

A critical review of antecedents of psychological measurement: Is it necessary to revisit or reorganized the foundations psychometry?

Una revisión crítica de los antecedentes de la medición psicológica: ¿Es necesario visitar o reorganizar los fundamentos de la Psicometría?

José I. Martínez-Guerrero^a

Abstract:

The purpose of this article was to revisit and complement the background of psychological measurement, as well as to analyze its foundations from a scientific perspective. A historical-methodological analysis was made of the contributions of great pioneers of measurement at the beginning of the 19th century and even the main contributions of the mid-20th century. Knowing the History of Science in general, and the methodological background of its discipline, both constitute very important ingredients in the scientific training of the researcher. It was found that the roots of Psychometrics come from contributions in Mathematics, Statistics, and Experimental Sciences, which have allowed basing and developing theories, models, techniques, and procedures for the current construction of psychological measurements in social and behavioral sciences. Current psychometrics has quality standards that guide best practices in the development and validation of psychological measurements. The problems and challenges in scientific research have shown that an interdisciplinary approach allows a better understanding of scientific concepts, as well as the possibility of reflection to reorganize the disciplines and expand their foundations with new perspectives.

Keywords:

Psychological measurement; Psychometrics; Test theory; Science History

Resumen:

El propósito del presente artículo fue visitar y complementar los antecedentes de la medición psicológica, así como analizar sus fundamentos con una perspectiva científica. Se realizó un análisis histórico-metodológico de las aportaciones de grandes pioneros de la medición a principios del siglo XIX y hasta las principales contribuciones de mediados del siglo XX. Conocer la Historia de la Ciencia en general y los antecedentes metodológicos de su disciplina en particular, constituyen ingredientes muy importantes en la formación científica del investigador. Se encontró que las raíces de la Psicometría devienen de las contribuciones en Matemáticas, Estadística y Ciencias Experimentales, lo que ha permitido fundamentar y desarrollar teorías, modelos, técnicas y procedimientos para la actual construcción de mediciones psicológicas en ciencias sociales y del comportamiento. La Psicometría actual cuenta con estándares de calidad que orientan mejores prácticas en el desarrollo y validación de mediciones psicológicas. Los problemas y retos en la investigación científica han mostrado que un enfoque interdisciplinario permite una mejor comprensión de los conceptos científicos, así como la posibilidad de reflexionar para reorganizar las disciplinas y ampliar sus fundamentos con nuevas perspectivas.

Palabras Clave:

Medición psicológica; Psicometría; Teoría de los Test; Historia de Ciencia

INTRODUCCIÓN

El presente artículo tiene como propósito visitar y complementar los antecedentes que dieron origen a la medición de lo psicológico desde una perspectiva científica. La revisión inicia con los pilares más tempranos que surgieron a principios del siglo XIX y analiza los principales fundamentos de medición psicológica hasta la mitad del XX. El artículo comparte el principio, que ha venido cobrando cada vez más reconocimiento en décadas recientes, sobre la importancia central que tiene para la formación del científico el hecho de conocer y analizar la Historia de la Ciencia y, en particular, los antecedentes teóricos y metodológicos de su disciplina. La Ciencia ha mostrado que los problemas y retos traspasan las

fronteras disciplinarias y su abordaje interdisciplinario contribuye a una mejor comprensión de métodos y conceptos científicos. El análisis de antecedentes históricos de la ciencia puede ayudar a la reflexión y reorganización de las disciplinas, y así ampliar nuevas perspectivas para el desarrollo científico y sus aplicaciones tecnológicas actuales (Ribes, 2005; Barahona, 2009).

Contribuciones de Karl Friedrich Gauss en la medición científica

A diferencia de la historia tradicional de la Psicometría en fuentes clásicas (Boring, 1950; Anastasi, 1966, Anastasi, 1974; Heidbreder, 1960; Nunally, 1970) donde se ubicaba el inicio de la medición psicológica con las anécdotas de los astrónomos

^a Corresponding author, Universidad Nacional Autónoma de México, <https://orcid.org/0000-0002-3328-7760>, Email: josemarg@unam.mx

Europeos en su afán por identificar errores de observación, y de donde se formuló la llamada “ecuación personal” de Bessel; o en otros casos, que inician con los fisiólogos, sin mayor contexto filosófico de la época (Goodwin, 2009); o más especializados que empiezan con los estudios de Francis Galton (Carroll, 1987). En contraste, aquí se propone, en primer lugar, reconocer como antecedente inicial de la Psicometría las aportaciones de Karl Friedrich Gauss (1777-1855), con las aplicaciones del modelo de distribución normal, campana de Gauss o función de densidad de probabilidades, la teoría del error y su método de mínimos cuadrados, entre otras contribuciones. La Historia de la Ciencia ha registrado cómo Gauss propuso y aplicó estos métodos con éxito en la medición de distancias y trayectorias de planetas y cometas, a partir de datos de observaciones astronómicas, con el fin de predecir su ubicación dentro de su trayectoria (Gauss, 1809); sus aportaciones dieron fama y reconocimiento a Gauss en Alemania y Europa desde la primera década del siglo XIX (Boyer, 1986).

Aun cuando astrónomos europeos siguieron aplicando la “ecuación personal” para identificar errores en sus observaciones hasta mediados del siglo XIX, optaron por construir aparatos más precisos como el cronógrafo y el cronoscopio para reducir la variabilidad de los errores en sus observaciones. Por tanto, no se utilizó después la ecuación personal en Astronomía y menos en la medición de variables psicológicas. En todo caso, el reconocimiento a Bessel debería ser darle el crédito de haber sido el primero que publicó en 1838 la medición de las distancias a las estrellas aplicando la técnica de paralaje estelar, aun cuando otros astrónomos ya la habían utilizado (Gribbin, 2003).

Las contribuciones de Karl Gauss han constituido ingredientes fundamentales para el análisis estadístico y psicométrico posterior, tanto en investigación psicológica, como desde el análisis sociológico que realizó Quetelet (1835) en su obra *Sobre el hombre y el desarrollo de las facultades humanas*; así como en la aplicación de métodos para predecir fenómenos sociales y de técnicas para estimar errores de medición en diversas disciplinas.

En su libro *Disquisitiones Arithmeticae* (1801), Gauss desarrolló y demostró teoremas centrales sobre progresiones geométricas, incluyó nociones como la de *congruencia* matemática que permitieron formalizar y unificar la Teoría de Números con una nomenclatura simplificada; desarrolló teoremas que facilitaban la estimación de residuos de potencias, con períodos iterativos de residuos y aplicó métodos analíticos que constituyeron cimientos de su obra (Hawking, 2010). Muchas de las contribuciones de Gauss han permitido desarrollar las Matemáticas aplicadas en diversos campos en ciencias naturales, sociales y del comportamiento.

La influencia de Gauss en la formación de sus discípulos fue de importancia capital para ulteriores contribuciones; cabe señalar a dos de sus seguidores más destacados: Bernhard Riemann y Richard Dedekind; quienes en la segunda mitad del siglo XIX sentaron las bases matemáticas para la medición de variables continuas y la teoría de magnitudes, antecedentes de los axiomas de segundo orden de la medida de Peano en 1887 (Odifreddi, 2006). Por un lado, contamos con la *Integral de Riemann* para medir cualquier intervalo del área bajo la curva de diversas funciones continuas, herramienta básica para estimar la probabilidad en cada nivel de la función psicométrica. Además, Riemann elaboró en 1854 un marco teórico para medidas unidimensionales, su extensión a medidas

multidimensionales y sus relaciones métricas para conjuntos variacionales (Riemann, 1929). Asimismo, Riemann postuló el concepto de espacio multidimensional, adoptado en diversas disciplinas, y su influencia en la Psicometría moderna en los modelos multidimensionales de la IRT (Reckase, 2009). Se necesitaría un tratado para analizar las aportaciones de Riemann y sus implicaciones en diversos campos; por ejemplo, en la medición de curvatura del espacio en la Teoría de la Relatividad de Einstein. Un dato interesante es que Riemann reconoció haber tomado como base para sus análisis a Karl Gauss y a Johann F. Herbart en la revisión de los fundamentos geométricos de espacios multidimensionales y sus implicaciones métricas (Riemann, 1929). Por su parte, Dedekind continuó la formalización de la medición precisa de variables continuas, los conceptos de límite y de cortadura (puntos de corte) para delimitar clases de valores medidos en conjuntos de datos cuantitativos.

Otro antecedente importante de principios del siglo XIX que se debe considerar es la contribución de Pierre Simon Laplace (1749-1827) en la medición de probabilidades; y quien reconoció haber retomado y aplicado ideas de Gauss sobre la medición del error. Laplace participó en el comité para determinar el nuevo sistema métrico en Francia y proponer la definición del metro como unidad de medida fundamental; y estuvo inmerso en el ámbito científico de su época. En 1812 publicó su *Théorie analytique des probabilités*, donde expone los principios básicos de cálculo de probabilidades para analizar los fenómenos y sus posibles aplicaciones en diversos temas sociales (Hawking, 2010). Sin embargo, él mismo reconoció que la historia del análisis de probabilidades empezó en el siglo XVII con Fermat y Pascal; y después con Bernoulli y Bayes en el siglo XVIII.

La Psicología como ciencia cuantitativa de Herbart

En segundo lugar, se debería reconsiderar entre los antecedentes tempranos de la Psicometría las aportaciones de Johann Friedrich Herbart, (1776-1841), quien además de oponerse a la Psicología de las facultades dominante en los siglos anteriores, no estaba de acuerdo con la clasificación de las ciencias establecida por Kant, donde se ubicaba a la Psicología como una disciplina del espíritu y no experimental, por lo que no podría ser una ciencia (Heidbreder, 1960). Ahora se sabe por otros escritos poco conocidos de Kant, que ese lugar de ciencia de la conducta humana lo reservaba para la Antropología:

“La ciencia de las reglas de cómo debe conducirse el hombre constituye la Filosofía práctica y la ciencia de las reglas de la conducta efectiva es la Antropología” Y añade: “Lo mismo que ocurre con la Física teórica, tan vinculada con los experimentos, también cabe hacer experimentos con el hombre...” (Kant, 1930, pág. 38).

No obstante, Johann Friedrich Herbart hizo una propuesta clara de la Psicología como ciencia cuantitativa desde las primeras décadas del siglo XIX. Este hecho debería recordarnos el lema de una de las principales revistas actuales de Psicometría que se publica desde 1936: *Psychometrika*:

“Es una Revista dedicada al desarrollo de la Psicología como ciencia racional cuantitativa”. La revista es el órgano de difusión de la Psychometric Society, asociación fundada en 1935 por L. L. Thurstone.

Aun cuando Herbart no era psicólogo de origen, fue principalmente filósofo y pedagogo, ocupa un lugar importante

en la Historia de la Psicología, en particular en la Historia de la Psicología en Europa (Boring, 1950). Herbart publicó en 1816 su obra *Lehrbuch zur Psychologie* y en 1824 su *Psychologie als Wissenschaft*, en donde planteó a la Psicología como ciencia empírica a la que podían aplicarse métodos matemáticos para observar y medir los fenómenos mentales básicos. Ciertas aseveraciones de Herbart y su propuesta metodológica para la Psicología como ciencia cuantitativa generaron controversias y diferencias, tanto con Kantianos nativistas, como con empiristas ingleses y aún con algunos investigadores posteriores de tradición fisiológica. Lo que es claro es que Herbart planteó que la Psicología debía ser cuantitativa y observacional, pero no era necesario que fuera analítica y experimental, porque debía considerarse unitaria a la mente. Es probable que esto último fue lo que le llevó a cierto menosprecio por parte de algunos psicólogos experimentales, quienes después escribirían otras historias.

En sus inicios Herbart fue uno de los impugnadores del idealismo europeo desde una perspectiva de la filosofía realista (Antisieri & Reale, 1988). En Psicología analizó las unidades mentales en términos de representaciones (*vorstellungen*) a fin de explicar fenómenos mentales básicos y complejos, así como su dinámica psicológica a partir de dichas unidades mentales o ideas. Identificó que cada idea o representación mental posee un cierto grado de fuerza o intensidad, con especial énfasis en los fenómenos de inhibición: cuando se trataba de vincular una idea simple con otras incompatibles y con más fuerza, tiende a ubicarse por abajo del umbral de conciencia; así como el proceso contrario cuando las ideas son compatibles y tienden a asimilarse a otras ideas que se hallan en la conciencia “masa aperceptiva” (Heidbreder, 1960). Según Herbart cada idea tiende a mantenerse en la conciencia y a repeler o inhibir a otras que son incompatibles; y por tanto consideraba que las ideas varían en intensidad, duración y grado de inhibición o fuerza de la asociación en la conciencia, variables que podían medirse científicamente.

Independiente de la validez de su propuesta teórica, es paradójico el hecho de que fue Herbart quien abrió el camino a la Psicofísica y dio elementos a la Psicología Fisiológica en las siguientes décadas del siglo XIX. Debido a su afán por la precisión y medición de los fenómenos mentales Herbart consideraba que las ideas de la mente tenían dos dimensiones: la duración y la fuerza o intensidad; a partir de ello inició su análisis de las ideas como categorías diferentes y el grado de unión entre ellas, como una tercera magnitud. La propuesta de Herbart asumía que se cumplían las condiciones para su medición y manejo matemático. Psicólogos posteriores como Titchener han reconocido que Fechner heredó de Herbart el análisis mental (Boring, 1950). En su teoría psicológica Herbart postulaba la noción de *umbral* de conciencia como un concepto central para explicar la dinámica mental en términos de fuerza e inhibición de las ideas conscientes. Así, entre las aportaciones de Herbart a la Psicofísica, se puede apreciar cómo Fechner retomó la noción de medición de la magnitud de los datos derivados del análisis de las ideas y los juicios en la conciencia. Además, Fechner retomó la noción de *umbral* en sus experimentos psicofísicos, justo para la medición de umbrales perceptuales.

Importancia de los fisiólogos en la medición psicológica

Otro ingrediente central que complementa los antecedentes de la Psicometría se refiere al trabajo de investigación de los fisiólogos en el siglo XIX, con especial énfasis en las

aportaciones del científico, fisiólogo y psicólogo, Herman von Helmholtz (1821-1894). Helmholtz forma parte de la Historia de la Ciencia, no sólo como uno de los científicos más destacados de su tiempo, sino porque además de sus aportaciones en la fisiología y procesos sensoriales visuales y auditivos, se le puede ubicar como cofundador y vínculo en la Psicología experimental, justamente entre Fechner y Wundt.

En las investigaciones sobre la función nerviosa en los centros y vías motoras y sensoriales, durante la primera mitad del siglo XIX, aparecen los trabajos relevantes de Johannes Müller (1838) y Ernst Weber (1846) como representantes de los fisiólogos. Müller, con sus estudios sobre la teoría de las energías específicas e identificación de centros para cada sentido, tuvo una gran influencia en Helmholtz, quien continuaría con investigaciones sobre fisiología de la visión y la audición. Weber, con sus experimentos y mediciones sensoriales del tacto, lo que también sería un precedente importante para Helmholtz y para Fechner. Müller aseveraba que dada la rapidez instantánea de los impulsos nerviosos era imposible estimar su velocidad; ante este reto, el ingenio de Helmholtz le llevó a medir la velocidad de la conducción nerviosa, con experimentos en los que estimaba el tiempo de demora de un músculo al contraerse, con nervios de diferentes longitudes, y utilizando un miógrafo que él mismo inventó (Boring, 1950).

Helmholtz publicó en 1850 los resultados de sus experimentos sobre la tasa de transmisión de impulsos nerviosos. Estos experimentos fueron la base para la medición de tiempos de reacción; y que el fisiólogo holandés F. C. Donders los aplicó en 1868, primero como medición de una reacción simple y después afinó los procedimientos con mediciones de reacciones sensoriales compuestas, de discriminación y de elección. Como se sabe, a partir de estos métodos se desarrollaría la cronometría mental, primera etapa de la Psicología experimental. El mismo Helmholtz aconsejó a Wundt para que utilizara la medición de tiempos de reacción de Donders y los métodos de Fechner, en los experimentos en el laboratorio de Leipzig. En última instancia, sería realmente Oswald Külpe, en Leipzig y después en Würzburg, quien entre siglos depuraría la técnica de medición de tiempos de reacción de procesos psicológicos.

Otras aportaciones científicas de Helmholtz en Física aparecen en estudios de finales del siglo XIX. Por ejemplo, Ebert reconoce que: “A partir de la ley de Faraday, Helmholtz fue el primero en demostrar que en el caso de electrolitos se tiene que considerar que toda valencia está cargada con una cantidad mínima de electricidad, *carga de valencia*, que al igual que los elementos eléctricos del átomo, ya no se puede dividir” (Ebert, 1894, citado en Sánchez Ron, 2001).

Otra área en la que contribuyó Helmholtz en el desarrollo temprano de la Psicometría fue su propuesta de teoría de la medida para las ciencias empíricas; es decir, su análisis geométrico, el concepto de número y su relación con magnitudes empíricas, para formalizar una teoría de la medición científica (Helmholtz, 1887). Esta propuesta pretendía ser diferente de la teoría clásica de la medida debido a que, al menos desde Galileo y Newton, sólo se conceptualizaban las mediciones físicas en el marco de las medidas extensas. El planteamiento de Helmholtz para formalizar una teoría de la medida constituyó un eslabón hacia la formulación de la teoría a principios del siglo XX primero con los axiomas de cantidad de Hölder (1901), y después con la teoría representacional de la medida de N. R. Campbell y su definición de medidas

fundamentales y medidas derivadas en la ciencia (Campbell, 1920).

Análisis recientes han hecho cuestionamientos a la propuesta de Helmholtz en el sentido de que es muy diferente de la teoría de la medición actual en diversos aspectos; se señala por ejemplo que él no diferenciaba entre números y numerales; o que su propuesta de medida era más una asignación nominal de conceptos, muy diferente de la actual teoría de la medida (Biagioli, 2016). No obstante, Helmholtz es considerado pionero en el abordaje de la teoría de la medición para establecer las condiciones básicas de la representación numérica de magnitudes empíricas, la cual no se había actualizado durante más de cuatro siglos, aún con el avance de las ciencias.

En su investigación sobre la percepción Helmholtz considera que la Psicología podía ser una ciencia exacta, con experimentos, métodos de medición y uso de las matemáticas, como antes lo había propuesto Herbart (Boring, 1950). Así como Gauss heredó a dos de sus discípulos más cercanos, Helmholtz también influyó en dos de sus alumnos y colaboradores: Hertz en la medición de ondas electromagnéticas en Física; y Wundt en la medición de procesos mentales en la naciente Psicología experimental.

Métodos psicofísicos y medición de umbrales de Fechner

El surgimiento de la medición científica de variables psicológicas se ha ubicado a mediados del siglo XIX (Boring, 1950). No obstante, es necesario reconocer entre los antecedentes que sus fundamentos aparecieron desde principios de siglo XIX con las aportaciones de Karl Friedrich Gauss y de otros. Por otro lado, es menester considerar los avances en los experimentos fisiológicos de los sentidos con Johannes Müller y Ernst Weber; condiciones antecedentes favorables para las investigaciones de Fechner, Helmholtz y Donders, las cuales promovieron un ambiente de observación científica, medición y registro de datos en Biología y Psicología (Gribbin, 2003; Goodwin, 2009).

Aun cuando podría atribuirse a Fechner haber sido el primer investigador que midió una variable psicológica; no hay que olvidar que en el siglo XIV Nicole de Oresme había recabado datos de mediciones sobre la forma en que variaba la virtud de la caridad entre sus colegas monjes. Oresme es reconocido en la Historia de la Ciencia por haber sido el primero en establecer un sistema de coordenadas fijo para la representación de datos de mediciones (Odifreddi, 2006); pero además de mostrar la representación gráfica de datos de observaciones de objetos en movimiento, también intentó medir y graficar datos de rasgos de conducta humana como la virtud, que tenían un carácter muy diferente de las medidas extensas, por lo que las consideraba intensivas como el placer, el dolor, etc. Oresme intentó explicitar e integrar en la teoría clásica de la medida, tanto las magnitudes extensas como las magnitudes intensivas, la cual no se había revisado hasta los planteamientos de finales del siglo XIX (Michell, 1990).

Gustav Fechner (1801-1887), médico, físico y matemático, con una clara influencia tanto de los planteamientos de Herbart, como de las investigaciones de Weber, principalmente en la aplicación de las matemáticas en el estudio de fenómenos perceptuales, en algunos conceptos y variables que ellos consideraron. Por ejemplo, Herbart propuso el análisis y dinámica de las ideas en la conciencia y en la elaboración de las relaciones entre los conceptos. A partir de principios de inhibición y asociación de ideas postulados por Herbart,

Fechner se propuso aplicar un modelo matemático para expresar relaciones psicofísicas. Este hecho constituye sin lugar a duda evidencia relevante de cómo la Psicología del siglo XIX en Alemania evolucionó como ciencia cuantitativa. Otro componente fundamental para empujar a la Psicología como ciencia natural lo ofrecerían la fisiología de los sentidos, el uso del método experimental y la medición de variables psicológicas en el laboratorio. Este proceso formal se inició con la publicación de los Elementos de Psicofísica de Fechner. Como ha señalado Edward G. Boring:

“Fechner habría de tomar de Herbart la noción de medición de la magnitud de los datos conscientes, la noción de análisis matemático de esos datos y, la más importante de todas, la noción de identificación del umbral”. (Boring, 1950, pág. 279).

En los inicios de su labor científica Fechner debutó en 1831 con un informe de investigación en Física sobre medición de corrientes eléctricas directas; y como se sabe después se consolidaría su imagen como científico con la publicación de “Elementos de Psicofísica” en 1860. Sin embargo, es importante diferenciar las aportaciones científicas de la obra general de Fechner, la cual se enmarca también en un contexto filosófico, que representó un proceso de transición histórico que va desde el devenir y debate de las ideas Kantianas y el abordaje crítico de la problemática que puede identificarse como idealismo tardío, el cual se desarrolló en Alemania durante las primeras décadas del siglo XIX; este movimiento fue prolijo en ideas y manifestaciones divergentes del pensamiento humano (Leehmann, 1964).

Entre otros movimientos filosóficos importantes surgidos en el contexto de Fechner destaca una metafísica dualista por un lado y el desarrollo de un enfoque neokantiano por otro. Los movimientos que antecedieron las propuestas de Fechner se caracterizaban por una rivalidad conspicua que separaba a los filósofos cristianos de sus rivales Hegelianos. Sin embargo, en dicha transición se plantearon discusiones de algunos problemas psicológicos como la personalidad o de manera particular el problema del inconsciente, el cual se postuló desde Herbart. Una vez que los filósofos idealistas dejaron atrás el teísmo especulativo, se dio una transición de idealismo tardío, antropología filosófica y neokantismo, que constituyó un puente para nuevos planteamientos, tanto en Filosofía como en las ciencias del siglo XIX.

Desde luego, esta transición permitió emancipar a las ciencias de la naturaleza y promover los incipientes desarrollos científicos en la Fisiología y en la Psicología (Reale y Antiseri, 1988). Fechner se enfoca, desde la Medicina y la Física, en la conciliación del pensamiento de la ciencia natural con un nuevo idealismo científico; en donde todo lo material e individual tiene un correlato de conciencia que, de manera jerarquizada, cubre desde lo básico e individual a lo colectivo, e incluso a la totalidad del mundo. Por ello, Fechner ha sido considerado un filósofo panteísta con enfoque científicista, por haber concebido al mundo como una jerarquía natural con diferentes niveles o unidades de conciencia. Es importante enfatizar que las aportaciones científicas de Fechner: la fundamentación y desarrollo de sus métodos de observación y medición para la Psicofísica, son independientes de sus planteamientos metafísicos y de su intento de proponer una visión general del mundo. Con estos antecedentes de contexto se desarrolló la obra de investigación de Gustav Theodor Fechner.

La aportación científica de Fechner se circunscribe a la puesta en práctica de métodos experimentales de investigación psicofísica y procedimientos de medición de umbrales perceptuales. Sus investigaciones le llevaron a establecer un modelo que postula la relación matemática entre la intensidad del estímulo físico y la magnitud de la experiencia sensorial en una relación logarítmica: $S = k \log(I)$. En el siguiente siglo lo intentaría Stevens con un modelo psicofísico exponencial: $S = a(I)^n$ (Stevens, 1956). Desde entonces dio inicio en Psicología, de una manera sistemática, la modelización matemática en la medición de variables psicológicas.

Teoría de la Evolución y medición de diferencias individuales

Por otro lado, el estudio evolutivo sobre la diversidad de las especies biológicas en el siglo XIX se desarrolló desde principios de esa centuria con tratados sobre Botánica y Zoología de Erasmus Darwin y de Lamarck, lo que sin duda impulsó las prácticas de observación sistemática, registro de datos, y posteriormente las prácticas de medición de fenómenos y procesos biológicos, psicológicos y sociales. Avanzado el siglo Darwin publicó la propuesta teórica de que los procesos evolutivos y la resultante variabilidad de especies podían explicarse por el mecanismo de la selección natural; es decir, como resultado de las oportunidades de reproducción y supervivencia de los individuos mejor adaptados a las demandas en diferentes ambientes (Darwin, 1859). Después de publicar su famoso libro *El Origen de las Especies*, el mismo Charles Darwin publica obras muy conocidas de los psicólogos *The descent of man (1871)* y *The expression of de Emotions in Man and Animals (1872)*. En este contexto como antecedente surge el interés por estudiar las diferencias en los animales y en el hombre.

Vale la pena recordar que después de sus viajes y de sus observaciones cuidadosas sobre la enorme variabilidad de plantas y animales, Darwin no tenía duda de que el proceso de la evolución era un hecho; pero aún no contaba con el mecanismo fundamental que explicara los hechos observados. Las ideas centrales surgieron después de que Darwin leyó el ensayo publicado de Malthus sobre el principio de la población, donde se explicaba cómo las poblaciones podían crecer en progresión geométrica, duplicándose en ciertos intervalos de tiempo; y que estos fenómenos de manera natural podían mantener un equilibrio, ya sea que las poblaciones se controlaran por la peste, los depredadores y en especial por la limitada cantidad de alimento; además, en el caso de los seres humanos con las guerras. Por tanto, buena parte de la descendencia morirá sin tener oportunidad de reproducirse, si la naturaleza sigue su curso (Gribbin, 2003). Desde luego, no necesariamente es el único mecanismo que explique la evolución de toda la variabilidad biológica en las diferentes especies. Ahora se sabe que Darwin estaba muy lejos de contar con conocimientos de los mecanismos de transmisión genética, de conocer características del ADN y del ARN, y de los códigos genéticos.

Con los elementos explicativos de la presión demográfica, la lucha por la supervivencia y la reproducción, como principales promotores de la evolución, Darwin incluyó la de los individuos mejor adaptados a las demandas medioambientales; es decir, aquéllos que se encuentran en mejores condiciones adaptativas. Aquí conviene detenerse para aclarar el significado de este último concepto, muy poco afortunado y ambiguo para la precisión científica que se requería. La palabra *Aptus*, de

acuerdo con el Diccionario Clásico Latino, significa: dispuesto, ajustado, acomodado. Es decir, adaptado en el sentido de una pieza de rompecabezas que ajusta; pero no en el sentido de competición deportiva o de evaluar qué individuo es “el mejor” como en los juegos olímpicos en la Grecia antigua.; pero tampoco es el sentido de “grandeza o nobleza, este último término implicando habilidad, gracia o conocimiento” (Ribes, 2005).

Es importante tener mucho cuidado con ese tipo de interpretaciones del término “apto”; porque además de ser cuestionable en la actualidad, puede confundir adaptación biológica con capacidad intelectual; y podría utilizarse para fines ideológicos o para justificar políticamente la situación de las clases sociales. Estas implicaciones conllevan consecuencias injustificadas, en contraste con el interés auténtico y objetivo por estudiar y medir diferencias individuales en el comportamiento humano.

Es en este contexto que surge la figura Sir Francis Galton (1833-1911), por cierto, primo de Darwin, quien se interesó primero por estudiar las características heredadas de personas talentosas en su famosa obra *Hereditary Genius (1869)*. Galton analizó datos de familias, muestras de universitarios brillantes y personas destacadas en Gran Bretaña, con lo que intentaba analizar relaciones entre determinantes heredados y habilidad competente de abuelos y sus descendientes. En su teoría Galton definió la habilidad competente, la cual incluía tres componentes básicos: inteligencia, entusiasmo y compromiso para trabajar duro hasta lograr altos niveles de competencia. Es evidente que Galton no midió estas características de las personas y, en todo caso, sus pruebas no eran indicadores válidos de esos atributos. Galton inició su Laboratorio Antropométrico en 1884 en donde registró gran cantidad de datos sobre medidas de tiempos de reacción ante diferentes estímulos, fuerza de respuestas motoras, discriminaciones sensoriales, entre otros datos antropométricos (Galton, 1889).

Además de construir los primeros tests de habilidades psicomotoras y sensoriales básicas, Galton diseñó cuestionarios para obtener datos de grandes grupos de personas; pero sobre todo aplicó el análisis estadístico de datos con procedimientos derivados de las aportaciones de Gauss, a fin de identificar desempeños diferenciales en los resultados de las tests y las relaciones entre las variables medidas. Por ello, el trabajo pionero de Galton se ubica en esta otra tradición de la medición psicológica. Como se sabe, sus principales seguidores, Pearson y Spearman, continuarían una labor sistemática de medir habilidades intelectuales y analizarlas estadísticamente para buscar relaciones entre los datos obtenidos.

Por su parte James McKeen Cattell (1860-1944), después de hacer sus estudios de doctorado con Wundt en Leipzig y antes de regresar a América, tuvo una breve estancia en Londres donde visitó el Laboratorio de Galton para conocer sus métodos de medición y sus técnicas de análisis de datos. A su regreso a Estados Unidos Cattell fue el primer psicólogo americano que fundó un laboratorio de Psicometría en la Universidad de Pensilvania en 1889 y después otro en la Universidad de Columbia.

En el artículo clásico de Cattell publicado en la *Revista Mind* en 1890 apareció por primera vez el término *Test Mental*. Con su formación en Psicofísica y Psicología experimental, y con la convicción de Galton de enfrentar retos para medir con mayor precisión habilidades sencillas de desempeño intelectual, Cattell recopiló una gran cantidad de datos de la aplicación de tests de habilidades psicológicas, con el propósito de evaluar las

capacidades básicas de los estudiantes universitarios. Sin embargo, pronto llegaría el desencanto cuando en su intento por evaluar la capacidad predictiva de los resultados de sus tests, se obtuvieron correlaciones muy bajas con indicadores independientes de desempeño físico e intelectual, valoraciones de profesores, logro en calificaciones y avance escolar de los estudiantes evaluados (Wissler, 1901). Aun con los resultados anteriores, James M. Cattell continuó realizando esfuerzos para aplicar un mayor número de tests, obtener y analizar más datos de habilidades mentales en los jóvenes universitarios, pero al parecer con resultados poco alentadores; lo que desató críticas de sus colegas y controversias por las bajas correlaciones entre los tests; por ello, fueron considerados por sus colegas como indicadores cuestionables para evaluar y predecir la inteligencia o el éxito escolar.

Otro posible punto de encuentro entre las dos tradiciones de la psicología científica, la medición experimental y la medición de diferencias individuales, podría ubicarse en la figura del psicólogo alemán Herman Ebbinghaus (1850-1909). Entre los primeros esfuerzos sistemáticos de la medición del aprendizaje y la memoria, apareció publicado en 1885 el trabajo pionero de Ebbinghaus, donde utilizó el método experimental, para mostrar resultados cuantitativos de la memoria, su representación gráfica y medidas objetivas del aprendizaje y olvido en función del tiempo. Con sus contribuciones Ebbinghaus había logrado establecer un paradigma para medir el desempeño en tareas de aprendizaje, el proceso de memoria y la velocidad del olvido en el ser humano (Anderson, 1995). Con esta base metodológica se promovieron líneas de investigación del aprendizaje de estímulos verbales en la Psicología Experimental durante las primeras décadas del siglo XX. Además de su labor como autor de libros de Psicología y editor de una revista científica, Ebbinghaus desarrolló una prueba grupal original con preguntas de completamiento, sobre hábitos de estudio y manejo del tiempo de escolares, que le encomendaron en Breslau en 1897 (Heidebreder, 1960). Este prototipo de prueba y de ítems de completamiento resultó ser muy útil para el desarrollo de posteriores tests y en la práctica psicométrica de las siguientes décadas.

Influencias y limitaciones de la Geometría en la medición

Antes de cerrar el análisis de las herencias científicas del siglo XIX, es menester señalar que entre los conceptos básicos que se han manejado en la Psicometría, por ejemplo, para entender las propiedades de los modelos psicométricos actuales; en particular los conceptos de: *Invarianza*, *Aditividad* y *Monotonía*, como propiedades de las funciones, se derivaron de la Geometría Euclidiana. Esta Geometría consolidó su largo período en el siglo XIX, con los Fundamentos de Geometría de Hilbert de 1899. Sin embargo, el desarrollo matemático y científico en ese mismo siglo vio surgir nuevos planteamientos y análisis de otras Geometrías No Euclidianas como Gauss, Bolyai, Lobachewsky y Riemann, un siglo muy interesante y productivo que impulsó la ciencia moderna (Odifedi, 2006). Después de la Biblia y de otros libros clásicos, los Elementos de Euclides es una de las obras más consultadas y leídas durante más de dos milenios. La contribución más importante de los Elementos es la presentación sistemática que hizo Euclides de postulados básicos de Geometría, síntesis de conocimientos matemáticos de la Grecia Clásica. Otra contribución central fue la lógica deductiva que utilizó para formalizar y demostrar los postulados geométricos y sus implicaciones métricas (Euclides, Libro I).

Ha sido más que evidente la influencia e impacto de la Geometría en el devenir del conocimiento humano y el desarrollo de la civilización. Sin embargo, además de cierta vaguedad de las definiciones de Euclides, varios de los postulados fundamentales de la Geometría plana, no se cumplen en otras Geometrías No Euclidianas: Hiperbólica o Elíptica (Ramírez & Sienna, 2009). Por ejemplo, en Geometrías No Euclidianas el axioma de las paralelas es falso. Es evidente que el concepto de paralelas lo tomó la Psicometría de la Geometría. Cabe señalar de paso que en la Teoría Clásica de los Tests (TCT) en muchos casos no se cumple el supuesto de paralelismo, porque en la práctica los “tests paralelos” obtienen diversos coeficientes de confiabilidad, debido a la estimación de correlaciones diferentes (Traub, 1994).

Regresando a la Geometría, es interesante notar que Euclides no formalizó ni explicitó una definición precisa de área o de sus medidas. El libro segundo de los Elementos lo único que refiere es “*En toda área de un paralelogramo, llámese “gnomón” a uno cualquiera de los paralelogramos situados en torno a su diagonal, junto con dos complementos.*” (Euclides, Libro II).

En los Elementos sólo se hace referencia a las características y similitudes en los lados de un paralelogramo, los ángulos opuestos entre sí y de cómo, por ejemplo, la diagonal de un rectángulo divide el área en dos partes iguales. No obstante, Euclides expuso ciertas nociones comunes, de las cuales se pueden deducir unas propiedades geométricas básicas: 1) En una figura simétrica, si sufre algún tipo de transformación (traslación, rotación, reflexión, inclinación, etc.) se puede observar que en superficies iguales se mantienen las mismas áreas: *Invarianza* de áreas. 2) Una superficie se obtiene sumando entre sí un número finito de superficies, y tiene un área igual a la suma de las áreas de sus n superficies: *Aditividad finita*. 3) En una figura plana una superficie contenida en otra tiene un área siempre menor, que puede crecer, pero sólo puede ser menor o igual: *Monotonía*.

El concepto de invarianza ha trascendido en el desarrollo de la Geometría a tal grado que, ante el surgimiento de nuevas Geometrías No Euclidianas, y los avances algebraicos, Klein propuso una definición general de la Geometría como el estudio de los invariantes bajo un grupo de transformaciones (Ramírez-Galarza & Sienna-Loera, 2009).

En la Psicometría actual el concepto de *Invarianza* en la medición tiene especial importancia; no sólo como una meta relevante para lograr la estabilidad en las mediciones, sino como condición necesaria de modelos y prácticas psicométricas para asegurar que la calibración de los instrumentos de medida sea independiente de la muestra utilizada y que la medición de los sujetos sea independiente del instrumento utilizado y así alcanzar mediciones invariantes (Engelhard, 2018). En la Teoría Clásica de los Tests no se había logrado esta meta; y no es sino hasta el desarrollo del modelo de Rasch y la Teoría de Respuesta al Ítem que se cuenta con esa posibilidad; pero se debe justificar la medida, contar con instrumentos bien calibrados y demostrar que los datos empíricos de las mediciones ajustan al modelo psicométrico utilizado y permiten así réplicas estables en la medición de variables psicológicas. Con respecto a la aditividad finita y el crecimiento monótono de las funciones, que representan la relación entre la probabilidad de respuesta y el nivel del atributo o rasgo medido en los modelos psicométricos, han sido conceptos muy útiles en el análisis y estimaciones psicométricas en los modelos de las mediciones psicológicas actuales.

Mediciones psicológicas en la primera mitad del siglo XX

Analizar los antecedentes y el ulterior desarrollo de la Psicometría, considerando las primeras contribuciones en la medición psicológica en el siglo XX, representa un gran reto. Por tanto, en virtud de que constituye un campo muy vasto, no se pretende un análisis exhaustivo de cada una de las aportaciones, porque es una pléyade tan grande de personajes que sería objeto de un libro o mejor aún de varios tomos. En cambio, aquí sólo se señalarán aquellos pilares que permitan contribuir a ciertas reflexiones críticas de la medición de atributos psicológicos desde una perspectiva científica.

Las dos figuras centrales que sin duda impulsaron la investigación y desarrollo de una de las tradiciones en Psicometría fueron Alfred Binet (1857-1911) y Charles Spearman (1863-1945). Los artículos pioneros de arranque de este siglo fueron sobre la inteligencia general y su medición objetiva (Spearman, 1904) y sobre los nuevos métodos de diagnóstico del nivel intelectual (Binet & Simon, 1905). Los tests de Binet tenían como propósito evaluar habilidades intelectuales de los niños (atención, memoria, comprensión, imaginación, razonamiento) a fin de identificar y predecir su capacidad para aprender en la escuela y así poder clasificarlos en diferentes grados de desarrollo intelectual, en función de su edad. El Ministerio de Educación de Francia le encomendó a Binet un diagnóstico objetivo con instrumentos científicos para fines de planificación y agrupamiento de los niños en escuelas públicas normales o bien para canalizarlos a centros de educación especial si presentaban niveles muy bajos de capacidad. Además de contar con una herramienta útil y justificada para evaluar la capacidad intelectual de los niños, propuso el concepto de edad mental que completó el indicador cuantificable que había sido propuesto por William Stern (1900) para valorar la tasa de desarrollo mental de los niños: El Cociente Intelectual (CI). Como se aprecia es un indicador de desarrollo en función de la edad de los niños.

A partir de sus estudios sobre psicopatología y grados de deficiencia mental dentro de la tradición clínica, Binet buscó en los tests mentales el desarrollo de escalas diseñando diversas tareas sencillas de complejidad creciente y calibrándolas con una gran cantidad de niños de diferentes edades para predecir el desempeño intelectual de los escolares. Así, lograría una función psicométrica de capacidad intelectual de los niños franceses, desde diferentes grados de deficiencia mental hasta niveles altos de capacidad intelectual, a partir de la dificultad de cada tarea y en función de la edad cronológica de los infantes. Este enfoque psicométrico para evaluar a los niños de Francia pretendió ser una medida de tasa promedio de desarrollo cognitivo.

Por su parte, Spearman hizo contribuciones teóricas y metodológicas, además de aportar datos empíricos para la investigación psicométrica, en la medición de la inteligencia y capacidades humanas. También se ubica a Spearman como el creador de la técnica de Análisis Factorial para identificar variables latentes de las diferencias individuales en el desempeño intelectual de las personas. Como teórico, propuso el factor "G" de inteligencia general y sus factores específicos, y fue el iniciador de la Teoría Tradicional de los Tests. Dichas contribuciones abrieron caminos y desarrollos que lograron avances metodológicos muy relevantes en la Psicometría.

Después de las aplicaciones masivas de tests grupales para medir habilidades intelectuales y adaptativas durante la primera Guerra Mundial, primero para fines de selección de personal militar con los tests Army Alpha y Army Beta y su aplicación a

gran escala; y de otras baterías en educación y en la industria en los EE UU; el pilar fundamental para el avance de métodos y modelos psicométricos fue sin duda Louis Leon Thurstone (1887-1955). En una primera etapa, con sus propuestas de diseño y análisis de escalas para medir actitudes en la década de los veinte (1925 y 1928). Después con su teoría de factores múltiples de capacidades intelectuales o aptitudes primarias (1938); además contribuyó de manera destacada con métodos sistemáticos para desarrollar escalas de medición psicológica y evaluación educativa. Es importante señalar que Thurstone al buscar estandarizar sus escalas con parámetros estadísticos, consideró la distribución normal del grupo de referencia y logró liberar la relación psicométrica del anclaje de la edad cronológica que tenía la escala de Binet. Aun cuando de inicio el objetivo de Thurstone no era usar como modelo matemático la función normal acumulada, sino sólo para fines de estandarización, este paso constituyó un avance muy significativo en el uso de un modelo estadístico para el desarrollo de escalas con unidades estandarizadas en la medida de variables psicológicas e independientes de los instrumentos particulares (Thurstone, 1928).

Como se señaló al principio del artículo a Thurstone también le debemos la fundación de la primera Asociación Psicométrica en 1935 y la creación de la Revista *Psychometrika* en 1936, la cual ha constituido un órgano muy relevante de difusión de artículos originales sobre teorías, modelo, métodos y técnicas psicométricas, así como de sus fundamentos matemáticos y estadísticos, durante más de ochenta años. Cabe señalar que justo ese año apareció el libro *Métodos Psicométricos* de Guilford (1936).

Después de una etapa de crisis en las primeras décadas por cuestionamientos de que la Psicología no contaba con medidas científicas que cumplieran los axiomas de aditividad de Hölder, y no se ajustaban a la definición de medidas fundamentales de Campbell, surge otra figura que impulsó la medición psicológica casi a mitad del siglo: Stanley S. Stevens (1906-1973). Es cierto que Stevens retomó en parte el enfoque representacional de la medida, pero también tuvo una influencia del operacionalismo de Bridgman (1927), por lo que consideró importante especificar el conjunto de operaciones que permitiera registrar o medir las variables de interés. Además de las limitaciones y problemas que implican el abuso de las definiciones operacionales, para la teoría representacional es necesario demostrar que el sistema de números en la medida se reproduce en la estructura cuantitativa de las magnitudes empíricas; es decir, se debe asegurar un isomorfismo entre medidas numéricas y la estructura del atributo medido. Sin embargo, para Stevens cumplir con los axiomas de Hölder y la definición de medidas fundamentales de Campbell era sólo un tipo de medición; entonces lo que hizo fue ampliar y generalizar el concepto de medida a otras formas de asignar números, con base en ciertas reglas: nominal, ordinal, de intervalo y de razón; pero limitadas por estadísticos permisibles, que se deben respetar para mantener el mismo nivel de medida.

A partir del famoso artículo de Stevens (1946) publicado en la *Revista Science*, la Psicología podía regresar al camino de las "mediciones científicas" al incluir sus indicadores y mediciones en alguno de los niveles de medida de su esquema ampliado, pero respetando los estadísticos admisibles para mantener invariante cada escala.

Con una definición demasiado abierta de medición y su clasificación de niveles de medida Stevens impulsó el trabajo de medición en diferentes áreas de la Psicología; no obstante,

cabe recordar que el origen de su propuesta había sido la desaprobación de su escala psicofísica para medir sensaciones auditivas en la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia, justamente por no cumplir con los criterios de aditividad de una medición científica. A la distancia, es interesante reflexionar sobre las limitaciones del esquema de Stevens, entre otras, porque la asignación nominal de etiquetas numéricas no constituye una medición en forma alguna, sino una simple codificación numérica; en segundo lugar, hay que reconocer que si una gran cantidad de datos psicológicos sólo se ajustan a nivel ordinal, es necesario revisar su manejo estadístico pertinente y reconocer su limitado alcance, debido a que no se pueden comparar datos de las variables medidas con diferentes instrumentos, diferentes poblaciones y contextos culturales diversos.

Por otro lado, los puntajes ordinales de los tests psicológicos tenían limitaciones propias de la Teoría Clásica de los Tests (TCT). La TCT con su concepto ambiguo de puntuación verdadera, sus supuestos y una puntuación expresamente ligada al instrumento con que se busca medir, no constituyó una medida independiente del atributo o característica de los individuos, sino una definición auxiliar referida a la interacción entre el sujeto y la puntuación global del instrumento. Al medir sólo las reacciones particulares de los individuos vinculadas a un contexto específico de medida, los resultados se vuelven dependientes del instrumento y de la muestra de comparación en cada aplicación con la que una persona es evaluada; es decir, no se obtienen mediciones *invariantes* de los individuos evaluados, porque el puntaje depende de la dificultad del test que se aplique para medir el mismo atributo y del grupo de sujetos con los que se compare.

Hoy en día ha sido práctica común hacer hipótesis acerca de la medición de constructos internos, atributos cognitivos, rasgos, disposiciones, etc., pero resulta que técnicamente hay problemas de fondo en la teoría de la puntuación verdadera, si se considera seriamente el cumplimiento de los supuestos básicos importantes de la TCT. Además de que los principales indicadores y elementos del modelo de la puntuación verdadera no forman parte del modelo y no están en la misma escala; lo más evidente es reconocer que la escala de medida de la puntuación del test no depende del individuo que se mide, sino que es dependiente del instrumento utilizado para medir, lo que resulta un inconveniente o al menos una limitación. No obstante, es claro que los métodos y técnicas ad hoc de la TCT han sido de gran utilidad en los procedimientos psicométricos y han permitido, de manera pragmática, desarrollar y aplicar una gran cantidad de instrumentos y obtener datos que han sustentado una buena parte de estudios en Psicología y en Ciencias Sociales; en particular, en diversos campos aplicados durante todo el siglo XX, y que sigue siendo de gran utilidad en la práctica.

En la década de los cuarenta y casi llegada la media centuria cabe mencionar que surgieron aportaciones relevantes sobre métodos y técnicas estadísticas, así como aplicaciones en la medición psicológica y educativa a gran escala. Además de las contribuciones teóricas y metodológicas, en 1947 se crea el Educational Testing Service, en EE. UU., donde se congregan grandes personalidades muy relevantes de la Psicometría. En esta institución se han impulsado aplicaciones y publicaciones importantes sobre el desarrollo de tests como el ACE, CEEB y SAT, entre otros. Muchos de estos investigadores han hecho aportaciones metodológicas.

Entre las contribuciones relevantes en Psicometría y Evaluación educativa, a mediados del siglo XX, se ubica la labor de Lee Joseph Cronbach (1916-2001). La teoría y métodos psicométricos clásicos no eran suficientes para Cronbach, tanto en aspectos metodológicos y estadísticos, como en la comprensión y validez de los constructos medidos que se reflejaban en los resultados de desempeño en los tests (Martínez Guerrero, 2006). Cronbach contribuyó en sistematizar técnicas para estimar la consistencia interna de los instrumentos de medición psicológica (Cronbach, 1951); diseñó métodos para analizar la validez de constructo, como centro de las propiedades psicométricas (Cronbach, 1955); aportó a la Psicometría un marco conceptual más amplio y una metodología para la validación de tests (Cronbach, 1971); desarrolló una propuesta para identificar diversas fuentes de error en la medición, a fin de mejorar su confiabilidad, y propuso el análisis de generalizabilidad como evidencia de validez, lo que culminó en la Teoría de la Generalizabilidad (Cronbach, 1972).

Antes de cerrar estas reflexiones sobre los principales antecedentes de la medición en Psicología, Educación y Ciencias Sociales en la primera mitad del siglo XX, señalaré de manera sintética y panorámica dos fundamentos de la medición muy prometedores y con un gran potencial: la aproximación axiomática de la medición conjunta (Luce y Tukey, 1964; Fraser, 1980); y el modelo de Rasch (Rasch, 1960) en la Teoría de Respuesta al Ítem (Birnbaum, 1968; Hambleton, Swaminathan & Rogers, 1991).

Entre los retos que han enfrentado investigadores y psicómetras en la medición de variables psicológicas se ubica el problema de que, en las afirmaciones numéricas que representan los datos, éstos deben tener una interpretación empírica clara dentro del sistema relacional que se está midiendo (Adams, Fagot y Robinson, 1965). Además, para otros colegas de lo que se trata es de identificar cuáles son las inferencias válidas que se pueden hacer a partir de las relaciones empíricas medidas (Michell, 1990).

Ante estos retos, la Teoría de la Medición Conjunta considera importante, en primer lugar, la necesidad de demostrar de manera empírica que la variable que se busca medir tiene una estructura cuantitativa. El enfoque concibe que ciertas variables tienen relaciones cuyas propiedades son cuantitativas; pero no se pueden asumir a priori las propiedades cuantitativas de cualquier variable, deben someterse a prueba empírica. En segundo lugar, la teoría incluye métodos para identificar la estructura cuantitativa de las variables; y, además, propone identificar la estructura cuantitativa de los constructos mediante el análisis de relaciones ordinales conjuntas entre los valores de las variables que se busca medir.

En Psicología y Educación se pueden obtener grandes cantidades de datos de variables ordinales, con las cuales es posible identificar su estructura cuantitativa y lograr así ordenar los valores en sus relaciones con otras variables relevantes en un sistema conjunto. Es claro que deben cumplirse ciertos supuestos y condiciones métricas para que las combinaciones de los valores de las variables consideradas sean ordinales o intervalares, integren un conjunto de valores ordenados y así cumplir de manera conjunta con el criterio de aditividad de Hölder en una medición científica. Se recomienda al lector profundizar más en este enfoque (Fraser, 1980; Michell, 1990). Congruente con la Teoría de Medición Conjunta, es interesante hacer notar que Rasch (1961) propuso un modelo de medida de relación conjunta entre dos variables cuantitativas: la capacidad

de los individuos y la dificultad de los ítems en una prueba. En el Modelo de Rasch se conceptualiza un constructo a medir como un continuo, en el cual se puede identificar la ubicación de los examinados, que reflejan su variabilidad en la capacidad medida; y la ubicación de los ítems de una prueba, que reflejan diferentes niveles de dificultad. El modelo de Rasch postula que la probabilidad de un examinado de identificar una respuesta correcta en un ítem está gobernada sólo por la distancia entre la capacidad del examinado y la dificultad del ítem (Masters, 2018):

$$\beta_n - \delta_i = \ln(P_{ni} / P_{nio})$$

El Modelo de Rasch postula entonces que existe una estrecha relación entre β_n , la capacidad del individuo n y δ_i , la dificultad del ítem i ; y esta diferencia está en función del logaritmo de la proporción entre P_{ni} la probabilidad de respuesta correcta y P_{nio} la probabilidad de respuesta incorrecta. A partir de este razonamiento Rasch desarrolló un modelo logístico con múltiples implicaciones para la medición psicológica y educativa. Además, él mismo planteó las bases para desarrollar extensiones a una familia de modelos, que ha resultado con enorme potencial en su aplicación a un amplio rango de variables y contextos (Wright & Mock, 2004). Por tanto, el modelo logístico básico de Rasch es:

$$P(X_{ni}=1|\theta_n) = \exp(\theta_n - \delta_i) / 1 + \exp(\theta_n - \delta_i)$$

El Modelo de Rasch constituyó sin duda un punto de inflexión en la medición de variables psicológicas; y a partir de este planteamiento se inició una nueva etapa que vino a complementarse con la propuesta de Birnbaum con sus modelos de rasgo latente (Lord & Novick, 1968); lo que permitió el desarrollo de la actual Teoría de Respuesta al Ítem, con diversas familias de modelos dicotómicos, politómicos, multidimensionales, paramétricos y no paramétricos, etc. y sus aplicaciones actuales en la medición psicológica, educativa y social (van der Linden & Hambleton, 1997; Bond & Fox, 2015; Wilson & Fisher, 2017).

CONSIDERACIONES FINALES

Como se puede apreciar, las raíces y fundamentos de la medición de variables psicológicas devienen de la Geometría, las Matemáticas y las Ciencias Experimentales, en particular de la investigación fisiológica sensorial, así como del ingenio, creatividad y persistencia de pioneros que desarrollaron procedimientos, instrumentos y técnicas para contar con teorías y métodos de medida que los justifique y los sustente. Si dejamos por un momento a un lado preferencias teóricas, de escuela o de tradición psicológica, incluso de enfoque metodológico, es evidente identificar que las semillas de una Psicología cuantitativa las sembraron y cultivaron pioneros matemáticos, filósofos, fisiólogos y psicólogos experimentales durante el siglo XIX. Conocer y reflexionar sobre fuentes originales permite visitar con nuevas perspectivas las principales líneas que iniciaron su desarrollo: la tradición experimental con Fechner, Helmholtz, Wundt, Ebbinghaus y Thorndike, y otros, así como la psicometría con Galton, Pearson, Catell, Binet, Spearman y otros. También es importante reubicar influencias originales e interrelaciones

entre investigadores de estas principales líneas de la medición de variables psicológicas (Jones & Thissen, 2007).

Asimismo, a partir de las obras de Spearman, Thurstone, Stevens, Cronbach y otros, y los resultados de múltiples esfuerzos pioneros y seguidores durante el siglo XX, se ha desarrollado una Psicometría actual activa y dinámica, que incluye teorías, modelos, métodos, técnicas, estrategias y procedimientos para medir variables psicológicas y sociales, en todas las áreas de investigación en Psicología y en ciencias sociales, así como en diversos campos interdisciplinarios en Educación, Salud, Economía, Organizaciones, Instituciones, Comunidades, etc. Es interesante enfatizar el carácter multidisciplinario de la Psicometría desde sus fundamentos.

A partir del modelo de Rasch y de otros avances del siglo XX, la Psicometría moderna cuenta con más y mejores desarrollos teóricos de los constructos que se busca medir, con mejores fundamentos y métodos estadísticos multivariados, que permiten recabar y analizar mejores evidencias de validez de las mediciones. Así, la Psicometría actual constituye un campo interdisciplinario que ha ampliado de manera notable el alcance y precisión en mediciones y análisis de variables en ciencias sociales y del comportamiento. Sería muy difícil en un artículo comentar y reflexionar sobre las contribuciones teóricas y metodológicas de la Psicometría en la segunda mitad del siglo veinte, o sobre la actual diversidad de modelos y métodos que se han proyectado en las últimas dos décadas; aunque ese no era el objetivo del presente; pero sería un reto interesante para los psicómetras mexicanos y motivo de otros artículos sobre estos temas.

Concluyo con una cita de Benoit Mandelbrot (1924-2010), reconocido como el padre de la Geometría Fractal de la naturaleza, quien postuló el análisis de patrones geométricos invariantes a diferentes escalas y sus aplicaciones en diversos campos:

“...el interés por la Historia de la Ciencia es bueno para el alma del científico.” (Mandelbrot, 1997, pág. 40).

REFERENCIAS

- Adams, E. W., Fagot, R. F. & Robinson, R. E. (1965). A Theory statistics. *Psychometrika*, 30, 99-127.
- Anastasi, A. (1966). *Psicología diferencial*. Aguilar
- Anastasi, A. (1974). *Psychological Testing*. Macmillan.
- Anderson, J. (1995). *Learning and Memory: An integrated approach*. Wiley.
- Antiseri, D. & Reale, G. (1988). *Historia del pensamiento filosófico y científico*. Tomo III. Herder
- Barahona, A., Suárez, E., & Martínez, S. (2009). *Filosofía e Historia de la Biología*. UNAM.
- Biagioli, F. (2016). Empirical and formal conditions in Helmholtz's theory of measurement. https://www.academia.edu/4125126/Empirical_and_Formal_Conditions_in_Helmholtz's_Theory_of_Measurement
- Boring, E. G. (1950). *A History of Experimental Psychology*. CenturyCrofts
- Boyer, C. B. (1986). *Historia de la Matemática*. Alianza Editorial.
- Bridgman, P. W. (1927). *The logic of modern physics*. Macmillan.

- Campbell, N. R. (1920). *Physics: the elements*. Cambridge University Press
- Carroll, J. B. (1987). Medición de la Inteligencia. En Robert J. Sternberg, *Inteligencia humana: La naturaleza de la inteligencia y su medición*. Paidós.
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient Alpha and the Internal Structure of Tests. *Psychometrika*, vol 16, no. 3, 297-334.
- Cronbach, L. J. & Meehl, P. E. (1955). Construct validity in Psychological Tests. *Psychological Bulletin*, 52, 281-302
- Cronbach, L. J. (1971). Test Validation. In R. L. Thorndike (Ed), *Educational Measurement*. American Council on Education.
- Cronbach, L. J. (1972). The Dependability of behavioral measurements: theory of generalizability for scores and profiles, Wiley.
- Engelhard, G. (2018). Cogitations on Invariant Measurement. In Wilson, M. & Fisher *Psychological and Social Measurement*. Springer International Publishing.
- Fraser, C. (1980) Measurement in Psychology. *British Journal of Psychology*. Vol 71-1
- Galton, F. (1889). *Natural Inheritance*. Macmillan.
- Gauss, K. F. (1801). *Disquisitiones Arithmeticae*. Leipzig. Traducción inglesa de A. Clark, 1965. Yale University Press.
- Gauss, K. F. (1809). *Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis Solem ambientium*. FA Perthes.
- Goodwin, C. J. (2009). *Historia de la Psicología Moderna*. Limusa Wiley.
- Gribbin, J. (2003). *Historia de la Ciencia: 1543-2001*. Crítica, S. L.
- Guttman, L. (1950). The basis for scalogram analysis. En S.A. Stouffer, L. Guttman, E. Suchman, P. F. Lazarfeld, S. A. Star, & J. A: Clausen (Eds). *Measurement and Prediction*. Princeton University Press.
- Hambleton, R., Swaminathan, H. & Rogers, H. (1991). *Fundamentals of item response theory*. Sage.
- Hawking, S. (2010). *Dios creó los números enteros*. Crítica.
- Heidbreder, E. (1960). *Psicologías del siglo XX*. Editorial Paidós.
- Helmholtz, H. (1887) Zählen und Messen, erkenntnistheoretisch betrachtet. In Hertz, P & Schlick, M. (1921). *Herman von Helmholtz: Epistemological Writings*.
- Hölder, O. (1901). Die Axiome de Quantitat die Lehre von Mass. Berichte ueber die Verhandlugen der Koniglich Sachsischen Gessellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, Mathematisch-Physische Class, S3, 1-64.
- Jones, L. V. & Thissen, D. (2007). A History and Overview of Psychometrics. In C. Rao & S. Sinharay (Eds). *Handbook of Statistics: Psychometrics*, vol 26. Elsevier.
- Kant, I. (1930) *Lectures on Ethics*. London: Methuen, Ltd.
- Lord, F. M. & Novick, M.R. (1968). *Statistical Theories of Mental Tests Scores*. Addison-Wesley Reading Mass.
- Luce, R. D. & Tukey, J. W. (1964). Simultaneous conjoint measurement: a new type of fundamental measurement. *Journal of Mathematical Psychology*, 1, 1-27.
- Mandelbrot, B. (1997) *La Geometría Fractal de la Naturaleza*. tusQuets.
- Martínez Guerrero, J. (2006). *La medida de estrategias de aprendizaje en estudiantes universitarios*. Madrid: UCM. Universidad Complutense de Madrid.
- Michell, J. (1990). *An introduction to the logic of psychological measurement*. Lawrence Erlbaum.
- Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric theory*. (Second edition). McGraw Hill
- Odifreddi, P. (2006). *La Matemática del Siglo XX. De los conjuntos a la complejidad*. Katz Editores.
- Ramírez-Galarza, A. & Sienra-Loera, G. (2009). *Invitación a las Geometrías no Euclidianas*. UNAM.
- Rasch, G. (1960). *Probabilistic models for some intelligence and attainment tests*. Copenhagen: Nielsen and Lydiche.
- Rasch, G. (1961). On general laws and the meaning of measurement in Psychology. *Proceedings of the Berkeley Simposium of Mathematical, Statistics, and Probability*, 4, 321-333. University of California Press.
- Rasch, G. (1966). An ítem analysis which takes individual differences into account. *The British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 19, 49-57.
- Ribes, E. (2005). ¿Qué es lo que se debe medir en Psicología? La cuestión de las diferencias individuales. *Acta Comportamental*, Vol 13, No. 1.
- Riemann, B. (1929). *On the Hypotheses Which Lie at the Foundations of Geometry*. In D. E. Smith (trans). *A Source Book in Mathematics*.
- Reckase, M. D. (2009) *Multidimensional Item Response Theory*. Springer.
- Sánchez Ron, J. M. (2001). *Historia de la Física Cuántica*. Crítica Drakontos.
- Stern, W. (1900) *Über Psychologie der individuellen Differenzen*. Leipzig: Barth.
- Stevens, S. S. (1946) On the theory of scales of measurement. *Science*, 103, 667-680.
- Stevens, S. S. (1956) The direct estimation of sensory magnitudes-loudness. *American Journal of Psychology*, 69, 1-25.
- Thurstone, L. L. (1928). Attitudes can be measured. *American Journal of Sociology*, 33, 529-554
- Thurstone, L. (1937). Psychology as a Quantitative Rational Science. *Science*, 85, 27-32
- Traub, R. E. (1994). *Reliability for the Social Sciences*. Sage.
- Van de Schoot, R., Schmidt, P. y Beuckelaer, A. Eds. (2015). *Measurement Invariance*. Lausanne: Frontiers Research Topics.
- Van der Linden W. J. & Hambleton, R. K. (1997). *Handbook of Modern Item Response Theory*. Springer-Verlag.
- Wissler, C. (1901). The correlation of mental and physical traits. *Psychological monographs*. No 3, 1-62.
- Wright, B. D & Mock, M. (2004). An overview of the family of Rasch Measurement Models. In Benjamin Wright, and others *Introduction to Rasch Measurement: Theory, Models and Application*. JAM Press.