



FACULTAD DE EDUCACIÓN

MÁSTER EN FORMACIÓN DEL PROFESORADO
PARA ALUMNOS DE ALTAS CAPACIDADES.

PARA ALUMNOS DE ALTAS CAPACIDADES.

MÓDULO 4: DETECCIÓN Y DIAGNÓSTICO

**“Marcadores Neurobiológicos y Altas
Capacidades”**

Salvador Borrás Sanchis.

ANEXO:

“La organización de la Detección y del Diagnóstico Proactivo de las
Altas Capacidades, en España”

1. INTRODUCCIÓN

La investigación en el campo de las altas capacidades, más concretamente relacionada con el concepto de inteligencia, se basa fundamentalmente en variedad de teorías explicativas que buscan la definición de conceptos, o en el establecimiento de criterios diferenciales en base a categorías clínicas, así como en la construcción o descripción de instrumentos que pretenden identificar lo que el sujeto hace y cómo es en base a sus respuestas o manifestaciones tangibles pero no exentas de interpretación clínica. Tanto las teorías cognitivas como las evolutivas analizan la inteligencia a partir de variables psicológicas y educativas, otros modelos implícitos contemplan aspectos socioculturales y ambientales.

Durante décadas se han presentado distintos modelos explicativos de la inteligencia, su origen, evolución y desarrollo. Sin embargo, actualmente, en palabras del Prof. Josep de Mirandés, asistimos a la convergencia y síntesis de todas las anteriores y diferentes teorías en las actuales *Definiciones Científicas Altas Capacidades*, que reconocen las implicaciones clínicas inherentes, incorporadas en la *Guía Científica de las Altas Capacidades*, esfuerzo de consenso científico de las más acreditadas instituciones científicas especializadas, y declarada de Interés Científico y Profesional, que ofrece la visión práctica de las Definiciones Científicas. Esta visión es un punto de partida que se hacia la presentación del *Congreso Mundial Inteligencia Humana, Altas Capacidades y Educación* (presentado por el Dr. Juan Luis Miranda Romero el 25 de enero de 2014 su Ponencia: «El Diagnóstico Clínico Integrado como paso necesario y previo a la Intervención Educativa» <http://cse.altascapacidades.net/PonenciaDPIE.pdf>), como medio de mantener las actuales definiciones científicas permanentemente actualizadas, organizado por las mismas instituciones científicas e igualmente declarado de Interés Científico y Profesional.

Partiendo de las Definiciones Científicas que podemos ver en la web del *Congreso Mundial Inteligencia Humana, Altas Capacidades y Educación* <http://congresomundial.altascapacidadescse.org/> reproducimos una parte en la que se afirma que: *La inteligencia humana alcanza unos planos que la inteligencia animal o la inteligencia artificial nunca podrán alcanzar. Parafraseando al Prof. Marina diremos que la inteligencia humana es la transfiguración completa de la inteligencia computacional. La inteligencia humana, en su definición, puede tomar base en la definición de inteligencia computacional, pero el hombre empieza creándola y acaba organizándola, controlándola, dirigiéndola y transformándola. Porque, el ser humano tiene sentimientos, sensaciones y emociones, en constante interacción con el sistema cognitivo: ilusión y desgana, angustia y placer. También placer intelectual. Capacidad de reconocerse, y gestionar sus propias limitaciones, de plantear nuevos problemas, de intuir o inventar nuevas capacidades y posibilidades.*

Capacidad de autotransfigurarse en la libertad mediante la voluntad: autodeterminarse. Por ello, concluimos conviniendo con el Prof. Marina que la “inteligencia humana es la inteligencia computacional que se autodetermina”.

También convenimos con Marina, en la necesidad de crear una “Ciencia de la Inteligencia Humana”, donde no se trate sólo de lógica formal, también de lógica creativa; no sólo de medios, también de fines. No sólo de razón, también de emociones y de sentimientos, y su interacción permanente. Porque la inteligencia humana necesita, y es capaz, de crear la “Ciencia de la Inteligencia Humana”. Si no, no sería inteligencia humana.

Los modelos de la inteligencia humana contribuyen al conocimiento científico, por una parte, elaborando instrumentos de medición que suelen generar casi tantas críticas como estudios relevantes y, por otro lado, ofreciendo un marco teórico-empírico para las diferentes disciplinas, entre ellas la neurociencia.

Sin embargo, y pese a los avances en neurociencia y en neuropsicología, los errores tanto conceptuales como en el diagnóstico así como en la respuesta educativa han venido sucediéndose en nuestro sistema educativo en sectores tanto docentes y profesionales como políticos, implicando a diferentes consejerías de educación con tergiversaciones que podemos ver ampliamente detalladas en la Guía Científica de las Altas Capacidades, que se puede descargar en: <http://www.altscapacidadescse.org/cse/shop/>

Mientras se producían todos estos errores con el consiguiente riesgo para el diagnóstico de las altas capacidades, la Ciencia afortunadamente ha seguido avanzando. Un ejemplo de ello son estudios de neuroimagen, estructurales y funcionales en general, que han dado soporte a una red frontoparietal como relevante para la inteligencia. Esta misma red se ha encontrado a la base de las funciones cognitivas relacionadas con la percepción, el almacenamiento de la memoria a corto plazo y el lenguaje. La forma en que se distribuye esta red y su participación en una amplia gama de funciones cognitivas se ajusta bien con la característica integradora de la inteligencia (Colom, R. 2010).

Las dificultades para detectar, identificar y evaluar al alumno de altas capacidades, se plantean tanto desde el punto de vista de su conceptualización como desde las técnicas e instrumentos empleados. Los procesos cognitivos complejos y superiores que utilizan las personas con alta capacidad difieren del resto de personas, es fundamental el papel que juegan algunos procesos cognitivos a la hora de determinar la conducta inteligente compleja (Montero, J. 2013). Los alumnos con altas capacidades obtienen el mayor rendimiento en baterías o test utilizados frecuentemente, tanto en educación como en clínica, porque su capacidad de gestión de distintos almacenes de memoria, y capacidad psicolingüística, están significativamente en umbrales muy superiores. Sin embargo en la exploración psicométrica, se observa la diferencia entre los resultados de la memoria a largo plazo y la memoria de trabajo (memoria a corto plazo), el ejecutivo central que gestiona los recursos atencionales.

En la actualidad, la memoria de trabajo, se entiende como el conjunto de ítems que, en un momento dado, se encuentran activos y están siendo utilizados voluntariamente por el sujeto. La concepción actual es más bien de tipo funcional. Baddeley (2010) propone que la memoria de trabajo (MT) está formada por al menos tres subsistemas (ejecutivo central, bucle fonológico y

agenda visoespacial) organizados de forma jerárquica entre sí y que funcionan en estrecha colaboración. La correlación entre memoria de trabajo y áreas de sustancia blanca temporales, parietales y frontales ha sido documentada por diversos estudios (Tirapu J. 2011), siendo especialmente relevante la integridad de la sustancia blanca profunda del lóbulo frontal predominantemente izquierdo en la memoria de trabajo verbal.

La memoria de trabajo requiere la activación de un circuito de neuronas corticales en interconexión entre áreas prefrontales, temporales y occipitales. La inteligencia general se asocia con una poderosa memoria de trabajo, que incluye el control ejecutivo y la manipulación de un gran número de reglas, conceptos, metas e ideas. Sin embargo, muchos estudiantes con altas capacidades obtienen puntuaciones significativamente más bajas en los test que presumiblemente están midiendo la memoria de trabajo, pese a que neurobiológicamente puedan tener una configuración favorable.

Este es uno de los muchos ejemplos que podemos encontrar en la práctica clínica y que complica el diagnóstico de las altas capacidades en la parte psicométrica que, de forma complementaria, es necesaria y no suficiente. Podríamos preguntarnos porqué la memoria de trabajo, tan relacionada en la literatura científica con la inteligencia, decrece de manera tan significativa, en algunos casos, en relación con otras funciones cognitivas en sujetos con altas capacidades. ¿Realmente miden la memoria de trabajo estas pruebas o test, o sólo una parte de ella?

Desde el punto de vista del diagnóstico clínico integrado y diferencial de las altas capacidades nos interesa la identificación de la multiplicidad de variables que acompañan a este espectro de alta capacidad. Sabemos que la tarea no es fácil pero cada vez contamos con más instrumentos para la medición de la inteligencia, concretamente con esta población situada estadísticamente y de forma multidimensional en zonas al este de la campana de Gauss. La parte psicométrica de la inteligencia ha sido determinante durante muchas décadas para la definición de las altas capacidades. Actualmente sigue siendo importante pero no tan determinante dada dicha multidimensionalidad que requiere abordajes más holísticos en busca de una mayor concreción.

Por otra parte, la genética sigue avanzando a pasos agigantados y su determinismo ayuda a la medicina, por ejemplo, en la prevención de numerosas enfermedades. Evidentemente, el campo de la genética nos aporta también valiosa información en la descripción del normodesarrollo. Desde hace una década se conoce el genoma humano aunque aún falta mucho trabajo para descubrir lo que hace que un determinado gen se transforme en una característica o fenotipo, descubrir asociaciones entre las diferencias individuales en el genotipo y las diferencias en el desarrollo de las personas es todo un reto para los científicos, así pues parece razonable encontrar un paso intermedio entre el genotipo y el fenotipo que medie entre genoma y conducta o entre genoma y rasgo.

Los endofenotipos son la respuesta a este estadio intermedio que no se observa clínicamente y que se encuentra más cercano a lo endógeno que a

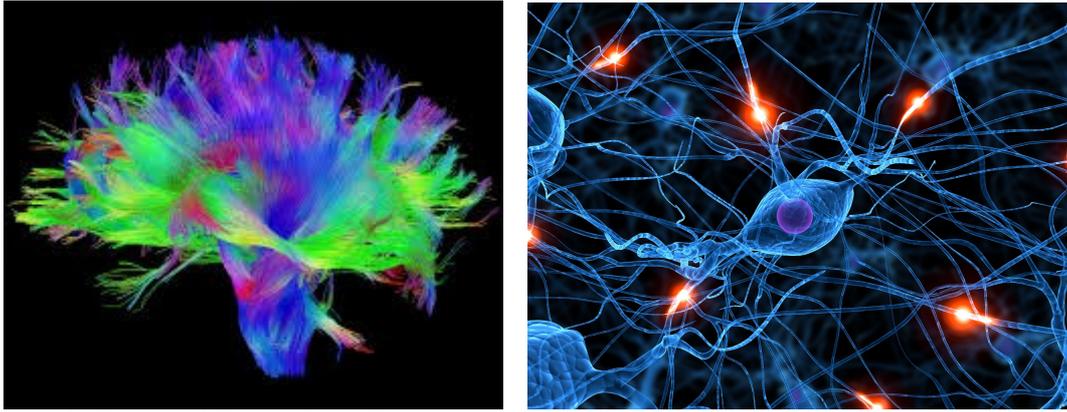
los signos externos. Ejemplos de endofenotipos son la variabilidad en señales biológicas como el EEG, la distribución de materia gris en la neocorteza o la activación de la amígdala.

Para que un marcador pueda ser considerado como endofenotipo debe estar relacionado con la herencia y con la sintomatología, siendo independiente del estado clínico. Los endofenotipos son indicadores de una predisposición y ayudan a una mejor definición de los criterios diagnósticos. Así pues, los endofenotipos pueden ser considerados marcadores clínicos, también neuromarcadores aunque su definición aún genera controversias.

Cuando los genes específicos de una enfermedad han sido identificados, los endofenotipos pueden señalar los caminos neurales por lo que genes concretos contribuyen a la responsabilidad del trastorno empleando fenotipos que son dimensionales más que categóricos (Waddington J.L. et al, 2007). En psiquiatría y de cara a la personalización de los tratamientos es donde el conocimiento de los endofenotipos está adquiriendo cada vez más fuerza, trastornos como la esquizofrenia, los TOC y el trastorno bipolar, y en este orden, son los más estudiados en la búsqueda de estos marcadores biológicos. Así por ejemplo se pudieron identificar la velocidad de procesamiento, la memoria de trabajo y la memoria facial declarativa como endofenotipos del trastorno bipolar. Un fuerte candidato para endofenotipo la esquizofrenia es la inhibición prepulso, la capacidad de inhibir la reacción a los estímulos sorprendentes (Glahn et al., 2010). Ambos trastornos, esquizofrenia y trastorno bipolar, en edades adultas, representan el 50% de las patologías psiquiátricas.

Volviendo al tema del diagnóstico de las altas capacidades considero que debemos hacer una reflexión. El modelo de diagnóstico de las altas capacidades que ofrece el Consejo Superior de Expertos (ver documento anexo: La organización de la detección y del diagnóstico en España) es un modelo ampliamente extendido y que tiene una coherencia tanto interna como externa que le da fiabilidad y validez, es un diagnóstico completo pero no perfecto, preciso pero no inmutable, contextualizado y multidisciplinar aunque es imposible recoger todas las variables que rodean al espectro de las altas capacidades.

La neurociencia y proyectos como el del conectoma humano (Human Connectome Project HCP) nos proporcionan una descripción de la neurofisiología y un extraordinario conocimiento del mapa de conexiones neuronales de nuestro cerebro.



Imágenes del conectoma humano.

Herramientas de medición como el Electroencefalograma Cuantitativo (QEEG) nos brindan la posibilidad de certificar una alta capacidad con marcadores neurobiológicos de la superdotación.

Tomas Insel, presidente del Instituto Nacional de Salud Mental de Estados Unidos (NIMH), ha criticado duramente la actual edición del DSM-5 y se ha desmarcado claramente de sus criterios. Insel matiza explicando que el fin último del NIMH es el desarrollo de un nuevo sistema de clasificación de los trastornos mentales, que no se base en la agrupación de síntomas por consenso de expertos (tal y como se hace en el DSM). Para ello ha puesto en marcha el proyecto Research Domain Criteria (RDoC) que pretende recopilar información procedente de la genética, las pruebas de neuroimagen, las ciencias cognitivas y otros datos fisiológicos, para identificar e integrar los componentes vinculados a los síntomas de enfermedad mental.

Es más, uno de los más acérrimos opositores al DSM-5 es Allen Frances, psiquiatra y presidente del grupo de trabajo del DSM-IV (la versión anterior), quien desde hace varios años lleva manifestando su recelo hacia la ampliación de diagnósticos que recoge el DSM-5, en un artículo del Psychiatric Times, del 26 de junio de 2009, Frances ya escribía: "el DSM-5 será una bonanza para la industria farmacéutica, pero a costa de un enorme sufrimiento para los nuevos pacientes falsos positivos que queden atrapados en la excesiva amplia red del DSM-5".

Y por si fuera poco, la División de Psicología Clínica de la Asociación Británica de Psicología (BPS) realiza un llamamiento internacional para el abandono definitivo del modelo de "enfermedad y diagnóstico" en salud mental, manifestando que "es oportuno y apropiado afirmar públicamente que el actual sistema de clasificación diagnóstica, en el que se basan el DSM y el CIE, con respecto a los diagnósticos psiquiátricos funcionales, presenta limitaciones conceptuales y empíricas significativas.

QEEG y EEG son técnicas usadas hace décadas y aunque su aplicación en psiquiatría aún es limitada aportan aplicaciones efectivas, según algunos estudios (Ronald J. Swatzyna, 2014), al diagnóstico, a la respuesta médica y a la elección del tratamiento. Entre tanto, el DSM-5 cumplirá una función esencial y básica: tranquilizar a quienes lo leamos y eventualmente lo utilicemos, haciéndonos sentir, a través de sus imperfecciones, que la culpa es de otros (Medrano, J. 2014).

En nuestro país es poco conocida la técnica de registro QEEG y los clínicos en general se resisten a valorar y comprender la potencia diagnóstica de esta herramienta. Todo lo contrario pasa cuando revisamos la hemeroteca internacional y vemos los cientos de artículos en las más prestigiosas revistas científicas que describen las bondades del instrumento, con bastante consenso en la parte diagnóstica aunque reconociendo siempre que falta investigación.

Seguramente en pocos años asistiremos a la implementación de estas técnicas de forma paralela al avance de los proyectos internacionales que actualmente trabajan en la descripción del conectoma y del cerebro humano y que describiremos en el siguiente apartado.

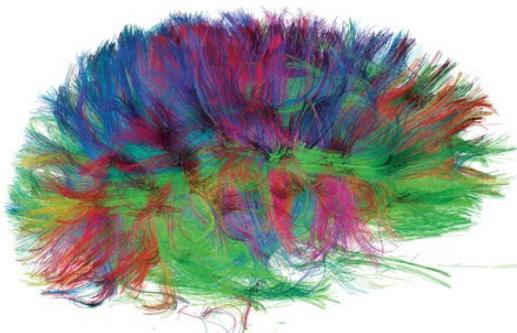
2. CEREBRO, SUPERDOTACIÓN Y CIENCIA.

Descifrar el genoma humano, hito que consiguió en 2003 un consorcio internacional de científicos, supuso un gran salto para la ciencia. Era la culminación de un proyecto mastodóntico iniciado 13 años antes. Aunque todavía no se han logrado predecir, diagnosticar y tratar muchas de las enfermedades actuales, la medicina se transformó como nunca gracias a aquel hallazgo.

Pero lo que está por venir supera con creces el hecho de haber descifrado lo que muchos convinieron en tildar como *El árbol de la vida*. Estamos hablando de determinar, ni más ni menos, el mapa completo de las conexiones del cerebro: el conectoma. “Es algo mucho más complicado, sin duda. No tiene punto de comparación”, señala a *LaVanguardia.com* Javier de Felipe, investigador del CSIC. “Estamos hablando de miles de millones de neuronas y de billones de conexiones, con sus correspondientes combinaciones”. A día de hoy, existe una especie de carrera entre Europa y Estados Unidos para ver quién consigue mapear antes los circuitos neuronales del cerebro humano. Por una parte está el *Human Brain Project*: una iniciativa gigantesca europea, que cuenta con 1.000 millones de euros de presupuesto y una duración de 10 años, que persigue crear simulaciones detalladas del cerebro basándose en datos reales; y por otra estaría el *BRAIN*: un proyecto norteamericano, en el que participa el científico español Rafael Yuste, que tiene por objetivo crear (con un presupuesto de 100 millones de dólares el primer año) el mapa del cerebro humano para ayudar en un futuro a curar enfermedades como el Alzheimer o la epilepsia. Y es que ahora los científicos saben que muchas enfermedades psiquiátricas, como el autismo o la esquizofrenia, son *conectopatías*, enfermedades en las que el cableado del cerebro es anómalo. (La Vanguardia 27/12/2014)

El conocimiento de la morfología y fisiología del cerebro es cada vez más amplio y preciso, los avances de la neurociencia son espectaculares sobretodo en la parte descriptiva de procesos neuronales complejos y sus implicaciones para el diagnóstico. Pero cuando hablamos de diagnóstico nos referimos a un conocimiento amplio, al camino que se sigue para conocer y determinar situaciones, en nuestro caso neurobiológicas, pero no necesariamente patológicas o alteradas. La descripción de trastornos y enfermedades requieren estudios previos y referentes claros de lo que viene a denominarse “normalidad”.

El proyecto del conectoma humano es uno de los retos científicos del siglo XXI. El objetivo es **elaborar un mapa completo de las conexiones cerebrales** del ser humano para ayudarnos a comprender mejor el funcionamiento cerebral. Hyunjune Sebastian Seung's especialista en neurociencia computacional se sitúa a la cabeza de la investigación en el desarrollo de métodos y sistemas complejos para comprender el mapeo cerebral y las redes que explican el neurodesarrollo y sus desviaciones.



En una imagen de prueba (arriba), lo que parece una peluca de payaso es la representación a color de las rutas creadas por los caminos neurales del cerebro. Cada filamento representa miles de fibras nerviosas llamadas axones. El creador de la imagen, Van Wedeen, profesor de Harvard, ha ideado un proceso de creación de imágenes 3D que permite ver las conexiones a través de la detección del movimiento del agua en los tejidos de las fibras.

El avance en el terreno de las neurociencias, y más específicamente de la neuropsicología cognitiva, ha contribuido notablemente a comprender la relación entre la corteza prefrontal y las funciones ejecutivas así como la superposición de éstas últimas con las habilidades cognitivas relacionadas con la inteligencia.

En la sustancia blanca cerebral existen barreras a la difusión como la mielina, la densidad y el diámetro de los axones, y la integridad de la membrana axonal, que hacen que la difusión difiera en las distintas direcciones (difusión anisotrópica), dominando en la dirección paralela a la fibras (Recio, M. 2013). Las moléculas del agua se mueven de manera más rápida en paralelo a las fibras nerviosas que en perpendicular; a este fenómeno se le denomina anisotropía de difusión. La morfología basada en el voxel (pixel en 3D) es una técnica estadística de análisis de neuroimagen que es capaz de identificar las diferencias morfológicas de cada área en relación con la concentración de la sustancia gris y sustancia blanca (Guinea-Hidalgo A, 2011).

Yu y cols. (2008) computaron correlaciones entre la integridad de varios tractos (cuerpo calloso, cíngulo, fascículo uncinado, radiación óptica y tracto corticoespinal) e inteligencia. La integridad de la sustancia blanca fue evaluada a través de anisotropía fraccional. Los resultados mostraron que los sujetos con inteligencia superior al promedio tenían mayor integridad de la sustancia blanca en el fascículo uncinado que los sujetos promedios. El fascículo uncinado derecho debe ser una base neural importante en las diferencias intelectuales siendo una de las mayores vías de comunicación entre la corteza orbitofrontal y temporal anterior, se sigue debatiendo y estudiando su anatomofisiología aplicada al campo de los trastornos.

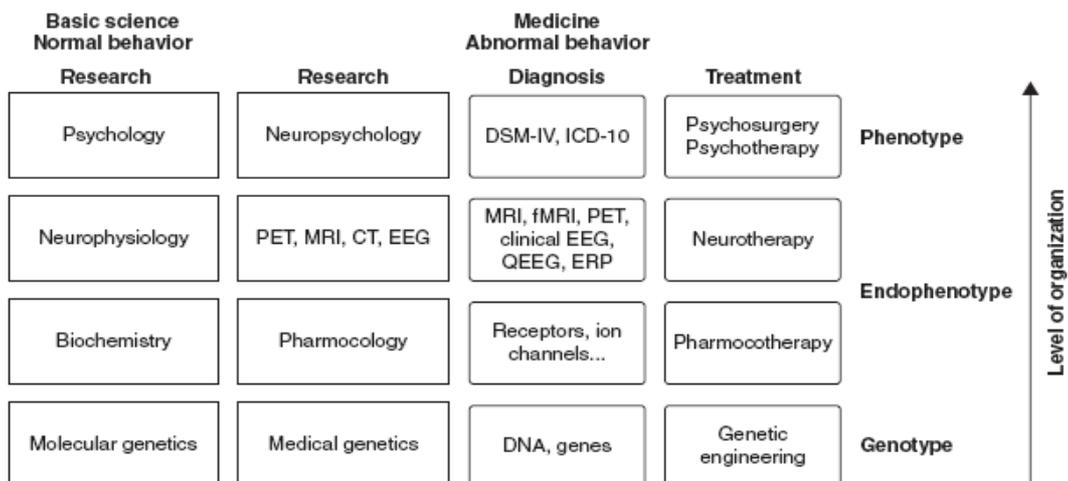
3. TÉCNICAS DE REGISTRO DE ACTIVIDAD CEREBRAL.

Existen técnicas de registro estructurales como la Imagen por Resonancia Magnética o la Tomografía Axial Computarizada que nos aportan información sobre la morfología del cerebro. Otras técnicas funcionales como la Tomografía por Emisión de Positrones o la Resonancia Magnética Funcional permiten visualizar la actividad cerebral vs. funciones cerebrales. Existen tres importantes procedimientos de registro de la actividad eléctrica cerebral: el *electroencefalograma* (EEG), los *potenciales evocados* y la *magneto-encefalografía*. Esta última técnica, más usada en investigación y hospitales, con alta resolución espacial permite hallar indicadores y signos patológicos con mucha precisión.

La electroencefalografía (EEG) es la medición de patrones eléctricos en la superficie del cuero cabelludo que reflejan la actividad cortical, y las nombramos comúnmente como "ondas cerebrales". El EEG Cuantitativo (QEEG) es el análisis del EEG digitalizado, y en términos simples esto a veces también se llama "Cartografía o mapa cerebral". El QEEG es una extensión del análisis visual del EEG o interpretación que puede mejorar la comprensión del EEG y la función cerebral (Aguilar, M. 2013)

La electroencefalografía cuantitativa (QEEG) es un procedimiento que procesa los registros de la actividad EEG. Los datos de varios canales de EEG se procesan con varios algoritmos matemáticos, como el "Fourier" clásico, o en aplicaciones más modernas el análisis "Wavelet". Los datos digitalizados o muestreados se analizan estadísticamente, a veces, comparando los valores con "valores normalizados" en bases de datos de referencia. El EEG procesado es comúnmente convertido en mapas a todo color del funcionamiento del cerebro llamados "mapas cerebrales".

El EEG cuantitativo también llamado QEEG involucra el diagnóstico por imágenes asistido por computadoras en el análisis de la frecuencia y amplitud de las ondas del EEG. Los datos algorítmicos se comparan con una base de datos de individuos normales, creando una imagen topográfica útil para efectuar diagnóstico y seguimiento de diferentes condiciones. Se trata de un método no invasivo, con sistemas en la actualidad de hasta 512 canales.

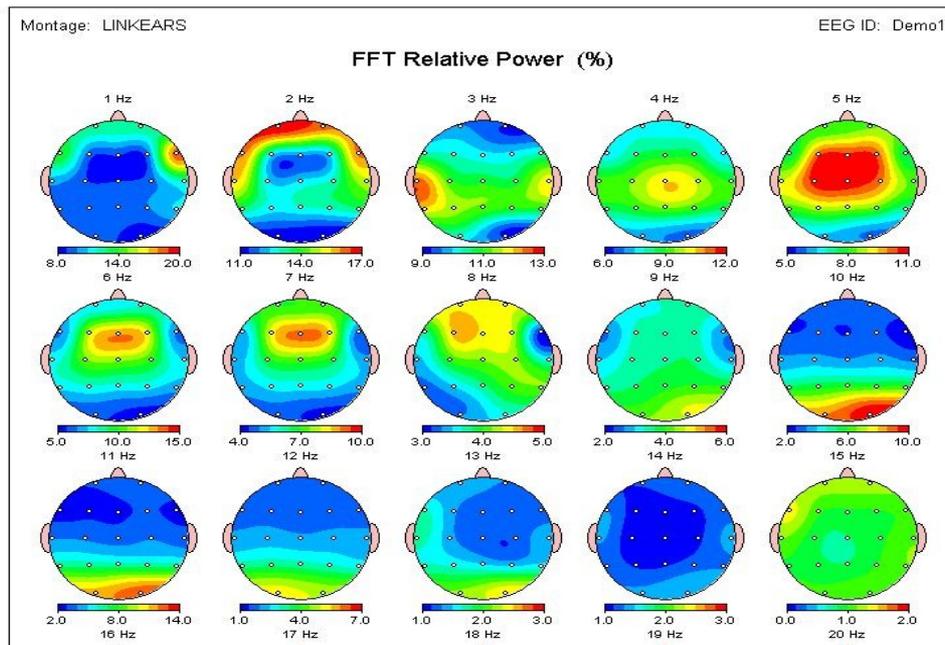


Quantitative EEG, Event-Related
Potentials and Neurotherapy

Kropotov. J. (2009)

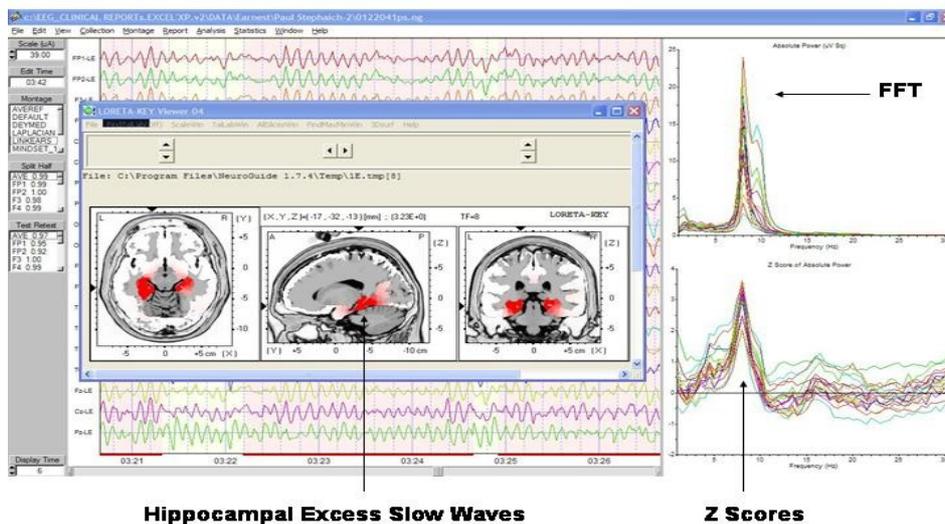
NeuroGuide (ROBERT W. THATCHER, Ph.D.) es una guía que incluye bases de datos normativas desde el nacimiento hasta los 82 años de edad, una de sus funciones es diferenciar las lesiones cerebrales traumáticas de las dificultades de aprendizaje, así como la predicción de las funciones neuropsicológicas. Aporta imágenes 3D obtenidas a partir del programa LORETA (muestra la distribución 3D de la actividad neuronal eléctrica con máxima similitud entre zonas neuronales adyacentes).

Neuroguide presenta el análisis de conjunto de tiempo y frecuencia mediante la transformación rápida de Fourier (FFT), análisis estadísticos, análisis de lotes, rechazo automático de artefactos en EEG, análisis biespectral, sincronización de fase de frecuencia cruzada, coherencia, diferencias de fase y potencia. También incluye mapas del cerebro en color y mapas de conectividad así como la duración del cambio de fase y la duración del bloqueo de fase, así como neurofeedback de puntaje Z 3-D LORETA. Ofrece, además, integración sin inconvenientes de QEEG y Neurofeedback con listas de verificación de síntomas incorporadas que se combinan con la localización funcional en el cerebro.



El voltaje máximo viene representado por las zonas rojas y el mínimo por las azules.

Simultaneous NeuroGuide and LORETA in an Early Stage Alzheimer's Patient



<http://www.appliedneuroscience.com/>

Las tomografías consisten en cortes en los diferentes planos, axial, sagital y coronal a partir del punto de máxima actividad descrita.

4. NEUROMARCADORES DESCRITOS EN SUPERDOTACIÓN.

En muchos estudios se asocia la superdotación a una mayor eficiencia en el flujo de la información de la red fronto-parietal y a la utilización más efectiva de los medios en los procesos cognitivos. Es decir más eficiencia en el funcionamiento de las estructuras para llevar a cabo razonamientos.

El electroencefalograma (EEG) refleja las diferencias individuales estables en la función cerebral y por lo tanto puede ser un poderoso instrumento para explorar las bases biológicas de la inteligencia. (Anokhin, A. 1996)

Diversos estudios que utilizaron técnicas de neuroimagen u otro tipo (resonancia magnética y EEG por ejemplo) encontraron hallazgos que vienen a confirmar una idea muy similar, que el origen de la inteligencia está en la eficiencia neuronal. Los cerebros superdotados consumen menos energía y llevan a cabo una ejecución más eficaz en la resolución de tareas, esto se ha comprobado a través de técnicas de neuroimagen. Jin demostró esto al comprobar un menor índice de consumo metabólico cortical y que utilizan una actividad más amplia de la banda alfa. Parece inferirse tras diversas investigaciones, que la inteligencia suprema podría traducirse en la eficiencia en el flujo de información de la red fronto-parietal y la existencia de una mayor efectividad de los medios necesarios en procesos cognitivos complejos (De la Cruz Sánchez, 2011).

Sastre-Riba (2011) afirma que los superdotados utilizan menos zonas no específicas y distribuyen mejor los recursos cognitivos. Hay menor actividad cortical, mayor activación del hemisferio izquierdo, presentan una actividad más específica y simultánea de las redes selectivamente activadas y una mayor eficiencia que podría relacionarse con una mejor mielinización neuronal (lo que implica una mayor velocidad de conducción). Se emplean solo las áreas necesarias inhibiéndose las áreas irrelevantes para la tarea.

Todas estas diferencias en el funcionamiento pueden tener un origen genético pero también influye el ambiente al modular el desarrollo de las estructuras en el crecimiento y modificar las experiencias de aprendizaje. Tradicionalmente se creía que hasta el 80% de la inteligencia era heredada, sin embargo hoy en día se aboga más bien por un modelo 50-50. Concretamente los estudios actuales demuestran que la varianza genética explica un 51% de la varianza fenotípica. Aunque esta influencia no se da por igual para todas las capacidades de la superdotación, ya que por ejemplo la capacidad visuo-espacial parece tener mayor carga genética.

La familia es un aporte genético muy importante pero también es la que se encargará de proporcionar un ambiente estimulante o no. Lo cierto es que un niño superdotado puede acabar no desarrollando completamente su potencialidad si el ambiente no es el adecuado, si no se propicia su desarrollo, si no cuenta con apoyo.

De hecho los superdotados pueden ser los niños con mayores tasas de fracaso escolar por problemas como el aburrimiento en clase, la desmotivación, problemas de relaciones sociales, etc... De modo que aunque se contempla una importante carga genética en el desarrollo de una mayor capacidad intelectual, lo cierto es que no se puede negar el fuerte peso de la carga ambiental que lo modula.

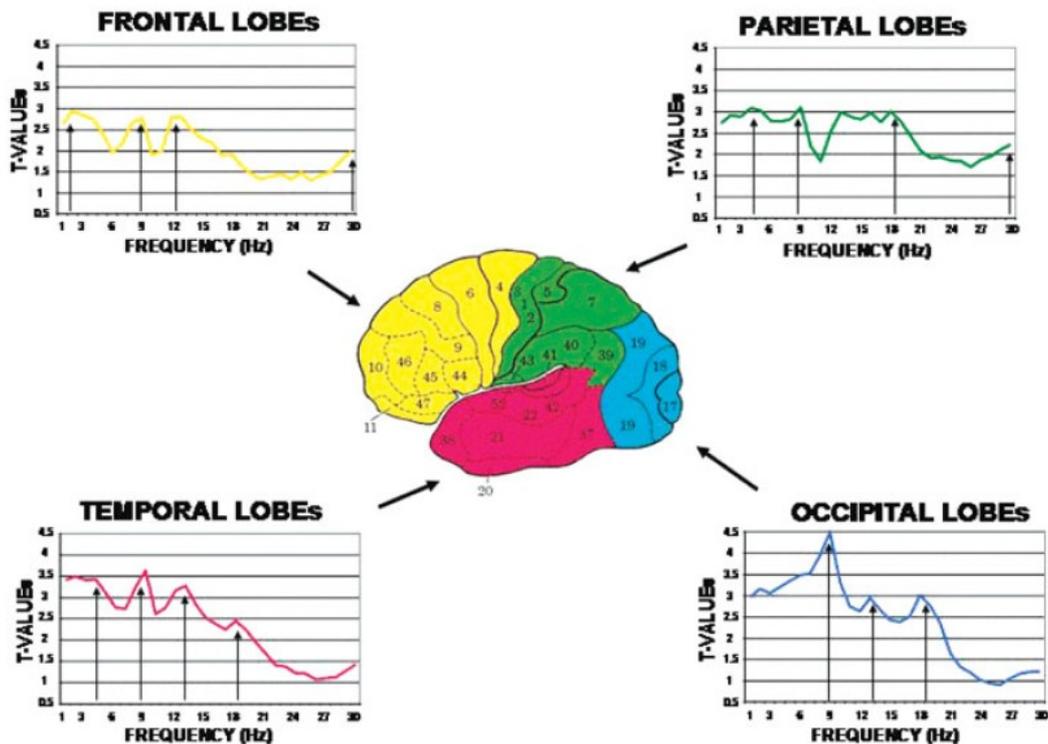
Estudios con gemelos durante la adolescencia (Christine M. 2005) revelan la presencia de la amplitud de onda alfa como una variable a tener en cuenta en el desarrollo y en las mediciones de inteligencia.

La actividad EEG alfa es sensible a las diferentes demandas relacionadas con la creatividad. La creatividad está asociada con aumentos alfa en sitios parietal frontal y derecha. Alfa aumenta durante la cognición creativa reflejando las demandas de procesamiento interno (Fink, A. 2014; Schwab, D. 2014).

El Potencial evocado es una exploración neurofisiológica que evalúa la función del sistema sensorial acústico, visual, somatosensorial y sus vías por medio de respuestas provocadas frente a un estímulo conocido y normalizado. Se estudia la respuesta del sistema nervioso central a los estímulos sensoriales, analizando las vías nerviosas que desde la periferia aportan la información hacia el cerebro. La Onda P 300 es un componente positivo de los potenciales evocados relacionados con eventos que aparecen más allá de los 300 milisegundos después de producirse un estímulo asociado a un evento cognitivo. Se ha implicado a muchos factores en la modulación de la P300, no obstante hay acuerdo en que la latencia de respuesta disminuye en cerebros más eficaces y dicha latencia correlacionaría negativamente con CI, es decir, a menor latencia de respuesta mayor inteligencia. En referencia a la amplitud de onda existe controversia dado que mayor amplitud indica mayor cantidad de información extraída por el sujeto, sin embargo una menor amplitud podría estar relacionada con una mejor adaptabilidad neuronal (Vernon et al. 2000) y por tanto mayor eficacia.

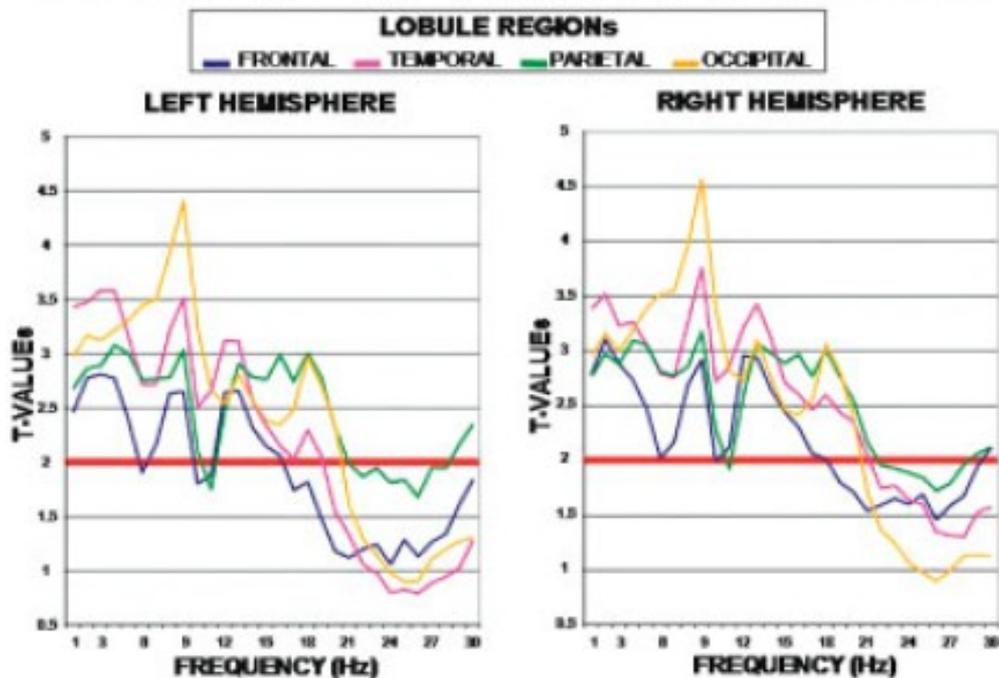
La actividad alfa se puede medir con EEG y encontramos en la literatura apoyos a la correlación de dicha actividad α con la inteligencia. Los datos registrados por Shah A., (2012) también muestran correlación entre la actividad α y la inteligencia humana, más que cualquier otra onda. Shah estudió a 200 sujetos calculando FFT y viendo que el poder de la actividad alfa es máximo en estado de alerta y en estado de vigilia, siendo la actividad máxima en O2 - A2, donde alcanza sus valores máximos.

En los estudios de Thatcher (2007) con más de 400 sujetos se muestran los valores entre cocientes intelectuales altos y bajos que son máximos en la zona temporal entre los 4Hz y los 13 Hz, en la zona parietal a los 18 Hz y en la zona occipital en los 9 Hz, también en los 30 Hz observamos otra máxima en lóbulos frontal y parietal. Este estudio demuestra las diferencias anatómicas celulares entre distintas poblaciones que muestran diferentes corrientes eléctricas corticales y que correlacionan con inteligencia.



T values from the average of the left and right hemisphere current densities in high vs. low IQ groups from the frontal, temporal, parietal, and occipital Brodmann lobules

T-Tests: HIGH IQ (IQ \geq 120) with LOW IQ (IQ \leq 90) of Mean LORETA Currents



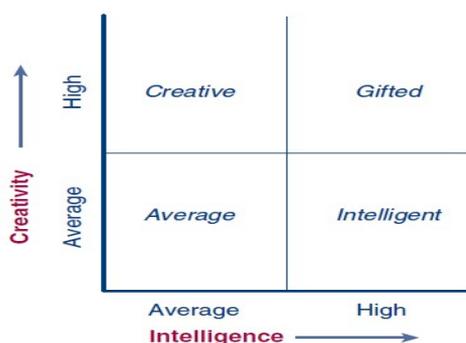
Left are the t test values (y-axis) in analyses of the differences in current densities in high vs. low IQ groups from the left hemisphere Brodmann areas in frontal, temporal, parietal, and occipital areas 1–30 Hz (x-axis).

La relación entre la densidad de corriente e inteligencia mostró un importante efecto en gran número de voxels (volumetric pixels) especialmente a 9 Hz y fundamentalmente en regiones parieto-occipitales tanto en términos absolutos como relativos. El hallazgo de mayores corrientes corticales en regiones occipitales en los 9 Hz apoya la conclusión (compartida en otros estudios) de que la inteligencia está relacionada con vías de resonancia tálamo-corticales.

La creatividad requiere altos niveles de procesamiento interno y subcortical que puede reflejar estados corticales en relación al pensamiento Convergente vs. Divergente, sobretodo en procesos top-down que requieren dicha demanda de procesamiento interno. En estos procesos de arriba hacia abajo se observa una sincronización de ondas alfa a nivel frontal, dichas ondas alfa comúnmente asociadas al ralenti cortico-frontal podrían ser también reflejo del pensamiento creativo-interno (Benedek M., 2012)

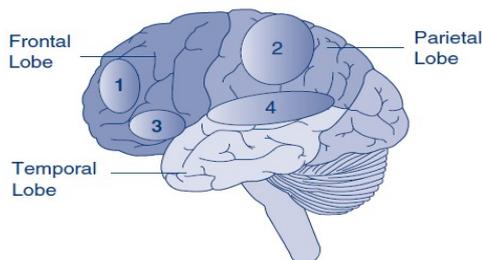
Cuando se utiliza el EEG para detectar el funcionamiento del cerebro, dos patrones de ondas son de particular interés: las ondas alfa (8-13 ciclos por segundo) y las ondas beta (14-60 ciclos por segundo) Los neurobiólogos teorizan que la actividad alfa es el resultado de la sincronía neuronal y de la eficiencia, produciéndose un voltaje más elevado y con patrones sinusoidales rítmicos. Cuanto mayor sea la amplitud de la onda alfa (alpha power) mayor eficiencia y menor esfuerzo mental. Por otro lado, las ondas betas indicarían asincronía ya que las neuronas están haciendo cosas diferentes en diferentes momentos. Norbert Jausovec (2000) utilizó EEG para estudiar las diferencias en la actividad cerebral durante la resolución de problemas en unos 50 adultos jóvenes que fueron separados en cuatro grupos en función de su inteligencia (media o alta) y creatividad (media o alta). Sus hallazgos fueron tres (adaptado de Sousa A. How is de Gifted Brain, 2009):

- La actividad de las ondas alfa mostró que superdotados utilizaron menos esfuerzo mental que las personas promedio y/o creativos al resolver problemas cerrados.
- La actividad de las ondas alfa mostró que los individuos utilizaron menos esfuerzo mental que el promedio cuando participan en la solución creativa de problemas.
- Los individuos creativos mostraron una mayor cooperación entre las áreas cerebrales que los superdotados, quienes mostraron mayor desacoplamiento o desconexión en las áreas del cerebro en la resolución de problemas mal definidos.



Jausovec's system for classifying subjects for the EEG study based on levels of creativity and intelligence.

Recientemente, los investigadores midieron la actividad cerebral durante el pensamiento creativo en dos estudios que emplean diferentes tecnologías, EEG y resonancia magnética funcional fMRI. En ambos estudios, los participantes trabajaron en tareas que requerían la generación de ideas creativas. EEG se utilizó para determinar sincronizaciones de ondas alfa que se dieron en lóbulo frontal y parietal, mientras que fMRI se utilizó para identificar áreas cerebrales activas mientras se completaba la tarea revelando fuerte activación en regiones frontales del hemisferio izquierdo y para tareas específicas efectos en las áreas del cerebro parietotemporal (Fink et al., 2009). Estos resultados refuerzan aún más la idea de que el cerebro utiliza diferentes regiones cuando se enfrenta a toma de decisiones en función de la especificidad de la tarea.



Areas 1 and 2 show the brain regions with high alpha wave activity during the generation of creative ideas to solve a problem, as measured by EEG. Areas 3 and 4 show regions that are highly activated while performing a task, as measured by fMRI.

Source: Fink et al., 2009.

Los niños superdotados muestran mayor actividad en regiones parietales frente a los niños con menos capacidad en los que predomina la región frontal Jin et al. (2006). Lee et al (2006) encontraron que, una gran inteligencia se asoció con una mayor participación de la red frontoparietal través de la activación preferencial de las regiones parietales posteriores

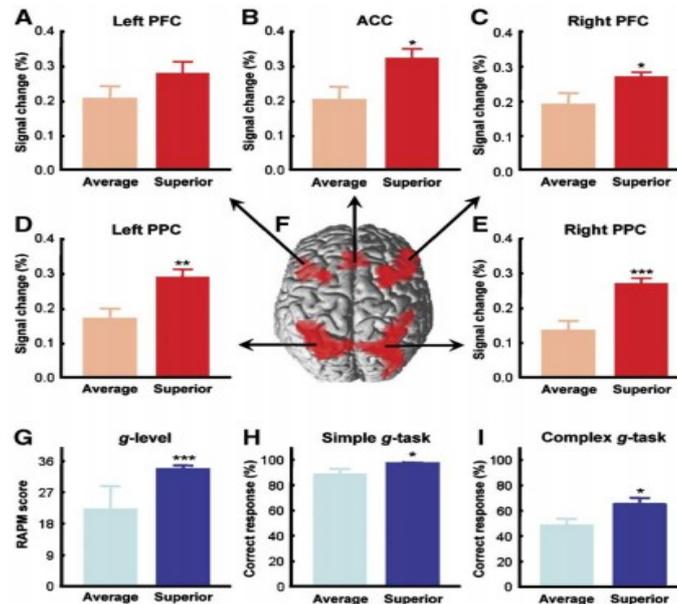
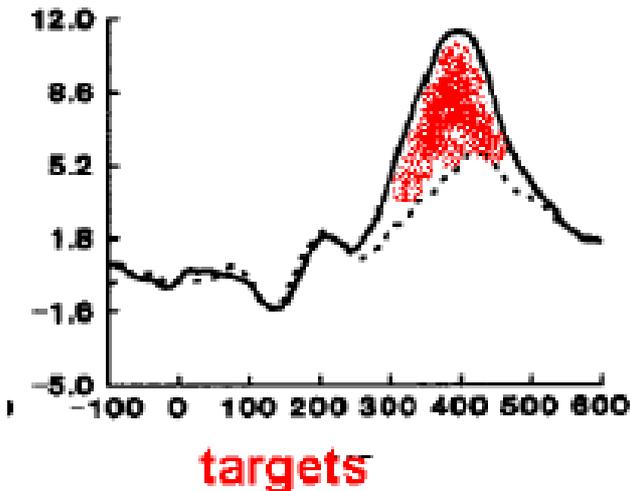


Fig. 2. Differences in regional activation and behavioral performance between the superior- and average-g groups. (A–E) Activation levels of the regions of interest (ROIs) are indicated by changes in BOLD signals in both groups (average-g group, pink bar; superior-g group, red bar); PFC, prefrontal cortex; ACC, anterior cingulate cortex; PPC, posterior parietal cortex. (F) Each ROI stands for the g-related activation region in the whole group analysis (see Table 2). (G–I) Behavioral differences between the average-g and superior-g groups are presented by RAPM scores and correct response rates on simple and complex g-tasks. Error bars denote SD. * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$, two-tailed t test.

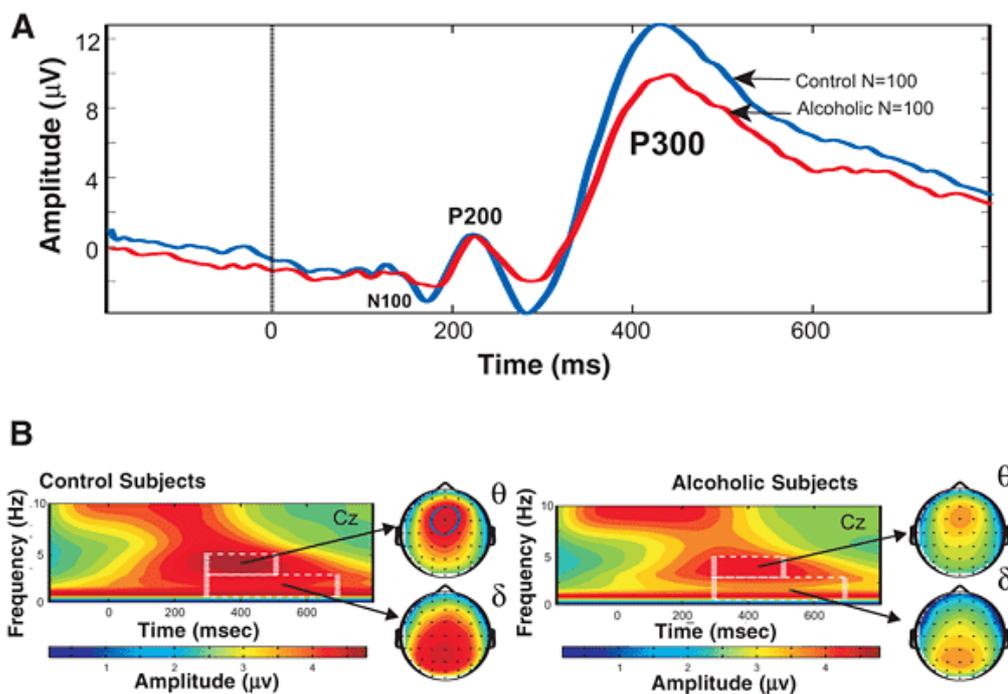
5. DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL, LAS COMORBILIDADES.

Parece ser que los trastornos neurológicos muestran típicamente una reducción de la amplitud de la P300 en su conjunto, que junto a otros cambios es, por ejemplo, estudiado en la esquizofrenia (Gabriel S-, 2006).



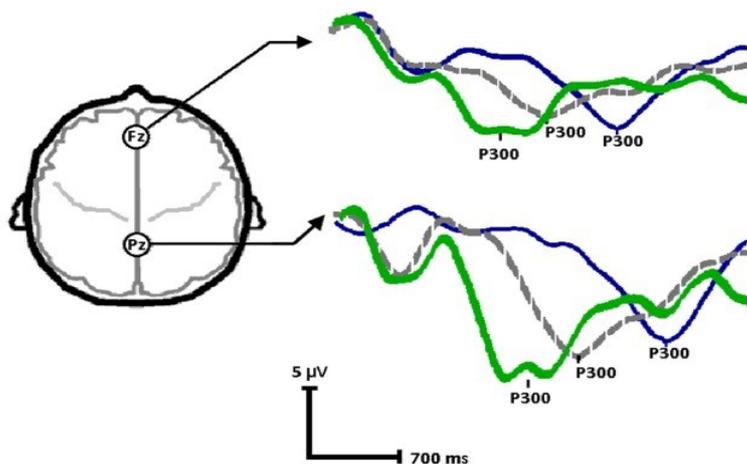
Reduced amplitude of the P300 event-related brain potential (ERP) is a robust finding in schizophrenia.

El alcoholismo también tiende a correlacionarse con una reducción de la amplitud de la P300 (George MRM, 2004).



<http://pubs.niaaa.nih.gov/publications/arh313/238-242.htm>

Parra et al. (2012) estudiaron la sensibilidad y especificidad de la onda P300 para discriminar en base a tests neuropsicológicos entre demencia, población con nivel cognitivo medio y grupo control. Observaron disminución en la amplitud de onda y aumento de latencia relacionada con marcadores biológicos de demencia.



| | Lat P300 Fz | Amp P300 Fz | Lat P300 Pz | Amp P300 Pz |
|-----------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
| Controls | 431.78 (21.3) | 5.69 (1.85) | 445.13 (27.3) | 7.20 (3.25) |
| MCI | 537.48 (60.7) | 3.50 (1.42) | 528.94 (73.4) | 4.51 (1.61) |
| AD | 564.31 (6.1) | 3.13 (1.59) | 568.37 (77.4) | 5.24 (1.74) |

ERPs (P300) waveforms and parameters (mean and SD) from the three groups (Controls, MCI, and AD) recorded at Fz (anterior) and Pz (posterior).

La onda P300 pues ha de ser tomada en cuenta debido a que la respuesta a dicha onda está influida por una serie de habilidades cognitivas y factores relacionados con el funcionamiento ejecutivo (por ejemplo: la atención y la memoria de trabajo).

La P300 aparece reflejada en el EEG cuando a una persona se le presentan una serie de estímulos y uno de ellos le resulta especialmente significativo.

Ocurre en respuesta a *estímulos personalmente significativos* para el sujeto, y aparecen como reflejo de orientación. Según los estudios de Rosenfeld (2011) y su equipo, ante el ítem significativo de cada pregunta, la P300 recogida por un EEG muestra determinadas características en su tamaño y amplitud que no aparecen ante los demás ítems, ello tiene sus aplicaciones, no menos controvertidas, en el ámbito forense para la determinación del engaño.

Los niños TDAH, muestran una variación en los valores de latencia y amplitud de la P300 y la distribución topográfica de la misma: una latencia aumentada apuntaría a un enlentecimiento en la velocidad de procesamiento de los estímulos presentados, y una disminución en la amplitud de la onda de una afectación de la atención y la memoria de trabajo.

Loureiro et al. (2009) han demostrado que los niños superdotados con TDAH tienen un perfil neuropsicológico particular, con una diferencia importante (al menos 20 puntos) entre CI verbal y el CI manipulativo, en comparación con los niños superdotados sin TDAH.

En personas con retraso mental, según diversos estudios (Damas, J. 2005), La actividad en zonas temporo-occipitales es más lenta, mientras que la amplitud de las altas frecuencias en las zonas frontales sería más elevada.

Datos neurofisiológicos proporcionan información con respecto a las regiones corticales implicadas en depresión (Lubar et al 2004) informando de aumento de la actividad alfa en el frontal izquierdo y prefrontal, regiones en los depresivos crónicos. Estos datos coinciden con otras técnicas de imagen que tienen cambios identificados similares metabólicos en la misma región, así como las asimetrías entre hemisferio izquierdo y derecho.

Podemos decir que los resultados aportados por las distintas investigaciones interesadas en esta temática subrayan tres hechos (Sánchez A. 2005):

- Existe una correlación negativa entre el nivel de inteligencia y la latencia de los potenciales evocados (PE), de forma que las personas con un CI alto suelen presentar PE de latencia más corta;
- Existe una correlación también negativa entre el CI y la variabilidad de los PE (las personas con un alto CI se caracterizan por presentar una mayor estabilidad en sus procesos neurales);
- La existencia de una correlación positiva entre la amplitud de los potenciales evocados ante estímulos inesperados y el CI.

El QEEG es ampliamente utilizado como diagnóstico preventivo y diferencial en medicina, sobretodo en el campo de las demencias, en daño cerebral adquirido, en epilepsia y en parkinson, así como en desórdenes psiquiátricos. Citamos algunos ejemplos a continuación.

Aunque el mini-mental state examination (MMSE) ha sido el instrumento utilizado para evaluar a los pacientes con **desórdenes psiquiátricos**, desde un punto de vista práctico, parece importante investigar la posibilidad de que las variables del EEG podría aumentar la precisión cuando se combina con los instrumentos de evaluación tradicionales (Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health 2014).

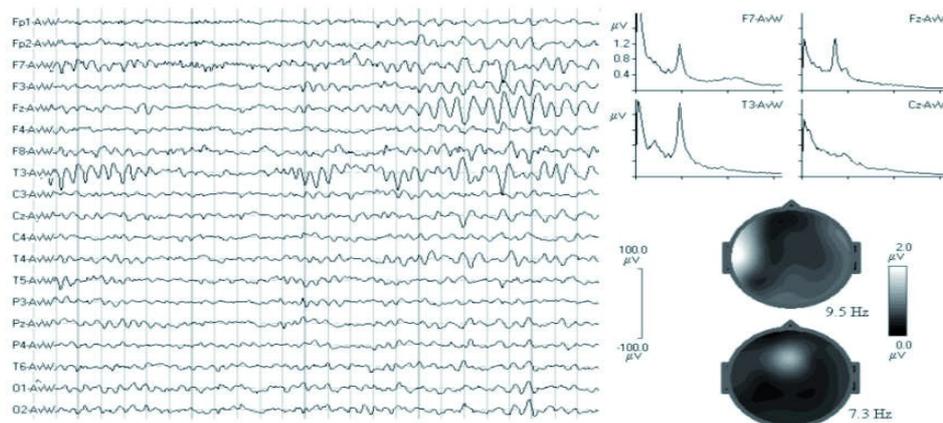
La reducción en el poder focal de la onda alfa puede ser una variable independiente como marcador válido no invasivo y continuo de vasoespasmo en pacientes con **daño cerebral adquirido** por hemorragia subaracnoidea (Gollwitzer et al. 2014).

Los cambios longitudinales de frecuencia en la onda delta (2.5-4 Hz) correlacionan con los resultados de baterías neuropsicológicas y con el deterioro cognitivo en la enfermedad de **Parkinson** (Caviness JN. et al. 2014).

El deterioro cognitivo leve como un precursor de la demencia con cuerpos de Lewy es un foco de la investigación reciente, tratando de explorar los primeros mecanismos y posibles biomarcadores encontramos que el QEEG puede representar una poderosa herramienta para predecir la progresión del deterioro cognitivo leve a la **demencia** con una sensibilidad y especificidad cercana al 100% (Bonanni L. 2014)

La mayoría de crisis epilépticas de tipo idiopático obedecen a desórdenes focales en electroencefalografía, que implican el circuito tálamo- cortical. Este circuito es una red clave que ha sido implicado en la iniciación de las descargas generalizadas. El QEEG puede ser capaz de detectar anomalías relacionadas con la iniciación de las descargas pico-onda generalizadas. En el lóbulo frontal y en la circunvolución cingular se encuentra la mayor fuente de dichas descargas según revela el estudio a partir del análisis LORETA. (Silva Braga AM. 2014)

También tenemos cientos de fuentes bibliográficas y cientos de estudios relacionados con **QEEG e hiperactividad** así como QEEG y dificultades de aprendizaje, siendo la variable inteligencia uno de los constructos correlacionados. Quizás lo más interesante de estos estudios es que los médicos disponen de instrumentos que permiten afinar o reorientar el diagnóstico y tratamiento farmacológico o mixto en función de parámetros EEG más objetivos que no interpretaciones únicamente clínicas y subjetivas, y además ver la evolución en base a estos parámetros. Los potenciales evocados en tareas de go and nogo (ir / no ir) permiten comparar registros antes y después del tratamiento médico, con neuroterapia o mixto (Aguilar 2014).



Aguilar, M. 2014

Fig. 4.9. Ritmo alfa patológico en región frontal y temporal del EEG en paciente diagnosticado de TDAH. En el lado izquierdo se muestra el fragmento EEG y en la derecha los mapas y curvas de energía construidos a partir de los correspondientes picos espectrales.

6. REFLEXIÓN FINAL.

La investigación neurocientífica sugiere que las capacidades humanas, dependen de la arquitectura de las redes neuronales, la cual se relaciona con el espacio donde se desarrolla el cerebro y depende de la estimulación del medio, moldeando de manera particular cada estructura, algunas sobreexpuestas a estímulos que impiden el desarrollo de otras, bajo dos supuestos: la ley del más fuerte y el uso relacionado con las respuestas ambientales. De tal manera que desde esta perspectiva, no se puede hablar de educación normalizada y mucho menos soportar la idea de que todos aprenden de la misma forma (Dzib-Goodin A. 2013). Por otro lado, las medidas de potencial de aprendizaje y memoria de trabajo permanecen estables en el tiempo cuando calculamos el Cociente Intelectual de niños superdotados, por lo que este tipo de medida nos da una estabilidad temporal que permite afianzar el diagnóstico (Calero MD. 2014).

Parece claro, no obstante que los niños superdotados, poseen unos circuitos funcionales genéticamente determinados, como ya afirmaba en el 2002 el Dr. Jaime Campos Castelló, que van modificándose y cambiando el “curso del arroyo” como diría S. Seung. El conectoma humano parece estar predefinido pero es cambiante, conocer sus estructuras y su funcionalidad es todo un reto que parece cada vez más cercano, de manera que en pocos años asistiremos al máximo conocimiento de este complejo sistema de redes que nos permita definir mejor no sólo el campo de las patologías sino también “la normalidad”. Evidentemente ello va a suponer un mayor conocimiento también del espectro de las altas capacidades y su neurobiología.

Con este trabajo he pretendido únicamente generar inquietud y motivación hacia la búsqueda y uso de nuevos instrumentos y tecnologías que nos permitan objetivar el diagnóstico diferencial de las altas capacidades. La actividad frontoparietal, la amplitud de ondas alfa relacionadas con menor esfuerzo y mayor eficiencia neuronal, la menor latencia de respuesta y mayor amplitud en ondas P300, la actividad alfa específica en occipital derecho, las vías talámico corticales en la banda de frecuencia de 9 Hz y las relaciones entre creatividad y actividad alfa frontal son posibles marcadores biológicos de alta capacidad.

Desde la neurometría parece ser que hay algún marcador biológico de superdotación y relacionado con el cociente intelectual en occipital derecho con amplitud específica de onda alfa. No obstante hace falta más investigación y mayor evidencia científica para contrastar los resultados.

Son los médicos especialistas en neurometría quienes han de certificar la presencia de este marcador neurobiológico que correlaciona con alta capacidad. Seguramente no va un único marcador y es muy probable que exista más marcadores neurobiológicos aún no descritos ya que el esfuerzo se ha centrado en otros campos de investigación.

En estos momentos, desde mi punto de vista, asistimos a una revolución en el campo de la neurobiología y la neurociencia que va a determinar procedimientos y actuaciones clínicas en un futuro inmediato. Nuestra obligación como profesionales del diagnóstico en las Altas Capacidades es seguir estudiando y considerando todos estos avances para incluirlos en nuestra práctica clínica una vez estén validados y contrastados. El diagnóstico que ofrecemos en estos momentos es completo y con un grado de especificidad alto, sin embargo, incluir en un futuro inmediato marcadores neurobiológicos específicos de la alta capacidad en nuestros dictámenes será el paso definitivo para alcanzar la máxima fiabilidad.

En otros casos de comorbilidad, tan frecuentes en nuestras clínicas y gabinetes, y que pueden eclipsar o dificultar el diagnóstico diferencial de la alta capacidad, la neurometría puede ser esclarecedora. Pensemos sobre todo en aquellos caso en los que la comorbilidad no es clara y se trata de falsos positivos o de diagnósticos de esa “punta de iceberg” en la que no aflora una alta capacidad sino trastornos o condiciones que pueden ir o no asociadas. Quizás en estos casos en los que el alumno es considerado en espectros como el TEA o el TDAH y existe la duda razonable de que no sea así o que dichas manifestaciones estén relacionadas con el desarrollo de una alta capacidad, es en estos casos en los que, de momento, la neurometría como instrumento diagnóstico adquiere relevancia.

Considero, finalmente, que toda la información de este primer trabajo de aproximación hacia un diagnóstico cada vez más objetivo ha de ser estudiada por los profesionales del diagnóstico de las altas capacidades de manera que, a partir de esta introducción a la neurometría, tanto desde el Instituto Internacional de las Altas Capacidades así como desde el Consejo Superior de Expertos en Altas Capacidades, podamos avanzar en el conocimiento y en el uso de estas herramientas.

7. FUENTES BIBLIOGRÁFICAS Y ENLACES DE INTERÉS.

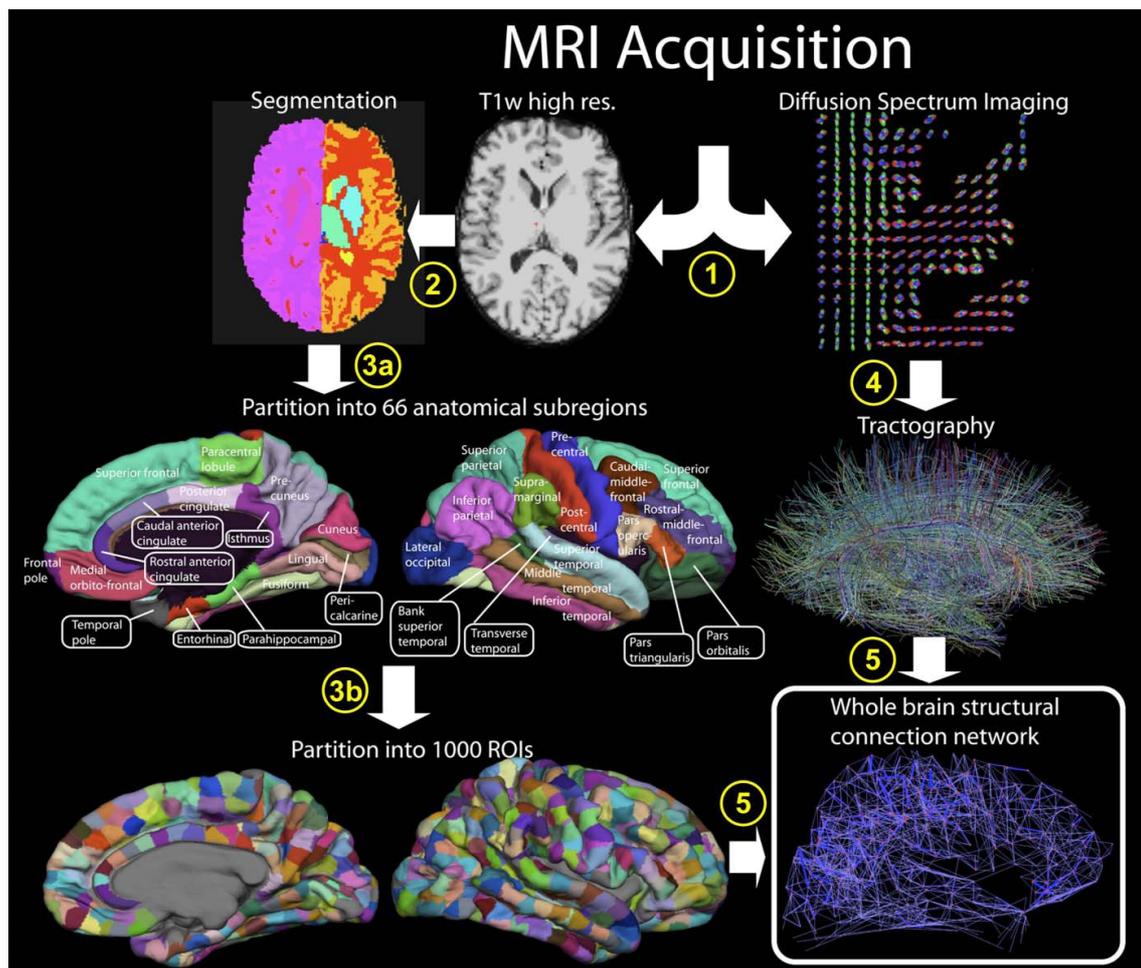
1. Aguilar, M. (2013). Un nuevo abordaje en el diagnóstico y tratamiento del TDAH: Neurometría y neuromodulación. Ed. Publicia.
2. Aguilar, M. (2013). Subtipos Electrofisiológicos de Personas Diagnosticadas de TDAH. Editorial Académica Española.
3. Anokhin, A., & Vogel, F. (1996). EEG Alpha rhythm frequency and intelligence in normal adults. *Intelligence*, 23, 1, 0160–2896.
4. Arne Dietrich and Riam Kanso (2010) A Review of EEG, ERP, and Neuroimaging Studies of Creativity and Insight. *Psychological Bulletin American Psychological Association* 2010, Vol. 136, No. 5.
5. Baddeley, A. (2010). Memoria de trabajo. En A. Baddeley, M. W. Eysenck, y M. C. Anderson (Eds.), *Memoria* (pp. 63-91). Madrid: Alianza.
6. Bonanni L. et al. (2014). Quantitative electroencephalogram utility in predicting conversion of mild cognitive impairment to dementia with Lewy bodies. *Neurobiology of Aging*. 2015 Jan;36(1):434-45.
7. Calero, M^a Dolores y M^a Belén García-Martin (2014). “Estabilidad temporal del C.I. y potencial de aprendizaje en niños superdotados: implicaciones diagnósticas”. *Anales de psicología*, 2014, vol. 30, n^o 2 (mayo), 512-521.
8. Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health; (2014) Nov. Brain Electrical Activity Mapping for Diagnosing Psychiatric Disorders: A Review of the Clinical Evidence.
9. Caviness JN. et al. (2014) Longitudinal EEG Changes Correlate with Cognitive Measure Deterioration in Parkinson's Disease. *Journal of Parkinson's Disease*.
10. Christine M. Smit and cols. (2005) Genetic variation of individual alpha frequency (IAF) and alpha power in a large adolescent twin sample. *International Journal of Pediatrics*. Volume 2011, Article ID 420297, 14 pages
11. Coburn KL, Lauterbach EC, Boutros NN, Black KJ, Arciniegas DB, Coffey CE. (2006) The value of quantitative electroencephalography in clinical psychiatry: a report by the Committee on Research of the American Neuropsychiatric Association. *Journal of Neuropsychiatry Clinical Neuroscience*. 2006 Fall; 18(4):460-500.
12. Colom R. (2010) Human intelligence and brain networks. *Dialogues in Clinical Neurosciences*. Dec 2010; 12(4): 489–501
13. Damas López, Jesús (2005) Patrón Neurofisiológico del Retraso Mental: Estudio de un Caso con QEEG. *Revista Española de Neuropsicología* 7, 2-4; 135-149 (2005).
14. David A. Sousa (2009) International Educational Consultant. How the Gifted Brain Learns.
15. De la Cruz Sánchez AL. (2011) *Psicología.com.*; 15:41. “El cerebro superdotado”.
16. Dzib-Goodin A. (2013) Arquitectura cerebral como responsable del aprendizaje. *Revista Mexicana de Neurociencia* 2013; 14(2): 81-85.
17. Gabriel S. Dichter, Odin van der Stelt, Jane Laube Boch, and Aysenil Belger (2006) Relations Among Intelligence, Executive Function, and P300 Event Related Potentials in Schizophrenia (*Journal Nervuus Mental Disease* 2006;194: 179–187)
18. Glahn DC, et al. (2010) “Neurocognitive endophenotypes for bipolar disorder identified in multiplex multigenerational families”. *Archives of General Psychiatry*, 2010, 67, p. 168-177.
19. Gollwitzer et al. (2014 Nov). Early prediction of delayed cerebral ischemia in subarachnoid hemorrhage based on quantitative EEG: A prospective study in adults. *Clinical Neurophysiology*.
20. Guinea-Hidalgo A, Tirapu-Ustároz J. (2011) La sustancia blanca en los trastornos del desarrollo. *Rev Neurol* 2011; 53: 361-71.

21. Hagmann P, Cammoun L, Gigandet X, Meuli R, Honey CJ, et al. (2008) Mapping the structural core of human cerebral cortex. *PLoS Biol* 6(7): e159.
22. Jausovec, N., & Jausovec, K. (2000). EEG activity during the performance of complex mental problems. *International Journal of Psychophysiology*, 36, 73–88.
23. Jin, S., Kwon, Y., Jeong, J., Kwon, S., & Shin, D. (2006). Differences in brain information transmission between gifted and normal children during scientific hypothesis generation. *Brain and Cognition*, 62, 191–197.
24. Kropotov Juri D. (2009) *Quantitative EEG, Event-Related Potentials and Neurotherapy*. Elsevier.
25. Laurence Vaivre-Douret (2009) Developmental and Cognitive Characteristics of “High-Level Potentialities” (Highly Gifted) Children *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l’Enfant*, vol. 101, pp. 317–322, 2009.
26. Lee KH, Choi YY, Gray JR, et al. (2006) Neural correlates of superior intelligence: stronger recruitment of posterior parietal cortex. *NeuroImage*. 2006; 29:578–586.
27. Lubar, J. F., Congedo, M., & Askew, J. H. (2003). Low-resolution electromagnetic tomography (LORETA) of cerebral activity in chronic depressive disorder. *Int J Psychophysiol*, 49(3), 175-185.
28. Mathias Benedek, Sabine Bergner, Tanja Konen, Andreas Fink, Aljoscha C. Neubauer (2011) EEG alpha synchronization is related to top-down processing in convergent and divergent thinking *Neuropsychologia*. 2011 Oct; 49 (12):3505-11.
29. Medrano, J. (2014) “DSM-5, un año después” *Revista de la Asociación Española de Neuropsiquiatría* vol.34 no.124 Madrid 2014.
30. Monastra VJ, Lubar JF, Linden M. (2001). The development of a quantitative electroencephalographic scanning process for attention deficit-hyperactivity disorder: reliability and validity studies. *Neuropsychology*. 2001 Jan;15 (1):136-44.
31. Montero-Linares J., José I. Navarro-Guzmán y Manuel Aguilar-Villagrán (2013). Procesos de automatización cognitiva en alumnado con altas capacidades intelectuales. *Anales de psicología*, 2013, vol. 29, nº 2 (mayo), 454-461
32. Recio Rodríguez M. (2013) 3T tractography imaging: anatomy and clinical applications. *Radiología (zl.elsevier.es)* Vol. 55. Núm. 01. Enero - Febrero 2013.
33. Ronald J. Swatzyna and cols. (2014) EEG/QEEG Technology Identifies Neurobiomarkers Critical to Medication Selection and Treatment in Refractory Cases. *Journal of Psychology & Clinical Psychiatry* Volume 1 Issue 7 - 2014
34. Rosenfeld J. P. P300 in detecting concealed information. *En Memory Detection*.
35. Sánchez-Elvira, Ángeles (2005). *Introducción al estudio de las diferencias individuales*. Editorial Sanz y Torres.
36. Sastre-Riba, Silvia (2011). Funcionamiento metacognitivo en niños con altas capacidades. *Revista Neurología* 2011; 52 (Supl 1): S11-S18.
37. Schwab D, Benedek M, Papousek I, Weiss EM, Fink A (2014). The time-course of EEG alpha power changes in creative ideation. *Frontiers in Human Neuroscience*.
38. Shah Aqueel Ahmed (2012). Alpha Activity in EEG and Intelligence. *International Journal of Advanced Information Technology (IJAIT)* Vol. 2, No.1, February 2012.
39. Silva Braga AM. (2014). Analysis of generalized interictal discharges using quantitative EEG. *Epilepsy Research*. 2014 Dec;108(10):1740-7.
40. Thatcher R.W., D. North, and C. Biver (2007) Intelligence and EEG Current Density Using Low-Resolution Electromagnetic Tomography (LORETA). *Human Brain Mapping* 28:118 –133.
41. *Theory and Application of the Concealed Information*. Cambridge University Press (2011).
42. Tirapu-Ustárroz J, y cols. (2011). Relación entre la sustancia blanca y las funciones cognitivas. *Rev Neurol* 2011; 52: 725-42.
43. Waddington John L. and cols. (2007) “Genómica funcional y esquizofrenia: endofenotipos y modelos mutantes”. Elsevier. *Psychiatric Clinics of North America* 29 (2007) 365-399.

44. Yu, C., Li, J., Liu, Y. (2008). White matter tract integrity and intelligence in patients with mental retardation and healthy adults. *NeuroImage*. 40:1533–1541.

ENLACES DE INTERÉS:

- <http://www.humanconnectomeproject.org/>
- <http://www.nimh.nih.gov/research-priorities/rdoc/index.shtml>
- <http://www.appliedneuroscience.com/>
- <http://www.mitsar-medical.com/>
- <http://qeegsupport.com/>
- http://www.ted.com/talks/sebastian_seung?language=es
- <http://www.altascapacidadescse.org/>



Extraction of a Whole Brain Structural Connectivity Network
<http://www.plosbiology.org/> Mapping the Structural Core of Human Cerebral Cortex

Estructuras y regiones funcionales de la corteza cerebral humana están interconectadas por una densa red de vías axonales y corticales. Los núcleos centrales subcorticales juegan un papel fundamental en la integración funcional.

En el cerebro humano, los patrones de activación neuronal son moldeados por las conexiones estructurales subyacentes que forman una densa red de fibras que conectan a todas las regiones de la corteza cerebral. Utilizando técnicas de formación de imágenes de difusión, que permiten el mapeo no invasivo de las vías o redes, se construyeron mapas de conexión que cubren toda la superficie cortical. El análisis computacional de la red cerebral revela la complejidad de regiones de la corteza que se conectan centralmente, formando un núcleo estructural del cerebro humano. Los componentes clave del núcleo son porciones de la corteza medial posterior que son conocidos por ser muy activos en reposo, cuando el cerebro no está comprometido en una tarea cognitivamente exigente.

<http://www.neurometrics.es/>

GRABACIÓN QEEG

La Quantitative Electroencephalogramme, también conocida como brain mapping, es una técnica no invasiva en la cual se recoge la actividad eléctrica cerebral a través de sensores colocados sobre el cuero cabelludo, repartidos por toda la superficie del cráneo.

Su principal función es la creación de un diagnóstico objetivo, debido a que la interpretación del trastorno está rigurosamente basado en la actividad cerebral, sin lugar a la subjetividad de la persona que diagnostica de manera tradicional.

La prueba tiene una duración variable entre los 30 y los 90 minutos, en función de la edad del paciente y la tarea cognitiva a realizar. Una vez comprobado que todos los sensores tienen una conductividad adecuada, se procede al inicio de la grabación, que se realiza mientras el paciente realiza una serie de tareas, en función de los aspectos que se quieran medir. Estas tareas pueden ser visuales, matemáticas, de lectoescritura, auditivas, olfato-gustativas o emocionales. La elección del tipo de tarea es muy importante en la medición porque cada una activa una parte diferente del cerebro.

Las señales electromagnéticas recogidas son digitalizadas, grabadas y computerizadas, para ser analizadas posteriormente. Por último, se representarán estos datos con neuroimágenes que representen los mapas de actividad cerebral, funcionalidad y patrones de conductividad funcional en las diferentes áreas cerebrales. El análisis consiste en la comparación de las señales electroencefálicas, recogidas tras la actividad cerebral del paciente, con las señales de miles de personas documentadas en una extensísima base de datos que responden a patrones de normalidad y diferenciadas por la edad, la lateralidad y el sexo. La enorme cantidad de datos recogidos en esta base de datos hace que el diagnóstico sea muy preciso y absolutamente objetivo.