

Apuntes de clase

Uso y cálculo del coeficiente de correlación intraclase

Use and calculation of the intraclass correlation coefficient

Enoc Valentín González Palacio

Docente Instituto Universitario de Educación Física y Deporte, Universidad de Antioquia.

enoc.gonzalez@udea.edu.co

Resumen

Introducción: el uso del coeficiente de correlación intraclase (CCI) está ampliamente documentado para el análisis de fiabilidad entre dos medidas que se desean comparar; de igual manera, es una prueba que se utiliza en los procesos de diseño y validación de instrumentos y pruebas de diferentes campos disciplinares, pues a partir de su cálculo es posible conocer el grado acuerdo entre las medidas tomadas a partir de diferentes métodos, jueces o momentos en el tiempo.

Objetivo: ilustrar el procedimiento para hallar el CCI, tanto de manera manual como a partir del uso de los softwares SPSS y EpiData; además, se presenta la forma de encontrar el error técnico de medición (ETM).

Explicación: se detalla el cálculo e interpretación del CCI a partir de la comparación de dos medidas frente a las cuáles se desee establecer concordancia, para lo cual se toma como base un modelo de análisis de la varianza con medidas repetidas, en donde se usa la suma de cuadrados (SC) con el fin de evitar que los valores de las diferencias se anulen o den valores de cero debido a los resultados negativos; además, con el modelo es posible calcular el ETM.

Conclusión: el uso del CCI es de uso común en los procesos de medición orientados a establecer el grado de acuerdo entre dos observaciones; es una prueba fácil de realizar, tanto manual como con el uso de software, medida que se sugiere acompañar del ETM.

Palabras clave: Coeficiente de correlación intraclase, error técnico de medición, ANOVA, SPSS, EpiData.

Abstract

Introduction: The use of the intraclass correlation coefficient (ICC) is widely documented for reliability analysis between two measures that are to be compared; In the same way, it is a test that is used in the processes of design and validation of instruments and tests of different disciplinary fields, since from its calculation it is possible to know the degree of agreement between the measurements taken from different methods, judges or moments in the time.

Aim: Illustrate the procedure to find the ICC, both manually and from the use of SPSS and EpiData software; In addition, the way to find the technical error of measurement (TEM) is presented.

Explanation: The calculation and interpretation of the ICC is detailed from the comparison of two measures against which it is desired to establish concordance, for which a model of analysis of variance with repeated measures is used, where the sum of squares (SC) in order to prevent the difference values from canceling out or giving zero values due to negative results; model also with which it is possible to calculate the TEM.

Conclusion: The use of the ICC is commonly used in measurement processes related to establishing the degree of agreement between two observations, it is an easy test to perform both manually and with the use of software; measure that is suggested to accompany the TEM.

Keywords: Intraclass Correlation Coefficient, technical measurement error, ANOVA, SPSS, EpiData.

Introducción

En el campo de diversas disciplinas, tales como las ciencias de la salud (Cortés et al., 2010; Gil & Zuil, 2012), la psicología (Dubé, 2008; Correa, 2021), las ciencias de la actividad física y el deporte (González et al., 2021; Vázquez et al., 2017), entre otras, ha sido frecuente la comparación de diferentes medidas, ya sea referida a la valoración de una condición realizada por dos evaluadores u observadores, usando dos instrumentos que miden lo mismo, o evaluando al mismo grupo en condiciones similares en dos momentos diferentes; esto para comprobar la confiabilidad de dichas mediciones, o para mostrar la estabilidad y concordancia de las medidas, con el fin de complementar el proceso de diseño y validación de un test o prueba en particular.

La revisión de la literatura ha mostrado que, para dichos casos, se han utilizado diferentes pruebas estadísticas dependiendo del tipo y nivel de medición de las variables, como el índice de Kappa (Cohen, 1960; Cortés et al., 2010;) para variables cualitativas o el coeficiente de correlación de Pearson (r_{xy}) para el caso de variables cuantitativas (Lagunes, 2017); frente a este último, diversos textos aclaran que aunque esta prueba es apropiada para establecer la relación lineal entre dos variables, no lo es para determinar el grado de concordancia entre dos puntuaciones (Pita et al., 2003; Prieto et al., 1998;).

Para la determinación de la concordancia entre dos medidas, se recomienda el uso del coeficiente de correlación intraclase (CCI) que, sin ser una prueba reciente, pues fue propuesta por Fischer en el siglo pasado a partir de la r de Pearson (Fischer, 1921), durante algún tiempo, en especial en la década de los noventa y anteriores, no fue tan usada, debido tal vez a que, por un lado, había que hacerlo de manera manual, o porque durante algún tiempo no estuvo disponible en algunos de los softwares estadísticos más populares (Bravo & Potvin, 1991), aspecto que se ha subsanado en la actualidad (Dubé, 2008).

Interesa en este texto ilustrar, a partir de un ejemplo, el cálculo del CCI de manera manual o en Excel, y también cómo es posible hallarlo haciendo uso de dos programas de amplia difusión, como lo son el SPSS y el Epidata. En segunda instancia, dado que se pone a prueba la concordancia o grado de acuerdo entre dos medidas, también se ilustra la manera de determinar el error técnico de medición (ETM) entre las valoraciones (Piñeda, 2014), tanto de manera absoluta como relativa (%ETM).

Explicación

El CCI se define como una proporción del total de la varianza debida a la variación de los sujetos evaluados. Se trata de una prueba que mide la concordancia entre dos medidas o más (Dubé, 2008), que fueron tomadas por diferentes instrumentos, observadores o momentos, y que se basa en un modelo de análisis de la varianza con medidas repetidas, en donde se usa la suma de cuadrados (SC) con el fin de evitar que los valores de las diferencias se anulen o den valores de cero debido a los resultados negativos.

En el proceso de obtención del CCI se pueden distinguir 5 sumas de cuadrados (Figura 1), a saber:

- 1) Suma de cuadrados total (SC_{total}): resulta de las diferencias al cuadrado de todos datos y la media total.
- 2) Suma de cuadrados intrasujetos (SC_{intra}): resulta de la suma de cuadrados entre elementos u observaciones (SC_{entre}) y la suma cuadrada de los residuos (SC_r).
- 3) Suma de cuadrados entre sujetos (SC_{entre}): se obtiene de las diferencias entre cada observación y la media total en función de la cantidad de sujetos evaluados.
- 4) Suma de cuadrados de residuos (SC_r): se obtiene de la diferencia entre la SC_{intra} y la SC_{entre} .
- 5) Suma de cuadrados intersujetos o sujetos (SC_{inter}): se obtiene de la diferencia entre la SC_{total} y la SC_{intra} .

Todo lo anterior, si se tiene en cuenta el resumen de análisis de la varianza (ANOVA) obtenido de realizar el análisis de fiabilidad a partir del CCI que ofrece el software SPSS versión 29; las fórmulas directas para encontrar estas sumas de cuadrados se observan en la Tabla 1, la cuales fueron adaptadas de la propuesta de Pita et al. (2003), quienes además plantean una ecuación para encontrar el CCI (Tabla 1), aunque es posible encontrar otras alternativas en la literatura especializada (Correa, 2021; McGraw & Wong, 1996; Prieto et al, 1998).

Figura 1. Diferentes sumas de cuadrados del modelo ANOVA utilizados para determinar el CCI.

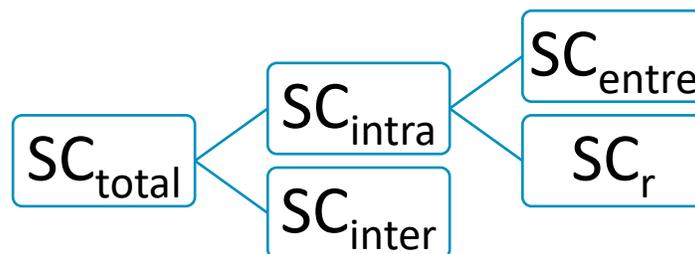


Tabla 1. Fórmulas para el cálculo de SC y MC.

Variación	gl	SC	MC
Intersujetos (SCinter)	n-1	$k \sum_{i=1}^n (M_i - M_{total})^2$	$\frac{SC_{inter}}{n-1}$
Intrasujetos (SCintra)	(n-1)(k-1)+(k-1)	$\frac{\sum(O_2-O_1)^2}{k}$	$\frac{SC_{intra}}{(n-1)(k-1)+(k-1)}$
Entre elementos (SCentre)	k-1	$n \sum_{j=1}^k (M_j - M_{total})^2$	$\frac{SC_{entre}}{k-1}$
Residuo (SCr)	(n-1)(k-1)	$\sum \left(\frac{(O_2 - O_1)^2}{k} \right) - n \sum_{j=1}^k (M_j - M_{total})^2$	$\frac{SC_r}{(n-1)(k-1)}$
Total (SCtotal)	(nk)-1	$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (x_{ij} - M_{total})^2$	$\frac{SC_{total}}{nk-1}$
Fórmula CCI		$CCI = \frac{K * SC_{inter} - SC_{total}}{(K - 1) * SC_{total}}$	

n= número de sujetos; k= número de observaciones. Adaptación a partir de la propuesta de Pita et al. (2003).

Sin embargo, dado que la suma de cuadrados depende del número de valores que se poseen –es decir, a una mayor cantidad de datos mayor será la suma de cuadrados–, para el cálculo matemático del CCI también se utiliza la media cuadrada o cuadrática (MC) (McGraw,1996), que, en el caso de un modelo ANOVA, está dada por el cociente entre la SC y los grados de libertad (gl). Por ejemplo, de acuerdo con los datos expuestos en la Tabla 2, la SC_{inter} tuvo un valor de 3823,059 que, al dividir por los grados de libertad (gl) de esta suma dada por la expresión gl (SC_{inter})=n-1, es decir, 17-1=16, la media cuadrada intersujetos (MC_{inter}) es de 238,941 (Tabla 2).

Tabla 2. Suma de cuadrados de una ANOVA de un factor de medidas repetidas.

SC_{inter}	3.823,059	SC_{entre}	1,059	SC_r	44,941	SC_{intra}	46,000	SC_{total}	3.869,059
gl	16	gl	1	gl	16	gl	17	gl	33
MC_{inter}	238,941	MC_{entre}	1,059	MC_r	2,809	MC_{intra}	2,706	MC_{total}	117,244

Para ilustrar el cálculo del CCI a partir de la suma de cuadrados y sus respectivas medias cuadráticas de los datos de dos mediciones u observaciones (Tabla 3), primero se comprobaron los dos supuestos necesarios para la aplicación de un ANOVA: por un lado, evaluar la distribución de las variables referidas a las dos mediciones (Shapiro-Wilk), frente a lo cual se encontró que las dos variables presentaron distribución normal ($p>0,05$); por otro lado, al aplicar el estadístico de Levene, se encontró homogeneidad en las varianzas ($p>0,05$). Los procedimientos se realizaron en el software SPSS versión 29.

Una vez verificados los dos supuestos principales, se procedió a determinar las sumas de cuadrados necesarias para encontrar el CCI; en este caso, se utilizaron los que se obtienen de la tabla de ANOVA (prueba F) del análisis de fiabilidad en SPSS-V29, que se ilustran en la Figura 1 y sus resultados en la Tabla 4.

Para obtener las diferentes SC y sus respectivas MC de forma manual, o haciendo uso de una hoja de cálculo en Excel, se sugiere el siguiente proceso: dado que las SC se realizan a partir de los cuadrados de las diferencias entre puntuaciones y las medias, se calculan inicialmente los siguientes promedios: el total ($m_{total}=45,29$; $de=10,83$), para la observación 1 ($m_{O1}=45,12$; $de=10,89$) y la observación 2 ($m_{O2}=45,47$; $de=11,10$); también se halló el cuadrado de las diferencias entre cada par de observaciones, y determinar la sumatoria de las diferencias de las observaciones al cuadrado ($\sum(O_2-O_1)^2$), el cual tuvo un resultado de 92; a partir de los anteriores cálculos y los datos de las dos observaciones, es posible obtener las SC y sus respectivas MC (Tabla 3).

Tabla 3. Valores de dos observaciones, SC de las observaciones y diferencias entre observaciones.

Sujetos (n)	O1	O2	SC _{total_O1}	SC _{total_O2}	Diferencia entre O ₁ -O ₂ (D)	Diferencia al cuadrado (D ²)
1	50,00	53,00	22,15	59,38	3,00	9,00
2	40,00	42,00	28,03	10,85	2,00	4,00
3	51,00	53,00	32,56	59,38	2,00	4,00
4	44,00	42,00	1,67	10,85	-2,00	4,00
5	47,00	49,00	2,91	13,73	2,00	4,00
6	55,00	58,00	94,20	161,44	3,00	9,00
7	42,00	38,00	10,85	53,20	-4,00	16,00
8	41,00	37,00	18,44	68,79	-4,00	16,00

Sujetos (n)	O1	O2	SC _{total_O1}	SC _{total_O2}	Diferencia entre O1-O2 (D)	Diferencia al cuadrado (D ²)
9	65,00	65,00	388,32	388,32	0,00	0,00
10	43,00	44,00	5,26	1,67	1,00	1,00
11	42,00	43,00	10,85	5,26	1,00	1,00
12	65,00	64,00	388,32	349,91	-1,00	1,00
13	30,00	31,00	233,91	204,32	1,00	1,00
14	47,00	47,00	2,91	2,91	0,00	0,00
15	20,00	22,00	639,79	542,62	2,00	4,00
16	42,00	39,00	10,85	39,62	-3,00	9,00
17	43,00	46,00	5,26	0,50	3,00	9,00

$M_{total}=45,29$ (DE=10,83); $M_{O1}=45,12$ (DE=10,89); $M_{O2}=45,47$ (11,10); $\sum D^2=92$; $n=17$; $k=2$

Tabla 4. Valores de las SC y MC en el ANOVA.

Anova						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p
Inter sujetos		3823,059	16	238,941		
	Entre elementos	1,059	1	1,059	0,377	0,548
Intra sujetos	Residuo	44,941	16	2,809		
	Total	46,000	17	2,706		
Total		3869,059	33	117,244		

Media global = 45,2941

Con los datos de la Tabla 3 y los cálculos iniciales, es posible, a partir del uso de diferentes fórmulas, encontrar las SC de un modelo ANOVA de una vía de medidas repetidas, como las de la Tabla 1.

Los resultados de cada una de las SC conforme a las ecuaciones propuestas, se encuentran en la Tabla 2.

Para el cálculo del CCI, de acuerdo con la fórmula descrita en la Tabla 1 (Pita et al., 2003), solo se precisa de la SC_{inter} y la SC_{total} , como se observa en la siguiente ecuación:

$$CCI = \frac{K - SC_{inter} - SC_{total}}{(K - 1) * SC_{total}}$$

$$CCI = \frac{2 * 3.823,059 - 3.869,059}{(2 - 1) * 3.869,059} = 0,98$$

Ecuación 1. Cálculo del CCI a partir de la suma de cuadrados.

De igual forma, es necesario indicar que, aunque existen diferentes fórmulas para calcular el CCI (Bravo & Potvin, 1991; Correa, 2021; McGraw & Wong, 1996), acá solo se describen las referidas al grado de acuerdo entre dos observaciones a partir de un ANOVA de un factor de medidas repetidas, que suele ser el más común en el diseño de instrumentos o comparación de mediciones. También se aclara que el cálculo del CCI se puede realizar con las medias cuadráticas (MC) (McGraw & Wong, 1996), teniendo en cuenta que la MC se obtiene del cociente entre la SC y los grados de libertad (Tabla 1), lo que se expresa de la siguiente ecuación:

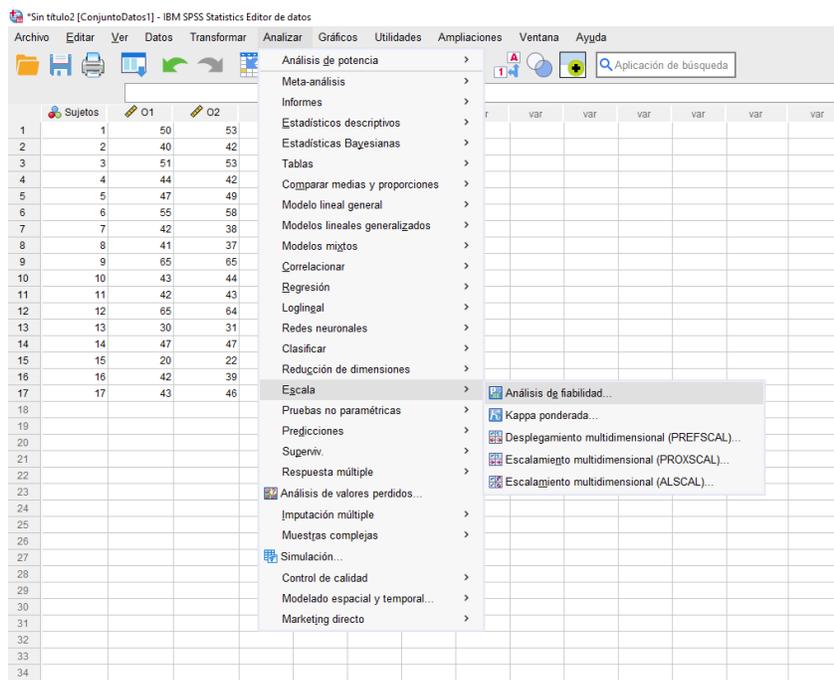
$$CCI = \frac{MC_{inter} - MC_{intra}}{MC_{inter} + ((k - 1) * MC_{intra})}$$

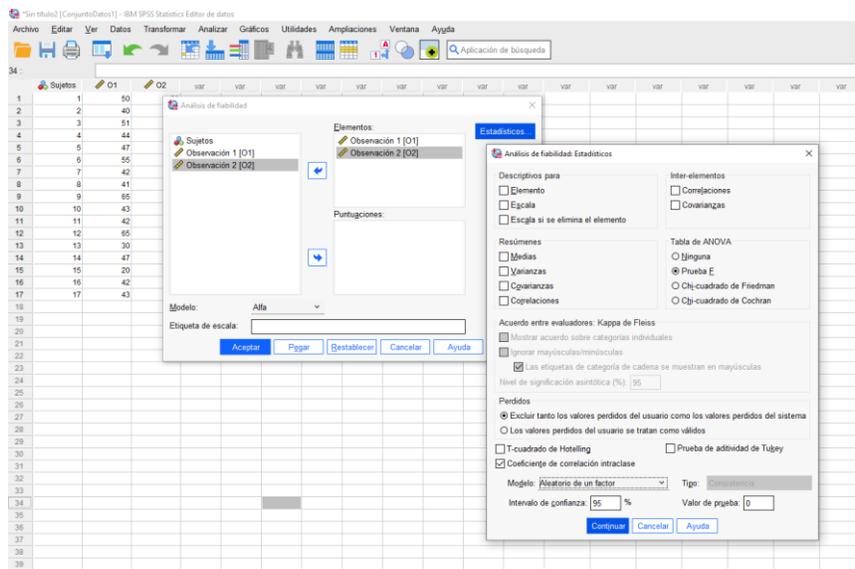
$$CCI = \frac{238,941 - 2,706}{238,941 + ((k - 1) * 2,706)} = 0,98$$

Ecuación 2. Cálculo del CCI a partir de la media cuadrática.

Estos resultados coinciden con los obtenidos a partir del software SPSS v 29, una de las versiones más actuales de dicho programa, y que se realiza accediendo al menú análisis, escala, análisis de fiabilidad; en el cuadro de diálogo se escogen las variables a contrastar (O_1 y O_2), se selecciona la prueba: coeficiente de correlación intraclass (modelo de un factor), y si se quieren obtener los valores de las SC, las MC y los gl de cada variación, se debe seleccionar: tabla de ANOVA, prueba F (Figura 2):

Figura 2. Pasos para calcular el CCI y las SC del ANOVA en SPSS.





El resultado obtenido equivalente al procedimiento realizado manualmente, es el CCI de medidas únicas (CCI=0,98) (Tabla 5), y que da cuenta del acuerdo entre las medidas u observaciones obtenidas. Además, con este procedimiento se obtienen el intervalo de confianza al 95% (IC₉₅=0,94-0,99) y la significancia estadística ($p < 0,01$); el valor de medidas promedio es obtenido si el cálculo del CCI se hace con la media cuadrada entre sujetos ($MC_{entre}=1,059$), que tiende a ser más alto (CCI=0,99) pues no consideran los valores residuales (Tabla 5).

Tabla 5. Resultados del cálculo del CCI en SPSS.

Coeficiente de correlación intraclase							
	Correlación intraclase	95% de intervalo de confianza		Prueba F con valor verdadero 0			
		Límite inferior	Límite superior	Valor	gl1	gl2	Sig
Medidas únicas	0,978	0,941	0,992	88,304	16	17	0,000
Medidas promedio	0,989	0,969	0,996	88,304	16	17	0,000

Modelo de efectos aleatorio de un factor donde los efectos de personas son aleatorios.

$$ICC = \frac{MC_{inter} - MC_{Centre}}{MC_{inter} + ((k - 1) * MC_{Centre})}$$

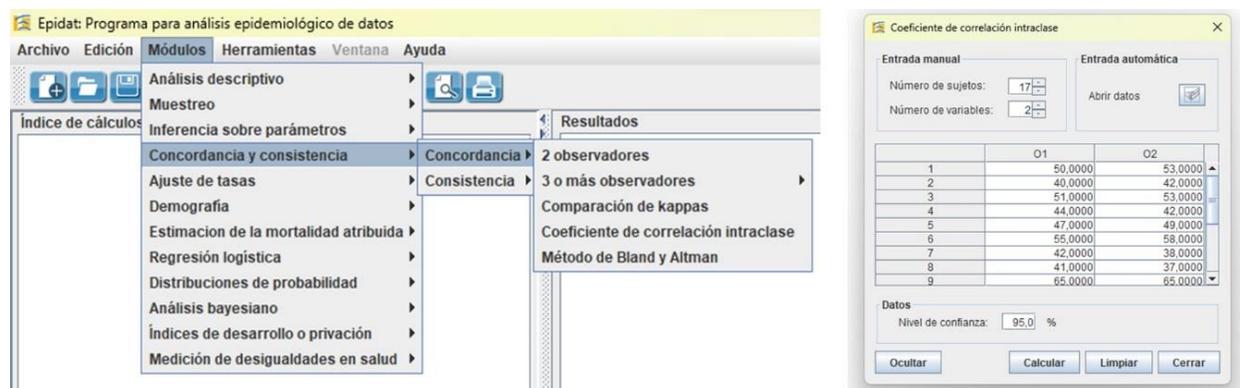
$$ICC = \frac{238,941 - 1,059}{238,941 + ((k - 1) * 1,059)} = 0,99$$

Ecuación 3. Cálculo del CCI promedio.

Los resultados también proporcionan los valores de las diferentes SC, MC y grados de libertad de las diversas variaciones de un ANOVA de medidas repetidas de un factor (Tabla 4), y que coinciden con los realizados manualmente (Tabla 2); en estos resultados también es posible apreciar la ausencia de sesgo entre las dos observaciones ($F=0,377$; $p>0,05$).

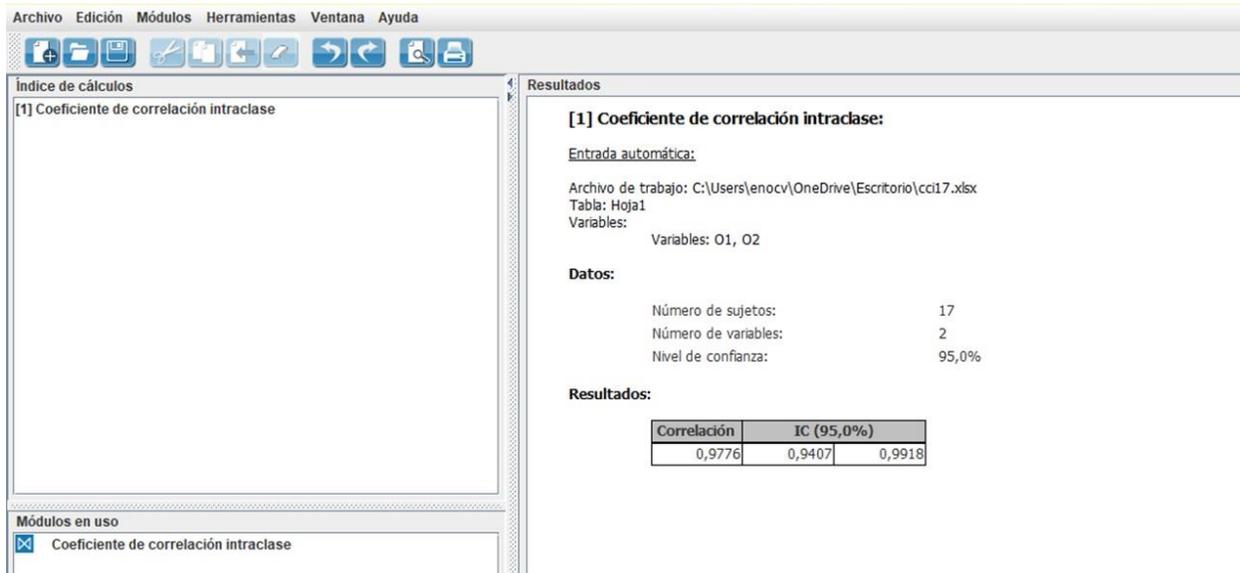
Dado que el programa SPSS v29 no es un software de uso libre, lo que limita a investigadores que no estén adscritos a grupos de investigación o a universidades que cuenten con licencia de uso, se sugiere usar el programa **EpiData 4.2**, de uso libre. El procedimiento para calcular el CCI con este programa, es el siguiente: luego de instalar el software (EpiData 4.2), se accede al menú, módulos, concordancia, coeficiente de correlación intraclase; en el cuadro de diálogo que se despliega, se puede hacer la entrada de los datos manual o automática; esto último se hace seleccionando el archivo, en este caso de Excel, donde se encuentran los datos de las dos variables ya digitados; luego se procede a seleccionar las dos variables (se acepta), se escoge el nivel de confianza (usualmente el 95%) y se procede a calcular el CCI, como se observa en la Figura 3.

Figura 3. Pasos para calcular el CCI en EpiData 4.2.



El resultado que se obtiene es igual al realizado, tanto de manera manual, como en SPSS ($CCI=0,98$; $IC_{95}=0,94-0,99$) (Figura 4).

Figura 4. Resultados de calcular el CCI en EpiData 4.2.



Finalmente, atendiendo al resultado del CCI que tiende a variar entre 0,0 y 1,0, lo que indica nada de acuerdo entre las mediciones u observaciones (0,0) o acuerdo total (1,0), es posible encontrar en la literatura diferentes interpretaciones que indican el grado de acuerdo o concordancia entre las medidas (Mandeville, 2005; Pita et al., 2003), a partir de las cuales se ajusta y propone una tabla de valoración, en donde el valor de referencia de 0,7 se recomienda como lo mínimo deseado (Tabla 6), aunque algunos estudios reportan como valor mínimo 0,75 (Latour, 1997); en general, los valores de 5,0 o menos se consideran inaceptables para determinar alguna especie de acuerdo, y se acepta que los valores ideales son aquellos que se acercan a 1,0, lo que no solo determinará una buena medida de acuerdo, sino también un menor margen de error entre las mediciones, como se observa a continuación.

Tabla 6. Valoración del CCI.

Resultado del CCI	Escala de valoración
>0,90	Muy buena
0,71 – 0,90	Buena
0,51 – 0,70	Moderada
0,31 – 0,50	Mala
<0,31	Muy mala

Algunos de los textos revisados que usan el CCI, lo hacen para establecer la concordancia entre dos observaciones, utilizando como única medida de concordancia el valor del CCI, lo que parece ser suficiente (Cortés et al., 2010; Pita et al., 2003); sin embargo, algunos de los estudios realizados a partir del CCI, lo hacen acompañado de una medición de error, tal como el error técnico de medición (Calle et al., 2023; Campos et al., 2012; Cuervo; 2023), ya sea absoluto (ETM) o relativo

(%ETM); el cual se utiliza preferiblemente como una medida de precisión, es decir, de cercanía entre varias mediciones, lo que en definitiva denota, sobre todo en %, cuán dispares o lejanas fueron las mediciones; los estudios antes citados, reportaron como un valor aceptable de error aquellos que se sitúan por debajo de 5,9%, preferiblemente del 5,0%; sin embargo, debe aclararse que este porcentaje puede variar dependiendo del campo profesional y el tipo de variables que se quieran comparar.

Aunque existen diferentes propuestas para calcular el ETM y el %ETM (Piñeda, 2014), con los datos iniciales con los cuales se calcula el CCI también es posible hacerlo. Se propone la siguiente ecuación, y se toman los datos expuestos en la Tabla 3 para ilustrar sus resultados, teniendo en cuenta dos observaciones o medidas.

$$ETM = \frac{\sum D^2}{n * k}$$

$$ETM = \frac{92}{17 * 2} = 1,64$$

Ecuación 4. Cálculo del error técnico de medición absoluto (ETM).

El valor obtenido del ETM, indica que la concordancia entre las dos observaciones obtenidas presenta una discrepancia de 1,64 puntos, pues el ETM es una medida absoluta que presenta sus resultados en la unidad de medida de las variables contrastadas. Si este error se quiere presentar de manera relativa, es decir, expresado en %, se debe tomar el valor del ETM y dividirlo por la media total (M_{total}), para el caso del ejemplo presentado en este texto, el %ETM fue de 3,63%.

$$\%ETM = \frac{ETM}{M_{total}} * 100$$

$$\%ETM = \frac{1,64}{45,29} * 100 = 3,63\%$$

Ecuación 5. Cálculo del error técnico de medición relativo (ETM).

Conclusión

El uso del CCI es de uso común en los procesos de medición para establecer el grado de acuerdo entre observaciones, como ocurre en el proceso de fiabilidad de medidas y diseño de instrumentos. Se demostró que es fácil calcularlo de forma manual o usando programas especializados como SPSS y EpiData. Se recomienda acompañar el uso del CCI con una medición del ETM, tanto absoluto como porcentual, para conocer qué tanto concuerdan las medidas comparadas y qué tanto difieren entre ellas.

Referencias

- Bravo, G., & Potvin, L. (1991). Estimating the reliability of continuous measures with cronbach's alpha or the intraclass correlation coefficient: Toward the integration of two traditions. *Journal of Clinical Epidemiology*, 44(4-5), 381-390.
[https://doi.org/10.1016/0895-4356\(91\)90076-L](https://doi.org/10.1016/0895-4356(91)90076-L)
- Calle-Jaramillo, G. A., González-Palacio, E. V., Pérez-Mendez, L. A., Rojas-Jaramillo, A., & González-Jurado, J. A. (2023). Design and validation of a test to evaluate the execution time and decision-making in technical-tactical football actions (passing and driving). *Behavioral Sciences*, 13(2), 101. <https://doi.org/10.3390/bs13020101>
- Campos, R. G., Vilcazán, É., De Arruda, M., Hespagnol, J. E., & Antonio Cossio-Bolaños, M. (2012). Validación de un cuestionario para la valoración de la actividad física en escolares adolescentes. *Anales de la Facultad de Medicina*, 73(4), 303-313.
<http://www.scielo.org.pe/pdf/afm/v73n4/a07v73n4.pdf>
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37-46.
<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/001316446002000104>
- Correa-Rojas, J. (2021). Coeficiente de correlación intraclase: aplicaciones para estimar la estabilidad temporal de un instrumento de medida. *Ciencias Psicológicas*, 15(2), e-2318.
<https://doi.org/10.22235/cp.v15i2.2318>
- Cortés-Reyes, É., Rubio-Romero, A., & Gaitán-Duarte, H. (2010). Métodos estadísticos de evaluación de la concordancia y la reproductibilidad de pruebas diagnósticas. *Revista Colombiana de Obstetricia y Ginecología*, 61, 247-255.
<http://www.scielo.org.co/pdf/rcog/v61n3/v61n3a09.pdf>
- Cuervo Zapata, J. J., Montoya, N. E., & González Palacio, E. V. (2023). Evaluación de las capacidades perceptivo motrices en el contexto escolar. Diseño y validación de una batería. *Retos*, 47, 593-602. <https://doi.org/10.47197/retos.v47.95726>
- Dubé, E. (2008). Evaluación del acuerdo interjueces en investigación clínica. Breve introducción a la confiabilidad interjueces. *Revista Argentina de Clínica Psicológica*, 17(1), 75-80.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=281921796008>
- Fischer, R. (1921). On the "probable error" of a coefficient of correlation deduced from a small sample. *Metron*, 1, 1-32.
[https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1569761](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1569761)
- Gil Fernández, M., & Zuil Escobar, J. C. (2012). Fiabilidad y correlación en la evaluación de la movilidad de rodilla mediante goniómetro e inclinómetro. *Fisioterapia*, 34(2), 73-78.

<https://doi.org/10.1016/j.ft.2011.12.004>

González Palacio, E. V., Montoya Grisales, N. E., Cardona, Y. A., Marín, J. P., & Muñoz, B. A. (2021). Diseño y validación de una batería de habilidades motrices básicas para niños entre 5 y 11 años. *Revista Boletín Redipe*, 10(2), 165-181.

<https://doi.org/10.36260/RBR.V10I2.1204>

Lagunes, R. (2017). Recomendaciones sobre los procedimientos de construcción y validación de instrumentos y escalas de medición en la psicología de la salud. *Psicología y Salud*, 27(1), 5-18. <https://psicologiaysalud.uv.mx/index.php/psicysalud/article/view/2431>

Latour, J., Abaira, V., Cabello, J. B., & López Sánchez, J. (1997). Las mediciones clínicas en cardiología: validez y errores de medición. *Revista Española de Cardiología*, 50(2), 117-128. [https://doi.org/10.1016/S0300-8932\(97\)73190-7](https://doi.org/10.1016/S0300-8932(97)73190-7)

Mandeville, P. (2005). El coeficiente de correlación intraclase (ICC). *Ciencia UANL*, 8(3), 414-416. <https://www.redalyc.org/pdf/402/40280322.pdf>

McGraw, K. O., & Wong, S. P. (1996). Forming inferences about some intraclass correlation coefficients. *Psychological Methods*, 1(1), 30-46. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.1.1.30>

Piñeda Geraldo, A. (2014). Confiabilidad de medidas antropométricas en un grupo de estudiantes universitarias de Bogotá. *Revista de Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de La Información*, 1(2), 35-54. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7894419>

Pita Fernández, S., Pértega Díaz, S., & Rodríguez Maseda, E. (2003). La fiabilidad en las mediciones clínicas: el análisis de concordancia para variables numéricas. *Cuadernos de atención primaria*, 4(10), 290-296.

<https://dialnet.unirioja.es/metricas/documentos/ARTREV/2330578>

Prieto, L., Lamarca, R., & Casado, A. (1998). La evaluación de la fiabilidad en las observaciones clínicas: el coeficiente de correlación intraclase. *Medicina Clínica*, 5, 110-142.

<https://www.mvclinic.es/wp-content/uploads/Prieto-Coeficiente-correlaci%C3%B3n-intraclase.pdf>

Vázquez-Ramos, F. J., Sosa-González, P. I., & de Pablos-Pons, J. (2017). Toma de decisiones en deporte en edad escolar medida con herramienta digital. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 68, 589-603.

<https://doi.org/10.15366/rimcafd2017.68.001>