

Bases neurofisiológicas y neuroanatómicas del habla. Su importancia para la adquisición de lenguas extranjeras

M.F. CARRO SUAREZ,
J. FERNANDEZ ARIAS,
A. GOMEZ TISCAR,
DR. A. HAIDL DIETLMEIER¹

I. INTRODUCCION

Los conocimientos neuroanatómicos y neurofisiológicos, es decir, el saber de qué partes se compone el cerebro humano y cómo funcionan, no suelen recibir mucha atención entre los profesionales de la enseñanza de idiomas extranjeros. No obstante, en opinión de los autores del presente artículo, puede ser interesante repasar, aunque sea a grandes rasgos, las funciones de los distintos *módulos mentales* (cf. Fodor, 1981), desde el punto de vista de la neuroanatomía y neurofisiología, para permitirle, al lector filólogo, tener una idea somera de la complejidad que caracteriza nuestro "comportamiento verbal".

Si este resumen lo intentan personas alejadas, por su formación, de las disciplinas médicas mencionadas, no es por un afán de meterse en campo ajeno. Ni significa que se quieran arrogar conocimientos suficientes para producir un tipo de resumen satisfactorio,

¹ Los autores agradecen a la Dra. Sofía Vázquez Navarrete (Dep. de Anatomía Patológica, La Línea de la Concepción) y a la Dra. Carmen Luna Maldonado (Dep. de Salud Mental, Algeciras) su ayuda y sugerencias.

por sus matizaciones, para el médico especialista. Presentan este trabajo más bien por su interés de evaluar, *desde el punto de vista del enseñante*, los resultados obtenidos por estas disciplinas, ya que piensan que pueden aportar datos nuevos para un problema viejo en la enseñanza de lenguas extranjeras: la automatización (adquisición) de *conocimientos formales aprendidos*.

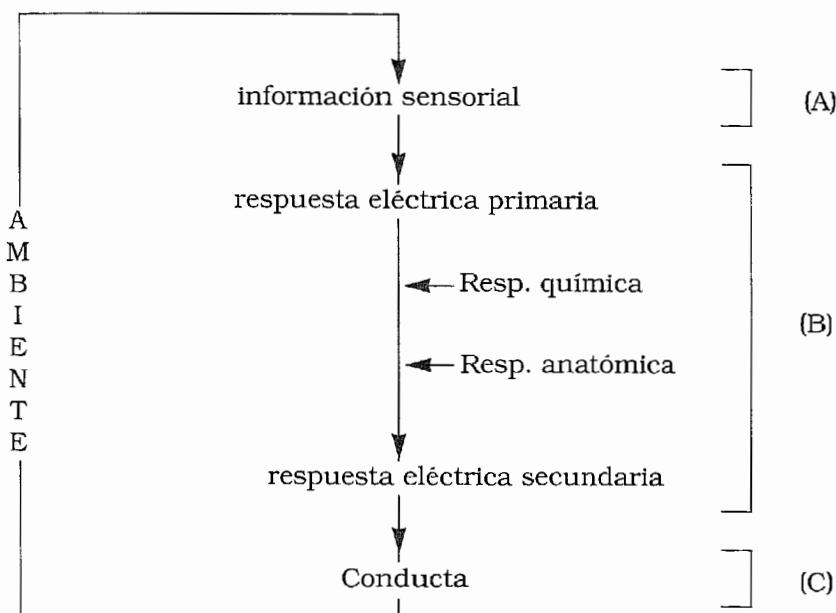
Así, hacerse una idea del complejo sistema de factores conscientes e inconscientes, racionales y emocionales que influyen en la capacidad del habla humana ayuda, en nuestra opinión, en el desarrollo de una postura más matizada en cuanto a las pretensiones de "comunicación" y/o métodos que pretenden alcanzar la automatización de conocimientos aprendidos memorísticamente a través de una manipulación de los aspectos formales de la lengua.

En cuanto a la terminología empleada, de origen conductista, cabe una advertencia para evitar malentendidos: si hablamos de "conducta verbal" no nos queremos identificar con la postura de Skinner ("Verbal Behavior", 1957) que tanta polémica levantó en su época (cf. Chomsky, Crítica de Verbal Behavior de Skinner) y cuya característica principal fue, sin lugar a duda, la exclusión de factores internos al cerebro (*la caja negra o black box*) en la determinación de relaciones "estímulo-respuesta" a nivel del comportamiento humano. El empleo de esta terminología responde más bien al hecho de que la usan hoy en día los neurólogos y fisiólogos, pero en un sentido bastante distinto a como lo hacía Skinner en 1956. Sirva como ejemplo de ello una observación de T. Palomo que hemos tomado de su artículo "Bases neurofisiológicas y neuroanatómicas de la conducta" y que, a su vez, fue incluido en el manual más reciente de Psicología Médica²:

"...la conducta "C" es determinada por las entradas al sistema "A" y de ahí las explicaciones psicosociales, conductistas, etc. Sin embargo, en último término, "C" (lo que decimos, pensamos, sentimos y hacemos) viene determinado directamente por "B" (nuestra actividad cerebral) y sólo indirectamente (a través de "B") por las entradas "A" (ídem: p. 4) (los subrayados son nuestros).

Gráficamente se puede representar esto de la siguiente manera:

² Filiberto Fuentenebro, Carmelo Vázquez (ed.) (1990), *Psicología Médica, Psicopatología y Psiquiatría*, vol. I., Editorial Interamericana, McGraw-Hill.



Es en este contexto interesante recordar que N. Chomsky insistió ya en 1966, en su libro *Cartesian Linguistics* (Harper and Row, New York), en que

"...human language is free from stimulus control and does not serve a merely communicative function, but is rather an instrument for the free expression of thought and for appropriate response to new situations" (p. 13)³.

II. EL SISTEMA CEREBRAL

II.1. El sistema nervioso: un sistema de información

El sistema nervioso se nos presenta básicamente como un sistema de intercambio de información con el ambiente. Recibimos información a través de las *vías aferentes* y las *áreas corticales* (sis-

³ Fue probablemente esta postura la que llevó a Chomsky a criticar la teoría de Skinner, tal como éste la expuso en "El Comportamiento verbal", cf. Chomsky Noam (1959), "Crítica de 'Verbal Behavior', de B.F. Skinner", en R. Bayés (ed.) (1980²⁹), *¿Chomsky o Skinner? La Génesis del Lenguaje*. Barcelona, Fontanella.

temas de información) que nos permiten tener un conocimiento del mundo y de nosotros mismos, y actuamos sobre el ambiente mediante los *sistemas motores* con que nos movemos en ese mismo ambiente (*psicomotricidad*).

Para el ser humano *conocer* implica, en puridad, recibir *sensaciones*, integrar esas sensaciones en *percepciones* (simples y complejas) y, finalmente, transformar esas percepciones en *conceptos* que nos permiten adscribirles un nombre, emergiendo de este modo del resto del mundo animal. Toda esta actividad la realizan los sistemas de información de nuestro sistema nervioso, compuestos de *receptores* que pueden ser activados por estímulos externos, *vías aferentes* que llevan la información hasta el cerebro, y *áreas corticales sensoriales* donde la información es integrada.

Propiedad fundamental de la actividad cerebral es su *plasticidad funcional*⁴ que hace que nuestra conducta no sea algo fijo o estereotipado, sino flexible, susceptible de cambio, lo que nos permite adaptarnos a las diferentes circunstancias y, sobre todo, posibilita el aprendizaje.

En cuanto al conjunto de las *vías de información del sistema nervioso central* sería prolífico entrar en la explicación detallada de cada una de ellas. Baste con exponer aquí de manera resumida las características comunes a todas ellas.

Receptores: Son órganos especializados en dar respuesta a diferentes tipos de estímulos externos (químicos, mecánicos, etc.) convirtiéndolos en señales eléctricas.

Vías aferentes: son las vías que conducen las señales eléctricas desde los receptores hasta el neocórtex. Se trata de millones de neuronas ordenadas en cadenas de *tres neuronas principales* que partiendo del ganglio sensorial o sensitivo cruzan frecuentemente la

⁴ Esta *plasticidad* significa para T. Palomo (op. cit.) que "cambiar constituye la base de la vida y de la supervivencia" y que "la vida es un equilibrio delicado, tenso, inestable. Cambiando se aumenta la tensión, y si la tensión es tan alta que resulta insostenible, podemos tener una crisis. En el otro extremo, si la tensión y la capacidad para cambiar desaparece, morimos... Cuanto mayor sea la tensión que podemos tolerar (cuanto mayor sea la plasticidad y capacidad de cambio) más rica podrá ser nuestra vida mental."

La importancia del concepto es resaltada por el mismo autor, además, con las siguientes palabras:

"He querido referirme, aunque sea brevemente, para definir la *plasticidad*, con objeto de subrayar el hecho de que la máquina nerviosa no es un aparato estático complicadísimo lleno de conexiones y vías, sino un órgano vivo cambiante, capaz de explorar posibilidades, capaz de tomar decisiones y capaz de adaptarse a sí mismo de acuerdo con ello." (idem: 27)

línea media (decusación sensitiva) para, después de conectar con el tálamo del hemisferio opuesto, alcanzar las *áreas corticales sensoriales* de la corteza cerebral donde la información es integrada.

Areas sensoriales: Las neuronas procedentes del tálamo proyectan sus cilindrojes sobre áreas específicas del neocórtex dependiendo del tipo de sensaciones. Existen dos tipos de áreas sensoriales: *Área sensorial primaria*, responsable de las sensaciones, y *área sensorial secundaria* donde las sensaciones son integradas, produciéndose las percepciones.

Así, percibimos las cualidades de un objeto mediante la excitación de los canales de información que estimulan las áreas sensoriales correspondientes, dando lugar a diferentes percepciones simples (visual, táctil, etc.). La asociación, por excitación simultánea o sucesiva, de distintas percepciones simples de un mismo objeto, da lugar a la percepción compleja (multisensorial) de ese objeto. Y una vez establecida esa asociación, basta la percepción del objeto por un canal de información para desencadenar las otras percepciones simples correspondientes al mismo objeto. Así, la imagen de un objeto determinado evoca su tacto, color, gusto, etc... De un modo similar se producen las síntesis conceptuales, es decir, por conexiones asociativas correspondientes a percepciones complejas.

II.2. Sistemas funcionales del cerebro

Todas las funciones cerebrales (memoria, aprendizaje, lenguaje, etc.) tienen su base en localizaciones neuroanatómicas.

–Memoria inmediata: En el caso de la percepción, la imagen percibida se mantiene gracias a la actividad bioeléctrica de los circuitos neuronales del neocórtex producida por estímulos que llegan o a través de los canales de información o del propio cerebro. Cuando falta el estímulo y la información, el recuerdo correspondiente es lo que llamamos memoria. La memoria inmediata mantiene los circuitos neuronales activos mediante un esfuerzo consciente.

–Memoria reciente: Esta memoria activa los mismos elementos, y su estimulación, igual que en todas las formas de memoria, está a cargo del sistema límbico el cual mantiene la actividad durante unos minutos. Las lesiones de este sistema producen amnesia retrógrada como la que se encuentra en la demencia de Korsakov (donde hay lesiones producidas por el alcohol en tubérculos mamílares, hipocampo y girus cínguli).

El hipocampo es esencial para la consolidación de la memoria en general.

–Memoria remota: La memoria a largo plazo la determinan ciertos circuitos del sistema límbico, su almacenaje se localiza en el neocórtex por consolidación de las sinapsis implicadas.

La lesiones que producen alteraciones de memoria a largo plazo no suelen ser puntuales sino difusas debido a que los circuitos están distribuidos por todo el neocórtex.

–Evocación: La evocación de un dato perteneciente al banco de datos de la memoria puede ser automática o voluntaria; la evocación voluntaria o la búsqueda son realizadas por el sistema límbico, mientras que la evocación automática se produce al activarse un circuito que a su vez forma, directa o indirectamente, parte de otro circuito. Ciertas experiencias (Penfield, 1959) demuestran que los sistemas neuronales de almacenaje (sinapsis) se encuentran repartidos por toda la corteza cerebral, pero más intensamente en el neocórtex temporal del hemisferio derecho.

El reconocimiento de las imágenes que queremos evocar se realiza con toda probabilidad gracias a la interpretación conceptual que implica fundamentalmente al neocórtex de las áreas del lenguaje del hemisferio izquierdo.

Aprendizaje:

Todo aprendizaje consiste en el establecimiento o apagamiento de sinapsis. El aprendizaje es cuestión de eficacia sináptica, de flexibilidad y sensibilidad de la sinapsis química con respecto a su historia previa. La eficacia sináptica depende del calcio, base fundamental de la plasticidad y consecuentemente del aprendizaje. La actividad sináptica depende también de la propia neurona. En caso de una frecuencia alta de potenciales de acción (tétanos), se produce una entrada de calcio mayor que provoca un aumento progresivo de los potenciales postsinápticos debido al aumento progresivo de la liberación del neurotransmisor (facilitación posttetánica). Esta actividad no depende solamente de la concentración de calcio, también intervienen otros mecanismos como la hiperpolarización ocasionada por inhibición presináptica y la facilitación que produce la depolarización presináptica; todo lo cual permite que mediante la modulación de la concentración de calcio en sus terminales se modifique la liberación del neurotransmisor en la neurona en función de su propia historia. Mediante la modulación de los canales de calcio de terminales presinápticos de otras neuronas, la neurona puede influenciar la liberación del transmisor de otras neuronas. Lo más interesante es que estos procesos pueden durar incluso horas, y constituyen la base fisiológica y molecular de la memoria y del aprendizaje.

Mediante la regulación del neurotransmisor que se libera, una sinapsis puede pasar de eficaz a inoperante o viceversa.

La memoria para la habituación consistirá en una persistencia en la efectividad o eficacia de las conexiones sinápticas entre las neuronas sensoriales y motoras, disminuyendo progresivamente la liberación del neurotransmisor hasta llegar a la inactividad del calcio en los canales. Por el contrario, en el fenómeno de la sensibilización hay una eficacia que llega a invertir habituaciones previas, aumentando progresivamente la liberación de neurotransmisores; de este modo, las vías sinápticas están determinadas por procesos *innatos y de desarrollo*.

Lenguaje:

El lenguaje, por el que nos diferenciamos de la conducta animal, nos proporciona el medio para relacionarnos con las cosas, incluso cuando las cosas no actúan sobre nuestros receptores, permitiéndonos aprender del mundo y lograr experiencias sin necesidad de experimentar y comunicar nuestra experiencia a otros -de ahí el progreso de la humanidad a través de las generaciones-. Nos facilita, en nuestro cerebro, una representación del mundo bajo la forma de *palabras y conceptos*. Mediante el lenguaje nos relacionamos con nosotros mismos, permitiéndonos hacer al propio yo objeto de nuestra experiencia, y dialogar con nosotros mismos (monologar), no solamente conociendo, sino sabiendo qué conocemos y cómo conocemos, con posibilidades de autocritica, autocorrección, asociación de conceptos, creación e incluso realización de nuestros conceptos.

Cabe destacar que los estudios de las afasias han permitido, hasta cierto punto, localizar en el cerebro algunas de las múltiples funciones del lenguaje, tales como interpretación, análisis, síntesis y evocación del lenguaje. La lesión del área temporal derecha, homóloga a la de Wernicke, da lugar, por ejemplo, a alteraciones de la comprensión del aspecto emocional del lenguaje, mientras que las lesiones del área frontal del área derecha homóloga a la de Broca ocasionan dificultades del aspecto emocional del lenguaje.

Presentamos a continuación una relación de algunas de estas áreas:

- Área de Wernicke*: responsable de funciones tales como la comprensión oral o coordinación de expresión o lectura oral.
- Área de Broca*: responsable de la palabra hablada.
- Área de Dejerine*: responsable de la lectura.
- Área de Exner*: responsable de la escritura.
- Áreas de Luria*: también necesario para el lenguaje escrito.

III. EL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL

El estudio del funcionamiento de nuestro cerebro corresponde a la rama de la Biología llamada Neurobiología. Dentro de la misma debemos distinguir la Neurofisiología, centrada en el estudio de la fisiología de la neurona y de la sinapsis (es decir, su funcionamiento), de la Neuroanatomía funcional, que se ocupa del estudio de las diferentes estructuras cerebrales implicadas en los tipos más importantes de conducta, tratando siempre de establecer una correlación funcional.

Siendo el sistema nervioso humano la base del funcionamiento cerebral, es imprescindible hablar primero de las principales partes que lo componen y de los principios que rigen su funcionamiento.

Empecemos con una breve descripción del *sistema nervioso*:

Son los *centros nerviosos* los encargados de interpretar las sensaciones que, a través de los *nervios sensitivos*, les llegan de los sentidos y que elaboran las posibles respuestas.

En los humanos dichos *centros nerviosos* son:

a) El *encéfalo*: órgano que realiza las funciones más complicadas del sistema nervioso. Contiene el *cerebro*, el mayor órgano del encéfalo humano (85% del peso total) que consta de dos mitades simétricas, los *hemisferios cerebrales*, el *cerebelo* y el *bulbo raquídeo*.

En un primer acercamiento, y como ejemplo de las distintas funciones que realizan determinadas áreas de ambos hemisferios del cerebro, podemos mencionar la *corteza cerebral*, la región del sistema nervioso donde se establecen las conexiones más complejas entre las neuronas. El hombre es el mamífero que más desarrollada tiene la corteza cerebral, hecho relacionado con la aparición de su inteligencia. Dicha corteza es, también, el centro de sensaciones conscientes y de movimientos voluntarios, teniendo además una función central en la memoria y en el lenguaje. El *cerebelo*, en cambio, coordina los movimientos automáticos y es responsable del equilibrio, controlando la posición y los movimientos del cuerpo de acuerdo con lo que el individuo ve y siente en un determinado momento. No tenemos control directo sobre él.

El *bulbo raquídeo*, finalmente, regula funciones involuntarias, tales como la respiración y los latidos del corazón.

b) La *médula espinal*: prolongación hacia abajo del bulbo raquídeo, que elabora reflejos del tronco y de las extremidades y por la que se extienden fibras sensitivas que mantienen sus órdenes.

En este sistema son los *nervios motores* los encargados de transmitir las órdenes dictadas por los centros nerviosos a los músculos y demás órganos.

Los centros nerviosos -encéfalo y médula- están especialmente protegidos por los huesos del cráneo, para el cerebro y, por la columna vertebral, para la médula, existiendo además, entre ellos y los huesos, unas membranas, llamadas las meninges, que contienen el líquido cefalorraquídeo, que amortigua los posibles golpes que pudieran llegar al encéfalo o a la médula.

Las células que constituyen el sistema nervioso reciben el nombre de *neuronas*.

Fue D. Santiago Ramón y Cajal hace unos cien años el que identificó por primera vez a las neuronas como los constituyentes celulares del cerebro humano; éstas se relacionan unas con otras a través de corrientes eléctricas. Sus funciones más importantes son recibir, generar y transmitir señales a otras neuronas del cerebro. Descubrir el enorme y complejo sistema que forman las neuronas supuso la concesión del Premio Nobel a aquel investigador español.

Desde entonces, y siempre partiendo del descubrimiento de Ramón y Cajal, se han producido muchas investigaciones en este campo que han llevado a una serie de descubrimientos sobre los procesos que constituyen la base del funcionamiento bioquímico del cerebro.

Las neuronas constan de un cuerpo celular que contiene el núcleo, y varias prolongaciones filamentosas. De estas prolongaciones, algunas son cortas y ramificadas, llamadas *dendritas*, y una de ellas es larga y con pocas ramificaciones, llamada *cilindroaje* o *axón*. El impulso nervioso recorre la neurona siempre desde las dendritas al cilindroaje. Las prolongaciones largas de las células nerviosas tienen un recubrimiento de sustancia grasa llamada *mielina*, cuya finalidad es permitir una mejor conducción del impulso nervioso.

Existen tres tipos básicos de neuronas:

- neuronas sensoriales* que transmiten las sensaciones recibidas del mundo exterior por los sentidos a los centros nerviosos;
- neuronas motoras* que llevan los impulsos a los músculos;
- neuronas de asociación* que se encuentran en el encéfalo y la médula espinal. Estas unen las neuronas sensitivas con las motoras y se conectan entre sí formando complicadísimos circuitos⁵.

⁵ De forma análoga existen también diferentes tipos de nervios: los *sensitivos*, que contienen sólo neuronas sensoriales; los *motoras*, que sólo contienen neuronas motoras, y los *mixtos*, que contienen los dos tipos.

IV. LOS HEMISFERIOS CEREBRALES

En cuanto a la base anatómica del funcionamiento de las neuronas insistimos en el hecho de que el cerebro está constituido por dos hemisferios (derecho e izquierdo), unidos por la gran estructura comisural del *cuerpo calloso* y conectados al tálamo y a los ganglios basales por millones de células. La superficie de los hemisferios cerebrales configura la corteza cerebral -el *neocórtex*-, compuesta de materia gris y que aparece dividida en lóbulos mediante fisuras que recorren su superficie. Debajo de la corteza cerebral se encuentra la gran masa de sustancia blanca constituida por vías que comunican con la corteza, fibras de asociación y fibras comisurales uniendo los hemisferios. Y hundidos en esta sustancia blanca se hallan los dos importantes núcleos de sustancia gris: el tálamo y los ganglios basales.

Desde el punto de vista funcional y de una manera muy simplificada, se puede decir que el *neocórtex*⁶, en la superficie del cerebro, es la sede responsable de las funciones intelectuales, percepción, movimientos, programación y memoria (almacenamiento de información). En la línea media, la cara interhemisférica, se encuentra el sistema límbico, base de las conductas emocionales, impulsos y tendencias, memoria (grabar y recordar).

En cuanto a las funciones que realiza cada hemisferio no se puede hablar en términos estrictos de hemisferio dominante y hemisferio menor, ya que cada uno de ellos está especializado en la realización de aspectos particulares y de tareas complementarias de la actividad cerebral. Debido a esta especialización podemos hablar de una asimetría funcional cerebral.

Veamos para su resumen una tabla que da T. Palomo (op. cit. p. 74):

⁶ El *neocórtex* está constituido por miles de millones de neuronas distribuidas en seis capas diferentes. La estructura no es exactamente la misma en las distintas partes de *neocórtex*. Brodmann nos ofrece un mapa con unas 47 a 52 áreas atendiendo a la citoarquitectura histológica de la corteza cerebral. Existen allí dos tipos fundamentales de neuronas: *neuronas eferentes*, que dejan la corteza cerebral para alcanzar estructuras nerviosas inferiores, y *neuronas intrínsecas*, que, sin abandonar el *neocórtex*, conectan las diferentes neuronas de la corteza cerebral (*neuronas de asociación*). La unidad básica funcional y unidad de fuerza del *neocórtex* es la *columna* o *módulo*, que cuando trabaja inhibe las columnas vecinas y se proyecta hacia estructuras nerviosas inferiores mediante células eferentes.

<i>Especialización hemisférica: funciones específicas en las que un hemisferio cerebral es más competente que el otro.</i>	
<i>Hemisferio parlante</i> (normalmente izquierdo)	<i>Hemisferio mudo</i> (normalmente derecho)
Olfato por ventana nasal izda.	Olfato por ventana nasal derecha
Información visual de hemicampo derecho	Información visual de hemicampo izquierdo
Información auditiva de ambos oídos (preferentemente del derecho)	Información auditiva de ambos oídos (preferentem. del izquierdo)
Motilidad voluntaria del lado derecho	Motilidad voluntaria del lado izquierdo
Sensibilidad del lado derecho	Sensibilidad del lado izdo.
Lenguaje proposicional (hablado, escrito)	Leng. prosódico (tono afectivo del lenguaje)
<i>Verbal</i>	<i>Muda</i>
Capacidad lingüística	Capac. lingüíst. pobre (pero algo)
Ideacional	Captación de similitudes visuoespaciales
Captación de similitudes conceptuales	
Calculador	Global
Aritmético	Espacial (geométrico)
Lógico	Musical (ritmos y melodías)
Analítico	Sintético/pictórico
<i>consciente</i>	<i>inconsciente</i>

En cuanto al procesamiento de los aspectos prosódicos del lenguaje (tono afectivo del lenguaje), este cuadro hace ver por qué H. Arndt, et al (1986) llegan, por ejemplo, a la conclusión de que los resultados de las investigaciones neurológicas demuestran claramente que la prosodia, localizada en el hemisferio derecho, es mucho más importante para la comunicación humana de lo que generalmente se cree:

"attention was focused largely on teaching propositional aspects of stress, accent, intonation, etc. The effect of this, neurologically, is like placing the whole information-processing suitcase in the pupil's left hemisphere (Dimond/Beaumont 1974). Right hemisphere processes were almost totally neglected. It was little wonder that the flat, unmodulated speech of some foreign language learners resembled the speech of native speakers with right hemisphere damage."

V. EL SISTEMA LIMBICO

La estructura nerviosa más importante implicada en la conducta emocional, de los impulsos y tendencias instintivas, afectos y estados de ánimo, es el sistema límbico.

Este sistema es la conexión entre lo psicológico y lo somático. Asimismo, participa en diferentes fases de la *memorización* y envía informaciones, mediante sus conexiones, a toda la corteza cerebral. Dependiendo del estado emocional del sujeto y de sus necesidades, este sistema *filtro la información* que como individuos recibimos y *discrimina* los estímulos (los atiende o desatiende).

Teniendo en cuenta que los circuitos neuronales del sistema límbico participan en el *aprendizaje*, la *memoria* y las *emociones*, puede ser interesante tratar los mecanismos que posibilitan la mencionada discriminación.

Esta se lleva a cabo a través de los *neurotransmisores*, que se originan en el *tronco cerebral*, una parte del encéfalo que se encuentra entre el cerebro y la médula espinal. Siendo estos neurotransmisores las sustancias básicas para los intercambios de información que se producen entre las neuronas, lo importante en este contexto es que un mismo neurotransmisor puede tener funciones distintas según el estado anímico de una persona: o posibilitar/acerlar las conexiones entre distintas neuronas o bloquearlas, dando lugar así a las reacciones emocionales ante determinados sucesos.

Su manera de actuar se puede ejemplificar con lo que en la Psiquiatría se llama los sistemas de recompensa y castigo.

Sistemas de recompensa

Los *neurotransmisores* más importantes que intervienen en estos sistemas son la *dopamina* y en menor grado la *noradrenalina*. Ambas sustancias tienen efectos distintos a nivel fisiológico según el estado emocional del individuo (¿expectación de recompensa o castigo?). Así, posiblemente, la expectativa de recompensa genera emociones placenteras.

Tanto los experimentos con fármacos como los de estimulación intracraneal sugieren que las conductas hipotéticamente mediadas por sistemas dopaminérgicos son en sí gratificantes.

Willner ha estudiado el efecto de la dopamina en la actuación del individuo ante una vivencia cognitiva de carácter emocional. Esta información llega al cerebro (a una parte del sistema límbico). Este envía impulsos nerviosos a través de unos "interruptores" (los núcleos septales) hacia los sistemas psicomotores.

Si la situación o vivencia tienen valor emocional para el individuo, los núcleos septales dejan pasar los impulsos desde el sistema límbico a las áreas psicomotoras con los que se produce una activación emocional, los núcleos septales bloquean la activación de las áreas psicomotoras.

La disminución de la actividad de la dopamina en el sistema límbico se acompañaría en la esfera mental de la persona de un estado de insatisfacción generalizada. Tal insatisfacción sería un componente importante de los estados depresivos.

Sistemas de castigo

Al igual que existen áreas cuya estimulación produce experiencias placenteras, otros lugares del cerebro parecen generar sensaciones tan aversivas que los animales, por ejemplo, se movilizan para evitar su estimulación. Estas áreas actúan como sistema de castigo favoreciendo las conductas de evitación y también seleccionando la conducta de refuerzo apropiada que produzca un estado aversivo concreto.

Aparte de la *aceltilcolina*, existen otros neurotransmisores implicados en los efectos aversivos como son, entre otros, los *opiáceos*.

Estudios experimentales demuestran que el *aumento de serotonina inhibe o suprime las conductas gratificantes* mientras que su *disminución las facilita*.

La interacción entre sistemas de recompensa y castigo permite una *gradación afinada* de las conductas dirigidas a un objetivo. La *actividad* de los sistemas de *recompensa* no sólo trae como consecuencia la *recompensa activa* sino también *inhibe* la actividad de los *sistemas de castigo*, y viceversa: la actividad de las vías de castigo es positivamente aversiva y también inhibe la actividad de las vías de recompensa.

Todo esto resulta en una gama amplia de diferentes grados de inhibición parcial o excitación de las diferentes vías que resulta en una gradación final de actividades con diferentes proporciones de recompensa y castigo. Los sistemas de recompensa y castigo se encuentran imbricados íntimamente con los *sistemas de aprendizaje y memoria* de modo que la no obtención de una recompensa esperada puede ser tan desagradable como el castigo activo, y el no recibir el castigo esperado resulta gratificante. La formación de expectativas de recompensa o castigo como consecuencia del aprendizaje está en la base de las conductas que requieren toma de decisiones.

Los sistemas de refuerzo y castigo están implicados no solamente en la ejecución de cierto tipo de conductas sino que también intervienen en los sentimientos subjetivos y estado de ánimo acompañantes. Desde el punto de vista conductista, la omisión de premios o castigos puede ocasionar otro tipo de emociones. Diferentes neurotransmisores interaccionan de forma compleja y diferenciada a través de vías específicas que dan lugar a las *emociones concretas* que acompañan a sucesos habituales gratificantes.

Así, en el caso cuando el individuo tiene una intención de acción que está mediatizada por un acontecimiento futuro de carácter positivo su estado emocional es de esperanza. Si el resultado del acontecimiento mediador facilita (recompensa) su actuación (para la cual estaba emocionalmente esperanzado), los neurotransmisores (catecolamina, opiáceos) hacen que se sienta alegre y contento.

Ahora bien, si el resultado del acontecimiento mediador es negativo y por tanto hay una falta de recompensa, su intención esperanzada de actuación es suprimida y los neurotransmisores, en este caso la serotonina y acetilcolina, provocan en el individuo la sensación de desengaño.

Cuando la intención del individuo está mediatizada por un suceso futuro que él teme que sea de carácter negativo (espera un castigo), el individuo presenta un estado emocional de miedo, ansiedad.. Si el resultado del suceso es aquel que producía, antes de su materialización, miedo y ansiedad, es decir, el individuo recibe su "terrido" castigo, su intención de actuación es suprimida y los neurotransmisores (serotonina, acetilcolina) le producen las sensaciones de dolor, desconfort, angustia, pánico.

Sin embargo, si el resultado del suceso no es el esperado de carácter negativo, se produce una ausencia de castigo. La intención de actuación previa al suceso, que el individuo tenía, es facilitada por esa ausencia de castigo y los neurotransmisores (catecolaminas y, quizás, los opiáceos) producen la sensación de alivio.

VI. NEUROLOGIA Y ADQUISICION

Con esta atrevida incursión en el campo de la Neurobiología, los autores de este artículo –profesionales de la enseñanza de lenguas extranjeras-, se habían propuesto revisar algunos datos básicos de la investigación actual sobre el funcionamiento del cerebro y, en particular, sobre los soportes neurofisiológicos y anatómicos del procesamiento y aprendizaje de la lengua. Veamos ahora hasta qué punto los datos aportados pueden proyectar algún rayo de luz sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje de las lenguas extranjeras.

VI.1. Aspectos teóricos

Hemos visto que el funcionamiento del cerebro es la acción conjunta de una serie de instancias que implican reacciones conscientes, no conscientes y emocionales.

Todas estas instancias (*o módulos*, en la terminología de Fodor, op. cit.) reciben, almacenan y/o procesan continuamente información. Analizando esto desde la óptica de la teoría de N. Chomsky, quien presupone un dispositivo innato de los humanos para el lenguaje (el LAD), podríamos formular la hipótesis de que esta adquisición es posible, porque la mente tiene la capacidad de coordinar de forma sistemática (y genéticamente fijada) una serie de módulos mentales, que a su vez funcionan según pautas determinadas por los genes, y que son necesarias para producir el habla. El LAD, bajo este aspecto, no sería entonces otro módulo más, sino más bien representaría la capacidad de coordinación de la mente y el modo de funcionar de cada una de las partes implicadas.

En el caso de que esta hipótesis fuera acertada, se podría explicar con ella la adquisición de un L 2, 3, etc., como el proceso mediante el cual el cerebro de un individuo desarrolla, por exposición a nuevos datos lingüísticos, un nuevo sistema de estructuración (la gramática), gracias a su capacidad de relacionar, de forma sistemática, los nuevos estímulos entrantes. Si aceptamos que cada sistema gramatical está sujeto al funcionamiento biológico del cerebro, esto explicaría, por un lado, el sentido del término de la “gramática universal”, introducido en la discusión por Chomsky y, por el otro, que el aprendizaje memorístico no es suficiente (aunque puede ser útil) para conseguir el dominio de un idioma. Johannes-Peter Timm (1991: 562) formuló esta última idea de la siguiente manera:

“Todos conocemos al estudiante que se sabe a la perfección una regla, pero que no puede emplearla en el uso del lenguaje. La razón para esto ha de buscarse en el hecho de que la formula-

ción explícita de reglas –de manera parecida a la de reglas matemáticas o físicas– conlleva su almacenamiento en el cerebro fuera del centro responsable para el habla.”⁷ (la traducción de la cita es nuestra)

Estos razonamientos pueden parecer un tanto abstractos, pero podrían explicar lo que en la realidad se puede observar a diario: que personas que viven un cierto tiempo en otra comunidad lingüística *adquieran*, incluso sin aprendizaje formal (las clases) la capacidad de comunicarse en otro idioma.

La diferencia fundamental entre esta situación y la de una clase consistiría entonces en la calidad y cantidad de aducto ('input') y las estrategias de aprendizaje que éstas posibilitan: puesto que los profesores están acostumbrados a fomentar en los estudiantes sobre todo los procesos típicos del hemisferio izquierdo, los conscientes, no movilizan los inconscientes y emocionales, igualmente importantes para la adquisición. Esto adquiere especial importancia ya que, como hemos visto, el estado emocional mismo de las personas influye en la entrada de datos.

La cantidad de aducto, naturalmente, también es distinta, pero en cierto modo podemos considerar los aspectos cualitativos como la causa principal del fracaso de muchos estudiantes.

Representando los aspectos motivacionales, emocionales y prosódicos sólo tres ejemplos de las consecuencias que se derivan de la omisión en clase de una parte integral del sistema de conducta humano, nos permitimos sospechar que la “práctica o comunicación real” se debe caracterizar por un compromiso personal de los estudiantes con el lenguaje que emplean a lo largo de las clases.

VI.2. Las prácticas

Al final de este estudio debemos admitir con R. Ellis (1985: 274) que las descripciones neurofuncionales de la adquisición y procesamiento del lenguaje están todavía muy lejos de poder ofrecer una correspondencia exacta entre determinadas estructuras funcionales y sus correspondientes funciones lingüísticas. Por ello com-

⁷ “Wir alle kennen den Schüler, der eine Regel zwar aufsagen, sie im Sprachgebrauch aber nicht umsetzen kann. Der Grund hierfür liegt darin, das *explizite Regelformulierungen* –wie mathematische Formeln oder physikalische Gesetze– im Gehirn außerhalb des Sprachzentrums gespeichert sind.”

El hecho de que hable de sólo un centro, en vez de varios, como hoy en día se va aceptando cada vez más, no invalida, en nuestra opinión, su importancia para el aspecto resaltado.

prendemos que desde el campo de la Lingüística Aplicada se recomienda prudencia y se desaconseje, en general, utilizar los datos neurofuncionales para extraer conclusiones precipitadas en el campo de la didáctica de lenguas extranjeras.

Thomas SCOVEL (1987: 182) es taxativo al afirmar: "Teachers should not resort to knowledge of the brain to justify techniques, methods or materials", y aconseja al profesor: "Don't use the brain, use your brain". Fred GENESEE (1987: 106) sin ser tan categórico, admite, refiriéndose a la investigación neurofuncional: "the application of basic research findings to the professional practice is always a risky business".

Asumiendo todas estas precauciones y cautelas creemos, no obstante, que no es demasiado arriesgado llamar la atención de los profesionales de la enseñanza de lenguas extranjeras sobre ciertas implicaciones que parecen desprenderse ya de la investigación neurolingüística actual.

En primer lugar es preciso tener muy en cuenta que el aprendizaje de una segunda lengua es un proceso natural, en gran medida autónomo –interlengua– que tiene sus propias restricciones biológicas –gramática universal–, y una secuencia natural –"built-in syllabus"– y que, por ello, se resiste a ser "manipulado" por una actividad docente que no respete las exigencias de ese proceso natural (Piemann, 1985). La intervención del profesor en clase, para ser eficaz, debe pues ir dirigida a crear las condiciones más favorables para un desarrollo de la competencia lingüística y comunicativa congruente con el proceso natural.

Entre esas condiciones más favorables hay que destacar, en primer lugar, la importancia de movilizar *todas las dimensiones de la personalidad del aprendiz*, poniendo en juego sus facultades intelectuales, afectivas y actitudinales, y fomentando una predisposición positiva frente al aprendizaje que resuelva los problemas de motivación y satisfacción de necesidades.

De un modo más específico, la investigación, tanto neurofuncional como psicolingüística, ha destacado la importancia de comprometer al aprendiz, sobre todo al principio del aprendizaje de una nueva lengua, en tareas y actividades lingüísticas que impliquen a ambos hemisferios del cerebro, para reproducir así las condiciones características del aprendiz de la L1, cuyo proceso de adquisición, según las mismas investigaciones (Krashen, 1974), parece caracterizarse por una colaboración más activa del hemisferio derecho en los primeros años del aprendizaje de la lengua materna.

Ahora bien, estas investigaciones parecen indicar (Genesse, 1987) que son las tareas y actividades "informales" o comunicativas

-aquellas que prestan atención al contenido y no a la forma del lenguaje- las que promueven esa colaboración más activa del hemisferio derecho, que, sin embargo, no parece prestar una colaboración tan destacada en las actividades o tareas puramente formales o gramaticales.

Para finalizar nos parece en consecuencia lícito reivindicar una reorientación global de la enseñanza de idiomas extranjeros en el sentido propuesto por J. Valden (1983: 14)⁸:

"What is startling is to be confronted with the possibility that we might have been going at things the wrong way around, and that rather than getting the period of formal instruction over with first, and waiting for 'practice' to produce speed and spontaneity, we might have to think in terms of providing an environment in which the learner can develop his acquisition system in an unselfconscious way, and in which emphasis on the formal system of language and on development of the learning system in the individual is considerably diminished."

BIBLIOGRAFIA

- CHOMSKY, Noam (1966): *Cartesian Linguistics*, Harper and Row, New York.
- CHOMSKY, Noam (1959): "Crítica de "Verbal Behavior" de B.F. Skinner", en: Bayés, Chomsky, MacCroquodale, Premack, Richelle (1980⁽²⁾) *¿Chomsky o Skinner? La Génesis del Lenguaje*. Breviarios de Conducta Humana n.º 4, Editorial Fontanella, Barcelona. Traducción del artículo de Chomsky "On Skinner's Verbal Behavior", publicado por primera vez en *Language*, 1959, 35¹, pp. 26-58.
- Los números de página en nuestro artículo se refieren a la citada edición en castellano.
- ELLIS, R. (1985): *Understanding Second Language Acquisition*. Oxford. OUP.
- FODOR, J.A. (1981): *Representations*. Harvester Press, Hassocks, Sussex, pp. 257-316.
- GARRIDO, Luis (1990): "Los mecanismos del aprendizaje y de la memoria", en: *El País*, 10 de octubre de 1990, Suplemento Futuro, p. 4.
- GENESSE, F. (1987): *Neuropsychology and Second Language Acquisition*. En L.M. BEEBE (Ed.) *Issues in Second Language Acquisition*. Newbury House Publishers, pp. 81-112.
- KRASHEN, S.D. (1974): "The critical period for language acquisition and its possible bases", en: *Annals of the New York Academy of Sciences*, pp. 211-224.
- ORTS LLORCA, F. (1984): *Anatomía Humana*, ECM.

⁸ A raíz de su análisis de las contribuciones de S.D. Krashen.

- PALOMO, TOMAS (1990): "Bases neurofisiológicas y neuroanatómicas de la conducta", en: Filiberto Fuentenebro, Carmelo Vázquez (1990), *Psicología Médica, Psicopatología y Psiquiatría*, vol. I, Editorial Interamericana, McGraw-Hill.
- PIENEMANN, M. (1985): "Learnability and syllabus construction", en HYLTENSTAM and M. PIENEMANN (Eds.). *Modelling and Assessing Second Language Acquisition. Multilingual Matters* 18, Clevedon, England, 1985, pp. 23-75.
- PENFIELD, et. al. (1959): *Speech and Brain Mechanisms*, New York, Atheneum.
- SCOVEL, T. (1987): Multiple Perspectives makes Singular Teaching. En L.M. BEEBE (Ed.): *Issues in Second Language Acquisition*. Newbury House Publishers, pp. 169-190.
- SKINNER, B.F. (1957): *Verbal Behavior*, New York: Appleton-Century-Crofts.
- STALBERG, E.; JOUNG, R.R. (1981): *Clinical Neuro-physiology*, London, Butter-worths.
- "Tras los pasos de Ramón y Cajal. Los alemanes Neher y Sakman, Nobel de Medicina, 1991, revolucionan el campo de la biología celular", en: El Independiente, 20 de octubre de 1991, pp. 46/47.
- TIMM, Johannes-Peter (1991): "Englischunterricht zwischen Handlungsortierung und didaktischer Steuerung (Ein Nachtrag)", en: Die Neuen Sprachen, Bd. 90, Heft 5, Oktober 1991, München, pp. 559-63.

RESUMEN

Sobre la base de una descripción de las distintas partes (y de su funcionamiento) que forman la base de la actividad cerebral, este artículo defiende la tesis que la comprensión y/o producción del habla tienen que verse como parte integral de esta actividad cerebral humana que componen también factores altamente personales e individuales. La adquisición de un idioma extranjero, en tanto que dominio automático del sistema gramatical, necesita por tanto de una exposición que movilice el mayor número posible de estas funciones cerebrales, sobre todo de aquellas relacionadas con la motivación y las emociones (procesos del *hemisferio derecho*). En la parte final se bosquejarán algunas de las consecuencias que de esta visión se derivan para el desarrollo curricular y la enseñanza de idiomas modernos.

SUMMARY

Parting from a description of the different parts (and their ways of functioning) involved in brain mechanisms, this article tries to defend the thesis that speech comprehension and production have to be considered as forming part of the whole complex brain system, where a series of highly personal and individual factors come to bear. On its basis we try to show that the acquisition of a foreign language, in the sense of automatization of the grammar system, needs a kind of exposure which activates a maximum of brain functions, including those related to motivation and emotions (the latter part of *right hemisphere processes*). In the final part we outline some theoretical and practical consequences that derive from this for curriculum design and the teaching of modern languages.

RÉSUMÉ

Centré sur la base d'une description des différentes parties (et de leur fonctionnement) qui forment la base du fonctionnement cérébral, cet article soutient la thèse que la compréhension et/ou la production du langage doit se concevoir comme un tout à l'intérieur duquel influent différents facteurs totalement personnels et individuels. D'où la déduction que l'apprentissage d'une langue étrangère, en tant que maîtrise automatique du système grammatical, nécessite un enseignement qui puisse activer le plus grand nombre possible de ces fonctions cérébrales. Dans la dernière partie on fera l'ébauche des quelques conséquences qui découlent de cette perspective pour le développement curriculaire et l'enseignement des langues modernes.