

# LA CIENCIA Y ADOLESCENCIA

## Avanzando Juntas

Por Dr. Miguel Alfonzo, Ph.D

### INTRODUCCIÓN

En 2011, la Organización Mundial de la Salud (OMS) llevó a cabo un amplio ejercicio para establecer una agenda de investigación priorizada para las Enfermedades no transmisibles (ENT). Se priorizaron varios grupos destinatarios, pero la agenda de investigación descuidó a un grupo importante:

los adolescentes y los jóvenes.

Esta falta de enfoque en la salud y el bienestar de los jóvenes se refleja en la investigación, con solo el 2,2 % de la asistencia total para el desarrollo destinada a la salud de los adolescentes.

Por otra parte, la falta de

evidencia sobre intervenciones efectivas y rentables en los jóvenes de los países de ingresos bajos y medianos obstaculiza la capacidad de generar evidencia que pueda resultar en una implementación efectiva y cambios en las políticas.

Así como las necesidades de salud de los jóvenes no

se reflejan en los datos y la investigación, sus voces y puntos de vista también se excluyen con frecuencia del discurso de las políticas y los mecanismos de gobernanza.

Este artículo trata precisamente sobre la adolescencia y la ciencia, con nuevos enfoques basados en

evidencias originados de la **Ciencia del Desarrollo**. En este **sentido, el contenido** se va a caracterizar esta etapa de la vida, la cual es un período de rápido crecimiento, aprendizaje, adaptación y desarrollo neurobiológico formativo, tal como lo describe un estudio [Shonkoff, JP & Garner, AS.

*Pediatrics*. 129, e232 - e246 (2012)].

La adolescencia es un período de maduración dinámico durante el cual las vidas de los jóvenes pueden girar rápidamente, tanto en direcciones negativas como positivas. El progreso científico en la comprensión del desarrollo

de los adolescentes proporciona conocimientos prácticos sobre ventanas de oportunidad durante las cuales las políticas pueden tener un impacto positivo en las trayectorias de desarrollo relacionadas con la salud, la educación y el éxito social y económico. Este artículo resume la actual comprensión de los procesos de desarrollo que ocurren durante y después de la pubertad. gracias a la Ciencia de desarrollo, cuyos cambios y desafíos globales actuales aunado al marco de la pandemia por coronavirus que están afectando a los adolescentes, existe una necesidad imperiosa de aprovechar estos avances en esta ciencia para dar nuevos conocimientos y establecer políticas estratégicas para la salud integral de los adolescentes.

**LA CIENCIA DEL DESARROLLO Y LA PUBERTAD**

La **Ciencia del desarrollo** es el estudio de los patrones y procesos de cambios biológicos, cognitivos y de comportamiento que ocurren a medida que un organismo crece y madura. Esta ciencia da una perspectiva sobre la adolescencia como un período de maduración distinto que comienza con el inicio de la pubertad, caracterizando algunos de los aspectos distintivos de aprendizajes en la adolescencia que se cree que apoyan la adquisición de la conocimientos, habilidades y capacidades de autorregulación

incorporados culturalmente, y que son necesarios para que los adolescentes se independicen e integren en la sociedad adulta. Las comprensiones matizadas de las características distintivas de este período de desarrollo pueden aportar información para la intervención de políticas públicas, especialmente los cambios de desarrollo en el aprendizaje y exploración que se amplifican durante la adolescencia. Específicamente, se destaca el papel que las hormonas puberales pueden tener en la mejora de la importancia motivacional del estatus, el prestigio y el sexo como impulsores notables de aprendizaje social y desarrollo de la identidad durante la adolescencia.

**LA PUBERTAD: UN PERÍODO DE DESARROLLO DISTINTO**

La adolescencia abarca los numerosos cambios de desarrollo y experiencias de aprendizaje fundamentales que ocurren durante la transición de la niñez a la consecución de la edad adulta. Esta transición comienza con el inicio de la pubertad, un proceso biológico que impulsa la maduración sexual, por lo general, comienza a los 10 años en las niñas y a los 12 años en los niños (**Figura 1**). La pubertad comienza con cambios en el cerebro, que inician una cascada de cambios transformacionales en el cuerpo que incluyen una rápida aceleración en

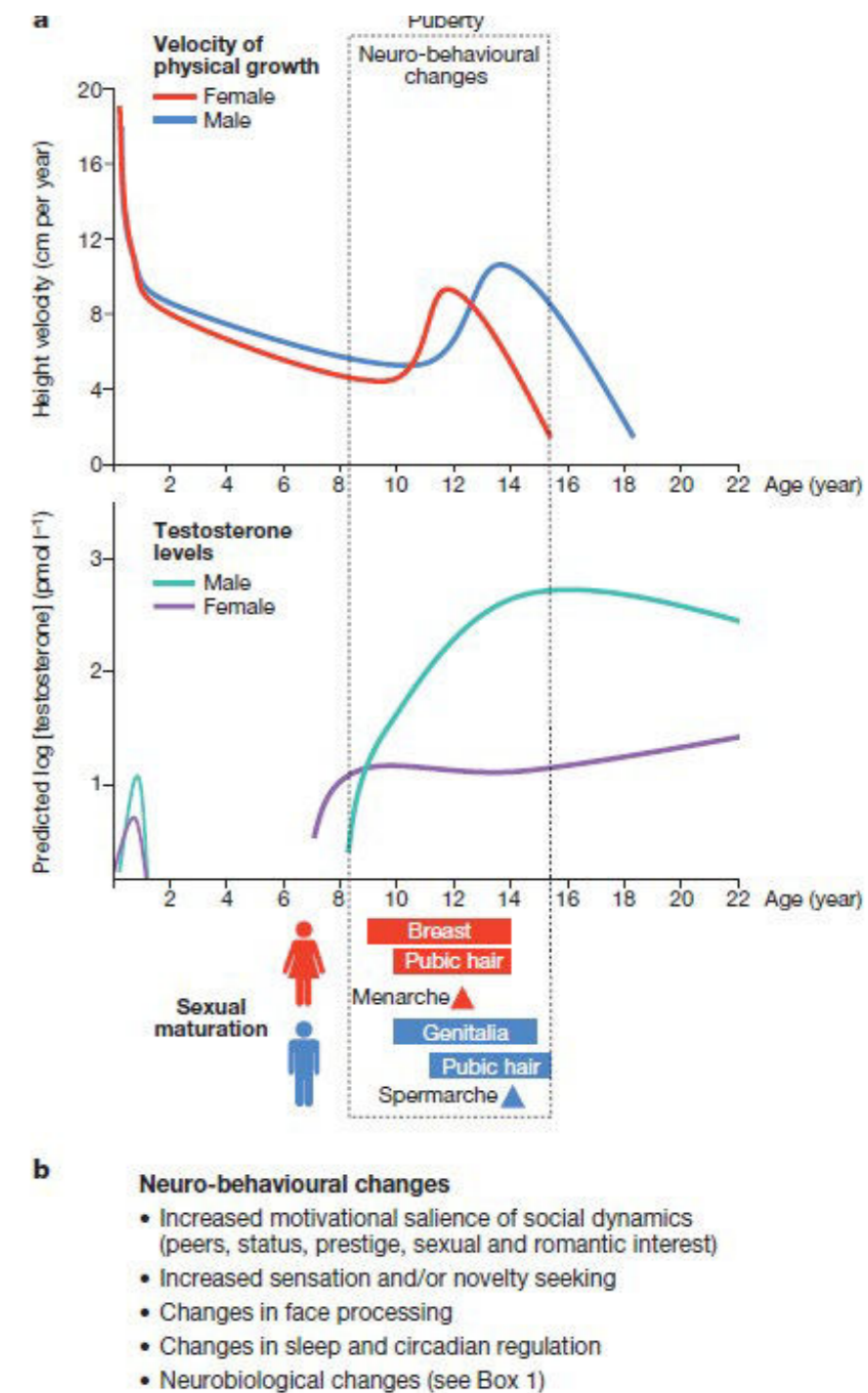
crecimiento físico (aceleración del crecimiento puberal), cambios en el sueño, cambios metabólicos, la regulación circadiana, y la maduración sexual (es decir, cambios sexo específico en la estructura facial, voz, distribución muscular y grasa, distribución del vello corporal, cambios en la piel y secreciones glandulares, y desarrollo mamario, genital, suprarrenal y gonadal) [**Patton, GC y Viner, R. Lancet 369 , 1130-1139 (2007)**].

Las hormonas liberadas de las gónadas y glándulas suprarrenales, a su vez, afectan al cerebro, alterando procesos cognitivos, emocionales y motivacionales (es importante tener en cuenta que, aunque la pubertad a menudo se considera un proceso de desarrollo que se diferencia sexualmente, la testosterona y los estrógenos pueden ser encontrado en el cerebro y la sangre de hombres y mujeres con variables, y, a veces, concentraciones superpuestas).

Los cambios de desarrollo durante la adolescencia también incluyen estructuras y cambios funcionales en el cerebro, en particular los sistemas neuronales involucrados en procesos cognitivos, emocionales, sociales y motivacionales [**Crone, E. A. & Dahl, R. E. Nat. Rev. Neurosci. 13, 636-650 (2012); Nelson, EE, Jarcho, JM & Guyer, AE Dev. Cogn. Neurosci. 17, 118-127(2016); Piekarski, DJ ycol. Brain Res. 1654, 123-144 (2017)**]. Estos cambios

neuronales están asociados con cambios del comportamiento como a medida que aumenta la búsqueda de sensaciones y una reorientación de la atención y motivación (hacia los pares, evaluación social, estatus y prestigio, e intereses sexuales y románticos) [**De Lorme, K., Bell, MR & Sisk, CL Curr. Dir. Psychol. Sci. 22, 128-133 (2013); van den Bos, W. J. Neurosci. 33, 13581-13582 (2013)**]. El desarrollo adolescente también implica cambios profundos en los contextos sociales, roles sociales y responsabilidades [(**Crockett, LJ & Crouter, AC. Pathways through Adolescence: Individual Development in Relation to Social Contexts (Lawrence Erlbaum, 1994)**].

Es importante destacar que existen complejas interacciones entre estos niveles de cambio. De hecho, el aprendizaje y el desarrollo del cerebro están inextricablemente entrelazados a lo largo de este período como aprendizaje que afecta el desarrollo del cerebro



**Figura 1. La pubertad inicia un período de rápido crecimiento y cambio dinámico multidimensional. a, Las líneas sólidas roja y azul (velocidad de altura en cm por año en función de la edad en niñas y niños) muestran que el crecimiento es muy rápido en la infancia y luego se ralentiza durante la niñez. Las tasas de crecimiento acelera al inicio de la pubertad y luego desacelera en etapas posteriores de pubertad. Este brote dinámico de crecimiento puberal comienza alrededor de los 18 meses, antes en las niñas que en los niños, y es parte de una gran colección de manifestaciones de maduración sexual (que en las niñas incluye mama y desarrollo genital, vello púbico y axilar y menarquia, y en niños incluye desarrollo genital, vello púbico, axilar y facial). El rojo y las líneas azules representan los niveles de testosterona [log (pmol l<sup>-1</sup>)] como ejemplo de una de varias hormonas que contribuyen a estos cambios puberales. b, Otros cambios físicos incluyen cambios sexualmente dimórficos en la arquitectura de la cara, cambios en la piel y las glándulas sebáceas (por ejemplo, acné y olor corporal) y profundización de la voz en los niños. La maduración puberal también influye en el desarrollo neuroconductual, particularmente social, emocional y procesos de motivación, como los reconocidos aumentos de búsqueda de sensaciones, y una reorientación de la atención y motivación prominencia hacia los pares, evaluación social, estatus y prestigio, y e intereses románticos. La maduración puberal también influye (y es influenciado por) los contextos sociales rápidamente cambiantes en los que los adolescentes están ocurriendo el aprendizaje y el desarrollo. En conjunto, estos cambios multidimensionales (y sus interacciones bidireccionales) crean un período dinámico de crecimiento, desarrollo, aprendizaje y adaptación (tomado de Dahl, R., et al. Nature 554, 441-450 (2018)).**

y los cambios de maduración que ocurren en el cerebro que, a su vez afectan el aprendizaje y la motivación. El punto final de la adolescencia es considerablemente más difícil de definir científicamente. Convertirse en un adulto no puede simplemente equipararse a una medida de maduración física, como alcanzar la altura adulta final o la madurez de la reproducción. También ha habido algunos intentos recientes de definir el final de la adolescencia en términos de procesos cognitivos y afectivos [Cohen, AO y col. *Psychol. Sci.* 27, 549-562 (2016)]. Sin embargo, la “edad adulta” está intrínsecamente entrelazada con asumir ciertos roles sociales y, lo que es más importante, tener el conocimiento, las habilidades y las competencias para tener éxito en estos roles (Figura 2).

También implica el reconocimiento social que el individuo tiene los derechos (y responsabilidades) de ejercer estos roles. Como cuestión pragmática, las sociedades modernas típicamente confieren derechos y responsabilidades a los adultos en función de la edad. Sin embargo, esto es, en el mejor de los casos, una forma aproximada de estimar la maduración, especialmente durante la adolescencia cuando los procesos de crecimiento puntuados pueden resultar en desarrollo madurativo marcadamente diferente entre

individuos de la misma edad. Además, las leyes pueden variar ampliamente (dentro y entre países) con respecto a la edad que se utiliza para designar a un adulto específicos derechos, roles o responsabilidades (por ejemplo, la edad legal para conducir un automóvil, votar en una elección, matrimonio, servicio en las fuerzas armadas, ser sancionado como adulto por cometer delitos, consumir alcohol, cigarrillos u otras drogas, tomar decisiones personales sobre la salud o poseer un arma) [Patton, GC y col. *Lancet* 387, 2423-2478 (2016)]. Por lo general, estos marcos legales son principalmente informados por valores culturales (y a veces religiosos), en lugar de evidencia sobre los efectos en el desarrollo de la exposición a experiencias de aprendizaje y toma de decisiones independiente en diferentes etapas de desarrollo [Cohen, AO, Bonnie, RJ, Taylor-Thompson, K. & Casey, BJ *Temp. Law Rev.* 88, 769-788 (2015)].

#### APRENDIZAJE, DESARROLLO Y MADURACIÓN EN LA ADOLESCENCIA

El desarrollo adolescente se basa en un aprendizaje considerable de la niñez, y permite a los adolescentes adquirir un nuevo nivel de conocimientos, habilidades y competencia cultural para realizar una transición exitosa a un papel adulto. Durante la adolescencia, adquirimos conocimientos cognitivos,

afectivos y autorreguladores, habilidades que nos permiten perseguir de forma adaptativa nuevos objetivos y prioridades que pueden ser cada vez más abstractas y extenderse mucho en el futuro [Crone, E. A. & Dahl, R. E. *Nat. Rev. Neurosci.* 13, 636-650 (2012); Davey, C. G. et al. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 32, 1-19 (2008)]. Obtenemos una comprensión más matizada del funcionamiento de la sociedad adulta, que implica aprender a razonar sobre conceptos abstractos y consecuencias futuras, y creando una comprensión más madura de uno mismo, de los demás y de las complejidades de las relaciones sociales adultas [Davey, C. G. et al. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 32, 1-19 (2008); de Water, E., Cillessen, A. H. & Scheres, A. *Child Dev.* 85, 1881-1897 (2014)]. Nosotros también adquirimos habilidades para navegar una gama cada vez mayor de novedosas e inciertas situaciones sociales cargadas emocionalmente (incluido un nuevo nivel de cognición, capacidades sociales, emocionales y autorreguladoras) y aplicar estas habilidades a un conjunto cada vez más complejo de relaciones sociales con pares, adultos e instituciones sociales.

Además, durante la adolescencia, también debemos adaptarnos fundamentalmente a nuevos aspectos de nuestra propia identidad emergente [Schwartz, S. J. & Petrova, M. *Nat. Hum. Behav.* <https://doi.org/10.1038/s41562-017->



Figura 2. Víctor Frankenstein, personaje principal del filme FRANKENWEENIE del director Tim Burton (1984). El cambio de edad, de niña a adolescente, es clave para Tim Burton. La adolescencia y su problemática es un asunto que siempre ha interesado al director. Y además permite hablar de la dualidad y el desdoblamiento interno. Toda la mitología fabulosa que existe en la historia original, y el hecho de que la aventura transforme interiormente al personaje, han sido aspectos sugerentes para el autor cinematográfico.



**Figura 3.** La gran mayoría de los adolescentes del mundo (aproximadamente el 90%, OMS, 2012) viven en países de ingresos bajos y medianos, en los que las barreras para lograr la salud y el bienestar positivo son a menudo los más complejos y desafiante. Como tal, las naciones que ya están siendo desafiadas a satisfacer las necesidades educativas y de salud de los adolescentes probablemente necesiten mayores recursos para abordar estos problemas en un futuro próximo.

0283-2 (2018)], que incluye el aprendizaje cómo relacionarnos con el mundo, y con nosotros mismos, de repente y (a menudo) ser desconcertantemente sexual [Suleiman, A. B et al. *Dev. Cogn. Neurosci.* 25, 209–220 (2017)]. Debemos descubrir de una manera nueva, a través de una elaborada serie de pruebas y errores, éxitos y fracasos, y con creciente independencia, quiénes somos. Es decir, debemos desarrollar (dentro de un contexto familiar, cultural y

social) una identidad adulta, con nuestra propia objetivos, valores y prioridades sinceros. Con el apoyo de una gran cantidad de estudios, la trayectoria este desarrollo desde la niñez hasta la adultez emergente está plagada de una multitud de riesgos y vulnerabilidades. Estos contribuyen a una marcada aumento del riesgo de muerte y discapacidad por accidentes de adolescentes, suicidio, violencia, depresión, consumo de alcohol y sustancias, sexualmente

enfermedades transmitidas, embarazos no deseados, así como el establecimiento de una amplia gama de factores de riesgo conductuales relacionados con la salud (como fumar, consumo de alcohol, consumo de sustancias, alimentación poco saludable y sedentarismo comportamiento) que contribuirá a las consecuencias para la salud en el futuro [Dahl, R. E. *Ann. NY Acad. Sci.* 1021, 1–22 (2004)]. Los cambios fundamentales en las

trayectorias educativas durante la adolescencia han producido consecuencias de por vida cada vez más importantes, con logros educativos, impactando las opciones profesionales y el éxito económico [Patton, GC et al. *Lancet* 387, 2423–2478 (2016)].

#### EL MUNDO RÁPIDAMENTE CAMBIANTE DE LA ADOLESCENCIA

Actualmente, estamos siendo testigos de un pronunciado y sin precedente cambio en la

demografía y el estilo de vida de los adolescentes En 2015, la población mundial estimada de adolescentes de 10 a 19 años fue de 1.200 millones, que es aproximadamente el 16 % de la población mundial [Naciones Unidas. *Perspectivas de la población mundial, revisión de 2012.* <https://esa.un.org/unpd/wpp/> (DAES, 2013)]. La gran mayoría de los adolescentes del mundo (aproximadamente el 90 %) viven en países de ingresos bajos y medianos, en los que las barreras para lograr la salud y el bienestar positivo son a menudo los más complejos y desafiante (Figura 3). Como tal, las naciones que ya están siendo desafiadas a satisfacer las necesidades educativas y de salud de los adolescentes probablemente necesiten mayores recursos para abordar estos problemas en un futuro próximo.

Las innovaciones tecnológicas, especialmente en la informática móvil (por ejemplo, teléfonos inteligentes) y las redes sociales en línea, están transformando la vida cotidiana de los adolescentes [Bell, V., Bishop, D. V. & Przybylski, A. *K. Br. Med. J.* 351, h3064 (2015); Madden, M., et al. *Teens and Technology 2013* <http://www.pewinternet.org/2013/03/13/teens-and-technology-2013/>

(2016)]. Los adolescentes de hoy en los países de ingresos altos son “nativos digitales”: personas que han nunca he experimentado el mundo antes de Internet. Las capacidades sociales de los dispositivos habilitados para Internet aprovechan las principales motivaciones de los adolescentes en poderosas formas. Los adolescentes están particularmente motivados para explorar las relaciones con los compañeros y las redes sociales proporcionan un acceso casi omnipresente a estas interacciones [Spies Shapiro, L. A. & Margolin, G. *Clin. Child Fam. Psychol. Rev.* 17, 1–18 (2014)]. Además, ofrecen estas oportunidades en formas que son particularmente atractivas para los adolescentes, relativamente gratis y lejos del alcance del control parental [Smetana, J. G., et al. *Child Dev.* 77, 201–217 (2006)]. Esto crea sin precedentes oportunidades de conexión social positiva y apoyo (por ejemplo, el aislado adolescente que encuentra una comunidad de personas con ideas afines en línea), pero también intensifica la exposición de los adolescentes a redes sociales negativas. encuentros (por ejemplo, ostracismo, intimidación, explotación sexual

y radicalización violenta).

Los intereses emergentes de los adolescentes en el sexo y sexualidad ahora se encuentran con un suministro casi ilimitado de pornografía muy explícita. Es importante destacar que estas tecnologías pueden también se suman a la “brecha digital”, en la que las desigualdades sociales entre aquellos adolescentes que crecen en contextos de altos recursos (en los que los padres, los maestros y las influencias sociales ayudan a formar un andamiaje para los adolescentes en el aprendizaje y uso de la tecnología) y aquellos que crecen en contextos (que pueden ser más vulnerables a los efectos negativos) se agravan [Notten, N., et al. *EUR. Sociol. Rev.* 25, 551-560 (2009)].

Otros factores también están alterando rápidamente la vida de los adolescentes. Hoy día, los adolescentes entran en la pubertad antes y asumen roles de adultos independientes (por ejemplo, terminar la educación formal e ingresar a la fuerza laboral, viviendo separados de su familia de origen, volviéndose completamente independientes económicamente) más tarde de lo que lo hicieron en los siglos pasados (Figura 4), haciendo que la adolescencia un período de vida más corto que antes [(Worthman, CM & Trang, K. *Nature* <https://doi.org/10.1038/nature25750> (2018)]. Económicamente, los adolescentes asumen cada vez más el papel de consumidores

activos, con su propio efectivo disponible y cuentas de crédito haciendo que ellos sean responsables de forma independiente de las decisiones de compra [Palan, KM, Gentina, E. & Muratore, I. J. *Bus. Res.* 63, 1342-1348 (2010)]. Como resultado, los adolescentes son ahora el objetivo directo de los esfuerzos de *marketing* (incluido *marketing* de productos financieros) que ya no necesitan ser filtrados a través del control parental. Aunque muchos de estos cambios seculares son particularmente pronunciados para los adolescentes que viven en países de ingresos altos, el medio ambiente en los países de ingresos bajos y medianos está cambiando para reproducir estos fenómenos, a menudo en contextos en los que hay menos educación y regulación para amortiguar su potencial deletéreo efectos (por ejemplo, los rápidos cambios en la publicidad en el punto de venta para el alcohol, el tabaco y los snacks no saludables [Stuckler, D., et al. *LPLoS Med.* 9, e1001235 (2012)]. Dada la importancia del desarrollo del adolescente a un adulto integral sano con logros de éxito social, educativo y financiero, con una formación adecuada, lograr estos objetivos requerirán iniciativas para establecer políticas de estado sustentadas por inversiones financieras, dirigidas a los adolescentes.

Un estudio reciente ha encontrado evidencia de

altos rendimientos. de tales inversiones [Sheehan, P. et al. *Lancet* 390, 1792-1806 (2017)]. Sin embargo, existe una marcada variación entre países, y se espera que los logros sean mayores en los países de bajos ingresos. Una variedad de intervenciones, incluidas políticas dirigidas a la salud sexual, los traumatismos causados por el tránsito, el matrimonio infantil y el aumento del alcance y la calidad de la educación secundaria, se prevé que esta asociado con una relación beneficio / costo especialmente alta [Sheehan, P. et al. *Lancet* 390, 1792-1806 (2017)]. En consecuencia, han sido muchas las solicitudes de inversiones integrales y crecientes en salud y bienestar de los adolescentes para la política a nivel internacional [Patton, GC et al. *Lancet* 387, 2423-2478 (2016); McCarthy, KBM & Hall, K. *Population Council*, 2016; *Organización Mundial de la Salud. Acción Global Acelerada para la Salud de los Adolescentes* [http://www.who.int/maternal\\_child\\_adolescent/topics/adolescence/framework-accelerated-action/en/](http://www.who.int/maternal_child_adolescent/topics/adolescence/framework-accelerated-action/en/) (OMS, 2017)]. Apoyar estas propuestas para invertir en la vida de los adolescentes, y además, afirmar que para tener el impacto más positivo, tales las inversiones deben estar guiadas por la ciencia. Para asegurarse de que las políticas no sean demasiado difusas, también deben ser cuidadosamente dirigidas a las épocas en las que estas políticas



Figura 4. Hoy día, los adolescentes entran en la pubertad antes y asumen roles de adultos independientes (por ejemplo, terminar la educación formal e ingresar a la fuerza laboral, viviendo separados de su familia de origen, volviéndose completamente independientes económicamente) más tarde de lo que lo hicieron en los siglos pasados



Figura 5. La aceptación del adolescente en el mundo de los adultos implica una serie de procesos biológicos, psicológicos y culturales que deben ocurrir en esa etapa, de los cuales, las relaciones con los compañeros sigue teniendo una influencia importante sobre su desarrollo y salud, y proporciona un convincente ejemplo de influencias bidireccionales entre el desarrollo social y biológico (Pintura de Stanislav Plutenko).

pueden tener el mayor impacto. Informar la inversión estratégica en la adolescencia. Los períodos de maduración de rápido crecimiento y cambio pueden crear oportunidades para las influencias fundamentales en las trayectorias de desarrollo. Este principio se puede ilustrar con las tasas de crecimiento físico (véase la figura 1). Por ejemplo, es fácil anticipar el impacto probable de experimentar una hambruna severa durante un período de crecimiento acelerado. Dadas las extra demandas nutricionales y metabólicas de un crecimiento rápido, tiene sentido que ser un bebé o estar en medio de un brote de crecimiento puberal durante un período de desnutrición podría tener consecuencias por sus efectos a largo plazo.

#### DESARROLLO DEL CEREBRO Y CAMBIOS EN EL APRENDIZAJE.

Tanto los modelos humanos como los animales han proporcionado evidencias de los cambios con características distintivas que ocurren en el desarrollo neurológico en la adolescencia. La mayoría en particular, la materia gris en las regiones cerebrales de orden superior, se vuelve más delgada y poda las sinapsis durante la adolescencia [Rakic, P., Bourgeois, JP y Goldman-Rakic, PS. *Prog. Brain Res.* 102, 227-243 (1994); Benes, FM, Vincent, SL, Molloy, R. & Khan, Y. *Synapse* 23, 237-245 (1996); Cunningham, MG, Bhattacharyya, S. & Benes, FM. *J. Comp. Neurol.* 453, 116-130 (2002); Johnson, CM et al. *Dev. Cogn. Neurosci.* 18, 113-120 (2016)] inervan cada vez más las cortezas frontales, y la corteza frontal muestra cambios notables en la inervación de arriba hacia abajo de la amígdala [Arruda-Carvalho, M., Wu, WC, Cummings, KA & Clem, RL. *J. Neurosci.* 37, 2976-2985 (2017)]. Allí ocurre un fortalecimiento de la conectividad funcional entre regiones corticales implicadas en el control cognitivo y los ganglios basales (en relación con más regiones afectivas), alterando la proporción de entradas cognitivas versus afectivas en una región que actúa como mediadora de la toma de decisiones basada en valores [Larsen, B., Verstynen, T. D., Yeh, F. C. & Luna, B. *Cereb. Cortex.* <https://doi.org/10.1093/cercor/bhx162> (2017)]. Finalmente, las ganancias en sinapsis inhibitorias especiales pueden permitir ráfagas de neuroplasticidad [De Lorme, K., Bell, M. R. & Sisk, C. L. *Curr. Dir.*

*Psychol. Sci.* 22, 128-133 (2013); Piekarski, D. J., Boivin, J. R. & Wilbrecht, L. *Curr. Biol.* 27, 1735-1745 (2017)], que puede funcionar para mejorar transitoriamente aprendizajes a partir de la experiencia en un período sensible

En particular, el procesamiento de información social y retroalimentación pueden sufrir cambios distintivos del desarrollo en la adolescencia. Las revisiones han descrito previamente la adolescencia como un período de "social reorientación" [Crone, E. A. & Dahl, R. E. *Nat. Rev. Neurosci.* 13, 636-650 (2012); Nelson, E. E., Jarcho, J. M. & Guyer, A. E. *Dev. Cogn. Neurosci.* 17, 118-127 (2016); van den Bos, W. J. *Neurosci.* 33, 13581-13582 (2013)] que incluyen incrementos en la sensibilidad a la evaluación y la importancia del estatus social y la popularidad [Blakemore, S.J. & Mills, K. L. *Annu. Rev. Psychol.* 65, 187-207 (2014)]. Se cree que la reorientación social de los adolescentes está asociada con cambios en los sistemas neuronales que están involucrados en el desarrollo de cognición social [Goddings, A. L., et al. *Dev. Sci.* 15, 801-811 (2012)], especialmente respuestas afectivas a la aceptación social y el rechazo social [Somerville, L. H. et al. *Psychol. Sci.* 24, 1554-1562 (2013); Troud, L. R. et al. *Dev. Psychopathol.* 21, 47-68 (2009)] y cambios neuronales que se piensa para realzar la importancia motivacional

Finalmente, las ganancias en sinapsis inhibitorias especiales pueden permitir ráfagas de neuroplasticidad [De Lorme, K., Bell, M. R. & Sisk, C. L. *Curr. Dir.*

de relacionarse con los compañeros [Rosen, M. L. et al. *Dev. Sci.* <https://doi.org/10.1111/desc.12571> (2017)], lo que puede motivar el comportamiento y servir para mejorar el aprendizaje.

Reconociendo esta creciente importancia de las relaciones con los compañeros, la calidad de las relaciones familiares sigue teniendo una influencia importante sobre el desarrollo y la salud de los adolescentes, y proporciona un convincente ejemplo de influencias bidireccionales entre el desarrollo social y biológico (Figura 5). El papel de la maduración tardía de la corteza prefrontal en estos cambios en el aprendizaje son probablemente multifacéticos, y no solo apoyan ganancias en la función, pero también debilitando las contribuciones de otros sistemas [Larsen, B., et al. *Cereb. Cortex* <https://doi.org/10.1093/cercor/bhx162> (2017); Davidow, J. Y., Foerde, K., Galván, A. & Shohamy, *Neuron* 92, 93–99 (2016)]. El papel de las hormonas puberales en el cerebro y los cambios de comportamiento tampoco están aún completamente caracterizados [Piekariski, D. J. et al. *Brain Res.* 1654, 123–144 (2017)], pero es probable que esos componentes dependientes e independientes de la pubertad y los procesos se entremezclen [Walker, D. M. et al. *J. Neurosci.* 37, 10855–10866 (2017)].

Se ha reconocido que las

hormonas gonadales tienen un papel en el desarrollo subcortical [Schulz, KM & Sisk, CL. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 70, 148–158 (2016)], pero hay también evidencia que los procesos puberales juegan un papel crítico en la neocortical maduración [Walker, D. M. et al. *J. Neurosci.* 37, 10855–10866 (2017); Herting, MM & Sowell, ER *Front. Neuroendocrinol.* 44, 122–137 (2017); Juraska, J. M. & Willing, J. *Brain Res.* 1654, 87–94 (2017)] y cambios en el aprendizaje [Piekariski, D. J., Boivin, J. R. & Wilbrecht, L. *Curr. Biol.* 27, 1735–1745 (2017)].

#### LOS MODELOS ANIMALES Y PERIODOS SENSIBLES PARA EL APRENDIZAJE

Puede ser informativo considerar el aprendizaje social que ocurre durante la adolescencia como producto de un período potencialmente sensible. Las influencias evolutivas han dado forma al desarrollo de cada especie con el fin de regular la sincronización de diferentes formas del aprendizaje. Los períodos sensibles para el aprendizaje están programados para cuando haya información importante disponible y más útil para el desarrollo adaptativo del organismo [Doupe, A. J. & Kuhl, P. K. *Annu. Rev. Neurosci.* 22, 567–631 (1999); Insel, T. R. & Fernald, R. D. *Annu. Rev. Neurosci.* 27, 697–722 (2004)]. En los humanos y se ha encontrado que los animales de laboratorio comparten similares períodos en regiones sensoriales, como

en regiones visuales binoculares para las cuales hay un equilibrio crítico en la entrada de dos ojos [Piekariski, D. J., Boivin, J. R. & Wilbrecht, L. *Curr. Biol.* 27, 1735–1745 (2017)]. Los humanos también tienen múltiples períodos sensibles tempranos para la adquisición del lenguaje [Doupe, A. J. & Kuhl, P. K. *Annu. Rev. Neurosci.* 22, 567–631 (1999); Werker, J. F. & Hensch, T. K. *Annu. Rev. Psychol.* 66, 173–196 (2015)] Puede haber períodos sensibles adicionales no descubiertos en los humanos para el desarrollo cognitivo, afectivo y, lo que es más importante, social que podría ser apalancado para mejorar el impacto de las intervenciones. Podemos usar los sensibles períodos de aprendizaje y comportamiento social en otras especies como guía.

En otro orden de ideas, los tipos específicos de aprendizaje y los criterios para obtener aportes en el prestigio –relevantes para el éxito social– son muy variables. Estos no están sólo, ni siquiera principalmente, determinados por nuestra biología. Una característica única de nuestra especie y, potencialmente, un apalancamiento distinto al punto de intervención, es el papel de la cultura humana en la configuración social es relevante en el aprendizaje para el prestigio y la admiración (Figura 7).

Los valores culturales para el prestigio varían



Figura 7. Se cree que la reorientación social de los adolescentes está asociada con cambios en los sistemas neuronales que están involucrados en el desarrollo de cognición social. Los tipos específicos de aprendizaje y los criterios para obtener aportes en el prestigio –relevantes para el éxito social– son muy variables. Estos no están sólo, ni siquiera principalmente, determinados por nuestra biología. El papel de la cultura humana en la configuración social es relevante en el aprendizaje para el prestigio y la admiración.

ampliamente. Por ejemplo, una comunidad budista tibetana que confiere el más alto prestigio en bondad y compasión creará diferentes oportunidades de aprendizaje social para los adolescentes que buscan admiración que una sociedad guerrera o una cultura altamente materialista. La Ciencia del desarrollo todavía no puede explicar completamente cómo y cuándo se aprenden estos valores y mantenido a nivel neural. Sin embargo, parece ser prometedora evidencia que respalda estos puntos de apalancamiento potenciales como los cambios de la adolescencia. Al diseñar intervenciones, es importante tener en cuenta que los adolescentes no son simplemente aprendices pasivos que se ajustan a los valores de los adultos. Quejas por el desprecio rebelde de los adolescentes hacia los adultos, la autoridad, se remonta a la época de Sócrates. Aunque los adolescentes son fuertemente influenciados por los valores familiares y culturales, también son naturalmente buscadores de una mayor autonomía e independencia. Adquiriendo obedientemente el conocimiento y las habilidades de los adultos consumados representa un camino para ganar estatus y prestigio. Un camino alternativo es descubrir novedosos enfoques o simplemente un giro innovador o refinamiento que conduce al éxito. Estas tendencias

son evidentes hoy para los adolescentes en todo el mundo, son los primeros en adoptar la experiencia con las nuevas tecnologías (así como frecuentes contribuciones a la vanguardia de las últimas tendencias en música, moda y uso innovador del lenguaje).

### CONCLUSIONES

La Ciencia del desarrollo de la adolescencia avanza rápidamente y nosotros sólo hemos revisado una pequeña proporción del campo. Hemos seleccionado trabajos que ilustran la creciente comprensión de la adolescencia como un período de oportunidad de inversión crítica debido a los tipos específicos de aprendizaje que se potencian durante este período de desarrollo. Además en los avances científicos para la comprensión, el enorme potencial para el crecimiento y el desarrollo positivo, también nos hemos centrado en áreas del progreso científico que brindan información sobre las oportunidades para políticas e intervenciones específicas.

A medida que avanza la Ciencia del desarrollo para proporcionar una comprensión de los procesos de desarrollo, conducirá a una mayor precisión en comprender los factores de riesgo del desarrollo e identificar el momento, los objetivos mecanicistas y los mejores contextos para mejorar la trayectoria de la adolescencia. Esta área de investigación es

desafiante, ya que requiere de la evaluación de los efectos diferenciales de intervenciones de aprendizaje similares en múltiples fases de desarrollo.

Desde una perspectiva global, la inversión estratégica de recursos muy limitados, y la posible aceleración de las desigualdades económicas y la amplificación de vulnerabilidades y oportunidades por la revolución de la tecnología de la información, hace que la integración de los conocimientos de la Ciencia del desarrollo en las políticas públicas es aún más convincentes. Los riesgos de invertir en los adolescentes aumentan rápidamente: especialmente si vamos a crear un crecimiento sostenible, abordar el clima cambiar y reducir las desigualdades sociales, todos los problemas que son críticos para el logro de los objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas. Inversiones estratégicas y basadas en el desarrollo en adolescentes podría contribuir a un impacto positivo en los propios adolescentes, sus vidas futuras como líderes en la sociedad adulta, y para quienes serán los padres de la próxima generación.



**Figura 8. Aunque los adolescentes son fuertemente influenciados por los valores familiares y culturales, también son naturalmente buscadores de una mayor autonomía e independencia. Adquiriendo obedientemente el conocimiento y las habilidades de los adultos consumados representa un camino para ganar estatus y prestigio.**