

“NEUROCIENCIAS COGNITIVAS, PROCEDIMIENTOS Y LIMITACIONES”

“COGNITIVE NEUROSCIENCES, PROCEDURES AND LIMITATIONS”

Autora: Jolié Mc Guire Aros¹

Jolie.mc.aros@gmail.com

Doctora en Educación mención Aprendizaje transformacional

Máster en Neurodidáctica, Profesora de Enseñanza

Técnico Profesional UMCE.



RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo general “Develar las metodologías, modelos y estrategias de tratamiento de datos de investigación que utiliza las neurociencias cognitivas para conocer el funcionamiento del cerebro y sus procesos cognitivos”. Mediante investigación cuantitativa con tecnologías de neuroimagen. Se describen los alcances de la metodología cuantitativa, con ejemplos que evidencian objetivo y métodos. Se enfoca en las Metodologías y Modelos de investigación interdisciplinarios que se utilizan en investigación de NC (Neurociencias Cognitivas). La recopilación de datos es analizada mediante tecnologías no invasivas como la Resonancia Magnética funcional (fMRI) y el Electroencefalograma (EEG), entre otros procesos. Los que avanzan en conocimiento del cerebro y cognición para rehabilitación, prevención de conductas o enfermedades mentales, entre otros. Finalmente se explican las limitaciones propias del estudio de las NC desde lo experimental debido a procedimientos de tratamientos de datos, que está llevando a una "crisis de replicación".

Palabras clave: Neurociencia cognitiva, metodología cuantitativa, modelos de investigación, tecnología neuroimagen, análisis de datos, crisis de replicación

ABSTRACT

The present work has as general objective "To reveal the methodologies, models and strategies of treatment of research data that cognitive neurosciences use to understand the functioning of the brain and its cognitive processes". Through quantitative research with neuroimaging technologies. The scope

¹ Dra. Jolié Mc Guire Aros, cursante del Postdoctoral Program in Cognitive Neuroscience applied to Education (2019-2022), Tecana American University (TAU), USA.

of the quantitative methodology is described, with examples that demonstrate the objective and methods. It focuses on interdisciplinary Research Methodologies and Models used in NC (Cognitive Neuroscience) research. The data collection is analyzed through non-invasive technologies such as functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI) and Electroencephalogram (EEG), among other processes. Those who advance knowledge of the brain and cognition for rehabilitation, behavior prevention or mental illness, among others. Finally, the limitations of the study of NC are explained from the experimental point of view due to data treatment procedures, which is leading to a "replication crisis".

Keywords

Cognitive neuroscience, quantitative methodology, research models, neuroimaging technology, data analysis, replication crisis.

Introducción

El estudio de Neurociencias Cognitivas (en adelante NC) tiene como principal tarea la investigación del comportamiento humano desde el funcionamiento del cerebro y sus procesos cognitivos. Las que son posible mediante nuevas tecnologías de neuroimagen, como la resonancia magnética (fMRI), el Electroencefalograma (EGG), entre otros. Desde donde se relacionan esos hallazgos con investigación de Psicología cognitiva, neurobiológico, neuropsiquiátrico, es decir, un campo interdisciplinario. También los datos procesados se pueden explicar causales de conductas y funcionamiento del cerebro en las personas, entregando información para rehabilitación de lesiones entre otros, sus trastornos, aprendizajes, recuerdos, entre otros. Aunque los datos son cuantitativos mayormente, existen contextos y realidades según el objetivo del estudio, que requieren test o entrevistas para favorecer la comprensión de representaciones mentales acudiendo a metodologías de investigación cualitativa o mixta. Para conocer la información desde las Tecnologías de neuroimagen, se aplican métodos de investigación experimentales con procedimientos validados y confiables. Los que son procesados y analizados con diferentes metodologías y modelos de investigación de NC que hacen posible su análisis posterior y creación de conocimiento. Para llevar esto a cabo las características de los participantes es que conocen su situación de "sujeto de investigación" por lo que sus pensamientos abordan áreas del cerebro que en estado

“natural” quizás no tienen el mismo comportamiento. Estos ejercicios se hacen en laboratorio, requieren estar dispuestos a entregar información y responder a hipótesis de manera más contextualizada y objetiva a la realidad del paciente. Donde incluso el técnico encargado del uso de la tecnología tiene un lapso de tiempo de alguna interacción en la entrega de información de la investigación, e instrucciones de la tecnología con que se extraen los datos. Es decir, donde la persona se coloca a disposición a que el proceso tenga los resultados esperados; los datos en la tecnología que extraiga la información que requiere el objetivo de la investigación.

En todos estos procesos, cualquier experimento es realizado mediante interacción de diversos factores y variables que los investigadores puedan manipular, y donde los datos digitales logran extraer mediciones y registros con rigurosidad estadística. La que después es analizada con un modelo de investigación neurocientífico que presenta los resultados y conclusiones de fenómenos neurocientíficos, psicológicos confirmados desde NC.

A pesar de lo complejo que significa dar respuestas a cuestionamientos que suceden en el cerebro y mente de las personas, los investigadores han podido construir metodologías de investigación que puedan recoger y analizar información de NC, desde la tecnología, las matemáticas y la computación que sirven como medios para interpretar resultados sobre el funcionamiento y cognición del cerebro.

Planteamiento del Problema

Enunciado del Problema

Las metodologías de investigación de NC son un área interdisciplinaria que exige a los investigadores dominio de sus procesos metodológicos y teoría, con el fin de conocer el funcionamiento del cerebro y sus procesos cognitivos. Mediante Tecnologías de neuroimagen no invasivo y otros, para medición y recopilación de evidencias cuantitativas de actividad cerebral, anatomía y su estructura, relación pensamiento-conducta.

El problema está particularmente en la coherencia que debe tener la metodología seleccionada, el Modelo, la estrategia de análisis de datos, la tecnología, la selección de los sujetos de experimentación, con la teoría y el objetivo o enfoque del estudio. Este último es el que permitirá realizar el plan de diseño de la investigación, seleccionando la tecnología que requiere y metodología o modelo matemático que entregue conocimiento evaluados con confiabilidad. Esta coherencia no está regulada totalmente por el desconocimiento de limitaciones en la viabilidad del objetivo de estudio como en la recopilación de los datos desde la tecnología de neuroimagen.

La complejidad de analizar el funcionamiento del cerebro y procesos cognitivos de los sujetos de estudio, durante a algunas tareas, requiere trazar procedimientos en la experimentación para controlar las variables, propias de las individualidades de los seres humanos.

Estos estudios pueden estar sujetos a comprobar teorías planteadas desde la Psicología, las cuáles permitirían dar una aplicación y orientación de los profesionales a conocer procesos cognitivos y la localización de la actividad con relación a áreas del cerebro.

Por eso no está ajeno a las inferencias que se realizan por métodos estadistas que se realizan habitualmente en los campos de neurociencias y psicología, no se pueda aplicar de la misma manera por las exigencias que las neurociencias cognitivas requieren.

También se limita el conocer cuáles son las causales de ciertas conductas, que mediante los estudios de Psicología cognitiva si se lograba evidenciar. En cambio, con las tecnologías de hoy, se puede manifestar, el cómo influye la interacción del ser humano con el mundo en dato cuantitativo. Por lo tanto, las evidencias científicas de NC podrían tener confusiones o confiabilidad en la metodología utilizada y el objetivo de la investigación. Por eso es necesario que la comunidad científica coloque de manifiesto la problemática “crisis del replicamiento”, un periodo donde los artículos científicos de NC pasan a ser base de hechos científicos que sirven para comunicación a la población, quienes pueden malinterpretarse de manera errónea a la hora de poner en práctica algunas conductas: recomendaciones de cómo comer, cómo dormir, qué actividades hacen bien para la salud mental, entre otras.

La población no conoce las limitaciones de estudios experimentales en NC, y por eso se requiere explicar de manera técnica y precisa cuáles son los procesos que estas tienen para llegar a conocimiento tan relevante como es la conducta de las personas y sus pensamientos. Datos muy preciados para quienes pueden incluso faltar a la ética científica para beneficio y ventaja de quien pueda tener acceso a la manipulación de la información.

Formulación del problema

- La interrogante principal a la que se pretende dar respuesta durante la investigación es ¿Cuáles son las metodologías que utiliza NC, procedimientos y técnicas para investigación del funcionamiento del cerebro y sus procesos cognitivos?

Llevando consigo las siguientes interrogantes secundarias:

- ¿Cuáles son las Metodologías de investigación y modelos que propician los estudios de las NC?
- ¿Cuáles son los elementos que incluyen las metodologías experimentales y procesamiento de datos desde NC, del funcionamiento del cerebro y sus procesos cognitivos?
- ¿Cuáles son las limitaciones de los procedimientos metodológicos y de análisis de datos en la investigación de NC?

OBJETIVO GENERAL

Develar las metodologías, modelos y estrategias de tratamiento de datos de investigación que utiliza las Neurociencias cognitivas para conocer el funcionamiento del cerebro y sus procesos cognitivos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Organizar las Metodologías cuantitativa de investigación, más recurrentes en la investigación de NC.
- Identificar metodologías y modelos usados en el campo experimental de NC, desde técnicas de recopilación de información de tecnológicas de neuroimagen.
- Reconocer las limitaciones en la recopilación, el análisis, tratamiento e interpretación de los datos provenientes de tecnologías de neuroimagen y proceso de validación hacia una generalidad en los comportamientos humanos.

Revisión teórica

Perspectiva epistemológica y paradigmas de investigación cuantitativa

La investigación científica siempre ha buscado la respuesta a fenómenos que permiten acceder a extractos de la realidad, y que explican de manera completa lo que observa. Parte del entendimiento de las personas, donde NC manifiesta la complejidad de averiguar por qué somos como somos. Compleja tarea que significa investigar pensamientos y funcionamiento del cerebro en ciertos eventos: decisiones, actitudes, comportamientos.

Así, la práctica de investigar hace posible recoger información que la ciencia provee, interpretándose con datos cuantitativos, analizados con modelos que confirmen su validez, y explicar ciertas conductas (Hueso & Cascant, 2012). Por eso se requiere de enfoques paradigmáticos, que aportan a una investigación que encuentre vías para reconocer la realidad con cada una de ellas (con cada “lente”) (Ramos, 2015). Para ello hay paradigmas de investigación que sustentan los procesos investigativos cuantitativos, entre ellos el positivismo que permite mostrar lo empíricamente verificable. Los objetos de ciencia, utilizando procedimientos de diagnóstico con el fin de encontrar respuestas y generar conocimiento científico (Triviño, Zaidler, & Sanhueza, 2005; Vigo, 2019). Procesos que las metodologías de investigación cuantitativas permiten explicar fenómenos del funcionamiento del cerebro, mediante una diversidad de estrategias de metodologías de análisis cuantitativo.

De los cuales existen alcances de la investigación donde se desprende la profundidad con que se aborda: exploratorios, descriptivos, correlacionales y explicativos, los que llevan al detalle a familiarizarse con un problema o concepto a estudiar (Singh, 2007). El alcance Descriptivo especifica importantes propiedades/características de grupos, personas, o cualquier otro fenómeno sometido a análisis, ya que describe la problemática de estudio midiendo conceptos o variables sin relacionarlos unos con otros de manera independiente: para indicar cómo es y cómo se manifiesta el fenómeno, basándose en la medición de uno o más atributos (Toro & Parra, 2006; Gómez, 2006). El alcance de correlación puede determinar el grado de variación de los factores con la variación de otros factores relacionando variables, y controlar en la experimentación (Monje, 2011). Su utilidad correlacional cuantitativa, sirve para conocer cómo se puede comportar una variable acorde al comportamiento de otras variables. Las que puedan tener un valor explicativo, con la extracción de la información relacionada con las dos variables (Gómez, 2006). Intenta saber causa-efecto de las variables, y si no es posible por lo complejo de las disciplinas se puede conocer los propósitos de ellas (exploración, descripción y correlación o asociación), para luego proporcionar un sentido al fenómeno referenciado (Toro & Parra, 2006).

En ejemplo de una investigación correlacional de NC, mostró cuál es la relación que tienen la variable de “movimientos oculares”, con la variable de “discriminación auditiva” y la “conciencia fonémica” en el proceso lector de los estudiantes. Donde se pudo constatar que las variables estaban relacionadas con el proceso lector, y se explicó que las personas con dificultades en sus movimientos oculares o discriminación auditiva, obtienen un nivel inferior en la lectura (Megino, Martín-Lobo, & Vergara, 2016).

Utilización de los Diseños de Investigación en NC

En el diseño de la investigación se requiere un plan o estrategia con que se quiere obtener la información en la investigación, para que se adapte mejor al problema de estudio, visualizando concretamente en qué contextos se responde a las preguntas de investigación. Desde lo cuantitativo se clasifican diseños: Experimental y No

experimental, donde el primero se divide en pre-experimentos, experimentos “puros”, y cuasi experimentos. Y la No experimental, se divide en diseños transversales y longitudinales, donde se dividen en transversales exploratorios, descriptivos, correlacionales causales; y los longitudinales se dividen en Tendencias, análisis evolutivo, de Cohorte y Panel (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014; Gómez, 2006).

Los estudios experimentales son los que permiten a los neurocientíficos observar los resultados de la aplicación de las pruebas a sus hipótesis, con procedimientos válidos y confiables. Estos requieren constituirse por la participación de un grupo de control (que no recibe el tratamiento o experimento) con un grupo que experimenta. Donde la experimentación intenta mantener el control sobre los factores que puedan afectarlo, para establecer la causalidad entre las variables de NC (Singh, 2007).

En los diseños pre-experimentales, donde no hay grupo de control, se miden una o más variables en que no existe manipulación de la variable independiente (Gómez, 2006). En el diseño de preprueba-postprueba a un solo grupo se aplica el experimento para posteriormente aplicar una prueba. El diseño experimental “puro” está constituido por prepruebas y postpruebas que sirven para analizar la evolución de los grupos antes y después del tratamiento, donde los sujetos son aleatoriamente seleccionados. Aunque según algunos autores, en contextos de experimentación en las Neurociencias se denominan de “artificialidad” para asegurar que los objetivos del estudio estén en condiciones “puras” y no contaminadas (Toro & Parra, 2006), lo que se verá en detalle más adelante. Los diseños experimentales “puros” con posprueba y grupo de control, la variable independiente tiene niveles de presencia y ausencia, y la selección de la muestra de sujetos es aleatoria. Después de finalizar la manipulación de las variables independientes se mide la variable dependiente (Gómez, 2006).

Existen investigaciones experimentales que analizan la influencia simultánea de dos o más variables independientes llamadas “factores”, tanto de la variable dependiente como de la interacción entre ellas a lo que denominan “diseños factoriales” (Ávila, 2006). Un ejemplo de estudio de este tipo, mostró a estudiantes universitarios sin educación formal en neurociencias (ej., novatos), y estudiantes de un curso de

neurociencia cognitiva y grupo de expertos en el tema, quienes juzgaron explicaciones de un fenómeno en particular. Con diseño factorial se cruzaron dos variables: tipo de explicación (ej., buena vs mala) y naturaleza de la explicación (ej., con componentes neurocientíficos vs sin componentes neurocientíficos), donde quedó demostrado que los novatos y los estudiantes de NC calificaron mejor cuando explican con componentes neurocientíficos; y, las explicaciones malas fueron más valoradas si es que un neurocientífico era quien lo entregaba (Weisberg et al., 2007).

En los Diseños cuasiexperimentales, por otro lado, no es posible tener un grupo de control, con manipulación controlada y absoluta de las variables (Monje, 2011), aunque se puede manipular una variable independiente para observar su efecto y su relación con una o más variables dependientes. Si los sujetos ya estuvieran formados antes del experimento por distintas razones, la aleatorización puede dar problemas de validez interna y externa. Por lo que el investigador debe intentar establecer la semejanza de los grupos, considerando características o variables que pueden relacionarse con las variables estudiadas (Toro, 2006).

Por su parte, los Diseños No experimentales se realizan sin manipular las variables y no varía la intención de las variables independientes para ver los efectos en otras. Solo se observan los fenómenos tal como se dan, y después se analizan. Se clasifican en: Transeccionales y Longitudinales, donde el carácter transversal o transeccional refiere a una muestra de la situación, con variables de interés evaluadas una sola vez para ver la relación entre ellas, describiendo y analizando variables y su incidencia e interrelación en un momento dado (Toro & Parra, 2006; Singh, 2007).

En los No experimentales de carácter longitudinal, se recolectan los datos a través de periodos de tiempo, en puntos específicos para hacer inferencias acerca del cambio de sus causas y sus consecuencias (Toro & Parra, 2006). Esas respuestas pueden clasificarse en tres subtipos: estudio de tendencias, estudio de cohorte, estudio de panel. Como ejemplo de estudio de diseño No experimental en NC, se aplicó una preprueba – luego la intervención – y la post prueba – con diseño de prueba de retención retardada, donde participaron estudiantes asignados aleatoriamente. El que logró investigar cómo mejorar la habilidad de conversación en los estudiantes, tomando el progreso como el

principal indicador de éxito. Se aplicó la intervención de “Classroom Action Research” (CAR- Investigación de acción en aula) centrándose en las estrategias para mejorar la habilidad de conversación durante el proceso de aprendizaje de la clase (Suryo, 2014).

Análisis de los datos cuantitativos en NC

En esta etapa del procedimiento se determinan qué herramientas estadísticas serán más adecuadas para el propósito (Toro & Parra, 2006), y la interpretación de la actividad en el estudio realizado con los resultados. Donde se establecen inferencias de relaciones entre las variables estudiadas para extraer conclusiones (Ávila, 2011). Las que dependen del Nivel de medición de las variables, el tipo de hipótesis formuladas, y un diseño de investigación indicando el tipo de análisis para comprobar las hipótesis. Esa interpretación se realiza en dos etapas: primero se observan las relaciones entre las variables y los datos que las sustentan, con algún fundamento sobre el nivel de significancia estadística. En segunda etapa, se establece un significado más amplio de la investigación, para determinar algún grado de generalización de los resultados (Ávila, 2011).

Luego, el progreso de análisis se realiza desde lo descriptivo a lo explicativo, pasando por el análisis de esas relaciones. Ese carácter progresivo recurre al inicio, con un análisis univariado avanzando hacia un análisis de relaciones o bivariado, para concluir en un análisis multivariado (Yuni, & Urbano, 2014).

Métodos de investigación de Neurociencias cognitivas

Los métodos de investigación para Neurociencias cognitivas requieren años de entrenamiento/experimentación para adquirir datos, analizarlos e interpretarlos. Con el uso de métodos de mayor resolución espacial o de temporal alta, no invasiva, como lo son las tecnologías de fMRI, EGG, MET, entre otros métodos de imagen cerebral (Slotnick, 2012). Esos datos cuantitativos son combinados con métodos cualitativos en diseños de investigación controlados, basados en hipótesis y predicciones que son acompañados de experimentación y manipulación de variables abstractas u objetivas. Para ello, se utilizan las muestras de entrevistas cognitivas a grupos u observación conductual, los que ayudan a comprender la interpretación de los participantes ante las preguntas. Una vez recabadas las respuestas, se visualiza el contraste de los datos de la entrevista con las métricas estándar desde las tecnologías neurocientíficas, las que revelan disparidades del comportamiento percibido y del real de un participante (Power & et., 2018).

Así la integración de datos psicológicos y neuropsicológicos avanza para comprender fenómenos mentales desde el funcionamiento del cerebro (Adrover & Duarte, 2001), admitiendo que las neurociencias y las teorías psicológicas definen y analizan las competencias cognitivas y representaciones constitutivas del pensamiento, para luego identificar los procesos y estructuras neurofisiológicas que subyacen a ellos. Desarrollo que se hace con el análisis de las conductas y sus concomitancias mentales, donde el estudio avanza hacia aspectos cognitivos relevantes que interpretar para posteriormente llegar a generalizar (Adrover & Duarte, 2001). Para realizar este tipo de estudios se necesitan varios instrumentos de recolección de datos, mostrando posibles daños en el cerebro y las consecuencias mostradas a través de las conductas u otras vías (Benedet, 2003).

Técnicas de recolección de datos de imágenes cerebrales

La tecnología de hoy logra producir detalles del cerebro mediante las imágenes, donde su producción, validación y calidad depende de equipamientos caros, técnicas

físicas y asistentes técnicos que estén habilitados para ello. Además, son parte del diseño previo para analizar los datos, e interpretar los resultados. Esta tecnología puede ser dividida en dos categorías: estructural y funcional. La estructural produce imágenes de la arquitectura anatómica del cerebro en un momento dado, in vivo o post mortem, y la técnica funcional produce imágenes de procesos fisiológicos que acentúan la actividad neuronal durante la ejecución de una tarea. (Centro Acadia, 2016)



Imagen 1. toma de muestra de EEG de una persona visualizando expresiones faciales en imágenes aleatorias, para conocer las zonas en que se activan las neuronas, y cuál es su respuesta fisiológica ante alguna emoción mientras visualiza cada imagen (Imotions, 2022).

El electroencefalograma (o EEG), es una de las tecnologías menos invasiva, como un método fisiológico de elección, para registrar la actividad eléctrica generada por el cerebro a través de electrodos colocados en la superficie del cuero cabelludo. Para su aplicación más rápida, los electrodos se montan en gorros elásticos similares a los gorros de baño, que garantiza que los datos se puedan recopilar desde posiciones idénticas del cuero cabelludo en todos los participantes de los estudios (Imotions, 2022). Por otro lado, las técnicas de imagen estructural como la Resonancia magnética (RMI) resuelve la anatomía del cerebro sin tener que penetrar físicamente al cráneo del paciente. Por ejemplo, miden los cambios anatómicos en la reducción de la masa del

cerebro ante la progresión de un daño cerebral ocurrido durante un tiempo, utilizadas en Neurociencia clínica y Neurología para diagnosticar daños como tumores y desórdenes vasculares (Carter & Shieh, 2015). Esas neuroimágenes presentan biomoléculas de las neuronas que contienen proteínas, carbohidratos y la mielina, llamada microanatomía de estructuras neuronales proveyendo distinciones en las regiones del cerebro que aparecen de manera diferente cuando son examinadas. Por ejemplo, si se examinan trozos del cerebro con RMI, las células aparecerán grises a diferencia de otras áreas referidas como materia gris. Por lo que la meta de la imagen estructural del cerebro es diferenciar las proteínas, los carbohidratos, la grasa y agua salada, lo que con contraste revela mayor cantidad de información acerca de la arquitectura del cerebro (Carter & Shieh, 2015).

Las técnicas imágenes funcionales (fMRI) permiten estudiar las bases neuronales de la cognición, la emoción, la sensación y el comportamiento en humanos, algo que no se lograba con la mayoría de otras técnicas (Carter & Shieh, 2015). Esta imagen examina los cambios en el metabolismo del oxígeno del cerebro durante el tiempo de la experimentación, que sirve como medida indirecta de la actividad neuronal, ya que se si están activas es porque consumen más oxígeno comparadas a las que están en reposo (Carter & Shieh, 2015). Mediante los datos que las tecnologías neuroimagen entregan, se da la posibilidad que las NC puedan buscar objetivos de investigación donde cada paso en procedimiento de experimentación represente un hallazgo en responder a cuestionamientos de cerebro. Los diseños de investigación que se apliquen, los tratamientos a experimentar, y las posteriores estrategias de análisis, permitirán comprender ciertos fenómenos de cerebro, pero como veremos adelante, la generalización de los resultados es un proceso delicado de confirmar.

Modelos y teorías de investigación en Neurociencia cognitiva

El eje fundamental para evaluar hipótesis desde las teorías de Psicología cognitiva y Neurociencias es el diseño experimental, y su verificación con estrategias como Auto reportes, Estudios de caso, Observaciones de situaciones en la “vida real” (ej., estudios

clínicos), Modelos formales (ej., modelos matemáticos o computacionales), entre otras (Rodríguez, 2014).

Los análisis de datos son recogidos mediante métodos que registran datos registro de la actividad eléctrica cerebral. Entre esos está el Electroencefalogramas (EEG), que mide las actividades cerebrales en ciertas zonas del cerebro, al realizar algunas tareas o estando en reposo. Tecnologías que presentan Cambios en la actividad eléctrica cerebral debido a un evento (ERP); Tomografía por Emisión de Positrones (PET) para registro de la actividad metabólica cerebral; imágenes de resonancia magnética funcional (fMRI), estimulación magnética transcraneal (TMS), entre otros (Rodríguez, 2014). Con la complejidad que significa la rica diversidad de cada ser humano, quien provee muchos datos en estas instancias, se recurre a diferentes Modelos matemáticos o de simulación que se aplican para investigar y analizar después los datos.

Los Modelos cognitivos formales son descritos en matemática formal o con programas de computadora, derivados desde los principios básicos de la cognición que permite a los investigadores predecir cuantitativamente resultados de manera más precisa. Pueden compararse cuantitativamente para explicar los datos, como instrumentos que integran mejor las teorías de Psicología cognitiva y Neurociencia cognitiva (Rodríguez, 2014).

Por otro lado, los Modelos de procesamiento de información, explican los resultados (y no solo describen) de las evaluaciones (Benedet, 2003). Trata de recoger la información para luego procesarla por modelos, que permitan conocer resultados de experimentaciones neuropsicológicas que antes se obtenían solo con los Tests psicológicos, excluyendo los datos empíricos del funcionamiento del cerebro. Algunos modelos de procesamiento de información existentes son: Eventos Potenciales relacionados (ERP), Modelo ADR “Abstract Direct Representation”, y Teoría basada en el Modelo, “Model-based theorizing”. Sirven para investigar psicopatologías como: el trastorno del espectro autista (TEA), el trastorno por déficit de atención/hiperactividad (TDAH), el trastorno de estrés postraumático (TEPT), la esquizofrenia (SCZ) entre otros. Donde las variables de Prueba proporcionan información de las funciones perceptivas, cognitivas y motoras en condiciones

normales y psicopatológicas, contribuyendo a la comprensión de las funciones cognitivas alteradas por trastornos en el desarrollo neurológico y otras psicopatologías (Sokhadze & et al, 2017).

El Modelo de programa de computadora (Simulación) especifica una arquitectura cognitiva, que incluye niveles de procesamiento o subsistemas, y una variedad de operaciones y parámetros. Al ejecutarlo se logran simular los procesos cognitivos involucrados en el desempeño de alguna tarea, al igual que seguir las flechas en un diagrama. Las que pueden ser alteradas, simulando lesiones, y visualizar las consecuencias del desempeño de una tarea, que permite mostrar el rendimiento de una simulación de una lesión cerebral, la cual puede ser comparada con las personas con discapacidad, proporcionando así una prueba de principios teóricos detrás del modelo (Dell & Caramazza, 2008).

En otro caso, están los Modelos de redes neuronales de desarrollo cognitivo que proporcionan un método para explorar la compleja relación entre el desarrollo cerebral y el desarrollo cognitivo. Se implementan procesos neuronales en forma de ecuaciones matemáticas por simulaciones por computadora, que caracterizan la actividad neuronal y el aprendizaje (Munakata & et. al., 2008). Es así como las simulaciones de redes neuronales permiten explorar los procesos neuronales del comportamiento humano en personas vivas y pudiendo realizar una tarea, ya que se basa en hallazgos de otros estudios y da un camino a nuevos estudios acerca de la comprensión en la relación entre cerebro y comportamiento (Munakata & et. al., 2008).

Limitaciones en estrategias de recogida y análisis de datos desde tecnología neuroimagen

Los métodos de investigación de NC son complicados, y cada técnica suele requerir años de entrenamiento para dominar todos los aspectos de la adquisición, el análisis y la interpretación de datos. Por esa misma complejidad existen controversias en la posibilidad de inferir los resultados hacia comprobación de teorías psicológicas. Son limitaciones propias del estudio de cerebro, desde una persona que “sabe” que es un sujeto al que se está observando. Por lo tanto, su actividad cerebral puede ser

mayormente “artificial”, ya que las tecnologías que se utilizan, a pesar de no ser invasivas, son detectables para el sujeto de estudio que se encuentra en Laboratorio o en ambiente natural.

En el caso de la información recabada de fMRI, se registran los desempeños de los sujetos experimentales, distinguiendo el foco teórico que guía luego la investigación experimental, y el tipo de tratamiento de los datos (Venturelli, Nicolás, & Itatí, 2016). Sin embargo, algunos estudios indican que los datos extraídos de neuroimágenes tienen dos clases de limitaciones muy distintas en impacto epistemológico: las meramente técnicas, y las de procesamiento de datos y análisis, que pueden ser limitaciones técnicas permeables a diferentes tipos de sesgos teóricos. Las limitaciones técnicas en la recopilación de datos de fMRI está en obtenerlos de manera más nítida posible (sin sesgos, “ruidos” psicológicos bajo el estudio), como algo característico en el uso de la tecnología. Donde las fuentes de ruido son el movimiento de los sujetos en el resonador, los ritmos de respiración y latido cardiaco que introducen interferencias en las señales. También se agrega la limitación del tamaño de la muestra y el control sobre la tarea experimental, donde la cantidad de sujetos experimentales es escasa (Venturelli, Nicolás, & Itatí, 2016).

Otra limitación técnica tiene que ver con el pre-procesamiento de los datos recogidos en la gran mayoría de los estudios con fMRI, que son: la realineación, para ajustar variaciones de la posición del cerebro en las imágenes; corrección del movimiento; corrección temporal entre capas; suavización temporal; el uso de plantillas estandarizadas que permiten disminuir la variabilidad estructural intersujeto y normalizar los datos obtenidos (Poldrack et al., 2011). Esto se relaciona con los diferentes tipos de diseños experimentales y enfoques con estudios de fMRI los que pueden distanciarse en el tratamiento de los datos obtenidos.

También se ha detectado una tendencia localizacionista en el análisis de datos, anunciada por Tressoldi, Sella, Colheart y Umiltà (2012), en las que suelen establecerse comparaciones múltiples con el fin de identificar las zonas principalmente asociadas con una función cognitiva, desde algunas capacidades psicológicas y sus subfunciones con determinadas áreas cerebrales de un forma más robusta y precisa posible.

Es un problema dentro de los procedimientos de análisis de datos porque no se involucran reglas generales para todos los estudios con fMRI, sino que se encuentran vinculados a presupuestos teóricos. De modo que, si el interés es identificar de manera confiable un área cerebral vinculada a una actividad cognitiva, se propondrán más recursos y más estrategias para la comprobación de la teoría. Uso de Tecnologías tales como el uso de localizadores funcionales (fROI), diseños factoriales, realización de meta-análisis (aumento de la cantidad de casos), entre otros más avanzados, que permitirá identificar una zona activa en relación a una función cognitiva con una mayor potencia estadística (Venturelli, Nicolás, & Itatí, 2016).

Una limitante es la confiabilidad estadística de los datos en NC, que requieren un análisis que incorpore los datos “ruidosos”, ya que cada persona es diferente, cada cerebro es diferente y cada prueba experimental es diferente (por ejemplo, fluctuaciones en la Atención, etc.). Para manejar esta variabilidad, los científicos sociales desarrollaron estadísticas inferenciales para evaluar la confiabilidad. Sin embargo, las pruebas estadísticas requieren una situación ideal en la que el modelo estadístico sea correcto (es decir, sin violaciones de los supuestos estadísticos, como no respetar la escala de medición) y se hayan seguido las pautas estadísticas (por ejemplo, sin mirar los datos antes de recopilarlos) el tamaño de muestra requerido (Huber , Potter, & Huszar, 2019).

Un proceso que sigue a los hallazgos de neuroimagen, es la inferencia causal, simplemente significa "inferir causalidad" o inferir que una variable es la causa de otra, que puede basarse en el experimento aleatorio controlado o, bajo ciertas condiciones, solo en datos de observación (Scheines, 2005). Un proceso que es distintivo de las disciplinas que requieren datos sobre comportamiento, como Psicología, Sociología, y otras. Ahora se ha reconocido la Economía, la política como disciplinas que impactan en el día a día a las personas, lo que es de tremenda responsabilidad de proveer datos empíricos y desde donde la teoría puede “inferir” causales. En el caso particular de NC, las inferencias se realizan sobre la base de datos y análisis con confiabilidad estadística. Donde existe más probabilidad de error de la teoría causal. Que afirma una causal teórica basada en evidencia correlacional, lo que es transversal en las publicaciones

científicas, las aulas y los informes de los medios de comunicación sobre los hallazgos científicos. Y no hay estudio previo que muestre intervenciones efectivas para mejorar el razonamiento causal sobre los hallazgos correlacionales (Seifert & et.al., 2022).

En los últimos años, la discusión se ha centrado en las prácticas estadísticas para abordar la baja confiabilidad, la llamada "crisis de replicación". Que está centrada en el papel que desempeñan las revistas, los editores y la información que se divulga a la población, las llamadas "réplicas" posteriores a la publicación. Por ejemplo, se muestra un aumento del 50% en la proporción de publicaciones de Psicología relacionadas con una "réplica" de los hallazgos de NC y, sin embargo, la situación de las publicaciones de Neurociencia se ha mantenido (Huber , Potter, & Huszar, 2019).

El campo de investigación y confiabilidad de los procesos de NC, se encuentran aún en una etapa temprana de su propio desarrollo que puede beneficiarse de investigaciones exploratorias cuidadosas y descriptivas integralmente, lo que establecerá una base más sólida y reproducible para futuras investigaciones de confirmación.

Ejemplo de publicación y "réplica" de divulgación científica

Se presenta un ejemplo que grafica la importancia de ser cuidadosos en las metodologías utilizadas en los estudios de NC con las informaciones que se desprenden después en los medios de comunicación internacionales, que finalmente serán la guía para tomar muchas decisiones de profesionales y personas interesadas.

Un estudio publicado en varios medios digitales internacionales, entre ellos la página Web de The Guardian, plataforma informativa muy importante en Reino Unido, que indica: "Las siestas largas pueden ser una señal temprana de la enfermedad de Alzheimer" (The Guardian, 2022). En inglés textual indica: "Excessive daytime napping likely to be symptom rather than cause of mental decline, say scientists. Long naps may be early sign of Alzheimer's disease, study shows". En la Plataforma en español de CNN, indica lo siguiente: "Las siestas excesivas podrían ser una señal temprana de demencia, según un nuevo estudio".

El estudio científico correspondiente es “Objective napping, cognitive decline, and risk of cognitive impairment in older men”, traducido como “Siesta objetiva, deterioro cognitivo y riesgo de deterioro cognitivo en hombres mayores” (Leng, Redline, & et.al., 2019).

El cuál se desarrolló como una investigación experimental mediante diseño longitudinal, utilizando actigrafía de muñeca. Se midieron las siestas en 2751 hombres mayores, durante un mínimo de 5 períodos consecutivos de 24 horas. Los participantes también completaron registros de sueño durante el período de estudio, con las horas en que se acostaron y se levantaron de la cama, cuando se quitaron el actígrafo y las horas en que tomaron siestas. Se validó el protocolo de puntuación estandarizado con una alta confiabilidad entre evaluadores (Leng, Redline, & et.al., 2019), citando un estudio de enfermedad Osteoporosis en donde confirma que es posible utilizar la actigrafía como medida del sueño sin introducir errores de medición entre anotadores afirmado en 2005 (Blackwell & et.al., 2005). El objetivo fue estudiar prospectivamente la asociación entre la siesta evaluada por actigrafía, y el riesgo de desarrollar un deterioro cognitivo “clínicamente significativo” (Leng, Redline, & et.al., 2019). En este estudio se correlacionó la variable “horas de siesta” con la variable “deterioro cognitivo”, es decir, un dato proveniente de funcionamiento de cerebro, y el otro un proceso cognitivo. El cual es evaluado mediante pruebas cronometradas de velocidad de procesamiento de Atención, escaneo visual y la función ejecutiva. Se confirma también con el escaneo por página del participante en 300 segundos para completar la prueba (Leng, Redline, & et.al., 2019).

Una de las limitantes en la recolección de los datos en el estudio, como los “ruidos”, tales como la Atención o no frente al funcionamiento del dispositivo, las actividades que hayan hecho en el día (movimiento o reposo), situaciones cotidianas que hacen los participantes y que puedan alterar los niveles de stress por las diferencias estructuras de las personas.

Por eso que el resultado del estudio antes mencionado, no podría confirmar su validez y confiabilidad al no poder controlar esas otras variables.

Esto se confirma con un artículo de años posteriores que afirma lo siguiente: “La asociación entre la alteración del sueño y la enfermedad de Alzheimer (EA) es multidimensional (Mander et al., 2016; Wang y Holtzman, 2020 citados en Winer & et.al., 2021). Y que la actigrafía puede representar una herramienta significativa para determinar los cambios tempranos en el sueño asociados con la enfermedad de Alzheimer, cuando se combinan con biomarcadores validados. Donde también indica que el sueño deficiente predice peores resultados en contexto del envejecimiento y el Alzheimer (Winer & et.al., 2021).

Es por eso crucial, que cuando se interpreta un artículo desde un estudio experimental en Neurociencias Cognitivas, que se revisen los métodos de investigación, diseño, tecnologías que se utilizaron y los procesos de tratamiento y análisis de datos para confirmar la validez y confiabilidad de la investigación.

Metodología

Se recurre a metodología de análisis de contenido con diseño descriptivo acerca las metodologías cuantitativas, modelos y estrategias de análisis de datos de NC. Es descriptivo, ya que la revisión exhaustiva de literatura de NC y áreas disciplinares relacionadas que tienen “un discurso que evidencia y significa el ser de una realidad a través de sus partes, sus rasgos estructurales, sus cualidades, sus propiedades, sus caracteres estructurales o sus circunstancias” (Saravia, J., 1999; Pág. 57 citado en Arandes, 2013). A pesar que no permite predecir fenómenos, asegurar su reproducción, ni generar reglas universales, hace difícil reproducir los resultados de una misma investigación hacia otra (Arandes, 2013). Sin embargo, permite ser fiel a lo que los artículos analizados exponen. Tiene un proceso analítico-sintético porque la información es estudiada, interpretada y sintetizada minuciosamente para dar lugar a un nuevo documento que lo representa de modo abreviado pero preciso. El análisis de datos se realiza por codificación abierta, comparándolo e identificando qué tienen en común y relacionar las categorías (Bonilla-García & López-Suárez, 2016). El análisis de categorías emergentes y relaciones, es con sistema Deductivo-inductivo, para la

elaboración del sistema de categorías, donde se parte del marco teórico y posteriormente se extraen características a partir de los datos del contexto (Vives & Hamui, 2022).

Se realiza un muestreo teórico, el cuál encierra aquella evidencia que es observado desde razonamiento inductivo, al deductivo y abductivo; que con el último se formulan conjeturas o hipótesis para fortalecer un mayor alcance teórico (Vives & Hamui, 2022). Los artículos analizados provienen de artículos que mencionan las metodologías y procedimientos de investigación cuantitativas de NC, desde año 2000 a la fecha, de revistas médicas, de neuropsicología y psiquiatría internacionales que evidencian criterios de rigor en la presentación de evidencias. Este campo genera nuevo conocimiento que puede refutar un conocimiento anterior dentro de muy poco tiempo. Es una dificultad al realizar estudios acerca de Neurociencias.

Resultados

La teoría y muestras de investigación que se analizaron, se pudieron constatar algunas categorías relacionados a las Neurociencias cognitivas. Las que serán mostradas por la relevancia en cantidad de códigos encontrados en la teoría.

Procesos de investigación para NC

Los Procesos de investigación muestran las metodologías, modelos, procedimientos de datos, de investigación para Neurociencias y sus disciplinas que emita información verificable, medible, controlable. Se miden los conceptos o variables relacionados o no relacionados de manera independiente. Para indicar cómo es y cómo se manifiesta el fenómeno, con procedimientos válidos y confiables. Luego se seleccionan los tipos de diseño a aplicar en estudios de NC, como los diseños pre-experimentales, el diseño de preprueba-postprueba, el diseño experimental “puro”, los diseños experimentales “puros” con posprueba y grupo de control. También están los “diseños factoriales” que analizan la influencia simultánea de dos o más variables independientes. Los Diseños cuasiexperimentales, los Diseños No experimentales que no manipular las variables, clasificadas en Transeccionales y Longitudinales.

En el momento de analizar los datos están los Modelos de procesamiento de información que explican los resultados (y no sólo describen) de las evaluaciones.

Procedimientos de Análisis de datos en NC

Estos muestran cómo se llevan a cabo esos procesos de investigación con la confiabilidad que requiere. Se observan los fenómenos tal como se dan, y después se analiza el progreso de análisis se realiza desde lo descriptivo a lo explicativo, pasando por el análisis de esas relaciones.

La experimentación debe mantener el control sobre los factores que puedan afectar ver la relación entre variables, analizando con su incidencia en un momento dado. Por lo que se determinan qué herramientas estadísticas son más adecuadas para el propósito. Se recolecta información desde fMRI, para registrar los desempeños de los sujetos experimentales, y se contrastan con pruebas cronometradas de velocidad de procesamiento de atención, escaneo visual y la función ejecutiva para observar los procesos cognitivos. distinguiendo el foco teórico que guía la investigación experimental, y el tipo de tratamiento de los datos.

Luego se establecen inferencias entre las relaciones de variables y los datos que las sustentan, respaldada por significancia estadística. Para determinar en algún grado una generalización de los resultados.

Diseño de investigación NC

Trata del que se quiere evaluar, hacia qué meta se quiere llegar con la investigación, qué es lo que se busca, el objetivo, los diseños, los alcances, entre otros, con un plan establecido para asegurar el proceso de investigación. Desde los alcances de la investigación se desprende la profundidad con que se aborda, como los exploratorios, descriptivos, correlacionales y explicativos, que muestran el análisis, las propiedades/características de grupos, personas, o cualquier otro fenómeno, y el grado de variación de los factores en el control de la experimentación. Están Diseñados: experimental y no experimental, donde el primero es el más distintivo de NC, desde el estudio debido a su complejidad, donde se observan los resultados de la aplicación de

las pruebas y se establecen causalidades en NC . Donde el eje fundamental sirve para evaluar hipótesis desde y hacia las demás disciplinas como Psicología, y Neurociencias. Con los elementos para aplicarlos como Estudios de caso, Observaciones de situaciones en la “vida real”, más recientemente modelos matemáticos o computacionales, entre otras.

Tecnologías para Neurociencias Cognitivas

En cuarto lugar, se encuentran dos códigos importantes dentro de los procesos de investigación que son las “Tecnologías para Neurociencias Cognitivas”, y la manera en que se hacen los “Tratamientos de datos de NC”.

Donde las tecnologías muestran las evidencias con imágenes con resolución espacial o temporal alta, no invasiva como fMRI, EGG, MET. Donde se aplican para dos funciones, una estructural y otra funcional, la cual permite experimentar con variables que se tratan durante la ejecución de tareas en los sujetos, ya que logran observar la actividad neuronal. También es posible observar más comportamiento de la estructura del cerebro, mediante la diferenciación de las proteínas, los carbohidratos, la grasa y agua salada, la que con contraste revela mayor cantidad de información de la arquitectura del cerebro. Permiten estudiar las bases neuronales de la cognición, la emoción, la sensación y el comportamiento en humanos.

Tratamientos de los datos desde NC

Una vez que se recopilan los datos gracias a las tecnologías antes mencionadas, se pueden obtener grandes hallazgos gracias al procedimiento y tratamiento que se haga con los datos. Las neuroimágenes muestran la microanatomía de las estructuras neuronales, las biomoléculas de neuronas que contienen proteínas, carbohidratos, y la mielina, apareciendo de manera diferente cuando son examinadas. En fMRI las células se diferencian entre grises áreas referidas como materia gris.

También se utilizan los datos a través de modelos de procesamiento de información como Eventos Potenciales relacionados (ERP), Modelo ADR “Abstract Direct Representation”, y Teoría basada en el Modelo, “Model-based theorizing”, proveyendo

de datos para la comprensión de las funciones cognitivas. El modelo de programa de computadora (simulación) especifica una arquitectura cognitiva, las cuales simulan los procesos cognitivos involucrados en el desempeño de alguna tarea. Las que pueden simular lesiones, visualizar las consecuencias de una tarea.

Limitaciones en los resultados desde NC

Al analizar los procesos de recopilación y tratamiento de los datos en estudios de NC, se develan limitantes al inferir o intentar encontrar causales en los estudios de neurociencias en general, hacia otras disciplinas, entre ellas mayormente en la psicología. Ya que se hace análisis de las conductas y sus concomitancias mentales, avanzando hacia interpretar aspectos cognitivos para posteriormente llegar a generalizar.

También está la disparidad entre el objetivo del estudio, como es el localizar ciertas conductas de acuerdo a las zonas del cerebro que se activan, a lo que se ha designado como una tendencia localizacionista. Lo que puede mostrar para quien tenga interés de identificar de manera confiable cómo una actividad cognitiva está vinculada en un área cerebral para comprobar la teoría, utilizando incluso mayores presupuestos para agregar más datos como lo hacen con los diseños factoriales los que identifica las zonas activas en relación a funciones cognitivas con mayor potencia estadística. Por otra parte, las pruebas estadísticas requieren situaciones en la que los modelos estadísticos respeten escalas de medición, siguiendo las pautas estadísticas confirmando los datos antes de recopilarlos acorde el tamaño de muestra.

Habitualmente los datos sirven para “inferir causales hacia el conocimiento de otras disciplinas como psicología. Donde inferir es que una variable es la causa de otra, que puede basarse en el experimento aleatorio controlado o, bajo ciertas condiciones, solo en datos de observación. Al no realizarse en contextos reales, se presentó la llamada “crisis de replicación”, una limitante para la divulgación de los estudios en NC, por la baja confiabilidad en las prácticas estadísticas, mostrándose un aumento en publicaciones de psicología que son las “réplicas” de los hallazgos de NC, mientras que publicaciones de neurociencia se han mantenido.

Limitaciones en la validación de los datos en NC

Los estudios de NC requieren de validación y protocolos que aseguren el tratamiento de los datos, pero al día de hoy no se ha manifestado un acuerdo de normas o protocolos para investigación de NC. Esto lleva a que los contextos de experimentación tienen carácter “artificialidad” para que estén en condiciones “puras” y no contaminadas, con el fin de asegurar cumplir con los objetivos del estudio. Por eso, si los sujetos de investigación están formados antes del experimento, la aleatorización puede dar problemas de validez interna y externa, por lo que es responsabilidad del investigador establecer la semejanza de los grupos, considerando variables relacionadas con las variables estudiadas.

En el caso de los datos extraídos de tecnologías de neuroimágenes tienen técnicas, y de procesamiento de datos y análisis, con sesgos teóricos. La recopilación de datos de fMRI se deben obtener lo más nítida posible, sin “ruidos” psicológicos bajo el estudio, como los movimientos de los sujetos, sus ritmos de respiración, latido cardiaco que introducen interferencias en las señales. Y lamentablemente la cantidad de sujetos experimentales es escasa. Otras limitaciones técnicas son los pre-procesamientos de los datos recogidos como los ajustes de la posición del cerebro en las imágenes, corrección del movimiento, a pesar que se usan plantillas estandarizadas que normalizan los datos obtenidos.

Confiabilidad en estudios de NC

Los estudios de NC son certificados científicamente, validando protocolos de puntuación estandarizado con alta confiabilidad entre evaluadores, donde confirma las tecnologías o la combinación de más de una para ser utilizadas hacia comprobar ciertos objetivos. Las NC están en una etapa temprana de su propio desarrollo debe establecer una base sólida y reproducible con investigaciones exploratorias cuidadosas e integrales.

CONCLUSIONES

La investigación demuestra que el objetivo general de “Develar las metodologías, modelos y estrategias de tratamiento de datos de investigación que utiliza Neurociencias cognitivas para conocer funcionamiento de cerebro, en sus procesos cognitivos” se logró alcanzar.

Las metodologías de investigación para neurociencias pueden ser cuantitativas, cualitativas y mixtas, las cuales tienen diseños, alcances, y estrategias de análisis de datos como establece el método científico. Los objetivos plantean la aplicación de tecnologías de neuroimagen que provea de datos en ambientes más naturales para los sujetos de estudio. Donde la investigación experimental es la que mayor procedimientos y herramientas requiere para comprobar las hipótesis, para prevenir o dar tratamientos a muchos trastornos, enfermedades y daños que se ven beneficiados. Así se alcanzó el primer objetivo “Organizar las Metodologías cuantitativa de investigación, más recurrentes en la investigación de NC”.

En la actualidad hay varios modelos de procesamientos de datos que minimizan el posterior ajuste de los datos, solo por la manipulación de la información. Y permiten predecir ciertas conductas, las que son posible recopilar y analizar con confiabilidad. Las tecnologías de neuroimagen como EEG, Resonancia magnética cambiaron la manera de hacer investigación, lo que es un desafío aún para los neurocientíficos. Además, estas tecnologías permiten mostrar varias capas de información desde más superficial hasta más profundo. Este campo se actualiza diariamente, por lo que mayor conocimiento se está generando en los últimos años, más que hace décadas atrás, Así se alcanzó el segundo objetivo “Identificar metodologías y modelos usados en el campo experimental de NC desde técnicas de recopilación de información de tecnológicas de neuroimagen”.

Luego hay dos dimensiones importantes en el análisis de los procedimientos de investigación en las NC para explicar fenómenos en funcionamiento del cerebro y procesos cognitivos: el tratamiento de datos y los estudios posteriores desde inferencias de otras disciplinas como psicología. De acuerdo al análisis de la literatura presentada, se muestra que el estudio mantiene los procedimientos propios de las metodologías cuantitativas que dependen en su totalidad del objetivo de la investigación. Es decir, qué se quiere buscar/comprobar/observar del funcionamiento del cerebro y sus procesos cognitivos. Ese objetivo delimita el tipo de diseño que se aplicará, la tecnología que se utilizará, y las estrategias de procesamiento de análisis de datos posteriores a la recopilación y experimentación.

Finalmente, dentro de las limitaciones para abordar la investigación en NC se trata de conocer cuáles son los objetivos, los medios, y el presupuesto con que se cuenta para seleccionar el procedimiento que se llevará a cabo.

- Esto pone en evidencia que hay un problema de confiabilidad de los datos con que se pueda inferir información posterior, para aplicación de otras disciplinas como la psicología. Algo que es replicado por los medios de comunicación a través de interpretación de los artículos mencionados en el ejemplo, y que deja constancia a la población de las recomendaciones que da la comunidad científica para la salud y bienestar de las personas. Así se cumplió con el tercer objetivo específico “Reconocer las limitaciones en la recopilación, el análisis, tratamiento e interpretación de los datos provenientes de tecnologías de neuroimagen y proceso de validación hacia una generalidad en los comportamientos humanos”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adrover, J., & Duarte, A. (2001). *La integración entre psicología cognitiva y neurociencias: una necesidad recíproca*. Subjetividad y procesos cognitivos.
- Aignerren, M. (s/f). *Diseños cuantitativos: Análisis e interpretación de la información*. Medellín: Editorial CEO.
- Ansari, D., Coch, D., & De Smedt, B. (2001). Connecting Education and Cognitive Neuroscience: Where will the journey take us?_705 37..42. *Educational Philosophy and Theory*, 43(1), 37-42.
- Ansari, D. (2012). Culture and education: new frontiers in brain plasticity. *Forum: Science & Society*, 16(2), 93-95.
- Arandes, J. (2013). El análisis de contenido como herramienta de utilidad para la realización de una investigación descriptiva. Un ejemplo de aplicación práctica utilizado para conocer las investigaciones realizadas sobre la imagen de marca de España y el efecto país de origen. *Provincia*(29), 135-173.
- Ávila, H. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación*. Chihuahua: Ed. Electrónica.
- Blackwell, T., & et.al. (2005). Actigraphy scoring reliability in the study of osteoporotic fractures. *Sleep*, 28(12), 1599-605.
- Benedet, M. (2003). Metodología de la investigación básica en neuropsicología cognitiva. *Revista De Neurología*, 36(5), 457-466.
- Bisquerra, R. (2009). *Metodología de la investigación educativa*. Madrid: La Muralla.
- Bonilla-García, M., & López-Suárez, A. (2016). Ejemplificación del proceso metodológico de la teoría fundamentada. *Cinta moebio*, 57, 305-315.
- Carter, M., & Shieh, J. (2015). *Guide to Research Techniques in Neuroscience*. Oxford: Elsevier.
- Centro Acadia. (4 de Julio de 2016). *Las técnicas de neuroimagen*. Obtenido de Centro Acadia: <https://www.centroacadia.es/tecnicas-neuroimagen/>

- Dell, G., & Caramazza, A. (2008). Introduction to special issue on computational modelling in cognitive neuropsychology. *Cognitive Neuropsychology*, 25(2), 131–135.
- Frigg, R., & Nguyen, J. (2017). Models and Representation. En L. Magnani, & T. Bertolotti, *Springer Handbook of Model-Based Science* (págs. 1-163). Berlín and New York.
- Fuentes, J., & Collado, J. (2019). Fundamentos epistemológicos transdisciplinarios de Goga, I. (2006). A practical introduction in computational neuroscience. *Romanian Association for Cognitive Science.*, 389-419.
- Gómez, M. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Córdoba: Edit. Brujas.
- Huber, D., Potter, K., & Huszar, L. (2019). Less “Story” and more “Reliability” in cognitive neuroscience. *Cortex*.
- Hernández, R., Fernández, C., & Bastista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México DF: Mc Graw Hill.
- Hueso, A., & Cascant, M. (2012). *Metodología y Técnicas Cuantitativas de Investigación*. Valencia: Universitat Politècnica de Valencia.
- Irvine, E. (2016). Model-Based Theorizing in Cognitive Neuroscience. *British Society for the Philosophy of Science.*, 143–168.
- Leng, Y., Redline, S., & et.al. (2019). Objective napping, cognitive decline, and risk of cognitive impairment in older men. *Alzheimers Dement*, 15(8), 1039-1047.
- Manning, L. (1990). Neuropsicología cognitiva : Consideraciones metodológicas. *Estudios de Psicología*, 43(44), 153-168.
- Megino, E., Martín-Lobo, P., & Vergara, E. (2016). Influence of eye movements, auditory perception and phonemic awareness in the reading process. *Journal of educational research*, 567-573.
- Monje, C. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa Guía didáctica*. Universidad Surcolombiana, Facultad De Ciencias Sociales Y Humanas Programa De Comunicación Social Y Periodismo, Neiva.

- Mulder, M., Van Maanen, J., & Forstmann, B. (2014). Neuroscience forefront review perceptual decision neurosciences – a model-based review. *Neuroscience* 277, 872–884.
- Munakata, Y., & et. al. (2008). Neural Network Models of Cognitive Development. En M. Collins, & C. Nelson, *Handbook of Developmental Cognitive Neuroscience* (págs. 367-376). Cambridge: The MIT Press.
- Power, S., & et., a. (2018). The SAGE Model of Social Psychological Research. *Perspectives on Psychological Science*, 13(3), 359–372.
- Ramos, C. (2015). Los paradigmas de la investigación científica. *Av.psicol.*, 23(1), 9-17.
- Rodríguez, O. (2014). Modelos cognitivos formales: Una herramienta para la integración del conocimiento en psicología cognitiva y neurociencia cognitiva. *Actualidades en Psicología*, 28(117), 79-91.
- Roger, G. (2019). *Neuropsicología*. España: Elsevier Health Sciences.
- Rodríguez, O. (2014). Modelos cognitivos formales: Una herramienta para la integración del conocimiento en psicología cognitiva y neurociencia cognitiva. *Actualidades en Psicología*, 28(117), 79-91.
- Ruiz de Mendoza, F., & Galera, A. (2012). Modelos cognitivos, operaciones cognitivas y usos figurados del lenguaje Forma y Función. *Universidad Nacional de Colombia*, 25(2), 11-38.
- Seifert, C., & et.al. (2022). Causal theory error in college students' understanding of science studies. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 7(4).
- Scheines, R. (2005). The Similarity of Causal Inference in Experimental and Non-experimental Studies. *Philosophy of Science*, 72(5), 927-940.
- Segers, E., & Van den Broek, P. (2017). *Developmental Perspectives in Written Language and Literacy*. Amsterdam/Filadelfia: John Benjamins Publishing Company.
- Singh, K. (2007). *Quantitative Social Research Methods*. Los Angeles: Sage Publications.

- Slotnick, S. (2012). *Controversies in Cognitive Neuroscience*. New York: Macmillan International Higher Education.
- Sokhadze, E., & et al. (2017). Event-related Potentials (ERP) in Cognitive Neuroscience Research and Applications. *NeuroRegulation*, 4(1), 14–27.
- Tressoldi, P., & Sella, F. et. al. (2012). Using functional neuroimaging to test theories of cognition: a selective survey of studies from 2007 to 2011 as a contribution to the Decade of the Mind Initiative. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 48(9), 1247–1250.
- The Guardian. (Marzo de 2022). *Long naps may be early sign of Alzheimer's disease, study shows*. Obtenido de Theguardian.com:
<https://www.theguardian.com/society/2022/mar/17/naps-early-sign-alzheimers-disease-study>
- Toro, I., & Parra, R. (2006). *Método y conocimiento: metodología de la investigación : investigación cualitativa/investigación cuantitativa*. Medellín: Universidad Eafit.
- Triviño , V., Zaider, & Sanhueza, A. (2005). Paradigmas de investigación en enfermería. *Ciencia y enfermería*, 11(1), 17-24.
- Venturelli, N., & Branca, I. (2016). Ciencia y neurociencias cognitivas: El caso de la resonancia magnética funcional. *Tópicos, Revista de Filosofía* , 177-207.
- Vives, T., & Hamui, L. (2022). La codificación y categorización en la teoría fundamentada, un método para el análisis de los datos cualitativos. *Investigación en educación médica*, 10(40), 97-104.
- Weisberg, S., Hunter, D., Huber , R., Lemieux , J., Slaymaker, S., Vaddi, K., Ferrante , A. (2006). CCR2 Modulates Inflammatory and Metabolic Effects of High-Fat Feeding. *J Clin Invest*(116), 115-124.
- Weisberg, M. (2007). Who is a Modeler? *British Society for the Philosophy of Science*, 207–233.
- Weingarten, S., & Penat, H. (2009). *Cognitive Psychology Research Developments*. New York: Nova Science Publishers.

- Winer, J., & et.al. (2021). Tau and β -Amyloid Burden Predict Actigraphy-Measured and Self-Reported Impairment and Misperception of Human Sleep. *Neurobiology of Disease*, 41(36), 7687-7696.
- Yuni, J., & Urbano, C. (2014). *Técnicas para investigar : Análisis de datos y redacción científica* (Vol. 3). Córdoba: Editorial Brujas.