

Neurociencias de la Educación para la Educación Superior en Ciencias de la Salud.

Educational Neurosciences for Higher Education in Health Sciences

Ricardo S. Puebla Wuth
Universidad de Chile, Chile

Resumen

Las Neurociencias de la Educación se reconocen como una subespecialidad de las neurociencias cognitivas, que rescatan como aporte a la Educación el relevar el papel de la individualidad como factor determinante del aprender. Los aprendizajes, se dan en virtud de cambios neuroplásticos que ocurren durante toda la vida en las personas, y estos cambios son distintos de aquellos que se dan en los individuos debido al desarrollo. Los hallazgos más actuales, están posibilitando el entender el valor de la dinámica de los procesos de aprendizaje actuales en la Educación en Ciencias de la Salud; y, para la formación de futuros profesionales en general. Por último, se sostiene que el conocer y fomentar las Neurociencias de la Educación dentro de los procesos de formación docente de Educación Superior posibilitaría, –en especial en la Educación Médica–, apoyar la investigación que permita descubrir con mayor pertinencia futuros hallazgos de los mecanismos psicobiológicos que permiten a cada persona el aprender en la medida de su propia individualidad.

Palabras clave: Neurociencias de la Educación; Aprendizaje; Educación Superior.

Abstract

The Educational Neuroscience is recognized as a part of cognitive neuroscience that contribute to Education, relieving the role of individuality as a determinant learning factor. The learning is given under neuroplastic changes that occur throughout the life in humans, and these changes are different from those which occur in individuals due to development. The current findings are enabling the value's understanding of dynamic current learning processes in Health Sciences Education; and for the future professionals' training in general. Finally, it is argued that knowing and fostering Educational Neuroscience within the lecturer training processes would –specially in Higher Education– support research to find more future relevant findings of psychobiological mechanisms that allow each person to learn in the extent of his/her own individuality.

Key words: Educational Neurosciences; Learning; Higher Education.

Tal y como se presenta ya en los países con más desarrollo, las Neurociencias de la Educación se están transformando en un tema de la mayor importancia en Educación y Neurociencias (The Royal Society, 2011; Campbell R., 2011; Fisher, 2009; Goswami, Principles of Learning, Implications for Teaching: Cognitive Neuroscience Perspective, 2008; Stern, Grabner, Schumacher, Neuper, & Saalbach, 2006). Los descubrimientos que las disciplinas neurocientíficas han hecho estos últimos 30 años a favor de la comprensión de los procesos Psicobiológicos que posibilitan el aprender, han puesto de manifiesto que para entender realmente como ocurren los aprendizajes- y, como elaborar con más pertinencia las estrategias de enseñanza que permiten que estos ocurran- es necesario, complementar debidamente lo que ya se conoce desde la Educación propiamente tal, con lo desarrollado por otras disciplinas de estudio del comportamiento humano y la investigación neurocientífica (Meltzoff, Kuhl, Movellan, & Sejnowsky, 2009; OECD/CERI, 2008; Ansari, Coch, & De Smedt, 2011; Carew & Magsamen, 2010). Así lo han manifestado, igualmente, importantes especialistas que se dedican a la enseñanza de las Ciencias de la Salud quienes, buscando permanentemente la aplicación de lo que se aprende a situaciones que tienen que ver con el despliegue del futuro profesional o especialista a su campo de acción laboral, han declarado la intención de recurrir a las explicaciones de la Neurobiología del Aprendizaje para potenciar el desarrollo de estrategias educativas efectivas en la enseñanza de las profesiones clínicas en salud (Friedlander, y otros, 2011).

De manera genérica, los especialistas en Educación señalan que las habilidades que se demandan para aprender en el siglo XXI tienen más que ver con el uso dado al conocimiento de manera individual y colectiva, aprendiendo significativamente, que con tan solo poseer habilidades para adquirir este conocimiento como información, y que estas habilidades deben conservarse durante toda la vida de las personas (Can Sahin, 2009). De igual manera, las neurociencias- rescatando la importancia de la individualidad en el aprendizaje humano- han demostrado que en las personas el aprendizaje es un continuo que ocurre a lo largo de todo el ciclo de vida; y, aunque el mayor potencial de desarrollo sensoriomotor, lingüístico y cognitivo se da entre la niñez temprana y la infancia (Ormrod, 2005; Casey, Tottenham, Liston, & Durston, 2005; Munakata, Casey, & Diamond, 2004; Lally, 2012) varias de las capacidades referidas por los entendidos en Educación a ser desarrolladas como necesarias para un buen desempeño del individuo en este nuevo marco sociocultural¹ se desarrollan mayormente a partir de la pubertad, durante la adolescencia y en la adultez temprana. Es decir, la época de los estudios secundarios y superiores; y, pueden continuar desarrollándose durante gran parte de la vida si se establecen las condiciones para que esto ocurra (Blakemore & Choudhury, 2006; Blakemore, 2008; Klinberg, 2010; Driemeyer, Boyke, Gaser, Büchel, & May, Changes in Gray Matter Induced by

¹Léase: habilidades para proyectar el proceder y planificar metas intermedias mientras se mantiene en la conciencia un objetivo final desarrollando las tareas para que este se logre, habilidades para establecer relaciones interpersonales eficientes en el trabajo en equipo, autorregulación del propio proceder en beneficio personal y de un equipo de trabajo, habilidades para interpretar hechos tomando en consideración lo contingente y considerando múltiples variables, capacidad de resistir la adversidad y proyectar nuevas estrategias para obtener resultados exitosos.

Learning—Revisited, 2008; Luna & Sweeney, 2004; Casey, Tottenham, Liston, & Durston, 2005). ¿De que manera, entonces, las neurociencias pueden aportar significativamente a la comprensión y al tratamiento de los procesos de enseñanza y aprendizaje que deben ser utilizados por quienes enseñan en la Educación Superior y al aprendizaje para toda la vida?; ¿Qué de las Neurociencias de la Educación debieran poder conocer y manejar, aquellos y aquellas que se dedican a la formación de personas durante las etapas de la vida que superan la infancia y la pubertad?

Convengamos, en primer lugar, que esta nueva disciplina ya se encuentra establecida y se le reconoce mayormente como una subespecialidad aplicada de las neurociencias cognitivas (Campbell R., 2011), que aún continúa estableciendo las dimensiones de su propio espacio de pertenencia investigativa, diseñando continuamente una epistemología más sólida en virtud de diseños metodológicos que vayan de lo multidisciplinario a lo transdisciplinario necesarios para responder las preguntas que le interesa contestar. La demanda, no es propiamente el buscar como las funciones cerebrales contribuyen al aprendizaje, lo que -aunque lo necesite como aporte-, es propio de las neurociencias cognitivas nada más; sino, ahondar en determinar los aspectos que permiten la ocurrencia del aprender en virtud del procesamiento cerebral (o neurocognitivo) que presenta la persona en la normalidad del aprender y en situaciones de aprendizaje más naturales; e, indagar como es que los aprendizajes transforman o adecúan las funciones cerebrales, neurocognitivas y socio-emocionales, en la persona que aprende y sus consecuencias estructurales y funcionales *a posteriori* (parte del verdadero aprendizaje para los neurocientíficos y científicos cognitivos) (Fisher, 2009; Goswami, 2008). Esta especialidad neurocognitiva, quiere reconocer y atender el fenómeno del enseñar- aprender en su dimensión más dinámica: cuando este se encuentra ocurriendo. En este aspecto, las neurociencias de la educación requieren de un diálogo con constructos quizás nuevos manejados más propiamente por educadores y científicos cognitivos, que muestren y colaboren experimentalmente con modelos de investigación más ecológicos o naturales (*in situ*), más situados y corporeizados para explicar como es que el aprendizaje ocurre en las personas (Campbell R., 2011; Goswami, 2006; Puebla & Talma, 2011; Hruby, 2012).

Sin embargo, las neurociencias tienen ya hechos importantes que referirnos los que deben ser tomados en su real contexto sin sobredimensionar la intención con que se encontraron estos hallazgos, y tampoco pretender explicarlo o justificarlo todo con ellos. Esto es importante porque, aunque se sabe que existe un gran interés público en torno a la neurociencia, se sabe- igualmente- que la difusión especializada de alta calidad en esta temática es escasa referida a Educación. Se tiende a adquirir como propios del ámbito educativo, muchos “métodos de enseñanza basados en el cerebro” y muchas explicaciones poco sólidas respecto al como aprendemos. Explicaciones, de las cuáles no tenemos una base científica sólida en la que apoyarnos. Es necesario puntualizar aquí, que este artículo quiere apoyar la desmitificación de las neurociencias como una ciencia básica garante de aplicaciones prácticas poco confiables y válidas, que se erigen como mitos y que presentan hallazgos y verificaciones sin el peso suficiente como para ser admitidos en la comunidad científica. Estos “Neuromitos”, utilizan una base de explicación neurocientífica o psicobiológica para postular aplicaciones a la enseñanza y formas de ver el aprendizaje que carecen del rigor científico suficiente y necesario, como para suscribirse a ellos

sin más y, de los cuales, solo vale la recomendación de: al conocerlos, no considerarlos (The Royal Society, 2011; OECD/CERI, 2008; Goswami, 2006; Geake, 2008).

El emergente campo de las Neurociencias y la Educación ha resaltado para la Educación nuevamente, el hecho de que los resultados del aprendizaje en las personas no solo están

determinados por el ambiente y la cultura (The Royal Society, 2011; Campbell R., 2011; McLeod, 2007). Los factores biológicos- influidos o no por las presiones medioambientales-, juegan un papel importante en las diferencias individuales del aprendizaje formal e informal; tanto, en aquellas características de la personalidad que predisponen al aprender (Canli, 2006; Bartels, y otros, 2012; Abe, 2005; Eaves, y otros, 1999), como en las habilidades mismas requeridas para llevar a cabo los aprendizajes (Bouchard & McGue, 2003; Lykken, 2006). Ha revelado evidencias propias del manejo neurocognitivo, que la misma Educación no puede dejar de lado para entender de manera más apropiada como ocurre el aprendizaje en las personas; y, ha demostrado, que pueden encontrarse explicaciones para intentar potenciar las formas de enseñar que provoquen que el aprendizaje sea significativo desde una mirada neuroeducativa y psicobiológica (Carew & Magsamen, 2010; Goswami, 2008; OECD/CERI, 2008; Puebla & Talma, 2011).

Encontrar los fundamentos biopsicológicos del Aprendizaje.

La investigación neurocientífica sugiere que el cerebro es plástico, maleable y sujeto a constantes cambios sin importar en que momento o etapa de la vida nos encontremos; y, aunque se reconoce que los cambios estructurales más espectaculares ocurren en las primeras etapas del ciclo de vida de las personas, es, en esta característica dinámica de cambio excesivamente desarrollada en los seres humanos durante todo su ciclo de vida, que se encuentra la clave del aprendizaje (Casey, Tottenham, Liston, & Durston, 2005).

El cerebro cambia constantemente como resultado de la vivencia de “ser” en el mundo, y permanece “plástico” durante toda la vida de las personas.

El tan solo moverse, caminar, dormir, hablar, observar, convivir con otros, pensarnos a nosotros mismos, atender al entorno y a nuestras propias sensaciones provoca que las neuronas cerebrales se activen y establezcan interacciones de señales entre ellas (sinapsis), posibilitando la experiencia de connotar como semejante o diferente la vivencia experimentada a cada instante durante el vivir transcurrido. La expresión *plasticidad neuronal o neuroplasticidad* es el mecanismo biológico que se utiliza en el cerebro para sustentar la adaptabilidad, y se aplica propiamente a cambios de tipo estructural que tienen ocurrencia en el sistema nervioso y que pueden ir desde lo molecular hasta lo estructural propiamente como tal (Kandel, 2000; Bibb, Mayford, Tsien, & Alberini, 2010); y, es, a estas adecuaciones a las que comúnmente se infiere la emergencia de un cambio funcional –cuando se observa su concurrencia en el propio sistema y en el comportamiento del individuo-, lo que se da como consecuencia de procesos de activación epigenéticos tales y como pueden ser un entrenamiento cognitivo, un tipo de aprendizaje sensoriomotor, una experiencia socio- emocional,

una inducción farmacológica o toxicológica (Draganski, Gaser, Busch, Schuierer, Bogdahn, & May, 2004; Münte, Altenmüller, & Jäncke, 2002; D'Sa & Duman, 2002; Driemeyer, Boyke, Gaser, Büchel, & May, Changes in Gray Matter Induced by Learning—Revisited, 2008; Kalivas & O'Brien, 2008; Boudreau, Farina, & Falla, 2010; Lövdén, Bäckman, Linderberger, Schaefer, & Schmiedek, 2010; Hänggi, Koenke, Bezzola, & Jäncke, 2010; Woollett, Spiers, & Maguire, 2009). Aprender, es la capacidad permanente de adecuación vivencial que tienen los seres vivos a su medio, y en los seres humanos es mayúscula y ocurre en virtud de una grancapacidad “neuroplástica” de acomodación sináptica entre neuronas. Una plasticidad, dependiente de la experiencia y “manejada” por la impronta genética del individuo cualquiera que esta sea (Lövdén, Bäckman, Linderberger, Schaefer, & Schmiedek, 2010; Jolles & Crone, 2012).

La capacidad neuroplástica cerebral que permite el Aprendizaje en las personas, no se agota a tempranas edades.

Más arriba se ha señalado que –aunque conservamos las capacidades para aprender a lo largo de la mayor parte de nuestro ciclo de vida- probablemente la mayor capacidad plástica cerebral para muchos de los procesos que posibilitan el aprendizaje de la educación formal que conocemos, se ha encapsulado en la literatura durante la época en que somos infantes o niños. Sin embargo, nuevos hallazgos en este sentido tienden a señalar que aunque ciertamente es posible encontrar en el cerebro períodos sensibles de mayor capacidad neuroplástica, asociados a períodos más intensivos de desarrollo de habilidades y aprendizajes en infantes y niños, la base psicobiológica del aprender para las personas se extiende largamente hasta la adolescencia y la adultez temprana, y permanece incluso durante toda la vida tendiendo a decrecer principalmente con el cese de la acción voluntaria del querer aprender (Thompson, Giedd, Woods, & MacDonald, 2000; Thomas & Knowland, 2009; Uylings, 2006; Knudsen, 2004). Así, es conveniente reconocer -como expresan Lövdén et al. (2010)- que hay aprendizajes que serán más fáciles o convenientes de desarrollar durante la infancia o la niñez, pero es posible continuar aprendiendo o reforzar lo ya aprendido cuando se llega a la adolescencia o a la adultez temprana. Por ejemplo, de manera evidente la investigación ha demostrado que la plasticidad neuronal tiende a decrecer -pero, no se agota- cuando consideramos el aprendizaje de un segundo lenguaje en cuanto al dominio de la pronunciación correcta de los fonemas y al aprendizaje de la estructura gramatical, aspectos que tienen un mejor desempeño cuando son enseñados en la primera y segunda infancia que cuando se aprenden en edades posteriores a la pubertad (Hernández & Li, 2007); sin embargo, la posible limitación en la adquisición de las habilidades para la estructura sintáctico-fonética del lenguaje no afecta la capacidad de advertir (y percibir) una correcta utilización de esta segunda lengua a edades juveniles posteriores, al menos (Pakulak & Neville, 2010).

Del mismo modo, existen evidencias destacadas de que los cambios dinámicos en la conectividad neuronal cerebral continúan experimentándose en las personas largamente durante la vida de estas en áreas cerebrales que se corresponden con aprendizajes de tipo declarativo de orden espacial, de tipo sensoriomotor y de procesamiento musical. Así, cambios progresivos en la densidad de la materia gris de

las regiones hipocámpicas cerebrales, han sido reportadas en conductores de taxi de la ciudad de Londres- Inglaterra- a quienes les toma años de entrenamiento aprender a ubicarse espacialmente en una de las ciudades de trazado urbano más complejo reconocido en el mundo Occidental (Woollett, Spiers, & Maguire, 2009). Otros estudios, han identificado cambios significativos en la materia gris y blanca del cerebro de bailarinas de ballet profesionales (Hänggi, Susan, Bezzola, & Jäncke, 2010) y golfistas profesionales (Jäncke, Koeneke, Hoppe, Rominger, & Hänggi, 2009) en los que se ha encontrado correspondencia de aprendizajes de destrezas motoras con cambios neuroplásticos corticales localizados. En el estudio de la neurocognición musical, se ha encontrado que hay cambios sinápticos funcionales en el cerebro de los músicos (Lutz, 2009) que pueden ser asociados a capacidades desarrolladas en estos mayormente que en el común de las personas. Es más, nuevos hallazgos han podido identificar diferencias en el aprendizaje de la música referidos a plasticidad neuronal e inducida por esta, y cambios en la apreciación musical que es más propia de la maduración neuronal que ocurre normalmente en las personas (Ellis, Norton, Overy, Winner, Alsop, & Schlaug, 2012), estableciendo diferencias entre el aprendizaje propiamente tal y el aumento de las capacidades para distinguir el mundo que son más propias del desarrollo de las personas como tal.

Lo señalado aquí, brevemente, revela que es posible considerar que *la capacidad neuroplástica cerebral en las personas no se agota a tempranas edades de la vida humana*; aunque, no podemos desconocer que existen evidencias de que la neuroplasticidad tiene límites y el aprendizaje se va reduciendo con la edad. Esto último, lo demuestran hechos tales como el que la mitad de los postulantes a ser conductores de taxi en Londres no califica en los exámenes a los que son sometidos por no poder aprender a ubicarse en la ciudad, o, el que la capacidad de recuperación de las personas que han sufrido accidentes o lesiones cerebrales, presenta una rehabilitación funcional cognitiva relativa, dependiente del área o áreas cerebrales dañadas y la edad cronológica del paciente, y no debido totalmente al tipo de rehabilitación a la que se somete a las personas (Corrigan & Yudofsky, 1996; Gluck, Mercado, & Myers, 2009; Parkin, 1992). Igualmente, es importante señalar que la neuroplasticidad es un proceso funcional que actúa como una espada con doble filo, potenciando el aprendizaje o permitiendo el olvido; ya que, se sabe que algunas habilidades aprendidas en cualquier tiempo de la vida tienden a revertirse en términos de logro de resultados cuando la práctica de la habilidad adquirida cesa en los individuos de manera correspondiente con la pérdida de relaciones circuitales-sinápticas en los centros de procesamiento neuronales (Woollett, Spiers, & Maguire, 2009; Brehmer, Westerberg, & Bäckman, 2012), *“lo que no se usa, degenera y termina perdiéndose”* dice el viejo dicho, y hoy tenemos una base neurocientífica para reafirmarlo.

Los determinantes psicobiológicos del Aprendizaje significativo en la adolescencia y la adultez. Implicancias para la educación superior.

Para la Educación Superior y la enseñanza de las Ciencias de la Salud, que promueven hoy un aprendizaje significativo más cooperativo y situado, ha sido muy importante el descubrir que en etapas posteriores a la infancia y a la pubertad las áreas cerebrales que se encuentran en la región Prefrontal cortical del cerebro: *corteza prefrontal medial, las zonas orbitofrontales y el sulco temporal superior*, presentan mayor capacidad de cambio neuroplástico que otras áreas corticales. Estas áreas Prefrontales de la corteza apoyan –entre otras- a las denominadas Funciones Ejecutivas (FE), procesos esenciales para adaptarnos con éxito como individuos a las nuevas y diversas facetas que cumplimos en la vida de todos los días. Aunque hay diferentes definiciones y adecuaciones al término, las FE participan esencialmente en el control, la regulación y la planeación eficiente del comportamiento humano y permiten que los sujetos se involucren exitosamente en conductas independientes, productivas y útiles para sí mismos (Lezak, Howieson, & D.W., 2004). La mayoría de los especialistas, reconoce que no existe una función ejecutiva unitaria, las FE son procesos que convergen en un concepto general denominado funciones ejecutivas (Florez Lázaro & Ostrosky-Solis, 2008). Clásicamente, estas funciones son de dos grandes tipos: las que involucran mayormente las capacidades de organización cognitiva y el mantenimiento de una meta (la planeación, la flexibilidad mental, la memoria de trabajo y la fluidez); y, aquellas, que involucran el procesamiento de lo emocional y lo motivacional (el control conductual, la metacognición, la mentalización y la cognición social)². Estas funciones, como señalan J. Tirapu Ustárroz et al. (2012), “dependen de un sistema neuronal distribuido, en el cual la corteza Prefrontal desempeña un papel destacado” (Tirapu Ustárroz, García Molina, Luna Lario, Verdejo García, & Ríos-Lago, 2012); y, se reconoce hoy en día que estas áreas mantienen sus procesos de desarrollo durante la mayor parte de la adolescencia (Casey, Tottenham, Liston, & Durston, 2005). Así, capacidades tales como el aumento de la conciencia de sí mismo, el control del propio proceder, la toma de perspectiva frente a lo contingente o lo futuro próximo, la planificación de situaciones en pos de la consecución de una meta, la respuesta a emociones propias del yo -como son la culpa y la vergüenza-, y la capacidad de autoevaluación del desempeño propio y ajeno pueden potenciarse, o fomentarse adecuadamente, en etapas más tardías de aprendizajes formales que los que se dan en la niñez o la pubertad (Blakemore, 2007; Blakemore & Choudhury, 2006; Blakemore, 2008; Ernst & Mueller, 2008).

Recientes investigaciones, demuestran, por ejemplo, que es posible estimular con entrenamientos programados las capacidades de la *memoria de trabajo* tanto en jóvenes como en adultos mayores. Aunque, estos logros fueron mejores en los jóvenes, transfiriéndose mejor la capacidad de planificación ejecutiva a otras tareas y

²La metacognición, la mentalización, y la cognición social no son FE propiamente tales; son procesos psicológicos de mayor jerarquía cognitiva que se han promovido como procesos de apoyo a las FE, pero que involucran más el involucramiento de la perspectiva individual y colectiva en la toma de decisiones.

manteniéndose mayor tiempo el cambio en los jóvenes. Los experimentos demostraron que es posible entrenar esta FE a amplios rangos de edades, y que la plasticidad del control ejecutivo puede ser potenciada con un entrenamiento dirigido (Brehmer, Westerberg, & Bäckman, 2012; Zinke, Einert, Pfennig, & Kliegel, 2012).

De igual forma, la capacidad de autocontrol de las personas se potencia con el desarrollo, investigaciones muy actuales han demostrado que la inhibición de un comportamiento inadecuado por la propia persona habiendo desarrollado previamente una acción por la que fue recompensada se desarrolla lentamente durante la infancia, pero la capacidad de inhibición aumenta y se desarrolla notablemente durante la adolescencia (Blakemore & Choudhury, 2006). Eso se debe, muy probablemente, a un efecto más propio del desarrollo de la corteza Prefrontal que mantiene un desarrollo lento hasta llegada la adolescencia, para después continuar desarrollándose incluso hasta la época de la adultez temprana (Casey, Tottenham, Liston, & Durston, 2005; Luna & Sweeney, 2004).

Por otra parte, las investigaciones en el campo de los sistemas neuronales de recompensa y atención, que se ligan a áreas Prefrontales de corteza, han ido descubriendo causales neuroquímicas determinantes que apuntan a dilucidar situaciones tales como el por qué ciertos tipos de aprendizaje causan más satisfacción al ser aprendidos que otros; o, porque cambiamos nuestra atención hacia el aprender ante la expectativa de recibir una recompensa real, incierta (o virtual) como ocurre en el aprendizaje a través de las NuevasTecnologías de la Información y Comunicación (TICs); o, porque hay mayor satisfacción en escoger lo correcto aunque eso signifique no recibir algo material; o, porque buscamos la satisfacción del ganar algo que solo es meritorio u obtener como recompensa la sola satisfacción de un deber bien cumplido. Las investigaciones, han demostrado que las recompensas que se buscan no solo pueden estar en el medio externo; pero, son necesarias diferentes formas de provocar interacciones positivas con los estudiantes, para que estos mantengan la atención y la expectativa de conseguir logros con sus profesores y con su currículo de estudio. Las recompensas deben ser concretas (aunque esta solo sea un saludo de mano o una sonrisa por el deber cumplido), rápidas y oportunas; y, no pueden ser inciertas, tardías u olvidadas dado que esto último provoca una baja notable en el interés de los estudiantes y en su rendimiento (Taylor, Roehrig, Hensler, Connor, & Schatschneider, 2010; Howard-Jones, Demetriou, Bogacz, Yoo, & Leonards, 2011; Noonan, Kolling, Walton, & Rushworth, 2012; Bornstein & Daw, 2012). Este no es el caso de las tecnologías digitales, las que están siendo investigadas por la neurociencia por la facilidad como provocan aprendizajes y los mantienen. Lo que se postula es que la recompensa a lograr siempre está presente (incluso solo con las respuestas correctas entregadas oportunamente), y la oportunidad de equivocarse permite reparar el error inmediatamente sin apuntar a obtener un castigo por el error cometido, solo realizar la tarea nuevamente (Howard-Jones, Demetriou, Bogacz, Yoo, & Leonards, 2011). La aplicación de las Tics, tiene el potencial de crear mayores oportunidades de aprendizaje dentro y fuera de las salas de clase, y a través de toda la vida; lo que, genera una desafiante perspectiva de oportunidades y beneficios en cuanto a la enseñanza del propio bienestar, la salud, el empleo y la economía en nuestro mundo actual.

El manejo de la resiliencia es otra capacidad que podemos enseñar en etapas post- puberales. Se entiende por Resiliencia a la capacidad *adaptativa natural* que poseemos al estrés y a la adversidad. Tiene, por tanto, una base biológica puesto que es una capacidad natural que apoya la sobrevivencia y se ha determinado que utiliza circuitos neurales provenientes del sistema límbico y áreas cerebrales diversas entre las cuales la amígdala y la Corteza Prefrontal medial, que apoya la autorregulación del propio proceder, tienen mayor contribución (Feder, Nestler, & Charney, 2009; Elliot, Sahakian, & Charney, 2010). La resiliencia, puede aprenderse en cualquier etapa de la vida; sin embargo, el ser eficazmente resiliente puede aprenderse en mayor medida en etapas post-puberales con efectos duraderos que se mantienen hasta la vejez, lo que en términos educativos es muy importante para el mundo de hoy (Dishion & Connell, 2006).

Las diferencias individuales ante el aprendizaje, son un aspecto central en la investigación de las neurociencias de la educación, dado que el costo asociado a resolver la calidad de vida de quienes tienen dificultades para aprender y, que -por ende- terminan teniendo dificultades para vivir y convivir en un mundo cada vez más tecnologizado, dinámico, cambiante y heterogéneo es altísimo para las sociedades, por una parte; y, grandemente insatisfactorio para la calidad de vida individual de las personas por otra (Beddington, y otros, 2008). Pero, también es necesario investigar lo que ocurre -en términos de los procesos que realizan- las personas para las cuales el aprender no presenta dificultades ni limitaciones. Las investigaciones en personas exitosas demuestran, por ejemplo, que: la *repetición* sostenida de conceptos por aplicaciones continuas, la redundancia en las explicaciones y en ejemplos, los procesos de recuerdos continuos de hechos y eventos asociados a lo que debe ser aprendido, con nuevos matices a ser considerados, pero con las ideas centrales permanentes -es decir, la redundancia programada- provoca mejores aprendizajes, por una parte; y, por otra, a nivel cerebral se reconoce una progresiva disminución de zonas puntuales de corteza que se activan durante la operación solicitada (Hänggi, Koeneke, Bezzola, & Jäncke, 2010; Jäncke, Koeneke, Hoppe, Rominger, & Hänggi, 2009; Woollett, Spiers, & Maguire, 2009). Igualmente, lo que puede verse -cuando lo que debe ser aprendido no es solo la continua repetición de un concepto, sino la aplicación de este a un trabajo con una estrategia- es que se incorpora a la tarea, la *corteza cingulada anterior* lo que remite a pensar en un control cognitivo del proceso (Varma & Schwartz, 2008; Driemeyer, Boyke, Gaser, Büchel, & May, Changes in Gray Matter Induced by Learning-Revisited, 2008). En términos neurobiológicos para lo educativo, estamos señalando que la continua estimulación inducida por el ambiente, provoca el refuerzo de los circuitos sinápticos con los que, probablemente, la realidad construida está siendo analizada; y, que el control del proceso no está en el afuera necesariamente, sino propiamente en quien debe aprender a resolver lo solicitado. De la misma forma que el punto anterior, la *visualización* es una técnica recurrente por la cual en la enseñanza de la cirugía y en la competencia deportiva se producen cambios neuroplásticos en las vías talamocorticales de orden superior y en las representaciones internas cerebrales que ayudan a consolidar nuevos aprendizajes de tipo sensoriomotor, al menos (Friedlander, y otros, 2011).

Por último, pero no por esto menos importante, es la consideración que debe hacerse a la naturaleza psicobiológica del aprender. En este sentido, dos situaciones parecen pertinentes de resaltar. La primera tiene que ver con la consideración individual de la mantención de las capacidades psicofisiológicas que permiten a estudiantes y profesores realizar el proceso interactivo de la enseñanza y el aprendizaje. Un estado de salud físico corporal adecuado, con una adecuada regulación del sueño y la alimentación son trascendentales para una capacidad física y mental apropiada para llevar a cabo las funciones cognitivas que son mediadas por el cerebro en las personas. Igualmente, la privación de sueño, afecta notoriamente las capacidades de la memoria, el pensamiento y otras funciones mentales (Dang-Wu, Schabus, Dessellies, Sterpenich, Bonjean, & Marquet, 2010); mientras que, el ejercicio físico regular y consciente tiene conocidos efectos saludables sobre las capacidades de aprendizaje y trabajo en las personas (Bishop, Lu, & Yankner, 2010; Lövdén, Bäckman, Linderberger, Schaefer, & Schmiedek, 2010). La segunda, es la inducción farmacológica de estados psicofisiológicos para potenciar o provocar el aprender, que es algo recurrente ya en muchos estudiantes de educación superior. Ante esto, la pregunta es ¿Hasta donde es conveniente utilizar inductores para provocar, a veces de sobremanera, un proceso natural de convivencia entre el individuo y su medio, como es la adecuación que permite el fenómeno del Aprendizaje? Las respuestas que tendremos a la interrogante dada, deben llegar a presentarnos un panorama que no puede escapar a una consideración ética aceptable para el ser humano en cuanto a la seguridad personal, la calidad de la vida individual y colectiva, y lo que es moralmente aceptable para las sociedades actuales (Farah, y otros, 2004). Por parte Mientras tanto, reconocemos hoy en día que la Educación es la herramienta que tienen las sociedades para provocar el aprendizaje humano; y, para las neurociencias de la educación, esta sigue siendo el mayor recurso que poseemos para potenciar nuestras propias habilidades para el aprender (The Royal Society, 2011).

Los resultados de las investigaciones expuestas en este escrito, apoyan la idea de una planificación de la enseñanza basada en procesos de resolución de tareas múltiples con involucramiento activo de los estudiantes, con trabajo individual y en equipos cooperativos, donde el objetivo final que se persigue al solicitar poner en juego las capacidades y desarrollarlas es la permanente habilitación de los procesos que se llevan a cabo en las áreas del cerebro que presentan mayor capacidad de cambio en la adolescencia y la adultez. Sin embargo, es necesario que las neurociencias de la educación, en todas sus áreas, pero en la educación superior principalmente comiencen a trabajar más propiamente desde el fenómeno educativo en sí mismo, el que se produce en la dinámica de la enseñanza y el aprendizaje cuando esta relación se encuentra operando. Hay variadas investigaciones que plantean ya, la emergencia de procesos mentales ocurriendo cuando se establecen dinámicas de clase o sesiones de aprendizaje; y, se añaden a eso –hasta el momento- investigaciones más que nada descriptivas acerca de los fenómenos neurocognitivos que ocurren mientras los procesos mentales se levantan en las personas. La progresiva incorporación de las Neurociencias de la Educación a la Educación Superior y, en especial a la Educación Médica, debiera potenciar las interrogantes, las metodologías y los procesos para entrar a indagar en la dinámica de los procesos que permiten el aprender, por una parte, y, por otra, debiera resultar enormemente beneficiada la formación de profesionales de la salud si quienes se preocupan de su formación advierten mejor que otros, las determinantes psicobiológicas y los procesos cerebrales que posibilitan al Aprender.

Referencias bibliográficas

- Abe, J. A. (2005). The predictive validity of the Five-Factor Model of personality with preschool age children: A nine year follow-up study. *Journal of Research in Personality, 39*, 423– 442.
- Ansari, D., Coch, D., & De Smedt, B. (2011). Connecting Education and Cognitive neuroscience: Where will the journey take us? *Educational philosophy and Theory, 43*(1), 37-42.
- Bartels, M., Felice I. van Weegen, F. I., van Beijsterveldt, C. E., Carlier, M., Polderman, T. J., Hoekstra, R. A., et al. (2012). The five factor model of personality and intelligence: A twin study on the relationship between the two constructs. *Personality and Individual Differences*, doi:10.1016/j.paid.2012.02.007.
- Beddington, J., Cooper, C. L., Field, J., Goswami, U., Huppert, F. A., Jenkins, R., et al. (2008, Octubre). The mental wealth of nations. *Nature, 455*, 1057-1060.
- Bibb, J. A., Mayford, M. R., Tsien, J. Z., & Alberini, C. M. (2010, Noviembre 10). Cognitive Enhancement Strategies. *The Journal of Neuroscience, 30*(45), 14987-14992.
- Bishop, N. A., Lu, T., & Yankner, B. A. (2010, Marzo). Neural mechanisms of ageing and cognitive decline. *Nature, 464*, 529-535.
- Blakemore, S.-J. (2007, Octubre). The social brain of a teenager. *The Psychologist, 20*(10), 600- 602.
- Blakemore, S.-J. (2008). The social brain in adolescence. *Nature Reviews Neuroscience, 9*, 267- 277.
- Blakemore, S.-J., & Choudhury, S. (2006). Social cognitive development during adolescence. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 1*(3), 165-174.
- Bornstein, A. M., & Daw, N. D. (2012). Dissociating hippocampal and striatal contributions to sequential prediction learning. *European Journal of Neuroscience, 35*, 1011-1023.
- Bouchard, J. T., & McGue, M. (2003). Genetic and Environmental Influences on Human Psychological Differences. *Journal of Neurobiology, 54*(1), 4-45.
- Boudreau, S. A., Farina, D., & Falla, D. (2010). Masterclass The role of motor learning and neuroplasticity in designing rehabilitation approaches for musculoskeletal pain disorders. *Manual Therapy, 15*(5), 410-414.
- Brehmer, Y., Westerberg, H., & Bäckman, L. (2012, March). Working-memory training in younger al older adults: traning gains, transfer, and maintenance. *Frontiers of Human Neuroscience, 6*(Article 63), 1-7.
- Campbell R., S. (2011). Educational Neuroscience: Motivations, methodology, and implications. *Educational Philosophy and Theory, 43*(1), 7-16.

- Can Sahin, M. (2009). Instructional Design Principles for 21st Century Learning Skills. World Conference on Educational Science 2009. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 1, 1464-1468.
- Canli, T. (2006). *Biology of Personality and Individual Differences*. New York, USA: The Guilford Press.
- Carew, T. J., & Magsamen, S. H. (2010, Septiembre 9). Neuroscience and Education: An Ideal Partnership for Producing Evidence-Based Solutions to Guide 21st Century Learning. *Neuron*(67), 685-688.
- Casey, B., Tottenham, N., Liston, C., & Durston, S. (2005). Imaging the developing brain: what have we learned about cognitive development? *TRENDS in Cognitive Sciences*, 9(3), 104-110.
- Corrigan, P. W., & Yudofsky, S. C. (1996). *Cognitive Rehabilitation for Neuropsychiatric Disorders*. London: Amer Psychiatric Pub.
- D'Sa, C., & Duman, R. S. (2002). Review Article Antidepressants and neuroplasticity. *Bipolar Disorders*, 4(3), 183-194.
- Dang-Wu, T., Schabus, M., Desselles, M., Sterpenich, V., Bonjean, M., & Marquet, M. (2010). Functional neuroimaging insights into the physiology of human sleep. *Sleep*, 33(12), 1589-1603.
- Dishion, T. J., & Connell, A. (2006). Adolescents' Resilience as a Self-Regulatory Process. Promising Themes for Linking Intervention with Developmental Science. *Annals of New York Academy of Sciences*, 1094, 125-138.
- Draganski, B., Gaser, C., Busch, V., Schuierer, G., Bogdahn, U., & May, A. (2004). Neuroplasticity: Changes in grey matter induced by training. *Nature*, 427, 311-312.
- Driemeyer, J., Boyke, J., Gaser, C., Büchel, C., & May, A. (2008, Julio). Changes in Gray Matter Induced by Learning-Revisited. *PLoS ONE*, 3(7), e2669.
- Driemeyer, J., Boyke, J., Gaser, C., Büchel, C., & May, A. (2008). Changes in Gray Matter Induced by Learning—Revisited. *PLoS ONE*, 3(7), 1-5.
- Eaves, L., Heath, A., Martin, N., Maes, H., Neale, M., Kendle, K., et al. (1999). Comparing the biological and cultural inheritance of personality and social attitudes in the Virginia 30 000 study of twins and their relatives. *Twin Research*, 2(2), 62-80.
- Elliot, R., Sahakian, B., & Charnney, D. (2010). *State-of-Science Review: E7: The Neural Bases of Resilience*. Retrieved Agosto 15, 2012, from Foresight Mental Capital and Wellbeing Project: http://www.bis.gov.uk/assets/foresight/docs/mental-capital/sr-e7_mcw.pdf
- Ellis, R. J., Norton, A. C., Overy, K., Winner, E., Alsop, D. C., & Schlaug, G. (2012). Differentiating maturational and training influences on fMRI activation during music processing. *Neuroimage*(60), 1902-1912.
- Ernst, M., & Mueller, S. C. (2008, Mayo). The adolescent brain: Insights from functional neuroimaging research. *Developmental Neurobiology*, 68(6), 729-743.

- Farah, m. J., Illes, J., Cook-degan, R., Gardner, H., kandel, E., King, P., et al. (2004, Mayo). Perspectives: Neurocognitive enhancement: what can we do and what should we do? *Nature Reviews of Neuroscience*, 5, 412-425.
- Feder, A., Nestler, E. J., & Charney, D. S. (2009, Junio). Psychobiology and molecular genetics of resilience. *Nature Reviews of Neuroscience*, 10, 446-457.
- Fisher, K. W. (2009). Mind, Brain, and Education: Building a Scientific Groundwork for Learning and Teaching. *Mind, Brain, and Education*, 3(1), 3-16.
- Florez Lázaro, J. C., & Ostrosky-Solis, f. (2008, Abril). Neuropsicología de los Lóbulos Frontales, Funciones Ejecutivas y Conducta HUmana. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8(1), 47-58.
- Friedlander, M. J., Andrews, L., Amstrong, E. G., Aschenbrenner, C., Kass, J. S., Ogden, P., et al. (2011, April). What Can Medical Education Learn From the Neurobiology of Learning? (A. o. Colleges, Ed.) *Academic Medicine*, 86(4), 415-420.
- Geake, J. (2008, Junio). Neuromythologies in Education. *Educational Research*, 50(2), 123-133.
- Gluck, M., Mercado, E., & Myers, C. E. (2009). *Aprendizaje y Memoria: del cerebro al comportamiento*. México D.F.: McGraw-Hill / Interamericana Editores S.A. de C.V.
- Goswami, U. (2006, April). Neuroscience and education: from research to practice? *Nature Reviews of Neuroscience*, 2-7.
- Goswami, U. (2008). Principles of Learning, Implications for Teaching: Cognitive Neuroscience Perspective. *Journal of Philosophy of Education*, 42(3-4), 381-399.
- Hänggi, J., Koeneke, S., Bezzola, L., & Jäncke, L. (2010). Structural neuroplasticity in the sensorimotor network of professional female ballet dancers. *Human Brain Mapping*, 31, 1196-1206.
- Hernández, A. E., & Li, P. (2007). Age of acquisition: its neural and computational mechanisms. *Psychological Bulletin*, 133(4), 639-650.
- Howard-Jones, P., Demetriou, S., Bogacz, R., Yoo, J. H., & Leonards, U. (2011). Toward a Science of Learning Games. *Mind, Brain, and Education*, 5(1), 33-41.
- Hruby, G. G. (2012). Three research requirements for justifying. *British Journal of Educational Psychology*, 82, 1-23.
- Jäncke, L., Koeneke, S., Hoppe, A., Rominger, C., & Hänggi, J. (2009, Marzo). The Architecture of the Golfer's Brain. *PLoS One*, 4(3), e4785.
- Jolles, D. D., & Crone, E. A. (2012, April). Training the developing brain: a neurocognitive perspective. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6(Article 76), 1-13.
- Kalivas, P. W., & O'Brien, C. (2008). Drug Addiction as a Pathology of Staged Neuroplasticity. *Neuropsychopharmacology REVIEWS*, 33, 166-180.
- Kandel, E. R. (2000). The Modifiability of Specific Connections Contributes to the Adaptability of Behavior. In E. R. Kandel, J. H. Schwartz, & T. J. Jessell, *Principles*

of Neural Science (Fourth ed., p. 34). New York, USA: McGraw-Hill Health Professions Division.

Klinberg, T. (2010). Training and plasticity of working memory. *Trends in Cognitive Science*, 14(7), 317-324.

Knudsen, E. I. (2004). Sensitive Periods in the Development of the Brain and Behavior. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(8), 1412-1425.

Lally, J. R. (2012). Want Success in School? Start with Babies! *Kappa Delta Pi Record*, 48(1), 10- 16.

Lezak, M. D., Howieson, D., & D.W., L. (2004). *Neuropsychological assessment*. New York: Oxford University Press.

Lövdén, M., Bäckman, L., Linderberger, U., Schaefer, S., & Schmiedek, F. (2010). A Theoretical Framework for the Study of Adult Cognitive Plasticity. *Psychological Bulletin*, 136(4), 659-676.

Luna, B., & Sweeney, J. A. (2004). The Emergence of Collaborative Brain Function: fMRI Studies of the Development of Response Inhibition. *Annals of the New York Academy of Science*, 1021, 296–309.

Lutz, J. (2009). *Music drives brain plasticity*. Retrieved Agosto 2012, from F1000 Biology Reports 2009, 1:78: <http://F1000.com/Reports/Biology/content/1/78>

Lykken, D. T. (2006). Commentary: The mechanism of emergence. *Genes, Brain and Behavior*, 5, 306-310.

McLeod, S. A. (2007). *Simply Psychology*:. Retrieved May 03, 2012, from Nature Nurture in Psychology: <http://www.simplypsychology.org/naturevsnurture.html>

Meltzoff, A. N., Kuhl, P. K., Movellan, J., & Sejnowsky, T. J. (2009, Julio 21). Foundations for a New Science of Learning. *Science*, 325, 284-288.

Munakata, Y., Casey, B. J., & Diamond, A. (2004). Developmental cognitive neuroscience: progress and potential. *TRENDS in Cognitive Science*, 8(3), 122-128.

Münste, T. F., Altenmüller, E., & Jäncke, L. (2002, June). The musician's brain as a model of neuroplasticity. *Nature Reviews of Neuroscience*, 3, 473-478.

Noonan, M. P., Kolling, N., Walton, M. E., & Rushworth, F. S. (2012). Re-evaluating the role of the orbitofrontal cortex in reward and reinforcement. *European Journal of Neuroscience*, 35, 997-1010.

OECD/CERI. (2008). *OECD.ORG*. Retrieved Sept. 2008, from Understanding the Brain: the Birth of a Learning Science. New insights on learning through cognitive and brain science: <http://www.oecd.org/dataoecd/39/53/40554190.pdf>

Ormrod, J. E. (2005). *Aprendizaje humano* (Cuarta ed.). Madrid, España: Pearson Educación S. A.

Pakulak, E., & Neville, H. J. (2010). Maturational constraints on the recruitment of early processes for syntactic processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(10), 2752- 2765.

- Parkin, A. J. (1992). Chapter 10: Functional Significance of Etiological Factors in Human Amnesia. In L. R. Squire, & N. (. Butters, *Neuropsychology of Memory* (pp. 122-129). New York: The Guilford Press.
- Puebla Wuth, R. S., & Talma Muñoz, M. P. (2012). Metacognición en la formación inicial de educadores. *Revista Iberoamericana de Educación*, 59(2), 1-6.
- Puebla, R., & Talma, M. P. (2011). Educación y neurociencias. La conexión que hace falta. *Estudios Pedagógicos*, XXXVII(2), 379-388.
- Stern, E., Grabner, R., Schumacher, R., Neuper, C., & Saalbach, H. (2006). *Education Reform Volume 13: Educational Research and Neurosciences – Expectations, Evidence, Research Prospects*. (D. R. Grabner, & A. Kanape, Trans.) Berlin: Federal Ministry of Education and Research (BMBF) - Public Relations Division.
- Taylor, J., Roehrig, A., Hensler, B., Connor, C., & Schatschneider, C. (2010, April 23). Teacher quality moderates the genetic effects on early reading. *Science*, 328, 512-514.
- The Royal Society. (2011, February). *Neuroscience: implications for education and lifelong learning*. *Brain Waves* 2. Retrieved Agosto 2011, from http://royalsociety.org/uploadedFiles/Royal_Society_Content/policy/publications/2011/4294975733-Printer-Friendly.pdf
- Thomas, M. S., & Knowland, V. C. (2009). Sensitive Periods in Brain Development – Implications for Education Policy. *European Psychiatric Review*, 2(1), 17-20.
- Thompson, P. M., Giedd, J. N., Woods, R. P., & MacDonald, D. (2000, March 9). Growth patterns in the developing brain detected by using continuum mechanical tensor maps. *Nature*, 404, 190-193.
- Tirapu Ustárroz, J., García Molina, A., Luna Lario, P., Verdejo García, A., & Ríos-Lago, M. (2012). Corteza prefrontal, funciones ejecutivas y regulación de la conducta. In J. Tirapu ustárroz, A. García molina, Ríos-Lago, & A. Ardila, *Neuropsicología de la Corteza Prefrontal y las Funciones Ejecutivas* (pp. 89-120). Madrid: Viguera Editores.
- Uylings, H. B. (2006). Development of the Human Cortex and the Concept of “Critical” or “Sensitive” Periods. *Language Learning*, 56(Issue supplement s1), 59-90.
- Varma, S., & Schwartz, D. L. (2008, Jnuio). How should educational neuroscience conceptualise the relation between cognition and brain function? Mathematical reasoning as a network process. *Educational Research*, 50(2), 149-161.
- Woollett, K., Spiers, H. J., & Maguire, E. A. (2009). Talent in the taxi: a model system for exploring expertise. *Philosophical Transactions of the Royal Society, London: Series B* 364, 1407–1416.
- Zinke, K., Einert, M., Pfennig, L., & Kliegel, M. (2012, Marzo). Plasticity of executive control through task switching training in adolescents. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6 (artículo 41), 1-16.

Cita del artículo:

Puebla Wuth, R.S.(2012). Neurociencias de la Educación para la Educación Superior en Ciencias de la Salud. Revista de Docencia Universitaria. REDU. Vol.10. Número especialdedicado a la Docencia en Ciencias de la Salud. Pp. 277-292 Recuperado el (fecha de consulta) en <http://redaberta.usc.es/redu>

Acerca del autor



Ricardo S. Puebla Wuth

Universidad de Chile

Facultad de Medicina

Departamento de Educación en Ciencias de la Salud (DECSA)

Mail: ricardopueblaw@gmail.com

Profesor de Estado en Biología y Ciencias (U. de Chile, Chile); Magíster en Educación, mención Evaluación Educativa (U. de La Frontera, Chile); Máster en Formación en Docencia e Investigación para la Educación Superior (UNED, España); Magíster en Ciencias de la Educación (PUC, Chile); Doctor© en Ciencias de la Educación (PUC, Chile). Becario CONICYT, Doctorado Nacional 2010.

Profesor Colaborador Departamento de Educación en Ciencias de la Salud (DECSA), Facultad de Medicina, Universidad de Chile. Académico e Investigador en Educación Superior, Neurociencias de la Educación y Cognición Corporeizada.