, a nivel celular, para la formación de asociaciones, y donde he revisado estudios que mostraban cómo el aprendizaje de una L2 basada en la repetición (enseñanza tradicional en contexto de clase) no es tan eficiente, hablando en términos neurológicos, como el aprendizaje naturalista o en inmersión.

#### 4.3. NEUROPLASTICIDAD Y APRENDIZAJE DE SEGUNDAS LENGUAS

Un estudio publicado en *The Journal of Neurolinguistics* y realizado por investigadores de la Universidad Estatal de Pensilvania (Yang, Gates, Molenaar y Li 2015) examinó los cambios que tienen lugar en el cerebro a lo largo del proceso de aprendizaje de una segunda lengua, con el objetivo de identificar aquellos métodos más eficientes para la adquisición de una L2.

Para el estudio, los investigadores rastrearon la actividad cerebral de un grupo de aprendientes de chino mandarín, cuya L1 era el inglés. El estudio se realizó con escáneres cerebrales por fMRI, realizados antes de comenzar el experimento, y dos meses después de terminar las clases. Un segundo grupo –el grupo de control– no participó en las clases de chino mandarín, pero sus cerebros también fueron escaneados al mismo tiempo. Las neuroimágenes fueron utilizadas para examinar la actividad neuronal y los patrones de conectividad asociados con el aprendizaje de una segunda lengua –en el caso de este estudio, se centraron en el aprendizaje del léxico (mientras que otros estudios, que he mencionado antes, se habían centrado en el aprendizaje de estructuras lingüísticas).

Las conclusiones del estudio fueron que la experiencia con el aprendizaje de una L2 indica una plasticidad neuronal significativa. Al final del estudio pudieron comprobar que, en comparación con el grupo de control, todos los que habían participado en las clases de chino mostraban cambios en el cerebro, tanto cambios estructurales (es decir, anatómicos) como funcionales. En cuanto a los cambios anatómicos, los participantes mostraron más densidad en la materia gris, y el tejido de su materia blanca había sido reforzado.

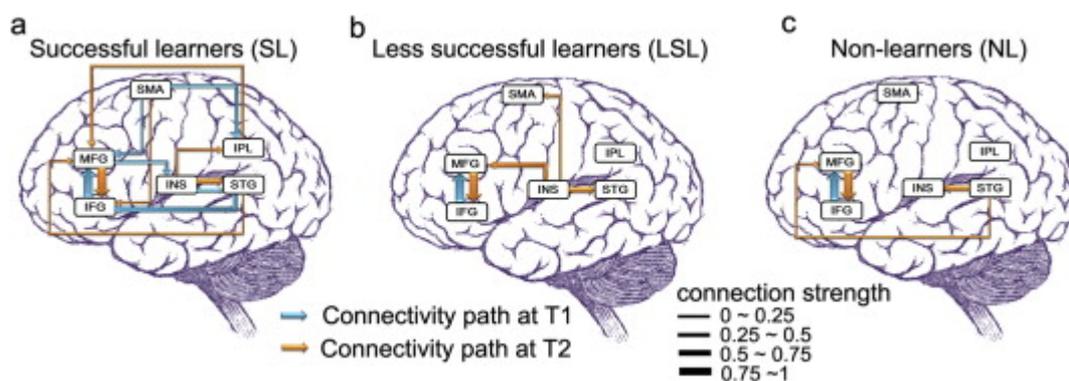
Los autores explican qué es la materia gris y la materia blanca y porqué el hecho de que hayan experimentado estos cambios es relevante:

grey matter is a type of neural tissue that encompasses various regions in the brain associated with muscle control, memory formation, emotions, and sensory perception such as seeing and hearing, and it's white matter's job to connect these grey matter regions together in the brain's cerebrum. (Yang, Gates, Molenaar y Li 2015: página web)

En cuanto a los cambios funcionales en el cerebro, los participantes mostraron que sus redes neuronales estaban más integradas, y, como indican los autores, "a better-integrated brain network is more flexible and efficient, making the task of learning a new language easier" (Yang y otros 2015: página web). Los autores explican a qué se refieren al hablar de redes neuronales integradas:

[the researchers] determined the level of connectivity and efficiency of the participants' brain networks was by analysing the strength and direction of the connections between specific regions of the brain that become active in learning. The stronger these connections (...) are between one area to the next, the faster and more efficiently they can work together as a whole network. (Yang y otros 2015: página web)

Otro resultado relevante fueron las diferencias observadas entre aquellos aprendientes de chino que habían tenido más éxito, y aquellos que habían tenido más dificultades: de nuevo, los aprendientes que lograron una mayor competencia con la L2 tenían redes neuronales más integradas que los aprendientes que habían tenido menos éxito. En una imagen publicada con el estudio los investigadores ilustraron las diferencias entre los tres grupos:



Fuente de la imagen: Yang, Gates, Molenaar y Li 2015: página web

El experimento también mostró que, después de recibir instrucción en léxico nuevo, los aprendientes que alcanzaron una mayor competencia mostraron una respuesta neuronal diferente que sus compañeros de clase en los circuitos neuronales que procesan la información auditiva y semántica, y que, en general, los aprendientes con más éxito mostraron una mayor activación en las áreas del cerebro involucradas con el procesamiento de la lengua.

Hay una advertencia que puede ser muy relevante para futuros estudios sobre la plasticidad neuronal en relación con el aprendizaje de lenguas: los aprendientes con más éxitos ya mostraban redes neuronales más integradas en las neuroimágenes tomadas antes del experimento, lo que para

los autores sugiere que "they habitually sought out new things to learn and exercise their brains with" (Yang y otros 2015: página web).

Esto, por supuesto, plantea una pregunta importante: ¿al aprender exitosamente una L2 experimentas plasticidad neuronal, o, por otro lado, eres capaz de aprender exitosamente la L2 porque tus redes neuronales ya están predisuestas a esta flexibilidad? Los autores de este estudio, y los autores de otros estudios y artículos que he consultado para este trabajo (Li, Legault y Litcofsku 2014; Stein, Federspiel, Koenig y otros 2009; Morgan-Short, Ullman y otros 2012) tienen en cuenta este factor, que implicaría un grado significativo de determinismo biológico en las capacidades cognitivas de una persona –algo que, en el clima moral que predomina en las instituciones actualmente, puede resultar algo incómodo.

Sin embargo, ya sea como causa o consecuencia, los resultados que confirman neuroplasticidad en relación con el aprendizaje de segundas lenguas es consistente a través de distintos estudios. Otro experimento conducido con nativos japoneses aprendientes de inglés –con otro grupo de control que no estudió el curso de inglés–, mostró que los aprendientes de la L2 exhibieron un incremento en la densidad de la materia blanca y la materia gris en las áreas relevantes para la lengua, mientras que el grupo de control no mostró ningún tipo de cambios anatómicos o funcionales (Hosoda, Tanaka, Nariai y otros 2013).

Los resultados de estos estudios también son coherentes con el conocimiento que tenemos sobre las otras áreas de la cognición humana, como la relación directa entre la experiencia y la formación de asociaciones que he descrito en el capítulo 2. Como escriben Yang, Gates, Molenaar y sus colegas: "That the learner's L2 proficiency modulates the level of neural activity in specific brain regions is consistent with the idea that neural patterns may be shaped by the specific linguistic experience of the learner" (2015: página web).

De nuevo, esto implica que las condiciones del aprendizaje son más relevantes de lo que solemos dar por supuesto, y los investigadores ya están planteando futuros estudios sobre el uso de la realidad

virtual para enseñar lenguas extranjeras de forma más interactiva, y otros métodos que tengan el objetivo de ayudar al cerebro a establecer esas conexiones de forma más eficiente: estos estudios, escriben Li y sus colegas, "hold the promise that the process of learning a second language as an adult can in fact lead to both behavioral and physical changes that may approximate the patterns of learning a language as a child" (2014: página web).

## CAPÍTULO 5

### ACULTURACIÓN

#### 5.1. DETERMINISMO LINGÜÍSTICO: LENGUA Y PENSAMIENTO

La lingüística cognitiva, como he mencionado en la introducción, estudia la relación entre el lenguaje y el pensamiento: teniendo en cuenta que tanto lengua como pensamiento son funciones cognitivas que dependen de la corteza prefrontal del cerebro, los ámbitos de la lingüística cognitiva y la neurociencia cognitiva a menudo interactúan en su objetivo de estudiar cómo el cerebro produce nuestros fenómenos mentales. La relación entre la lengua y el pensamiento ha sido históricamente objeto de debate en lingüística, la filosofía, la psicología y otros campos, pero son las aportaciones de la lingüística cognitiva y los estudios de neurociencia en las décadas recientes lo que ha arrojado luz sobre la interacción entre la lengua y el pensamiento.

Durante siglos, los filósofos en la tradición occidental han jugado con la idea de que la lengua precede y determina el pensamiento: es decir, que el ser humano, a diferencia de los animales, es capaz de pensar precisamente porque nosotros tenemos lenguaje, y los animales no. Esta posición se conoce como determinismo lingüístico, y fue revitalizada a partir de los años treinta por el trabajo del lingüista estadounidense Benjamin Lee Whorf, influenciado a su vez por Edward Sapir. Su teoría, conocida como la hipótesis Sapir-Whorf, plantea que nuestros pensamientos están determinados por las características de nuestra lengua materna, y que la lengua no es tan solo un sistema de comunicación, sino una herramienta que tiene un papel clave en nuestra construcción de la realidad. Relacionado con este principio, otra interpretación de la hipótesis Sapir-Whorf es que, en tanto que el pensamiento depende de la lengua específica que hablas, los hablantes de distintas lenguas también

pensarán de manera distinta y percibirán la realidad objetiva de distintas maneras (Carroll 1956).

Uno de los ejemplos más extremos de esta hipótesis lo encontramos en la ficción, en la novela de George Orwell, *Nineteen Eighty Four*, publicada en un momento de auge de la hipótesis Sapir-Whorf. En la sociedad distópica de Orwell, la lengua –llamada *Newspeak*, o nueva habla–, es una importante herramienta para el control de los pensamientos de las personas: “The purpose of Newspeak was not only to provide a medium of expression for the world-view and mental habits proper (...), but to make all other modes of thought impossible”, escribe Orwell, y añade que “heretical thought (...) should be literally unthinkable, as thought is dependent on words” (1949: 498).

Esta corriente de pensamiento ha sido cuestionada por las aportaciones de Chomsky –el innatismo– y de la lingüística cognitiva. Steven Pinker también se muestra vehementemente en contra de esta idea, escribiendo que

Sometimes it is not easy to find any words that properly convey a thought. When we hear or read, we usually remember the gist, not the exact words, so there has to be such a thing as a gist that is not the same as a bunch of words. And if thoughts depended on words, how could a new word ever be coined? How could a child learn a word to begin with? How could translation from one language to another be possible? (Pinker 1994: 112)

La lingüística cognitiva también se ha preguntado si distintas lenguas representan distintas realidades, en específico, realidades sociales. La diferencia con la visión determinista es que la lingüística cognitiva no asume una relación de causa-efecto; en su lugar, plantea que la lengua refleja patrones de pensamiento y que, por tanto, el estudio de la lengua puede ser útil para comprender cómo funciona la mente. En *Cognitive Linguistics: An Introduction* (2006), Vyvyan Evans Vyvyan y Melanie Green lo expresan de este modo:

Language offers a window into cognitive function, providing insights into the nature, structure and organisation of thoughts and ideas. The most important way in which cognitive linguistics differs from other approaches to the study of language, then, is that language is assumed to reflect certain fundamental properties and design features of the human mind (2006: 5).

Para Evans y Green, la lengua no codifica el pensamiento en sí mismo, sino "rudimentary instructions to the conceptual system to access or create rich and elaborate ideas" (2006: 8). Dronkers, Pinker y Damasio expresan la misma idea al escribir que "language is the ability to encode ideas into signals and must be distinguished from thought, literacy and correct usage" (2000: 1170). Por tanto, según nuestro conocimiento actual, la lengua tiene cierta influencia en nuestra conceptualización del mundo; como escribe Neel Burton, "language may not determine thought, but it focuses perception and attention on particular aspects of reality, structures and enhances cognitive processes, and even to some extent regulates social relationships" (2018: página web).

## 5.2. LA CATEGORIZACIÓN DEL MUNDO

Todas las lenguas tienen un conjunto de características en común, los universales absolutos, como la sintaxis, la morfología o los campos semánticos. Sin embargo, también son relevantes las diferencias, las características específicas de cada lengua o universales estadísticos, como la tipología de cada lengua, los factores sociales y culturales, o la organización conceptual del mundo propia de cada lengua. Es decir, mientras que los campos semánticos, por ejemplo, aluden a realidades que son siempre las mismas a través de todas las lenguas y culturas, cada lengua tiene distintas formas de conceptualizar y categorizar el mundo. Como escribe Lera Boroditsky, "language shapes even the most fundamental dimensions of human experience: space, time, causality and relationships to others" (2011: 64). Podemos observar estas diferencias en la categorización del mundo en campos como el género, las metáforas, el espacio o el léxico.

Por ejemplo, Dan Slobin (1996) indica que los procesos cognitivos involucrados en la organización del discurso y la selección del léxico son diferentes, dependiendo de la L1 del hablante. Como comentaba antes, al adquirir tu lengua materna consolidas circuitos neuronales que sirven

específicamente a las características de tu L1; esto implica que, al aprender una L2, estas redes ya establecidas pueden ser un obstáculo –como hemos visto, también, la neuroplasticidad permite cierto grado de adaptación, aunque los patrones asociados con la L1 siguen influyendo el proceso de aprendizaje. Como señala Slobin, las diferencias entre lenguas en los procesos cognitivos utilizados para organizar el discurso implican que aprendientes de una L2 tendrán dificultades para asimilar aspectos gramaticales que no existen en su L1.

En el mismo sentido, Burton (2018) indica que mientras que el léxico es aquello más visible, un aspecto importante de las lenguas son las particularidades de la sintaxis y la gramática, que suelen resultar invisibles para los hablantes nativos pero que influyen decisivamente en su categorización del mundo. Como ejemplo, Burton describe cómo hablantes de diferentes lenguas pueden asignar distintos grados de agencia y responsabilidad al mismo suceso:

When describing accidental events, English speakers tend to emphasize the agent ('I fired the gun') more than, say, speakers of Spanish or Japanese, who prefer to omit the agent ('the gun went off'). One study found that, as a result, English speakers are more likely to remember the agents of accidental events –and, I surmise, to attach blame. (2018: página web)

Otro aspecto relativo a cada lengua son las metáforas, que utilizamos para comunicar todo tipo de significados y para hablar de aspectos más abstractos. En *Metaphors We Live By* (1980), Lakoff y Johnson describen la metáfora como una herramienta cognitiva que nos permite hablar de conceptos abstractos a partir de su analogía con conceptos más tangibles, basados en la experiencia directa –lo que implica que distintas culturas también utilizarán distintas metáforas y que este uso específico del lenguaje, a la vez, influenciará la percepción que los hablantes tendrán de conceptos abstractos como el espacio y el tiempo.

Estas aportaciones de la lingüística cognitiva nos plantean la pregunta de si, aprendiendo una segunda lengua, puedes acceder a la forma de categorizar el mundo propia de otras lenguas, y por tanto *pensar* según los patrones cognitivos propios de la lengua meta.

Estudios con hablantes bilingües y estudios de neurociencia cognitiva han examinado cómo el

aprendizaje de segundas lenguas puede, mediante los mecanismos de la neuroplasticidad, influenciar la adquisición de nuevos patrones neuronales, y por tanto la conceptualización del mundo –pero primero me parece interesante tener en cuenta, en relación con este debate, el fenómeno de la aculturación.

### 5.3. ACULTURACIÓN

El modelo de la aculturación fue propuesto por John Schumann (1986) para describir el proceso que tiene lugar cuando un aprendiente de una L2 incorpora elementos de la cultura y la manera de pensar de la segunda lengua. El concepto de la aculturación es consistente con las aportaciones de la lingüística cognitiva que he comentado en las secciones anteriores, en tanto que asume que la lengua está atada a las formas específicas de categorizar el mundo propias de cada comunidad de hablantes.

El *Diccionario de términos clave de ELE* del Centro Virtual Cervantes describe la aculturación como el "proceso de adaptación gradual de un individuo (o de un grupo de individuos) de una cultura a otra con la cual está en contacto", e indica que la aculturación implica un "reajuste de los patrones culturales del individuo o grupo, motivados ambos por la necesidad de reorientar sus pensamientos, sentimientos y formas de comunicación a las exigencias de las realidades externas" (CVC 2008: página web). Para Francisco Moreno (2004), la relación entre el aprendizaje de una L2 y la aculturación es bidireccional: por un lado, aprender una L2 ya implica una forma de aculturación, y por otro lado el grado de aculturación de un individuo también indica su nivel de competencia con la lengua meta.

El modelo de la aculturación es consistente, también, con los aspectos de la adquisición de segundas lenguas que he comentado en los capítulos anteriores, según las aportaciones de la neurociencia cognitiva. El CVC señala que, como parte de este proceso, "el individuo experimenta procesos de aprendizaje de algunos hábitos y fenómenos de la nueva cultura y de *des-aprendizaje* o

deculturación de algunos hábitos de su cultura de origen" (2008: página web, cursiva en el original), lo que se explica mediante los mecanismos de la neuroplasticidad que refuerzan aquellos circuitos neuronales activados repetidamente mediante la experiencia, mientras que se eliminan aquellos que no se utilizan –*use it or lose it*.

Por otro lado, este es un proceso que tiene lugar cuando se aprende una L2 en su contexto social, y el concepto de la aculturación "adquiere especial relevancia en las situaciones de aprendizaje de lenguas en situación de inmersión" (CVC 2008: página web). Teniendo en cuenta que este proceso cognitivo va de la mano con la competencia con la L2, refuerza también la visión de la lengua como un sistema que no puede ser separado de su entorno social, y que se adquiere de forma significativamente más eficiente mediante la experiencia del aprendiente en el contexto social de la lengua meta.

Estas consideraciones pueden ser relevantes para los docentes de segundas lenguas porque, como se indica en el *Diccionario de términos clave de ELE*, "los modelos que explican la aculturación ayudan a los profesores a identificar los estadios por los que pasan los estudiantes en el proceso de adquisición de la lengua y de la cultura y, consecuentemente, a ajustar sus decisiones docentes" (CVC 2008: página web).

#### 5.4. LA ADQUISICIÓN DE PATRONES MENTALES NATIVOS

Como hemos visto a lo largo del trabajo, la lengua existe en relación con los otros fenómenos cognitivos del ser humano, como el aprendizaje, las emociones, la empatía y el pensamiento. Si el objetivo último de aprender una segunda lengua es alcanzar un nivel de competencia nativo o casi nativo, esto implicaría, según muestran los estudios recientes, que el aprendiente podría adquirir también nuevas maneras de pensar. Como escribe Lera Boroditsky, "studies have shown that changing how people talk changes how they think. Teaching people new color words, for instance,

changes their ability to discriminate colors. And teaching people a new way of talking about time gives them a new way of thinking about it" (2011: 65).

Los estudios con hablantes bilingües de nacimiento también apoyan esta capacidad del lenguaje de influenciar cómo conceptualizamos el mundo, pues se ha mostrado que los bilingües cambian cómo perciben el mundo, y activan distintos circuitos neuronales, dependiendo de la lengua que están procesando en un momento determinado (Boroditsky 2011).

Sin embargo, este no es un proceso que pueda tener lugar simplemente con el aprendizaje de la L2, pues cierto grado de aculturación es necesario. Eulalio Fernández (2000) escribe que una de las características más prominentes de la interlengua es que el aprendiente utiliza los signos lingüísticos de la L2 –el léxico, la sintaxis, la gramática, etc– para la representación semántica de la L1, es decir, para producir los significados que normalmente expresaría con su lengua materna. Esta característica implica que aprender la estructura lingüística de la L2 no es suficiente para alcanzar un nivel de competencia cercano a la competencia nativa; para Fernández, pensar en la L2 significaría también asumir la forma de conceptualizar el mundo propia de la comunidad de hablantes de la lengua meta, lo que de nuevo implica la adquisición de nuevos patrones de pensamiento.

La neurociencia cognitiva también ha examinado el proceso de adquirir patrones mentales nativos con el aprendizaje de una L2. Jubin Abutalebi (2008) explica cómo el procesamiento de una lengua mediante los circuitos neuronales que utilizamos para procesar una L2 es fatigoso y poco eficiente, ya que requiere un control consciente para cancelar las rutas neuronales de nuestra L1. Sin embargo,

these differences may disappear once a more native-like proficiency is established, reflecting a change in language processing mechanisms: from controlled processing for a weak L2 system (i.e., a less proficient L2) to more automatic processing. (2008: página web)

Como vemos, la neuroplasticidad y la aculturación también juegan un papel en este proceso, y también las condiciones del aprendizaje: "research also demonstrates that the kind of exposure you have to the language can determine whether you achieve native-language brain processing", escribe

Karen Mallet, y añade que "brain studies shows how an adult learning a foreign language can come to use the same brain mechanisms as a native speaker" (2012: página web). Recordemos, también, el estudio de la Universidad de Illinois del que he hablado en el capítulo 2 (Morgan-Short, Ullman y otros 2012), que concluyeron que, incluso medio año después del curso y sin ninguna exposición adicional a la lengua, los aprendientes del grupo de inmersión "still performed well on tests, and their brain processes had become even more native-like" (2012: página web).

Finalmente, también es relevante considerar la importancia de los aspectos pragmáticos en la enseñanza de segundas lenguas. Es posible que si los hablantes de distintas lenguas poseen distintas habilidades cognitivas –distintas formas de conceptualizar el mundo y distintas formas de percibir la realidad social–, esto no sea una consecuencia directa de la estructura lingüística de su lengua, sino que se deba, en cierto grado, a los aspectos pragmáticos y sociolingüísticos de su cultura. La inclusión de los aspectos sociales y culturales en la dicotomía lengua/pensamiento sería, en este caso, clave para la adquisición eficiente de la L2, teniendo en cuenta los sistemas cerebrales que he estado revisando a lo largo de este trabajo.

## CONCLUSIÓN

He escrito este trabajo para comprender cuáles son los mecanismos de nuestro cerebro que nos permiten aprender una segunda lengua como adultos. Las implicaciones de esta discusión son significativas para la educación, pues sin duda una mejor comprensión de cómo funciona el aprendizaje de las lenguas en el cerebro puede ayudarnos a plantear de forma más eficiente la docencia de una L2.

Para ello, me he centrado en las aportaciones de la neurociencia cognitiva –la vertiente de la neurociencia que se ocupa del estudio de cómo el cerebro genera la mente. He planteado el primer capítulo como una introducción al tema, y en los siguientes capítulos he abordado un aspecto específico en cada uno, con el objetivo de que, en su conjunto, estas discusiones puedan ofrecer una visión general y concisa, para un público no especializado en neurobiología, sobre el conocimiento que tenemos actualmente sobre el funcionamiento de estos fenómenos cerebrales.

Hay otras cuestiones relacionadas con el tema del trabajo que podría haber examinado pero que habrían resultado en un trabajo significativamente más extenso. Por ejemplo: cómo el cerebro adquiere y procesa la L1; profundizar en la cuestión de si la L1 y la L2 son procesadas en las mismas áreas del cerebro y con los mismos circuitos neuronales; o el factor de la edad en la plasticidad cerebral y la adquisición de lenguas. Otros aspectos que se podrían añadir son: cómo las distintas destrezas comunicativas (hablar, leer, escuchar, escribir) son adquiridas en el cerebro, y las diferencias entre estos procesos; y cómo distintos aspectos de la lengua, como el léxico y la gramática, dependen de específicas áreas del cerebro y de distintos tipos de memoria, y qué se puede hacer para fomentar un aprendizaje más eficiente de estos aspectos.

También debo notar las limitaciones del trabajo. En primer lugar, hay un sesgo de selección, pues el trabajo está basado en la literatura y estudios a los que he tenido acceso, que no son todos los que existen, y, de estos, he hecho mi propia selección, escogiendo los que he considerado más relevantes y representativos, para que el corpus de textos fuera manejable.

Los distintos puntos trabajados en los capítulos también podrían haber sido expandidos con información más detallada, con otros estudios, más ejemplos y, sobre todo, con apartados adicionales dedicados a formas específicas de aplicar los temas discutidos a la enseñanza de segundas lenguas.

Finalmente, también debo incluir mis propias limitaciones, pues con un trasfondo académico no especializado en ciencias biológicas hay cierto riesgo en plantear un trabajo con esta temática; sin embargo, también creo que hay valor en la interdisciplinaridad y que ningún campo está completamente aislado, y que para los profesionales de la enseñanza de segundas lenguas merece la pena comprender los sistemas biológicos responsables del lenguaje.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABUTALEBI, Jubin (2008) “Neural aspects of second language representation and language control”. *Acta Psychologica*, Vol. 128, Issue 3, julio 2008: 466–478.
- ALLPORT, Gordon (1954) *The Nature of Prejudice*. Boston: Addison-Wesley.
- ARBIB, Michael (2008) “Mirror Neurons and Language”, en eds. Birgitte Stemmer y Harry Whitaker, *Handbook of the Neuroscience of Language*. London: Academic Press, 237-246.
- BACK, Thomas, Jack Nissan, Michael Allerhand y Ian Deary (2014) “Does bilingualism influence cognitive aging?”. *Annals of Neurology*, Vol. 76, Issue 6: 959-963.
- BIALYSTOK, Ellen y Raluca Barac (2012) *Cognitive Effects: The Psycholinguistics of Bilingualism*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- BLOOM, Paul (2016) *Against Empathy*. Nueva York: Ecco.
- BORDCOSH, Lulwa (2018) “How virtual reality facilitates language learning and improves student outcomes”. Conferencia en la Universidad de Cambridge. [https://www.youtube.com/watch?v=l9Q5d\\_SmWqU](https://www.youtube.com/watch?v=l9Q5d_SmWqU). Consultado el 18/04/2020.
- BORODITSKY, Lera (2011) “How language shapes thought: the languages we speak affect our perceptions of the world”. *Scientific American*, February 2011, 63–65.
- BORODITSKY, Lera (2017) “How Language Shapes The Way We Think”. TED Talk. [https://www.ted.com/talks/lera\\_boroditsky\\_how\\_language\\_shapes\\_the\\_way\\_we\\_think#t-736993](https://www.ted.com/talks/lera_boroditsky_how_language_shapes_the_way_we_think#t-736993). Consultado el 08/12/2020.

- BROWN, Douglas (1994) *Principles of Language Learning and Teaching*. New Jersey: Prentice Hall Regents.
- BURTON, Neel (2018) "How the Language You Speak Influences the Way You Think". *Psychology Today*, 08/08/2018. <https://www.psychologytoday.com/us/blog/hide-and-seek/201808/how-the-language-you-speak-influences-the-way-you-think>. Consultado el 15/04/2020.
- BYERS-HEINLEIN, Krista, Tracey Burns y Janet Werker (2010) "The roots of bilingualism in newborns". *Psychological Science*, 21(3): 343-348.
- CARROLL, John (1956) *Language, Thought and Reality. Selected Writings of Benjamin Lee Whorf*. Cambridge, MA: MIT Press.
- CENTRO VIRTUAL CERVANTES (2008) "Aculturación". *Diccionario de términos clave de ELE*. [https://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca\\_ele/diccio\\_ele/diccionario/aculturacion.htm](https://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca_ele/diccio_ele/diccionario/aculturacion.htm). Consultado el 20/04/2020.
- CHOMSKY, Noam (1975) *Reflections on Language*. Nueva York: Pantheon.
- COSTA, Albert (2017) *El cerebro bilingüe; la neurociencia del lenguaje*. Nueva York: Pantheon.
- DAMASIO, Antonio (1992) "Aphasia". *The New England Journal of Medicine*, Vol. 368, Issue 8: 531–539.
- DARWIN, Charles (1871) *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex*. Darwin Online. <http://darwin-online.org.uk/>. Consultado el 24/11/2019.
- DOIDGE, Norman (2007) *The Brain That Changes Itself*. Nueva York: Viking Press.
- DRONKERS, Nina, Steven Pinker y Antonio Damasio (2000) "Language and the aphasias", en eds. Eric Kandel, Thomas Jessel y James Schwartz, *Principles of Neural Sciences. Fourth Edition*. Nueva York: McGraw Hill: 1169–1187.

- ELLIS, Rod (1997) *Second Language Acquisition*. Oxford: Oxford University Press.
- EVANS, Vyvyan, y Melanie Green (2006) *Cognitive Linguistics: An Introduction*. Edimburgo: Edinburgh University Press.
- FERNÁNDEZ, Eulalio (2000) "Transferencias e interferencias en el aprendizaje de una segunda lengua". *Encuentro*, N° 11: 106–112.
- “Foreign Language Immersion Better for Adults than Classes”. Georgetown University, 29/03/2012. <https://www.georgetown.edu/news/foreign-language-immersion-better-for-adults-than-classes/>. Consultado el 15/04/2020.
- GAZZANIGA, Michael, Richard Ivry y George Mangun (2002) *Cognitive Neuroscience: The Biology of the Mind*. Nueva York: W.W. Norton.
- GAZZANIGA, Michael., ed. (2009) *The Cognitive Neurosciences*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- GOLEMAN, Daniel (2015) *Focus*. Nueva York: Harper Collins.
- GRANT, Angela (2016) “Brain Connectivity and Language Learning: New Findings, New Questions”. Cognitive Neuroscience Society, 29/08/2016. <https://www.cogneurosociety.org/brain-connectivity-and-language-learning-new-findings-new-questions/>.
- GREENE, Deanna, Christina Lessov-Schlaggar y Bradley Schlaggar (2015) “Development of the Brain's Functional Network Architecture”, en eds. Gregory Hickok y Steven Small, *Neurobiology of Language*, Irvine: Academic Press, 399-406.
- HEATHERTON, Todd y Joseph LeDoux (2009) "Introduction. The Emotional and Social Brain", en ed. Michael Gazzaniga, *The Cognitive Neurosciences*. Cambridge, MA: The MIT Press, 887–889.
- HERLIN, Ilona y Laura Visapää (2016) “Dimensions of empathy in relation to language”. *Nordic Journal of Linguistics*, Vol. 39, Special Issue 2: Discourse, Grammar and Intersubjectivity. 135-157.

- HICKOK, Gregory y Steven Small (2016) *Neurobiology of Language*. Londres: Academic Press.
- HOSODA, Chihiro, Kanji Tanaka, Tadashi Nariai, Manabu Honda y Takashi Hanakawa (2013) “Dynamic neural network reorganization associated with second language vocabulary acquisition: a multimodal imaging study”. *The Journal of Neuroscience*, 33 (34): 13663-13672.
- JENKIN, Matthew (2014) “What makes a language attractive –its sound, national identity or familiarity?”. *The Guardian*, 17/07/2014. <https://www.theguardian.com/education/2014/jul/17/what-makes-a-language-attractive>. Consultado el 12/05/2020.
- KANDEL, Eric, Thomas Jessel, James Schwartz, Steven Siegelbaum, A.J. Hudspeth eds. (2000) *Principles of Neural Sciences. Fifth edition*. Nueva York: McGraw Hill, 2013.
- KEMMERER, David (2015) *Cognitive Neuroscience of Language*. New York: Psychology Press.
- LAKOFF, George y Mark Johnson (1980) *Metaphors We Live By*. Chicago: University of Chicago Press.
- LAKOFF, George (1987) *Women, Fire and Dangerous Things*. Chicago: University of Chicago Press.
- LANGACKER, Ronald (1987) *Foundations of Cognitive Grammar, Volume I*. Stanford: Stanford University Press.
- LI, Ping, Jennifer Legault y Kaitlyn Litcofsku (2014) “Neuroplasticity as a function of second language learning: Anatomical changes in the human brain”. *Cortex*, Vol. 58: 301–324. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0010945214001543>. Consultado el 26/03/2020.
- LÖVDÉN, Martin, Elisabeth Wenger, Johan Mårtensson, Ulman Lindenberger, Lars Bäckman (2013) "Structural brain plasticity in adult learning and development". *Neuroscience and Behavioral Reviews*, Vol. 37, Issue 9, Part B: 2296–2310.

- MACKEY, Alison (2014) “What happens in the brain when you learn a language?” *The Guardian* 04/09/2014. <https://www.theguardian.com/education/2014/sep/04/what-happens-to-the-brain-language-learning>.
- MALLET, Karen (2012) “In Immersion Foreign Language Learning, Adults Attain, Retain Native Speaker Brain Pattern”. *Neuroscience News*, 28/03/2012. <https://neurosciencenews.com/immersion-foreign-language-learning-brain-pattern/>. Consultado el 08/05/2020.
- MAX PLANCK GESELLSCHAFT (2013) “I'm OK, you're not OK: right supramarginal gyrus plays an important role on empathy”. *Science Daily*, 9 de octubre del 2013. <https://www.sciencedaily.com/releases/2013/10/131009133057.htm>. Consultado el 06/04/2020.
- MENEZES, Vera (2013) “Second Language Acquisition: Reconciling Theories”. *Open Journal of Applied Sciences*, 3: 404–412.
- MORENO, Francisco (2004) “El contexto social y el aprendizaje de una L2”, en eds. Jesús Sánchez y Isabel Santos, *Vademécum para la formación de profesores: enseñar español como una segunda lengua*. Madrid: SGEL, 287–304.
- MORGAN-SHORT, Kara, Michael Ullman, Ingrid Finger, Sarah Grey (2012) “Second Language Processing Shows Increased Native-Like Neural Responses After Months of No Exposure”. *PLoS One*, 28/03/2012. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0032974>. Consultado el 08/05/2020.
- MORGAN-SHORT, Kara, Zhizhou Deng, Kate Brill–Schuetz, Mandy Faretta–Stutenberg, Patrick Wong y Francis Wong (2015) “A view of the neural representation of second language syntax through artificial language learning under implicit contexts of exposure”. *Studies in Second Language Acquisition*, Vol. 27, Issue 2: 383–419.

- MÅRTENSSON, Johan, Johan Eriksson, Nils Christian Bodammer, Magnus Lindgren, Mikael Johansson, Lars Nyberg, Martin Lövdén (2012) “Growth of language-related brain areas after foreign language learning”. *NeuroImage*, Vol. 63, Issue 1: 240-244.
- “Neurolinguistics”. Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Neurolinguistics>. Consultado el 11/04/2020.
- NEVILLE, Helen y Mriganka Sur (2009) "Introduction. Plasticity", en ed. Michael Gazzaniga, *The Cognitive Neurosciences*. Cambridge, MA: The MIT Press, 89–91.
- ORWELL, George (1949) *Nineteen Eighty Four*. Londres: Harvill Secker.
- PHILIPS, Colin, y Sakai Kuniyoshi (2005) “Language and the Brain”. *Yearbook of Science and Technology*. New York: McGraw-Hill, 166-169.
- PINKER, Steven (1994) *The Language Instinct: How the Mind Creates Language*. Nueva York: William Morrow and Company.
- QUIROGA, Rodrigo Quian, Christof Koch, Itzhak Fried, *et al.* (2005) “Invariant visual representation by single neurons in the human brain”. *Nature*, Vol. 435, Issue 23: 1102–1107.
- QUIROGA, Rodrigo, Alexander Kraskov, Christof Koch y Itzhak Fried (2009) “Explicit encoding of multimodal precepts by single neurons in the human brain”. *Current Biology*, 19: 1308–1313.
- RAMÓN Y CAJAL, Santiago. *Recuerdos de mi vida*. Centro Virtual Cervantes. [https://cvc.cervantes.es/ciencia/cajal/cajal\\_recueros/default.htm#](https://cvc.cervantes.es/ciencia/cajal/cajal_recueros/default.htm#). Consultado el 03/04/2020.
- ROSENZWEIG, Mark, Edward Bennett, Marian Cleeves Diamond (1972) “Brain changes in response to experience”. *Scientific American*, 226: 22–30.
- SCHUMANN, John (1986) “An Acculturation Model for Second Language Acquisition”. *Journal of Multilingual and Multicultural Development*, 7(5): 379-392.

- SCHUMANN, John (2006) “Summing Up: Some Themes in the Cognitive Neuroscience of Second Language Acquisition”. *Language Learning*, 56: 313-319.
- SILANI, Giorgia, Claus Lamm, Christian Ruff y Tania Singer (2013) “Right Supramarginal Gyrus Is Crucial to Overcome Emotional Egocentricity Bias in Social Judgements”. *The Journal of Neuroscience*, Setiembre 2013, 33 (39): 1566-76.
- SINGER, Tania y Olga Klimecki (2014) “Empathy and Compassion”. *Current Biology*, Vol. 24, Issue 18, 875–878.
- SLOBIN, Dan (1996) "From 'thought and language' to 'thinking for speaking'", en eds. John Gumperz y Steven Levinson, *Rethinking Linguistic Relativity*. Cambridge: Cambridge University Press, 70–96.
- STEIN, Maria, Andrea Federspiel, Thomas Koenig, Miranda Wirth, Christoph Lehmann, *et al.* (2009) “Reduced frontal activation with increasing 2nd language proficiency”. *Neuropsychologia*, Vol. 47, Issue 13, noviembre 2009: 2712–2720.
- STEIN, Maria, Carmen Winkler, Anelis Kaiser y Thomas Dierks (2014) “Structural brain changes related to bilingualism: does immersion make a difference?”. *Frontiers in Psychology*, 02/10/2014. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2014.01116/full>. Consultado el 06/05/2020.
- STEMMER, Birgitte y Harry Whitaker (2008) *Handbook of the Neuroscience of Language*. Londres: Academic Press.
- STROMSWOLD, Karin (2000) “The Cognitive Neuroscience of Language Acquisition”, en ed. Gazzaniga, Michael, *The New Cognitive Neurosciences*. MIT Press: 909-932.
- TOKUHAMA-ESPINOSA, Tracy (2013) “Lo que los neurocientíficos nos dicen sobre la enseñanza de segundas lenguas”. *Para el aula*, 8, diciembre 2013, Universidad San Francisco de Quito.

- VAN LANCKER, Djana (2008) "The Relation of Human Language to Human Emotion", en eds. Birgitte Stemmer y Harry Whitaker, *Handbook of the Neuroscience of Language*. Londres: Academic Press, 199-208.
- VUILLEUMIER, Patrick y Tobias Brosch (2009) "Interactions of Emotion and Attention in Perception", en ed. Michael Gazzaniga, *The Cognitive Neurosciences*. Cambridge, MA: The MIT Press, 925-935.
- XIAOQIAN, Chai, Jonathan Berken, Elise Barbeau, Jennika Soles, Megan Callahan, Jen-Kai Chen y Denise Klein (2016) "Intrinsic Functional Connectivity in the Adult Brain and Success in Second Language Learning". *Journal of Neuroscience*, 36 (3): 755-761. <https://www.jneurosci.org/content/36/3/755.short>.
- YANG, Jing, Kathleen Marie Gates, Peter Molenaar, Ping Li (2015) "Neural changes underlying successful second language word learning: An fMRI study". *Journal of Neurolinguistics*, Vol. 33, febrero 2015: 29-49.