

Módulo 4. Inteligencia

☰ Unidad 1. Inteligencia

☰ Unidad 2. Sustrato cerebral de la inteligencia

☰ Referencias

Unidad 1. Inteligencia

4.1.1 Concepto de inteligencia

Introducción, un poco de historia

Antes de comenzar a definir el concepto de *inteligencia*, es importante conocer de dónde proviene su significado. La palabra *inteligencia* procede de la unión de dos vocablos latinos: *inter*, que significa "entre", y *eligere*, que significa "escoger". Por ende, la definición resultante de estos vocablos es que la inteligencia es la capacidad para escoger de la mejor manera entre las exigencias que nos presenta el mundo.

En psicología la inteligencia ha sido definida como la capacidad de adquirir nuevos conocimientos y utilizarlos de manera novedosa, pero también se le ha relacionado con la curiosidad, la adaptación, el razonamiento, la solución de problemas, la atención, la memoria, los juicios y los talentos especiales, al igual que con habilidades de planeación, organización, analíticas y de visualización (Gottfredson, 1997).

En la vida cotidiana, este conjunto de capacidades o habilidades es esencial. Según David Wechsler (1971), un referente en el campo de la inteligencia, es uno de los fenómenos que más se conocen en el área de la psicología. Sin embargo, esta opinión no es compartida. Por ejemplo, para Salmerón (2002) no existe todavía univocidad en el concepto de inteligencia, aunque se hayan logrado muchos avances con consistencia empírica sobre el estudio de la misma. Aún es un misterio la forma exacta de cómo se interrelaciona y combina la información para formar aquello a lo que colectivamente llamamos inteligencia.

Es así que, en el progreso de la investigación en inteligencia humana, ha ocurrido un desfasaje entre la definición del concepto y el interés por medirla. Deviene imperativo que estos procesos avancen prácticamente en simultáneo. Resulta difícil medir aquello que no se puede definir, ¿no le parece?

A partir de los 90, surge una serie de avances en el conocimiento de la estructura y los mecanismos básicos de la inteligencia que contribuyen al desarrollo de nuevos programas de investigación sobre la inteligencia. En este contexto, se han realizado importantes avances en el conocimiento sobre la influencia genética en la inteligencia, sobre el rol de las variables ambientales en la modulación o sobre la estimulación del desarrollo de esta, entre otros. Estos avances les

permiten a los psicólogos disponer de evidencia sólida sobre este fenómeno, particularmente útil para generar una práctica profesional rigurosa (Colom y Álvarez, 2015).

En términos generales, podemos decir que, entre la concepción científica y la popular, existen algunas coincidencias en torno a la definición de inteligencia, por ejemplo, se cree que las personas inteligentes presentan adecuada resolución de problemas, presentan flexibilidad, capacidad de innovar y buen manejo del lenguaje (Colom y Andrés-Pueyo, 1999).

Salmeron (2002) propone la siguiente clasificación de modelos de inteligencia:

- 1 Modelos centrados en la estructuración- composición de la inteligencia.
- 2 Modelos centrados en el funcionamiento cognitivo de la inteligencia.
- 3 Modelos centrados en la comprensión global del desenvolvimiento social de las personas en la búsqueda de su felicidad como necesidad vital

4.1.2 Modelos centrados en la estructuración-composición de la inteligencia

Desde la perspectiva psicométrica clásica, se han podido medir aptitudes de un sujeto cuando realiza tareas cognitivas de diversa índole a través del método del análisis factorial. Desde esta perspectiva, surgen instrumentos o test psicológicos para medir esas habilidades, tales como el test de inteligencia general (test del factor g), el test de Stanford-Binet o las escalas de Wechsler.

Desde que el equipo liderado por Alfred Binet, psicólogo y pedagogo francés, recibiera el encargo del Gobierno francés en 1899 de diseñar un modo de cumplir con el principio de igualdad en las escuelas, hasta nuestros días, el mayor interés de la investigación en medir la inteligencia ha estado en identificar las dimensiones o aspectos fundamentales de esta. Binet (1911) partió del siguiente supuesto teórico: la inteligencia se manifiesta en la rapidez de aprendizaje (por lo menos del aprendizaje a largo plazo). A partir de ahí, trató de elaborar pruebas que identificaron la rapidez con que aprende un niño normal.

Para Binet (1911) el concepto central para medir la inteligencia fue el de *edad mental*. De este modo Binet y Simon clasificaron la inteligencia como *normal*, *superior* o *inferior*, según si el niño (o adulto) contestaba bien a los ítems de conocimiento que le correspondían a su edad cronológica, a los de mayor o a los de menor edad que él, respectivamente. La intención de su escala fue discriminar a los débiles mentales de los que tenían una inteligencia normal.

Otros tipos de planteamientos sobre el constructo de inteligencia fueron los planteamientos factoriales que se materializan en las teorías sobre el factor G.

La primera teoría sobre el factor general (factor G) fue fundamentada por el psicólogo inglés Charles Spearman (1863-1945). Spearman es muy reconocido en el ámbito psicométrico no solo por su teoría, sino por el uso del análisis factorial. Utilizando esta técnica logró vislumbrar que, cuando se administraban varios test diversos, todos correlacionaban positivamente, es decir que en todos existía un factor común o general, que luego denominó factor G. Este factor sería la base de la inteligencia y de él se desprenderían factores específicos correspondientes a cada test, factor (s). Sus aportes fueron de gran relevancia; sin embargo, en la actualidad, si bien se reconoce la importancia del factor G, se entiende que no es suficiente para explicar la diversidad existente en el comportamiento inteligente, por lo cual debe ser complementado con la evaluación de aptitudes o habilidades más específicas (Hogan, 2015).

A partir de este modelo de la inteligencia, Cattell (1967) elaboró la *teoría de la inteligencia fluida (Gf) y la inteligencia cristalizada (Gc)*. La primera haría referencia a la capacidad para resolver problemáticas sin un acercamiento previo; la segunda, en cambio, requeriría de los aprendizajes obtenidos a partir de la educación, experiencias y cultura (Hogan, 2015).

Thurstone (1947) un ingeniero mecánico y psicólogo estadounidense, fue uno de los primeros críticos del factor G. Propuso que existen varios factores independientes que fueron considerados en su teoría como capacidades mentales primarias. Es así como postula una teoría multifactorial de la inteligencia. Los factores primarios estaban formados por la comprensión verbal, fluidez verbal, entre otros.

Joy Paul Guilford (1959) fue otro seguidor de la corriente de los factores específicos de la inteligencia. Sus trabajos se plantean como una continuidad de los de Thurstone e inicialmente giran en torno a la construcción de test psicométricos (a veces experimentales).

Según Guilford (1959) la inteligencia se presentaría en tres ejes principales, de los cuales se desprenderían subdivisiones adicionales. Los ejes estarían comprendidos por los contenidos, los productos y las operaciones.

Los contenidos estarían referidos a la información o material que presentan los procesos mentales, por ejemplo, una imagen; las operaciones serían los procesos que se generan en la mente con este material, por ejemplo, la memoria; y los productos serían el resultado final de este procesamiento, el cual podría ser divergente o convergente (una sola respuesta o varias diversas). Este modelo estaría relacionado con la concepción de la mente como procesadora de información en la cual se basa la psicología cognitiva actual. Inicialmente, pretendía describir y clasificar las aptitudes humanas y, además, explicar los procesos intelectuales.

En la actualidad no ha demostrado consistencia metodológica, motivo por lo cual no se utiliza; sin embargo, su aporte en la distinción del pensamiento convergente y divergente ha generado numerosos estudios sobre la creatividad.

Sternberg (1990), un psicólogo estadounidense nacido en 1949, propone la *teoría triárquica de la inteligencia*. Considera a la inteligencia como compuesta por tres facetas que a su vez presentan diversas subdivisiones. El autor divide así a la inteligencia en componentes, experiencias y contextos. Este investigador también enfatiza la importancia de los procesos mentales. La faceta denominada *componentes* comprendería procedimientos mentales tales como la planeación o la evaluación, entre otros (las llamadas actualmente *funciones ejecutivas*), el desempeño en la resolución de problemas y la adquisición de conocimientos (codificar, combinar y comparar elementos). La faceta referida a las *experiencias* abordaría la familiaridad con las tareas, desde las automáticas hasta las novedosas. Y, por último, el *contexto* haría referencia a tres formas de enfrentar al entorno, es decir, adaptarse, modificarlo o elegir uno distinto. La faceta más relevante de esta teoría ha sido la de los componentes.

4.1.3 Modelos centrados en el funcionamiento cognitivo de la inteligencia

Los modelos centrados en el funcionamiento cognitivo de la inteligencia, tal como su nombre lo menciona, no se centrarán en la identificación y medición de componentes, variables o dimensiones de la inteligencia, sino en cómo evoluciona el comportamiento inteligente a lo largo de nuestras etapas de desarrollo. Supone, entonces, que la inteligencia atraviesa diferentes etapas de desarrollo progresivas, invariables e irreversibles, las cuales están influenciadas por la herencia y por el ambiente. Así, según estas concepciones, la inteligencia surgiría y se enriquecería a lo largo de la evolución de la vida (Yela, 1990).

Dentro de estos modelos, encontramos el planteado por Piaget y Vygotsky. Piaget (1983) plantea una visión biológica y lógica del desarrollo intelectual. Divide al desarrollo cognitivo en cuatro etapas que se suceden progresivamente. La etapa *sensoriomotora* es la primera, comprendería desde el nacimiento hasta los 2 años y se limitaría a la entrada sensorial; continuaría la *preoperacional* hasta la edad de 6 años, en la cual los niños comenzarían a utilizar palabras para simbolizar; de los 7 a los 12, transcurriría la etapa de *operaciones concretas*, las cuales lograrían comprender los principios de conservación y reversibilidad; por último, a partir de los 12 años, se lograría el pensamiento adulto, el cual supone generar hipótesis, causas y efectos. Mediante diferentes estrategias evaluativas, se lograba saber en qué etapa del desarrollo intelectual estaba el sujeto. La inteligencia iría madurando (Hogan, 2015).

Vygotsky (1988) posee una visión similar a la de Piaget, aunque su principal postulado es la zona de desarrollo proximal. Es decir, supone que las funciones y habilidades se van conformando a través de las etapas evolutivas de los sujetos y se focaliza en el potencial, es decir, en procesos cognitivos superiores que deben ser incorporados y necesitan un modelo de mayor capacidad para estimularlo; la zona entre el aprendizaje alcanzado y el potencial se denominaría la zona de desarrollo proximal. Pone el énfasis en las funciones que se encuentran en proceso de maduración, planteando el desarrollo mental de manera prospectiva. La inteligencia, para el autor, se alcanza con estimulación social, es decir, el niño necesita ser estimulado y aprender a través de la colaboración con las personas que lo rodean. Es así que la zona de desarrollo potencial

se debe a la influencia activa del mediador y al aprendizaje activo del sujeto. Habría una interacción bidireccional entre aprendizaje y desarrollo intelectual, ninguno podría prescindir del otro (Ruiz Carrillo y Estrevel Rivera, 2010).

4.1.4 Modelos centrados en la comprensión global de la persona para un mejor desarrollo de su vida

Muchas aptitudes y habilidades excepcionales que tenemos los seres humanos no son solo producto de la esfera cognitiva. Las personas inteligentes son capaces de funcionar en diferentes facetas y no solo en la lógico-cognitiva (Salmerón, 2002).

Existe un tipo de modelo que explica las diferentes habilidades de las personas, el modelo de las inteligencias múltiples. Otro ejemplo sería el modelo de la inteligencia ejecutiva, de José Antonio Marina.

Para José Antonio Marina (2012), la inteligencia ejecutiva podría definirse como la capacidad para dirigir bien la acción o comportamiento físico o mental, lo que implica la solución de problemas (a nivel teórico) y la puesta en práctica de dicha solución (resolución). Incluye otros tipos de inteligencia, como la inteligencia cognitiva, en cuanto a que, para dirigir la acción, se requiere disponer de conocimientos adecuados, y la inteligencia emocional, pues actuar bien también requiere conocer, manejar y regular las emociones. Por ende, este tipo de inteligencia nos debe dar la capacidad de dirigir bien el comportamiento (físico, psicológico y social):

- eligiendo las metas adecuadas (pensadas) y no solo meras respuestas a estímulos o automatismos;
- aprovechando la información y la experiencia;
- regulando las emociones.

Esta inteligencia tiene la finalidad de encontrar la solución, elegir, anticiparse, formular y planificar metas y objetivos, inventar posibilidades en la realidad para terminar poniendo en práctica la solución, que será siempre más difícil que encontrar la solución a nivel teórico porque incluye ideas, emociones, intereses, expectativas, dificultades y esperanzas para resolver el problema o situación. Por ende, estos tipos de modelos defienden una inteligencia que permita dirigir nuestras acciones movidas por metas conscientemente elegidas, esto requeriría la regulación emocional, la metacognición, la flexibilidad, perseverancia y organización, entre otras habilidades.

Por su parte, Howard Gardner (1995) propuso la teoría de inteligencias múltiples, la cual posee en sus escritos una visión biológica, evolutiva y funcional. El autor propone que existirían 7 (siete) inteligencias, cada una diferente a las demás: la

lingüística, la musical, la lógico-matemática, la espacial, la cinético-corporal, la intrapersonal y la interpersonal (ver Tabla 1). Luego agrega otras inteligencias a su teoría: la naturalista, la existencial, la espiritual y la moral, no tan aceptadas. Esta teoría abrió una nueva perspectiva en el ámbito de la inteligencia y, actualmente, es muy utilizada en el área educativa; principalmente, da cuenta de que todos podemos ser buenos en algo y maximiza nuestro potencial.

Inteligencias propuestas por Howard Gardner

Lingüística

Permite el desarrollo del lenguaje oral y escrito.

Musical

Permite poder producir y expresarse en diversas formas musicales.

Lógico-matemática

Permite el pensamiento abstracto utilizando la matemática y la lógica para comprender.

Visuoespacial

Permite comprender el mundo en tres dimensiones.

Cinético-corporal

Permite conocer el mundo y desarrollarse a través de las sensaciones somáticas y el

cuerpo.

Interpersonal

Permite comprender las emociones de otros, sociabilizar y trabajar mejor en grupo.

Intrapersonal

Es una habilidad que permite conocernos mejor a nosotros mismos.

Para cerrar este apartado, podemos plantear una última cuestión que explica la relación entre psicología e inteligencia: ¿qué sabe la psicología sobre la inteligencia? La American Psychological Association (APA) realizó un informe sobre los conocimientos sobre inteligencia alcanzados hasta el momento. El informe comprendía las novedades sobre el tema y las áreas que requerían estudio (Colom y Andres-Pueyo, 1999).

La APA resaltó los avances alcanzados en el área psicométrica a través de los test psicológicos, reconoció las teorías de autores como Gardner, Piaget, Vygotsky y Sternberg. Sin embargo, menciona el problema de las diferencias culturales y que habría otras variables, como la motivación y el temperamento, que no han sido estudiadas y serían de gran importancia en esos contextos. Se destaca también el interés creciente por estudios sobre factores ambientales y genético-hereditarios. Los genes o variaciones en el ambiente particular o compartido, o la experiencia personal sobre el ambiente, contribuyen a la variabilidad en el rendimiento de los individuos en los test de inteligencia; por ejemplo, ocupación, escolarización, intervenciones educativas, nutrición, alcohol o factores perinatales, entre otros. El informe también menciona que existen diferencias grupales de rendimiento en los test de inteligencia, como también de sexo y étnico-raciales (Colom y Pueyo, 1999).

Si bien se ha avanzado en el área, la inteligencia es un constructo del cual queda mucho por investigar. Por ejemplo, se conoce que la educación es un aspecto central para desarrollar la inteligencia y, si bien se han hecho muchas investigaciones al respecto, no se conoce en su totalidad el fenómeno.

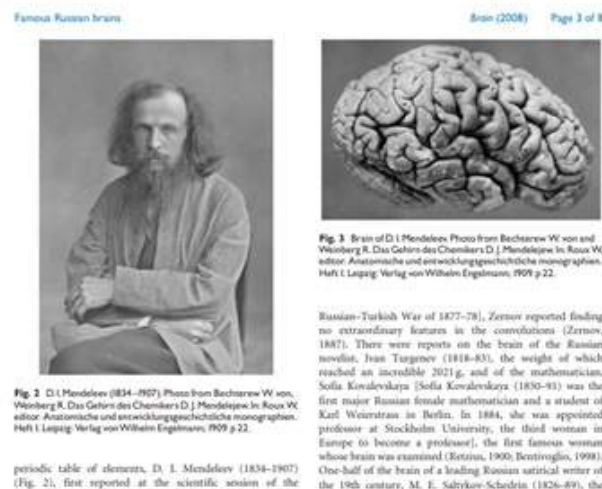
CONTINUE

Unidad 2. Sustrato cerebral de la inteligencia

4.2.1 ¿Los cerebros más grandes son más inteligentes?

Una pregunta que ha desconcertado a los científicos durante siglos es la del origen de la inteligencia humana. ¿Qué hace que algunas personas sean más inteligentes que otras? La búsqueda de respuestas a estas preguntas ha comenzado ya en la década de 1830 en Europa y Rusia, donde los cerebros de los científicos y artistas de élite fallecidos se recogieron sistemáticamente y se estudiaron meticulosamente (Vein y Maat-Schieman, 2008). Sin embargo, todos los intentos por diseccionar la habilidad y el talento excepcionales no revelaron mucho en ese momento (Figura 1).

Figura 1. El cerebro de científicos y artistas de elite rusos, extracto del paper científico



Fuente: Vein & Maat-Schieman, 2008, p.3.

En la imagen: Mendeleev, creador de la tabla periódica, y su cerebro.

La hipótesis reinante en el siglo pasado era que las personas más inteligentes tenían cerebros más grandes. Con los avances en las técnicas de neuroimagen, esta hipótesis fue puesta a prueba en muchos estudios. De hecho, un meta-

análisis de 37 estudios con más de 1500 individuos sobre la relación entre el volumen cerebral *in vivo* y la inteligencia encontró correlaciones moderadas pero significativas (McDaniel, 2005). La fuerza de la asociación entre el volumen cerebral y el coeficiente intelectual parece estar sobreestimada en la literatura, pero, aun así, sigue siendo robusta. Por lo tanto, el mayor volumen cerebral, en general, se asocia con una mayor inteligencia.

4.2.2 ¿Qué áreas cerebrales son importantes para la inteligencia?

La función cerebral se distribuye en varias áreas que albergan funciones específicas. ¿Puede atribuirse la inteligencia a una o varias de estas áreas? La respuesta es: a varias áreas. Los estudios a través de imágenes cerebrales en los que se analiza estructura y función se centraron en localizar la inteligencia general dentro del cerebro y en vincular tipos específicos de cognición con áreas cerebrales específicas. Diversos estudios vinculan las puntuaciones del coeficiente intelectual (CI) con el volumen intracraneal, cerebral, del lóbulo temporal, del hipocampo y del cerebelo, que, en conjunto, abarcan casi todas las áreas del cerebro (Deary, Penke y Johnson, 2010).

Cambios en la estructura del cerebro

La estructura del cerebro no es fijada en un momento determinado del desarrollo y luego permanece inalterada por el resto de nuestras vidas. El volumen de materia gris cambia a lo largo de la infancia y de la edad adulta (Gogtay et al., 2004) y está influenciado por el aprendizaje, las diferencias hormonales, la experiencia y la edad. Los cambios en la materia gris pueden reflejar reordenamientos de dendritas y sinapsis entre neuronas. Cuando las personas adquieren una nueva habilidad, por ejemplo, el malabarismo, se observan cambios estructurales transitorios y selectivos en las áreas del cerebro que están asociadas con el procesamiento y almacenamiento del movimiento visual complejo (Draganski et al., 2004). Del mismo modo, las diferencias de sexo y de edad son factores importantes que influyen en la estructura cerebral y pueden afectar a las áreas corticales que se asocian con la inteligencia.

La edad importa

Además de las diferencias de sexo, el volumen de materia gris muestra cambios dramáticos durante la vida que son parte del desarrollo normal (Gogtay et al., 2004). El aumento inicial a edades más tempranas es seguido por un adelgazamiento sostenido alrededor de la pubertad. Se cree que este cambio en el desarrollo es el resultado de la sobreproducción de sinapsis en la primera infancia y del aumento de la poda sináptica en la adolescencia y la adultez temprana (Bourgeois, Rakic & Goldman-Rakic, 1994). Además, las diferentes áreas tienen su propio cronograma de maduración: las corticales de asociación de orden superior maduran solo después de las corticales somatosensoriales y visuales de orden inferior (Gogtay et al., 2004). Las correlaciones con la inteligencia siguen una curva de desarrollo similar. Las correlaciones más fuertes entre

el volumen de materia gris y la inteligencia se han encontrado en niños de alrededor de 10 años (Shaw et al., 2006). Sin embargo, a la edad de 12 años, alrededor del comienzo del adelgazamiento cortical, surge una relación negativa (Brouwer, Zander, van Erp, Korteling y Bronkhorst, 2015). Además, parece que todo el patrón de maduración cortical se desarrolla de manera diferente en los niños más inteligentes. Los niños con un coeficiente intelectual más alto presentan una corteza particularmente plástica, con una fase inicial acelerada y prolongada de aumento cortical y un adelgazamiento cortical igualmente vigoroso en la adolescencia temprana (Shaw et al., 2006).

4.2.3 Materia blanca e inteligencia

No solo la materia gris, sino también los volúmenes de materia blanca muestran una asociación con la inteligencia que puede explicarse por el origen genético común (Posthuma et al., 2002). La materia blanca consiste en axones mielinizados que transfieren información de una región del cerebro a otra, y la integridad de las vías de la materia blanca es esencial para la función cognitiva normal. Por lo tanto, los patrones específicos de desconectividad de la materia blanca se asocian con factores cognitivos y psicopatológicos generales hereditarios (Alnæs et al., 2018). Por ejemplo, Yu, Zhang, Liebl y Kernie (2008) encontraron que los pacientes con retraso mental muestran un daño extenso en la integridad de las vías de la materia blanca. Las puntuaciones de CI se correlacionaron significativamente con la integridad de múltiples tractos de materia blanca tanto en los controles sanos como en los pacientes con retraso mental. Esta correlación fue especialmente prominente en el fascículo derecho que conecta partes del lóbulo temporal con las áreas del lóbulo frontal. Estos resultados apoyan hallazgos anteriores sobre la asociación entre la inteligencia y el volumen de materia gris del lóbulo frontal y temporal, y enfatizan que la conectividad intacta entre estas áreas es importante para la inteligencia (Yu et al., 2008).

Los estudios longitudinales que rastrean los cambios en la materia blanca a través del desarrollo y durante el envejecimiento también muestran que los cambios en la materia blanca van acompañados por cambios en la inteligencia. Durante la maduración cerebral en los niños, la estructura de la materia blanca muestra asociaciones con la inteligencia. Por ejemplo, se estudió la materia blanca en niños de desarrollo típico frente a estudiantes con dificultades. La eficiencia de la materia blanca se conectó con la inteligencia y los logros educativos en ambos grupos (Astle, Bathelt, Team y Holmes, 2019).

También, en etapas posteriores de la vida, los cambios en la microestructura de la materia blanca se relacionan con cambios en la inteligencia. Se encontraron correlaciones sustanciales entre la materia blanca en ubicaciones específicas de tramos del cerebro y la inteligencia general en individuos mayores. El análisis subsiguiente mostró que la integridad del tracto de la materia blanca inferior ejerce un efecto negativo sustancial en la inteligencia general a través de la reducción de la velocidad de procesamiento de la información. Por lo tanto, las fibras axonales estructuralmente intactas a través del cerebro proporcionan la infraestructura neuroanatómica para el procesamiento rápido de la información dentro de las redes cerebrales generalizadas, apoyando la inteligencia general (Penke et al., 2012).

Conclusiones sobre la distribución cerebral de la inteligencia

Los estudios de neuroimagen funcional y estructural muestran que la inteligencia general no puede ser atribuida a una región específica. Más bien, la inteligencia está respaldada por una red distribuida de regiones cerebrales en muchas –si no es en todas– áreas corticales de asociación de orden superior, también conocidas como red *parietal-frontal*. Esta red incluye un gran número de regiones: la corteza prefrontal dorsolateral, el lóbulo parietal y el cíngulo anterior, múltiples regiones dentro de los lóbulos temporal y occipital y, finalmente, las principales zonas de materia blanca (Jung & Haier, 2007).

Aunque los estudios de imágenes cerebrales han identificado correlaciones anatómicas y funcionales de la inteligencia humana, los coeficientes de correlación resultan modestos. Resulta importante considerar que hay otros factores que contribuyen a la inteligencia. Desde una perspectiva evolutiva, el cerebro humano tiene capacidades cognitivas excepcionales en comparación con otras especies, que incluyen muchas habilidades humanas específicas: el pensamiento abstracto, el lenguaje y la creatividad. Sin embargo, la anatomía del cerebro humano no es tan distinta de la de otras especies de mamíferos y no puede explicar satisfactoriamente un marcado salto evolutivo en la inteligencia. Tanto en su tamaño como en su recuento neuronal, el cerebro humano no se destaca: los elefantes y las ballenas tienen cerebros más grandes y la corteza cerebral de calderones de aleta larga contiene más neuronas (37 000 millones) que la de los humanos (19 000 a 23 000 millones). Especialmente, los cerebros de nuestros vecinos más cercanos en la escala evolutiva, los primates no humanos, muestran un notable parecido. De hecho, el cerebro humano es anatómicamente, en todos los sentidos, un cerebro de primate a escala lineal, y parece tener pocas características excepcionales o extraordinarias a las que se puedan atribuir capacidades cognitivas excepcionales. Por lo tanto, las respuestas a los orígenes de la inteligencia humana y su variación entre los individuos no se encuentran probablemente solo en la anatomía grosera del cerebro, sino que deben buscarse a nivel de sus bloques de construcción y unidades computacionales: neuronas, sinapsis y su composición genética (Herculano-Houzel, 2012).

4.2.4 Últimos avances, teoría de las redes e inteligencia

En el siglo XIX, a través del microscopio, se logró observar que la neurona está constituida por diferentes componentes y se entrelazan en forma de red, lo que permite el procesamiento global de la información. El cerebro humano está fundamentalmente diseñado para la eficiencia, es decir, para minimizar el costo energético en el procesamiento de la información mientras se maximiza la capacidad de crecimiento y adaptación (Ramón y Cajal et al., 1999; Bullmore y Sporns, 2004).

La minimización del coste se consigue dividiendo la corteza en módulos anatómicamente localizados, compuestos por regiones o nodos densamente interconectados. La proximidad espacial de los nodos dentro de cada módulo reduce la longitud media de las proyecciones axonales (conservación de espacio y material), lo que aumenta la velocidad de transmisión de la señal (ahorro de tiempo) y promueve la eficiencia local (Latora y Marchiori, 2001). Esta compartimentación de la función disminuye la probabilidad de fallo del sistema global cuando hay lesiones cerebrales (Barbey et al., 2015). De hecho, la capacidad de cada módulo para funcionar y modificar sus operaciones sin afectar negativamente a otros módulos

permite flexibilidad en el funcionamiento cognitivo y, por lo tanto, confiere una importante ventaja adaptativa (Simon, 1962; Bassett y Gazzaniga, 2011). Es entonces crucial que la arquitectura de cada módulo le permita, al mismo, un funcionamiento específico local, pero que también esté conectado y pueda procesar la información a nivel global. La eficiencia local debe estar acompañada con una eficiencia global, lo que permite integrar la información a través de toda la red en su conjunto y, por ejemplo, se puedan comunicar entre dos nodos cualesquiera. Este objetivo complementario, sin embargo, crea una necesidad de conexiones de larga distancia que incurrir en un alto coste de cableado. Así, un diseño eficiente se logra mediante la introducción de restricciones competitivas en la organización del cerebro, exigiendo una disminución en el cableado de la especialización local y una necesidad opuesta de aumentar la distancia de conexión para facilitar el funcionamiento global del sistema.

La eficiencia local está encarnada por una red o entramado regular en el que cada nodo está conectado a un número igual de sus vecinos más cercanos, apoyando así la comunicación local directa en la región. Por el contrario, la eficiencia global está ejemplificada por una red en la que cada nodo se conecta en promedio a cualquier otro nodo, incluidas las conexiones entre regiones físicamente distantes. El cerebro humano, entonces, equilibra estos tipos de conexiones incorporando conexiones aleatorias y creando una topología reducida, como si fuesen pequeños mundos. En conjunto, estas características permiten una alta eficiencia local y global a un bajo coste, lo que proporciona una arquitectura parsimoniosa para la organización del cerebro humano (Sporns, Tononi y Edelman, 2000; Robinson, Henderson, Matar, Riley y Gray, 2009) y logra una topología de red modular (autónoma) y global (interactiva) que es esencial a la inteligencia general (van der Maas, 2006). Esto ha sido demostrado a través de múltiples modalidades de neuroimagen incluyendo estructurales (He, Chen y Evans, 2007), funcionales (Eguiluz, Chialvo, Cecchi, Baliki y Apkarian 2005; Achard y Bullmore, 2007) y resonancia magnética (IRM) (Hagmann et al., 2007). La evidencia emergente de las neurociencias indica, además, que la inteligencia está directamente relacionada con las características de una topología de pequeño mundo, lo que demuestra que las diferencias individuales en g se asocian con las medidas de eficiencia global de la red (van den Heuvel, Stam, Kanh y Hulshoff, 2009; Cole, Yarconi, Repovs, Anticevic y Braver, 2012). Las alteraciones en la topología de una red de pequeño mundo también se han relacionado con diferentes estados de enfermedad, etapas del desarrollo de la vida e intervenciones farmacológicas, estableciendo su importancia para comprender la salud humana y las enfermedades.

CONTINUE

Referencias

Achard, S. & Bullmore, E. (2007) *Efficiency and cost of economical brain functional networks* [Eficiencia y coste de las redes funcionales cerebrales económicas]. *PLoS Computational Biology*, 3, 17.

Alnæs, D., Kaufmann, T., Doan, N. T., Córdova-Palomera, A., Wang, Y., Bettella, F. ... & Westlye, L. (2018). *Association of Heritable Cognitive Ability and Psychopathology With White Matter Properties in Children and Adolescents* [Asociación de la habilidad cognitiva hereditable y psicopatología con propiedades de materia blanca en niños y adolescentes]. *JAMA Psychiatry*, 75(3), 287-295. Doi: 10.1001/jamapsychiatry.2017.4277

Astle, D., Bathelt, J., Team, T., & Holmes, J. (2019). *Remapping the cognitive and neural profiles of children who struggle at school* [Reasignando los perfiles cognitivos y neuronales de los niños que luchan en la escuela]. *Developmental Science*, 22(1), e12747. Doi: 10.1111/desc.12747

Barbey, A., Belli, A., Logan, A., Rubin, R., Zamroziewicz, M., & Operskalski, J. (2015). *Network topology and dynamics in traumatic brain injury* [Topología y dinámica en las redes cerebrales en lesión cerebral traumática]. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 4, 92-102.

Bassett, D., y Gazzaniga, M. (2011). *Understanding complexity in the human brain* [Entendiendo la complejidad del cerebro humano] *Trends in Cognitive. Sciences*, 15, 200-209.

Binet, A. (1911). *Le bilan de la psychologie en 1910* [El balance de la psicología en 1910]. *L'Année Psychologique*, 17, 5-19

Bourgeois, J., Rakic, P., & Goldman-Rakic, P. (1994). *Synaptogenesis in the Prefrontal Cortex of Rhesus Monkeys. Cerebral Cortex* [La sinaptogénesis en la corteza prefrontal de monos Rhesus], 4(1), 78-96. Doi: 10.1093/cercor/4.1.78

Brouwer, A., Zander, T., van Erp, J., Korteling, J., & Bronkhorst, A. (2015). *Using neurophysiological signals that reflect cognitive or affective state: six recommendations to avoid common pitfalls* [El uso de señales neurofisiológicas que reflejan el estado cognitivo o afectivo: seis recomendaciones para evitar las dificultades comunes]. *Frontiers in Neuroscience* 9, 1-11. Doi: 10.3389/fnins.2015.00136

Bullmore, E., & Sporns, O. (2012). *The economy of brain network organization* [La economía de la organización de la red cerebral]. *Nature Reviews in Neuroscience*, 13, 336-349.

Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities. A survey of factor analytic studies* [Habilidades cognitivas humanas. Una inspección de estudios analíticos factoriales]. Cambridge, US: Cambridge University Press.

Cole, M., Yarconi, T., Repovs, G., Anticevic, A., & Braver, T. (2012). *Global connectivity of prefrontal cortex predicts cognitive control and intelligence* [La conectividad global de la corteza prefrontal predice el control cognitivo y la inteligencia]. *Journal of Neuroscience*, 32, 8988-8999.

Colom, R. y Álvarez-Linera, J., (2015). *Inteligencia*. En D. Diaz Mendez y J. M. Latorre Postigo, Eds, *Psicología Médica*. Madrid, Elsevier.

Deary, I. J., Penke, L., & Johnson, W. (2010). *The neuroscience of human intelligence differences* [La neurociencia de las diferencias en la inteligencia humana]. *Nature Reviews Neuroscience*, 11, 201. Doi: 10.1038/nrn2793

Draganski, B., Gaser, C., Busch, V., Schuierer, G., Bogdahn, U., & May, A. (2004). *Neuroplasticity: changes in grey matter induced by training* [Neuroplasticidad: cambios en la material gris inducidos por el entrenamiento]. *Nature*, 427(6972), 311-312.

Eguiluz, V., Chialvo, D., Cecchi, C., Baliki, M., & Apkarian, V. (2005). *Scale-free brain functional networks* [Sin escalas en redes funcionales del cerebro]. *Physical Review Letters*, 94(1), 018102.

Gardner, H. (1995). *Inteligencias múltiples*. La teoría en la práctica. Barcelona: Paidós.

Guilford, J. P. (1959). *Three face of intellect*. *American Psychologist*, 14, 469-479.

Gogtay, N., Giedd, J. N., Lusk, L., Hayashi, K. M., Greenstein, D., Vaituzis, A. C., Nugent, T. ... & Thompson, P. M. (2004). *Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood* [Mapeo dinámico del desarrollo cortical humano durante la infancia hasta la edad adulta temprana]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(21), 8174-8179. Doi: 10.1073/pnas.0402680101.

Gottfredson, L. (1997). *Mainstream science on intelligence: an editorial with 52 signatories, history, and biography* [Ciencia general sobre inteligencia: una editorial con 52 signatarios, historia y biografía]. *Intelligence*, 24, 13-23.

Goleman, D. (2000). *La práctica de la inteligencia emocional*. Barcelona: Kairós.

Hagmann, P., Kurant, M., Gigandet, X., Thiran, P., Wedeen, V., Meuli, R., & Thiran J. P. (2007). *Mapping human whole-brain structural networks with diffusion MRI* [Mapeo de redes estructurales del cerebro humano completo con MRI de difusión]. PLoS One, 2, 597.

Herculano-Houzel, S. (2012). *The remarkable, yet not extraordinary, human brain as a scaled-up primate brain and its associated cost* [El extraordinario, pero no extraordinario, cerebro humano como un cerebro de primate ampliado, y sus costos asociados]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 109, 10661-10668. Doi: 10.1073/pnas.1201895109.

He, Y., Chen, Z., & Evans, A. (2007). *Small-world anatomical networks in the human brain revealed by cortical thickness from MRI* [Redes anatómicas del mundo pequeño en el cerebro humano reveladas por el grosor cortical de MRI]. Cerebral Cortex, 17, 2407-2419.

Hogan, T. (2015). *Pruebas psicológicas: una introducción práctica*. México D. F., MX: El Manual Moderno.

Jensen, A. (1998). *The g factor* [El factor g]. London, GB: Praeger.

Jung, R. E., & Haier, R. J. (2007). *The Parieto-Frontal Integration Theory (P-FIT) of intelligence: Converging neuroimaging evidence* [La teoría de la integración parieto-frontal (P-FIT) de la inteligencia: evidencia de neuroimagen convergente]. Behavioral and Brain Sciences, 30(2), 135-154. Doi: 10.1017/S0140525X07001185.

Latora, V., & Marchiori, M. (2001). *Efficient behavior of smallworld networks* [Comportamiento eficiente de las redes del pequeño mundo]. Physical. Review. Letters, 87, 198701.

Marañón, R. y Pueyo, A. (1999). *El estudio de la inteligencia humana: recapitulación ante el cambio de milenio*. Psicotherma, 11(3), 453-476.

Marina, J. A. (2012). *La inteligencia ejecutiva. Lo que los padres y docentes deben saber*. Madrid, ES: Ariel.

McDaniel, M. (2005). *Big-brained people are smarter: A meta-analysis of the relationship between in vivo brain volume and intelligence* [Las personas con gran cerebro son más inteligentes: un metanálisis de la relación entre el volumen cerebral in vivo y la inteligencia]. Intelligence, 33, 337-346.

Penke, L., Maniega, S. M., Bastin, M. E., Valdés Hernández, M. C., Murray, C., Royle, N. A. ... & Deary, I. J. (2012). *Brain white matter tract integrity as a neural foundation for general intelligence* [Integridad del tracto cerebral de la materia blanca como base neuronal para la inteligencia general]. Molecular Psychiatry, 17, 1026. Doi: 10.1038/mp.2012.66

Piaget, J. (1983). *Psicología de la inteligencia*. Buenos Aires, AR: Psique.

Posthuma, D., De Geus, E. J., Baaré, W. F., Hulshoff Pol, H. E., Kahn, R. S., & Boomsma, D. I. (2002). *The Association between Brain Volume and Intelligence is of Genetic Origin* [La asociación entre el volumen cerebral y la inteligencia es de origen genético]. *Nature Neuroscience*, 5(2), 83-84.

Ramón y Cajal, S., Pasik, P., & Pasik, T. (1999). *Texture of the Nervous System of Man and the Vertebrates* [Textura del sistema nervioso del hombre y los vertebrados]. Viena, AU: Springer.

Robinson, P., Henderson, J., Matar, E., Riley, P., & Gray, T. (2009) *Dynamical reconnection and stability constraints on cortical network architecture* [Restricciones dinámicas y restricciones de estabilidad en la arquitectura de red cortical]. *Physical Review Letters*, 103, 108104.

Ruiz Carrillo, E. y Estrevel Rivera, L. (2010). *Vigotsky: la escuela y la subjetividad*. *Pensamiento Psicológico*, 8(15), 135-146.

Salmerón, P. (2002). *Evolución de los conceptos sobre inteligencia-Planteamientos actuales de la inteligencia emocional para la orientación educativa*. *Educación XXI: Revista de la Facultad de Educación*, 5, 97-122.

Shaw, P., Greenstein, D., Lerch, J., Clasen, L., Lenroot, R., Gogtay, N., Evans, A. ... & Giedd, J. (2006). *Intellectual ability and cortical development in children and adolescents* [Capacidad intelectual y desarrollo cortical en niños y adolescentes]. *Nature*, 440, 676. Doi: 10.1038/nature04513

Simon, H. (1962). *The architecture of complexity* [La arquitectura de la complejidad]. *Proceedings of American Philosophical Society*, 106, 467-482

Sporns, O., Tononi, G., & Edelman, G. (2000). *Theoretical neuroanatomy: relating anatomical and functional connectivity in graphs and cortical connection matrices* [Neuroanatomía teórica: relacionando conectividad anatómica y funcional en gráficos y matrices de conexión cortical]. *Cerebral Cortex*, 10, 127-141.

Sternberg, R. J. (1990). *Más allá del cociente intelectual. Una teoría triárquica de la inteligencia humana*. Bilbao: Descleé de Brouwer.

Thurstone, L. L. (1947). *Multiple-factor analysis*. Chicago: University of Chicago Press.

Vein, A., & Maat-Schieman, M. (2008). *Famous Russian brains: Historical attempts to understand intelligence* [Famosos cerebros rusos: intentos históricos de entender la inteligencia]. *Brain*, 131, 583-590.

Vygotsky, L. (1988). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. México: Grijalbo.

Wechsler, D. (1971). *Intelligence: definition, theory and the IQ*. In R. Cancro (Ed.), *Intelligence: genetic and environmental influences* [Inteligencia: influencias genéticas y ambientales] (S/d) New York, US: Grune Straton.

Yela, M. (1990). *Evaluar qué y para qué. El problema del criterio*. Papeles del psicólogo, 46-47. Recuperado de <http://www.papelesdelpsicologo.es/resumen?pii=469>

Yu, T.-S., Zhang, G., Liebl, D. J., & Kernie, S. G. (2008). *Traumatic brain injury-induced hippocampal neurogenesis requires activation of early nestin-expressing progenitor* [La neurogénesis del hipocampo inducida por lesión cerebral traumática requiere la activación de progenitores tempranos que expresan nestina]. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 28(48), 12901-12912. Doi: 10.1523/JNEUROSCI.4629-08.2008

CONTINUE