

Bases neurológicas del nuevo paradigma adolescente.

Neurological bases for the new teenage paradigm.

Autor: **José Antonio Marina**

Filósofo

cenriquez@movilizacioneducativa.net

Resumen

Tradicionalmente el tratamiento educativo de la adolescencia ha estado basado en la creencia de que los límites intelectuales se forjan en la educación infantil, de manera que en la adolescencia sólo hay que limitarse al cuidado del desarrollo de lo ya instituido. Sin embargo, en las últimas décadas, la neurociencia ha visibilizado que el cerebro continúa desarrollándose después de la infancia, suponiendo esta etapa una gran oportunidad para "construir un cerebro mejor". En este sentido, en el presente artículo -y haciendo una llamada a la responsabilidad de toda la sociedad- se examinan los principales cambios cerebrales que ocurren en la adolescencia. A la par, se plasman las líneas fundamentales de un nuevo enfoque educativo que aprovecha todo lo que la neurociencia nos está enseñando, en un intento de enlazar el cerebro que madura con las circunstancias del entorno.

Palabras clave: Adolescencia, neurociencia, maduración cognitiva, nuevo paradigma adolescente.

Abstract

The educational treatment of teenagers has traditionally been based on the belief that intellectual limits are forged during childhood, so that in adolescence one has to take care of developing what has already been instituted. Nevertheless, in the last few decades neuroscience brought to light that the brain continues to develop after infancy, this stage being considered a great opportunity to? build a better brain?. In this regard, this article? calling on the responsibility of the whole of society? examines the main brain changes that take place in adolescence. At the same time, it sets forth the fundamental lines of a new educational approach that takes advantage of all the information taught by neuroscience, in an attempt to link the maturing brain to the circumstances of the environment.

Key words: Adolescence, neuroscience, cognitive maturing, new teenage paradigm.

1. LA INFANCIA NO ES TODO

El viejo paradigma de la adolescencia, pesimista y centrado en los aspectos problemáticos y conflictivos, debe ser sustituido por otro más adecuado a la realidad, que considere la adolescencia como una segunda época dorada del aprendizaje, aquella en que los adolescentes se “apropian de sus posibilidades”, y diseñan su futuro. Las decisiones que se toman en esa época, y los hábitos que se adquieren, tienen una importancia decisiva para el resto de sus vidas, por eso hay una creciente preocupación en todo el mundo por introducir cambios profundos en la enseñanza secundaria y en el paso de la adolescencia a la juventud. Hasta el Banco Mundial ha elaborado documentos sobre la necesidad de hacerlo. Hemos estudiado detenidamente la necesidad de cambio y esbozado el Nuevo Paradigma en el estudio realizado para el Centro Reina Sofía, titulado *Informe sobre el Nuevo Paradigma de la Adolescencia* (Marina et al., 2014). En este artículo me limitaré a exponer la fundamentación neurológica de ese modelo.

La comprensión de la adolescencia y la elaboración de un buen diseño educativo para esa edad han sido dificultadas por dos creencias aparentemente verdaderas, pero que acaban siendo falsas por su exageración. La primera es que las conductas propias de los adolescentes están causadas por la presión de las hormonas sexuales. La segunda, que los primeros años son los definitivos para el desarrollo intelectual de una persona. Respecto a la primera creencia, es evidente que el aumento de las hormonas sexuales durante la pubertad intensifica el interés y la actividad sexuales, pero de ahí se ha pasado a sostener que son ellas las que influyen en todas las características típicas de la adolescencia – impulsividad, alteraciones del humor, conductas de riesgos, búsqueda de la identidad, etc.-y esta ampliación no está corroborada por los hechos. Entre otras cosas, porque también aumentan otras hormonas, como el cortisol (Goodyer et al., 2003), y porque la correlación entre el nivel de hormonas y las conductas o estados de ánimo es sorprendentemente baja. Por ejemplo, cuando examinamos la contribución de las hormonas sexuales a los estados de ánimo negativos, encontramos que solo el 4% de la variabilidad entre adolescentes se debe a ellas, mientras que el 8-18% de esa variabilidad se atribuye a factores sociales (Brooks-Gunn et al., 1994). “Hay pues un considerable contraste entre el folklore de “raging hormones” de la adolescencia y las investigaciones, que muestran modestas contribuciones de la etapa puberal y de las hormonas en las funciones neuroconductuales y en el humor de los adolescentes” (Spear, 2010). Es cierto que estas correlaciones son muy complejas, pueden actuar por caminos indirectos, y, por lo tanto, hay que tomar con cierta precaución los resultados. Por ejemplo, en un estudio en el que se examinaron las conductas de riesgo de sujetos entre 6 y 18 años, se encontró una correlación directa muy pequeña entre nivel de testosterona y las conductas de riesgo cuando se estudió una muestra general de población. En cambio, cuando se estudiaron niños y adolescentes con baja calidad en sus relación familiares, la correlación fue más elevada (Booth et al., 2003). Lo que parece comprobado es que gran parte de los cambios adolescentes obedecen a cambios neuronales, por lo que la atención excesiva a los factores hormonales ha provocado interpretaciones erróneas y malas prácticas educativas.

La segunda creencia es también una exageración que induce a errores. Como expuse en *El cerebro infantil, la gran oportunidad* en la infancia se produce una explosión sináptica que indica la gigantesca tarea de aprendizaje que el niño está realizando. Pero ese hecho incontrovertible se convirtió en una teoría excluyente. A finales de los noventa, apareció en EEUU un poderoso movimiento psicológico-educativo que consideraba que las capacidades intelectuales dependen de las experiencias de los tres primeros años de vida. El lema era: “Los tres primeros años duran toda la vida”. John T. Bruer en su libro *El mito de los tres primeros años* (Bruer, 2002) criticó el exclusivismo

de esa teoría que llenaba de angustia a muchos padres, obsesionados con someter a sus niños a todo tipo de actividades de enriquecimiento. Jerome Kagan, un reputado psicólogo infantil, también critica esta idea en su libro *Tres ideas seductoras* (Kagan, 2000). Desde otro punto de vista, Judith Rich Harris, en un polémico libro traducido al castellano con el título *El mito de la educación* (Harris, 1999) negaba la importancia de la educación infantil, afirmando, con una contundencia que fue muy criticada, que los dos factores importantes en el desarrollo son el genético y la influencia de los pares. En este fragor aparecieron voces advirtiendo que centrarse en la primera infancia podía llevar a descuidar el resto del proceso educativo (Puckett et al., 1999).

Esto ha ocurrido respecto de la adolescencia. Se ha considerado que sus límites estaban ya establecidos por la educación infantil, y que lo único que cabía hacer era cuidar el desarrollo de lo ya instituido, e intentar que el adolescente no se metiera en problemas. No se pensaba que pudiera darse ningún cambio de importancia en el cerebro. Incluso un especialista tan entusiasta de las posibilidades de los adolescentes como Michel Fize (2009), afirma que “tout es joué à 10 ans”.

La neurociencia nos ha hecho cambiar de idea. Hasta muy recientemente, se sabía muy poco sobre el desarrollo del cerebro en la adolescencia. La idea de que el cerebro continúa desarrollándose después de la infancia es relativamente nueva. No fue hasta finales de los años sesenta cuando investigaciones sobre cerebros postmortem revelaron que algunas áreas, en especial las prefrontales, continuaban desarrollándose después de la infancia. Estudios realizados durante los setenta y los ochenta demostraron que el cortexprefrontal experimenta significativos cambios durante la adolescencia (Huttenlocher et al., 1997). La aparición de procedimientos de observación no invasivos, como la resonancia magnética funcional (fMRI), ha permitido a los investigadores estudiar el funcionamiento de cerebro vivos, lo que ha provocado un espectacular avance en el estudio del cerebro adolescente. “Aunque siempre se ha admitido que el desarrollo y la diferenciación cerebral son procesos que duran toda la vida,-escribe Linda Spear-tradicionalmente se ha prestado mayor atención a los primeros estadios del desarrollo, especialmente al periodo de rápido crecimiento y diferenciación que comienza antes del nacimiento y continua en la infancia, cuando el niño comienza a interactuar con el mundo. Sin embargo, durante la pasada década la atención se ha vuelto hacia otro periodo de dramáticos cambios en el desarrollo del cerebro: la adolescencia” (Spear, 2010).

Lo que resulta de esos estudios es que “la adolescencia es una gran oportunidad para construir un cerebro mejor. O para desperdiciar el potencial del cerebro” (Feinstein, 2009). Esto es una llamada a la responsabilidad de toda la sociedad. Necesitamos atender mejor a nuestros adolescentes. Claudia Pama (2010), de la Universidad de Utrecht, comentando el sistema educativo holandés, indica que se obliga a adolescentes de 14 o 15 años a tomar decisiones muy importantes para su futuro. Sin embargo, la neurología nos dice que en esa edad no han madurado algunas funciones ejecutivas necesarias para tomar decisiones responsables. Por ello, pueden tener dificultades para seleccionar la información relevante, o inhibir las conductas impulsivas. Considera que nuestra sociedad debería encontrar el medio de ayudar a los niños y adolescentes a tomar buenas decisiones, teniendo en cuenta que todas las habilidades para ello no están completamente desarrolladas. En Holanda se implantó en 1998 un cambio estructural con la incorporación de la “Tweede Fase” al final de la escuela secundaria. Su objetivo más importante es enseñar a los alumnos como aprender y trabajar independientemente. Al terminar el tercer curso de secundaria los estudiantes se enfrentan a una elección importante: tienen que escoger el área para futuros estudios. Eso significa que tienen que abandonar ciertos cursos para proseguir otros (Pama, 2010).

2. UNA PERSPECTIVA EVOLUCIONISTA DE LA ADOLESCENCIA

La psicología evolucionista nos ayuda también a comprender mejor la adolescencia. Se supone que muchas de las estructuras cerebrales que recibimos genéticamente han sido seleccionadas por su interés evolutivo. Por ejemplo, las estructuras que predisponen al niño para aprender a hablar han tenido que establecerse en los últimos doscientos mil años. Esa misma persistencia evolutiva puede estar presente en alguna de las características de los adolescentes, que los investigadores han encontrado también en otras especies animales. Es cierto que resulta difícil comprender la utilidad evolutiva de alguna de ellas, como, por ejemplo, las conductas de riesgo, ya por su causa aumenta un 200% el número de muertes violentas durante la adolescencia (Dahl, 2001). Sin embargo, parece que ese beneficio existe. Por ejemplo, el gusto por la novedad es mayor en los adolescentes que en los adultos (Douglas et al., 2003), y esto, lo mismo que el gusto por el riesgo, puede servir a numerosas funciones adaptativas, como proporcionar oportunidades para explorar conductas adultas (Silberstein et al., 1992) y para enfrentarse a retos (Csikszentmihalyi et al., 1978). Hay evidencias de que tomar riesgos puede aumentar la probabilidad de éxito reproductivo en machos de varias especies (Wilson et al., 1985). El interés por explorar fuera de casa en grupos ha podido tener gran importancia evolutiva, para buscar pareja fuera. Los dramáticos cambios que suceden en el cerebro adolescente pueden obedecer también a una presión evolutiva. De la misma manera que en el mundo vegetal las plantas han generado múltiples procedimientos para dispersar las semillas, también el cerebro humano ha generado y seleccionado variados mecanismos para ampliar el entorno vital de los individuos.

3. EL NUEVO PARADIGMA DE LA ADOLESCENCIA

Una de las características del Nuevo paradigma adolescente que nos sugiere la neurociencia es que considera esta época como una segunda y troqueladora gran oportunidad educativa. Muchas posibilidades se alcanzan y se consolidan en ella. Sara-Jaynes Blakemore, del University College of London, una neuróloga especializada en el cerebro adolescente, escribe. "Hasta hace unos veinte años se asumía que la mayor parte del desarrollo cerebral sucede en los primeros años de la vida de un niño, y esta creencia informó la pedagogía y la práctica en el aula. Pero las nuevas técnicas, como la imagen por resonancia magnética, nos permiten observar el funcionamiento del cerebro en todas las edades, lo que ha revolucionado nuestra comprensión del cerebro. Durante la adolescencia la materia gris (cuerpos neuronales) crece, pero no de la misma manera en todo el cerebro. Aumenta más en la corteza prefrontal. Es muy posible que durante la adolescencia haya "periodos sensitivos" para ciertos tipos de aprendizajes. Por ejemplo, el emocional y el social, que dependen de los lóbulos frontales" (Blakemore 2014). "No aprovechar esta etapa -concluye- es una dramática pérdida de oportunidades. El cerebro adolescente es maleable y adaptable y ofrece una excelente oportunidad para el aprendizaje y la creatividad". Así las cosas, es necesario cambiar muchos de los métodos educativos en la adolescencia para aprovechar esta ocasión. Para hacerlo, conviene conocer mejor cuales son realmente los cambios.

El desarrollo del cerebro es sorprendente. El mayor volumen cerebral es alcanzado a los 10'5 años por las chicas y a los 14'5 años por los chicos (Lenroot et al., 2007), pero después de un período de crecimiento -tanto en la primera infancia como en la adolescencia- luego aparece un período de poda (*pruning*). Durante la adolescencia se elimina un sustancial número de sinapsis. En algunas zonas, se pierden hasta la mitad de sinapsis. Probablemente esa eliminación refleja en parte un

afinamiento de las conexiones que permiten la emergencia de patrones maduros de funcionamiento cerebral (Zehr, et al., 2006). Permite al cerebro adolescente organizar sus circuitos y mejorar sus procesos de pensamiento. Se han podido mapear los cambios en el cerebro desde los 3 a los 15 años (Thompson et al., 2000). Uno de los descubrimientos más consistentes es que hay un aumento de materia blanca –es decir, de las fibras de conexión mielinizadas- durante la adolescencia. Mientras que la materia gris parece disminuir, aumenta la materia blanca, es decir las fibras que conectan todas las regiones del cerebro. Es, pues, un momento de integración. Elisabeth Sowell y Paul Thompson, de la UCLA, exploraron el cerebro de niños de 9 años y de un grupo de adolescentes de 14. Había más materia gris en la corteza frontal y parietal de los niños mientras que en los adolescentes presentaban en las mismas regiones un aumento de sustancia blanca, es decir, mielinizada (Blakemore et al., 2007). La mielina puede aumentar hasta cien veces la velocidad de transmisión de la información, lo que supone una enorme ampliación de la eficacia del sistema cerebral.

Podemos resumir alguno de los avances intelectuales durante este período:

1.- Los adolescentes no solo saben más cosas que los niños. También piensan frecuentemente de manera más madura. Manejan mejor el pensamiento abstracto, consideran las situaciones hipotéticas, piensan introspectivamente sobre sus pensamientos y sus emociones (Steinberg, 2005). Desarrollan el pensamiento formal, como ya demostró Piaget.

2.- Entre los cambios importantes en las funciones cognitivas en la adolescencia está el aumento de una serie de habilidades de procesamiento de la información: la eficiencia del procesamiento, la velocidad, las respuestas fluidas, la memoria. Durante la adolescencia, el hipocampo crea nuevas dendritas y sinapsis que aumentan la memoria a corto plazo, situándola entre 7 y 9 bits (Woolfolk, 2006). Aumenta también el cuerpo caloso, que pone en comunicación los dos hemisferios, lo que es importante para la realización de tareas complejas (Keshavan et al., 2002).

Se amplían las capacidades para resolver problemas, razonar y planificar. Como veremos, tal vez el aspecto más importante es que las funciones elementales pasan a ser controladas por funciones de más alto nivel (Anderson et al., 2001). El control atencional y la inhibición de la respuesta también mejoran en la adolescencia media (Luna et al., 2004a).

3.- La maduración cognitiva durante la adolescencia no está asociada tanto con el desarrollo de regiones cerebrales que se vuelven funcionales, como con la emergencia de redes neuronales que soportan estrategias más eficientes para la realización de tareas cognitivas concretas. Aunque la activación de zonas prefrontales es evidente, también sucede lo mismo con otras zonas del cerebro. Actualmente se considera que el desarrollo cerebral es un proceso dinámico de organización de redes, con diferentes regiones compitiendo, influenciándose, y cooperando, y en ese proceso adquieren nuevas y con frecuencia más eficientes roles en la modulación de las habilidades cognitivas (Johnson, 2001).

4.- Las zonas prefrontales del adolescente experimentan aumentos y disminuciones de activación que son difíciles de interpretar. Hay que tener en cuenta que una zona cerebral se activa cuando está realizando más trabajo, pero baja su actividad cuando ese trabajo se domina. Un jugador novato de ajedrez gasta más energía cerebral que un maestro. Este efecto tiene una gran importancia educativa, como veremos al estudiar los hábitos. En los test Go-No go, en que se tiene

que inhibir una respuesta, no se ha observado diferencias en grupos de edad en la activación del córtex prefrontal. En cambio, se ha observado una activación más intensa en la región dorsolateralprefrontal en niños, en comparación con adultos. Casey considera que esta mayor activación puede intentar compensar la todavía ineficiente capacidad de inhibición (Casey et al., 1997). La activación del niño era más difusa, mientras que la de los adultos estaba más focalizada. Por desgracia, en este estudio no se incluyeron adolescentes. Bunge y Wright (2007) sugieren que las dificultades de control de niños y adolescentes reflejan el insuficiente reclutamiento de circuitos neuronales interconectados de los lóbulos frontales con el tálamo, el estriado y el cerebelo. Por eso, el desarrollo cerebral de los adolescentes podría caracterizarse no tanto por el aumento de la activación de zonas frontales, per se, sino por un aumento de conexiones entre regiones distribuidas en el cerebro que funcionan como “redes colaborativas” de actividad con las regiones frontales (Luna et al., 2004b). Esta hipótesis resulta confirmada por los estudios de Tamm et al (2002) con sujetos de ocho a veintidós años. Un reciente estudio de la Universidad de Murcia (Innugi et al., 2014), que analiza si la conectividad del cerebro infantil se relaciona con la impulsividad de los niños, apunta a que los patrones de conectividad cerebral pueden servir como marcadores biológicos para anticipar el riesgo de que aparezcan problemas conductuales y dificultades de adaptación social.

5.- La gran plasticidad del cerebro adolescente tiene sus ventajas y sus riesgos. Aumenta su capacidad de aprender y de consolidar lo aprendido, sea este aprendizaje beneficioso o perjudicial para el sujeto. Andrew Chalmers, de la Yale School of Medicine utilizando la resonancia magnética ha encontrado que los adolescentes son particularmente susceptibles a las adicciones (alcoholismo, nicotina, drogas). Las áreas que se desarrollan más rápidamente en los adolescentes – los lóbulos frontales y el hipocampo- están asociadas con la adicción. Eso explicaría la rápida adquisición y la duración de las adicciones que comienzan en la adolescencia (Chambers et al., 2003). El hipocampo adolescente es especialmente sensible a los efectos adversos del alcohol (De Bellis et al., 2000). Un estudio con datos de gemelos varones muestra que los que comenzaron a beber antes de los 15 años tenían el doble de posibilidades de mostrar dependencia o uso abusivo del alcohol que los que comenzaban a los 15 años o más. En el caso de las chicas esa posibilidad aumentaba cuatro veces (Kendler et al., 2006).

6.- En el gusto por las conductas de riesgo puede influir la remodelación que se hace durante la adolescencia del circuito relacionado con las recompensas. Un componente de este circuito es el núcleo accumbens (o ventral striatum). Está relacionado con la evaluación de las recompensas y con la motivación. También las drogas activan este circuito.

7.- Giedd (1999) considera que durante la adolescencia cambia el balance entre los sistemas ejecutivo y límbico (emocional). Los estudios muestran un aumento en la proporción de la actividad frontal frente a la actividad límbica a lo largo de la infancia y la adolescencia. En estudios de participantes entre 7 y 29 años, la respuesta a la recompensa en el núcleo accumbens era similar en los adolescentes que en los adultos, pero la actividad en el córtex orbitofrontal en el adolescente (implicado en la motivación) era similar a la del niño. Una mayor comprensión de las relaciones entre la maduración del cerebro y los fenómenos cognitivos, emocionales, puede ayudarnos a prevenir mejor muchos acontecimientos.

8.- Mejora la memoria a corto plazo y también la memoria prospectiva. Se denomina “memoria prospectiva” a la que permite mantener un proyecto que se va a realizar en el futuro (Blakemore y Choudhury, 2006). Este tipo de memoria se relaciona también con la actividad de los lóbulos frontales, (Blakemore y Choudhury, 2006).

9.- Los dos mayores cambios en el cerebro adolescente pueden ser la consolidación de las funciones ejecutivas y el desarrollo del cerebro social (Blakemore, 2008). Las regiones del cerebro implicadas en la interacción social y en la comprensión de los otros se denomina “cerebro social”. En el libro de Louis Cozolino “The Neuroscience of Human Relationship” (2006) escuchamos la misma queja que hemos escuchado: “Basándose en el dogma de la “fixity” del cerebro a lo largo de la vida, la mayor parte de los investigadores sobre el desarrollo del cerebro se han centrado en los primeros años de vida. De hecho, inada puede estar más lejos de la verdad! Aunque los padres de los adolescentes a veces se preguntan si los alienígenas han invadido el cerebro de sus hijos, la verdad es que sus conductas son el resultado de un periodo de sensibilidad plástica”. Como señalan Nelson et al (2005), “el descubrimiento de la reorganización del cerebro adolescente apoya la noción de que los contadores del desarrollo natural y los desafíos de la vida coinciden con los periodos sensitivos de desarrollo neural y plasticidad resaltada”. ¿Qué subyace a los cambios del cerebro social del adolescente? (1) Separarse de la familia de origen (2) establecer una identidad y una conexión con el grupo de pares (3) la creación de una nueva familia. El cerebro necesita ser plástico para emprender estas nuevas tareas.

4. LA ADOLESCENCIA Y LA EDUCACIÓN

La adolescencia, en casi todas las sociedades, es una época de aprendizaje. En las naciones desarrolladas, consideramos que el aprendizaje para integrarse en un mundo complejo ha de ser largo, por lo que hemos aumentado la duración de la adolescencia. Sin embargo, no hemos tomado en serio las nuevas competencias que el cerebro de adolescente tiene. Hemos pensado que tiene que aprender contenidos y habilidades específicas, podríamos decir de segundo nivel (matemáticas, humanistas, científicas, etc.) cuando lo que se están adquiriendo son rasgos básicos de la personalidad. La plasticidad del cerebro adolescente proporciona continuas oportunidades para ser esculpido o “customizado” por las actividades y experiencias de la adolescencia. Esta acomodación a las circunstancias puede representar un ejemplo de “delayed programming” del cerebro, que ya realizó una parte importante de sus en el periodo prenatal y en la infancia temprana, y ahora tiene que completarlas. Los periodos de plasticidad aumentada se denominan periodos críticos o sensitivos. Estos periodos críticos han sido normalmente relacionados con los sistemas sensoriales. Hay evidencias a favor de que la neuroplasticidad se amplía en la adolescencia, tal vez proporcionando la última oportunidad para el cerebro de ser “customizado” antes de llegar a la edad adulta. La neurogénesis es cuatro o cinco veces mayor en el adolescente que en el adulto (Lemaire et al., 2000; He y Crews, 2007).

Tras el aumento de materia gris, hay, como he mencionado, una poda. Se supone que mediante ella el cerebro adolescente organiza sus circuitos y refina sus procesos de pensamiento (Thompson et al 2000), etc. La adolescencia se caracteriza no sólo porque sufre una poda sináptica mayor que en el cerebro maduro, sino también porque remodela considerablemente sus sinapsis. Los

axones y sus terminales presinápticas muestran una considerable fluidez durante la adolescencia. También parece ser más fluidos sus elementos postsinápticos. Las espinas sinápticas se reducen, pero se cambian más rápidamente. Un 13-20% de las espinas sinápticas son eliminadas a las dos semanas en el ratón adolescente.

Hay un aspecto esencial para la educación. Emerge la evidencia de que estas transformaciones del cerebro adolescente son, en parte, dependientes del entorno. Dos particulares e importantes cambios son un buen ejemplo: la mielinización y la poda sináptica.

La mielinización de los axones depende de la actividad que tengan que realizar, es decir, de los inputs del entorno. Esta es, por lo tanto, una de las vías por las que el entorno –incluido el entorno educativo– puede esculpir el cerebro del adolescente. Con gran exageración, Daniel Coyle (2009) considera que el talento depende de la mielinización y que la neurología está asistiendo a una “revolución mielinica”. Se ha comprobado que los adolescentes educados en un ambiente rico en estímulos tienen mejor mielinización y un corpus calloso más potente (Markham y Grenou, 2004). La producción de mielina –que produce una mayor velocidad de transmisión, pero una menor plasticidad– es diferente de unos individuos a otros, lo que hace pensar que está dirigida por la experiencia. Por ejemplo, vías de sustancia blanca más desarrolladas se correlacionan con un más alto IQ en un grupo de niños y adolescentes, lo que sugiere que “la eficiente organización de las fibras de asociación (sustancia blanca) es esencial para un eficiente trabajo cognitivo” (Schmithorst et al., 2005). En un estudio llevado a cabo con pianistas se estudió la correlación entre sustancia blanca y el tiempo que habían practicado el piano en la niñez (menos de 11 años), en la adolescencia (12-16 años) y con más de 17. La producción de mielina fue mayor en las edades más jóvenes (Bengtsson et al., 2005). Todo esto apoya la idea –aunque no de una manera absoluta– de que la intensidad de la mielina puede aumentarse con la experiencia, y que los mayores efectos se ven en la adolescencia media. En sentido contrario, las experiencias de educación negligente y de abusos se correlacionan con una menor volumen del cuerpo calloso (Teicher et al., 2004) y de sustancia blanca (Choi et al., 2009).

El aumento en la materia blanca aumenta la conexión entre las distintas áreas del cerebro y, por lo tanto, su integración. (Olesen et al., 2003). Eso favorece la idea de que el desarrollo hay que entenderlo, más que como la maduración de una región cerebral, como la conexión, integración y refinamiento de redes funcionales, según han propuesto Johnson y Munakata (2005). En el libro dirigido por Lynn Meltzer “Executivefunction in education”, Bernstein y Weber escriben un capítulo sobre “Executive Capacities from a Developmental Perspective” señalando que las funciones ejecutivas se construyen en interacción con el entorno (Bernstein y Weber, 2007). “La bidireccional influencia del contexto en el desarrollo de las funciones ejecutivas no es solo una función del aprendizaje del niño a partir de sus propias actividades como un agente cada vez más autónomo en resolver problemas orientados a metas. También resulta de la igualmente activa determinación de la conducta infantil (vía límites, claves, guiones, didácticas, etc.) en transacción con otros agentes del entorno cuyas metas son socializar al niño en las normas y expectativas del grupo. Por eso, la calidad de la interacción de los padres con el niño es un buen predictor del control del esfuerzo, y de la capacidad de aplazar la recompensa” (Kochanska et al., 2000; Sethi et al., 2000). Esta acción bidireccional también se ha comprobado en la mielinización del córtex prefrontal. La maduración no es automática, sino influenciada por factores extrínsecos (Fields, 2005). La

complejidad de las tareas influye en el desarrollo prefrontal. Los factores intrínsecos son también relevantes. Un niño cuyas competencias lingüísticas están limitadas, puede no tener las herramientas cognitivas para desarrollar las capacidades ejecutivas (Karmiloff-Smith, 1998). En la infancia, la construcción de las funciones ejecutivas puede verse afectada por muchos factores extrínsecos e intrínsecos.

Hay un aspecto muy relevante desde el punto de vista educativo. La mielinización disminuye la plasticidad. En un sorprendente estudio se evidenció que los jóvenes con abuso de alcohol a edades tempranas presentaban una mielinización precoz (De Bellis et al., 2008) que se interpreta como una consolidación de lo aprendido y un descenso en la plasticidad. Como señala McGee, “hay pruebas de que la mielinización puede servir para consolidar los circuitos neuronales disminuyendo la plasticidad” (McGee et al., 2005).

El otro cambio importante en el cerebro adolescente que puede depender de la experiencia es el proceso de poda sináptica. Aunque hay claras evidencias de que el número de sinapsis desciende durante la adolescencia, las razones no son tan claras. Parece que el mecanismo no es el mismo que el de la primera infancia, donde las sinapsis no usadas o más débiles son eliminadas. En cambio, las pérdidas durante la adolescencia parecen iguales a las otras. Parece que se pierden más sinapsis excitatorias que inhibitorias (De Felipe et al., 1997; González Burgos et al., 2008), y también se pierden más conexiones dentro de un mismo nivel cortical que las vías que conectan diferentes regiones del cerebro (Zuo et al., 2005).

Estos dos descubrimientos –que la mielinización y la poda sináptica pueden estar dirigidas por la experiencia– son otra demostración más de la importancia educativa de este periodo. Se adquieren y se consolidan aprendizajes. Estos datos son consistentes con la hipótesis de que la adolescencia representa un periodo sensitivo en el que las interacciones con el entorno esculpen el cerebro. Por eso, la adolescencia, dice Spear (2010) es “una oportunidad definitiva para enlazar el cerebro que madura a las circunstancias del entorno”. Las redes más afectadas parecen ser las que implican altas regiones corticales, como los lóbulos frontales, el cerebelo, la amígdala y otras regiones límbicas. Todo esto, añade “proporciona un tiempo de especial sensibilidad para la educación”.

Además, el nivel de educación durante la adolescencia está relacionado con una “mayor reserva cerebral” a lo largo de la vida, y correlaciona con las manifestaciones de Alzheimer. Se entiende por “reserva cerebral” o “reserva cognitiva” la capacidad de tolerar cambios en las estructuras cerebrales producidas por una patología, sin manifestar síntomas clínicos (Meng et al., 2012). El Gobierno del Reino Unido ha emprendido un proyecto titulado Mental Capital and Wellbeing, en el que define “capital mental” como el conjunto de recursos intelectuales y emocionales de una persona, y lo considera fundamental para el bienestar individual y social. Dedicó un apartado a la adolescencia, precisamente por ser la edad en la que el cerebro se redefine.

5. ¿SE PUEDE CAMBIAR LA INFANCIA?

Los cambios en el cerebro son de tres tipos. (1) Independientes de la experiencia (2) Preprogramados para ser definidos por la experiencia (3) Dependientes de la experiencia (Jensen 2006). El primer tipo lo componen los desarrollos madurativos que se producen en todos los niños. El segundo está formado por aquellas funciones que necesitan determinarse mediante la experiencia: por ejemplo, el habla. Todos los niños nacen preparados para aprender una lengua, y aprenderán la que les enseñemos. El tercer tipo depende por completo de la experiencia y el aprendizaje, es decir, en términos generales, de la educación. Kandel, premio Nobel de Medicina, señaló cinco principios para conocer estos procesos de cambio: (a) todos los procesos mentales son neuronales, (b) los genes y las proteínas que codifican condicionan las conexiones neuronales, (c) la experiencia modifica la expresión genética, (d) el aprendizaje cambia las conexiones neuronales, (e) la psicoterapia (y por lo tanto la educación) altera la expresión genética (Kandel, 1998).

La importancia que tiene la adolescencia no elimina el hecho incontrovertible de que durante la infancia el cerebro del niño forma muchas de sus estructuras fundamentales. ¿La infancia es, pues, el destino? Distintas investigaciones sugieren que programas establecidos durante la adolescencia, aprovechando su expandida neuroplasticidad, podrían mejorar las desfavorables consecuencias de una infancia desdichada. Una amplia experiencia social durante la adolescencia, basta para permitir la expresión sexual de un varón después de una prepuberal lesión hipotalámica que normalmente bloquea la actividad sexual (Twiggs et al., 1978). Pruebas hechas con animales demuestran que entornos enriquecidos durante su adolescencia disminuyen las nefastas consecuencias de estresores prenatales o postnatales (Laviola, 2004) y revierten un número de consecuencias neuroquímicas producidas por un bajo nivel de cuidados maternos (Bredy et al., 2004). Animales educados en su adolescencia en entornos enriquecidos eligen autoadministrarse menos anfetaminas que los no enriquecidos (Cain et al., 2006).

6. EL NUEVO ENFOQUE DE LA EDUCACIÓN ADOLESCENTE

El cerebro adolescente es un cerebro en riesgo, precisamente por su capacidad de aprender. Es la edad en que cada persona puede hacerse cargo de la formación de su propio cerebro. Como dice el título de la obra de Norman Doidge, “el cerebro se hace a sí mismo” (2008). Este hecho es lo que distingue la educación infantil de la educación adolescente: el paso del control externo al control interno del aprendizaje. Sroufe et al., (2009) señalan que “la tarea que ocupa los primeros años del niño es el paso de una regulación diádica –entre el niño y su cuidador- a una autorregulación del afecto”. El talento adolescente empieza cuando el niño es capaz de volverse hacia su infancia reflexivamente y decide “hacerse cargo de los mandos”. Es, en parte, una decisión, como va a ser una decisión llegar a la edad adulta. Peter Pan, en cambio, no quiere dejar de ser niño. El adolescente, mediante la potenciación de las funciones ejecutivas, “determina el destino de su cerebro” (Feinstein, 2009). Lo hace mediante el desarrollo de las funciones ejecutivas, por ejemplo, la planificación. Jeff Hawkins (2004) ha defendido persuasivamente que comprender, desarrollar y mejorar nuestra capacidad para anticipar y prevenir el futuro es el núcleo de nuestra

inteligencia. La búsqueda de la identidad es una de las grandes tareas de la adolescencia, que se basa en la posibilidad de dirigir la atención hacia los propios procesos mentales, lo que es una función ejecutiva. “La involucración del cortexprefrontal humano es necesaria para un número de actos cognitivos sofisticados que implican el auto-reconocimiento y la autoevaluación” (Kircher y David, 2003).

El adolescente busca desarrollar la “personal agency”, el sentimiento de que es actor, agente, diseñador de su acción. La percepción de la “autoeficacia” en la adolescencia es importante porque “empodera a los estudiantes para llegar a ser aprendices independientes y auto-dirigidos (Zimmerman y Cleary, 2006). Este aspecto está también contemplado en el Nuevo Paradigma de la Adolescencia. En ciencias sociales la “agency” hace referencia a la capacidad del individuo para actuar independientemente y hacer sus propias elecciones libremente. En psicología este concepto se solapa con el de lugar de control, y con la autoeficacia. En su libro “The Nature of Adolescence” (2010), John Coleman, de la Universidad de Oxford, defiende la idea de que los adolescentes construyen su propia adolescencia, y que el modelo actual ha de basarse en la “agencialidad”. Judith Smetana mantiene ideas parecidas en su libro “How teens construct their worlds” (2010). Una buena metáfora para describir la adolescencia es la navegación. El adolescente debe ser visto como navegando a través de la transición entre la educación y el trabajo, del hogar a la independencia” (Furlong, 2009; Lerner et al., 2011).

Durante mucho tiempo se ha sabido que las áreas prefrontales -de las que depende las funciones ejecutivas- maduraban tardíamente, al final de la adolescencia, de donde se sacaba la conclusión de que antes de esa maduración no se podía exigir a los adolescentes una conducta responsable, porque carecían de las capacidades neurológicas para ejecutarlas. Hay razones para pensar que la maduración de esas zonas depende también de la experiencia, como sucede con otras. Goldberg, un neurólogo especializado en los sistemas ejecutivos, escribe: “Los científicos han sabido desde hace años que la estimulación sensorial temprana promueve el desarrollo visual en los lóbulos occipitales, y la privación sensorial en el comienzo de la vida retrasa su desarrollo. ¿Es posible que la estimulación social sea al desarrollo de la corteza frontal lo que la estimulación visual es al desarrollo de la corteza occipital? Aparte de eso, me gustaría ver tratada otra cuestión: ¿Existe una relación entre el orden ambiental (opuesto al ambiente caótico) y la maduración de los lóbulos frontales? Dado el papel de los lóbulos frontales en la organización temporal de la cognición, una exposición temprana a ambientes temporalmente ordenados puede mostrarse crucial para que se desarrolle este papel. Puede plantearse aún una pregunta más audaz. ¿Es posible que el desarrollo moral implique a la corteza frontal igual que el desarrollo visual implica a la corteza occipital y el lenguaje a la temporal?”(Goldberg, 2002). Creo que hay que contestar afirmativamente a estas tres preguntas. Con esta hipótesis hemos trabajado en los programas de la Universidad de Padres, que por eso ponen en práctica una teoría de la inteligencia que comienza en la neurología y termina en la ética.

Quedan muchos aspectos que exigen una investigación más profunda. El primero de ellos es la influencia que está teniendo en la configuración del cerebro adolescente el uso masivo de nuevas tecnologías. El segundo, la especial vulnerabilidad del cerebro adolescente, sobre todo antes de los 17 años, a las sustancias adictivas. Pero con lo que y sabemos podemos iniciar cambios en la educación de nuestros adolescentes. En la Universidad de Padres hemos comenzado un programa

que denominamos “Club del talento Teen’s”, dedicado a ayudar a los adolescentes a desarrollar su propio talento. Talento adolescente es la capacidad de realizar eficientemente las tareas evolutivas. Como he señalado antes, la adolescencia es la época de la apropiación y desarrollo consciente de posibilidades. Freud identificó la infancia como la edad del deseo, de la que había que salir para someterse a la realidad, que, como para Quevedo, era para él “mucha y mala”. Los datos nos permiten afirmar que hay una fase intermedia: la edad de la posibilidad, entendiendo esta palabra como aumento de poder, y rechazo del determinismo. Todas las características de la adolescencia van en ese sentido, como hemos visto. A efectos educativos hemos dividido esa década en tres etapas: emergencia, construcción del carácter, proyecto personal. La hacemos coincidir con los 10-13 años, 13-17 y 17-20. El dinamismo común a todas ellas es la búsqueda de mayor autonomía. Lo principal es que aprendan a regular su propio aprendizaje (Smith et al., 2007). El programa que iniciamos incluye una información sobre el funcionamiento del cerebro, sobre la identificación de las fortalezas, sobre el aumento de las funciones ejecutivas y el proceso de autonomía. Pretendemos que los propios adolescentes se encuentren en un mundo virtual hecho por ellos, en el que encuentren forma de progresar en sus aficiones, y de estar en contacto con adultos. Es el Club de la posibilidad. Los seniors podrían ayudar a los más jóvenes. En la Cátedra “Funciones ejecutivas y educación” que dirijo en la Universidad Nebrija, estamos investigando los fundamentos científicos para elaborar una pedagogía de las funciones ejecutivas en la infancia y la adolescencia. Ante nosotros se abre un futuro educativamente muy prometedor si sabemos aprovechar lo que la neurociencia nos enseña.

Bibliografía

- Anderson, V. A et al. (2001)** “Development of Executive Functions through late childhood and adolescence in an Australian sample”. *Developmental Neuropsychology*, 20 (1), 385-406.
- Bengtsson, S. et al (2005)**. “Extensive piano practicing has regionally specific effects on white matter development”. *Nature Neuroscience* 8(9), 1148-1150.
- Bernstein, J. H y Waber, D. P (2007)**. “Executive Capacities from a Developmental Perspective”. En “Executive Functions in Education”, Lynn Meltzer (Ed). Nueva York: The Guilford Press.
- Booth, A., Johnson, D.R., Granger, D.A., Crouter, A.C. y McHale, S. (2003)** “Testosterone and child and adolescent adjustment: The moderating role of parent-child relationship” *Developmental Psychology*, 39 (1) 85-95
- Blakemore, S.J y Frith, U. (2007)** *Las claves de la educación*. Barcelona: Ariel.
- Blakemore, S.J, y Chourdy, S. (2006)** “Development of the Adolescent brain: implications for executive function and social cognition”. *Journal of child Psychology and Psychiatry*, 47 (3-4), 296-312
- Blakemore, S-J (2008)** “The Social Brain in adolescence”, *Nature*, 9, 267
- Blakemore, Sara-Jaynes (2014)** “The enigma of the teen brain”. *Time Education Supplement* 233-5-2014
- Bredy, T. W et al (2004)** “Peripubertal environmental enrichment reverses the effects of maternal care on hippocampal development and glutamate receptor subunit expression”. *European Journal of Neuroscience* 20 (5), 1355-1362

- Brooks-Gunn, J., Gruber, J.A., y Paikoff, R.L. (1994)** "Studying links between hormones and negative affect: Models and measures". *Journal of Research on Adolescence*, 4, 469-486
- Bruer, John. T. (2002)** *El mito de los tres primeros años*. Barcelona: Paidós
- Bunge, S.A. & Wright, S.B. (2007)** "Neurodevelopmental changes in working memory and cognitive control" *Current Opinion in Neurobiology*, 17, 243-250
- Cain, M.E et al., (2006)** "Environmental enrichment decreases responding for visual novelty". *Behavioral Processes*, 73 (3), 360-366
- Casey, B. J et al., (1997)** "A developmental functional MRI study of prefrontal activation during performance of a go-no-go task". *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9(6), 835-847
- Chambers, R.A., Taylor, J.R., y Potenza, M.N. (2003)** "Development neurocircuitry of motivation in adolescence. A critical period of addiction vulnerability" *American Journal of Psychiatry*, 160 (6) 1041- 1952
- Choi, J., Jeong, B., Rohan, M.L., Polcari, A.M., &Teicher, M.H. (2009)**. "Preliminary evidence for White matter tract abnormalities in Young adults exposed to parental abuse" *Biological Psychiatry*, 65(3), 227- 234.
- Coleman, J. (2010)** *The Nature of Adolescence*. Londres:Rutledge
Cozolino, L. (2006) *The Neuroscience of Human Relationship*. Nueva York: Norton
- Coyle, D. (2009)**. *The talent code, Greatness isn't born. It's grown. Here's how*. Nueva York: Bantan Books
Csikszentmihalyi, M y Larson, R. (1978) "Intrinsic rewards in school crime". *Crime and Delinquency*, 24, 322-335
- De Bellis, M.D., Clek, D.B., Beers, S.R., Soloff, P.H., Boring, A.M., Hall, J. (2000)** "Hippocampal volumen in adolescent-onset alcohol use disorders" *American Journal of Psychiatry*, 157(5), 734-744
- De Bellis, M. D et al., (2008)**. "Diffusion tensor measures of the corpus callosum in adolescents with adolescent onset alcohol use disorders". *Alcoholism: Clinical and experimental research*, 32 (3), 395-404
- De Felipe, J. et al., (1997)** "Inhibitory synaptogenesis in mouse somatosensory cortex". *Cerebral Cortex*, 7, 619-634
- Doidge, Norman (2008)**. *El cerebro que se cambia a sí mismo*. Madrid: Aguilar
- Douglas, L.A., Varlinskaya, E.I., Spear, L. (2003)** "Novel object place conditioning in adolescent and adult male and female rats: Effects of social isolation" *Physiology and Behavior*, 80, 317-325
- Feinstein, S.G. (2009)** *Secrets of the Teenage Brain*. Thousand Oaks, CA: Cowin
- Fields, R. (2005)** "Myelination: An overlooked mechanism of synaptic plasticity" *The Neuroscientist*, 11(6) 528-530
- Fize, M. (2009)** *Antimanuel d'adolescence*. Quebec:Les editions de l'homme
- Furlong, A. (2009)** *Handbook of youth and Young adulthood*. Londres: Routledge
- Giedd, J. N. et al., (1999)** "Brain development during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study". *Nature Neuroscience*, 2 (10), 861-863
- Giménez, M., Vázquez, C. Hervás, G. (2010)** "El análisis de las fortalezas psicológicas en la adolescencia: Mas allá de los modelos de vulnerabilidad", *Psychology, Society, & Education* 2(2), 97-116
- Goldberg , Elkhonon (2002)** *El Cerebro Ejecutivo*. Barcelona: Critica

- González Burgos, G. et al., (2008)** "Functional maturation of excitatory sinapses in layer 3 pyramidal neurons during postnatal development of the primate prefrontal cortex". *Cerebral Cortex*, 18 (3)626-637
- Goodyer, J.M., Herbert, J. y Tamplin, A. (2003)** "Psychoendocrine antecedents of persistent first-episode major depression in adolescence: A community based longitudinal inquiry" *Psychological Medicine*, 33(4), 601-610
- Hawkins, J. (2004)** *On Intelligence*. Nueva York:Holt He, J. y Crews, F.T. (2007) "Neurogenesis decreases during brain maturation from adolescence to adulthood" *Pharmacology, Biochemistry, and Behavior*, 86, 327-333.
- Huttenlocher, P.R. y Dabholkar, A.S. (1997)** "Regional differences in synaptogenesis in human cortex". *Journal of ComparativeNeurology*, 387, 168-178
- Inuggi, A., Sanz-Arigita, E., González-Salinas, C. ,Valero-García, A.V., García-Santos J.M., y Fuentes, L. (2014).** "Brain functional connectivity changes in children that differ in impulsivity temperamental trait". *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 8(156) PÁGINA?
- Jensen, E. (2006)** *Enriching the Brain*. San Francisco: Wiley
- Johnson, M.H. (2001)** "Functional brain development in humans" *Neuroscience* 2(7) 475-483
- Johnson, M.H. y Munakata, Y. (2005)** "Processes of change in brain and cognitive development" *Trends in Cognitive Sciences*, 9(3) 152-158.
- Kagan, J. (2000).** *Tres ideas seductoras*. Barcelona: Paidós
- Kandel, E.R. (1998)** "A new intelectual framework for psychiatry", *American Journal of Psychiatry*, 155, 457-469
- Karmiloff-Smith, A. (1998).** "Is atypical development necessarily a window on the normal mind/brain?: The case of William syndrome" *Developmental Science*, 1(2) 273-277
- Kendler, K. & Prescott, C. (2006)** *Genes, environment, and psychopathology*. Nueva York:Guilford
- Keshavan, M-S-, Diwackar, V.A., De Bellis, M., Dick, E., Kotwal , R., Rosenberg, D.R. (2002)** "Development of the corpus callosum in childhood, adolescence and early adulthood" *Life Sciences*, 70 (16) 1909-1922
- Kircher, T y David,A. (2003)** *The Self in Neuroscience and Psychiatry*. Cambridge: Cambridge University Press
- Kochanska, G, Murray, K.T. y Harlan, E.T. (2000)** "Effortful control in early childhood: continuity and change, antecedents, and implications for social development" *Development Psychology*, 36 (2) 220-232
- Laviola, G. et al., (2004)** "Beneficial effects of enriched environment on adolescent rats form stressed pregnancies". *European Journal of Neuroscience*, 20 (6), 1655-1664
- Lemaire, V.Koehl, M., Le Moal, M. y Abrous, S.N. (2000)** "Prenatal stress produces learning deficits associated with an inhibition of neurogenesis in hippocampus" *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97 (20) 11032-11037
- Lenrood, R.K. et al., (2007)** "Sexual dimorphism of brain developmental trajectories during childhood and adolescence" *Neuroimage*, 36(4) 1065-1073
- Lerner,R. et al., (2011)** "Thriving in Childhood and Adolescence: The role of Self-regulatory Processes". *New Directions for Child and Adolescent Development*, 133
- Luna et al., (2004a).** "Maturation of cognitive processes from late childhood to adulthood".*Child Development*, 75 (5), 1357-72

- Luna et al., (2004b)** "The emergence of collaborative brain function" *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1021, 296-309
- McGee, A. W et al., (2005)** "Experience-driven plasticity of visual cortex limited by myelin and nogo preceptor". *Science*, 309, 2222- 2226
- Markham, J y Greenough, W. T (2004)**. "Experience-driven brain plasticity: beyond the synapse". *Neuron Glia Biology*, 1, 351-363
- Meng, X. y D'Arcy. C. (2012)** "Education and dementia in the Context of the Cognitive Reserve Hypothesis" *PLoS ONE*, 7(6)
- Nelson, E.E. et al., (2005)** "The social orientation of adolescence. A neuroscience perspective on the process and its relations to psychopathology" *Psychological Medicine*, 35, 163-174
- Olesen, P.J. et al., (2003)** "Combined analysis of DTI and fMRI data reveals a joint maturation of White and grey matter in fronto-parietal network" *Cognition Brain research*, 18(1) 48-57
- Pama, E. A. C. (2010)**. "Decision making during the Tweeds Fase: To what extent does this educational method fit into the cognitive abilities of a child in the modern society?" *Social Cosmos*,1.
- Puckett, M., Marshall, C. y Davis (1999)** "Examining the emergence of brain development research: The promises and the perils". *ChildhoodEducation*, 76 (1), 8-12
- Rich Harris, J. (1999)**. *El mito de la educación*. Barcelona: Grijalbo
- Schmithorst et al., (2005)**. "Cognitive functions correlate with White matter architecture in a normal pediatric population: a diffusion tensor MR imaging study". *Human Brain Mapping*, 26 (2), 139-147
- Sethi, E.A., Mischel, W., et al., (2000)** "The role of strategic attention deployment in development of self-regulation: Predicting preschooler' delay of gratification from mother-toddler interactions" *Developmental Psychology*, 36 (69) 767-777
- Silberesein, R.K. y Reitzle, M. (1992)** "On the constructive role of problem behavior in adolescence: Further evidence on alcohol use". En: L.P. Lipsitt y L.L.Mitnick (eds.) "Self-regulatory behavior and risk taking: Causes and consequences". Norwood, NJ: Ablex
- Smetana, J.G. (2010)**. *Adolescents, Families, and Social Development: How Teens Construct Their Worlds*. Hoboken, Nueva Jersey: Wiley- Blackwell
- Smith Harvey, V. y Chickie-Wolfe, L. (2007)** *Fostering Independent Learning*. Nueva York: Guilford Press
- Spear, L. (2010)** *The Behavioral Neuroscience of Adolescence*. Nueva York: Norton
- Sroufe, L. A. et al., (2009)** *The Development of the person. The Minnesota Study of Risk and adaptation from birth to adulthood*. Nueva York: The Guilford Press
- Steinberg, L. (2005)**. *Cognitive and affective development in adolescence*. *Trends in cognitive Science ¿ Es una revista, un capítulo?*
- Tamm et al., (2002)**. "Maturation of brain function associated with response inhibition". *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 41 (10), 1231-1238
- Teicher, M.H., Dumont, N.L. et al., (2004)** "Childhood neglect is associated with reduced corpus callosum area" *Biological Psychiatry*, 56, 80-85

Thompson et al., (2000) "Growth pattern in the developing brain detected by using continuum mechanical tensor maps" *Nature*, 4040 (6774) 190-193.

Twiggs, D.G et al., (1978). "Medical preoptic lesions and male behavior: Age and environmental interactions". *Science*, 200, 1414- 1415

Wilson, D. & Daly, M. (1985) "Lethal confrontational violence among young men". En: N.J,Bell y R.W. Bell (eds.) "Adolescent risk taking". Newbury Park: Dage

Woolfolk , A. (2006) *Educational Psychology* Needeham Heights, MA: Ally & Bacon Zehr, J.L., Todd,BJ. et al., (2006) "Dendritic pruning of the medial amigdala during pubertal development of the male Syrian hamster". *Journal of Neurobiology*, 66, 578-590

Zimmerman, B.J. y Cleary, T.J. (2006) "Adolescent's development of personal agency. The role of Self-Efficacy Beliefs and Self-Regulatory Skill".En F. Pajares y T. Urban (Eds) *Self-Efficacy beliefs of adolescents*. Greenwich, CT: Information Age

Zuo, Y. et al., (2005) "Development of longterm dendritic spine stability in diverse regions of cerebral cortex" *Neuron*, 46, 181-189.