

REFERENCIAS

- Carey, S. & Spelke, E. (1994). Domain-specific knowledge and conceptual change. En L.A. Hirschfeld y S. A. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture*. Cambridge: Cambridge University Press [*Cartografía de la mente: la especificidad de dominio en la cognición y en la cultura*. Barcelona: Gedisa, 2002 (2 vols.)].
- Chomsky, N. (1980). *Rules and representations*. New York: Columbia University Press [*Reglas y representaciones*. México: FCE].
- Cosmides, L. & Tooby, J. (1994). Origins of domain specificity: The evolution of functional organization. En L. A. Hirschfeld y S. A. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture*. Cambridge: Cambridge University Press [*Cartografía de la mente: la especificidad de dominio en la cognición y en la cultura*. Barcelona: Gedisa, 2002 (2 vols.)].
- Fodor, J. A. (1999). There and back again: A review of Annette Karmiloff-Smith's *Beyond modularity*. En J. A. Fodor, *In critical condition*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Fodor, J.A. (2000). *The mind doesn't work that way*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Gardner, H. (1983). *Frames of mind: the theory of multiple intelligences*. New York: Basic Books [*Estructuras de la mente: la teoría de las múltiples inteligencias*. México: FCE, 1987].
- Jackendoff, R. (1987). *Consciousness and the computational mind*. Cambridge, MA: MIT Press. [*La conciencia y la mente computacional*. Madrid: Visor, 1998].
- Jackendoff, R. (2002). *Foundations of language: Brain, meaning, grammar, evolution*. Oxford, R.U: Oxford University Press.
- Karmiloff-Smith, A. (1992). *Beyond modularity*. Cambridge, MA: MIT Press [*Más allá de la modularidad*. Madrid: Alianza, 1994].
- López Bascuas, L.E. (en este volumen). Sobre la arquitectura modular del sistema auditivo humano.
- Pinker, S. (1997). *How the mind works*. London: Penguin [*Cómo funciona la mente*. Madrid: Destino, 2001].
- Sperber, D. (1994). The modularity of thought and the epidemiology of representations. En L.A. Hirschfeld y S. A. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture*. Cambridge: Cambridge University Press [*Cartografía de la mente: la especificidad de dominio en la cognición y en la cultura*. Barcelona: Gedisa, 2002 (2 vols.)].

Sobre la arquitectura modular del sistema auditivo humano

Luis E. López-Bascuas

Universidad Complutense de Madrid

No deja de ser llamativo que Fodor, hombre radical en tantas cosas, venga a convertirse en un moderado en asuntos, precisamente, de modularidad. Veamos. En 1983 J. Fodor publica *Modularity of Mind* publicación que viene a ponerle en contra de toda una forma de entender los procesos perceptivos y cognitivos que, por resumir, podríamos decir resulta encarnada en el New Look (Bruner, 1973). La acusación que se le hacía era algo así como, ¿qué es eso de que los sistemas perceptivos son modulares? Casi 20 años después aparecen los hacedores de una Nueva Síntesis (que incluye innatismo, psicología computacional y neodarwinismo) y la acusación ahora parece ser, ¿qué es eso de que los sis-

Correspondencia: Departamento de Psicología Básica I. Facultad de Psicología. Universidad Complutense de Madrid. Campus de Somosaguas. 28040 Madrid. Correo electrónico: psbas10@sis.ucm.es

temas centrales no son modulares? (Véase, por ejemplo, Pinker (1997) Plotkin (1997) o Cosmides y Tooby (1994); recuérdese que estos últimos autores llegan a plantear la existencia de un módulo para la detección de tramposos en situaciones de intercambio social). Parece que no hay forma de contentar a todos; o mejor, qué fácil parece ser no contentar a nadie. En conclusión, que entre el holismo radical y la modularidad masiva aparece ahora ubicado J. Fodor. Tal y como anticipamos: todo un ejercicio de moderación.

Ahora bien, cómo suena la historia depende mucho de quién la cuente. Contada por Bruner, Pinker o Plotkin, Fodor sería un moderado al que atacar (bueno, quizá ellos no utilizaran la palabra moderado); sin embargo, si la contarán Alvin Liberman o Ignatius Mattingly, Fodor sería un radical a quien defender (véase, por ejemplo, Mattingly y Liberman, 1990). De hecho, estos autores venían anticipando en el campo de la percepción del habla parte de la propuesta de Fodor y, tras la publicación de *Modularity*, han ido elaborando y refinando la noción misma de modularidad. Justamente, el objetivo de este trabajo es el de revisar estos nuevos desarrollos acerca de la modularidad tal y como han sido inspirados por la investigación llevada a cabo en el ámbito de la percepción del habla. La discusión nos llevará, por un lado, a elaborar una taxonomía de sistemas modulares y, por otro, a realizar algunas digresiones acerca de la arquitectura global del sistema auditivo humano.

De los distintos tipos de módulos

Una vez establecidas las características que debe mostrar un sistema de procesamiento para poder ser denominado un módulo (especificidad de dominio y encapsulamiento informativo, principalmente) cabe preguntarse si existen distintos tipos de módulos, esto es, sistemas informativamente encapsulados y específicos de dominio que puedan agruparse en clases en virtud de las propiedades que manifiestan. Pues bien, a juicio de Mattingly y Liberman (1990) los módulos pueden ser de dos tipos: módulos abiertos (diseñados para enfrentarse con una amplia gama de eventos acústicos, como el ruido de aviones, los portazos, etc.) y módulos cerrados (diseñados como superespecializaciones con respecto a un ámbito concreto; para el caso de la audición podrían incluirse los procesos de ecolocalización o el análisis de escenas auditivas). Los módulos abiertos se caracterizan por generar perceptos que contienen dimensiones sensoriales que se corresponden de modo más o menos directo con dimensiones simples de la estimulación que los provocan. Por ello tales perceptos son denominados homomórficos. Los módulos cerrados generan perceptos que contienen dimensiones sensoriales que son «incommensurables» con respecto a las dimensiones físicas de las señales de entrada y, por esta razón, tales perceptos se denominan heteromórficos.

En el caso del sistema auditivo los mecanismos responsables de la percepción de la sonoridad, la tonalidad o el timbre serían módulos abiertos (si es que, de hecho, son módulos). En estos tres casos las dimensiones de las respuestas perceptivas guardan cierta relación cercana con las dimensiones de la estimulación que las ocasionan (amplitud, frecuencia y composición espectral). Sin

embargo, el sistema de eco-localización utilizado por los murciélagos sería un ejemplo claro de módulo cerrado. Este módulo computa el tiempo que transcurre entre el momento en el que el murciélago emite un sonido y el momento en el que recibe la reflexión de dicho sonido; sin embargo el murciélago no percibe «el-eco-del-sonido-recién-emitado» sino la distancia que le separa del objeto que reflejó su emisión sonora (Suga, 1984). Knudsen (1988) y Konishi (1991) han llegado a conclusiones parecidas estudiando el sistema de localización espacial de los búhos de granero. Los trabajos de estos autores muestran que determinadas neuronas del colículo inferior responden selectivamente a los sonidos en función de su posición en el espacio. Aunque la información periférica crítica para localizar la fuente sonora se apoya en disparidades temporales o de intensidad, las coordenadas que describen el patrón de disparos de las neuronas situadas en niveles más centrales de procesamiento son puramente espaciales. O en otras palabras, las primitivas perceptivas obtenidas por el módulo son heteromórficas con respecto a las dimensiones de la estimulación que las ocasionaron.

Teniendo en cuenta estas consideraciones habría que señalar que el módulo encargado de tratar señales de habla habría de ser considerado un módulo cerrado (Liberman y Mattingly, 1989). La entrada, como toda señal acústica, quedaría caracterizada por el patrón de frecuencias, amplitudes y fases que la componen; sin embargo, la salida del módulo no consiste en ciertas discriminaciones tonales o de nivel sonoro, la salida viene constituida por las vocales y consonantes que finalmente percibimos. Más en concreto, en el contexto de un estímulo de habla, las transiciones formánticas no se perciben como tonos de frecuencia modulada, se perciben como oclusivas. Hay muchos ejemplos del carácter heteromórfico del módulo de habla, pero quizá el ejemplo más claro lo proporciona el trabajo de McGurk y McDonald (1976). En sus experimentos muestran cómo dos fuentes de información distintas (una auditiva y otra visual) interactúan para producir un percepto único. La sugerencia es que dicho módulo no trabaja con primitivas perceptivas auditivas o visuales sino con primitivas que responden a un código que le es particular (primitivas lingüísticas).

Parece, además, que el constructo «módulo cerrado» expresa una clase natural de mecanismos psicológicos. Podemos hablar de una clase natural en la medida en la que se puedan aplicar a esa clase propiedades comunes psicológicamente relevantes. Una de ellas acaba de ser discutida, a saber, el carácter heteromórfico de los perceptos que producen. No obstante, ésta viene a ser la definición de «módulo cerrado»; la consolidación de este constructo como clase natural exige el encontrar algunas otras propiedades independientes que se apliquen a los mecanismos psicológicos en virtud de que éstos sean una instancia del tipo «módulo cerrado». Pues bien, una propiedad tal puede encontrarse al estudiar los efectos diferenciales que ejerce la experiencia sobre los módulos abiertos y cerrados. Es posible recoger esta diferencia de un modo sucinto: la experiencia puede afectar al funcionamiento interno de los módulos cerrados pero no al de los módulos abiertos. En este último caso la experiencia con el entorno afectaría a la relación que se establece entre la salida de los módulos y los sistemas cognitivos centrales (Mattingly y Liberman, 1990). Es decir, oír la risa de un bebé, por ejemplo de Elena, como tal evento supone realizar alguna conexión entre cierto conocimiento previo (acerca de cómo suena la

risa de Elena) y los productos homomórficos que proporcionan los distintos módulos abiertos responsables de la codificación de la sonoridad, la tonalidad y el timbre de la señal que llega al oído. Si trabajo en una guardería, mi experiencia continuada con el sonido que producen las risas de los bebés puede hacer que finalmente sea capaz de distinguir distintos bebés por la forma en que ríen o, incluso, el motivo por el que Elena está riendo en ese momento. Sin embargo, este efecto de la experiencia no afecta al funcionamiento de los módulos abiertos que están en la base de mi percepción de la risa de Elena, sino a la especial conexión que existe entre las salidas de esos módulos y mis sistemas centrales de conocimiento.

Si suponemos que la percepción del habla no es sustantivamente diferente de la percepción de la risa de un bebé, esto es, si suponemos que la percepción de las categorías fonológicas depende de las salidas que proporcionan los módulos auditivos tradicionales, entonces aprender a diferenciar los fonemas de un idioma debería parecerse a aprender a diferenciar a distintos bebés por su risa. En ambos casos, lo que habría que aprender es la relación que se establece entre cómo suenan esos estímulos y ciertos prototipos que residirían en los sistemas centrales. En otras palabras, la percepción de las categorías fonológicas requeriría la traducción de las salidas homomórficas que proporcionan los módulos auditivos (abiertos) a las categorías fonológicas que son propias de cada idioma. En este sentido, en la medida en que los sonidos de habla no forman una clase especial diferenciada, el bebé enfrentado a la tarea de dominar su idioma debería aprender cuáles de los distintos perceptos que arrojan los módulos auditivos sirven al propósito de la comunicación lingüística y, además, debería aprender la correspondencia que existe entre los distintos perceptos auditivos y las diferentes categorías fonológicas. Es decir, el desarrollo de la percepción del habla se produciría en niveles centrales de procesamiento (Lieberman y Mattingly, 1991) con lo que la empresa que tendría que acometer el sistema cognitivo sería ingente (vamos, que Elena dejaría de reírse). Los datos referidos a la percepción del habla en bebés no parecen ser consistentes con este tipo de interpretación (después de todo, Elena anda riéndose en no pocas ocasiones). Mattingly y Liberman (1990) han llegado a sugerir que este modo de entender los procesos de desarrollo de la percepción del habla supone la aceptación de una «alquimia perceptiva» capaz de lograr que las primitivas auditivas se «transmuten» en perceptos fonológicos.

Sin embargo, si aceptamos que el habla es el objeto de procesamiento de un módulo cerrado, entonces los efectos de la experiencia no son asumidos por los sistemas centrales, sino por el propio funcionamiento automático del módulo. El desarrollo en el bebé modificaría ciertos mecanismos internos al módulo y, por tanto, los perceptos heteromórficos que éste produce. El resto de los módulos abiertos no se verían modificados en absoluto. En este sentido, el módulo puede sintonizarse a los requerimientos fonológicos que impone el lenguaje particular al que está expuesto. Si bien es claro el carácter epigenético de este tipo de desarrollo, el aprendizaje que lo sostiene parece ser un proceso más de «exaptación» que de adaptación, de dentro hacia fuera más que de fuera hacia dentro, en definitiva, un proceso no de instrucción sino de selección o de fijación de parámetros (cfr. Piatelli-Palmarini, 1989).

Quizá resulte ilustrativo volver al ejemplo de la localización espacial de los búhos. Lo que ahora interesa resaltar es que en el curso del desarrollo del búho, sus oídos van alejándose entre sí paulatinamente a medida que el tamaño de su cabeza aumenta. Si no existiera un módulo cerrado para localizar los sonidos, el sistema cognitivo central del búho se vería obligado a traducir disparidades percibidas en localizaciones espaciales y, según aumenta el tamaño de la cabeza, debería cambiar el código de traducción. En efecto, en el curso del desarrollo, para una misma localización espacial hay un cambio en la disparidad temporal asociada a esa posición. O más claramente, una misma disparidad temporal señala posiciones distintas en distintos momentos del desarrollo. En definitiva, estamos una vez más ante una tarea cognitiva desmesurada. Sin embargo, si existe un módulo cerrado encargado específicamente de tratar disparidades temporales para producir perceptos espaciales, entonces el problema se simplifica sobremedida. En este caso el búho no percibe, en ningún momento, disparidades temporales y, por tanto, no tiene que ocuparse en hacer traducción alguna. El módulo hace ahora el trabajo para él. De hecho, Knudsen (1988) ha demostrado que los cambios que se producen (en el curso del desarrollo) en las relaciones establecidas entre disparidad temporal y localización espacial afectan a la representación heteromórfica que produce el módulo. Es decir, se redefinen las coordenadas espaciales de la representación y, por tanto, no cambia ningún hipotético código encargado de traducir representaciones homomórficas a localizaciones en el espacio.

El mismo argumento puede defenderse, *mutatis mutandis*, en el caso de la percepción del habla. Un experimento de Miyawaki *et al.* (1975) proporciona evidencia relevante a este respecto. En el experimento se pidió a sujetos americanos y japoneses que identificaran y discriminaran estímulos pertenecientes a un continuo /ra/-/la/ creado mediante la modificación de las transiciones hacia el tercer formante. Mientras que los americanos identificaron sin problemas los estímulos y generaron funciones de discriminación con máximos locales en la frontera entre categorías, los japoneses apenas podían identificar los estímulos apropiadamente y sus funciones de discriminación no mostraban rastro de máximo local alguno. Por tanto, no es que los japoneses codificaran sensorialmente los estímulos igual que los americanos y después «fallaran» al asignar las categorías fonológicas apropiadas dado que en su idioma no existe el contraste estudiado, sino que, de hecho, las diferencias se encuentran en un nivel precognitivo, auténticamente sensorial (de otro modo, las funciones de discriminación hubieran sido idénticas). Sin embargo, las diferencias debían estar motivadas por la experiencia lingüística por lo que la conclusión es que dicha experiencia afecta a los cómputos internos del módulo. Además, afecta sólo a los perceptos heteromórficos que el módulo genera: si la transición hacia el tercer formante es tratada por otro módulo (por ejemplo presentándola en ausencia de contexto silábico), entonces no se observan diferencias entre sujetos americanos y japoneses (cfr. Liberman y Mattingly, 1991).

El problema de los datos de entrada y la arquitectura del sistema auditivo

En uno de los últimos trabajos de Fodor donde se tratan los problemas acerca de la modularidad (Fodor, 2000), este autor plantea lo que él denomina el

problema de los datos de entrada como argumento a priori en contra de las propuestas de la modularidad masiva. La forma de plantear el problema es relativamente simple. Supongamos dos sistemas de procesamiento modulares S1 y S2. ¿Cómo se las apañan estos dos sistemas para acceder al tipo de representaciones que son objeto de sus cálculos? Cabría pensar en dos soluciones. Según la primera de ellas habría dos subsistemas previos, específicos de dominio también, que asignarían las representaciones apropiadas a S1 y S2. Obviamente más que una solución esto no hace sino demorar el problema. En efecto, la cuestión ahora es quién le dice a los dos subsistemas previos cuáles son las representaciones que deben procesar. Por tanto, esto parece que nos conduce a un regreso infinito que resulta inaceptable. La segunda solución supone la existencia de un mecanismo único, previo a S1 y S2, que tiene la capacidad de clasificar las entradas de modo que asigna a cada uno de los dos sistemas las que les son propias. Pero entonces, *ipso facto*, tal mecanismo es menos modular que S1 y S2 y la tesis de la modularidad masiva queda debilitada. De hecho, los candidatos a módulos suelen ser los sistemas perceptivos y no es sorprendente que esto sea así dado que los distintos dominios de procesamiento se ordenan en el propio sensorio. Ésto es, parece altamente probable que los ámbitos de los módulos perceptivos se puedan detectar psicofísicamente, al contrario de lo que ocurre con algunos de los módulos propuestos por los partidarios de la Nueva Síntesis (como el módulo de detección de tramposos: sería una casualidad cósmica que los intercambios sociales tuvieran marcas psicofísicas específicas).

A pesar de todo lo dicho, la situación no está clara, ni mucho menos, para el caso de la percepción del habla. Obviamente, el habla es un tipo de señal acústica y no es trivial determinar las características físicas que la separan del resto de sonidos. Es decir, no es fácil diseñar un mecanismo horizontal que, dado un estímulo acústico, decida si éste es habla o no y, en función de esa decisión, mande dicha señal al módulo correspondiente. La razón es que, dado el carácter periférico de dicho mecanismo (de hecho, el más periférico de entre los que intervendrían en el procesamiento del lenguaje), éste debe recurrir únicamente a propiedades relativamente superficiales de la señal de entrada. Sin embargo, es un hecho incuestionable que el habla se sigue percibiendo como habla cuando han sido perturbadas, incluso radicalmente, muchas propiedades superficiales de la señal. Es bien sabido que es posible filtrar las señales de habla con filtros paso-alto o paso-bajo y las señales siguen llegando al procesador de habla. Pueden modificarse en cuanto a su tasa o comprimirse extremadamente sin que por ello dejen de ser inteligibles. Se ha probado, incluso, que con tonos sinusoidales de frecuencia modulada se pueden conseguir perceptos lingüísticamente significativos. No parece, por tanto, que sea posible la existencia de un mecanismo capaz de clasificar las señales acústicas como habla o no habla acudiendo, tan sólo, a propiedades superficiales de esas señales.

Así pues, y al menos hasta que alguien sea capaz de encontrar las huellas psicofísicas de las señales de habla, la detección de este tipo de señales debe derivarse del funcionamiento mismo del módulo de habla. A esto es a lo que Mattingly y Liberman (1988) han denominado «detección generativa» por analogía con lo que ocurre en el ámbito del procesamiento de oraciones. En este último

caso tampoco existen propiedades «superficiales» que permitan anticipar si una determinada secuencia de palabras es gramatical o no. La única manera de determinarlo es analizarla, es decir, tratar de re-generar su estructura sintáctica. Si es posible conseguirlo, entonces estamos ante una secuencia gramatical. Aplicado a nuestro problema y expresado sucintamente: algo es habla si el módulo de habla puede recuperar una estructura fonológica coherente. Mattingly y Liberman (1988) no formulan esta propiedad en estos mismos términos. De acuerdo con su visión particular de los procesos de la percepción del habla (sustanciada en la teoría motora) la propiedad de detección generativa se formula así: la señal es habla si y sólo si puede ser reconstruido el patrón de gestos articulatorios que la generaron. Sin embargo, no parece necesaria una formulación tan comprometida. Lo esencial es que el propio sistema de reglas interno al módulo de habla (sean o no articulatorias) pueda dar cuenta de la señal acústica en cuestión. Así pues, el problema quedaría resuelto situando en paralelo el módulo de habla junto con el resto de los módulos auditivos y permitiendo que cada uno llevara a efecto los cálculos que le son característicos.

Sin embargo, esto nos conduce a otro problema. Si no existe un mecanismo clasificador que nos indique si una señal es o no es de habla, y si los módulos del sistema auditivo están organizados en paralelo, entonces la percepción doble (esto es, obtener dos impresiones sensoriales simultáneas a partir de un mismo patrón estimular) no debería ser una situación extraña observable sólo en los laboratorios de psicología. La percepción doble debería ser una regla de nuestra experiencia perceptiva. Recuérdese que los módulos abiertos son sensibles a las dimensiones acústicas características de las señales de habla por lo que también procesarían esas señales. El mismo problema aparece si consideramos el módulo encargado de analizar escenas auditivas. Tanto los módulos abiertos como el módulo de escenas auditivas (cerrado) son sensibles al mismo tipo de propiedades acústicas (por ejemplo, rangos de intensidad) aunque utilizan estas propiedades de modo distinto para recuperar distintos eventos del entorno (en un caso la sonoridad de la fuente y en otro su localización). ¿Cómo es posible que, de nuevo, no experimentemos percepciones dobles? Las propiedades acústicas superficiales deberían poner en marcha ambos módulos de modo que produjeran sus representaciones respectivas. (Quizá en este caso podría argumentarse que si experimentamos una percepción doble, al menos en la medida en que se percibe simultáneamente la «cualidad» del sonido y su posición). Como se puede apreciar, el problema parece estar en la relación entre módulos abiertos y cerrados. Los distintos módulos abiertos pueden organizarse en paralelo, al menos en la medida en que computen aspectos complementarios de la estimulación. La cuestión crítica aparece cuando una misma estimulación acústica puede poner en marcha un módulo abierto y un módulo cerrado. En estos casos el módulo abierto generará su representación homomórfica y el módulo cerrado la correspondiente representación heteromórfica, lo que implicaría que el sujeto debería experimentar percepciones dobles (cfr. Mattingly y Liberman, 1990)

Existirían dos posibles soluciones a este problema. La primera mantendría la organización en paralelo de los distintos módulos. Si una señal es de no-habla y, por tanto, el módulo de habla es incapaz de encontrar una estructura fonoló-

gica adecuada, entonces no aparecen problemas especiales: la salida de los módulos abiertos es registrada completamente y enviada a los sistemas centrales. Por el contrario, si la señal es de habla, entonces debería actuar un mecanismo inhibitorio que conectara las salidas del módulo de habla y del resto de los módulos auditivos. El mecanismo debería inhibir aquellas partes de las salidas de los módulos abiertos que se correspondieran con la representación fonológica encontrada. El mecanismo dejaría pasar aquellas otras partes fonológicamente irrelevantes. Esta es una solución posible pero que implica una carga computacional considerable para el mecanismo inhibitorio. En efecto, éste debería conocer tanto las correspondencias que se dan entre las señales de habla y los perceptos lingüísticos como las que se dan entre las señales de no-habla y los perceptos no-lingüísticos.

La otra solución pasa por cambiar la arquitectura de los subsistemas auditivos. En particular, se propone que existe una organización serial de ciertos módulos y que es el módulo de habla el que precede al resto de los módulos abiertos (Mattingly y Liberman, 1985, 1988, 1990; Whalen y Liberman, 1987). Es decir, ante una señal determinada, el sistema envía esa señal al módulo de habla; el módulo recupera la estructura fonológica presente en la señal y el resultado de esta operación se envía a los sistemas centrales. Paralelamente, toda aquella porción del estímulo para la que no ha sido posible encontrar estructura fonológica alguna se re-dirige hacia los módulos abiertos.

Por otra parte, el módulo de análisis de escenas auditivas es, como ya señalamos, un módulo cerrado. Por tanto, parece sensato suponer que dicho módulo también ha de ser colocado en serie, precediendo al resto de los módulos abiertos. Es decir, el módulo de análisis de escenas auditivas segrega la información acústica recuperando distintas fuentes de información y esta salida pasa a los distintos módulos abiertos que atribuirán sonoridad, tonalidad y timbre a cada una de las fuentes. Ahora bien, para completar la arquitectura del sistema auditivo hay que especificar cómo se organizan, entre sí, los módulos cerrados. Obviamente, no puede ser el caso que ambos módulos se organicen en paralelo puesto que de ser así se perderían las ventajas del ordenamiento en serie de los módulos cerrados frente a los módulos abiertos. A través del módulo de habla llegaría a los módulos abiertos la información específica del módulo de análisis de escenas auditivas y viceversa. Luego ambos módulos deben organizarse en serie. Los experimentos de percepción doble parecen probar que el módulo de habla, para hacer su trabajo, no necesita que la información acústica aparezca segregada por el módulo de análisis de escenas auditivas. Por tanto, parece innecesario (en realidad, poco parsimonioso) situar el módulo de habla en segundo término.

Así pues, de acuerdo con esta segunda solución, el sistema auditivo estaría constituido por un conjunto de subsistemas modulares. Algunos de ellos serían módulos abiertos, esto es, módulos que generarían representaciones homomórficas. Otros serían cerrados, por lo que generarían representaciones heteromórficas. Los módulos abiertos estarían organizados en paralelo y los módulos cerrados en serie. Los módulos cerrados precederían a los módulos abiertos. Por último, el módulo de habla precedería al encargado del análisis de escenas audi-

tivas. Un problema de esta solución es la enorme carga computacional que asume el módulo de habla.

Algunos datos experimentales relativos al carácter cerrado del módulo de habla

En trabajos previos (López-Bascuas, 1995, 1996; López-Bascuas, Rosner y García-Albea, 2003) hemos defendido la idea de un procesamiento especializado para las señales de habla. En los experimentos descritos en esos trabajos se compara el rendimiento perceptivo de dos grupos de hablantes (ingleses y españoles) en tres continuos acústicos, uno de habla (BA-PA, en el que se variaba una clave temporal) y dos de no-habla (tonos y zumbidos, en los que, asimismo, se manipulaban claves temporales). El resultado principal que encontramos fue una diferencia esencial a la hora de procesar los estímulos de habla reflejada en la forma de la distribución de probabilidad asociada a los efectos sensoriales generados por cada tipo de estímulo. En breve, las distribuciones de no-habla son gaussianas y no así las distribuciones de habla. El patrón es idéntico en ambos grupos de hablantes a pesar de las diferencias existentes entre sus sistemas fonológicos respectivos.

Si asumimos que todo lo anterior es cierto, nuestros sujetos españoles e ingleses dispondrían de sendos módulos cerrados parametrizados de modo diferente. El hecho de que sean módulos cerrados es importante en este contexto y, en general, siempre que se comparan continuos de habla con continuos de no-habla. La cuestión es la siguiente: si pensamos que las respuestas de los sujetos en el continuo BA-PA dependen del procesamiento de determinadas diferencias temporales por el sistema auditivo y si la tarea con respecto a los estímulos de no-habla supone el procesamiento de esas mismas diferencias temporales, entonces son poco menos que misteriosos los resultados obtenidos en esos trabajos. Sin embargo, con la ayuda del constructo «módulo cerrado» la situación se vuelve mucho más inteligible. Si el habla es procesado por un módulo cerrado, el resultado perceptivo es heteromórfico con respecto a las dimensiones de la entrada que dispararon el proceso. En este caso, la dimensión temporal es transformada en una dimensión lingüística (sorda-sonora) y los juicios perceptivos deben efectuarse sobre esta dimensión. Debe ser así, porque el sujeto no tiene acceso a las diferencias temporales del estímulo (como los búhos no tienen acceso a las disparidades temporales), sólo tiene acceso a la salida del módulo y en dicha representación no hay información acerca de tales diferencias. Por el contrario, al emitir juicios sobre los estímulos de no-habla, el sujeto acude a las representaciones que le ofrecen los módulos abiertos. Estos módulos proporcionan representaciones homomórficas con las dimensiones de la estimulación por lo que el sujeto sí tiene acceso a la información relacionada con las diferencias temporales que aparecen en el estímulo. Esta forma de ver las cosas permite entender, de modo natural, los resultados obtenidos en los trabajos citados. Por un lado explica las diferencias radicales que se han obtenido entre habla y no-habla. Esta diferencia vendría motivada por el tipo de dimensiones, radicalmente diferentes, que genera el funcionamiento de los módulos abiertos y el módulo ce-

rrado. En este mismo sentido quedan también explicadas las similitudes que aparecen entre los dos continuos de no-habla. Las similitudes se deberían a que en ambos casos los juicios se llevan a cabo sobre la base de ciertas diferencias temporales. Por último, también parece sensato que el patrón de diferencias entre habla y no-habla sea el mismo en ambos idiomas. Como hemos visto, la experiencia lingüística afectaría a los cómputos internos al módulo fijando determinados parámetros que inicialmente están sin especificar. Es decir, la experiencia lingüística fija un determinado parámetro de una rutina universal de procesamiento. Esta rutina universal supone la generación de una representación heteromórfica capaz de apresar ciertas regularidades psicológicamente relevantes. El carácter heteromórfico en la representación de salida es el mismo para ambos grupos de hablantes por lo que no sorprende que las diferencias entre habla y no habla se mantengan en los dos grupos de sujetos.

Conclusiones

Veinte años después de la aparición de *Modularity of Mind* parece que los temas allí tratados permanecen vigentes. A lo largo de este trabajo han aparecido al menos cinco asuntos (algunos sólo insinuados y otros más pausadamente desarrollados) que, por una parte, están directamente vinculados a la noción de modularidad y, por otra, parecen ser objeto de preocupación actual por parte de los estudiosos de la ciencia cognitiva. En primer lugar está el asunto de la plausibilidad de proponer una suerte de modularidad masiva para el sistema cognitivo humano. Ya hemos dicho que Fodor se opone vigorosamente a esta idea en la medida que sostiene la existencia de importantes dominios de la cognición donde los procesos abductivos, lejos de ser la excepción, son la regla. En segundo lugar, y como consecuencia del punto anterior, si el modelo clásico de computación sólo puede aplicarse a procesos mentales locales y hemos dicho que es más que plausible que muchos procesos mentales sean no locales, entonces lo que en realidad estamos reconociendo es que el modelo clásico de computación queda desautorizado como posible explicación de muchos procesos mentales. Centrándonos ya, por tanto, en aquellos procesos intrínsecamente locales hemos visto la conveniencia de extender la taxonomía funcional de procesos cognitivos propuesta por Fodor y proponer una taxonomía funcional de sistemas modulares. Esto ha llevado a la distinción entre módulos abiertos y cerrados y a la explicitación de algunas de sus propiedades más importantes. El cuarto asunto se ha referido, justamente, a una de estas propiedades, a saber, el efecto que tiene la experiencia en procesos que están materializados en los distintos tipos de módulos. La conclusión más importante es que la experiencia puede alterar, únicamente, el funcionamiento interno de los módulos cerrados (lo que no implica que se den efectos de aprendizaje por instrucción; más bien se sostiene la existencia de rutinas de fijación de parámetros libres en función de la experiencia). Finalmente, las consideraciones acerca de los distintos tipos de módulos nos llevaron a proponer algunas alternativas acerca de la arquitectura psicofísica del sistema auditivo humano. Parece, por tanto, que si *Modularity* se proponía como un libro guía, capaz de orientar la investigación teórica y experi-

mental de los siguientes años, podemos decir sin temor a equivocarnos que el objetivo fue ampliamente conseguido.

REFERENCIAS

- Bruner, J. (1973). On perceptual readiness. En J. Anglin (Ed.), *Beyond the information given*. New York: W.W. Norton & Co.
- Cosmides, L. y Tooby, J. (1994). Origins of domain specificity: The evolution of functional organization. En L. Hirschfeld y S. Gelman (Eds.), *Mapping the mind*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fodor, J. (1983). *The modularity of mind*. Cambridge, Mass.: Bradford Books, MIT Press.
- Fodor, J. (2000). *The mind doesn't work that way*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Knuksen, E. I. (1988). Experience shapes sound localization and auditory unit properties during development in the barn owl. En G.M. Edelman, W. E. Gall & W. M. Cowan (Eds.), *Auditory function: Neurobiological bases of hearing*. New York: Wiley.
- Konishi, M. (1991). Neural mechanisms of binaural fusion. En I. G. Mattingly & M. S. Studdert-Kennedy (Eds.), *Modularity and the motor theory of speech perception*. Hillsdale, N.J.: LEA.
- Lieberman, A. M. & Mattingly, I. G. (1989). A specialization for speech perception. *Science*, 243, 489-494.
- Lieberman, A. M. & Mattingly, I. G. (1991). Modularity and the effects of experience. En R. R. Hoffman & D.S. Palermo (Eds.), *Cognition and the symbolic processes, Vol. 3: Applied and ecological perspectives*. Hillsdale, NJ.: LEA.
- López-Bascuas, L. E. (1995). Speech and nonspeech signal densities for the perception of temporal order. *Proceedings Eurospeech '95*, 3, pp. 2281-2283.
- López-Bascuas, L. E. (1996). Speech signals might ignore auditory processors. En W. Ainsworth & S. Greenberg (Eds.), *The auditory basis of speech perception*. Keele: ESCA.
- López-Bascuas, L. E., Rosner, B. S. & García-Albea, J. E. (2003). Voicing and temporal order perception by Spanish speakers. *Proceedings of the 15th International Congress of Phonetic Sciences*, Vol. 1, pp. 402-406.
- Mattingly, I. G. & Liberman, A. M. (1985). Verticality unparalleled. *The Behavioral and Brain Sciences*, 8, 24-26.
- Mattingly, I. G. & Liberman, A. M. (1988). Specialized perceiving systems for speech and other biologically significant sounds. En G. M. Edelman, W. E. Gall & W. M. Cowan (Eds.), *Auditory function: Neurobiological bases of hearing*. New York: Wiley.
- Mattingly, I. G. & Liberman, A. M. (1990). Speech and other auditory modules. En G. M. Edelman, W. E. Gall & W. M. Cowan (Eds.), *Signal and sense: Global and local order in perceptual maps*. New York: Wiley.
- McGurk, H. & MacDonald, J. (1976). Hearing lips and seeing voices. *Nature*, 264, 746-748.
- Miyawaki, K., Strange, W., Verbrugge, R., Liberman, A. M., Jenkins, J. J. & Fujimura, O. (1975). An effect of linguistic experience: The discrimination of [r] and [l] by native speakers of Japanese and English. *Perception and Psychophysics*, 18, 331-340.
- Piatelli-Palmarini, M. (1989). Evolution, selection and cognition: From learning to parameter setting in biology and in the study of language. *Cognition*, 31, 1-44.
- Pinker, S. (1997). *How the mind works*. New York: Norton.
- Plotkin, H. (1997). *Evolution in mind*. London: Alan Lane.
- Suga, N. (1984). The extent to which binaural information is represented in the bat auditory cortex. En G. M. Edelman, W. E. Gall & W. M. Cowan (Eds.), *Dynamic aspects of neocortical function*. New York: Wiley.
- Whalen, D. H. & Liberman, A. M. (1987). Speech perception takes precedence over nonspeech. *Science*, 237, 169-171.