
POR: ROBERT SYLWESTER
TRADUCCIÓN POR: JORGE ECHAVARRÍA CARVAJAL

BIOLOGIA CEREBRAL Y APRENDIZAJE



Un cráneo impenetrable y unas redes neuronales impresionantemente complejas han impedido por largo tiempo nuestra comprensión del desarrollo de ese cerebro humano de tres libras que define la profesión de educadores. La solución práctica que adoptamos fue la de concentrarnos más bien en los comportamientos observables que emergían de esos procesos cognitivos de nuestro cerebro, tan pobremente entendidos. De este modo, tanto el conductismo como otras formas del folclor profesional han dominado la práctica y el pensamiento educativos. Con el tiempo, hemos descubierto qué comportamientos tendrán lugar, pero no por qué; por ejemplo sabemos los niños tienen más problemas de lectura que las niñas, pero no sabemos la causa.

El dramático desarrollo de la investigación cerebral y las tecnologías de la imagen nos están permitiendo avanzar rápidamente en nuestra comprensión del cerebro humano. Los científicos que usan la tecnología de imagen cerebral sólo necesitan ahora unas cuantas horas para recoger datos de un cerebro humano normal, lo que antes necesitaba veinte años de trabajo inferencial de laboratorio con primates no humanos. Más aún, las máquinas de imagen de resonancia funcional magnética pueden distinguir ahora entre grupos neuronales que sólo distan un milímetro entre sí.

Estos desarrollos recientes han impulsado nuevas teorías sobre el cerebro que, junto con los avances en genética, podrían propulsar el Siglo de la Biología, del mismo modo que las teorías de Albert Einstein catapultaron el desarrollo de la física, dominante en este siglo.

Las nuevas teorías cerebrales basadas en lo biológico enfatizan el desarrollo evolutivo entre los ancestros del cerebro y su medio ambiente presente: lo concerniente a la relación entre naturaleza y educación. Nuestra profesión ha tendido a pensar que el lado dominante es el educativo, pero estas nuevas teorías argumentan que la naturaleza, el sustrato biológico, juega un papel mucho más

importante que el que se le había asignado. Sugieren, también, que muchas creencias actuales sobre instrucción, aprendizaje y memoria, son erróneas. Las teorías serán culturalmente polémicas, ya que requieren de una reconceptualización de tópicos tales como paternidad, enseñanza, aprendizaje, identidad, voluntad libre y potencial humano. Incluso, muchos usarán incorrectamente estas teorías para apoyar ideas y creencias sexistas, racistas o elitistas, y, con seguridad, aquellos que rechazan el darwinismo evolutivo encontrarán inaceptable la base que en él tienen estas teorías.

Cuando las teorías sobre el cerebro y sus bien documentadas evidencias alcancen en corto plazo el reconocimiento público, los educadores serán invitados a dar su opinión, y dado que su onda de choque toca a nuestra profesión en tópicos fundamentales, será mejor tratar de entenderlas.

La teoría de la selección de grupos neuronales de Gerald Edelman (o Neuro - darwinismo, como es más comúnmente llamada), pareciera ser la teoría más completa sobre la evolución biológica del cerebro. Edelman la ha venido desarrollando en cuatro libros, publicados a partir de 1987. "Aire claro, fuego brillante" (Bright Air, Brilliant Fire), de 1992, presenta la más completa e informal explicación de las teorías de Edelman. Este es el mejor recurso para los educadores con conocimientos científicos limitados, a pesar de que exige algún esfuerzo para leerlo. "La naturaleza de la

mente" (Nature's Mind) de Michael Gazzaniga (1992) y "La evolución de la conciencia (The Evolution of Consciousness) de Robert Ornstein (1991), brindan también útiles introducciones en forma no técnica.

UNA BREVE INTRODUCCION AL DARWINISMO NEURAL

Nuestro sistema inmunitario es una especie de cerebro flotante, en el que la mayoría de las células inmunológicas flotan libremente en nuestro cuerpo, mientras las neuronas cerebrales funcionan como una red altamente interconectada. Ambos sistemas son funcionalmente similares, como quiera que ambos son sistemas altamente integrados que responden a una amplia variedad de estímulos potencialmente benéficos o amenazantes.



A partir de la información sensorial que llega a nuestra superficie corporal, nuestro cerebro crea un modelo mental interno de los objetos y eventos externos, respondiendo adecuadamente bien sea al amigo o al adversario. De manera similar, nuestro sistema inmunológico examina la configuración de los antígenos que invaden nuestro cuerpo, destruyendo aquellos que podrían representar algún peligro.

Gerald Edelman ganó el premio Nobel en 1972 por su descubrimiento acerca de que el sistema inmunitario no operaría a través de un modelo de instrucción/memoria, sino, mejor, a través de procedimientos de selección natural evolutiva. Primero se pensaba que células de anticuerpos genéricos aprendían a reconocer los invasores peligrosos, fueran bacterias o virus. El sistema inmunitario, entonces, destruía el antígeno, y el sistema "recordaba" la apariencia del invasor, para el caso de futuras invasiones.

Edelman encontró que a través de procesos de selección natural que han ocurrido durante eones, nacemos con anticuerpos específicos que reconocen y responden a tipos específicos de invasores peligrosos con los que compartimos nuestro medio ambiente. Si perdemos nuestra inmunidad natural a un invasor específico (tal como el virus de SIDA), morimos al ser infectados. Nuestro sistema inmunitario no puede "aprender" cómo destruir al intruso: se tiene, o no, la capacidad cuando se nace.

Edelman estudió entonces nuestro cerebro, funcionalmente similar, para determinar si

este también operaba principalmente por procedimientos de selección natural, más que fundamentado en la instrucción y el aprendizaje. Su polémica teoría, darwinismo neural, sostiene que efectivamente el cerebro funciona con base en la selección natural, o que, al menos, la selección natural sería el proceso que explica la instrucción y el aprendizaje.

UN NUEVO MODELO CEREBRAL

Tendemos a usar modelos simples para atender los fenómenos complejos, pero a veces tales modelos retardan nuestra intelección. El computador es el modelo prevaeciente (y más llamativo), para nuestro cerebro, pero Edelman dice que es inadecuado, ya que un computador fue desarrollado, programado y operado por una fuerza externa, cosa que no pasa en nuestro cerebro. (Términos como padre o profesor vienen a cuento como los "programadores" de nuestro cerebro). Un modelo computacional desvía nuestros pensamientos hacia un sistema de archivo que difiere notablemente del modo como el cerebro procesa la información. Incluso, el papel poderoso que las emociones juegan para regular la actividad cerebral, y la preponderancia del procesamiento en paralelo (más que lineal) en nuestro cerebro, sugieren a Edelman que sería más útil el usar un modelo cerebral que venga de la biología mejor que de la tecnología.

Edelman sugiere un modelo mejorado: la dinámica electroquímica del desarrollo y



operación de nuestro cerebro se parecen más a una rica y estratificada ecología de una selva tropical. Este medio ambiente no tiene un agente externo de desarrollo, ni metas predeterminadas. De hecho es un lugar desordenado que se caracteriza más por el exceso orgánico que por una economía de metas y eficiencia. Ningún organismo singular ni un grupo de ellos manejan la selva: Todas las plantas y animales participan en el proceso, cumpliendo cada uno una gama de funciones ecológicas. Un árbol es un organismo simple, pero también participa en muchas actividades simbióticas con otros organismos, tales como insectos, pájaros, enredaderas y musgos. No desarrolla sus ramas para que los pájaros aniden en ellas, sino que los pájaros las usan en tal forma.

El medio ambiente de la selva tropical no “instruye” a los organismos acerca de cómo comportarse de manera ecológicamente correcta, como, por ejemplo, a los árboles enseñarles la posición de sus ramas y raíces para obtener luz solar y nutrientes del suelo. Es más un asunto de selección natural y un

sentido evolutivo: todos los árboles tiene la capacidad innata para buscar el sol y los nutrientes del terreno, lo que les garantiza prosperar y reproducirse. Los que no lo logran, mueren y otros organismos toman su lugar. Un medio ambiente no informa a sus organismos a cambiar para incrementar su habilidad para sobrevivir; la evolución opera por selección, no por instrucción. El medio ambiente selecciona entre las opciones disponibles, no modifica (instruye) a los organismos en competencia.

DEL MODELO AL CEREBRO

Es lo mismo que sucede con el cerebro, plantea Edelman. Piense en el cerebro como un vasto número de redes neuronales altamente interconectados que lo conforman, como el equivalente neuronal del complejo conjunto de organismos selváticos respondiendo de forma variada a los retos del medio. Los procesos de selección natural que conformaron una jungla en largos períodos de tiempo, son los mismos que dan forma a nuestro cerebro y sus redes neuronales en nuestra vida. El cerebro está conformado por decenas de millones de relativamente pequeñas redes neuronales básicas, y del mismo modo que cada tipo de anticuerpo inmunitario responde a un antígeno medio ambiental específico, cada red neuronal procesa un elemento muy específico del mundo exterior: un sonido singular, una línea diagonal. Varias combinaciones interconectadas de estas redes procesan fenómenos más complejos, de fonemas y triángulos, a palabras y pirámides.

Así, tenemos un cerebro modular, en el que un relativamente pequeño número de componentes estándar, no pensantes, combinan su información para crear un medio ambiente cognitivo asombrosamente complejo. Por ejemplo, cuando observamos a una bola roja rodando en una mesa, nuestro cerebro procesa el color, la forma, el movimiento y la localización de la bola en cuatro áreas cerebrales separadas. Todavía no es claro cómo las complejas comunicaciones entre tales áreas en la creación cerebral de una imagen unificada de una bola roja rodando, pero no lo es del mismo modo que no es claro cómo los miembros de un cuarteto de jazz se comunican entre sí en tanto que improvisan separadamente sobre un tema simple y el grupo crea una sola y unificada canción de los esfuerzos individuales separados.

Los procesos genéticos, que han evolucionado por eones, crearon un cerebro humano genérico que está plenamente equipado al nacer, con los componentes sensorio-motores básicos que un humano necesita para funcionar exitosamente en un mundo físicamente normal. Nuestra especie necesita el soporte de redes de supervivencia básicas (circulación, respiración, reflejos, por ejemplo), pero los individuos también necesitan la flexibilidad para adaptarse, o redes de operación, para así poder

responder a retos medio-ambientales específicos, como aprender francés o manejar un automóvil. Un cerebro infantil no tiene que aprender cómo reconocer sonidos específicos o segmentos de líneas: tales redes neuronales básicas ya son operativas cuando nace. No le enseñamos a un niño a caminar o a hablar: sólo le damos oportunidades para adaptaciones a un proceso ya operativo. Gazzaniga argumenta que todo lo que hacemos en nuestra vida es descubrir lo que ya está formado en nuestro cerebro. Lo que vemos como aprendizaje es realmente una búsqueda a través de la biblioteca, ya existente en nuestro cerebro, de redes operacionales, a fin de combinarlas del mejor modo para responder a retos inmediatos, de modo parecido a como los estudiantes en una biblioteca seleccionan y sintetizan materiales ya existentes para escribir sus ensayos.

Por otro lado, nuestro ADN no puede posiblemente codificar nuestras redes cerebrales para cada posible combinación de imágenes / sonidos / olores / texturas / sabores / movimientos que nuestro cerebro pueda procesar. En lugar de ello, codifica un programa básico desarrollable que regula cómo las neuronas se diferenciarán e interconectarán. Así, el cerebro fetal desarrolla áreas generales que están dedicadas a varias capacidades



humanas básicas dentro de un rango de variación, tal como nuestra habilidad para procesar el lenguaje: los cerebros infantiles nacen con la capacidad de hablar cualquiera de los tres mil o más idiomas humanos, pero no nacen con proficiencia en ninguno de ellos.

Cuando los niños comienzan a interactuar con el lenguaje local, sus cerebros pueden ya reconocer los sonidos. Las grandes redes neuronales que procesan el idioma específico hablando, se forman de acuerdo con las varias combinaciones de sonidos que se dan con más frecuencia. La cantidad de uso selectivamente refuerza y debilita redes de lenguaje específicas. Las redes de sonidos que no existen en el lenguaje local pueden atrofiarse con el tiempo, por falta de uso, y/o ser usadas para otros propósitos lingüísticos. Los científicos llaman a esto "poda neural". Un buen ejemplo es la dificultad de un adulto japonés con nuestros sonidos de "l" y "r", que no están en su lenguaje: un japonés adulto que haya aprendido inglés en la infancia, no tiene tal problema.

A aquellos que dicen que enseñaron a sus hijos a hablar una lengua, las teorías les preguntan: ¿Cuándo y cómo enseñaron a sus hijos el acento nativo, las frases preposicionales y las reglas para formar el pasado verbal? Los niños dominan la mayoría de las complejidades gramaticales con prácticamente ninguna instrucción explícita de sus padres, siendo también cierto que la continua interacción verbal padres/hijos sí provee un importante medio para el desarrollo lingüístico.

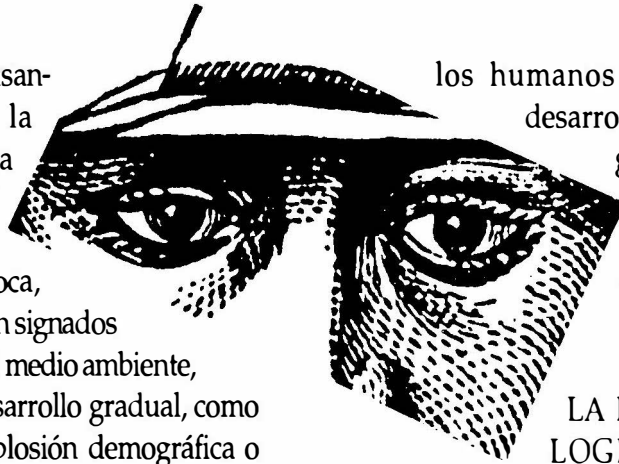
Así, el aprendizaje se vuelve un delicado pero poderoso diálogo entre la genética y el medio ambiente: la experiencia que por eones han tenido nuestras especies interactúa con las experiencias que tenemos durante nuestras vidas. Nuestro cerebro está moldeado vigorosamente por la genética, el desarrollo y la experiencia, pero también ello activamente da forma a nuestras propias experiencias y las de la cultura en la cual vivimos. La paternidad y la enseñanza son probablemente algo así como "facilitadores", pero aún no es claro cómo estas teorías reconceptualizarán los términos. Hubel, autor de "Ojo, Cerebro y Visión" (Eye, Brain and Vision), 1988, subestima ciertamente el importante papel que los adultos juegan como agentes estimuladores y facilitadores de tempranas experiencias vitales, al estudiar el desarrollo del córtex visual de gatitos. Estos, puestos en un medio ambiente que elimina ciertas líneas de orientación específica (tales como las líneas horizontales o verticales), sufrieron una dramática declinación en la viabilidad de las redes neuronales que normalmente procesan el tipo de orientación lineal eliminada en el experimento con los gatitos.

LA TECNOLOGIA COMO SOLUCION PARA LOS PROBLEMAS BIOLOGICOS

Desafortunadamente, la evolución biológica camina mucho más lentamente que la evolución cultural. Por ello, estamos forzados a luchar con problemas sociales y medio-

ambientales cotidianos usando un cerebro que la evolución biológica había sintonizado para retos cognitivos de hace 30.000 años. Para tal época, los peligros físicos estaban signados por rápidos cambios en el medio ambiente, no por problemas de desarrollo gradual, como la contaminación, la explosión demográfica o la lluvia ácida.

Parte del problema es que las modificaciones evolutivas ocurren dentro del sistema biológico existente. Los procesos evolutivos no desmantelan un mecanismo existente, como nuestro cerebro, para comenzar de nuevo desde los bocetos. Las modificaciones evolutivas pueden entonces diferir considerablemente de lo que, de haber tenido la oportunidad, hubiese hecho brillantes ingenieros, a partir de bocetos, para rediseñar nuestro cerebro a fin de resolver necesidades actuales. Nos hemos autocompensado rastreando soluciones tecnológicas para nuestros problemas, añadiendo, en efecto, un nivel de "cerebro tecnológico" (autos, libros, computadores y drogas) afuera de nuestro cráneo, una capa que interactúa continuamente con nuestro cerebro interno. Pero cada uno de esos avances tecnológicos también crea nuevos problemas humanos. Nuestra profesión docente será retada para reconceptualizar la educación formal en la medida en la que las nuevas teorías sobre el cerebro evolucionan, y luego para descubrir cómo recomponer nuestra cerebro del mejor modo, durante su desarrollo, a fin de que



los humanos puedan algún día desarrollar soluciones biológicas a muchos problemas tecnológicos que usualmente nos desafían.

LA NATURALEZA BIOLÓGICA DE LA CONCIENCIA

El darwinismo neuronal busca definir la naturaleza biológica de la conciencia, un reto bien importante pero formidable para cualquier teoría cerebral.

Edelman divide la conciencia: la conciencia primaria es un estado de estar mentalmente al tanto de los objetos y eventos usuales en el medio inmediato, pero estas imágenes mentales no están acompañadas por ningún sentido de estar en un organismo con un pasado y un futuro. Un animal con una conciencia primaria ve un salón en la medida en que un haz de luz lo ilumina, con conciencia sólo de las áreas iluminadas e incapaz de conectar lo que ve con otras áreas. Edelman llama a esto "presente recordado". La conciencia primaria puede, por supuesto, permitirle al cerebro crear una compleja escena mental que conecta las percepciones inmediatas de una situación, a las partes del cerebro que procesan tales valores de supervivencia como comida, luz, calor, de modo que asume una visión muy subjetiva de

todo lo que confronta: esto es, comer o ser comido.

La conciencia de orden superior es tal vez una condición distintivamente humana, contruida sobre una conciencia primaria, pero superándola para reconocer nuestras propias acciones y valores personales. Utilizan el lenguaje y otros símbolos en procesos como la reflexión y la generalización, que pueden emocionalmente separarnos del aquí y el ahora, para guiarnos entre escenas mentales puramente imaginativas. Ello sugiere un nuevo nexo entre las áreas cerebrales que procesan la conciencia primaria con las áreas de la memoria simbólica y la conceptualización, para añadir el pasado y el futuro al presente y un sentido profundo del self al mundo exterior.

Así, la memoria combina un sesgo de especie pre-construido hacia valores como alimentos, calor y supervivencia, con eventos cotidianos de corto término. La memoria de larga duración es una técnica cognitiva adaptativa (a menudo mal entendida), que opera dentro un único tramo vital. Es una capacidad necesaria para dirigir el comportamiento conciente desde dentro, para ir más allá de un comportamiento puro de Estímulo/Respuesta. Las leyes y tradiciones se hacen memorias culturales que pueden durar más que una vida individual.

EN BUSCA DE APLICACIONES EDUCATIVAS

En este momento, hallar aplicaciones educativas prácticas a la teoría de Edelman es

difícil. Ellas vendrán después, tras un estudio que conduzca a tal propósito.

Su modelo cerebral es rico, estratificado, como el ecosistema sin planes de selva tropical, y por supuesto, suficiente intrigante, ya que sugiere que un cerebro a imagen de la jungla, puede bregar mejor en un salón de clases que, como una jungla, incluye muchos niveles sensoriales, culturales y problemáticos, muy cercanamente relacionados con el medio ambiente del mundo real, medio ambiente que es el mejor estímulo para las redes neuronales genéticamente sintonizadas con él.

El salón de clases del mañana podría centrarse más en delinear nuestras habilidades existentes, que en medir precisamente el éxito de un estudiante con destrezas imposibles; estimular la construcción personal de categorías mejor que imponer sistemas categoriales existentes; y enfatizar la solución individual, personal, de un reto del medio ambiente, incluso si no es eficiente, más que la eficiente manipulación grupal de símbolos que meramente representa la solución. Los educadores deberían ver entonces los problemas de comportamiento en el aula como un problema ecológico a ser resuelto dentro del currículo, más bien que mirarlos como comportamientos aberrantes que deben borrarse. El currículo podría incrementar la importancia de asuntos como las artes y humanidades, que expanden e integran estímulos medio-ambientales complejos, y restar énfasis a destrezas básicas y formas de

evaluación que meramente comprimen la complejidad.

Un currículo "de base cerebral" recordaría ciertas prácticas curriculares usuales, pero también puede ser bien diferente de lo que se hace hoy en las escuelas. El meditar en desarrollos recientes y ampliamente aclamados como el currículo temático, el aprendizaje cooperativo o el portafolio assesment, es bien interesante: todos requieren mayor esfuerzo de los profesores que las formas tradicionales de currículo, instrucción y evaluación. ¿Los sienten los educadores como atractivos ya que parecen ser inherentemente correctos para el desarrollo cerebral, aún cuando requieren más dedicación profesional y no son, ni de lejos, tan eficientes ni económicos como lo tradicional?

Por lo pronto, Edelman y su creciente grupo de compañeros teóricos del cerebro nos ofrecen ricos medio ambientes en sus libros (a veces, como selvas), para la lectura y la reflexión profesional. Las teorías seguirán desarrollándose, y los líderes educativos tendrán que vincularse a estos procesos ahora, o algún biólogo podría redefinir por nosotros la docencia.

ROBERT SYLWESTER - *Profesor de Educación en la Universidad de Oregon.*

Publicado originalmente en: EDUCATIONAL LEADERSHIP (51) 4 - Dec-Jan. 1994. Traducción y versión de Jorge Echavarría C. - Profesor Escuela de Educación y Humanidades de la Universidad Pontificia Bolivariana.