

El Enfoque Bayesiano en las Ciencias de la Salud

The Bayesian Approach in the Health Sciences

Juan Vega-Vargas

VEGAS-VARGAS, J. El enfoque Bayesiano en las Ciencias de la Salud. *J. health med. sci.*, 8(1):53-56, 2022.

RESUMEN: En estadística existen dos enfoques básicos, la estadística frecuentista que es la corriente principal y la estadística bayesiana. La mayoría de los principales métodos estadísticos son frecuentistas siendo el enfoque bayesiano más desconocido entre los investigadores. En el presente artículo se exponen los fundamentos lógicos del enfoque bayesiano y su uso mediante un ejemplo de aplicación. En este contexto, más que presentar un debate entre la lógica clásica y la bayesiana, se pretende mostrar de manera introductoria las enormes posibilidades que el enfoque bayesiano puede aportar a la investigación en las Ciencias de la Salud.

PALABRAS CLAVES: Inferencia bayesiana, métodos estadísticos, teorema de Bayes.

INTRODUCCIÓN

Existen dos enfoques básicos de la estadística, la estadística frecuentista que es la corriente principal y la estadística bayesiana. El enfoque frecuentista se fija en lo probable que será un resultado a largo plazo. Es decir, si un experimento es repetido muchas veces, entonces la frecuencia relativa del evento tiende a acercarse a la probabilidad del evento. Esto implica una repetición de las observaciones en estudio bajo condiciones similares, lo cual es una condición difícil de aplicar en estudios epidemiológicos observacionales (Suárez, Pérez y Guzmán, 2000).

En el enfoque bayesiano se trata de inferir pensando desde otra perspectiva. Siguiendo a Ghaemi (2015) la perspectiva bayesiana refleja la forma en la que la mayoría de las personas piensa, esto es, comenzar con un conjunto previo de probabilidades en la mente. A continuación, se observa o experimenta y se produce datos. Estos datos son utilizados para modificar las probabilidades previas, formando un conjunto de probabilidades posteriores. Lo anterior está muy relacionado también con el aprendizaje, esto es lo que pensaba antes, esto es lo que acabo de ver, entonces esto es lo que pienso ahora.

A pesar de lo expuesto, el enfoque bayesiano es aún desconocido para algunos investiga-

dores. En el presente artículo se exponen los fundamentos lógicos de la perspectiva bayesiana y su uso mediante un ejemplo de aplicación en el ámbito de la salud.

Teorema de Bayes

Se denomina enfoque bayesiano por basarse originalmente en el teorema de Bayes, publicación póstuma del reverendo británico Thomas Bayes en 1763 (Molinero, 2002). Este teorema permite, si conocemos la probabilidad de que ocurra un suceso, modificar su valor cuando disponemos de nueva información. Matemáticamente se expresa de la siguiente manera:

$$Pr(B) = \frac{Pr(A)Pr(B|A)}{Pr(A)}$$

Donde A y B son dos sucesos, con $Pr(B) > 0$. La aplicación más intuitiva en salud de este teorema se puede encontrar en la aplicación de las pruebas diagnósticas. Conociendo la prevalencia de una enfermedad (P) en la población a la que pertenece un individuo, y los valores de sensibilidad (S) y especificidad (E) de la prueba (T), se puede calcular la probabilidad de que un sujeto esté verdaderamente enfermo cuando dio positivo (valor predictivo positivo de la prueba) y la probabilidad de que no esté enfermo cuando dio negativo (valor

predictivo negativo). Reescribiendo la fórmula del teorema de Bayes se obtiene:

$$Pr(Enf|T +) = \frac{P \cdot S}{P \cdot S + (1-P)(1-E)} \text{ y } Pr(No\ enf|T -) = \frac{(1-P)E}{(1-P)E + P(1-S)}$$

Por ejemplo, supongamos que una prueba diagnóstica para cierta enfermedad tiene una sensibilidad de 0,8 y una especificidad de 0,6 y la prevalencia de la enfermedad en la población es del 5%. Reemplazando estos valores se puede determinar que la prueba tiene un valor predictivo positivo de 9,5% y un valor predictivo negativo igual a 98,3%.

El enfoque bayesiano

Siguiendo la lógica bayesiana, en el caso anterior se utilizó como conocimiento previo (probabilidad a priori) la prevalencia de la enfermedad en la población. A continuación se produjeron datos mediante las pruebas diagnósticas, los cuales fueron utilizados para modificar la probabilidad previa y así se formaron las probabilidades posteriores que corresponden a los valores predictivos. Dicho de otra manera, dada una probabilidad a priori X más la observación del evento Y producen una probabilidad posterior Z . A diferencia de esto, la estadística tradicional tiene que ver solo con Y y Z . Es decir, se observa un evento Y y se infiere directamente la probabilidad del evento Z , sin considerar información previa.

De esta manera se incorpora información inicial al evento mediante la cuantificación de una probabilidad previa. Este concepto de probabilidad previa fue considerado peligroso por ciertos autores (Ghaemi, 2015) ya que introduce la subjetividad en la estadística. La probabilidad previa parece un tanto similar a una simple opinión, antes de observar los datos. El tema tiene que ver con cómo se determina la probabilidad previa. En general, la importancia de la información previa es mayor cuanto menos determinante es el resultado del experimento actual. Si el resultado del experimento es muy claro las probabilidades a priori son poco relevantes.

Además, la probabilidad previa también puede estar basada en los resultados de la estadística frecuentista, por ejemplo, podría estar basada en un metaanálisis de ensayos clínicos disponibles. De esta forma, la estructura bayesiana es usada con contenidos frecuentistas no subjetivos. De todos modos siempre habrá algún grado de subjetividad en cualquier interpretación como un metaaná-

lisis, pero ese nivel de subjetividad es inherente a cualquier tipo de estadísticas.

Por otro lado, la inferencia estadística frecuentista tampoco ha sido exenta de críticas (Rammalle, 2002). Por ejemplo, en los intervalos de confianza la interpretación se basa en el concepto de repeticiones bajo condiciones similares lo cual, como se mencionó anteriormente, es una condición difícil de aplicar en estudios epidemiológicos observacionales. Por otro lado, en las pruebas de significancia que utilizan el valor p se ha criticado el uso arbitrario del punto de corte de 0,05.

Otro punto a considerar en la perspectiva bayesiana, es que los profesionales de la salud podrían entender más claramente la aproximación bayesiana que otros profesionales. Según Ghaemi (2015) los clínicos están más acostumbrados a la subjetividad y las opiniones. Así, la visión bayesiana sería mucho más amistosa con la lógica de los clínicos. Se parte con una idea preliminar, se realiza una prueba o test y con esta información se llega a una conclusión final, que podría comprobar o rechazar la idea inicial. De esta manera se incorpora la probabilidad personal, lo cual no es equivalente a decir que debemos aceptar un relativismo completo sobre lo que es probable. El uso de la estadística bayesiana no es un ejercicio de completa subjetividad arbitraria. De hecho, disminuye nuestra aproximación arbitraria y subjetiva forzándonos a ser explícitos sobre nuestras suposiciones y a hacer cuantificaciones probabilísticas sobre ellas.

Ejemplo de aplicación

Veamos una aplicación de teorema de Bayes en el ámbito de la salud. Suponga que la proporción o fracción de pacientes que responde a un tratamiento está dada por π , donde $0 < \pi < 1$. Asumiremos que la distribución a priori de dicha proporción es $p(\pi) \propto \pi^{a-1}(1-\pi)^{b-1}$. Esta función es una distribución beta $[a, b]$ y generalmente se utiliza cuando se trabaja con proporciones. La distribución beta depende de dos parámetros a y b , los cuales se indicarán posteriormente. El símbolo indica proporcionalidad. Una vez que se examinan n pacientes, se tiene que responden al tratamiento x de ellos y $n-x$ no responden. Frecuentemente a x se le llama "éxitos" y $n-x$ "fracasos" y a una experiencia de este tipo se le asocia la distribución binomial. Luego, la función de verosimilitud es:

$$p(x|\pi) \propto \pi^x (1-\pi)^{n-x}$$

De esta forma la distribución a posteriori es beta $[a+x, b+n-x]$, es decir:

$$p(\pi|x) \propto \pi^{a+x-1} (1 - \pi)^{b+n-x-1}$$

Suponga que en este caso el investigador prefiere no anticipar criterio alguno y elige una distribución beta $[1, 1]$, esto corresponde a una distribución uniforme (lo que equivale a dejar que los datos “hablen por sí mismos”). El examen de las posibles modificaciones es lo que se conoce como “análisis de sensibilidad” y se trata de un paso metodológicamente recomendado. Si además en forma empírica se observa que $x = 5$ y $n - x = 6$, entonces se tiene que la distribución a posteriori es beta $[6, 7]$, con media posterior $\mu(x) = 0,46$ y desviación estándar posterior $\sigma(x) = 1,86$.

Para generar esta última distribución se puede simular un cierto número de datos lo cual permite construir una distribución empírica de probabilidades para la proporción π . A partir de ahí se pueden obtener los límites de credibilidad para π (equivalente a los intervalos de confianza en estadística frecuentista). En este caso se utilizó el software estadístico R mediante RStudio, se generaron 10.000 observaciones aleatorias y se calcularon los percentiles 5 y 95. Con ello se obtuvieron unos límites al 90%. Luego, el intervalo de confianza para es:

$$Pr(0,245 < \pi | x < 0,687) = 0,90.$$

Así, la probabilidad de que el parámetro de interés condicionado a los datos observados esté entre los límites calculados es de 0,9. Nótese que esta interpretación es distinta de la frecuentista que señala que de 100 intervalos estimados 90 contendrían el parámetro de interés. Otro argumento para utilizar los intervalos bayesianos es que éstos son más estrechos (más precisos) que los intervalos de confianza tradicionales para el mismo nivel de confianza.

Según Silva y Benavides (2001), los métodos bayesianos permiten llegar a conclusiones que resultan más intuitiva y cercanas al sentido común que la que muchas veces dictan los métodos frecuentistas. Cabe señalar que con los métodos bayesianos es también posible someter a diferentes pruebas de hipótesis de interés práctico y a diversos análisis propios de la estadística inferencial. Para esto es necesario utilizar paquetes informáti-

cos que facilitan esta tarea. En este caso se utilizó el paquete estadístico R disponible en www.r-project.org.

CONCLUSIÓN

A través del tiempo ambos enfoques estadísticos, frecuentista y bayesiano han sido criticados, presentando cada uno puntos fuertes y débiles. En el caso bayesiano se critica la incorporación de la subjetividad en los cálculos a través de las probabilidades previas o también llamadas a priori. Sin embargo, se cree que el uso de la estadística bayesiana disminuye la aproximación arbitraria y subjetiva forzando a ser explícitos y a hacer cuantificaciones probabilísticas. Además es posible hacer un análisis de sensibilidad sobre las consideraciones hechas. Incluso es posible también incorporar la lógica frecuentista mediante estudios tales como metaanálisis o ensayos clínicos disponibles. En este último caso queda de manifiesto que ambas perspectivas no son contrapuestas sino que más bien son complementarias.

VEGAS-VARGAS, J. The Bayesian Approach in the Health Sciences. *J. health med. sci.*, 8(1):53-13, 2022.

ABSTRACT: In the statistic field there are two basic approaches, the Frequentist Statistics which is the primary one, and the Bayesian Statistics. The most used statistical methods are the Frequentist methods, being the Bayesian approach the most popular among researchers. In this article, the logical basis of the Bayesian approach and its use are exposed through an application example. In this context, rather than presenting a debate between the classic and the Bayesian logic, it is intended to demonstrate in an introductory method the considerable possibilities how Bayesian approach can contribute to Health and Sciences research.

Keywords: Bayesian inference, statistical methods, Bayes theorem.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ghaemi, S. Estadística y epidemiología en salud mental. Guía clínica. Ed. Mediterráneo. ISBN 978-956-220-373-9. Chile. 2015.
- Molinero, L. El método bayesiano en la investigación médica. Asociación de la Sociedad Española de Hipertensión. 2002. Disponible en <https://www.alceingenieria.net/bioestadistica/bayes1.pdf>
- Ramalle, E. Estadística bayesiana ¿un nuevo paradigma

para el siglo xxi? Boletín epidemiológico. Servicio de epidemiología de La Rioja. 2002. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4781716.pdf>

Silva, L. y Benavides, A. El enfoque bayesiano: otra manera de inferir. *Gaceta Sanitaria* 15 (4): 341-346, 2001. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0213911101715786>

Suárez, E., Pérez, C. y Guzmán, J. Métodos alternos de análisis estadístico en epidemiología: frecuentista, verosimilitud y bayesiano. *Puerto Rico Health Sciences Journal*. 19(2); 153-6, 2000. Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-268459?src=similardocs>

Dirección para correspondencia:
Juan Vega-Vargas
Departamento de Ingeniería
Industrial y de Sistemas
Universidad de Tarapacá
Arica
CHILE

Email: juan_vega@hotmail.com

Recibido: 10-01-2022
Aceptado: 26-02-2022