

## Un análisis complementario del factor Bayes en investigación cuantitativa biomédica

### A Complementary Analysis of the Bayes Factor in Quantitative Biomedical Research

Cristian Antony Ramos-Vera<sup>1,2\*</sup> <https://orcid.org/0000-0002-3417-5701>

<sup>1</sup>Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ciencias de la Salud, Área de investigación. Lima, Perú.

<sup>2</sup>Sociedad Peruana de Psicometría. Lima, Perú.

\*Correo electrónico: [cristony\\_777@hotmail.com](mailto:cristony_777@hotmail.com)

Recibido: 19/08/2020

Aceptado: 26/08/2020

Señor Director:

En un estudio correlacional reciente: “Asociación de la masa muscular de miembros inferiores con el rendimiento en el salto vertical”, publicado en el tercer número del volumen 39 de la presente revista, *Bustos-Viviescas* y otros<sup>(1)</sup> reportaron correlaciones estadísticas mediante el test de significancia de la hipótesis nula (NHST, por sus siglas en inglés) de mayor uso en la investigación clínica, mediante el coeficiente de correlación de Pearson, lo cual fue utilizado considerando la prueba de normalidad realizada previamente y teniendo en cuenta la distribución simétrica de los datos.

Los resultados significativos fueron considerados a partir de la interpretación del nivel de significancia  $p < 0,05$  para contrastar el rechazo de la hipótesis nula (ausencia de correlación) a partir del cual se asume la hipótesis alterna de uso general en la estadística inferencial, aun así, es

de gran importancia el uso de otros análisis inclusivos para revalidar y reforzar la aceptación de la significancia estadística de gran importancia en toda investigación biomédica.<sup>(2)</sup> Por lo cual, es importante mencionar el modelo estadístico bayesiano como un complemento o prueba adicional al análisis correlacional.

El enfoque bayesiano permite contrastar hipótesis mediante probabilidades de credibilidad, pues cuenta con el atributo de considerar si posibles resultados no significativos son debido a la insensibilidad de los datos o confirmar *a priori* y *posteriori* la falta de relación entre las variables, según el test de significancia de la hipótesis nula. Asimismo, también incluye el contraste de la hipótesis alterna para evaluar el nivel de evidencia probable de relaciones estadísticamente significativas  $p < 0,05$  siendo una alternativa metodológica de mayor alcance y precisión a partir de los valores estimados del análisis correlacional.<sup>(3,4)</sup>

El factor Bayes es el análisis complementario de credibilidad idóneo para comprobar las hipótesis frecuentistas de investigación, pues este parámetro permite cuantificar el grado en que los datos apoyan tanto la hipótesis nula como la alterna. Para ello tiene en cuenta los valores del esquema de clasificación de *Jeffreys* en débil, moderado, fuerte y muy fuerte con intervalos de confianza más precisos (Tabla 1).<sup>(5,6)</sup>

**Tabla 1** - Valores de interpretación cuantificable del factor Bayes

Valor	Clasificación	Diagnóstico
> 30	Muy fuerte	Hipótesis alternativa
10 + 30	Fuerte	Hipótesis alternativa
3,1-10	Moderado	Hipótesis alternativa
1,1-3	Débil	Hipótesis alternativa
1	0	No evidencia
0,3-0,9	Débil	Hipótesis nula
0,29-0,1	Moderado	Hipótesis nula
0,09-0,03	Fuerte	Hipótesis nula
< 0,03	Muy fuerte	Hipótesis nula

*Nota:* Elaboración a partir de la clasificación de *Jeffreys*.<sup>(5,6)</sup>

Para el análisis del factor Bayes se tuvo en cuenta el tamaño de muestra reducida a partir del tipo de muestreo seleccionado a conveniencia ( $n = 10$ ), y también se consideraron los valores de correlación de Pearson<sup>(4)</sup> reportado por *Bustos-Viviescas* y otros<sup>(1)</sup>, sobre los dos valores de relación estadística entre la masa muscular de miembros inferiores y los ejercicios de salto con

contramovimiento (SCC) y sentadilla con salto (SCS),  $r = -0.73$  reportado en ambas correlaciones estadísticas.

La inferencia del factor Bayes incluye dos interpretaciones:  $BF_{10}$  (a favor de la hipótesis alternativa de significancia) y  $BF_{01}$  (a favor de la hipótesis nula) y el intervalo de credibilidad al 95 %, <sup>(3,4)</sup> con el fin de reevaluar la hipótesis de significancia de las correlaciones mencionadas. Se considera que los resultados del factor Bayes se aplican a ambos hallazgos que reportan el mismo valor estadístico.

Los resultados obtenidos del factor Bayes considerando el coeficiente de Pearson de *Bustos-Viviescas* y otros<sup>(1)</sup> son  $BF_{10} = 4,802$  y  $BF_{01} = 0,208$  e IC 95 % (-0,909 a -0,109). Este método señala una magnitud de evidencia moderada de la hipótesis alternativa favorable a la significancia de ambas correlaciones estadísticas y comprueba los resultados correlacionales de *Bustos-Viviescas* y otros.<sup>(1)</sup> La inferencia bayesiana también incluye el análisis robusto bayesiano, que permite reforzar la estabilidad de ambos hallazgos obtenidos a través del factor Bayes máximo, que reporta una estimación similar ( $BF_{max} = 4,812$ ) respaldando la evidencia moderada a favor de la hipótesis de correlación en comparación de unas cuatro veces más a favor, en contraste a la nulidad de los resultados.

Otro punto a considerar es el contraste bayesiano de la hipótesis nula, que según los valores de *Jeffreys*<sup>(5,6)</sup> también arrojan un respaldo moderado a la nulidad. Es más idóneo contrastar esta inferencia cuando se evalúan resultados nulos, a diferencia del estudio de *Bustos-Viviescas* y otros.<sup>(1)</sup>

En cuanto a la elaboración de futuros estudios en la presente revista, se sugiere tener en cuenta estimar el poder estadístico (0,80) de acuerdo al tamaño de muestra utilizado más allá del tipo o ajuste de muestreo aplicado, para evitar en la mayor medida algún falso positivo o negativo en las conclusiones (error de tipo I o II) que generen resultados poco probables de ser eficazmente concluyentes.<sup>(2,7)</sup>

Estas sugerencias responden a una mayor garantía hacia una “evidencia fuerte” o superior de la hipótesis estadística alterna del factor Bayes ( $BF_{10} > 10$ ) confirmando una importante certeza cuantificable hacia los valores significativos estimados. Asimismo, reduce la incertidumbre de la inferencia bayesiana de la hipótesis nula, que, en proporción, se vuelve insignificante para su interpretación en comparación a la evidencia de la hipótesis alterna y brinda una mayor propiedad inferencial a las hipótesis de resultados significativos, de gran importancia para reforzar las

conclusiones.<sup>(2,7)</sup> A partir de dichas conclusiones, se pueden llegar a tomar decisiones clínicas importantes tomando en cuenta los resultados obtenidos sobre la salud de los pacientes de estudios experimentales biomédicos, ensayos clínicos, etc. Esta carta científica es de gran relevancia en la situación actual de la pandemia de la COVID-19 que ha impulsado una enorme cantidad de investigaciones biomédicas, donde la inferencia bayesiana es crucial para reforzar las evidencias significativas de los hallazgos clínicos.

En definitiva, el método bayesiano puede ser un complemento empleado de forma sencilla en investigaciones biomédicas para precisar la robustez de los resultados inferidos mediante el parámetro de significancia de  $p < 0,05$ . Además, este enfoque estadístico presentado es de gran utilidad en otros análisis y reanálisis cuantitativos clínicos. Por ejemplo, en un artículo reciente de replicación, *Kelter*<sup>(7)</sup> estimó a través del factor Bayes diferentes hallazgos de investigaciones previas, una de las cuales estuvo compuesto por 800 pacientes y utilizó el análisis de varianza ANOVA para evaluar la hipótesis de diferencia en las frecuencias cardiacas promedio según género en cuatro grupos: dos de control y dos de tratamiento. A su vez *Kelter*<sup>(7)</sup> reportó la inferencia bayesiana de otro estudio anterior que aplicó el análisis de regresión lineal considerando el número promedio de pasos y su efecto en el índice de masa corporal en 100 universitarios.

Finalmente, el método bayesiano también puede utilizarse no solo en la replicación de otros hallazgos clínicos anteriores que no se cuente con acceso directo a los datos, como la reevaluación de la presente carta, sino también es posible su uso en el desarrollo de cualquier estudio que utilice dichos análisis frecuentistas a partir de los datos obtenidos. Por tal razón resulta de gran importancia metodológica en los artículos de metaanálisis y en otras investigaciones que se publiquen en la presente revista con el fin de contrastar las hipótesis estadísticas de manera inclusiva.

## Referencias bibliográficas

1. Bustos-Viviescas BJ, Acevedo-Mindiola AA, Merchán Osorio RD. Asociación de la masa muscular de miembros inferiores con el rendimiento en el salto vertical. Rev Cubana Inv Bioméd. 2020 [acceso: 19/08/2020]; 39(3):e645. Disponible en: <http://www.revibiomedica.sld.cu/index.php/ibi/article/view/645/792>

2. Leppink J, O'Sullivan P, Winston K. Evidence against vs. in favour of a null hypothesis. *Perspect Med Educ.* 2017 [acceso: 19/08/2020]; 6:115-8. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40037-017-0332-6>
3. Ly A, Raj A, Etz A, Gronau QF, Wagenmakers E-J. Bayesian reanalyses from summary statistics: a guide for academic consumers. *Adv Meth Pract Psychol Sci.* 2018 [acceso: 19/08/2020]; 1(3):367-74. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/2515245918779348>
4. Marsmann M, Wagenmakers E-J. Bayesian benefits with JASP. *Eur. J. Dev. Psychol.* 2017 [acceso: 19/08/2020]; 14(5):545-55. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17405629.2016.1259614>
5. Held L, Ott M. On p-values and Bayes factors. *Ann Rev Stat Appl.* 2018;5: 393–419. DOI:[10.1146/annurev-statistics-031017-100307](https://doi.org/10.1146/annurev-statistics-031017-100307)
6. Jeffreys H. *Theory of probability.* Oxford: Oxford University Press; 1961.
7. Kelter R. Bayesian alternatives to null hypothesis significance testing in biomedical research: a non-technical introduction to Bayesian inference with JASP: *BMC Med Res Methodol.* 2020;20:1-12. DOI: [10.1186/s12874-020-00980-6](https://doi.org/10.1186/s12874-020-00980-6)

### Conflicto de intereses

El autor declara que no tiene conflicto de intereses.