

# Revista de Ciencias Sociales

50 *Años*  
ANIVERSARIO

# Revisión de los principios de mensurabilidad aplicados a la psicología

Pineda Palomino, Aldo Antonio\*

## Resumen

La medición de los fenómenos psicológicos requiere del cumplimiento de principios y reglas establecidos desde inicios del siglo XX y que son ampliamente utilizados en investigación psicológica y social. El propósito del presente artículo consiste en ofrecer una revisión cronológica de los principios y reglas elementales establecidos desde la teoría de la medición. La metodología utilizada fue descriptiva, utilizando como técnica la investigación documental, a través de la revisión bibliográfica. Los resultados muestran las reglas de la representación numérica de los fenómenos, los principios matemáticos sobre la noción de cantidad y las reglas de medición de Campbell (1952), desde la física. Del mismo modo, se presentan las escalas de medida de Stevens (1946) como una guía para el reconocimiento de las propiedades de los fenómenos en investigación psicológica y social. Por último, se muestran criterios y reglas de medición establecidos desde la psicometría y la psicología matemática. Se concluye que la validez y el rigor de la medición están condicionados por la naturaleza de los fenómenos psicológicos y sociales, así como por el cumplimiento de un conjunto de principios, axiomas y reglas procedentes de la matemática y la física.

**Palabras clave:** Principios de medición; escalas de medida; psicometría; psicología matemática; fenómenos psicológicos.

---

\* Maestro en Psicología Cognitiva con mención en Psicología Cognitiva y Desarrollo Psicológico. Licenciado en Psicología. Docente Investigador en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú. E-mail: [apinedap@gmail.com](mailto:apinedap@gmail.com); [aldo.pineda@usat.edu.pe](mailto:aldo.pineda@usat.edu.pe) ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8986-9057>

# Review of measurability principles applied to psychology

## Abstract

The measurement of psychological phenomena requires compliance with principles and rules established since the beginning of the 20th century and that are widely used in psychological and social research. The purpose of this article is to offer a chronological review of the basic principles and rules established from measurement theory. The methodology used was descriptive, using documentary research as a technique, through bibliographic review. The results show the rules of the numerical representation of phenomena, the mathematical principles on the notion of quantity and Campbell's (1952) measurement rules, from physics. Similarly, Stevens' (1946) measurement scales are presented as a guide for the recognition of the properties of phenomena in psychological and social research. Finally, measurement criteria and rules established from psychometrics and mathematical psychology are shown. It is concluded that the validity and rigor of the measurement are conditioned by the nature of psychological and social phenomena, as well as by compliance with a set of principles, axioms and rules from mathematics and physics.

**Keywords:** Measurement principles; measurement scales; psychometry; mathematical psychology; psychological phenomena.

## Introducción

Desde los inicios de la psicología como ciencia, ha surgido la interrogante de si es posible aplicar a cabalidad los principios de medición a los fenómenos psicológicos, concebidos en la matemática y la física, debido a la naturaleza restrictiva de sus atributos, que son indiscutiblemente distintos a los de los fenómenos físicos. Con la aparición progresiva de la psicometría, a fines del siglo XIX e inicios del siglo XX, como área del conocimiento que se encarga de establecer las pautas y reglas para la construcción de instrumentos de medición en psicología, se ha logrado un avance significativo en el desarrollo de principios orientados a la medición de estos fenómenos (Tornimbeni, Pérez y Olaz, 2012).

Desde la formalización de los principios de mensurabilidad a inicios del siglo XX, con la propuesta axiomática de cantidades, las reglas de medición y las reglas de Campbell (1952) y, posteriormente con las escalas de medida de Stevens (1946), se ha consolidado una larga tradición en la medición de atributos en diferentes áreas de la psicología; sin embargo,

es necesario mencionar que, las nociones de cantidad, así como las reglas que rigen la medición, son anteriores a estos principios, pues encuentran origen en la filosofía clásica de Aristóteles y Platón, en la que se señala que la medición de las propiedades es restrictiva numéricamente y en correspondencia directa con la noción de cantidad.

La teoría de la medición, como parte de la estadística aplicada, es considerada como una sistematización de descripciones, categorizaciones y evaluaciones de los procedimientos conducentes a la medición, que tiene la finalidad de mejorar la calidad de sus definiciones y la exactitud de sus procesos para obtener métodos distintos para desarrollar nuevos instrumentos de medida (Alvarado y Santisteban, 2006). Esta teoría es el pilar fundamental para la medición de los fenómenos psicológicos, tiene origen en la física a inicios del siglo XX con las propuestas de Campbell (1952), quien fue parte del comité de expertos que puso en tela de juicio la medición de los fenómenos psicológicos y algunos fenómenos psicofísicos, por no cumplir con los preceptos de la lógica axiomática de Hölder (Radu, 2003).

La tesis de Campbell (1952) es que, para hablar estrictamente de medición, es fundamental que las propiedades de un fenómeno (magnitud) se correspondan con un sistema formal (cantidad), por lo que siempre es necesario una demostración matemática, que cumpla con la lógica axiomática de Hölder. Esta postura era prohibitiva y no negociable, pues en su momento dejó de lado la posibilidad de medir ciertos fenómenos de carácter físico que el mismo Bertrand Russell criticó en su obra *Principios de Matemática* (Muñiz, 1998).

En la efervescencia de la discusión sobre la medición entre la matemática, la física y la psicología, se introduce a la psicometría como un conocimiento formal, cuya estructura conceptual y procedimental, se encuentra en concordancia con los supuestos matemáticos imperantes, aunque no del todo, pues aprovecha los principios de la teoría de la medición para proponer alternativas de medición en psicología. Con sus dos vertientes, primero, el de fundamentar teóricamente la medición de los fenómenos psicológicos; y segundo, sistematizar la construcción de instrumentos de medición para un conocimiento empírico de las mediciones obtenidas, los aportes de la psicometría a la medición de los fenómenos psicológicos han sido, sin duda alguna, muy importantes (Nunnally, 1970; Aiken, 2003).

Años más tarde se produce un cambio sustancial con la propuesta de Stevens (1946), en la que el significado de medición es más flexible que las propuestas de Hölder y Campbell. El autor plantea su propia definición de medición como una asignación numérica a propiedades siguiendo ciertas reglas. Las hoy utilizadas escalas de medida nominal y ordinal, son una expresión específica de operaciones para la medición de fenómenos psicológicos (Piñeda y Scherman, 2016). Se debe resaltar que, al igual que Hölder y Campbell, las escalas de Stevens establecen una correspondencia entre lo empírico y lo formal, la diferencia está en la relevancia que tienen las propiedades de los fenómenos que pueden ser parte de estas escalas.

Posteriormente, en la década de los

sesenta, aparece el enfoque representacional, que revaloriza el carácter teórico de la medición. Para este enfoque la medición, como representación teórica de la realidad, debe expresarse como un modelo. Los aportes de este enfoque a la psicología son muy escasos; sin embargo, este enfoque cumple con el principio elemental de la medición, que es establecer una correspondencia entre lo empírico (mundo real) y un sistema formal (modelo), asegurando la representación mutua de elementos.

Cuando se construye una representación numérica de un conjunto de elementos empíricos, es posible decir que se trata de una medición. Por lo tanto, el problema fundamental para este enfoque es el de la representación formal de los fenómenos, medir es modelar la realidad (Muñiz, 1998).

La presente investigación tuvo como objetivo ofrecer una revisión cronológica de los principios y reglas elementales de la medición, particularmente, desde la lógica axiomática de la matemática y desde las reglas de la física, así como de la adopción progresiva de estos principios por parte de la psicometría y la psicología matemática, desde una perspectiva teórica.

En ese sentido, el nivel de investigación fue descriptivo, a partir del cual se logró una revisión de los principales axiomas, reglas y principios, matemáticos y físicos, que rigen la medición en psicología y demás áreas de las ciencias sociales. Se utilizaron métodos generales de la investigación documental como el deductivo e histórico lógico para la comprensión de los principios de medición, su trayectoria e implicancias en la teoría de la medición.

Se utilizó como técnica la revisión bibliográfica, específicamente de artículos científicos y libros, respetando la cronología de los principios de mensurabilidad; primero, seleccionando literatura relacionada con la lógica axiomática de la matemática y las reglas de la física que sustentan la medición en psicología y ciencias sociales en general, y; segundo, la revisión de contenidos relacionados con la adopción progresiva de

estos principios por parte de la psicometría y psicología matemática.

## 1. El número y la representación de los fenómenos

Richard Dedekind fue un matemático alemán adelantado a su tiempo, pues gracias a sus teorías, específicamente la teoría elemental de conjuntos, a partir de la cual logra desarrollar axiomas sobre los números naturales. Una de sus más grandes contribuciones fue la de discutir sobre los objetos “no matemáticos” o pensamiento y la forma cómo este se relaciona con las representaciones de la realidad (Müller-Stach, 2017).

Para Dedekind (2014), comprender la naturaleza de los números y su función de representación de los fenómenos de la realidad, implica entender también la forma en la que los seres humanos realizan dichas representaciones a través del pensamiento. Asimismo, señala claramente la función simbólica de representación mental utilizando la palabra “cosa” para plasmar la esencia de todo objeto o representación mental que se expresa formalmente mediante símbolos o letras, por lo que esa representación del pensamiento se expresa como la cosa “a”, que no cumple la función de una letra en el lenguaje, hace referencia a la cosa que es designada por “a”.

De esta representación simbólica, se puede inferir una serie de principios: (1) Una cosa “a” es idéntica a una cosa “b” y una cosa “b” es idéntica a una cosa “a” cuando todo lo que se puede pensar de “a” se puede pensar para “b”; (2) Debe quedar claro que “a” y “b” son símbolos o representaciones para una misma cosa, que formalmente se simboliza como “a” = “b”; (3) Si “b” = “c”, siempre que “b” es como “a”, así como es un símbolo que designa a la cosa “b”, entonces “a” = “c”; y, (4) Cuando no se cumple la igualdad entre la cosa “a” y la cosa “b”, se puede afirmar que ambas son distintas, por lo que la propiedad que se cumple para una, no se cumple para otra.

Todas las cosas (“a”, “b”, “c”...) que son representadas a través del pensamiento, tienden a agruparse mentalmente, formando conjuntos, donde las cosas “a”, “b”, “c”..., son elementos del conjunto al que pertenecen. Dedekind (2014), quien afirma que de todos los recursos con que cuenta la mente humana para facilitar la vida de la persona, es decir, la labor del pensamiento, ninguno es tan fructífero e inseparable de su naturaleza íntima como la noción de número (Dugac, 1976). La afirmación anterior explica el principio fundamental de la aritmética, que convierte al ser humano en una entidad que piensa aritméticamente, cuando realiza representaciones de la realidad asociadas con las nociones de cantidad.

Dedekind (2014), sostiene que es posible operar matemáticamente con los elementos o cosas que, al agruparse, forman conjuntos, sí y solo sí, se cumplan algunas condiciones específicas. Propone formalmente el teorema para la suma y la multiplicación. Los teoremas de adición y multiplicación, son elementales para comprender la pertinencia del uso de estas operaciones aritméticas en la medición de las propiedades de los fenómenos psicológicos.

Los números, por lo tanto, son representaciones simbólicas del pensamiento que están asociados a fenómenos que no necesariamente son matemáticos; sin embargo, para que los números cumplan la función de representación de cantidades en la realidad, es necesario que el sujeto que se relaciona con estas entidades o fenómenos logre llegar a conclusiones, a partir de los principios señalados. Toda representación numérica, específicamente aritmética, es implícita al pensamiento humano. Dicho de otro modo, la calidad de toda representación del pensamiento y de sus operaciones aritméticas, dependen de la lógica de las asociaciones entre elementos, conjuntos, cantidades y de sus expresiones numéricas.

Por ejemplo, una representación numérica equivocada de “sucesores” ( $m + 1$ ) en una operación simple de suma o adición llevará a un resultado infructuoso, siempre

y cuando dicha representación numérica no contemple elementos de un conjunto con cantidades reales. Es en este punto en el que las condiciones matemáticas para el posterior desarrollo axiomático de la noción de cantidad se convierten en una condición indispensable para la medición de los fenómenos.

## **2. Los axiomas de cantidad de Hölder**

Otto Hölder fue profesor de matemática en la Universidad de Leipzig, es reconocido por sus contribuciones a la teoría de la medición y por sus axiomas de cantidad. Toda su obra ha servido como base para la teoría de la medición representacional, además de ello, se le reconoce también por ser el punto de partida para la cuantificación de atributos en psicología y demás ciencias. Es bastante conocido por los psicólogos que Wilhelm Wundt instaló su laboratorio experimental en la misma universidad, por lo que conocía bastante bien el trabajo de Hölder (Michell y Ernst, 1996; 1997).

Hölder discute el principio de continuidad de Cantor y Dedekind, al señalar que el sistema propuesto por ellos inicia sin considerar un principio fundamental: La noción de cantidad. La relación entre algunos modelos matemáticos y la forma cómo las propiedades de los fenómenos son representadas, es muy estrecha (Michell y Ernst, 1996; 1997). Existe una conexión entre los continuos de la geometría y la aritmética, que establecen la relación entre los números racionales y reales, que a su vez dan sentido al principio de continuidad, expuestos por Cantor y Dedekind (Ferreirós, 1993).

Desde la matemática, es posible la representación numérica simbólica de la cantidad; sin embargo, para que estas representaciones sean aplicables a la realidad, deben guardar correspondencia con las propiedades de los fenómenos que se desean cuantificar o medir. La cantidad está directamente relacionada con la teoría de cantidades en matemática y es con sus axiomas que es posible establecer la correspondencia

entre las propiedades de los fenómenos y los sistemas formales numéricos (Ferreirós, 1993).

Una de las definiciones más parsimoniosas sobre cantidad es la que ofrece el filósofo Aristóteles (2020), al señalar que, en términos específicos, una cantidad es aquello (todo) que es posible dividir en elementos (partes), donde cada uno de los elementos se constituye como algo único y determinado. Asimismo, señala que la cantidad se expresa también en términos de pluralidad, si y sólo si, sea posible dividirlo en elementos discontinuos o discretos. De otra parte, señala que la magnitud es lo divisible en partes continuas. Para Aristóteles, la cantidad se puede expresar de manera finita, en números.

La idea fundamental de la obra de Hölder es la de establecer la diferencia entre la geometría y la aritmética, de hecho, concebida como una idea conservadora por contemplar las definiciones clásicas de los griegos, pues se mantuvo intacta hasta el desarrollo del álgebra (Michell y Ernst, 1996). Con el desarrollo de los principios de cantidades discretas y continuas, así como la definición de objetos “dados”, marca distancia con relación a la propuesta de Dedekind (2014), al considerar que existen propiedades físicas que son independientes a la representación mental de los seres humanos, por lo que concibe a la geometría como una ciencia empírica (Biagioli, 2013; Cantú, 2013).

La propuesta lógico-axiomática de Hölder intenta superar los aspectos que no son explicados desde el principio de continuidad geométrica y aritmética. Desarrolla entonces los axiomas de cantidad o de magnitud. Hölder logra establecer un sistema de proposiciones que dan lugar al uso racional de las operaciones matemáticas en la medición de atributos o propiedades (Michell y Ernst, 1996; 1997).

Los axiomas de cantidad de Hölder establecen las condiciones, en el marco de una teoría de la medición, para lograr una correspondencia de ordenamiento (menor que o mayor que) y la suma. Esta propuesta lógico-axiomática se caracteriza por establecer una relación matemática entre las cantidades o magnitudes, que se expresa en las siguientes

propiedades matemáticas como condiciones de mensurabilidad: (a) Propiedad transitiva (Si  $A < B$  y  $B < C$ , se tiene que  $A < C$ ); (b) Propiedad asociativa (Sean  $A < B$  y  $X$  tal que  $B + X = A$ , entonces  $C + (B + X) = C + A$  y  $(C + B) + X = C + A$ ); (c) Propiedad de densidad (Si  $A < B$ , existe una magnitud mayor que  $A$  y menor que  $B$ ); (d) Propiedad infinita en crecimiento (Dada una magnitud  $A$  existe una magnitud mayor que ella, en particular,  $A + A > A$ ); y, (e) Propiedad de magnitudes (Si  $A + X = B$  y  $A + Y = B$ , entonces  $X = Y$ ).

Las propiedades a y b (transitivas y asociativas) son típicas de las variables ordinales en las escalas de Stevens, cuando se trabaja con transformaciones admisibles, así como la igualdad es propia de la escala nominal. A partir de estas propiedades matemáticas se consideran transformaciones plausibles en la medición de propiedades o atributos. Cuando una operación o transformación incumple con estas propiedades, se produce una contradicción lógica y matemática, que revela escasa calidad en las representaciones numéricas, además de una errada concepción de cantidad. No todas las propiedades de los fenómenos son medibles bajo esta lógica axiomática. Si un atributo no muestra pluralidad en su esencia o no es divisible en partes infinitas, no será posible medirla.

### 3. Las reglas de la medición de Campbell

Norman Campbell, físico y filósofo inglés, conocido por ser conservador con los principios elementales de las matemáticas en el conteo y medición de los fenómenos, se le reconoce también por ser defensor de la lógica axiomática de Otto Hölder (Da Costa, 1921). La medición para Campbell (1952), es la asignación de números a ciertas propiedades o atributos, lo que podría parecer sencillo; sin embargo, se trata de un sistema complejo de correspondencia entre lo que se observa y un sistema formal matemático que permite saber cuántas veces se encuentra contenido este atributo en dicho sistema.

Esta correspondencia parte de la premisa de que solamente algunas propiedades pueden ser sometidas a la asignación de números o a la representación de sistemas matemáticos, es decir, la naturaleza de la propiedad o atributo es lo que restringe su medición.

Entre los principios elementales para la medición, Campbell (1952) señala el papel fundamental del número, resaltando que puede representar básicamente dos cosas completamente diferentes. Primero, los números pueden representar nombres o símbolos, por lo que su función es semántica; de otra parte, también pueden representar propiedades de un objeto, cumpliendo una función de cantidad. Es esta última función de los números la que se resalta en la medición, pues el primer tipo de representación constituye el uso de numerales y no de números.

Los numerales, son representaciones que se utilizan frecuentemente como un sistema de correspondencia en las variables de permutación (etiquetas) y en variables de orden, por lo que no cumplen estrictamente una función de cantidad para representar una propiedad o atributo.

Para comprender la naturaleza del número y su función en la medición, es necesario comprender también las condiciones que son propias del conteo. Campbell (1952), presenta las siguientes reglas:

a. La primera regla establece que, si dos conjuntos de objetos (I y II) se cuentan frente a un tercer conjunto (III), se encontrará que tienen el mismo número del tercer conjunto, entonces, cuando se cuentan entre sí, los conjuntos I, II y III tendrán el mismo número.

b. La segunda regla señala que, contando primero un solo objeto y agregándole reiterativamente el único objeto, con las mismas características, es posible construir una serie de objetos o “colecciones”, con un número conocido, de los cuales se obtendrá el mismo número que el de cualquier serie de objetos o colección.

c. La tercera regla, es la forma por la cual se puede conocer el número de una serie de objetos o colección que se forma combinando dos series de objetos o colecciones con las

mismas características y con un número conocido, por lo tanto, se obtiene una suma de series de objetos o colecciones.

Por lo anteriormente expuesto, si se tiene el propósito de medir una propiedad, esta debe cumplir con las siguientes reglas: (a) Dos objetos que sean iguales con respecto a un atributo de un tercer objeto, son iguales entre sí; (b) al agregar objetos sucesivamente se obtiene la manera de construir una serie estándar, formada por objetos que serán iguales con respecto a la propiedad de cualquier otro objeto que pueda ser medida; y, (c) objetos con las mismas propiedades sumados a objetos iguales producen como resultados sumas iguales. En consecuencia, para medir una propiedad, es necesario encontrar la forma de demostrar la igualdad y lograr la suma de objetos. Para Campbell (1952), la igualdad matemática entre propiedades es una condición esencial para la adición o suma de propiedades.

Las reglas propuestas garantizan, además de la medición en sí misma, la posibilidad de hacer uso de operaciones matemáticas como la adición y la multiplicación. En cuanto a la primera operación, el requisito indispensable es la igualdad de valores de las propiedades medibles. La segunda operación, requiere de un punto fijo y de igualdad de proporciones de las propiedades medibles. Esta es sin duda, una complicación al intentar medir ciertos fenómenos psicológicos y sociales. Una de las diferencias fundamentales, a nivel operativo, entre los fenómenos físicos y los psicológicos, es que los fenómenos psicológicos no se pueden representar con puntos fijos de referencia, por lo que la demostración de igualdad entre unidades y sus propiedades se convierte en un verdadero reto para el uso pertinente de algunas operaciones matemáticas.

Algunos fenómenos psicológicos se pueden expresar como la relación causal o no causal entre estímulos físicos (geométricos) y respuestas psicológicas (aritméticas), en la que las operaciones matemáticas pueden ser más complejas y con menos restricciones. Asimismo, se pueden expresar como eventos individuales por naturaleza,

históricos, temporales y continuos, que por no ser directamente observables dependen de lo semántico para descubrir sus elementos teóricos más representativos y, luego tener una aproximación mensurable. En este último caso, el uso de las operaciones matemáticas es más restringidas por la naturaleza de estos fenómenos.

#### **4. Las escalas de medida de Stevens**

En el año 1946 se publica el artículo de Stevens, el cual expone un conjunto de argumentos sobre la teoría de las escalas de medida, luego de una serie de discusiones que tuvieron una duración de siete años consecutivos. El debate tuvo como centro de atención lo señalado desde la propuesta axiomática de Hölder, es decir, si en realidad es posible demostrar que el sistema de relaciones empíricas (atributos o propiedades que se pretenden medir desde el mundo objetivo) se corresponde con un sistema de relaciones formal (escalas numéricas con un punto fijo de referencia).

La conclusión fue que la medición se trata de un tema de discusión semántico, con significados distintos y formas distintas sujetas a reglas y principios, por lo que es posible medir los fenómenos de distintas maneras y en escalas diferentes. El tipo de escala de medida está condicionada por las propiedades que se miden y es lo que determinará el tipo de operaciones matemáticas y estadísticas que será posible realizar en un sistema formal (Stevens, 1946).

Las escalas de medida, fueron difundidas previamente, aunque con leves diferencias, en el Congreso Internacional para la Unidad de la Ciencia, en septiembre de 1941. Luego, con el apoyo del brillante matemático estadounidense G. D. Birkhoff, se logra la configuración final de lo que hoy se conoce como las escalas de medida propuestas por Stevens.

La escala nominal, que expresa el principio de igualdad o de identidad desde la lógica axiomática de cantidades, se caracteriza por contener variables que no tienen un



atributo aparente, es decir, cuyos valores siempre expresan igualdad. Es considerada una escala de permutación o de un grupo simétrico de transformaciones. Incluye cualquier valor de una variable que se expresa como una etiqueta, por lo que es una escala invariante y menos restringida que el resto de escalas. Los valores de las variables que se miden en esta escala cumplen con la siguiente lógica de permutación: Si  $a=b$  y  $b=c$ , entonces  $a=c$ . Los atributos de los fenómenos en esta escala son categóricas o cualitativas, no poseen numerosidad en su naturaleza.

En psicología, existen variables que se ubican en esta escala de medida. Por ejemplo, si se requiere investigar a una variable  $x'$ , que expresa sus valores como una clasificación, será posible verificar que se trata de una permutación o de una clasificación invariante. Las operaciones matemáticas permitidas en esta escala no se realizan directamente con los valores de las variables. Previamente, se debe de efectuar una cuantificación o conteo de casos (análisis de frecuencias absolutas).

La escala ordinal, que se relaciona con los axiomas de orden de Hölder, es una escala de jerarquía, importancia o intensidad. Los valores de las variables en esta escala no tienen distancia numérica entre ellos. Esta es una escala axiomática de orden, que contiene valores monotónicamente crecientes, indica que cualquier valor de una variable ordinal se expresa en orden creciente o decreciente (Bloem, 2022). Los valores de las variables que se miden en esta escala cumplen con la lógica de preservación de orden, si  $a>b$  y  $b>c$ , entonces  $a>c$ , inclusive hasta con una lógica más sencilla como  $a > b$  (Kemp y Grace, 2021). Los atributos de los fenómenos en esta escala son categóricas o cualitativas, no poseen numerosidad en su naturaleza.

Los valores de las variables en esta escala son considerados como cuasi numéricos; sin embargo, se debe hacer una precisión al respecto, no son valores numéricos. Particularmente, en psicología, se utiliza esta escala, pues la mayoría de las variables que se investigan son de naturaleza ordinal. Como ejemplo se tiene a los tipos

de personalidad de Eysenck (1998), que se constituyen como el modelo teórico con mayor evidencia empírica a favor de sus supuestos (Abal, Ursino y Attorresi, 2022). En el modelo PEN de Eysenck se mencionan tres factores elementales: Psicoticismo (P), Extraversión (E), y Neuroticismo (N). Estos factores forman parte de una escala jerárquica, pues se podrían recolectar con una escala de valores ordinales, por ejemplo: Niveles de acuerdo con relación a una afirmación o situación hipotética.

Las operaciones matemáticas permitidas en esta escala, al igual que en la escala nominal, no se realizan directamente con los valores de las variables, previamente se utiliza la cuantificación o conteo de casos (análisis de frecuencias absolutas). Posteriormente, se puede realizar una conversión de frecuencias absolutas a frecuencias relativas o porcentajes. La diferencia con la escala nominal es que los valores se pueden discriminar por grado de intensidad, jerarquía u orden, por lo que lo correcto es utilizar rangos. El cálculo de la mediana de un conjunto de datos aleatorios, así como los percentiles como puntuaciones típicas, son procedimientos matemáticos propios de esta escala.

Existen propuestas de modelos matemáticos para un tratamiento más complejo de esta escala ordinal que incluyen procedimientos aritméticos de simetría (Wu y Leung, 2017), propuestas de conversión ordinal simbólica (Kiliç, Uysal y Kalkan, 2021), modelos bayesianos (Schnuerch et al., 2022), mezclas gaussianas (Haslbeck, Vermunt y Waldorp, 2023), entre otros.

La escala de intervalo, es una escala de cantidad, en el sentido estricto de la palabra, pues es desde este punto en que es posible aplicar operaciones matemáticas elementales como la suma y la resta. Se le reconoce como una escala lineal general. Esta escala se caracteriza por expresar sus valores numéricos en intervalos o distancias matemáticas, que muestran siempre una constante numérica en cuanto a sus límites, es decir, los intervalos de los valores que forman parte de esta escala, son siempre equidistantes.

Esta última característica es lo que

permite realizar una operación de adición o sustracción, pues existe uniformidad entre los valores numéricos; sin embargo, debido a que el cero se expresa como una conveniencia, no es posible hablar de proporción matemática. El cero, en este caso particular, es lo que permite expresar valores negativos y positivos, equidistantes entre sí; no obstante, por tratarse de un convencionalismo numérico, no expresa ausencia de aquello que se mide.

El reto de la psicología consiste en crear escalas de intervalo para las variables que se investigan. Un ejemplo de este esfuerzo es el modelo de escalamiento propuesto por Thurstone (1928), en el que desarrolla un sistema de hipótesis de cómo sería posible medir propiedades psicológicas continuas mediante la aplicación de *tests*. El inconveniente para superar este reto, es que los atributos psicológicos se expresan, por naturaleza, en positivo y no con valores negativos.

Stevens (1946), señala que se deben proponer operaciones que permitan al investigador realizar conversiones de un sistema nominal u ordinal, a un sistema de intervalos; sin embargo, el problema es la interpretación que se le debe dar al cero ¿Qué representaría teórica y empíricamente un valor cero en un fenómeno psicológico?, sin duda alguna, todo un reto. La escala de intervalo, es una escala de números enteros, es decir, un conjunto de números con valores positivos y negativos, que incluye al cero.

La escala de razón, es la más compleja de las escalas de medida, y representa procedimentalmente, el anhelo de toda área de conocimiento, por la rigurosidad matemática y alcance de sus resultados, aunque siempre sujetas a sesgos, imprecisiones y posibilidad limitada de generalización. En este nivel de medición es posible operar matemáticamente con la suma y la resta, además de ello, y debido al punto de origen o cero reales, es posible operar con la multiplicación y división.

El cero representa objetivamente la ausencia de los valores del fenómeno que se pretende medir. Este punto fijo ofrece una ventaja matemática evidente, pues a partir de

él, se pueden fijar valores no solo equidistantes, sino proporcionales o de razón. Se le reconoce como una escala de similitud o igualdad de proporciones que convierte a esta escala en multiplicativa. Es la escala más compleja, pues en ella es posible demostrar las relaciones de igualdad, orden, distancia y origen.

En psicología es inusual encontrar atributos psicológicos en esta escala; sin embargo, existe una escala de estímulos auditivos y ruido llamada *Sone* (Girden, 1939), que mide la magnitud subjetiva de una sensación auditiva utilizando la misma escala para medir el peso y la longitud. Estos atributos, por naturaleza, se expresan más como propiedades o estímulos físicos (geométricos) en correspondencia directa con respuestas psicológicas (aritméticas), ya sean con métodos psicofísicos indirectos o de relación logarítmica o con métodos psicofísicos directos o de relación exponencial (Muñiz, 1998). Por este motivo, es más sencillo encontrar la equivalencia con este tipo de escala. La escala de razón, es una escala de números naturales, es decir, un conjunto de números con valores positivos que incluye al cero.

Como señala Matheson (2006), la influencia de Stevens en la teoría de la medición es abrumadora, desde su experiencia en medición de fenómenos sensoriales y psicofísicos en la Universidad de Harvard. Toda su teoría tuvo como propósito marcar distancia entre la psicología y la física; sin embargo, no se debe dejar de lado la premisa que mientras más tangible sea un fenómeno, más fructífero será el resultado mensurable (Zwislocki, 1973; Teghtsoonian, 2015; Moscati, 2018).

Muchas discusiones se han llevado a cabo para intentar resolver el problema de las escalas de intervalo y de razón en la medición de los fenómenos psicológicos. En este punto particular, es necesario saber distinguir la naturaleza de los fenómenos psicofísicos en comparación con la naturaleza de los fenómenos psicológicos o mentales. A lo largo de los años se ha logrado acuñar el término “magnitud psicológica” como una tentativa

de medición de dichos fenómenos para la construcción de una escala de intervalo o de razón (Smith, 1993).

Las escalas de medida no son absolutas; sin embargo, no se debe malinterpretar este término. Los fenómenos medibles deben ubicarse en una sola escala, además de ello, no debe quedar duda de su naturaleza. El carácter acumulativo de esta clasificación escalar puede llevar a errores procedimentales, si no se tiene en cuenta que la acumulación de propiedades tiene un solo sentido, de lo categórico a lo numérico, y nunca en sentido contrario. Es posible realizar una conversión de una variable en la escala de razón a una variable nominal si se va eliminando sus atributos origen, distancia, y orden; no obstante, es imposible realizar esta operación de lo categórico a lo numérico. No se puede convertir un atributo, que en esencia es categórico, a uno numérico, sin alterar su naturaleza.

Por ejemplo, el uso de cuestionarios es común en investigaciones sociales. Al obtener respuestas de los sujetos en la aplicación de los formularios, se utiliza la estrategia de la codificación para las variables que se investigan. Cuando estas variables son nominales u ordinales, algunas veces se les asigna numerales para su identificación en programas de procesadores de datos cuantitativos. El error es asumir que una categoría es igual a un número, cuando en realidad se trata de un numeral, lo que lleva a los investigadores a utilizar de manera inadecuada operaciones matemáticas como la suma o multiplicación. La sugerencia es utilizar numerales, letras o cualquier marcador distinto, siempre y cuando se tenga claridad sobre el sentido de igualdad entre valor categoría y código categoría.

## 5. Criterios formales para la medición psicológica

Para lograr una medición rigurosa y con un alto nivel de validez, amparada en principios matemáticos, es necesario tener en cuenta criterios de medición científica,

contemplados desde la larga tradición de la psicometría y psicología matemática a lo largo del siglo XX. A continuación, se exponen un conjunto de criterios de medición que la psicología, como ciencia, pone en práctica al medir los fenómenos psicológicos:

a. Toda medición debe representar a un solo atributo de la entidad, propiedad u objeto medido. Este es el criterio de la “unidimensionalidad” (Thurstone, 1931). Este criterio es ampliamente utilizado en los indicadores, cuantitativos o cualitativos, al operacionalizar las variables en psicología.

b. Para lograr una medición, se deben de ordenar cantidades a partir de la construcción de un continuo lineal. Este es el criterio de “linealidad” (Thurstone y Chave, 1929). Los *tests* que intentan medir a los fenómenos psicológicos, rara vez consideran este tipo de conversiones, por lo que sus resultados suelen tener sesgos numéricos.

c. Las unidades de medida, como punto de partida fundamental para una medición formal, son un proceso de “abstracción”. No todas las entidades u objetos pueden ser representados por unidades de medida (Thurstone, 1931).

d. Toda medición debe ser replicable en un continuo lineal. A este principio se le conoce como “invarianza” (Thurstone, 1931). Independientemente de la experiencia de medición en un continuo lineal, si las condiciones se mantienen invariantes, el resultado debe ser el mismo.

e. Todo instrumento de medida debe trascender al grupo normativo que contiene las propiedades o atributos de los objetos a medir. Ningún instrumento de medición debe ser afectado por el objeto que se mide, Thurstone (1928) lo llama “libre de muestra”.

f. El resultado de medición de un fenómeno psicológico no debe ser afectado por la distribución o estructura de los *ítems* de un instrumento de medida o *test*, es el criterio “libre de *test*” de Thurstone (1926).

Aún existe controversia con respecto a lo que se concibe como medición en el campo de la psicología, pues la larga tradición matemática y física ha sentado las bases

para la formalización de la medición de los fenómenos psicológicos; sin embargo, se han encontrado a detractores de la propuesta de Stevens, quien con su teoría de las escalas de medida concluyó que los *tests* psicológicos sólo pueden medir variables en la escala nominal u ordinal (Michell, 1999).

De otra parte, desde la psicología matemática, se han establecido criterios para lograr la medición en concordancia con las pautas brindadas por Thurstone (1931). La calidad de la medición cuantitativa de los fenómenos psicológicos, dependerá de la concatenación, considerado como un criterio elemental que garantiza la igualdad entre unidades y un punto fijo de referencia (Campbell, 1952). La suficiencia métrica, es decir, en tanto se obtengan la mayor cantidad de parámetros estadísticos o sea posible reemplazarlos por un estimador generalizable. El trabajo de estimación máximo verosímil de Fisher (1920), es el punto de partida para trabajar con parámetros estadísticos suficientes.

Asimismo, se tiene la divisibilidad (Levy, 1937), para toda construcción cuantitativa, que requiere de elementos numéricos aleatorios estables que sean infinitamente divisibles. Por último, la aditividad para toda construcción cuantitativa que requiere de elementos numéricos aleatorios estables que sean aditivos, a este criterio se le conoce como aditividad. Este último criterio se cumple cuando los anteriores están presentes. Luce y Tukey (1964), proponen vías alternas de medición fundamental con las tablas de contingencia, considerando la relación entre la medida conjunta y medidas de respuesta.

Desde los inicios de la psicometría, con la contribución de Sir Francis Galton (Michell, 2022), se sostuvo firmemente que es posible medir los fenómenos psicológicos, y que además de ello, toda ciencia debe considerar a la medición como una práctica necesaria. Las propuestas de Thurstone y los modelos del matemático danés Rasch, sentaron las bases para la medición objetiva específica entre sujetos (Boone, 2016; Michell, 2022).

Queda claro que la medición de los fenómenos psicológicos y sociales mediante la

aplicación de *tests* o instrumentos, no permite la obtención de resultados directos, es a partir de los resultados o puntuaciones obtenidas que es posible realizar inferencias sobre mediciones indirectas. Por tal motivo, el uso del lenguaje y los significados cumplen un rol fundamental para la medición de los fenómenos que no son directamente observables. La calidad de las inferencias depende de la calidad de los significados y de los indicadores que las representan.

Los avances en psicometría y la aparición de nuevas reglas de medición permiten superar, en parte, las restricciones de los principios de mensurabilidad, desde la lógica axiomática de la matemática y las reglas de la física. Aun así, queda la interrogante de si las transformaciones permiten mantener la esencia de estos fenómenos que, inicialmente, fueron concebidos como sucesos categóricos.

Debe quedar claro que, independientemente a los modelos matemáticos que se utilicen, la abstracción de los fenómenos de la naturaleza es subyacente a la medición que, a su vez, se constituye como un proceso de abstracción en sí misma y esa abstracción es el número, como una representación por excelencia de las cantidades que se presentan en la naturaleza, que hace posible la medición de las propiedades de los fenómenos.

## 6. Nuevas reglas de medición

La teoría de respuesta al ítem, en comparación con la teoría clásica de los *tests* ha desarrollado una nueva visión matemática de la medición de fenómenos psicológicos al considerar el patrón de respuesta del sujeto que se enfrenta a un conjunto de ítems que es explicado por lo que se denomina “rasgo latente” (Lord, 1980; Navas, 1994; Leenen, 2014; Brizuela, 2015; González-Gallo, 2018). A diferencia de la teoría clásica de los *tests*, en la que la aptitud del sujeto evaluado depende del nivel de dificultad del ítem y en el que la respuesta es de tipo lineal ( $X = V + e$ ), en la teoría de respuesta al ítem se tiene una expresión matemática mucho más compleja

con modelos de tipo exponencial (Boone, 2016).

Algunas reglas o principios de medición que tienen origen en la teoría clásica de los *tests*, ampliamente conocidas por los psicólogos, entran en conflicto con los principios de medición de la teoría de respuesta al *ítem*. Embretson (1996), logra una sistematización de estas nuevas reglas de la teoría de respuesta al *ítem*:

a. El error estándar de medición difiere entre puntuaciones, pero se generaliza entre poblaciones.

b. Las pruebas más cortas pueden ser más fiables que las pruebas más largas.

c. Comparar puntuaciones de *tests* entre múltiples formas es óptimo cuando los niveles de dificultad de la prueba varían entre personas.

d. Las estimaciones imparciales de las propiedades de los *ítems* pueden obtenerse de muestras no representativas.

e. Se obtienen puntuaciones de escala significativas mediante comparaciones de distancias de varios *ítems*.

f. Las propiedades de escala de intervalo se logran mediante modelos de medición justificables, no por la distribución de las puntuaciones.

Estas reglas de medición permiten un mayor control sobre las puntuaciones obtenidas, por lo que las inferencias que se realizan sobre los rasgos medibles tienen mayor rigor matemático que las propuestas de la teoría clásica de los *tests*.

Son varios avances los que se pueden mencionar en la psicometría, tanto procedimentales como conceptuales, que han permitido obtener resultados con mayor rigor métrico. En cuanto a los *tests* como instrumentos de medición por excelencia en psicología, se desarrollaron características métricas de confiabilidad y validez, logrando un análisis más específico en el puntaje y en su interpretación, más que en el *test* como una estructura (Messick, 1995; Berrios-Riquelme et al., 2021; Remaycuna-Vásquez et al., 2023).

Además de ello, se debe mencionar el trabajo conjunto entre la teoría de respuesta

al *ítem* y la teoría de la generalizabilidad, que para los psicólogos con experiencia en tratamiento cuantitativo de datos podría parecerles opuestas; sin embargo, ambas teorías en un modelo secuencial aportan significativamente en la construcción de instrumentos de medición (Bock, Brennan y Muraki, 2002; Zúñiga y Montero, 2011).

Los principios anteriormente señalados han generado y siguen generando controversia en el tratamiento cuantitativo de datos, en psicología y en otras áreas del conocimiento de las humanidades y ciencias sociales. Se trata de una discusión abierta y latente entre lo que matemáticamente se considera adecuado o inadecuado (Michell, 1999).

Procedimentalmente, es posible realizar operaciones como la suma, resta, multiplicación y división; sin embargo, es necesario reconocer que la validez, así como la rigurosidad y exactitud de los resultados obtenidos a partir de estas operaciones, dependen del cumplimiento de los principios previamente señalados. La formalidad matemática de estas operaciones es lo que garantiza un resultado de medición con alta calidad. No tener en cuenta estos aspectos formales implica vulnerar la validez de todo intento de medición (Thorndike, 1989).

El punto de partida para la discusión sobre lo que se mide en psicología es responder cuestiones como: ¿Cuál es la naturaleza de los fenómenos psicológicos? ¿Cuáles son los límites para su medición? ¿Qué operaciones o transformaciones matemáticas son admisibles en el marco de los principios de mensurabilidad? A lo largo de la presente discusión se ha utilizado el término fenómeno psicológico, de manera general, para intentar alejarlo de lo que se podría considerar como observable o directamente observable, es decir, una acción o una conducta explícita.

La complejidad de los fenómenos psicológicos no se puede reducir únicamente a ámbitos biológicos, sociales, culturales o neurológicos, todos estos factores se encuentran en estado latente; sin embargo, no son los responsables absolutos. El sujeto que experimenta estos fenómenos, con

individualidad y libertad, es el origen de estos fenómenos (Muñiz, 1998; Anastasi y Urbina, 1998; Malo, 2008).

En algunos manuales de psicometría se omite la discusión de cómo es posible realizar cierto tipo de operaciones, aun cuando algunas propiedades no deben tener un tratamiento cuantitativo específico. Lord (1980), afirma que el tratamiento numérico de los fenómenos psicológicos es independiente de su pertinencia, por lo que el uso de los estadísticos para la medición de dichos fenómenos no advierte sobre tal decisión.

En este punto es importante el desarrollo de habilidades psicométricas para la medición de los fenómenos psicológicos, que más allá del entrenamiento en la aplicación de *tests* debe contemplar el análisis y la interpretación de datos obtenidos (Hernández et al., 2021). Dicho de otra forma, las operaciones matemáticas soportan cualquier tipo de valor, numérico o no numérico, por lo que el procedimiento mismo es independiente a la admisibilidad de su elección.

## Conclusiones

Es posible afirmar que existe una lógica axiomática que justifica, con rigor matemático y precisión la medición de las cantidades en la naturaleza de los fenómenos psicológicos y demás fenómenos que son investigados en ciencias sociales. La medición como práctica propia del método científico, encuentra sustento en esta lógica axiomática de la matemática y, está en correspondencia con la evidencia empírica en el quehacer de la física y demás áreas del conocimiento como la psicología matemática y la psicometría que, de manera progresiva, han adoptado reglas específicas para la obtención de resultados mensurables más robustos; sin embargo, se debe tener en cuenta que existen limitaciones procedimentales, de acuerdo a la naturaleza de los fenómenos que se investigan.

Desde una perspectiva teórica, se ha logrado mostrar los principios y reglas que evitan errores comunes que se suscitan en

la medición de los fenómenos psicológicos, tales como el uso inapropiado de algunas operaciones matemáticas en el tratamiento cuantitativo de datos, cuando la naturaleza de los fenómenos es restrictiva.

La literatura existente sobre los principios de mensurabilidad, por tener origen en la lógica axiomática de la matemática y las reglas de la física, tienden a ser distantes al quehacer investigativo de las ciencias sociales; sin embargo, a pesar de esta limitación, es responsabilidad de los investigadores el conocer la génesis de los procesos de medición que son propios de sus respectivas áreas de conocimiento, con la finalidad de evitar sesgos y prácticas inadecuadas.

El reto del quehacer investigativo en psicología y otras áreas del conocimiento de las ciencias sociales, es proponer procedimientos que permitan superar las restricciones existentes y probar empíricamente modelos que representen a los fenómenos psicológicos procurando resultados de mediciones más precisos, rigurosos y con mayor validez. Una de las cuestiones más relevantes a ser investigadas es la controversia existente en la medición de fenómenos, nominales u ordinales, teniendo en cuenta la ausencia de un punto fijo de referencia en fenómenos sociales y conductuales, que justifique el uso de operaciones matemáticas admitidas por los principios de mensurabilidad.

## Referencias bibliográficas

- Abal, F. J. P., Ursino, D. J., y Attorresi, H. F. (2022). Cuestionario revisado de personalidad de Eysenck (versión reducida): Análisis con la teoría de respuesta al ítem. *CES Psicología*, 15(1), 1-23. <https://doi.org/10.21615/cesp.5830>
- Aiken. L. R. (2003). *Los tests psicológicos y evaluación*. Pearson Educación.
- Alvarado, J. M., y Santisteban, C. (2006). *La validez en la medición psicológica*. UNED Ediciones.

- Anastasi, A., y Urbina, S. (1998). *Tests psicológicos*. Prentice Hall.
- Aristóteles (2020). *Metafísica*. Alicia Editions.
- Berrios-Riquelme, J., Ventura-León, J., Maluenda-Albornoz, J., y Barboza-Palomino, M. (2021). Propiedades psicométricas de la escala de amenaza grupal internalizada por inmigrantes latinoamericanos en Chile. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXVII(2), 467-483. <https://doi.org/10.31876/rcs.v27i2.35935>
- Biagioli, F. (2013). Between kantianism and empiricism: Otto Hölder's philosophy of geometry. *Philosophia Scientiae*, 17(1), 71-92. <https://doi.org/10.4000/philosophiascientiae.828>
- Bloem, J. R. (2022). How much does the cardinal treatment of ordinal variables matter? An empirical investigation. *Political Analysis*, 30(2), 197-213. <https://doi.org/10.1017/pan.2020.55>
- Bock, R. D., Brennan, R. L., y Muraki, E. (2002). The information in multiple ratings. *Applied Psychological Measurement*, 26(4), 364-375. <https://doi.org/10.1177/014662102237794>
- Boone, W. J. (2016). Rasch analysis for instrument development: Why, when, and how? *CBE Life Sciences Education*, 15(4), 1-7. <https://doi.org/10.1187/cbe.16-04-0148>
- Brizuela, A. (2015). The item response theory mixture models. *Actualidades en Psicología*, 29(119), 79-90. <https://doi.org/10.15517/ap.v29i119.18728>
- Campbell, N. (1952 1921). *What is science?* Dover Publications.
- Cantú, P. (2013). Geometry and measurement in Otto Hölder's epistemology. *Philosophia Scientiae*, 17(1), 131-164. <https://doi.org/10.4000/philosophiascientiae.832>
- Da Costa, E. (1921). *Physics: The elements*. *Nature*, 107, 643-644. <https://doi.org/10.1038/107643a0>
- Dedekind, R. (2014). *¿Qué son y para qué sirven los números?: y otros escritos sobre los fundamentos de la matemática*. Alianza Editorial.
- Dugac, P. (1976). Problèmes de l'histoire de l'analyse mathématique au XIXème siècle. Cas de karl weierstrass et de Richard Dedekind. *Historia Mathematica*, 3(1), 5-19. [https://doi.org/10.1016/0315-0860\(76\)90002-1](https://doi.org/10.1016/0315-0860(76)90002-1)
- Embretson, S. E. (1996). The new rules of measurement. *Psychological Assessment*, 8(4), 341-349. <https://doi.org/10.1037/1040-3590.8.4.341>
- Eysenck, H. (1998 1947). *Dimensions of personality*. Routledge.
- Ferreirós, J. (1993). On the relations between Georg Cantor and Richard Dedekind. *Historia Mathematica*, 20(4), 343-363. <https://doi.org/10.1006/hmat.1993.1030>
- Fisher, R. A. (1920). A mathematical examination of the methods of determining the accuracy of observation by the mean error, and by the mean square error. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 80(8), 758-770. <https://doi.org/10.1093/mnras/80.8.758>
- Girden, E., (1939). Review. Hearing: Its psychology and physiology by S. S. Stevens & H. Davis. *The American Journal of Psychology*, 52(4), 661-663. <https://doi.org/10.2307/1416497>
- González-Gallo, I. (2018). Aportes de la psicometría al ejercicio profesional e investigativo en ciencias de la salud. *MedUNAB*, 21(2), 6-7. <https://doi.org/10.29375/01237047.3519>
- Haslbeck, J. M. B., Vermunt, J. K., y Waldorp, L. J. (2023). The impact of ordinal scales on gaussian mixture recovery.

- Behavior Research Methods*, 55(4), 2143-2156. <https://doi.org/10.3758/s13428-022-01883-8>
- Hernández, I. B., Lay, N., Herrera, H., y Rodríguez, M. (2021). Estrategias pedagógicas para el aprendizaje y desarrollo de competencias investigativas en estudiantes universitarios. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXVII(2), 242-255. <https://doi.org/10.31876/revs.v27i2.35911>
- Kemp, S., y Grace, R. C. (2021). Using ordinal scales in psychology. *Methods in Psychology*, 5, 100054. <https://doi.org/10.1016/j.metip.2021.100054>
- Kiliç, A. F., Uysal, I., y Kalkan, B. (2021). An alternative to Likert scale: Emoji. *Journal of Measurement and Evaluation in Education and Psychology*, 12(2), 182-191. <https://doi.org/10.21031/epod.864336>
- Leenen, I. (2014). Virtudes y limitaciones de la teoría de respuesta al ítem para la evaluación educativa en las ciencias médicas. *Investigación en Educación Médica*, 3(9), 40-55. [https://doi.org/10.1016/s2007-5057\(14\)72724-3](https://doi.org/10.1016/s2007-5057(14)72724-3)
- Levy, P. (1937). *Theorie de l'addition des variables aleatoires*. Gauthier-Villars.
- Lord, F. M. (1980). *Applications of item response theory to practical testing problems*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203056615>
- Luce, R. D., y Tukey, J. W. (1964). Simultaneous conjoint measurement: A new type of fundamental measurement. *Journal of Mathematical Psychology*, 1(1), 1-27. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(64\)90015-X](https://doi.org/10.1016/0022-2496(64)90015-X)
- Malo, D. A. (2008). La medición en psicología como herramienta y como reflexión ética en el ejercicio del psicólogo. *Psicogente*, 11(19), 46-51. <https://revistas.unisimon.edu.co/index.php/psicogente/article/view/2688>
- Matheson, G. (2006). Intervals and ratios: The invariance transformations of Stanley Smith Stevens. *History of the Human Sciences*, 19(3), 65-81. <https://doi.org/10.1177/0952695106066542>
- Messick, S. (1995). Standards of validity and the validity of standards in performance assessment. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 14(4), 5-8. <https://doi.org/10.1111/j.1745-3992.1995.tb00881.x>
- Michell, J. (1999). *Measurement in psychology: A critical history of a methodological concept*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511490040>
- Michell, J. (2022). "The art of imposing measurement upon the mind": Sir Francis Galton and the genesis of the psychometric paradigm. *Theory and Psychology*, 32(3), 375-400. <https://doi.org/10.1177/09593543211017671>
- Michell, J., y Ernst, C. (1996). The axioms of quantity and the theory of measurement. *Journal of Mathematical Psychology*, 40(3), 235-252. <https://doi.org/10.1006/jmps.1996.0023>
- Michell, J., y Ernst, C. (1997). The axioms of quantity and the theory of measurement. *Journal of Mathematical Psychology*, 41(4), 345-356. <https://doi.org/10.1006/jmps.1997.1178>
- Moscato, I. (2018). Stevens and the Operational Definition of Measurement in Psychology, 1935–1950. In I. Moscato, *Measuring Utility: From the Marginal Revolution to Behavioral Economics* (pp. 139-146). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780199372768.003.0009>
- Müller-Stach, S. (2017). Richard Dedekind: Style and influence. *Mathematische Semesterberichte*, 64(2), 179-186. <https://doi.org/10.1007/s00591-017-0195-2>



- Muñiz, J. (1998). La medición de lo psicológico. *Psicothema*, 10(1), 1-21. <https://www.psicothema.com/pdf/138.pdf>
- Navas, M. J. (1994). Teoría clásica de los tests versus teoría de respuesta al ítem. *Psicológica*, 15, 175-208.
- Nunnally, J. C. (1970). *Introducción a la medición psicológica*. Paidós.
- Piñeda, M. A., y Scherman, P. (2016). S. S. Stevens, M. Guirao y los estudios psicofísicos en Argentina. *Revista Mexicana de Análisis de La Conducta*, 42(2), 153-178. <https://doi.org/10.5514/rmac.v42.i2.57025>
- Radu, M. (2003). A debate about the axiomatization of arithmetic: Otto Hölder against Robert Graßmann. *Historia Mathematica*, 30(3), 341-377. [https://doi.org/10.1016/S0315-0860\(02\)00024-1](https://doi.org/10.1016/S0315-0860(02)00024-1)
- Remaycuna-Vásquez, A., Carrión-Barco, G., Espinoza-Porras, F. R., y Maquen, G. L. E. (2023). Validez y confiabilidad de la escala de rendimiento académico desde la percepción del alumno. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXIX(E-7), 197-209. <https://doi.org/10.31876/rcs.v29i.40458>
- Schnuerch, M., Haaf, J. M., Sarafoglou, A., y Rouder, J. N. (2022). Meaningful comparisons with ordinal-scale items. *Collabra: Psychology*, 8(1), 38594. <https://doi.org/10.1525/collabra.38594>
- Smith, G. L. (1993). Review. Ratio scaling of psychological magnitude: In honor of the memory of S. S. Stevens, by J. Stanley, J. Bolanowski y G. A. Geschieder. *The Statistician*, 42(1), 78-79. <https://doi.org/10.2307/2348125>
- Stevens, S. S. (1946). On the theory of scales of measurement. *Science*, 103(2684), 677-680. <https://doi.org/10.1126/science.103.2684.677>
- Teghtsoonian, R. (2015). Stevens, Stanley Smith (1906–73). En R. Teghtsoonian (Ed.), *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (pp. 453-456). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.61128-5>
- Thorndike, R. L. (1989). *Psicometría aplicada*. Limusa.
- Thurstone, L. L. (1926). The scoring of individual performance. *Journal of Educational Psychology*, 17(7), 446-457. <https://doi.org/10.1037/h0075125>
- Thurstone, L. L. (1928). Attitudes can be measured. *American Journal of Sociology*, 33(4), 529-554. <https://doi.org/10.1086/214483>
- Thurstone, L. L. (1931). The measurement of social attitudes. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 26(3), 249-269. <https://doi.org/10.1037/h0070363>
- Thurstone, L. L., y Chave, E. J. (1929). Theory of Attitude Measurement. In L. L. Thurstone y E. J. Chave, *The measurement of attitude* (pp. 1-21). University of Chicago Press.
- Tornimbeni, S., Pérez, E., y Olaz, F. (2012). *Introducción a la psicometría*. Ediciones Culturales Paidós.
- Wu, H., y Leung, S.-O. (2017). Can Likert scales be treated as interval scales? A simulation study. *Journal of Social Service Research*, 43(4), 527-532. <https://doi.org/10.1080/01488376.2017.1329775>
- Zúñiga, M. E., y Montero, E. (2011). Teoría G: Un futuro paradigma para el análisis de pruebas psicométricas. *Actualidades en Psicología*, 21(108), 117-144. <https://doi.org/10.15517/ap.v21i108.29>
- Zwislocki, J. J. (1973). Significance of S. S. Stevens's contribution to science. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 54(4), 858-859. <https://doi.org/10.1121/1.2143417>