

Aplicación de las escalas de medición ordinal para interpretar coeficientes de la correlación en investigación científica

Application of ordinal measurement scales to interpret coefficients of correlation in scientific research

Aurelio Maximino Carranza Rodríguez¹
Diana Lucía Carranza Monzón²
Sandra Lizzette León Luyo³

¹⁻³ Universidad Nacional de Trujillo (Trujillo – Perú).

² Universidad Antenor Orrego (Trujillo – Perú).



Recibido: 09/09/2023
Aceptado: 10/12/2023

DOI: <https://doi.org/10.46363/searching.v5i1.4>

RESUMEN

El objetivo de este artículo es aclarar la correcta comprensión del coeficiente de correlación, con escala numérica e intervalo ordinal, utilizando enfoque mixto, y diversos métodos estadísticos, descriptivos, exploratorio y causal, junto con niveles descriptivos. Se han encontrado resultados claros y se pudo elaborar una tabla resumen para el uso racional de la decisión del coeficiente de correlación. Se concluye que, en investigaciones en ciencias aplicadas, matemáticas y simulaciones estadísticas, se debe seguir la escala de Cohen (1988): r grande = 0,50, r medio = 0,30 y r pequeño = 0,10. En ciencias sociales, medicina, econometría, psicología, educación y ciencia de datos según Hinkle, Wiersma, & Jurs (2003), siendo los niveles con mayor referencia siendo muy pequeña, poca o ninguna, baja, moderada, alta, muy alta, el cual abarca categorías como muy pequeña, poca o ninguna, baja, moderada, alta y muy alta. Además, se sugiere el uso del Bootstrap en estudios de correlación, el análisis visual de los datos mediante gráficos para detectar valores atípicos, y el empleo de correlogramas de calor en el caso de datos multivariados.

Palabras clave: Correlación; Kendall; Spearman; Pearson; normalidad.

¹ Licenciado en Educación, Universidad Nacional de Trujillo - Perú. **Correo:** aurelio23carranza@gmail.com, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8863-6633>

² Profesora en Computación e Informática - Instituto Superior Pedagógico Privado Virgen de La Puerta, Maestra en Educación Superior – Universidad Privada Antenor Orrego - Perú. **Correo:** dianycarranza@gmail.com, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0792-9341>

³ Licenciada en Administración y Contador Público – Universidad nacional de Trujillo, Maestra en Administración de NEGOCIOS – Universidad César Vallejo, Doctora en Administración – Universidad Nacional de Trujillo. **Correo:** saleon@unitru.edu.pe, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5683-3392>

ABSTRACT

The objective of this article is to clarify the correct understanding of the evaluation coefficient, with a numerical scale and ordinal interval, using a mixed approach, and various statistical, descriptive, exploratory and causal methods, along with descriptive levels. Clear results have been found and a summary table could be prepared for the rational use of the classification coefficient decision. It is concluded that, in research in applied sciences, mathematics and statistical simulations, the Cohen (1988) scale should be followed: large $r = 0.50$, medium $r = 0.30$ and small $r = 0.10$. In social sciences, medicine, econometrics, psychology, education and data science according to Hinkle, Wiersma, & Jurs (2003), the levels with the greatest reference being very small, little or none, low, moderate, high, very high, the which covers categories such as very small, little or none, low, moderate, high and very high. In addition, the use of Bootstrap is suggested in evaluation studies, the visual analysis of data using graphs to detect outliers, and the use of heat correlograms in the case of multivariate data.

Keywords: Correlation, Kendall's, Spearman, Pearson, normality.

INTRODUCCIÓN

La correlación es un concepto cuantitativo y no causal, con estructura lógica no empírico con relación entre dos variables o entre ellas, numéricamente, mediante la agrupación lineal entre variables aleatorias. Aunque se ha señalado que "la correlación simplemente representa una relación real" (Morales, 2011, p.3), permite indagar de manera "a priori" la intensidad en la que la integración entre dos variables no es de ninguna manera la dependencia entre una con otra, ya que no se requiere encontrar la relación causa-efecto. Además, la correlación sirve de posteriori" para encontrar una causa-efecto entre las variables de estudio mediante la regresión y los criterios de Mill (1886), al localizar o descartar la influencia de otras terceras variables.

Desde la econometría, existen pruebas de causalidad como la de Granger (1969), que permiten encontrar causa en series de tiempo no permanentes, pero conectadas en el corto plazo según regulación de correlación y regresión. En biología y ciencias médicas, existen modelos causales, tal como Koch-Henle, Austin Bradford-Hill y Rothman (Alvarez-Martínez, H., & Pérez-Campos, E., 2004). Los coeficientes de correlación tienen múltiples aplicaciones, como el análisis de concordancia en mecanismos de medición y reproductibilidad de diagnóstico clínico según el método de Bland-Altman (1986) en medicina, y en ciencia de datos o Data science (2023, 27 de febrero). A partir de los coeficientes de correlación, se pueden emplear matrices de correlación múltiple, análisis multivariado, estudios visualizados en

las ecuaciones estructurales y su análisis factorial SEM, así como la simulación de una muestra en población entera mediante Bootstrap de Efron (1979), método Montecarlo (von Neumann, J. (1949); Metropolis, N., & Ulam, S., (1949)) y Jackknife de Quenouille (1949). Estos métodos reducen costos y tiempos en investigación. La correlación y la ciencia de datos permiten el meta-análisis de conjuntos de estudios con resultados centrados coeficiente de correlación y p-value según Glass (1976, pp 3-8), para localizar el tamaño del efecto y su consistencia, como en el caso de la epidemiología clínica en medicina, ya sea en tratamientos o intervención, este consiste en analizar un conjunto de estudios cuyo resultado ya están en términos de coeficiente de correlación y p-value, para encontrar el tamaño del efecto y su consistencia.

En la actualidad, existen programas de Inteligencia Artificial para ciencia de datos como Rstudio (2020), Phyton (2009), MATLAB (1996), IBM SPSS Statistics (2020), jamovi (2020) y Minitab (2021), que permiten encontrar correlaciones entre datos bivariados y multivariados. Estos programas también nos permiten graficar diagramas de dispersión, correlogramas con mapa de calor, diagramas y redes de relaciones, y evaluar las correlaciones con los métodos de Pearson, Spearman y Kendall de manera simultánea. Además, se pueden comparar las variables cualitativas y cuantitativas y realizar simulaciones para escalar hasta la población a partir de la muestra. Los diagramas de dispersión así como otros tipos de diagramas de datos resultan puntuales cuando tratamos datos

estadísticamente, antes y después de probar hipótesis, es sabido en el ámbito académico que confiar solo en los coeficientes de correlación podría ser engañoso, especialmente cuando hay excepciones, ya sean extremas o no, además, que el coeficiente de correlación tienda a un valor de cero significa que la correlación es muy pequeña no que deje de existir, simplemente explica que no es una relación lineal, observando el diagrama de dispersión o el otro gráfico nos dice cómo los valores atípicos (outliers) pueden afectar al coeficiente de correlación .

Se analiza la aplicación de las escalas de medición ordinal para interpretar coeficientes de correlación en investigación científica. El concepto de correlación estadística fue “ Francis Galton que data de fines del año 1888 y surgió cuando reconoció un hilo común en tres problemas científicos diferentes que estaba estudiando” (Stigler, 1989).Luego en años posteriores Pearson (1896) dedujo el coeficiente de correlación como manera práctica para calcular la correlación en forma numérica ,si bien es cierto que Sir Francis Galton establecido la primera escala de medición intervalar para el coeficiente de correlación de $0 < r < 1$,fue Pearson (1920) quien vio ese detalle no visto por Galton del sentido negativo ,y fijo la escala intervalar de $-1 < r < +1$

,con el cero como referente de ninguna correlación o nula correlación.

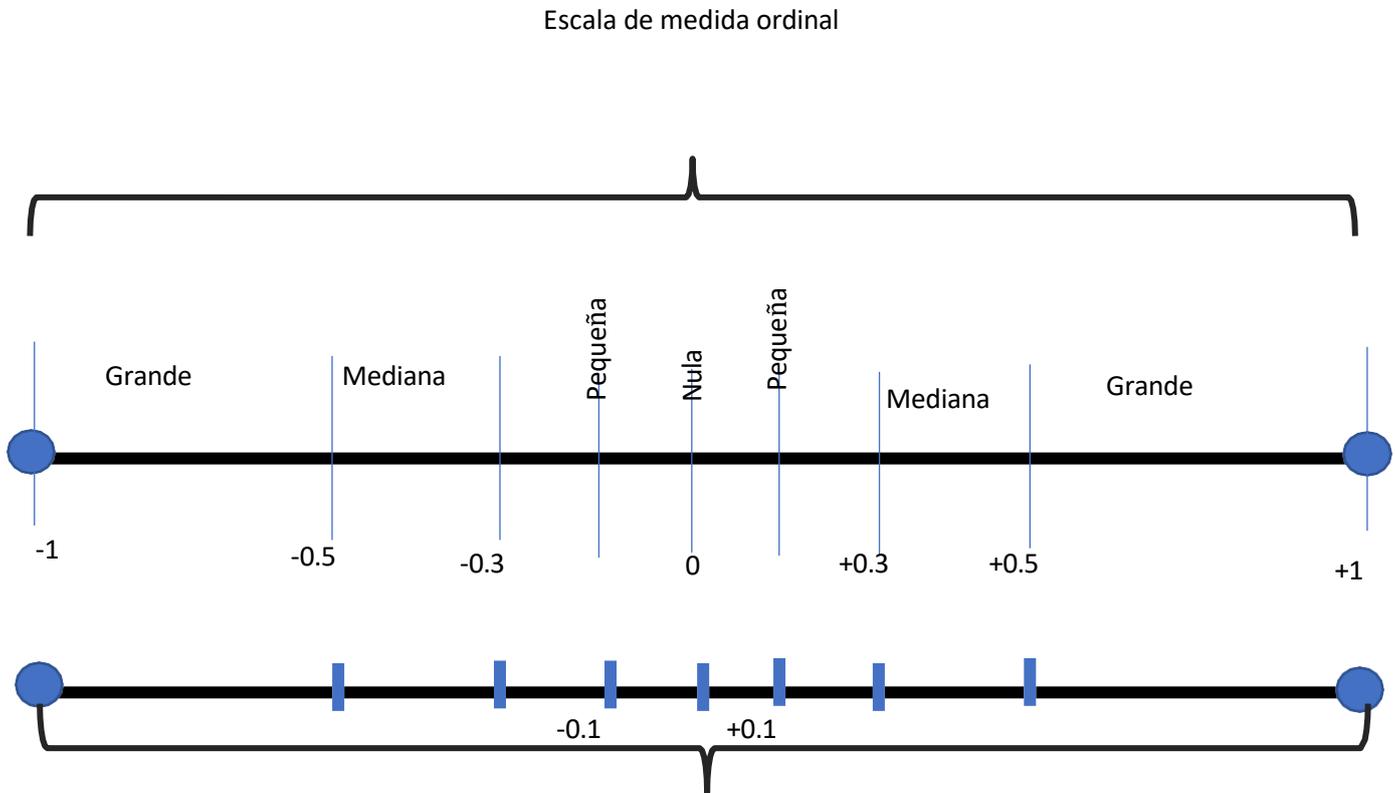
La mayoría de libros de estadística desde entonces ya tenían claro como calcular dichos coeficientes de correlación, luego se establecen otros cálculos de correlaciones en función al tipo de variables se categorizan con escalar, nominal y ordinal, es cuando aparecen otras fórmulas de correlación Spearman (1904) y Tau de Kendall (1938) entre otras, para nuestro estudio analizaremos las tres antes dichas.

Fue el mismo Pearson en darse cuenta que existía problemas al momento de interpretar los coeficientes de correlación, el observó que existía dificultad cuando las distribuciones eran asimétricas, cuando las relaciones eran no lineales, existencia de heterocedasticidad por la dispersión de variables.

De acuerdo a Pearson él ha establecido la escala intervalar de $-1 < r < +1$ donde sí $r = 0$ entonces no existe correlación y donde ± 1 la correlación es perfecta ya sea positiva o negativa .En cuanto a la investigación científica cuando tratamos nuestras hipótesis y tenemos que recurrir a la correlación necesitamos una escala ordinal para poder interpretar, uno de los más referenciados es Cohen (1988, pp.79,80), basado en su experiencia en psicología y educación, propone la siguiente escala:

Figura 1

Escala numérica y ordinal propuesta por Cohen



Nota. Creación propia con adaptación de la información de Cohen (1988, pp.79,80).

Cohen (1988, p.78), se basó en el tamaño del efecto correlacional, dado que el coeficiente de correlación es una medida normalizada que se puede utilizar para este efecto, Cohen prescribe: efecto grande $r=0.50$, mediano $r=0.30$ y pequeño $r=0.10$, y aplicándolo a la regresión, estimo que el coeficiente de determinación R^2 será de 0.02, 0.15 y 0.35 para los extremos pequeño, mediano y grande. Con esos datos se nos permite evaluar la calidad de un modelo lineal. Se sobreentiende que para realizar la regresión lineal es necesario una correlación igual o mayor a un $r = 0.50$, vale decir que solo se debiera realizar la regresión a partir de 0.50.

Actualmente con los programas estadísticos de segunda y tercera generación ya podemos aplicar el cálculo del coeficiente de correlación apropiado, con la simple clasificación de las variables luego la prueba y supuestos de homogeneidad, normalidad, tamaño de la muestra y análisis gráfico para ver la presencia de **outliers**, entonces el objetivo de este artículo es dilucidar la adecuada interpretación del coeficiente de correlación, con la escalada intervalar numérica y ordinal, esto es de acuerdo a los intervalos numéricos que escala ordinal es más adecuada, ya que en las bases de datos de información científica existen muchas escalas ordinales.

METODOLOGÍA

En este trabajo, se adopta un enfoque mixto, utilizando métodos estadísticos descriptivos, exploratorios y causales, así como niveles descriptivos, exploratorio, correlacional, explicativo y aplicativo, el diseño de investigación. explicativo – aplicativo, para la unidad de estudio se establecieron los autores de la teoría de correlación y de la metodología científica, nuestra población son todos los autores de tablas

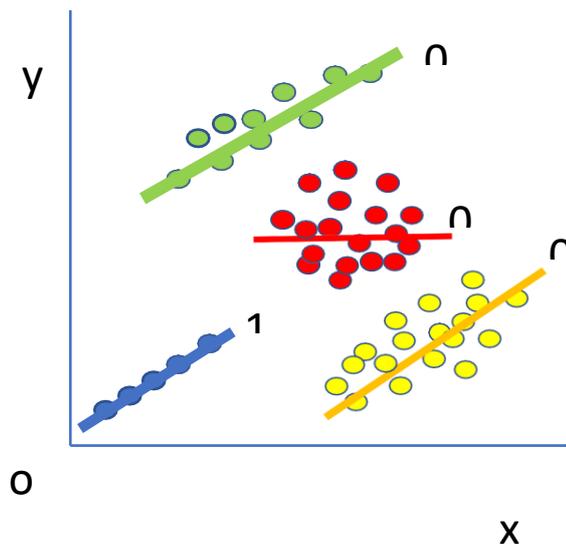
de medida e interpretación de los coeficientes de correlación, la muestra se fijó en los autores más citados en bases de datos para artículos de revistas técnicas y científicas. La técnica utilizada consiste en tabular las escalas de muchos autores para interpretar el coeficiente de correlación y decidir el nivel de correlación adecuado en la investigación científica.

RESULTADOS

R.1. Gráficas de correlación mediante simulación en Rstudio

Figura 2

Diversas gráficas de dispersión y su respectiva correlación hechas por simulación en Rstudio



Nota. Creación propia con adaptación de la información de Boigelot, D. (2011, 9 mayo). Correlation examples2.svg.

En la figura 2 se aprecia que con un coeficiente de correlación 0.4 aún hay dispersión de datos alejándose de la linealidad; mientras que, a un coeficiente

de 0.8, empieza la linealidad. Además, apreciamos para un $r=0$ varias formas sin linealidad alguna.

R.1. Cuadro resumen de escala de diversos autores para interpretar el coeficiente de correlación en investigación científica.

Figura 3

Cuadro resumen de escala ordinal de diversos autores para el coeficiente de correlación

REFERENCIAS	VALOR ABSOLUTO(CORRELACION :POSITIVA/NEGATIVA)																					
	1.00	0.91	0.90	0.80	0.76	0.71	0.70	0.60	0.51	0.50	0.41	0.40	0.30	0.26	0.25	0.24	0.23	0.21	0.20	0.11	0.10	0.01
Cohen J. (1988)/MINITAB(2021)	GRANDE										MEDIANA					PEQUEÑA						
Martínez et. al (2009)	FUERTE y PERFECTA					ENTRE MODERADA Y FUERTE					DEBIL					NULA						
Hernández Sampieri et.al(2014)	PERFECTA		MUY FUERTE			CONSIDERABLE					MEDIA										DEBIL	
Perez J.,et al. (2009)	ALTA, ELEVADA,FUERTE					MEDIA,MARCADA,NOTABLE					BAJA					MUY BAJA,INDIFERENTE,DESPRECIABLE						
Hinkle et.al(2003)	MUY ALTA			ALTA			MODERADA			BAJA			MUY PEQUEÑA ,POCA O NINGUNA									
Amat J.(2016)	ASOCIACION MUY ALTA			ASOCIACION ALTA			ASOCIACION MODERADA			ASOCIACION MEDIANA			ASOCIACION PEQUEÑA					ASOCIACION NULA				
IBM SPSS(2020)	PERFECTA		MUY ALTA		ALTA			MODERADA			BAJA					MUY BAJA						
R STUDIO (2020)	EFECTO GRANDE										EFECTO MEDIANO					EFECTO PEQUEÑO						
Vallejo P. (2020)	SINCERA Y PERFECTA			MUY GRANDE			GRANDE			MODERADA			PEQUEÑA									
Amat J.(2020)/Phyton(2009)	ASOCIACION MUY ALTA			ASOCIACION ALTA			ASOCIACION MODERADA			ASOCIACION MEDIANA			ASOCIACION PEQUEÑA									

ESCALA ORDINAL SEGUN LAS REFERENCIAS

Nota. En este cuadro se aprecia la escala ordinal de diversos autores para interpretar el coeficiente de correlación en investigación científica.

Se nota que los diversos autores no se ponen de acuerdo en las subescalas, aquí estamos incluyendo las escalas ordinal y numérica usada en ciencia de datos, en los programas de Phytton,

Minitab, SPSS, tampoco se ponen de acuerdo en las denominaciones como por ejemplo para nula, efecto despreciable, insignificante etc.

R.1. Tabla resumen de decisión para elegir la correlación apropiada en investigación científica.

Tabla 1.

Tabla para decisión del método apropiado de correlación a usar en investigación científica

NIVELES DE MEDICION DE LAS VARIABLES		DESPUES DE LAS PRUEBAS DE NORMALIDAD Y SUPUESTOS: ¿Cumple con los supuestos de normalidad? Y además (.....)	
VARIABLE INPENDIENTE 1	VARIABLE INPENDIENTE 2	SI	NO
Intervalar o razón, escalar (discreta, continua)	Intervalar o razón, escalar (discreta, continua)	Pearson (linealidad gráfica, ausencia de outliers)	Spearman (relación monótona, Presencia de outliers)
Intervalar o razón ,escalar(discreta ,continua)	Intervalar o razón ,escalar(discreta ,continua)	Pearson Winsorizado (Muestra pequeña, Presencia de outliers)	---
Intervalar o razón, escalar (discreta, continua)	Ordinal (Escala de actitud)	Spearman	Spearman (Muestra grande, Presencia de outliers)
Ordinal (Escala de actitud)	Ordinal (Categoría)	Spearman	Spearman (Muestra grande, Presencia de outliers)
Ordinal (Categoría)	Ordinal (Categoría)	Kendall (pocos rangos empatados)	Kendall (pocos rangos empatados)
Nominal	Nominal	---	Lambda
Nominal	Nominal (predictora)	---	Tau (γ)
Ordinal O escalar (discreta, continua)	Ordinal (Categoría)	Gamma (γ) de Goodman y Kruskal (muchos rangos empatados)	Gamma (γ) (muchos rangos empatados)

Nota. Esta tabla presenta un resumen para decidir el método de correlación apropiado para cálculo del coeficiente de correlación. Elaboración propia.

En la tabla 2, se observan todas las posibilidades de las diferentes correlaciones que podemos usar en investigación científica, asumiendo datos bivariados e independientes, de

igual forma para todas las combinaciones posibles de clasificación de variables. No se han incluido para variables independientes o al menos una, ya que su análisis es

diferente.

DISCUSIÓN

De la figura 2 se establece que es necesaria la inspección gráfica para evitar dudas en cuanto a linealidad de los datos presencia outliers, la propuesta de Cohen en cuanto al valor $r = 0.5$ para realizar la regresión lineal es muy acertada, nos será útil para variables numéricas y cualquier coeficiente de correlación, como actualmente se puede realizar simulación de datos reales, la afirmación de Cohen resulta muy válida. En cuanto al tamaño de la muestra en correlación, Henríquez-Roldán et.al. (2012) también han realizado simulaciones, quienes concluyeron que "El tamaño de la muestra depende únicamente de la correlación poblacional. En otras palabras, el tamaño de la muestra aumentará cuando ρ esté cerca de 0, y el tamaño de la muestra disminuirá cuando ρ se acerque a 1".

En la figura 3 se advierte que en ciencia de datos y autores que son más referenciados en investigación científica en medicina, psicología y ciencias sociales, son muy cercanos a las escalas de Hinkle et. al (2003). Subyace la propuesta de Cohen ya que, en ciencias sociales, como psicología, educación nos encontramos muchas veces con datos heterogéneos, con outliers y con muy poca normalidad. Sería el motivo porque Cohen es muy referenciado, se percibe que era muy cauteloso, la ciencia de datos le estaría dando la razón después de todo, cuando se trate de hacer simulaciones

por ejemplo en Rstudio.

En la tabla 1, se advierte que se hicieron todas las probabilidades entre todos los tipos de variables para tomar la decisión correcta que correlación debemos emplear como método, los coeficientes de Pearson y Spearman son numéricamente comparables, a pesar que Spearman se calcula por rangos, entre Spearman y Kendall no se pueden comparar directamente sus magnitudes ya que Spearman se mide mediante la proporción de la variación y Kendall mediante probabilidades, de acuerdo con Croux, C. y Dehon, C. (2010) "La medida de correlación de Kendall es más robusta y ligeramente más eficiente que la correlación de rangos de Spearman, lo que la convierte en el estimador preferible desde ambas perspectivas". En cuanto a Gamma es comparable en magnitud con Tau de Kendall, Tau de Kendall solo es una medida más estandarizada de Gamma, en cuanto tenemos la perspectiva que tengamos que elegir entre gamma y Kendall, Kendall es lo recomendable, para muestras pequeñas y sin los supuestos de normalidad de los datos y existencia de outliers dado el dilema entre Pearson, Spearman y Kendall, la alternativa es Pearson Winsorizado (r_w) el cual solo se encuentra en programas de tercera generación como Rstudio con la librería "WRS2" (Mair, P. & Wilcox, R., 2020) muy útil en ciencias médicas, donde "es frecuente tamaño de muestra pequeños" (Ventura-León J., 2020).

CONCLUSIONES

En el ámbito de las ciencias aplicadas y matemáticas, así como en la simulación estadística, se recomienda utilizar el coeficiente de correlación (r) de 0.50 se considera un efecto grande, 0.30 un efecto mediano y 0.10 un efecto. Para el caso de ciencias sociales, medicina, econometría, psicología, educación y ciencia de datos se debe usar el criterio de Hinkle et al. (2003) muy pequeña, poca o ninguna, baja, moderada, alta, muy alta, debido a que es el autor más referenciado en trabajos serios.

En lo posible y con rigor se debe usar el Bootstrap en estudios de correlación, ya que, mediante simulación podemos llegar a una estabilización del valor verdadero del coeficiente de correlación. Sobre todo, en econometría.

Se recomienda emplear representaciones gráficas para examinar de manera visual

criterio de Cohen (1988) para interpretar los coeficientes de correlación. Según este criterio, un el patrón de los datos y detectar valores atípicos. En el caso de datos con múltiples variables, se sugiere utilizar correlogramas de calor.

El resultado de una correlación pequeña no significa que no sea aceptable, eso lo da el contexto y las investigaciones anteriores sobre el mismo tema de investigación en ciencias sociales, administración, psicología y educación las correlaciones suelen ser bajas entre 0.1 a 0.4. En medicina clínica hay que tener mucho cuidado ya que las correlaciones suelen ser medianas y de preferencia se deben revisar a profundidad sobre todo las variables que puedan influir.

REFERENCIAS

- Álvarez-Martínez, H., & Pérez-Campos, E. (2004). Causalidad en medicina. *Gaceta médica de México*, 140(4), 467-472. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0016-6736\(86\)90837-8](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0016-6736(86)90837-8)
- Amat, J. (2016) Correlación lineal y Regresión lineal simple. <https://www.cienciadedatos.net>. Available at: <https://www.cienciadedatos.net/documentos/24-correlacion-y-regresion-lineal> (Accessed: March 1, 2023).
- Amat, J. (2020) Correlación lineal con Python. <https://www.cienciadedatos.net>. Available at: <https://www.cienciadedatos.net/documentos/pystats05-correlacion-lineal-python.html> (Accessed: March 1, 2023).
- Bland, J. & Altman, D. (1986) .Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet*, 1, 307-310. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(86\)90837-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(86)90837-8)
- Boigelot, D. (2011, 9 mayo). Correlation examples2.svg. <https://commons.wikimedia.org/>. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=User:DenisBoigelot&action=edit&redlink=1>
- Ciencia de datos. (2023, 27 de febrero). Wikipedia, La enciclopedia libre. <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Ciencia de datos&oldid=149560100>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2da Ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers. <https://www.utstat.toronto.edu/~brunner/oldclass/378f16/readings/CohenPower.pdf>
- Croux, C. & Dehon, C. (2010). Funciones de influencia de las medidas de correlación

- de Spearman y Kendall. *Statistical Methods and Applications*, 19, 497-515.
- Efron, B. (1979). "Bootstrap Methods: Another Look at the Jackknife." *Ann. Statist.* 7 (1) 1 - 26, January, 1979. <https://doi.org/10.1214/aos/1176344552>
- GLASS, G. (1976). Primary, Secondary, and Meta-Analysis of Research. *Educational Researcher*, 5(10), pp.3-8. <http://links.jstor.org/sici?sici=0013-189X%28197611%295%3A10%3C3%3APSAMOR%3E2.0.CO%3B2-M&origin=JSTOR-pdf> <https://doi.org/10.3102/0013189X005010003>
- Granger, C. (1969): "Investigating causal relations by econometric models and cross spectral methods". *Econometría*. 37,424-438.
- Henríquez-Roldán, C., Navarro, C., Otárola, A. & Barra, B. (16 a 19 de octubre 2012). Tamaño de muestra para correlación. [Discurso principal]. X Congreso latinoamericano de sociedades de estadística. Córdoba, Argentina.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta. Ed.). McGraw-Hill.
- Hinkle, D., Wiersma, W. & Jurs, S. (2003). *Applied statistics for the behavioral sciences* (5ta Ed.). Boston, MA: Houghton Mifflin.
- IBM Corp. (2020). *IBM SPSS Statistics for Windows (Version 27.0)* [Computer software]. IBM Corp.
- Kendall, M. (1938). «A New Measure of Rank Correlation». *Biometrika* 30 (1-2):81-89. <https://doi.org/10.1093/biomet/30.1-2.81>
- Mair, P. & Wilcox, R.. Robust statistical methods in R using the WRS2 package. *Behav Res.* 2020; 52:464-88. <https://doi.org/10.3758/s13428-019-01246-w>
- Martínez, R., Tuya, L., Martínez, M., Pérez, A. & Cánovas, A. (2009). El Coeficiente de Correlación de los Rangos De Spearman Caracterización. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 8(2). <https://www.redalyc.org/pdf/1804/180414044017.pdf>
- MathWorks, Inc. (1996). *MATLAB: the language of technical computing: computation, visualization, programming: installation guide for UNIX version 5*. Natwick: Math Works Inc.
- Metropolis, N & Ulam, S., (1949). The Monte Carlo Method. *Journal of the American Statistical Association*, 1949, 44 (247): 335-341. <https://eugenio.naukas.com/2018/03/05/el-articulo-original-del-metodo-de-monte-carlo-y-los-numeros-de-la-suerte/>
- Mill J. (1886). *A system of logic ratiocinative and inductive: being a connected view of the principles of evidence and the methods of scientific investigation* (People's). Longmans Green. <https://www.worldcat.org/es/title/system-of-logic-ratiocinative-and-inductive-being-a-connected-view-of-the-principles-of-evidence-and-the-methods-of-scientific-investigation/oclc/234155179?page=citation>
- Minitab, LLC. (2021). Minitab. Retrieved from <https://www.minitab.com>
- Morales, P. (2011). El coeficiente de correlación. https://ice.unizar.es/sites/ice.unizar.es/files/users/leteo/materiales/01_documento_1_correlaciones.pdf.
- Pearson, K. (1896) .VII. Mathematical Contributions to the Theory of Evolution.-III. Regression, Heredity, and Panmixia. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 187, 253-318. <https://doi.org/10.1098/rsta.1896.0007>
- Pearson, K. (1920) NOTES ON THE HISTORY OF CORRELATION, *Biometrika*, Volume 13, Issue 1, October 1920, Pages 25-45. <https://doi.org/10.1093/biomet/13.1.25>
- Pérez, R., García, J., Gil, J. & Galán, A. *Estadística aplicada a la educación*. Madrid, Editorial Pearson, UNED, 2009, p. 134. ISBN 978-84-8322-636-0.
- Python. (2009). *Python 3.0.1*. Release Date: Feb. 13, 2009. Retrieved from <https://www.python.org/>
- Quenouille, M. (1949). *Approximate Tests*

- of Correlation in Time-Series. Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological), Vol. 11 (No.1(1949)), 68-84.
<http://www.jstor.org/stable/2983696>
- RStudio Team (2020). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL
<http://www.rstudio.com/>.
- Spearman, C. (1904). The proof and measurement of association between two things. The American Journal of Psychology, 15(1), 72–101.
<https://doi.org/10.2307/1412159>
- Stigler, S. (1989). "Francis Galton's Account of the Invention of Correlation." Statist. Sci. 4 (2) 73 - 79, May 1989.
<https://doi.org/10.1214/ss/1177012580>
- The jamovi project (2022). jamovi (Version 2.3) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>
- Vallejo, P. [Chupitos de R]. (2020, 7 abril, 1:50). Cómo hacer correlaciones en Rstudio y R [Video].
<https://www.youtube.com/watch?v=uEcvj7C35ho>
- Ventura-León J. Pearson Winsorizado: un coeficiente robusto para las correlaciones con muestras pequeñas. Rev Chil Pediatr. 2020; 91(4).
doi:10.32641/rchped.v91i4.2300
- Von Neumann, J., (1949). Various techniques used in connection with random digits. Recogido en Monte Carlo Method, National Bureau of Standards Applied Mathematics, 12: 36-38.