

ESCALAS DE MEDICIÓN

Ing. Jorge Coronado Padilla, M. Sc.
Corporación Universitaria Unitec

La medición es un proceso inherente y consustancial a toda investigación, sea ésta cualitativa o cuantitativa. Medimos principalmente variables y ello demanda considerar tres elementos básicos: el instrumento de medición, la escala de medición y el sistema de unidades de medición. La validez, consistencia y confiabilidad de los datos medidos dependen, en buena parte, de la escala de medición que se adopte. He ahí la importancia de profundizar en el tema de las escalas de medición.



Aunque diferentes autores han definido el concepto de medición de distintas maneras, tal vez uno de los más frecuentemente citados, es aquel que expresa que *la medición es el proceso de asignar, según reglas bien definidas, números a propiedades de objetos.*

Podría decirse también que *medir* es estimar la magnitud de cierta propiedad de uno o más objetos con ayuda de un sistema métrico específico (instrumento de medición, escala de medición y unidades de medición). Las propiedades a que se hace referencia, son aspectos observables o características propias del mundo empírico. En cierto modo, la anterior definición se ajusta muy bien a los intereses de la investigación social empírica, pero es evidente que se contrapone a los aspectos más teóricos del proceso de conocimiento. No obstante esta limitación, la definición dada puede considerarse como un razonable punto de partida para introducirse en aspectos lógicos y conceptuales de la medición, aunque no es el interés del presente escrito.

Conviene tener en cuenta siempre que no medimos objetos, personas o colectividades en cuanto tales; medimos propiedades observables de ellas tales como peso, rendimiento laboral, integración, etc. En verdad, una propiedad puede ser expresada en términos *cualitativos* o *cuantitativos*, o en ambos, si hacemos reducción de los segundos a los primeros. Por ejemplo, *rural y urbano, alfabeto y analfabeto*, son propiedades expresadas al modo cualitativo, en categorías no ordenadas; la *mortalidad infantil* se expresa cuantitativamente por medio de los valores de la tasa correspondiente, por ejemplo 60 x 1000, y estos valores a su vez pueden reducirse a expresión cualitativa si los transformamos en las categorías de baja, moderada o alta mortalidad infantil. La abstención electoral puede expresarse porcentualmente como una propiedad de un colectivo (comunidad, por ejemplo).

Las mediciones, en términos de rangos ordenados, están a medio camino entre los dos tipos anteriores, el cualitativo y el cuantitativo, y los expresamos en términos de '*mayor que*' y '*menor que*'. Desde luego, la distinción cualitativo-cuantitativa que hacemos respecto a propiedades de la realidad está determinada por consideraciones muy diversas, entre ellas, por los fines teóricos y/o prácticos de una investigación en particular, pero también depende de la naturaleza y propiedades de la realidad misma.

Es preciso recordar que la medición no es un fin en sí misma, y sólo tiene legítimo sentido cuando se la percibe sirviendo a los fines instrumentales del conocimiento teórico y pragmático.

Escalas o niveles de medición

Muchas personas tienen una noción errónea acerca de la naturaleza de la medición. La medición incluye la *evaluación*, un proceso mediante el cual las cosas se diferencian. No está limitada al uso de instrumentos altamente desarrollados y refinados. Desde luego, termómetros, metros y cronómetros pueden utilizarse para medir de

manera precisa temperatura, distancia y tiempo. Sin embargo, esas variables pueden también medirse de manera informal mediante la observación —por el «ojo entrenado» u «ojo clínico»—. Se dice que impresores expertos usando sólo la vista y el tacto son capaces de evaluar (medir) el grosor de una película de tinta con un grado de precisión increíble: millonésimas de pulgada. Los sentidos son nuestros metros para evaluar el medio que nos rodea. Cuando esas observaciones se expresan utilizando el lenguaje de los números, el proceso de medición se ha completado. En efecto, hay una correspondencia estrecha entre la madurez científica de una disciplina y el grado con el cual las variables relevantes de esa disciplina pueden medirse de manera objetiva y precisa.

Por ejemplo, la medición en las ciencias sociales y en la educación generalmente produce números, pero éstos están sin algunas de las propiedades matemáticas para la medición de variables como tiempo, distancia, área, peso o costo. Así, la escala de medición para evaluar el coeficiente intelectual (CI), difiere en forma significativa de la usada para medir la estatura de una persona. Esto es importante debido a que en la interpretación de un valor influye la escala de medición correspondiente.

Una escala de medición es el conjunto de los posibles valores que una cierta variable puede tomar. Es un continuo de valores ordenados correlativamente, que admite un punto inicial y otro final. El nivel en que una variable puede ser medida determina las propiedades de medición de una variable, el tipo de operaciones matemáticas que puede usarse apropiadamente con dicho nivel, las fórmulas y procedimientos estadísticos que se utilizan para el análisis de datos y la prueba de hipótesis teóricas.

Las escalas o niveles de medición se utilizan para medir variables o atributos. Por lo general, se distinguen cuatro escalas o niveles de medición: nominal, ordinal, intervalos y escalas de proporción, cociente o razón. Las dos primeras (nominal y ordinal) se conocen como escalas categóricas, y las dos últimas (intervalo y razón) como escalas numéricas. Las escalas categóricas se usan comúnmente para variables cualitativas, mientras que las numéricas son adecuadas para la medición de variables cuantitativas.

Tabla 1. Tipos de variables vs. escalas de medición

Datos o variables	Ejemplos	Escala	Preguntas	Respuestas
<i>Categorías o cualitativas</i>	_____	1. Nominal 2. Ordinal	¿Tienes pasaporte?; ¿Tienes carro?; ¿Vives en casa o apartamento?; ¿Tienes los ojos azules?	SÍ/NO Dicotómicas
<i>Númericas, cuantitativas o intervalares</i>	Discretas	3. Intervalo 4. Razón o proporción	¿Cuántas camisas tienes?; ¿Cuántos hijos tienes?	Número natural
	Continuas		¿Cuánto pesas?; ¿Cuánto mides?; ¿Cuánto dinero ganas?	Número real

Tabla 2. Ejemplos prácticos de variables y sus escalas de medición

Tipo de variable	Ejemplo de variable	Valores de la variable	Respuestas
<i>Categorías o cualitativas</i>	Partido político	Liberal; conservador; independiente; socialista	Nominal
	Género	Mujer; hombre Masculino; femenino	Nominal
	Raza	Negro; blanco; amarillo; mestizo; mulato	Nominal
	Nivel de satisfacción	Alto; medio; bajo	Ordinal
	Calificación en el examen	A; B; C; D; E	Ordinal
<i>Númerica o cuantitativa</i>	Temperatura	0° - 100°	Intervalar
	Coficiente intelectual	70 - 150 puntos	Intervalar
	Peso	1 - 100 Kg	Razón
	Estatura	0 - 2.50 mts	Razón
	0 - 125 años	0 - 125 años	Razón

En la tabla 1 se presenta una relación entre el tipo de variables y las escalas de medición. En la tabla 2 se dan ejemplos de estas variables y de su respectiva escala de medición. En los ítems subsiguientes haremos una descripción pormenorizada de cada uno de los niveles mencionados.

Escala nominal

Es la escala más elemental y la forma más rudimentaria de medir. En una escala como estas se clasifica a las unidades de estudio (objetos, personas, etc.) en categorías, basándose en una o más características, atributos o propiedades distintivas y observadas, dándole a cada categoría un *nombre* (de ahí lo de «nominal»). Los *nombres* que se emplean en la aplicación de la escala nominal de medida no necesitan ser nombres (alfabéticos o alfanuméricos) en el sentido estricto de la palabra. También se pueden utilizar números o numerales. Con las escalas nominales (categóricas), los números asignados definen cada grupo distinto y sirven meramente como etiquetas o identificadores.

Los números hacen distinciones categóricas más que cuantitativas; cumplen una función puramente de clasificación y no se pueden manipular aritméticamente; cada cifra representa una categoría diferente. Por ejemplo, no tendría sentido en este nivel de medición, calcular el promedio aritmético de diez códigos estudiantiles.

La magnitud de los números no refleja orden (ascendente o descendente) o jerarquía (mayor o menor) de alguna de las cosas a las que fueron asignados, más bien sólo sirven como códigos de identidad. Las observaciones no pueden ser ordenadas de menor a mayor o de pequeño a grande, es decir, ninguna de las categorías tiene mayor jerarquía que la otra, únicamente están reflejando diferencias en la variable. Cualquier cuestión perteneciente a la magnitud de la variable fundamental es irrelevante para la medición nominal. La única cuestión comparativa relevante para los datos nominales pertenece a si dos observaciones son o no la misma.

En esta escala se tienen dos o más categorías del ítem o variable medida. Las variables nominales que incluyen dos categorías se denominan *dicotómicas*, como por ejemplo, el sexo (masculino o femenino),

el tipo de escuela a la que se asiste (pública o privada) y el estado de salud de una persona (sano o enfermo). En una encuesta ordinaria, una variable de este tipo permite las respuestas «Sí» o «No»; en una investigación de laboratorio, corresponderá a aquella que distingue la *presencia* (el grupo experimental) o la *ausencia* (el grupo de control) de una manifestación física del experimento.

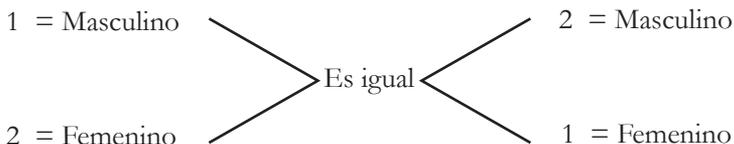
Para el caso de la variable 'sexo' sabemos que ésta tiene sólo dos categorías: masculino y femenino.



Si les asignamos una etiqueta o símbolo a cada categoría, esto identifica exclusivamente a la categoría. Por ejemplo:

$$\begin{aligned} \text{♂} &= \text{Masculino} \\ \text{♀} &= \text{Femenino} \end{aligned}$$

Si usamos numerales, es lo mismo. Aquí la elección de los números es arbitraria:



Las variables con tres o más categorías se denominan *multicatómicas* o *policatómicas*. Son ejemplos de estas variables las siguientes: filiación política, carrera elegida, raza, canal de televisión preferido, ocupación, etc.

La filiación política es una variable nominal categórica. Si pretendiéramos operarla aritméticamente tendríamos situaciones tan ilógicas como ésta:

Sean

- 1= liberal
- 2= conservador
- 3= independiente
- 4= socialista
- 5= otros

entonces,

$$1+2=3 \Rightarrow \text{liberal} + \text{conservador} = \text{independiente.}$$

¿Tiene sentido una afirmación como la anterior?

Ejemplos de variables que deben ser medidas en escalas nominales son:

- Clasificación de los estudiantes por carreras (Administración – 1; Sistemas – 2; Electrónica – 3; Derecho – 4; etc.).
- Nacionalidad (colombiano, ruso, italiano, senegalés, etc.).
- Uso de anteojos (normales, bifocales, lentes de contacto, transición, etc.).
- Número de camiseta de los jugadores en un equipo de fútbol (1, 2, 3, ..., 20).
- Número de la cédula de ciudadanía.
- Código de identificación de un estudiante o un funcionario en su carné.
- Colores (blanco, amarillo, azul, negro, naranja, etc.).
- Color de los ojos (negros, pardos, azules, verdes, etc.).
- Estado civil (soltero, casado, viudo, divorciado, unión libre).
- Profesión (ingeniero, abogado, médico, docente, etc.).
- Cereales cultivados en una región: trigo, maíz, centeno, soya, etc.
- Sexo (masculino, femenino).
- Afiliación religiosa o política (cristiano, musulmán, católico, etc.; o liberal, conservador, independiente, etc.).
- Tipo de escuela (pública o privada).
- Carrera elegida (Ingeniería, Medicina, Arquitectura, Bibliotecología, etc.).
- Raza (blanco, negro, amarillo, mestizo, etc.).

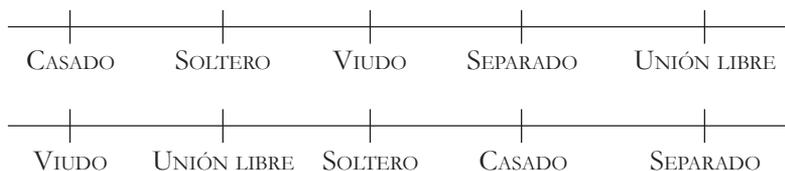
- Género (masculino, femenino).
- Ciudad de nacimiento.
- Canal de televisión.
- Sabor favorito de helado (vainilla, chocolate, fresa, etc.).
- Colores de automóviles conducidos por estudiantes.
- Barrio de residencia de los estudiantes.
- Estrato (1, 2, 3, 4, 5, 6).
- Nombres de personas, compañías, etc.
- Grupos sanguíneos (O, A, B, AB).
- Número del documento de identidad.
- Número del carnet estudiantil.

Las únicas relaciones matemáticas adecuadas a las escalas nominales son las de equivalencia (\equiv) o no equivalencia (\neq). Así, una entidad u objeto particular posee la característica que define la clase (\equiv) o no la tiene (\neq). Las escalas nominales sólo admiten el cálculo de proporciones, porcentajes y razones.

Los datos empleados con este tipo de escalas consisten en conteos de frecuencias o tabulaciones del número de sucesos en cada clase de la variable estudiada. Tales datos reciben denominaciones diferentes como datos enumerativos, de frecuencias, de atributos o de categoría.

Una representación gráfica de una escala nominal se presenta en la figura 1.

Figura 1. Escalas nominales para la variable 'estado civil'



Nótese que el orden de los identificadores (casado, soltero, etc.) puede cambiar y la escala sigue siendo la misma y puede aplicarse de

igual forma. Sin embargo, para darle a la escala cierto grado de presentación estética, podemos establecer un *ordenamiento relativo* de los nombres de las categorías considerando aspectos propios del estado civil que permiten diferenciar una categoría de otra. Por ejemplo, para estar casado se necesita primero estar soltero; para estar viudo se debe estar casado y así sucesivamente. Por lo tanto, una presentación ideal de la escala anterior podría ser la que se muestra en la figura 2.

Figura 2. Escala nominal ordenada para la variable ‘estado civil’



Escala ordinal

Una escala de medición ordinal se logra cuando las observaciones pueden colocarse en un orden relativo con respecto a la característica que se evalúa, es decir, las categorías de datos están clasificadas u ordenadas de acuerdo con la característica especial que poseen. Aquí, las etiquetas o símbolos de las categorías sí indican jerarquía. Si utilizamos números, la magnitud de estos no es arbitraria sino que representa el orden del rango del atributo observado. Se supone un continuo subyacente en los números de modo que las relaciones típicas son, en este caso, «más alto que», «mayor que» o «preferible a». Sólo las relaciones «mayor que», «menor que» e «igual a» tienen significado en una escala de medición ordinal.

Bajo una escala ordinal es posible clasificar u ordenar algunos objetos o eventos que tengan diversas cantidades de alguna característica, basados en la característica. Por ejemplo, podemos clasificar familias de acuerdo con su condición socio-económica, estudiantes de acuerdo con el orden en que terminan un examen, miembros militares por su rango y participantes en un reinado de belleza según sus atractivos. Cuando los objetos o eventos se clasifican por una característica, es posible determinar qué objeto o evento tiene más o menos de la característica comparado con otro; pero no podemos decir, basados en el orden solamente, en cuánto difieren. Consideremos, por

ejemplo, tres objetos que se han ordenado como primero, segundo y tercero, teniendo en cuenta alguna característica. La cantidad en que el objeto colocado en segundo lugar se diferencia del primero, no es necesariamente igual a la cantidad en que difiere del objeto clasificado en tercer lugar.

En este tipo de escalas, los datos son mutuamente excluyentes (un individuo o medición pertenece únicamente a una categoría), y exhaustiva (cada individuo, objeto o medición, debe pertenecer, obligatoriamente, a una cualquiera de las categorías).

Para mayor claridad tomemos como referencia la clasificación de los cargos en una determinada empresa como se muestra a continuación:

CARGO	CÓDIGO
Presidente	10
Vicepresidente	9
Director General	8
Gerente de área	7
Subgerente	6
Jefe de sección	5
Empleado A	4
Empleado B	3
Empleado C	2
Intendencia	1

Sabemos que el Presidente (10) es más que el Vicepresidente (9), éste más que el Director General (8), a su vez este último más que el Gerente de área (7) y así sucesivamente; pero no puede precisarse en cada caso cuánto más. Tampoco podemos utilizar las operaciones aritméticas básicas: no podríamos decir que 4 (empleado A) + 5 (jefe de sección) = 9 (vicepresidente); ni que 10 (presidente) + 5 (jefe de sección) = 2 (empleado C). Sería absurdo, no tiene sentido.

No importa qué se asigne en el ejemplo anterior, al cargo más alto el rango numérico más alto o el más bajo, siempre que seamos consecuentes al dar a las entidades su posición relativa adecuada a la serie

ordenada. Sin embargo, se ha generalizado la costumbre de asignar los rangos numéricos más bajos (1º, 2º, 3º, etc.) a los más altos en la escala. Así, el ganador de una competencia recibe el rango de ‘primero’, el siguiente en orden, ‘segundo’, y así sucesivamente.

Otros ejemplos de medición ordinal son los que se hacen al distinguir la clase social, el grado académico, lugar en la clase, concursos de belleza (en efecto, todas las variables expresadas como rangos) y normas percentiles.

En términos generales, se miden en una escala ordinal, la mayor parte de los atributos de los objetos o personas, tales como el sabor, la belleza, la honestidad, la calidad de un servicio, etc.

Desde el punto de vista matemático, y al igual que las escalas nominales, las escalas ordinales sólo admiten el cálculo de proporciones, porcentajes y razones.

Son ejemplos de variables que pueden ser medidas o representadas en escalas ordinales los siguientes:

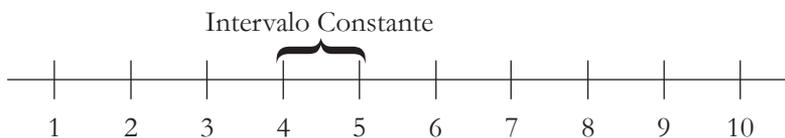
- Notas escolares cualitativas (I - insuficiente; A - aceptable; B - bueno; S - sobresaliente; E - excelente).
- Rangos militares (recluta, dragoneante, cabo, sargento, teniente, etc.).
- Asignación del orden de atención según llegada de pacientes a consulta médica (primer turno, segundo turno, tercer turno, etc.).
- Grado de escolaridad (primaria, bachillerato, técnico profesional, tecnólogo, universitario, etc.).
- Preferencia a la compra de productos de consumo (siempre, frecuentemente, ocasionalmente, nunca).
- Etapa de desarrollo de un ser vivo (recién nacido, bebe, niño, joven, adulto, anciano).
- Clasificación de películas por una comisión especializada (menores de 12 años - 1; mayores de 12 años en compañía de adultos - 2; mayores de 18 años - 3; categoría X - 4; triple X - 5).
- Madurez de una fruta en el momento de comprarla (verde, pinta, madura, muy madura, podrida).

- Calificaciones de un curso (A, B, C, ...)
- Calidad de vida en una ciudad.
- Grado de satisfacción con la prestación de un servicio público.
- Posición de un candidato político según su grado de popularidad.
- Nivel socio-económico.
- Clasificación de los equipos de fútbol durante el campeonato nacional.
- Clasificación de los libros por año de edición.
- Grados de desnutrición de la población infantil en una región.
- Intensidad de consumo de alcohol.
- Días de la semana.
- Meses del año.

Escala de intervalos

Las escalas de intervalo o cardinales son más refinadas puesto que además del orden o jerarquía entre categorías, las etiquetas o números consecutivos establecen intervalos iguales en la medición (las distancias entre categorías son las mismas a lo largo de toda la escala). La medición en una escala de intervalos se basa en suponer que puede conocerse exactamente la diferencia entre los objetos medidos según esta escala. Esto es, debe ser posible asignar un número a cada objeto de modo tal que la diferencia entre los objetos quede reflejada por la diferencia entre los números asignados. Por ejemplo, la diferencia entre los valores 4 y 5 es la misma que entre los valores 1 y 2, o entre 9 y 10. Un cambio unitario en la escala reflejará siempre el mismo cambio en el objeto medido.

Figura 3. *Formato de escala de intervalo*



Las variables medidas en escalas de intervalo dan una idea de *cuánto* o *de qué tamaño* es lo que se está midiendo. Por ejemplo, qué tan cálido o frío es, qué tan cerca o lejos está, qué tan triste o alegre se siente, qué tan pesado o liviano es. Igualmente, con las variables de intervalo, los márgenes de error pueden definirse mejor y son más fáciles de manejar porque las puntuaciones se pueden redondear aplicando las reglas de aproximación matemática.

En este tipo de medida puede utilizarse cualquier unidad, sea cual sea su magnitud; y la elección del cero (origen) puede hacerse de modo arbitrario. El cero no representa conceptos como ‘ninguno’, ‘vacío’ o ‘nada’; es decir, cero no representa la ausencia de la característica medida; representa un punto conveniente del cual se marcan intervalos de igual magnitud para construir la escala. Este punto podría colocarse en cualquier posición dentro del rango posible de la variable que se mide.

La medición de la temperatura en una escala de grados Centígrados o Fahrenheit constituye una medición por intervalos típica. La elección del origen (cero) es arbitraria, no implica que realmente haya cero (ninguna) temperatura (incluso en ambas escalas el cero es diferente). Por ejemplo, la diferencia entre las temperaturas (energía cinética) de 50° y 51° es idéntica en magnitud a la diferencia entre 70° y 71° . Para la escala centígrada de temperatura, la temperatura a la cual el agua se congela se asigna a 0°C ; para la escala Fahrenheit, el punto en el que una solución salina saturada se congela se asigna a 0°F .

Si la temperatura de ayer era de 17°C y la de hoy es de 20°C , podemos decir no solamente que la temperatura de hoy supera la de ayer, sino también que la diferencia entre ellas es de 3°C .

Sin embargo, la medición de la temperatura en una escala absoluta no constituye una medición por intervalos, pues esta escala tiene un origen natural (el cero absoluto, temperatura a la que cesa todo movimiento molecular).

Desde el punto de vista matemático, las escalas de intervalo admiten el cálculo de proporciones, porcentajes y razones; además, permite estimar estadísticos como: la media aritmética, mediana, moda, rangos y desviación estándar.

Algunos ejemplos de este tipo de escalas y variables medidas en ellas son:

- Lapsos de tiempo transcurridos entre 1995-1999 y 2000-2004.
- Escalas de los test psicológicos.
- Temperatura del cuerpo humano.
- Ubicación de una carretera respecto de un punto de referencia (Km 85, Ruta 5).
- Nivel de aceite en el motor de un automóvil medido con una vara graduada.
- Variables usadas en test de rendimiento.
- Temperatura corporal.
- Puntaje obtenido por un equipo en un campeonato deportivo.
- Sobrepeso respecto de un patrón de comparación.

A diferencia de las variables de intervalo, las variables ordinales son adimensionales aun cuando las categorías ordenadas estén numeradas. Por ejemplo, al terminar una carrera de autos Fórmula 1, la ubicación de los competidores (1, 2, 3, etc.) es sólo ordinal puesto que los números indican simplemente qué autos cruzaron la línea de meta en primero, segundo, tercer lugar, y así sucesivamente; pero no nos clarifican qué tan cerca o alejados llegaron los unos de los otros. Para considerar esta variable ordinal como una de intervalo, los autos deberían haber llegado al mismo tiempo, en un solo orden y a distancias iguales entre ellos. Por ejemplo, el auto ganador debió haberle tomado una diferencia de 20 m al segundo; este una de 20 m al tercero; a su vez el tercero, haber llegado a la meta a una distancia de 20 m del cuarto y así sucesivamente.

La resta entre los números que identifican la posición de una variable ordinal en la escala correspondiente proporciona sólo diferencias entre rangos y no la distancia entre las puntuaciones. Por ejemplo, si tomamos el auto que llegó en cuarto lugar (Renault) con relación al que llegó en noveno lugar (Ferrari), la diferencia ($9 - 4 = 5$) entre sus posiciones indica, únicamente, que el coche de Renault llegó cinco puestos adelante del coche de la Ferrari. Estos pudieron haber llegado a la meta, separados unas decenas de metros o a dos vueltas de distancia.

Como se ha podido observar, las variables ordinales permiten ciertos cálculos como diferencias en rango y rango promedio, pero tienen una utilidad matemática limitada. De otra parte, las variables de intervalo permiten la realización de varias operaciones aritméticas y garantizan una utilidad matemática mayor.

Cabe agregar que diversas mediciones, sobre todo en el campo de las ciencias sociales y del comportamiento humano, no son verdaderamente de intervalo (v. g. escalas de actitudes, pruebas de inteligencia y de otros tipos), pero se acercan a este nivel y se suele tratarlas como si fueran mediciones de intervalo. Esto se hace porque este nivel de medición permite utilizar más fácilmente las operaciones aritméticas básicas y algunas estadísticas modernas que, de otro modo, no se usarían. Además, los procedimientos estadísticos para el nivel intervalar proporcionan más información y con mayor detalle que el nivel ordinal. Aunque algunos investigadores no están de acuerdo en suponer tales mediciones como si fueran de intervalo.

Ritchey² considera que para tratar una variable ordinal como de intervalo, se deben verificar dos condiciones:

- a. Que la variable ordinal tenga al menos siete categorías o puntuaciones de clasificación (cuantas más, mejor).
- b. Que la distribución de las puntuaciones no debe estar sesgada o ser bimodal. Esto significa que las puntuaciones se distribuyan normalmente o de forma rectangular (esto es, uniformemente a lo largo de su rango con una frecuencia parecida en cada punto de la escala).

Cuando estas características se presenten, podemos analizar la variable ordinal como intervalar; sin embargo, hay que tener mucho cuidado en el análisis e interpretación de los cálculos con este tipo de variables.

Escala de proporción o razón

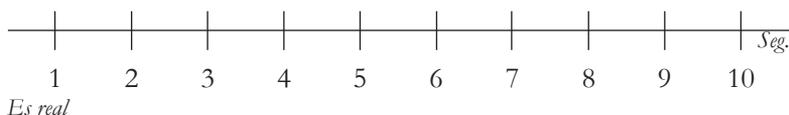
Llamadas también escalas de cocientes. Estas escalas tienen las propiedades de las ordinales y de intervalo (intervalos iguales entre

² Ritchey Ferris, *Estadística para las ciencias sociales*. México: McGraw Hill, 2002; p. 45.

categorías y aplicación de las operaciones aritméticas básicas y sus derivaciones), pero además, el cero es real, es absoluto, no es arbitrario. Es decir, el cero representa la ausencia de la característica en cuestión; en consecuencia, los números pueden compararse como proporciones y nos permite indicar cuántas veces es más grande un objeto que otro, además de señalar la cantidad en que difieren. Por ejemplo, si la variable son los gastos en transporte de un trabajador en una determinada semana y nos dice que no tuvo gastos durante esa semana, entonces es válido decir que dichos gastos fueron iguales a cero. De igual manera podemos valorar la antigüedad de una persona en una empresa que apenas ingresa a laborar. En este caso diríamos que la antigüedad de esa persona es de cero años o meses.

En esta escala sólo es arbitraria la unidad de medida. El hecho de fijar el origen permite hacer comparaciones no sólo de los intervalos de los objetos, sino también de los valores de los números asignados a estos objetos. Es así que en este tipo de escala tiene sentido las 'razones', y puede decirse, por ejemplo, que «el valor x es el doble que el de y ». El peso, la longitud y la masa se miden en una escala de razones. Las distancias expresadas en kilómetros, millas o pies son ejemplos de mediciones en una escala de razones, ya que en todos estos casos las escalas tienen un origen común. En la medición del valor de las cosas o de los ingresos también se emplea una escala de razones. Ya sea que la unidad empleada sea el peso, el dólar o la peseta, la ganancia cero es siempre la misma.

Figura 4. *Formato de escala de razón*



Las medidas de longitud para las cuales se utiliza una regla o una cinta métricas ejemplifican una medición de proporción. Si Carlos mide 1.52 m de altura y Rodrigo 1.27 m, entonces Carlos es 119% ($1.52/1.27=1.19$) tan alto como Rodrigo o Carlos es 20% más alto

que Rodrigo. La evaluación del CI, sin embargo, no tiene la cualidad de proporción: si María tiene un CI de 125 y Elvia tiene un CI de 100, no se puede decir que María es 25% más inteligente que Elvia.

Es importante indicar el nivel de medición de todas las variables e ítems de la investigación, porque dependiendo de dicho nivel se selecciona uno u otro tipo de análisis estadístico. Por ejemplo, la prueba estadística para correlacionar dos variables de intervalo es muy distinta a la prueba para correlacionar dos variables ordinales. Así, es necesario hacer una relación de variables, ítems y niveles de medición.

Desde el punto de vista matemático, las escalas de razón admiten el cálculo de todo tipo de operaciones aritméticas, obtener razones y proporciones, así como la estimación de un buen número de estimadores estadísticos. La Economía y la Demografía son las áreas que más utilizan este tipo de escalas.

Algunos ejemplos de variables medidas en este tipo de escala son:

- Número de hijos en una familia.
- Medición magnitudes físicas como: longitud, masa, intensidad de corriente, peso, velocidad, etc.
- Estatura de las personas.
- Litros de agua consumidos por persona al día.
- Velocidad de un auto de carreras.
- Número de goles marcados por un jugador en un partido.
- Longitud, masa, intensidad de corriente eléctrica.
- Nivel de productividad.
- Ventas de un producto.
- Ingreso familiar mensual.
- Peso (quilates) de una joya de oro.
- Tiempo de vuelo.
- Coeficiente intelectual.
- Goles marcados por un futbolista en un partido.

A manera de complemento, presentamos, en la tabla 3, las escalas de medición con respecto a los tipos de relación que se pueden dar entre dos observaciones, X_1 y X_2 .

Tabla 3. Escalas de medición en relación a las observaciones

Tipo de relación entre dos observaciones	La cuestión es relevante para:			
	¿Datos nominales?	¿Datos de intervalo?	¿Datos ordinales?	¿Datos de proporción?
¿Es X_1 diferente de X_2 ?	Sí	Sí	Sí	Sí
¿Es X_1 mayor que X_2 ?	No	Sí	Sí	Sí
¿En cuántas unidades X_1 excede a X_2 ?	No	No	Sí	Sí
¿En qué porcentaje X_1 excede a X_2 ?	No	No	No	Sí

NOTA: uno de los puntos más importantes de una investigación es determinar el tipo de análisis estadístico de los datos que se va a llevar a cabo. En estadística el tipo de análisis depende del nivel o escala de medición de las variables de investigación. Cada nivel requiere un análisis diferente. La importancia de esta clasificación por niveles reside en que mientras más complejo o alto es el nivel de medición, más efectivos son los métodos estadísticos que se pueden utilizar.

Propiedades de las escalas de medición

Podemos resaltar como propiedades de las escalas de medición, las siguientes:

Ordinales:

- Las categorías de los datos son mutuamente excluyentes, es decir, un objeto o individuo debe pertenecer a una de las categorías.

- Las categorías de datos están clasificadas u ordenadas de acuerdo con la característica especial que poseen.

De intervalo:

- Las categorías son mutuamente excluyentes y exhaustivas (exhaustiva: un individuo, objeto o medición debe pertenecer a una de las categorías).
- Las categorías están ordenadas de acuerdo con la cantidad de características que posean.
- Diferencias iguales en la característica están representadas por diferencias iguales en los números asignados a las categorías.

De razón:

- Las categorías son mutuamente excluyentes y exhaustivas (exhaustiva: un individuo, objeto o medición debe pertenecer a una de las categorías).
- Las categorías están ordenadas de acuerdo con la cantidad de características que posean.
- Diferencias iguales en la característica están representadas por diferencias iguales en los números asignados a las categorías.
- El punto cero refleja la ausencia de esta característica.

Cambios entre escalas

En virtud de las similitudes en las características de las escalas de medición categóricas y numéricas, al igual que en la aplicación de los procedimientos estadísticos, algunos autores acostumbran a agrupar las escalas como nominal/ordinal e intervalo/razón. Una escala o variable puede ser transformada en otro tipo de escala o variable, siempre y cuando ésta sea de rango inferior a la utilizada inicialmente.

Así, de una escala de razón podemos pasar a una de intervalo, ordinal o nominal, pero nunca en sentido inverso. Algo similar ocurre cuando trabajamos con variables cuantitativas continuas, las cuales pueden transformarse a discretas, ordinales o categóricas, pero no en sentido inverso.

Figura 4. Relaciones entre escalas y variables

	Razón	0 absoluto (Igualdad de Razón)
	Intervalo	Distancia (Igualdad entre intervalos)
Ordinal		Relación de Orden (Mayor a menor o viceversa)
Nominal		Relación de Identidad (Determinación de Igualdad)

Para aprovechar las unidades determinadas de medición, frecuentemente se crean formas para transformar escalas o variables nominales/ordinales en escalas o variables de intervalo/razón. Un ejemplo de esta situación se presenta en la tabla 4 en la cual se describen varias variables nominales que se transformaron a una variable de razón. El cambio de escalas es factible hacerlo a partir de un sistema de codificación especial denominado *codificación prototipo o dummy* en inglés, porque las puntuaciones numéricas son artificiales. El cero (0) y el uno (1) usados como códigos de identificación, no determinan cantidades. El cero representa la ausencia de la característica, mientras que el uno, la presencia de la misma. Así, la variable de razón considerada tomará valores equivalentes a los totales de los valores de los códigos prototipo establecidos para las variables nominales analizadas.

Por ejemplo, el rendimiento académico de un estudiante (variable de razón) puede ser evaluado a partir de variables nominales como la frecuencia de estudio, la investigación, el nivel de ejercitación, el nivel de aprovechamiento de las tutorías y el trabajo en Internet. Por lo tanto, al obtenerse cuatro respuestas «Sí» en las cinco variables nominales evaluadas, concluimos que el rendimiento académico del estudiante se encuentra en el nivel de 4 puntos sobre un máximo posible de 5 unidades. Aplicando esta lógica de transformación, podemos afirmar que si Jaime cumple satisfactoriamente con cuatro de

las cinco variables medidas y Francisco sólo una, entonces, Jaime tiene un rendimiento académico cuatro veces mayor que el que obtiene Francisco. Esto puede expresarse a través de una razón de 4:1.

Tabla 4. Transformación de variables nominales en una de razón

Nombre de la variable	Forma de medición	Escala de medición	Forma de medición	Resultado de la medición
<i>Estudio</i>	¿Estudia diariamente?	Nominal	No = 0 Sí = 1	Sí
<i>Investigación</i>	¿Participa en algún grupo de estudio?	Nominal	No = 0 Sí = 1	No
<i>Ejercicio</i>	¿Realiza todas las tareas propuestas?	Nominal	No = 0 Sí = 1	Sí
<i>Tutoría</i>	¿Aprovecha las tutorías docentes?	Nominal	No = 0 Sí = 1	Sí
<i>Internet</i>	¿Trabaja diariamente en Internet?	Nominal	No = 0 Sí = 1	Sí
<i>Rendimiento académico</i>	¿El estudiante tiene buen rendimiento?	Razón	Total de respuestas «Sí» en las cinco primeras variables	4:1

Referencias

DOWNIE, Norville M. *Métodos estadísticos* aplicados. Nueva York: Harper & Row, 1986.

FOLKS, Leroy. *Ideas of Statistics*. Nueva York: John Wiley & Sons, 1981.

HARNETT, Donald y Murphy James. *Introducción al análisis estadístico*. México: Addison-Wesley Iberoamericana, 1987.

LIND, Douglas, Marshal William et ál. *Estadística para administración y economía*. México: Alfaomega, 2004.

RUNYON, Richard y Haber Audrey. *Estadística para las ciencias sociales*. México: Addison-Wesley Iberoamericana, 1987.

SHAO, Stephen. *Estadística para economistas y administradores de empresas*. México: Herrero Hermanos, 1970.

SIERRA, Restituto. *Ciencias Sociales: Análisis Estadístico y Modelos Matemáticos*. Madrid: Paraninfo, 1994.

TRIOLA, Mario. *Estadística*. México: Pearson, Addison Wesley, 2004.

WAYNE, Daniel. *Estadística con aplicaciones a las ciencias sociales y a la educación*. México: McGraw-Hill, 1993.