Autores:

Autores: Andrés Guerra M.; Henrry Eduardo Guerra Samaniego
Obra: Fundamentos de psicopatología
Unidad: Diagnóstico
Páginas: 336 - 350
DOI del capítulo: https://doi.org/10.66646/educa-plus/10oc2609/22

Referencia APA 7

Guerra M., A., & Guerra Samaniego, H. E. (2026). Teorías de la mente-redes computacionales e inteligencia artificial en psicopatología. En P. Jiménez Prado & M. I. Arévalo Vázquez (Eds.), Fundamentos de psicopatología (pp. 336 - 350). EDUCA-PLUS Editorial Académica. https://doi.org/10.66646/educa-plus/10oc2609/22



TEORÍAS DE LA MENTE-REDES COMPUTACIONALES E INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN PSICOPATOLOGÍA

La psicopatología, que se dedica a la mente humana y sus trastornos debe asumir, en su relación mente-cuerpo, cuál es su propia naturaleza, lo cual es de una altísima complejidad que ha llevado a devaneos dentro de la historia de la humanidad. Ha involucrado a filósofos, literatos, historiadores, etc.

El modelo de la mente ha sido el primera involucrarse a través del dualismo, con Descartes como principal representante, aunque sus orígenes estén en Platón. Descartes utiliza el método de la duda cartesiana, siendo su única afirmación, frente la duda, la idea de "yo soy una cosa pensante". Luego tenemos el materialismo, como alternativa al dualismo, en la que se plantean que no existen dos sustancias o categorías ontológicas, sino únicamente la materia. El conductismo tiene su propio pronunciamiento con respecto a la relación mente cuerpo, afirmando que una sola teoría científica de la mente puede formularse a partir de lo observado, es decir, la conducta, ofreciendo proposiciones con sentido, verificables por la observación, siendo este el principio epistemológico fundamental del positivismo lógico. Este modelo no afirma ni niega objetos mentales y se dedica al estudio científico de la conducta, y aquí el problema mente-cerebro se descarta, ya que es comprendido como un pseudoproblema que resulta de la confusión acerca del significado de ciertos términos en el lenguaje común. El funcionalismo usa la estrategia para estudiar lo psíquico y se relaciona con la teoría computacional que le ha dado un impulso decisivo. La mente representa una función que puede ser llevada a cabo por un sistema diferente del cerebro, como una computadora; por lo tanto, hay que estudiar las leyes del procesamiento de información a través del sistema y replicarlo en modelos artificiales.

La inteligencia artificial está ligada a la visión funcionalista del cerebro. Aparece el test de Turing, que implica someter a prueba las reducciones proposicionales de un sistema inteligente, utilizando como comparación al humano corriente; se implica en lo practico a través del test de Eliza, un programa de computadora diseñado para las intervenciones propias de un terapeuta en una sesión de psicoterapia (Dávila J., Uribe, M., 2008). La fenomenología e intencionalidad, fueron propuestas por Husserl y su fenomenología, aunque han sido olvidadas por la filosofía sajona dentro del estudio de la filosofía de la mente. Sin embargo, Jaspers y Binswanger hacen avances importantes en este campo. La intencionalidad es una característica esencial de lo relacionado con la mente: los estados mentales son siempre acerca de algo, al igual que las vivencias y consciencia son acerca de algo, es decir, la intencionalidad también define lo mental, no hay consciencia sin intencionalidad. "A este esquema puede agregársele una correspondencia más, de creciente interés

en estudios psiquiátricos: la existente entre la programación temprana de ejes neuroendocrinos y la visión emocional del mundo que más adelante tendrá el sujeto y es de análisis fenomenológico" (Dávila, J., Uribe M., 2008. Pág.51).

Hay que decir que todo esto ha ido ganando importancia en el ámbito psicopatológico-psiquiátrico, y los que vayan a ejercer esta especialidad tendrán que tomar en cuenta estos conocimientos.

En la teoría de la mente, al igual que en la teoría de la personalidad, generalmente hay tres clases de proposiciones y que son las siguientes:

22.1. SUPUESTOS:

Estos son principios generales no verificables acerca de la naturaleza de la persona y que se constituyen en premisas subyacentes.

22.2. POSTULADOS:

Estas son las leyes o principios propuestos de una teoría y son de dos clases: los que encarnan las generalizaciones empíricas y los que representan interpretaciones, componentes fundamentales de una teoría. Según DiCaprio una generalización empírica es una proposición que resume una relación entre dos o más variables. En el postulado se resume aquello que ha sido descubierto mediante observaciones y experimentos. Frecuentemente hay una concordancia considerable por lo que se refiere a la validez de generalizaciones empíricas.

22.3. DEFINICIONES:

El objetivo básico de una definición se encuentra en identificar las conductas con los conceptos que representan. Los teóricos nos señalan, por regla general, lo que los términos de una teoría significan, pero sus definiciones varían en cuanto al detalle y precisión. Si son vagos o generales los términos de la definición, estemos seguros que jamás estará claro si una conducta determinada cae o no dentro de sus límites. Para hacer definiciones más precisas se ha adoptado la norma de servirse de enunciaciones operacionales, que son los que estipulan las conductas que el concepto abarca y la forma en que las conductas se miden. En el caso de la teoría de la mente (ToM), se la define como un subsistema cognitivo que se compone de un soporte conceptual y mecanismos inferenciales y que cumple en el humano la función de manejar, predecir e interpretar la conducta. También se la entiende como una destreza heterometacognitiva, ya que logra conocer los contenidos de otro sistema cognitivo diferente de aquel con el que se lleva a cabo este conocimiento. A la teoría de la mente (ToM) se le han dado diversos términos, que a la final llevan a un significado común: cognición social, mentalización, psicología popular, psicología del sentido común, psicología preteórica, actitud intencional, atribucionismo mentalista.

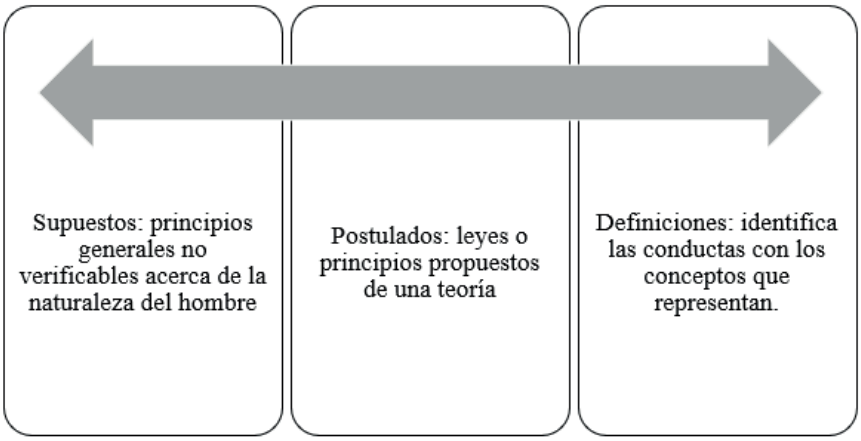


Figura 31.
Proposiciones en teoría de la mente

La teoría de la mente (TOM) fue propuesta por Premack y Woodruf en 1978, al tratar de resolver cuestiones generadas por estudios en simios (chimpancés, extendiéndose luego a la habilidad de las personas para explicar, predecir e interpretar la conducta en términos de estados mentales, es decir, este es un concepto que presenta a una habilidad cognitiva que permite a una persona el atribuirse estados mentales así mismo y a otros; además, se aprecia la habilidad de detectar el engaño y la mentira, pero también muestra cómo el individuo puede mentir y engañar a los demás. Desde una óptica parecida, podemos decir que es la capacidad psíquica que poseemos y sirve para representar en nuestra mente los estados inmateriales de otros sujetos, lo que facilita el declarar y predecir su conducta. También se puede decir que es un sistema de conocimiento automático, que facilita inferir creencias, deseos, y sentimientos, con la finalidad de interpretar, explicar o comprender los comportamientos propios y ajenos, así como predecirlos y controlarlos, generando un amor a primera vista o un rechazo inmediato, le permite al individuo actuar sin dificultades en las relaciones interpersonales, de cualquier carácter, sean de calidad íntima, profesionales, enamoramiento o apareamiento. La ToM no es un concepto unitario, sino que incluye la naturaleza del estado mental y que da lugar a dos disociaciones: TdM cognitiva- y a una TdM emocional.

Wilhelm Wundt (1916), en su libro de psicología natural, orientado hacia un conocimiento pragmático, plantea que en el ser humano hay mecanismos básicos de inferencias sobre conceptos mentales sencillos, es decir, deseos, creencias, intenciones, todo ello vinculado al comportamiento humano. Esta es una manera de adentrarnos en el constructo para poder entender la mente, aportando algo más Thorndike (1920), quien señala que la inteligencia humana se encuentra dividida en tres clases:

1. Inteligencia abstracta

2. Inteligencia mecánica

3. Inteligencia social: que es la habilidad de comprender al resto de congéneres, específicamente los que se involucran en su círculo de interacciones sociales adaptativas.

El psicólogo británico Morgan Lloyd, en 1930, desarrolla el concepto de "lectura de la mente", iniciando de esta manera una nueva disciplina que es la psicología comparada y que dejó como legado lo que hoy se llama el Canon de Lloyd Morgan, "en que plantea que en ningún caso podemos interpretar la acción como el resultado del ejercicio de una facultad psíquica superior,

si puede ser interpretada como el resultado del ejercicio de otra que se encuentre a nivel inferior en la escala psicológica". En 1958, Fritz Heider escribe sobre la teoría de la atribución, desde la cual se describen las maneras en que los sujetos utilizan la información para generar explicaciones causales; según esta teoría, las personas continuamente hacen análisis causales con el fin de lograr comprender el mundo social. Se ha tratado de llamarlos psicólogos intuitivos a quienes tratan de descubrir cómo es la gente y lo que causa su conducta. Para este mismo autor, existen dos atribuciones:

1. Atribución disposicional, que se debe a causas internas a la persona.

2. Causas situacionales, que son causas externas al sujeto, provocadas por una situación.

Kelley, en 1967, formalizó las ideas de Heider, señalando las variables utilizadas por individuos para hacer las atribuciones y así entender la condición de incertidumbre que generan los eventos de la vida; además propone el principio de covariación, que señala que las personas atribuyen una conducta o un factor causal, especialmente cuando dicho factor esté presente, cada vez que ocurre la conducta y está ausente cuando esta no ocurre. Para Harold Kelley, hay en cambio tres dimensiones de información que darían luces sobre la conducta por medio del principio de covariación:

a. **Distinción**: por medio de este principio se señala que las conductas son específicas a una situación en particular. Ejemplo: cuando hay temor escénico, todos los eventos sociales provocarían temor.

b. **Consistencia:** Se refiere a la conducta que ocurre de forma repetida en respuesta a dicha situación. Ej.: en muchas ocasiones tiene miedo a estar en público.

c. **Consenso:** Describe cuando otros sujetos tienen la misma conducta en la misma situación. Un ejemplo sería el creer que muchas personas tienen pánico escénico.

En 1978, Dennet Daniel, filósofo con fuertes inclinaciones hacia la psicología, propuso que los individuos humanos son criaturas con la capacidad de predecir y reflexionar acerca del futuro, proponiendo la teoría de la intencionalidad, con el fin de explicar y predecir el comportamiento, y planteando las siguientes estrategias:

- **Postura física:** con esta estrategia se deduce el comportamiento del organismo por medio de la estructura y las leyes de la física y la biología.

- **Postura de diseño:** es la estrategia que permite la predicción del comportamiento de un objeto sobre la suposición de que se comportará tal y como ha sido diseñado para resistir Ha sido aplicada a ordenadores y pequeñas máquinas mecánicas como un reloj despertador, etc. Según el mismo Dennet, no solo se limita a artefactos físicos, sino también es extensible a sistemas biológicos del reino vegetal o animal y por ende al organismo humano.

- **Postura intencional:** se refiere a un agente racional e imaginamos que creencias y deseos podrían tener relación con la situación hacia el mundo, asi, la persona cree que puede predecir el comportamiento del resto, entendiendo que actuará de determinada forma para satisfacer sus deseos (Uribe, D., et al., 2010).

- En estos comportamientos se cree que se puede predecir a través del método de atribuirle

creencias, deseos y perspicacia raciona a la personal y que además estos sistemas pueden serlo en distintos grados:

- 1° orden: se refiere a que el sistema tiene estados intencionales: creencias, deseos propios
- 2° orden: tiene deseos, creencias, sobre los estados intencionales de otros sistemas.

En el desarrollo del término teoría de la mente se intercala el concepto de inter-subjetividad propuesto por Trevarthen Colwin (1982), en que la consciencia, como actividad mental, la emoción, la motivación, las intenciones, la cognición, son fenómenos fácilmente transferibles entre las mentes, a través de los siguientes medios:

- A través de la cara
- Los sonidos producidos por las bandas vocales
- La seña de las manos

Este mismo autor sostiene que todo esto otorga información a través de canales senso-perceptivos, tales como lo visual, táctil o auditivo, sobre las intenciones, propósitos, intereses, emociones y deseos en las mentes de los sujetos, dándole mucha importancia a la intersubjetividad, como un elemento fundamental en el aprendizaje de las pautas culturales, de las creencias, los rituales, lenguajes y otras prácticas sociales Uribe, D., et al., 2010).

Los psicólogos también han trabajado en lo que se ha llamado la teoría de la falsa creencia, lo cual se ha visto reforzado con las investigaciones de Baron-Cohen, Leslie y Frith en 1985, los mismos que establecieron la hipótesis de que los sujetos dentro del espectro autista no tienen una teoría de la mente- (TOM), por su incapacidad para atribuir estados mentales a sí mismos y a las demás personas, con el fin de predecir y explicar los comportamientos.

La ToM también nos pone en el conflictivo tema de la inteligencia emocional- social y la inteligencia cognitiva, las cuales recogen los siguientes componentes:

1. Capacidad de ser conscientes y de expresar las emociones propias
2. Habilidad de ser conscientes de los sentimientos de los otros pares y de establecer relaciones interpersonales
3. Capacidad para regular los estados emocionales
4. Probabilidad de solventar los problemas de naturaleza personal e interpersonal que se nos indica
5. Capacidad de interactuar con el medio, con el fin de generar emociones positivas, que son automotivadoras (Tirapu, J., et al., 2007).

Lo que sí sabemos es que se imbrican los términos de inteligencia emocional con el de inteligencia social y la ToM, funciones ejecutivas y el marcador somático de Antonio Damasio. En 1920, Thorndike se adelantó definiendo a la inteligencia social como la habilidad de percibir los propios estados mentales y el de los otros sujetos para actuar de forma adecuada, utilizando dicha

información. En definitiva, la ToM, puede compartir paralelismos con el concepto de funciones ejecutivas, memoria de trabajo o los procesos de planificación y algo más emocional, que sería el marcador somático y que está relacionado con la toma de decisiones y, en la ToM, con los dilemas morales (Tirapu, J., et al., 2007).

Los informes nos tienen distraídos todos los días con noticias sobre la inteligencia artificial, señalándose en un estudio del Banco Mundial que el 49% de los puestos de trabajo del país son susceptibles a ser reemplazados por la automatización en fábricas y hoy mismo los países desarrollados ya tienen un porcentaje menor de empleos en riesgo por la "robotización". Siempre se dice que la realidad va más allá que la ficción, pero estamos presenciando que esta última se refleja en premiadas series como la británica Black Mirror, en la que se incluye un capítulo en el que cada humano posee un implante de memoria que le facilita el grabar cada instante con el fin de tener vivo aquel recuerdo. Hay muchas películas con robots humanoides con inteligencia artificial (IA) que los vuelve más automáticos y preciso especialmente en las fabricaciones en serie.

En el Ecuador ya se viene empleando en el ensamblaje de vehículos, construcción de tuberías, con robots que ya están interconectados al internet. Se aceptan en la historia cuatro revoluciones industriales:

PRIMERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL:

Se dio en la primera mitad del siglo XVIII, con la introducción de sistemas de producción mecánica con tracción hidráulica y de vapor, aumentando la producción agrícola y de textiles.

SEGUNDA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL:

Se inicia en la primera década del siglo XX, con un perfeccionamiento de la producción en serie. También se da la electrificación de las fábricas, facilitando la producción masiva de bienes manufacturados, con la producción grande de automotores.

TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL:

Comienza en la segunda mitad del siglo XX, con la introducción de la microelectrónica y la tecnología de la información, automatizando totalmente la producción.

CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Que también se la conoce como la industria 4.0, caracterizada, mayoritariamente, por la conexión de la maquinaria a sistemas informáticos en línea con resultados que permiten la detección temprana de posibles fallas. No es que estamos trabajando con los típicos robots de las películas, sino que son brazos robóticos que tienen mayor exactitud, no se enferman, funcionan al ciento por ciento y garantizan la calidad más que un hombre.

En el campo de la biología y dentro de esto las neurociencias, también han tenido su revolución, para lo que se comenzará señalando a Camilo Golgi en 1873, que fue quien descubrió un colorante (cromato de plata), que es lo que permitió descubrir un porcentaje de neuronas de una coloración negruzca, que, aunque eran pocas neuronas, por la genialidad de utilizar bien la tinción de Nissl, facilitó este descubrimiento. Aunque realmente es Ramón y Cajal quien se lleva mayores méritos, ya que en 1888 puso en acción el método de Golgui, pudiendo dar nuevas concepciones fisiológicas en su escrito La textura del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados (1899), donde se

centró en los, titulado estudios sobre el plan estructural y composición histológica de los centros nerviosos adicionados de consideraciones fisiológicas, fundada en los nuevos descubrimientos. Se planteó desde entonces a la neurona como unidad individual del sistema nervioso, indicando que las neuritas no tenían continuidad unas con otras y que la comunicación entre ellas era por contigüidad y que con esto el tejido cerebral estaba acorde con la teoría de Schwam (1839). A pesar de que los dos genios Golgui y Cajal plantearon teorías distintas, el primero aseveraba que las neuritas se unían formando un retículo continuo o red a semejanza de los vasos segundos del sistema circulatorio, mientras que el segundo científico en cambio insistía en las teorías de la neurona, pero nada de esto fue causal, pues ambos investigadores fueran reconocidos con el Premio Nobel de Fisiología (1906).

Con la inclusión del microscopio electrónico y ya en l950, se le dio la razón a Cajal y se amplían los conocimientos introduciendo el término de 'sinapsis' por parte del fisiólogo y premio Nobel inglés Sherrington, Ch. (1857-1952). Este aseveraba que los reflejos espinales se daban gracias a la sinapsis, con una información de tipo unidireccional, aunque fue Gangley (1869) quien se refirió a la estructura de los ganglios autónomos, postulando que cada ganglio simpatico es una estación celular (Ramon y Cajal. 1899).

Con Sherrington se adoptó, en forma general, la denominación de transmisión sináptica, cuya naturaleza de esta transmisión es uno de los principales apoyos en el campo que estamos describiendo, es decir, la interfaz cerebro-computadora (BCI). En 1959, se describe la existencia de las sinapsis eléctricas por parte de los fisiólogos Furnham, E., y Potter, D., llegando a esta conclusión al pensar que la rapidez de transmisión debía ser una cuestión eléctrica, que iba desde una neurona a una contigua. Posteriormente, Loewi (Premio Nobel en Fisiología y Medicina, 1936) señaló que la estimulación eléctrica de los axones causaba la liberación de una sustancia química que mimetizaba los efectos de la estimulación neuronal, y aquí apareció el concepto de transmisión química. Henry Halle Dale (Premio Nobel en Fisiología o Medicina, 1836), contribuyó al conocimiento de la transmisión química dentro del sistema nervioso. Por otro lado, Bernard Katz (Premio Nobel de Fisiología o Medicina) contribuyó a la demostración de que la transmisión sináptica entre el nervio y el músculo esquelético se habilitaba químicamente. John Eccles (Premio Nobel de Fisiología o Medicina, 1970), estudió la fisiología de la transmisión sináptica en el SNC (sistema nervioso central), mediante la técnica del microelectrodo de cristal; este mismo autor introdujo lo siguientes términos:

- PPSE: potencial postsináptico excitatorio
- PPSI: potencial postsináptico inhibitorio

Pero no solo Eccles desarrolló estos conocimientos, sino también estuvieron Hogdkin y Huxley, que plantearon sobre los mecanismos iónicos de la transmisión eléctrica. Hay otros planteamientos, como es el caso de la hipótesis cuántica respaldada en las fluctuaciones estadísticas de la amplitud del potencial de placa terminal en la unión neuromuscular, la purificación de receptores de acetilcolina y la secuenciación completa de la subunidad alfa del receptor de acetilcolina (Bacigalupe, M., 2012).

El italiano Malacarne, M. (1780) se adelantó a todos los eruditos actuales al concebir una teoría sobre las modificaciones del cerebro como resultado de la adquisición de una experiencia. Trabajaba con animales de experimentación, amaestrando solo a un miembro de cada par durante un largo tiempo; luego los sacrificaba y encontró que, en los encéfalos de los amaestrados, existían más circunvoluciones. Es así como se comienza a destacar estas observaciones para asociarlas con el asunto del aprendizaje, naciendo el interés sobre la plasticidad cerebral.

El psiquiatra italiano Tanzi, E. (1856-1934) plantea una hipótesis primitiva que comparaba el funcionamiento de las neuronas con el de los músculos del cuerpo, en razón de que el uso o desuso, llevaba a la hipertrofia de las conexiones neuronales, de la misma manera en que se fortalecían los músculos; se creía entonces que el alargamiento de las extensiones neuronales y el acortamiento de las distancias interneuronas aumentaban las capacidades funcionales de estas células (Bacigalupe, N., 2012).

22.4. Investigaciones en modelos matemáticos

Investigadores como Hogdkin, Huxley, Hubel, Wiesel y David Marr, dentro de un proceso, desarrollaron la pinza de voltaje, creando el primer modelo matemático del potencial de acción, para lo cual se realiza un experimento hipotético, colocando dos electrodos en la interneurona presináptica y otros dos en la motoneurona postsináptica, así, el electrodo permite el paso de corriente en la célula presináptica que origina un potencial de acción; y en la célula postsináptica se utiliza para alterar sistemáticamente el potencial de membrana (fijación de corriente) (Kandel, E., Schwartz, J., Jessell, Th., (1997). Hubel y Wiesel son quienes descubrieron que las neuronas de la corteza visual primaria, como la primera área cortical que procesa la información desde la retina, y que poseían campos receptivos orientados y organizados en columnas. Posteriores trabajos de David Marr, que estudió las interacciones entre neuronas, inspiraron a otros para que la ciencia computacional se inmiscuyera en el estudio de ciertos grupos funcionales de neuronas en el hipocampo y el neocórtex, que son los que interactúan, almacenan, procesan y transmiten información. Los estudios de Plow y su equipo (2009) fueron los que demostraron que el sistema nervioso se remodela a sí mismo tras una lesión, con lo cual se destruyó la teoría de que las sinapsis eran inmutables en sus propiedades funcionales como puntos de soldadura entre los componentes de un circuito, abriendo, de este modo, grandes expectativas para trabajar en estas redes (Puerta, R. 2015).

Son las investigaciones de Wilfrid Rall las que plantean los modelos computacionales biológicamente realistas de neuronas y dendritas y así nace el primer modelo multicompartimental, basado en la teoría de cables. Una multitud de neuronas conectadas abundantemente unas a otras, y a tan diferentes escalas temporales y espaciales, hace que el estudiar el cerebro sea hoy en día uno de los retos más importantes en ciencia. La neurociencia computacional ha contribuido enormemente en los últimos años a su estudio. Y dentro de esto, lo que está aportando más es el súper proyecto Blue Brain.

Con estos estudios previos, la neurociencia computacional o neurociencia teórica nace y luego de fuese introducida por Eric L. Schwartz (1985), hoy se ha convertido en una nueva rama que interesa a neuropsicólogos y gente de la cibernética, logrando hacer los siguientes enlaces:

- Neurociencia cognitiva
- Ingeniería eléctrica
- Ciencias de la computación y las matemáticas
- Otros campos de la biofísica

Todo inicia en una conferencia en Carmel-California, dictada por Schwartz, solicitado por la “Fundación de desarrollo de sistemas” (Systems Development Foundation), con el fin de compilar todos los avances que se habían realizado hasta esa época y que implicaban el modelado neural, teoría cerebral y redes neurales, todo lo cual ha sido publicado en un asombroso libro:

"Neurociencia computacional", (MIT press (1990). Simplemente la neurociencia computacional difiere del conexionismo psicológico y de las teorías del aprendizaje, el aprendizaje automático, las redes neurales y la teoría del aprendizaje estadístico, que enfatizan la descripción funcional y biológicamente realista de neuronas y sistemas neurales, su fisiología y su dinámica. La finalidad de estos modelos es captar las características esenciales del sistema biológico en múltiples escalas espacio-tiempo, desde las corrientes de membranas, proteínas y acoplamiento químico, hasta las oscilaciones de redes, la arquitectura topográfica y de columnas, relacionándolo todo con el aprendizaje y la memoria. Lo práctico de estos modelos computacionales es que nos permiten probar hipótesis, que pueden ser verificadas posteriormente, con actuales o futuros experimentos biológicos.

Con programas como Génesis y Neurón, que provocan un acelerado y sistemático modelado en silicio, de neuronas realistas, se pretende construir una simulación biofísica detallada de una columna cortical en el superordenador Blue Gene, junto con un sub-proyecto español, Cajal Blue Brain. La neurociencia computacional de esta manera ha podido desarrollar algunas líneas de investigación y que están centradas en analizar nuevos datos y sintetizar nuevos modelos de fenómenos biológicos. A continuación, las principales líneas de este proyecto:

22.5. Modelado de neuronas individualizadas

Esto se basa en el principio de que cada neurona individual tiene características biofísicas complejas. La neurona es considerada como la unidad funcional del sistema nervioso (SN), establecido por Waldeyer (1891), que son células excitables, conducen impulsos y, provienen de los neuroblastos, que tienen su origen en el tubo neural y en la cresta neural. Todo esto, a su vez, está conformado por redes perfectamente coordinadas, compuestas por dichas unidades fundamentales donde se clasifican estas neuronas en monopolares, bipolares y multipolares (Stratton, D.,1992).

En el modelo original de Hodgkin y Huxley, se utilizaron dos corrientes sensibles al voltaje: el sodio de acción rápida y el potasio de rectificación interna. Si bien hubo éxitos en la predicción del ritmo y las características cualitativas del potencial de acción, era imposible predecir ciertas características esenciales tales como la adaptación y la derivación eléctrica. Actualmente se conoce que hay una amplia gama de corrientes sensibles al voltaje y que las implicaciones de las dinámicas diferenciales, las modulaciones y la sensibilidad son componentes básicos en esta nueva disciplina que es la neurociencia computacional, que estudia las funcionales computacionales de las dendritas complejas y cómo diferentes corrientes interactúan con las propiedades geométricas de las neuronas.

22.6. Desarrollo, diseño axonal y orientación

Después de dieciocho días de gestación, se forma el sistema nervioso humano, cuando el embrión tiene tres capas germinales que son el epiblasto, hipoblasto y el amnios y gracias a la gastrulación tenemos el ectodermo, que es el precursor de tejido nervioso y dérmico; con la nerulación aparece la placa neural y la consecuente formación de neuronas, sinapsis, axones, etc., con una migración de células que se inicia en la zona ventricular y todas las células que migran son neuroblastos: las neuronas se establecen en la corteza, conformando una organización horizontal (capas) y otra vertical (columnas), y cada una de estas estructuras tienen diferentes tipos de neuronas. Las capas aumentan en el desarrollo pasando de cuatro capas embrionarias del telencéfalo a las seis capas de la corteza en el adulto (Rosselli, M., Matute, E., Ardila, A 2010). Gracias a la biología molecular conocemos que las diferentes partes del sistema nervioso liberan diferentes impulsos químicos, desde diferentes factores de crecimiento, neurotransmisores,

neuromoduladores, endorfinas, hormonas, etc., todo lo cual tiene una influencia en el crecimiento y el desarrollo de conexiones funcionales entre estas células nerviosas. La hipótesis del mínimo cableado es la que postula que la formación de axones y dendritas minimiza el reparto de recursos al tiempo que mantiene el máximo almacenamiento de información.

22.7. Procesamiento sensorial

Esto se basa en el marco teórico creado por Horace Barlow, establecido en la hipótesis del mínimo cableado, al entenderse el procesamiento de los primeros sistemas sensoriales como una forma de codificación existente eficaz y que hace mención a que las neuronas codifican la información para minimizar el número de espinas neuronales útiles. Estas investigaciones se dividen en dos ramas:

- Los modelos biofísicos de subsistemas
- Los modelos teóricos de la función perceptiva

Los modelos de percepción actuales sugieren que el cerebro realiza alguna clase de inferencia bayesiana e integra las diferentes informaciones sensoriales para generar la propia percepción del mundo físico.

22.8. Memoria y plasticidad sináptica

"Una de las características que hace al sistema nervioso tan excepcional es su plasticidad. Este distintivo significa maleabilidad y cambio; todas estas modificaciones son la base del aprendizaje y de nuestra adaptación a condiciones variables ambientales y fisiológicas", esto lo plantea Logatt Carlos, en su artículo de neuroplasticidad. También esboza el hecho de que una célula cerebral descargue o no algún tipo de impulso eléctrico a otra célula contigua, lo que será resultante de su capacidad de efectuar un rápido cálculo aritmético entre los dos tipos de descargas recibidas (las que la incitan a ir hacia delante y las que la llevan a frenarse). Si la diferencia entre ambas da un número negativo, no generará acción alguna, pero si es positivo, modificará inmediatamente su estructura física, de modo que enviará una descarga electromagnética que será emitida a través del axón.

- 4032 impulsos positivos - 4064 impulsos negativos = -32 (no transmite).
- 4032 impulsos positivos - 3002 impulsos negativos = 1030 (sí transmite).

Los axones de distintas neuronas pueden variar mucho en su longitud y conducen estas pulsaciones, que solo duran unas milésimas de segundo y alcanzan hasta la increíble velocidad de hasta 300 Km/h. Aquí toman actualidad los principios del aprendizaje de Hebbianas, que es uno de los primeros modelos de la memoria. También la red de Hopfield es importante, lo que nos permite comprender la formación de la memoria a medio y largo plazo. Se han construido modelos de memoria funcional, respaldados en teorías de oscilación de redes y actividad persistente, para atrapar algunas características del córtex prefrontal, dentro del campo de la memoria. Sale a relucir uno de los problemas de la memoria, en el sentido de no saber cómo se mantiene y cambia a través de múltiples escalas temporales, produciéndose dos procesos:

- Sinapsis inestables que son fáciles de entrenar, pero tienden a la interrupción estocástica.

- Las sinapsis estables se olvidan menos fácilmente, pero son más difíciles de consolidar.

Una hipótesis computacional incluye cascadas de plasticidad que permiten a las sinapsis funcionar en múltiples escalas temporales, lo cual ha permitido el desarrollo de modelos estereoquímicos detallados de sinapsis, basados en el receptor acetilcolina con el método Monte Carlo, que actúan en una escala temporal de milisegundos. Es muy probable que los avances de las herramientas computacionales ayuden a nuestro entendimiento del funcionamiento de las sinapsis y cómo se alteran en relación con estímulos del entorno.

22.9. Comportamiento de las redes

La mayoría de las redes neurales artificiales tienen conexiones escasas y suelen ser específicas, mientras que las neuronas del sistema nervioso se conectan entre sí de forma compleja y recurrente. Las interacciones entre las neuronas de una red pequeña pueden reducirse a modelos simples, como lo demuestra el modelo de Ising. Es fácil describir la mecánica estadística de sistemas simples, pero la dinámica de redes neuronales arbitrarias puede ser reducida a interacciones de conjuntos, desconociendo si estas descripciones transmiten alguna función computacional interesante. Con el microscopio de dos fotones y la técnica de imagen de calcio, se pueden en la actualidad poner a prueba las nuevas teorías sobre las redes neuronales. Aunque los neurocientíficos se desilusionan por los modelos de complejidad reducida, otro grupo argumenta que descifran las relaciones de las estructuras funcionales, e incluso incitan a incluir una estructura neuronal y de redes en lo posible, y que podrían ser diseñados en plataformas de simulación como Génesis o Neurón.

Esto ha inspirado para que se realice el clickbait y el -Big Bell Test-, que es una prueba global con seres humanos como una “fuente de bits impredecibles”. Se realizó con cien mil gentes voluntarias, que usaban celulares y tabletas para ayudar a la física cuántica a resolver un viejo debate. Se logró demostrar que más allá del mundo clásico que rodea a los simios sin pelo, hay un mundo cuántico que no se ve y que se comporta de manera rara, conocimientos que, en los tiempos de Einstein, no fueron aceptados. En cambio el clickbait es un juego, o como dicen los autores de este artículo, es un atentado a la inteligencia, una especie de ciberanzuelo (neologismo), con un componente totalmente subjetivo y que sirve para describir los contenidos del internet que llevan a generar ingresos publicitarios, especialmente a expensas de la calidad o exactitud de estos y que va a depender de titulares sensacionalistas con el fin de atraer una mayor cantidad de clics y fomentar el envío de este material, por intermedio de las redes sociales que están muy en boga. En términos más sencillos, el clickbait es una técnica que manipula al usuario, poniendo en juego la curiosidad del individuo, con el fin de que active en un artículo o post determinado con el fin de generar ingresos publicitarios. El abusar de esta técnica podría llevar al extremo de que el sujeto vea contenidos de mala calidad o incluso falsos y que además pueda significar más presencia de marca, pero también lo contrario, acabar con la credibilidad. Es una buena trampa para seducir al lector, cuando algo de pronto ya no es novedoso y esta técnica de clickbait hace uso magistral de esta fórmula de engañar fácilmente a los ingenuos.

Se dice que hacer un titular espectacular es fácil, lo complicado es escribir un contenido que atraiga y qurré mantenga totalmente atención, ya que manipular un texto no es lo mismo que seducir con él. Aquí es cuando actúa este ciberanzuelo clickbait ya que no le importan los lectores, sino únicamente el beneficio publicitario. Puede dañarse esta técnica llegando a la sobreexplotación, provocando malas copias de influencers hasta periódicos generalistas, páginas web, canales de YouTube o plataformas que manejan menos texto como Facebook o Twiter y otros que llevan a impresionar, pero sin tener realmente algo que comunicar. Detrás de esto hay muchos copys que investigan y conocen exactamente los trucos del engaño, usando para esto técnicas lingüísticas,

visuales y sobre todo emocionales, que van a esa parte humana que es el asombro o la misma curiosidad. A igual que los copywriters, estos trabajan con los seis principios de la persuasión y que, de acuerdo con Robert Cialdani, serían los siguientes:

Tabla 34.
Principios de persuasión

Prueba social	
Coherencia	
Reciprocidad	Influencia
Autoridad	
Agrado	
Escasez	

Finalmente se puede decir que al clickbait lo caracteriza un sistema social, donde predomina el compartir tonterías y contenido de poquísima profundidad y un consumidor en un lado, que comparte rápidamente con el fin de buscar notoriedad y en el otro extremo, aquellos que sí se aproximan a un material de calidad.

Volviendo al tema que nos interesa y si vamos a los conocimientos teóricos que tenemos sobre neuroplasticidad, en relación con el cerebro social y que el entorno lo moldea diariamente, Einstein (1935) planteaba que los objetos de la naturaleza solo están influenciados por su medio que les rodea, o por variables ocultas que los pueden relacionar si están más lejos. Para Niels Bohr, que defendía la mecánica cuántica, sí era posible que dos objetos distantes se comunicaran de manera instantánea. John Bell (1964) planteó un teorema y una metodología para demostrar que el planteamiento cuántico estaba acertado. A partir de 1980 se realizaron diferentes experimentos en laboratorios preparados para demostrar el planteo de la física cuántica. Ronald Hanson (2015), de la Universidad Técnica de Delft, en Holanda, pudo evidenciar que dos electrones separados a más de un kilómetro mantuvieron una conexión invisible e inmediata.

Se logra plantear entonces que existe un mundo clásico que nos intercepta y al que estamos acostumbrados, en el que el realismo local parece cierto. Este enfoque nos hace entender que las mediciones que se realicen sobre partes que están distantes no afectan el resultado, lo cual, para entenderlo mejor, se pone el ejemplo de que, si se mide un punto en un lugar, no se altera la otra parte que está distante. La hipótesis del realismo local no es válida, cuando es calculada según las mismas correlaciones a nivel microscópico, y esto ha sido demostrado por el argentino Miguel Laratonda, que ha liderado el equipo del Big Bell Test, que es un experimento que se impulsó como la primera iniciativa a nivel global como fuente de impredictibilidad de las personas y de la libertad que tienen a la hora de elegir. Mediante el juego en línea, los sujetos en prueba tenían que contribuir con secuencias impredecibles de ceros y unos bits, los mismos que fueron enviados a los trece experimentos de última generación en regiones como Brisbane, Shanghái, Viena, Roma, Múnich, Zúrich, Niza, Barcelona, Buenos Aires, etc.; fue utilizada la información para fijar ángulos de polarizadores y otros elementos de laboratorio, para poder determinar cómo se medían las partículas entrelazadas. Los cerebros humanos de estos voluntarios aportaron con más de noventa millones de bits, cuyos resultados pueden ser utilizados para la computación cuántica y de esta manera crear sistemas más inteligentes y con alta encriptación. Esto nos da una visión como redes neuronales se enlazan con sistemas informáticas para potenciar recursos y de esta manera crear

nueva ciencia.

La informática también nos sirve para el análisis del comportamiento cognitivo de personas en riesgo como son los adultos mayores y en el que un sistema automatizado (SIACC) es una herramienta de mucha utilidad, la cual facilita las siguientes acciones:

- Creación
- Edición
- Ejecución

Todo esto ha sido desarrollado para la aplicación de test abiertos, que son aquellos que de manera dinámica pueden ser modificados antes de ser ejecutados y definen determinados parámetros que lo caracterizan. También la informática sirve para la aplicación de test cerrados, que se presentan ya diseñados, pero que no brindan la posibilidad de modificarse, y que, al contrario de los anteriores, son estáticos. Se aplican los test y las respuestas son almacenadas en la base de datos para el posterior procesamiento. Sobre estas es factible realizar ciertos análisis:

- Estadístico
- Comparativo
- Complementario

De esta manera se puede brindar al especialista informaciones que contribuyen a la toma de decisiones sobre las capacidades de los que están dentro del estudio. Se hace una base de datos del sistema con tablas que contienen informaciones relacionadas con el especialista y el paciente, así como las relacionadas con los test existentes y las respuestas ofrecidas a los entrevistados. Los test experimentales implementados dan buenos resultados en cuanto a la precisión del tiempo de respuesta por parte de los sujetos y la eficacia en la disminución de tareas de un procesador de cómputo usando técnicas de programación paralela, en relación con otras aplicaciones.

En resumen, una aplicación informática cumple con los requerimientos necesarios para apoyar el proceso de análisis del comportamiento, en este caso sobre el análisis del comportamiento cognitivo del adulto mayor, con ejecución de test abiertos y cerrados y con alta posibilidad de realizar determinados análisis como el estadístico, el comparativo y el complementario, dando informaciones al especialista que contribuyen a la toma de decisiones, sin la necesidad de realizar los cálculos pertinentes para los cuestionarios aplicados (Gil, A., et al., 2000).

22.9.1. Complejidad nerviosa y plasticidad

Gracias a experimentos computacionales se ha evidenciado que las propiedades que se encuentran en los sistemas desarrollados permiten la posibilidad de que la información de una conducta aprendida pueda ser guardada en reacciones bioquímicas intracelulares que compromete a distintas vías de señalización, las mismas que interaccionan entre sí para producir efectos biológicos nuevos, siendo el producto final de esta actividad combinada justamente las vías en sistemas de señalización y en las que la plasticidad sináptica es una propiedad de estos sistemas (Bacigalupe, A., 1999). Sabemos que en el sistema nervioso (SN) hay una infinidad de mecanismos y detalles moleculares y celulares que permiten a las neuronas tener propiedades con múltiples posibilidades de estados y maneras de adaptación y que se ha llamado complejidad neuronal. Para Koch, este

concepto de complejidad neuronal nos explica el grado de interacciones entre los componentes de una población neuronal, haciendo alusión, a su vez, a la naturaleza no estática ni lineal del sistema. En esta organización compleja hay dos conceptos centrales, que son los siguientes:

1. Compartimentalización

2. Organización regional de los componentes

Ambos son andamios moleculares y moléculas de transporte que conducen a la organización regional y al tráfico de señales entre sectores celulares.

El psiquiatra y Premio Nobel Erick Kandel (1995), describe maneras de plasticidad sináptica, en los siguientes casos:

- El hecho de que una neurona haga una sinapsis con el axón de otra llega a disminuir la cantidad de transmisores que la segunda puede liberar hacia una tercera neurona, y a este fenómeno se lo ha denominado inhibición pre-sináptica, donde el flujo de Calcio (Ca++) merma y con esto decrece la sensibilidad al Ca++, y por ende baja la liberación de neurotransmisor.

- Lo contrario al primer fenómeno es cuando el contacto de la primera neurona aumenta la liberación de neurotransmisor de la segunda neurona hacia la tercera, llamándose esto facilitación presináptica.

Hebb, por otro lado, utiliza una regla homosináptica para explicar los mecanismos de plasticidad de largo plazo, señalando que los eventos desencadenan el fortalecimiento sináptico en la misma sinapsis, en las mismas neuronas pre y post sinápticas, que es reforzada. Este mismo investigador nos indica que la memoria, como base del aprendizaje, se producía debido a cambios estructurales estables del cerebro (Bacigalupe, A. 1999). Para Bayley hay otras vías de procesamiento de información y que son las siguientes:

1. Vía de procesamiento homosináptica entre las células pre y post-sináptica

2. Heterosináptica, aquí actúa un tercer input sobre la conexión.

Kandel trabaja más con las bases celulares y moleculares del procesamiento cognitivo y que ventajosamente pueden ser estudiados en sistemas simples, antes de ser comprendidos en sistemas complejos como en los mamíferos. Los estudios en la Aplysia californiana le permitieron plantear la regla de aprendizaje heterosináptica y que es una alternativa a la propuesta por Hebb, que plantea que una sinapsis puede ser fortalecida o debilitada sin ser requerida la actividad de las neuronas pre o postsinápticos, siempre que una tercera neurona moduladora dispare sobre la conexión entre aquellas.

Timothy Bliss, en 1973, descubre la plasticidad hebbiana en el hipocampo de mamíferos, encontrando que cuando la vía perforante, que es una de las vías del hipocampo, es estimulada en forma insistentemente y a una alta frecuencia, en un animal sedado, se fortalecían las sinapsis entre la vía perforante y sus células presinápticos, las llamadas células granulares del giro dentado del hipocampo. Todo este fenómeno se denomina como potenciación a largo plazo (LTP), que se provoca en el hipocampo cuando hay altas y breves frecuencias excitadoras, necesitando aquí la acción pre y postsináptica. Esta LTP ha sido comprobada en la sinapsis entre la vía colateral de Schaffer y la dendrita apical de la neurona piramidal del área CA1 (Cornius Amonius1) del

hipocampo. Es importante conocer que la LTP es la propiedad fundamental de la mayoría de las sinapsis excitatorios en mamíferos y es muy probable que contenga muchas funciones cerebrales, especialmente el aprendizaje y la memoria. Esto ha llevado a postular a la LTP como mecanismo para la memoria declarativa, lo que ha sido probado en distintas áreas como son varias vías del hipocampo, el cerebelo y la corteza cerebral prefrontal. La inducción y desencadenamiento de la LTP sería producida por la activación del receptor postsináptico N-methyl-D-aspartate (NMDA), que es un receptor dependiente del voltaje que normalmente está bloqueado por el magnesio (Mg++) extracelular y no contribuye al potencial basal; pero si una despolarización se produce en la membrana por la inducción de LTP, es posible el desbloqueo y que permita el pasaje de sodio (Na+), y todo este proceso podría ser la clave para la presencia del LTP (Bacigalupe, A., 1999).

En el cerebelo también hay plasticidad sináptica, especialmente en las células de Purkinje de la corteza cerebelosa, que tiene un rol protagónico con una transmisión inhibidora mediante el GABA (ácido gamma aminobutírico). Se evidenció que las células de Purkinje del cerebelo, HVI, tenían una importante disminución de espinas dendríticas y que había decrecido ostensiblemente la separación de sus extensiones en el hemisferio ipsilateral, cuando se daba entrenamiento, es así como la defasciculación ha sido propuesta como uno de los mecanismos que las células utilizan para establecer nuevas sinapsis, y todo esto sería parte de la plasticidad cerebelosa asociada con la formación de la memoria. Las aferencias de las células de Purkinje provienen de la corteza cerebral, que son fibras paralelas y desde receptores musculares, que son vías fibras trepadoras o input excitador. La LTD de la fibra paralela se explica postsinápticamente en la reducción del número de receptores AMPA funcionales y que son producidos por endocitosis mediados por clatrinas. Las fibras musgosas, en cambio, son parte de un sistema glutamatérgico de gran magnitud en el encéfalo, siendo el primer blanco las células granulares. En resumen, el rol de la LTD y LTP de la sinapsis fibra musgosa-célula granular no está muy claro, infiriéndose que podrían promover distintos patrones de codificación (Bacigalupe, A.,1999).

22.9.2. Circuitos neuronales y vectores

Es en Rusia, a comienzos del siglo XX, cuando distintos acontecimientos presagiaban malos tiempos, con graves crisis económica y el descontento del pueblo, después de varios conflictos bélicos y luego de la revolución bolchevique, el físico Nicolás Rashevsky se destacó como el fundador de la biología matemática (biomatemática), y huyó de su país para radicarse en Estados unidos en 1924. En este nuevo país contratado por la Westinghouse, se dedicó al estudio del proceso de la división celular, con lo que se da real importancia a la multiplicación celular y luego se centró en dos contribuciones (1938) y que son:

-Matemática física: fundamentos fisicomatemáticos de la biología y la creación de la primera revista científica de publicación periódica sobre investigaciones en biología matemática (Lahoz-Beltra, 2011)

Posteriormente, se desarrolló un trabajo teórico con la aplicación de la teoría de conjuntos y la lógica proposicional sobre la investigación de los sistemas biológicos y el estudio de las sociedades humanas, sobre todo la forma en que los seres vivientes pueden organizarse o responder a una jerarquía y que hoy resulta obvia. Algo que vamos a sintetizar en el siguiente gráfico.

Rashevsky plantea la teoría de las relaciones biológicas, la biología relacional y que junto bajo la misma denominación de conjuntos organísmicos, todo lo cual tuvo gran relevancia con el estudio de la biología de los sistemas complejos, y que pudo trascender gracias a los sistemas computacionales. Finalmente, este científico ruso, en sus últimos años, se dedicó a crear una teoría

unificada sobre la biología (1960), tratando de formular axiomas y expresar matemáticamente los principios biológicos que dirigen ese fenómeno apasionante y complejo que es la vida, sean cuales sean los organismos biológicos. Posteriormente Bertalanffy, con su teoría general de sistemas, da nuevos aportes en relación con la biología matemática (Lahoz-Beltra, 2011).

Todos estos trabajos llevaron a la aplicación de los vectores en los circuitos neuronales y que empezó con la sumatoria de vectores, la contracción muscular y la locomoción de los animales:

- Los saltamontes saltan
- Los humanos nos mantenemos en bipedestación
- Los peces nadan
- Las aves vuelan

Estos ejemplos permiten entender la cinética animal siendo el más claro ejemplo el que se hace con el bíceps humano, al que se le asocia un vector para representar la fuerza, que es la sumatoria de la contracción muscular y un vector para representar la fuerza de la reacción del codo, y otro más que es el peso de un objeto que se sujeta con la mano prensil. Lahoz-Beltra, R. (2011), también señala que la regla del paralelogramo es un procedimiento que consiste en unir por su origen los dos vectores, para posteriormente completar el paralelogramo, hasta que lleguen a cruzarse dos líneas paralelas a los vectores. Puede ser que todo esto sea incomprensible, pero para los jóvenes es más fácil incursionar en estas teorías que han facilitado la descripción de las operaciones, con ordenamientos en donde se introduce un modelo de circuito neuronal basado en el producto de un vector por una matriz (Lahoz-Beltra, 2011).

En la época de la segunda Guerra Mundial se destacó Alan Turing, un genio que no estuvo acorde con su tiempo por ser homosexual. A pesar de ser un artífice para ganar la contienda, a Turing se lo condenó a la cárcel, y antes que esto sucediera, optó por el suicidio. Este inglés no solo descifró los códigos de los alemanes, sino que, además, se dedicó a realizar operaciones complejas y terminó construyendo el primer computador. Desde entonces los ordenadores han tenido una evolución vertiginosa de tipo exponencial, en algunas de sus características, como las siguientes:

- Número de transistores integrados por microprocesador
- Velocidad de cómputo
- Abaratamiento del costo

Para la neurociencia computacional somos los más baratos y lo que ha permitido que disciplinas diferentes se conjuguen favorablemente, con el fin de entender los fenómenos siguientes:

La conectividad en los circuitos corticales es bastante recurrente, ya que existen en promedio unas mil conexiones por neurona, lo cual hace complicado aislar separar partes de la corteza cerebral, para estudiarla, interpretarla y generalizarlo (Douglas, Koch, Mahowald, Martin y Suárez, 1995).

- Jerarquías diferentes en el cerebro, que operan a diferentes escalas de tiempo y espacio y que además interaccionan entre sí

- En la escala del tiempo, la memoria a corto plazo opera desde unos pocos milisegundos a horas, la potenciación y depresión en horas o días y la memoria de largo plazo puede estar presente por día o decenas de años.

- En la escala espacial, las moléculas diseminadas y trasmitidas entre neuronas ocupan más o menos una milésima de micra, las sinapsis neuronales, algunas micras, y las neuronas mismas, cientos de micras, las redes de neuronas algunos milímetros, los mapas corticales algunos centímetros y, finalmente, la neurociencia cognitiva, en la escala más macroscópica, utiliza medidas de casi un metro (Churchland y Sejnowski, 1992).

En todo esto, al estar analizado a nivel de computadoras convencionales, encontramos que cualquiera de ellas aparentemente es más rápido que la capacidad procesadora del cerebro. Aquí los autores de estas investigaciones nos ponen como ejemplo una multiplicación larga de ocho factores: 8-7-6-5-4-3-2-1, si esto lo realizamos en cinco minutos estaríamos computando a una velocidad de 8/ (5-60), que significa 0.03 de coma flotante por segundo, cuya unidad de medida es en FLOPS. Esto, traducido en relación con lo que hace un computador casero, nos dice que estos operan en unos pocos giga-FLOPS, y con esto computan varios cientos de millones de datos y a gran velocidad.

Definitivamente nuestro cerebro no está programado genéticamente para hacer operaciones en coma flotante, pero cualquier computador actual no es capaz de identificar la siguiente frase: "Si A entonces B" y darle algún significado, pero nuestro cerebro sí lo hace y en forma más barata, solo se ha tenido que dejar que la ontogenia se desarrolle en cada individuo.

Al menos no después de un simple vistazo. "Que no te tomen el pelo. Somos los más baratos". ¿Cómo es capaz el cerebro de procesar tal información y darnos un significado tan unívoco? Si ocurre en todas las personas (o en la mayoría de ellas), ¿debe haber un circuito alojado físicamente en nuestro cerebro que procesa e interpreta esta información? Para la -Neurociencia Computacional-, sí. Su principio paradigmático número 1 es que cualquier computación o proceso cognitivo (función) que tiene lugar en nuestro cerebro tiene un determinado circuito físico o "cableado" que lo procesa (estructura).

La neurociencia computacional tiene un nexo importante con varias disciplinas y para esto la neurociencia da sus aportes con el conocimiento sobre las neuronas en la corteza visual primaria, las mismas que pueden codificar diferentes características del estímulo. Los modelos de codificación predictiva proponen que el cerebro debe reconocer la causa probable de entrada sensorial aferente en un momento dado para apoyar respuestas adaptativas a través de la inferencia probabilística (bayesiana) y que el dilucidar esto puede hacernos entender el control autónomo de los órganos efectores periféricos, la función cognitivo-afectiva, el control motor, la consciencia y los síntomas disociativos. Los conocimientos sobre la neuroanatomía, la neuroquímica, la neurofisiología y la psicofisiología de la inferencia activa, la precisión y la ponderación, están comenzando a sugerir cómo las señales interoceptivas informan las predicciones sobre el estado del cuerpo (Owens, A. et al., 2018).

Los trastornos de las funciones simbólicas muy estudiadas en neurología han abierto un campo inconmensurable para estos nexos, ya que el estudio de los sujetos que tienen problemas en la percepción y en el reconocimiento visual de objetos abre la curiosidad científica, para dar estudios distintos. Con la ayuda de la imagenología cerebral, podemos llegar a los siguientes enfoques:

1. Se puede comprender cómo se organizan y distribuyen los circuitos neurales que almacenan

los códigos o representaciones de diferentes categorías de objetos.

2. Este se ayuda de un planteamiento antiguo, originado en otras ramas de la neuropsicología y neurología del siglo XIX. En los déficits visuales primarios o periféricos ya encontraron pérdidas de la percepción, sin que haya alteración de las funciones visuales básicas y el déficit de los procesos centrales, encontrando deterioro de los procesos de reconocimiento del objeto debido a la alteración de etapas más tardías en el procesamiento de la información, ya que es leve la alteración en etapas tempranas (Lavados, J., 2013).

3. La psicología cognitiva ha influido en la comprensión tanto en la clínica como en el cambio que supone la teorización. Resaltan aquí David Marr (cognitivista) y Elizabeth Warrington (neuropsicóloga), quienes nos abren puertas en la comprensión del procesamiento de la información visual, proponiéndose la existencia de una forma codificada y que está almacenada en la memoria, provocando lo que se llama representación cognitiva. Marr enuncia un tipo de representación de la forma de los objetos, que es independiente del almacenamiento de la memoria a largo plazo (MLP) de la función del objeto y de su utilización.

Todos estos estudios permiten construir un modelo cognitivo del reconocimiento visual de objetos que sigue hasta el momento actualizado (Lavados, J., 2013).

1. La anatomía computacional nos da razones cuando se utiliza modalidades de imágenes cerebrales junto con modelos computacionales para cuantificar la dinámica espacio-tiempo de la estructura del cerebro del hombre, tanto en poblaciones normales como clínicas. La neuroanatomía computacional, basada en la resonancia magnética, es una información crucial de la forma como funciona, aprende y se ve afectado el cerebro humano por enfermedades; este método es no invasivo y que puede ser aplicado a cohortes grandes, todo esto es diferente a los enfoques morfométricos. La morfometría estándar actualmente sirve para detectar una amplia gama de efectos anatómicos, como la plasticidad inducida por el entrenamiento, cambios en la enfermedad neurodegenerativa, envejecimiento y varios endofenómenos más (Weiskopl, N. et al.,).

2. La psiquiatría computacional, se ha transformado en un puente entre la neurociencia y las aplicaciones clínicas, ya que sirve para aplicarlas en pacientes con enfermedades mentales, involucrando al cerebro y sus interacciones. Esta abarca dos enfoques:

- Métodos de análisis de datos impulsados por datos, teóricamente agnósticos de aprendizaje automático (ML)

- Modelos impulsados por la teoría que matemáticamente especifican relaciones mecánicamente interpretables variables. La idea principal es encontrar biomarcadores que puedan darnos información adicional o bien aumentar (estratificar) e incluso parcialmente reemplazar los síntomas (Quentin, J. et al., 2013).

En los estudios de Hawken y Shapley (2008), se indica que algunas neuronas se activan especialmente según la orientación del estímulo, la frecuencia espacial y el color, encontrándose que la adaptación visual es un fenómeno en el cual la respuesta neuronal es atenuada o se debilita ante un estímulo repetitivo, o que no cambia a menudo. Nace una pregunta: ¿cómo cambia la codificación de estas propiedades durante la adaptación? La única manera de responder a este interrogante es mediante la electrofisiología, aplicando electrodos de una micra de diámetro, pudiendo medirse en una sola neurona la presencia del estímulo (Dragoi Sharma y Sur, 2000).

Cuando los registros se hacen en poblaciones de neuronas, mediante la electroencefalografía (EEG) invasivamente con matrices de electrodos, se puede lograr inferir algunas propiedades sobre la estructura del circuito o su conectividad. Entonces, si queremos explicar las ilusiones ópticas que ocurren después de la adaptación, ninguno de los dos métodos es válido por separado (Gutnisky y Dragoi, 2008), ya que la conectividad y la respuesta individual de cada neurona cambian indefectiblemente después de la adaptación, sin que se haya logrado hasta el momento encontrar una técnica que nos permita medir ambos simultáneamente, siendo un problema sin solución experimental. En cambio, un modelo computacional sí permite cuantificar los cambios después de la adaptación en poblaciones de neuronas (Cortés, Marinazzo, Oram, Series, Sejnowski y van Rossum, 2016).

22.9.3. Sistemas de interfaz cerebro computadora

Es evidente que las limitaciones del lenguaje matemático que usan los científicos nos señalan que el mundo real es demasiado basto para dejarse capturar en su globalidad por las redes teóricas creadas por el humano. Aquí la interrogante es si buscando regularidades matemáticas seríamos capaces de explorar todos los rincones del mundo físico, con el fin de no paralizar al lector, contestaríamos "que de existir alguna parcela no matematizable de la realidad, no nos incumbiría, ya que el lenguaje propio de las ciencias naturales es la matemática y solo lo que esté a su alcance es de nuestro interés (Alemañ, R., 2016). El físico Lee Smolin, que es un divulgador científico estadounidense, "plantea que no existe un objeto matemático que refleje la estructura del universo en su totalidad, y por consiguiente no hay una correspondencia perfecta entre la naturaleza y las matemáticas, y que no se necesitaría de algo perfecto, ya que la ciencia genuina sabe que la perfección absoluta es una señal distintiva del embaucador (Alemañ, R., 2016). Se concluye que es suficiente una correspondencia imperfecta y parcial, pero susceptible de mejorar progresivamente y no ninguna otra cosa. Para el mismo Smolin, las leyes fundamentales de la naturaleza no son verdades eternas, más bien señala que las leyes físicas dependen del tiempo y estas son cambiantes, dependen del tiempo y de las épocas, lo que sí parece claro es que todo esto no se realice al azar, lo que implica la existencia de alguna regla que los controle y que esta que rige la evolución con el tiempo de las leyes físicas sería -la nueva ley eterna-, que este científico rechaza desde el comienzo.

En este cortijo de misterios, Stephen Hawking recurre al teorema de Godel para justificar el pobre éxito alcanzado en la búsqueda de una teoría final de unificación y en la que los elementos principales de una descripción dinámica del mundo físico van a depender de tres elementos:

1. Un marco general: este marco no los suministra el espacio-tiempo que, para Newton, era inerte, como una especie de escenario fijo sobre el que se desarrollan los acontecimientos. Las dimensiones espacio-tiempo siguen siendo una estructura previa que nos ha conseguido implicar en términos de algún concepto subyacente.

2. Un contenido, que es el comprendido físico y abarca materia y radiación

3. Una evolución, que se refiere a todos los procesos de cambio que tienen lugar en ella

No solo en la propia física hay fenómenos cuyo comportamiento no puede comprenderse, con una visión reduccionista, ya que hay ciencias naturales donde tampoco se comprenden muchas cosas, y que se las puede agrupar en las siguientes:

- Biología de poblaciones

- Ecología
- Psicofisiología

Todas estas abordan sistemas complejos, cuyo abordaje solitario de sus elementos básicos llevaría al tremendo error de tomar en cuenta las cuestiones esenciales de las mismas (Alemañ, R., 2016).

La habilidad de comunicarse con otras personas es una característica del -homo habilis- y a través de esta se pueden expresar ideas, deseos, sentimientos, permitiendo la interacción entre seres de la misma especie.

"La tecnología BCI (interfaz cerebro-computadora o interfaz hombre-máquina) es un sistema de interacción -hombre-máquina- y que puede traducir nuestras intenciones en comunicación real con el mundo físico o virtual (Miguez, J., 2016). La función básica de un sistema BCI es medir la actividad cerebral, procesarla para obtener las características de interés, para posteriormente interaccionar con su alrededor, proporcionando ayuda al sujeto que lo requiera. En esta visión hombre-máquina, hay dos características que la hacen única en relación con otros sistemas ya existentes:

1. Tiene un potencial para construir un canal de comunicación natural con el humano.
2. Tiene un potencial de acceso a la información cognitiva y emocional de la persona.

Siempre ha sido un sueño del humano el poder interactuar con nuestro pensamiento y esto ha sido bien desarrollado en la película Firefox (el arma definitiva), con Clint Eastwod (1982), basada en el libro de Craig Thomas, en una historia de espionaje en la que el actor encarna al agente retirado Mitchell Grant, contratado por el gobierno norteamericano para viajar a Rusia y robar el más sofisticado avión de combate que existe en el mundo. Grant acepta con la única esperanza de finalizar con éxito la misión, aun estando el mismo sometido a fuertes ataques de estrés, como un efecto post-traumático durante su estancia en la guerra de Vietnam. Con una misión casi impracticable de robar un avión futurista, que además tiene un prototipo gemelo que los rusos logran poner en vuelo, y que amenaza seriamente sus pretensiones, tiene que lidiar con el dilema de que tiene que pensar en ruso y esto es lo único que logra la destrucción de este segundo avión. Aquí ya se menciona sin intención, lo que hoy se conoce como el sistema BCI, ya que el piloto tiene que usar un casco, con lo cual obligadamente tendrá que dirigir el avión, es decir, la comunicación mente-computadora tiene que ser inmediata, ya que de otra forma la misión es fallida.

Definitivamente la ciencia ficción nos sirvió de anticipación para grandes descubrimientos, prueba de ello es Julio Verne, que es el iniciador de un imaginario literario y con una capacidad tal de fascinación, que, al inventar fenómenos científicos trató de que todo pareciera tan verdadero y simple como fuera posible, como el salir del espacio, sumergirse en el mar o el del famoso Internet de nuestros días. La anticipación contada nos inspira para que las quimeras del pasado impregnen este novedoso sistema de transformar nuestros pensamientos en acciones reales dentro de nuestro propio medio. Necesariamente tiene que involucrar una cantidad de conocimientos en una interacción de las neurociencias, la ingeniería biomédica y las ciencias de la computación. Esta tecnología se diferencia de otras por las siguientes razones:

1. El enorme abanico de aplicaciones y posibilidades que uno puede imaginar en breves instantes

2. Aplicaciones en rehabilitación orientadas a la recuperación de capacidades motoras, hasta la lúdica y lucrativa industria de videojuegos (ejemplo: Wii de Nintendo)

3. Grandes cantidades de dinero que produce a los que trabajan con este sistema BCI, que se inició hace veinte años, pero que hoy está en pleno auge tecnológico (Miguez, J., 2016).

Luego de una enfermedad cerebro vascular (ECV), esclerosis lateral amiotrófica o lesión medular, la persona puede encontrarse paralizada o sin habla y que puede ser parcial o totalmente y aquí es cuando se está aplicando la interfaz cerebro-computadora (BCI), con el fin de mejorar la calidad de vida del sujeto implicado en el trastorno. El problema inicial de este sistema BCI eran los altos costos, pero el tiempo ha permitido que se desarrollen diferentes instrumentos de este tipo, siendo las principales las siguientes:

- MindFlex de Mattel
- MindSet de NeuroSky
- Muse de InteraXon

Como antecedente de esta investigación, Moreno et al. (2017) realizaron un registro de neuroseñales utilizando interfaces cerebro-computadora (BCI). En su estudio, emplearon los dispositivos electroencefalográficos Emotiv EPOC e Insight con el objetivo de estimar y analizar los niveles de estrés experimentados por un estudiante durante el desarrollo de una clase académica.

Este es un dispositivo BCI que es un neuroheadset inalámbrico de alta resolución para la adquisición de señales electroencefalográficas (EEG) y que es una herramienta que sirve para la detección inteligente de patrones neuronales paralela al del desarrollador para la implementación de una aplicación que combina la -Realidad aumentada (AR)-, y que se la está implementado para posible tratamiento del dolor del miembro fantasma (PLP) en sujetos amputados (Arango, J., Cárdenas, J., Peña, A.,2013).

También se han planteado proyectos en los que la Comisión Europea está muy interesada para unas mejores bases de interacción hombre-máquina, todas basadas en la metodología -BCI- no invasivas y en todas las herramientas periféricas de interacción, todo bajo un contexto de rehabilitación para restauración o rehabilitación motora, proyectos que están respaldados por 33 millones de euros, y que se los va a enumerar de acuerdo con su importancia:

- BRAIN2ROBOT: su objetivo básico es integrar la tecnología BCI con la tecnología de un -eye trucker-, para mover un brazo robótico asistente de una persona discapacitada en tareas diarias.
- TOBI: está orientado a desarrollar tecnología práctica para el desarrollo de prototipos orientados a BCI, no invasivos, que además se puedan combinar con otro tipo de tecnologías de asistencia para mejorar la calidad de vedad de las personas implicadas en enfermedades catastróficas, que es lo que significa una discapacidad. El BCI va enfocado hacia la comunicación-control, a la sustitución de movimiento, entretenimiento y la recuperación motora.
- BRAIN está orientado al desarrollo de interfaces cerebro-computador para sujetos no expertos con equipamiento muy básico y sencillo de usar. El objetivo aquí es desarrollar herramientas de asistencia práctica para mejorar la inclusión de usuarios con un amplio

rango de discapacidades.

- BETTER está enfocado en mejorar las terapias de rehabilitación física de trastornos de la marcha para sujetos que han sufrido accidentes vasculares, facilitándose su mejor calidad de vida con el uso del BCI. Se mejorará la rehabilitación con el uso del stroke con exoesqueletos.

- HIVE está orientado no a construir para comunicarse con los computadores y, más bien, en que estos ordenadores dirijan la estimulación en el cerebro, con el fin de desarrollar paradigmas, para diseñar, desarrollar y testar una nueva generación de aparatos tecnológicos no invasivos de estimulación del cerebro.

- TREMOR sirve para validar técnica, funcional y clínicamente un nuevo concepto de sistema, con el fin de lograr la reducción del temblor por medio de estimulación eléctrica funcional de los músculos del organismo (Miguez, J., 2013).

"En general, la brain computer interface (BCI) tiene como fin capturar las manifestaciones eléctricas, magnéticas o de otro tipo de la actividad cerebral de los deseos de comunicación de la persona y traducirlas en órdenes que son interpretadas y ejecutadas por una computadora u otro dispositivo (Gutierrez-Martinez, J. y Col., 2013).

Los ingenieros saben que los sistemas BCI son una herramienta con enorme potencial para establecer los siguientes fines:

- Alternativas de comunicación
- Restablecer funciones
- Ofrecer procesos de rehabilitación a enfermos con discapacidad neuromotora

Los elementos de un sistema BCI van a depender de las siguientes características:

- Del examen de las señales cerebrales
- Los métodos de adquisición
- El procesamiento que se emplea para traducir las intenciones del sujeto

22.10. Conclusiones

Se puede concluir que los sistemas de interfaz-computadora (BCI) va a servir a una persona con discapacidad motora, para casos de medición del estrés y en otras situaciones más, con las siguientes ventajas, razones y significancias para el poseedor de este sistema:

Tabla 35.
Sistemas de interfaz-computadora

"Un sistema BCI es una tecnología de alta ingeniería capaz de traducir nuestras intenciones en interacción real con un mundo físico o virtual (Miguez, J., 2013).
Permite interactuar con el entorno sin necesidad de usar el sistema nervioso periférico, a través de codificar mensajes y comandos que se identifican al usurpar características del EEG (electroencefalograma) espontáneo, de potenciales evocados o de potenciales de acción neuronal.

Un sistema BCI va a depender de la interacción del sujeto, quien tiene que dedicarse para lograr aprender a codificar su intención de hacer una tarea con el módulo de traducción y decodificación de esas intenciones.
Como algo no muy positivo, sería el hecho el BCI en el control de prótesis va a requerir altas tasas de transferencia de información.
El sistema BCI facilita la integración interdisciplinaria de las siguientes especialidades: • Neurología • Psicología • Ingenierías • Matemáticas • Ciencias computacionales
El BCI va a facilitar la identificación y clasificación correcta de señales cerebrales que las personas sean capaces de controlar, interdependientemente de la acción motora convencional.
Desarrollo de métodos de entrenamiento para enseñar a los sujetos a manejar y mantener el control sobre sus señales cerebrales
Ayuda a seleccionar los mejores algoritmos con el fin de traducir estas señales en comandos para el dispositivo.
Identificación y eliminación de artefactos
Empoderamiento de procedimientos objetivos y precisos de evaluación del desempeño
Permite la identificación de aplicaciones BCI específicas para las personas y su correcta adaptación a la misma.
Permite atender factores que afectan la aceptación del sujeto de esta tecnología, permitiendo una facilidad de uso y de proveer también la cosmética.
Los sistemas BCI serán tan útiles promoviendo una nueva e importante opción de comunicación y control para los discapacitados con problemas motóricos, proveyendo de un canal de control complementario o útil (Gutierrez-Martinez, J. y Col., 2013).
1. El BCI permite que se haga realidad para el tratamiento del dolor del miembro fantasma en sujetos con amputación de miembros, en la que se integra una interfaz cerebro-computadora, que traduce las representaciones mentales en comandos de control para una prótesis virtual, con lo cual el sujeto tiene un control cognitivo de dicha prótesis, y una retroalimentación visual más real de movimiento de su extremidad ausente. Con la BCI se logra transmitir a los sentidos del sujeto en tratamiento de que el modelo simulado es parte de sí mismo gracias al uso de la tecnología AR (realidad aumentada), consiguiendo que el movimiento sea voluntario y natural.
2. Las tecnologías emergentes, que son la interfaz cerebro computadora (BCI) y la realidad aumentada (AR), son prometedoras en el campo de la medicina y la salud; además, esta experiencia ha sido también utilizada para guiar la navegación de robots (Arango, J., Cárdenas, J., Peña, A., 2013).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alemán, R. (2016): En busca de la teoría del todo. Una teoría para dominarlas a todas. Impresión Ibérica. España.2016.

Arango, J., Cárdenas, J., Peña, A.: Sistema para rehabilitación del síndrome del miembro fantasma utilizando Interfaz Cerebro computador y realidad Aumentada. RISTI N° 11, 06/2013. Pág.: 93

Bacigalupe, M. (2012): Neurobiología del aprendizaje. Editorial Polemos.1° edición 2012. Buenos Aires.

Cortés, Marinazzo, Oram, Series, Sejnowski y van Rossum, en revisión.

Dávila Jorge, Uribe Miguel y Colaboradores. 2008. Psiquiatría clínica. Editorial Médica Panamericana. Colombia.

DiCaprio N.: Teoría de la Personalidad. Nueva Editorial Interamericana. 1976. México. Pág. 5

Dragoi , Sharma y Sur, 2000

Douglas, Koch, Mahowald, Martin y Suarez. 1995

Gil, A., et-al (2000): Sistema para el análisis del comportamiento cognitivo en el adulto mayor. Estudio de caso: Pinar del río, Cuba. Pág.: 106

Gutierrez-Martinez, J. y Colaboradores (2013): Los sistemas de interfaz cerebro computadora: una herramienta para apoyar la rehabilitación del paciente con discapacidad motora. Investigación en discapacidad. Vol. 2 N° 2. Mayo-agosto 2013.

Gutnisky y Dragoi, 2008

INGE CUC, Vol. 12 N° 2, julio-diciembre 2017. Pág. 96

Johnson, Hawken y Shapley, 2008

Kandel, E., Schwartz, J., Jessell, Th (1997).: Neuroscience y Conducta. 1997. 1° edición. España.

Lahoz-Beltra, R. (2011): Las matemáticas de la vida. España.Rodesa-Villatuerta.

Lavados, J.: Neuropsicología (2013). Bases neurales de los procesos mentales. Editorial Mediterráneo. 2013. Chile. Primera edición.

López-Muñoz et al, 2006.

Miguez, J.: Tecnología de interfaz cerebro-computadora. Grupo de robótica, Percepción y Tiempo Real. Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas. Universidad de Zaragoza, España.

Moreno, L.: y Colaboradores. Registro de neuroseñales con una Interfaz Cerebro-Computadora para estimar el nivel de estrés en un estudiante durante una clase.

Novoa, J., Vengoechea, J. (2008): Teoría biológica de la mente. Psiquiatría Clínica: Gómez, C. et-al. Editorial Médica Panamericana. tercera Edición- agosto 2008. Bogotá-Colombia.

Owens, A., et-al: Interceptive inference: from computational neuroscience to clinic.Elsevier. Journal homepage. Neuroscience and Biobehavioral. Reviews 90-2018

Puerta, R. (2015): Neuro-rehabilitación y neuroplasticidad. Revista Médica electrónica Portales Médicos.com

Quentin, J., et-al: Computational Psychiatric as a bridge from neuroscience to clinical applications. Nature neuroscience. Focus on neural computation and theory

Ramón y Cajal (1899). Textura del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados. Estudios sobre el plan estructural y composición histológica de los centros nerviosos adicionados de consideraciones fisiológicas fundadas en los nuevos descubrimientos. Imprenta y librería de Nicolás Moya, tres tomos. Madrid, 1899. Citado, en Neurobiología del aprendizaje de Bacigalupe, M. Editorial Polemos.1893.

Rosselli, M., Matute, E., Ardila, A (2010).: Neuropsicología del desarrollo infantil. Manual Moderno.México.2010.

Stratton, D. (1992): Neurofisiología. Grupo Noriega Editores. 1992. México.

Tabernero, M., Politis, D. (2010): Disociaciones en teoría de la mente en la variante conductual de la demencia fronto-temporal. Anuario de investigaciones. Universidad de Buenos Aires Argentina.

Tirapu, J, et-al. 2007: ¿Qué es la teoría de la mente? Rev Neurol 2007.

Uribe, D., et-al (2010): Teoría de la mente: una revisión acerca del desarrollo del concepto. Revista colombiana de Ciencias Sociales. Vol. 1. N° 1. Julio-diciembre 2010

Villanueva, C., et-al: Efectos de un programa piloto de desarrollo cognitivo (2018). Teoría de la Mente en tres niños con autismo: componente emocional (Internet) Repository.uce.edu.co Citado noviembre 2018.

Weiskopl, N., et-al: Advances rn MRI-based computational neuroanatomy: from morphometry to in-vivo histology. . 2015