

## LA ESTADÍSTICA EN LA FORMACIÓN DEL MÉDICO

### ESTATÍSTICAS A FORMAÇÃO DOS MÉDICOS

### STATISTICS ON MEDICAL TRAINING

LUIS FERNANDO PÉREZ DUARTE\*

PEDRO MONTERREY\*\*

OSVALDO JESÚS ROJAS VELÁZQUEZ\*\*\*

#### RESUMEN

En este artículo se analizan investigaciones que resaltan la importancia de la enseñanza aprendizaje de la estadística, en particular del Teorema de Bayes en los estudiantes de las facultades de medicina, donde se sugiere que estos pueden aprender a resolver problemas profesionales, basados en esta temática, siempre y cuando se elijan instrumentos didácticos adecuados.

**Palabras clave:** Estadística, Teorema de Bayes, resolución de problemas.

#### RESUMO

*Neste artigo se analisam investigações que resultam da importância do ensino aprendizagem da estatística em particular, do Teorema de Bayes, com estudantes das faculdades de medicina, em que se sugere que esses podem aprender a resolver problemas profissionais, embasados nesta temática, sempre e quando se escolhem instrumentos didáticos adequados.*

**Palavras-chave:** *Estatística, Teorema de Bayes, resolução de problemas.*

#### ABSTRACT

*In this paper we analyze some research results focuses in the paramount importance of the teaching learning of the Statistics, mainly the Bayes' Theorem, in the Medicine Faculties, which shows that problem solving professional it is possible taking into account didactic tools appropriate.*

**Keywords:** *Statistic, Bayes' Theorem, problem solving.*

---

\* MSc. Universidad Antonio Nariño. E-mail: luisfperez@uan.edu.co

\*\* Ph.D. Universidad del Rosario. E-mail: pedro.monterrey@urosario.edu.co

\*\*\* Ph.D. Universidad Antonio Nariño. E-mail: orojasv69@uan.edu.co

<sup>1</sup> Los instrumentos didácticos son todos aquellos, materiales físicos, representación simbólica, que son referentes directos del objeto, que se incorporan a las estrategias de enseñanza, para facilitar la reconstrucción del conocimiento.

## INTRODUCCIÓN

El análisis de la información estadística está en la actualidad presente en las distintas áreas de la actividad humana, pues hoy en día tiene una destacada influencia, en las diferentes esferas de la vida<sup>2</sup>. La simple lectura de un periódico requiere de conocimientos estadísticos para comprender el significado de las tablas de datos, gráficas, entre otra información, y a que se refieren estas, por ejemplo, el consumo de bienes y servicios. El entender este tipo de información facilita la toma acertada de decisiones.

Específicamente en la medicina la presencia de la estadística ha adquirido gran relevancia en las últimas décadas<sup>3</sup>, por esto, uno de los objetivos que se deben desarrollar en las facultades de medicina, es generar competencias necesarias para este fin. Una de estas competencias es el cálculo de probabilidades condicionales inversas mediante el Teorema de Bayes, pues permite incorporar cambios en el grado de creencia sobre los sucesos aleatorios a medida que se adquiere nueva información.

El Teorema de Bayes genera competencias en los procesos de razonamiento de los estudiantes de medicina, que les facilita la toma de decisiones en su vida profesional. Este tipo de razonamiento, en estos profesionales, se encuentra en los procesos de diagnóstico, en la medicina basada en evidencia y en la aplicación a la inferencia estadística en investigación empírica (Monterrey 2016).

Por otra parte, el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Bioestadística en el campo de la medicina ha ocupado a los investigadores, tanto nacional como internacionalmente, valorándose los resultados alcanzados en diferentes reuniones y congresos. Esta temática y en particular las estadísticas bayesianas han sido abordadas en el Congreso Internacional de Educación Matemática (ICME 11), el Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME), la Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (PME), International Conference on Teaching Statistics (ICOTS), en los Encuentros Colombianos de Matemática Educativa (ECME), entre otros. En estas reuniones se ofrecen cursos, conferencias y ponencias, que reflejan las dificultades y avances de estas temáticas en las escuelas de medicina y de su comportamiento.

Particularmente en el ICOTS 9, Forster, Kazak y Veraverbeke (2014) muestran cómo los egresados deben tener competencias en la rama de la estadística, con técnicas de inferencias bayesiana, para poder solucionar problemas donde se aborda la probabilidad condicional.

Diversas son las investigaciones y trabajos realizados sobre estas temáticas en las ciencias de la salud. Sobre la estadística se destacan: Hogg (1992); Norman y Streiner (1996); Indrayan (1996); Butler (1998); Leung (2002); Garfield, Hogg, Schau y Whittinghill (2002); Hassad (2009); Fmiles, Price, Swift, Shepstone y Leinster (2010). Con respecto a la estadística bayesiana aportan: Rossman y Short (1995); Iglesia, Leite, Mendoza, Salinas y Varela (2000); Díaz y Fuente (2007); Mohan, Srihasam y Sharma (2008); Díaz, De la Fuente y Batanero (2012); Villarroel, Dos Santos e Hinojosa (2014). Como resultados de estas investigaciones se muestran propuestas de modelos, estrategias, metodologías y actividades, todas dirigidas a minimizar las dificultades en la enseñanza aprendizaje de la estadística, en particular del Teorema de Bayes en las escuelas de medicina.

En este artículo se analizan investigaciones que resaltan la importancia de la enseñanza aprendizaje de la estadística, en particular del Teorema de Bayes en los estudiantes de las facultades de

<sup>2</sup> Ver por ejemplo Gordon and Nicholas (2009), Utts (n/d), y Lindsay et al (2004).

<sup>3</sup> Al extremo que existen varias revistas especializadas solo en cuestiones estadísticas en medicina, por ejemplo, *Statistics in Medicine*, consultar online en <<https://goo.gl/IZrz1c>> (ISSN)1097-0258 e *International Journal of Statistics in Medical Research* ver en <<https://goo.gl/6STz5R>>

medicina, donde se sugiere que estos pueden aprender a resolver problemas profesionales, basados en esta temática, siempre y cuando se elijan instrumentos didácticos adecuados.

## MÉTODO

Se realizó un análisis de las investigaciones sobre la enseñanza aprendizaje de la estadística, en particular del Teorema de Bayes en las Ciencias Médicas, centrándose en algunos investigadores con mayores aportes a esta temática en el mundo, para esto se tiene en cuenta.

a) Metodología aplicada. Este estudio se desarrolla bajo un paradigma cualitativo, donde se realiza una revisión documental sobre el estado del arte en algunas bases de datos.

b) Procedimiento. Se realizó una búsqueda de aquellas investigaciones que trataban sobre la enseñanza aprendizaje de la estadística y del teorema de Bayes en la medicina, luego son clasificadas para ser analizadas por categorías y áreas de interés, para justificar y definir el alcance de la investigación.

c) Para el análisis de las publicaciones científicas se centró el estudio en la actividad y el impacto. En los indicadores de actividad se visualizó el estado actual de la ciencia y dentro de esto se analizó el número de publicaciones y la productividad. Para los indicadores de impacto se basó en la cantidad de citas que tienen los trabajos, lo que caracteriza la importancia del documento y el reconocimiento que se otorga los investigadores.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### El proceso de enseñanza aprendizaje de la estadística en la formación médica

En el campo de las investigaciones de las ciencias médicas se percibe que la estadística no sólo es una colección de fórmulas matemáticas, sino que se convierte en una herramienta que permite obtener respuestas a las preguntas de investigación en cualquier tipo de estudio cuantitativo (Norman y Streiner, 1996). Esto lleva al interrogante ¿para qué estudiar estadística en las ciencias médicas? Según Leung (2002) el aprendizaje de la estadística brinda ventajas al médico, ya sea para mantenerse actualizado<sup>4</sup> o para dedicarse a la investigación<sup>5</sup>. El conocimiento de la estadística puede ayudar al profesional de la salud a interpretar mejor los resultados de artículos científicos, permite comprender muchos de los términos técnicos que se encuentran en ellos y poder extraer juicios críticos. En ocasiones a los médicos les cuesta realizar interpretaciones de los resultados investigativos, en otras palabras, comprender la forma y el alcance de las derivaciones que se presentan, y se ven obligados a inferir lo mismos que propone el autor del artículo, pero no logran realizar juicios críticos y algunas veces no se poseen los conocimientos suficientes para interpretar los resultados<sup>6</sup>.

Hay que recordar que el proceso de lectura crítica exige el manejo de conceptos epidemiológicos y de estadística. Por otro lado, las investigaciones epidemiológicas, tanto descriptivas, analíticas o experimentales dependen de la estadística en casi todas las fases de su desarrollo (Leung 2002).

<sup>4</sup>Recomendamos el libro de texto "Medical Statistics" de Machin, Campbell and Walters, publicado en 2007, que aborda distintas direcciones necesarias en la profesión médica, también es recomendable Mayer (2004). Una retrospectiva interesante es presentada en Krieger (2010).

<sup>5</sup>En esta última dirección es interesante el artículo de Cadarso Suárez and González Manteiga de 2007 que brinda una panorámica de la bioestadística en medicina.

<sup>6</sup>En el artículo de Ercan et al (2007) se analizan diversos errores presentes en el uso de la estadística en investigaciones médicas.

Leung (2002) afirma que actualmente en las universidades la investigación ha comenzado a sustituir los métodos tradicionales de la docencia, siendo el eje central de los currículos. Entre las razones para este cambio en la formación de los futuros médicos, es que la investigación exige que el estudiante piense y desarrolle su creatividad para la resolución de problemas y no dependa de una memorización mecánica como en las modalidades tradicionales de la docencia, sino que le permite desarrollar sus propias aptitudes analíticas y críticas hacia la ciencia en general y su disciplina en particular. Se comparte los criterios de Leung (2002), pues conlleva a que la estadística tome un papel primordial en el desarrollo de los currículos de las facultades de medicina (Pérez 2016).

En investigaciones anteriores, Indrayan (1996) expresa que las ciencias médicas se enfrentan a la variabilidad y la incertidumbre, al tomar decisiones importantes para el bienestar del paciente. Desde este punto de vista, la ciencia estadística toma relevancia para incidir sobre las ciencias médicas. Además, Indrayan (1996) manifiesta que la actitud negativa de los estudiantes de medicina hacia la estadística, puede atribuirse a los temas tradicionales, ajenos a las ciencias médicas, por lo cual surge la necesidad de utilizar un lenguaje médico.

Hogg (1992) fue uno de los primeros investigadores en plantear una serie de objetivos a desarrollar el pensamiento estadístico, donde se centra en el proceso de aprender hacer preguntas adecuadas y como recopilar datos de forma eficaz, cómo resumir e interpretar la información obtenida, y la forma de entender las limitaciones de las inferencias estadísticas. Su propuesta para el desarrollo de un curso de estadística se centra en:

1. Hacer hincapié en los elementos del pensamiento estadístico:

- La necesidad de datos.
- La importancia de la producción de datos.
- La variabilidad de los datos.
- La importancia de la medición y modelización.

2. Incorporar más datos y conceptos, menos fórmulas matemáticas y minimizar los cálculos y gráficas. Un curso de estadística depende de:

- Datos reales.
- La resolución de problemas en grupo y la discusión.
- Ejercicios de laboratorio.
- Demostraciones sobre la base de los datos obtenidos.
- Presentaciones escritas y orales.
- Proyectos, ya sea de grupo o individual.
- Confiar en las computadoras.

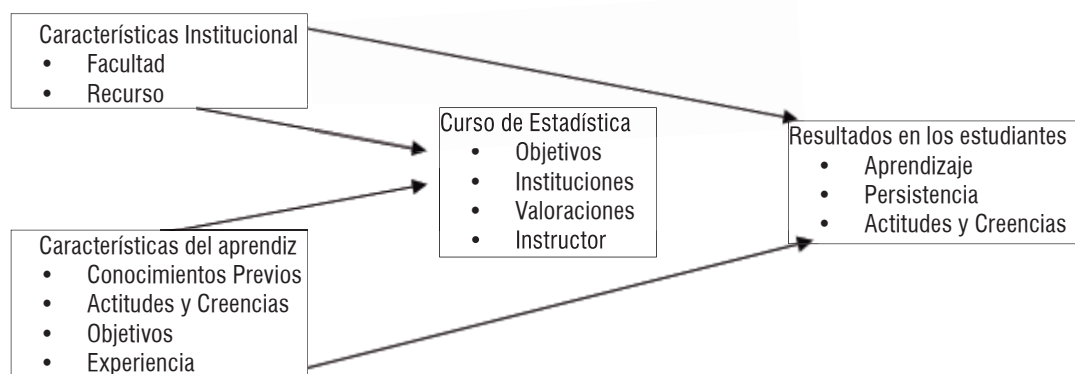
Se considera que esta propuesta permite el alcance de las competencias básicas en cualquier curso de estadística. Se es del criterio que la investigación se queda en indicar algunos aspectos que se deben tener en cuenta en el desarrollo de un curso de estadística, pero no plantea un modelo didáctico que permita alcanzar los objetivos propuestos en el desarrollo del pensamiento estadístico, como si lo propone Pérez (2016).

[...] sugiere que, a pesar del creciente número de estudiantes de medicina y ciencias de la salud que completan los cursos de estadística, estos no suelen utilizar métodos estadísticos en el desarrollo de su profesión, cuando lo realizan, los resultados no son satisfactorios (Butler, 1998, p. 85).

Se considera que esto puede ser debido a la forma en que los cursos de estadística, que tradicionalmente se han enseñado, están orientados con metodologías tradicionalista, centrados en el manejo de fórmulas, y cuando hay utilización de elementos computacionales, se centra simplemente en la obtención de unos resultados numéricos sin ningún contexto y se deja a un lado el desarrollo de las habilidades y el conocimiento compartido.

Garfield, Hogg, Schau y Whittinghill (2002) ratifican que los cursos de introducción a la estadística siguen siendo el foco de las recomendaciones para los cambios en la educación estadística y que debe ser un tema de investigación primordial debido al gran número de estudiantes que ingresan a las facultades de medicina y que no pueden seguir con las mismas deficiencias encontradas en los médicos en ejercicio. Estos autores proponen un modelo preliminar (Ver Figura 1) que muestra los diversos factores que afectan los resultados de los estudiantes en el desarrollo de un curso de estadística.

**Figura 1** - Modelo preliminar de Schau (2002).



Fuente: Schau (2002).

En esta propuesta no se proporciona suficiente evidencia, para informar sobre el desarrollo de un programa detallado acerca de la enseñanza en estadística de los estudiantes de medicina. Sin embargo, sí sugieren ciertos principios que deben aplicarse en el desarrollo de un currículo eficaz. También se es del criterio que una de las problemáticas en la enseñanza de la estadística, en las facultades de medicina es que los temas relevantes para la práctica clínica no se relacionan con el contexto médico, lo cual no permite el desarrollo del pensamiento estadístico.

Hassad (2009) afirma que la creciente importancia de la estadística, para la salud, es en gran medida a la aparición de la medicina basada en la evidencia (MBE), que requiere, que los profesionales sean capaces de identificar, acceder y evaluar críticamente la investigación relevante, las pruebas de fiabilidad, validez, aplicabilidad, hacia el cuidado óptimo del paciente. La MBE ha facilitado la disponibilidad de una mayor accesibilidad cada vez más a unas cantidades de datos de investigación. Esto crea una mayor necesidad e importancia a la investigación biomédica, lo que da lugar a un amplio espectro de datos de diversa calidad y complejidad, y un desafío para la toma de decisiones, en el contexto de la atención al paciente. Tal valoración y utilización de los datos requieren competencias estadísticas, lo que lleva a que el profesional de las ciencias de la salud requiera una mayor preparación en esta ciencia.

Además de la tendencia epidemiológica cambiante, y la definición ampliada de la salud, la importancia de la alfabetización estadística se agudiza por el cambio de paradigma en la atención del



paciente asociado con el enfoque de atención primaria de la salud. Este enfoque coloca la misma responsabilidad y rendición de cuentas para el cuidado del paciente en todos los profesionales de la salud, y no fundamentalmente en el médico (Hassad 2009).

Hassad (2009) afirma que, en el trabajo en equipo, los profesionales de la salud y ciencias del comportamiento, deben estar equipados con los conocimientos y habilidades estadísticas para que puedan evaluar de manera crítica los datos científicos, la validez y aplicabilidad a la toma de decisiones, en el contexto de atención de los pacientes. Se es del criterio que este nuevo modelo de atención exige el cambio, en los programas de estudio de la salud, en cuanto a facilitar la comprensión estadística y la investigación, lo cual conlleva una mejora en la enseñanza de esta ciencia en los estudiantes de medicina, con propuestas novedosas que lleven a la perfección de las competencias estadísticas.

Según Emiles, Price, Swift, Shepstone y Leinster (2010) los profesionales en medicina, deben tener conocimientos de estadística durante su educación de pregrado. Los autores afirman que los trabajos publicados para la enseñanza de la estadística, en los estudiantes de medicina han sido dominados por los estadísticos, con poca participación de los médicos que realmente utilizan los conocimientos y habilidades en el desarrollo de su profesión. Además, aducen que las necesidades de formación estadística de los médicos pueden haber cambiado debido a los avances en tecnología de la información y la comunicación (TIC) y la creciente importancia de la medicina basada en la evidencia. Este cambio se debe, a que se posee una mayor capacidad de información sobre los avances científicos en medicina y a la existencia de equipos de alta tecnología, que permiten un diagnóstico certero del paciente.

Para Emiles et al. (2010) los médicos de hoy en día utilizan la estadística y la probabilidad para una amplia gama de actividades, entre ellas: explicar los niveles de riesgo para los pacientes, el acceso a las guías clínicas y a los resúmenes de las pruebas, la evaluación de marketing médico y del material publicitario. También la emplean en interpretar los resultados de las pruebas de cribado, la lectura de las publicaciones de investigación de interés profesional en general para mejorar las opciones de tratamiento y de gestión que no son estándar.

Por tal motivo se considera que existe la necesidad de investigar los puntos de vista de la práctica de los médicos, en cuanto a la formación estadística necesaria para llevarla a cabo en los estudiantes de medicina de pregrado, con base a su propio uso de estas habilidades en la práctica diaria.

Emiles y otros (2010) indagaron en los médicos en ejercicio, acerca de la formación que recibieron en estadística en su pregrado y de la necesidad de estas competencias en su práctica diaria. Los resultados indicaron que la mayoría no había reconocido el valor de la enseñanza en pregrado de la estadística y la probabilidad, pero en el ejercicio de su profesión habían encontrado posteriormente las habilidades relevantes.

Según estos autores los participantes ofrecieron sugerencias informativas, de cómo se podría haber mejorado su formación de grado, en cuanto al contenido y la estructura de la futura enseñanza. Las respuestas fueron dominadas por el deseo de que los temas estadísticos sean más aplicados a la clínica y para la interpretación de resultados de investigaciones. Uno de los comentarios de los participantes en el desarrollo del cuestionario se refiere que: "Trabajar como médico, con independencia de la actividad de investigación, es difícil sin ningún conocimiento práctico de las estadísticas" (Emiles et al., 2010, p. 12).

Por su parte estos autores plantean ciertos criterios que se deben desarrollar en un curso de estadística en las facultades de medicina:

- Utilizar los resultados, para demostrar a los estudiantes que los médicos creen que el aprendizaje acerca de la probabilidad y la estadística, es relevante para su trabajo diario; y no sólo para aquellos médicos que tengan la intención de llevar a cabo su propia investigación.

- Destacar la gran variedad de áreas, en las que se requiere el conocimiento estadístico, las habilidades y sus beneficios para el médico en ejercicio.
- Emplear ejemplos de cómo se utiliza la estadística en la práctica clínica diaria: por ejemplo, donde se explique los riesgos para los pacientes, comparando tratamientos potenciales e interpretar los resultados de las pruebas diagnósticas.

Un aspecto fundamental en el proceso de enseñanza aprendizaje de la estadística en la formación médica, es la actitud de los estudiantes, Espíndola, Ruiz, Pérez, Díaz y López (2013) exponen la interrogante ¿por qué a los estudiantes no les agrada estudiar Estadística?

Unas de las dificultades que manifiestan los estudiantes de medicina en el desarrollo del curso es la tendencia a reproducir contenidos y a no razonar sus conclusiones. También muy pocos construyen preguntas, argumentos, valoran los procedimientos que realizan al resolver un problema. Además, no reconocen los errores que comenten al solucionar una situación, pues en "... la evaluación del aprendizaje, los estudiantes en su mayoría solo alcanzan niveles reproductivos de asimilación..." (Espíndola et al., 2013, p. 3).

Después del análisis realizado sobre el proceso de enseñanza aprendizaje de la estadística en la formación médica en: Norman y Streiner (1996), Butler (1998), Leung (2002), Garfield, Hogg, Schau y Whittinghill (2002), Hassad (2009), Emiles et al. (2010) y Espíndola et al. (2013), es de destacar que la mayoría de los investigadores coinciden en que los contenidos estadísticos en la carrera de medicina son esenciales y juegan un papel importante en el desarrollo del conocimiento científico, por lo tanto su aprendizaje es necesario para una interpretación adecuada de la observación cuantitativa y de la investigación en medicina, criterios que son compartidos por Pérez (2016). Sin embargo, el carácter abstracto y el rigor matemático de esta ciencia, han llevado a que muchos estudiantes la consideren difícil, y que no reconozcan la aplicabilidad en su rama del saber.

### **El proceso de enseñanza-aprendizaje del Teorema de Bayes en la formación médica**

Rossmann y Short (1995) ratifican que el teorema de Bayes es un tema primordial dentro de las reformas de la educación estadística, presentando en los cursos una diversidad de problemas prácticos, interactivos y facilitando el uso de las TIC. Afirman que en la última década se ha desarrollado un movimiento de reforma a la educación estadística, donde se promueve el aprendizaje activo por parte de los estudiantes, haciendo hincapié en la comprensión conceptual de las ideas fundamentales de estadística. También proponen aplicaciones atractivas que involucran datos reales para los estudiantes, llevándolos a la investigación y utilizar la tecnología como una ayuda hacia el logro de cada uno de estos objetivos.

Por otra parte, la probabilidad condicional y el Teorema de Bayes se consideran opcionales en el mejor de los casos, no parecen ser necesarios para la comprensión del contenido estadístico posterior, pues los restantes temas no utilizan estos conceptos.

Los autores demuestran en su trabajo que se puede aplicar de manera natural y poderosa el estudio de la probabilidad condicional, donde presentan algunas aplicaciones a través de las cuales los estudiantes pueden desarrollar una comprensión intuitiva de probabilidad condicional y del teorema de Bayes. En este proceso se utiliza las TIC para explorar sus propiedades, y aplicarlos cuidadosamente a una variedad de problemas del mundo real, para lograr una gama de niveles de habilidades matemática<sup>7</sup>.

<sup>7</sup>Otras cuestiones relacionadas con la estadística bayesiana en la investigación médica, pueden ser consultadas en Draper (n/d).

Iglesia, Leite, Mendoza, Salinas y Varela (2000) afirman que en los países latinoamericanos, las universidades asocian a sus programas la asignatura de Estadística, presentando el tema de probabilidades, donde los estudiantes tienen su primera aproximación con el teorema de Bayes. En este proceso se hace referencia de una forma operacional, sin dar importancia a su planteamiento y los elementos de juicio que intervienen en este teorema.

Como mencionan los autores se pueden involucrar problemas como:

[...]el de la persona que va al médico, el médico por su experiencia, sospecha que la persona adolece de cierta enfermedad con probabilidad  $P_0$  (probabilidad a priori), como una manera de verificar este hecho el médico le sugiere al paciente realizar un examen de laboratorio (lo observable), una vez conocido el resultado del examen, este se combina con la información a priori para obtener la probabilidad a posteriori,  $P_1$ , la cual representa la probabilidad de que el paciente posea la enfermedad, dado el resultado que se obtuvo del examen (Iglesia et al., 2000, p. 110).

Problemas como este se pueden utilizar para introducir el Teorema de Bayes en el aula con los estudiantes de medicina.

Iglesia et al. (2000) proponen que después de un curso de probabilidades, se debe seguir un curso de inferencia estadística donde se deben incluir los siguientes tópicos:

- Concepto básico de población, parámetros, muestra, distribución a priori y distribución a posteriori.
- Estimación puntual: métodos clásicos y bayesianos.
- Estimación por regiones.
- Hipótesis: tests clásico y tests bayesiano.

Nendaz, Gut, Perrier, Simonet, Blondon, Herrmann, Junod, y Vu (2006) afirman que se deben diseñar enfoques educativos que potencien los mecanismos de la toma de decisiones por parte de los médicos en ejercicio, pues uno de los problemas actuales en la medicina es la toma de decisiones. Se entiende la decisión médica, como la culminación de un problema clínico, que implica en el profesional la activación de mecanismos de razonamiento por factores externos.

Estos autores plantean que los educadores médicos deben considerar como objetivos de formación para los estudiantes los entornos clínicos. También en este proceso se debe reforzar la importancia de utilizar tempranamente y ampliamente hipótesis diagnósticas para enmarcar los datos clínicos, mediante modelos estadísticos, la utilización del Teorema de Bayes, que les permitan mejorar el razonamiento clínico de los estudiantes.

Díaz y Fuente (2007) afirman en su estudio que la resolución de problemas donde intervenga el Teorema de Bayes presenta dificultades para los estudiantes de psicología, y que los errores más frecuentes son:

- Escasas habilidades para operar probabilidades y fracciones.
- Dificultad con el razonamiento proporcional, pues al presentar problemas en formato frecuencial no disminuye esta dificultad.
- Es limitada la identificación correcta de los sucesos y probabilidades, de la partición y subpartición del espacio muestral.
- Dificultad en diferenciar entre probabilidades simples, compuestas y condicionales.

Para Díaz y Fuente (2007) la enseñanza del Teorema de Bayes involucra una relación de conceptos y propiedades, desde la probabilidad simple, condicional, la partición, los axiomas de la unión



y la regla del producto, lo que lo hace un objeto complejo para los estudiantes. Para solucionar esta dificultad se debe realizar un mayor énfasis en la enseñanza de la probabilidad, partiendo de problemas frecuentes, donde se generalice procedimientos en los experimentos presentados.

Además, afirman que a pesar de la dificultad para la enseñanza del Teorema de Bayes y sus aplicaciones, este no se debe apartar de los currículos, pues es una herramienta fundamental en la construcción del concepto de inferencia. En consecuencia, se necesita más tiempo para enseñar este razonamiento para lograr éxitos en los estudiantes y potenciar competencias en la toma de decisiones en los diagnósticos.

Mohan, Srihasam y Sharma (2008) afirman que el análisis de decisiones clínicas proporciona una visión más clara y objetiva. Los médicos que atienden a los pacientes diariamente en sus consultorios, se enfrentan a decisiones que a veces son de rutina, pero puede ser complicado en otras ocasiones. A veces, las decisiones pueden ser respecto a la elección de la investigación o intervención, en otras ocasiones, las decisiones pueden ser tomadas con respecto a una opción terapéutica. De todas formas, la toma de decisiones clínicas es un reto, pues estas decisiones no sólo son inevitables, sino también debe hacerse en condiciones de incertidumbre. Bajo estos aspectos, se está haciendo un intento de proporcionar una visión general con respecto a las aplicaciones del Teorema de Bayes y su utilidad en el análisis de decisión clínica para llegar a un diagnóstico.

Al comprender el lenguaje básico de la probabilidad y la utilidad del Teorema de Bayes, que es una regla matemática que explica cómo se debe cambiar las creencias existentes a la luz de la nueva evidencia, permite desarrollar el razonamiento en el proceso de diagnóstico.

Díaz, De la Fuente y Batanero (2012) afirman que el uso de la probabilidad condicional incorpora cambios en el grado de creencia a medida que se adquieren nuevas informaciones sobre eventos aleatorios, concepto fundamental para la elaboración del espacio muestral. De acuerdo a esto su conveniente comprensión en el razonamiento, es requisito fundamental para el estudio de la inferencia clásica, como la utilización del Teorema de Bayes, lo que permite la toma de decisiones de una forma acertada cuando se presentan situaciones de incertidumbre. Esto conlleva a que sea un concepto fundamental a desarrollarse dentro de los programas universitarios de todos los países. Al presentar dicho concepto se debe tener cuidado en la existencia de intuiciones incorrectas, sesgos de razonamiento, errores de comprensión y aplicación de este concepto, que puede ser transmitido por los docentes.

Villaruel, Dos Santos e Hinojosa (2014) reconocen la dificultad de enseñar a los estudiantes de medicina el razonamiento del experto, pues este se adquiere con la experiencia que lleva a consolidar un conocimiento estructurado y se logra relacionando las variables presentes en un problema clínico vistos con anterioridad en su vida profesional. De acuerdo con esto el currículo debería permitir al estudiante desde el inicio de su formación el contacto variado de numerosos casos clínicos mediante la simulación que lo acerquen a la realidad médica, con el objeto de adquirir su propia experiencia.

A manera de conclusiones las investigaciones revisadas demuestran que el Teorema de Bayes en la actualidad posee aplicabilidad en las ciencias médicas, pues brinda la capacidad de inferir la probabilidad de una causa cuando se ha observado su efecto. Al comprender el lenguaje básico de la probabilidad y la utilidad del Teorema de Bayes se mejoran los procesos de razonamiento y la toma de decisiones en los procesos de diagnóstico médico.

Como resultado del análisis de las investigaciones sobre la enseñanza aprendizaje de la estadística, en particular del Teorema de Bayes en las escuelas de medicina, se constata las siguientes tendencias, las que se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1** - Tendencias enseñanza de la estadística y del Teorema de Bayes.

Enseñanza de la Estadística	Enseñanza del Teorema de Bayes
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desarrolla las competencias de análisis y lleva al estudiante hacer inferencias a partir de una información.</li> <li>2. El conocimiento de la estadística debe preparar al futuro médico para interpretar los resultados de artículos científicos, lo cual mejora la toma de decisiones.</li> <li>3. La estadística debe crear condiciones para mejorar las capacidades de comunicación, manejo de la información y resolución de problemas.</li> <li>4. Que los estudiantes lleguen a comprender y a apreciar el papel de la estadística en su formación, como futuros médicos, conociendo sus aplicaciones y como la estadística ha contribuido al desarrollo de la medicina.</li> <li>5. Uso de las tecnologías.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>6. Debe ser visto como un conjunto de ideas y procedimientos que permiten aplicarlo a la vida real.</li> <li>7. Las aplicaciones del Teorema de Bayes deben ser motivantes para los estudiantes y desencadenar aprendizajes significativos.</li> <li>8. La necesidad de utilizar los contenidos probabilísticos previos para la enseñanza del Teorema de Bayes.</li> </ol>

Fuente: Del autor.

Es de destacar que por su naturaleza propia y a pesar de analizarse por separado, las tendencias de la enseñanza de la Estadística, están presentes en la enseñanza del Teorema de Bayes.

## CONCLUSIONES

En los apartados anteriores se ha realizado una revisión de las investigaciones sobre la importancia de la enseñanza de la estadística, especialmente de la comprensión del Teorema de Bayes.

Se ha comprobado en el análisis de las investigaciones que la enseñanza de la probabilidad presenta algunas dificultades como:

- Deficiencias en conceptos básicos de la aritmética, como el de proporcionalidad.
- La existencia de falsas intuiciones.
- Es limitado el interés en los estudiantes.

Esto se debe por la forma tradicional y abstracta, con la que sean tenidos que enfrentar los estudiantes en su formación, la presentación de los conceptos de forma aislada y sin ninguna relación.

Una similitud encontrada en las diferentes investigaciones, es que la enseñanza de la estadística debe desarrollar las competencias, de análisis y llevar al estudiante hacer inferencias a partir de una información. Pero llegar a esto es complejo, e involucra una serie de conceptos estadísticos, donde es importante, asegurar la comprensión adecuada por parte de los futuros médicos en formación, que tendrán que aplicarlos en su desempeño profesional.

En cada una de estas investigaciones se resalta la importancia de la formación estadística de los futuros médicos, pero no se encuentran propuestas metodológicas, ni didácticas que permitan una mejor comprensión de la estadística, pues se refieren simplemente a dar a conocer las falencias en el proceso de enseñanza y aprendizaje de esta ciencia y a detectar los errores comunes en el análisis de información estadística por parte de los estudiantes.

Uno de los contenidos estadísticos que contribuye a la formación del razonamiento médico, es el Teorema de Bayes. Una de sus aplicaciones es en el proceso de diagnóstico, donde la probabilidad a posteriori de un evento queda determinada por una probabilidad a priori, que se determina a partir de un juicio clínico inicial, que puede ser una valoración subjetiva, basada en la experiencia, o una

medida de frecuencia, obtenida a partir de datos estadísticos. Este juicio inicial se modifica por una información adicional derivada, por ejemplo, de la aplicación de algún criterio de diagnóstico.

A pesar de la esencia matemática del Teorema de Bayes, la adjudicación de las probabilidades a priori es un proceso en el cual el médico debe poner en práctica su juicio clínico, su experiencia, el conocimiento adquirido en su formación y los resultados más actuales de la investigación Biomédica. Este proceso permite fortalecer el desempeño del médico en la práctica profesional y unir la experiencia del profesional con los resultados de las pruebas médicas para el diagnóstico. Esta forma de unificar la experiencia y los resultados más actuales de la investigación, con las evidencias clínicas, facilita la aplicación de los principios de la Medicina Basada en la Evidencia.

Usualmente el Teorema de Bayes es tratado en los cursos de Bioestadística en las Carreras de Medicina, pero su presentación sigue las pautas de los libros de Estadística y en general no se vincula con los problemas de la práctica médica en el contexto de la Medicina Basada en la Evidencia. En este sentido se impone el perfeccionamiento del tema de Probabilidades, en el curso de Bioestadística para Medicina. Se debe lograr que en este proceso se prepare a los estudiantes para perfeccionar las decisiones clínicas, a partir de un conocimiento de las posibilidades de aplicación del Teorema de Bayes en el proceso de diagnóstico clínico.

No obstante, la investigación revisada muestra que este no es un tema sencillo, que tiene una amplia variedad de matices y los estudiantes lo asocian con la problemática de la causalidad y temporalidad, teniendo dificultad en la percepción de los experimentos compuestos en el caso de situaciones sincrónicas. Se confunde independencia y exclusión, se cambian los términos de la probabilidad condicional, se confunde ésta con la probabilidad conjunta y se le asigna a la probabilidad conjunta un valor mayor que a la probabilidad simple, lo cual contradice las reglas lógicas del cálculo de probabilidades.

Algunos autores resaltan la existencia de intuiciones erróneas, sesgos de razonamiento y errores de comprensión en la aplicación del Teorema de Bayes, sin embargo, concluyen, que su enseñanza no es en ocasiones lo suficientemente amplia, como para superar los obstáculos que presentan.

Por esto los docentes deben elaborar problemas donde indiquen información relevante y significativa que le permita al estudiante obtener conclusiones en cuanto a un correcto diagnóstico y cuando se obtengan falsos resultados, crear conflictos cognitivos, para dirigir al estudiante a realizar inferencias correctas en la solución del problema. Esto se puede lograr con la utilización del Teorema de Bayes que facilita el desarrollo del razonamiento clínico, debido a su modelo analítico, el cual le permita realizar inferencia, a través de la comparación de diferentes probabilidades. Los problemas con cierto grado de dificultades están dados por: la identificación del grupo completo de sucesos (las hipótesis), la asignación de probabilidades a las hipótesis (probabilidad a priori) y las verosimilitudes. Estos modelos se pueden desarrollar en el planteamiento de problemas en contexto y buscando una metodología que integre el estudio de la probabilidad y la medicina basada en evidencia.

La introducción del Teorema de Bayes para estudiantes que no tienen un perfil matemático resulta un reto, en primer lugar, por la complejidad de su planteamiento y en segundo lugar porque para su comprensión se necesita haber captado, con cierta profundidad, diferentes conocimientos previos, en un nivel en que el estudiante disponga de habilidades para la formulación probabilística de problemas y para el cálculo de probabilidades en situaciones de mediana complejidad.

Se deben desarrollar propuestas didácticas que relacionen e integren cada uno de los conceptos básicos de probabilidad de forma tal que escalonadamente consoliden el conocimiento de las nociones básicas de la disciplina y creen las condiciones para una comprensión efectiva del Teorema de Bayes.

La propuesta didáctica para la enseñanza del Teorema de Bayes debe destacar la importancia de la definición de probabilidad condicional dentro del proceso de demostración del Teorema de Bayes y relacionar todos los conceptos fundamentales de la probabilidad en redes conceptuales. En este proceso se debe lograr una motivación que facilite la enseñanza y aprendizaje de la estadística, donde se minimicen las dificultades por los bajos niveles de competencias matemáticas, con que llegan los estudiantes a la universidad y por la cual han tratado de refugiarse en ciencias de la salud.

Por todo lo anterior recomendamos que los docentes en las aulas, en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Estadística, deben plantear a los estudiantes problemas retadores y en contexto, que lleven al estudiante a tener conflictos cognitivos, que los lleven a encontrar procedimientos y estrategias convenientes, que los involucren como elementos activos de su propio aprendizaje, lo que les permitirá tener mayor seguridad de los conocimientos adquiridos, lo que eleva el nivel de motivación de los estudiantes, llevándolos a un aprendizaje significativo.

## REFERENCIAS

BAYES, T. AND PRICE, R. **An essay towards solving a problem in the doctrine of chances**, 1763. Disponible en: <<http://rstl.royalsocietypublishing.org>>. Consultado: 6 feb. 2016

BRIEGER, K. Independent Study Statistics in Medicine, Pomona College. **The Evolution of Statistics in Medicine. Past, Present, and Future**, December 2010. Disponible en: <<https://goo.gl/kl7nwS>>. Consultado: 6 jun. 2016.

BUTLER, R. Amstat News. **On the failure of the widespread use of statistics**, n. 251, v. 84, 1998.

BUTLER, R. Journal of Statistics Education. **The Status of Educational Reform Efforts**, Volume 10, Number 3. University of Minnesota, University of Iowa, University of New Mexico, 1998. Disponible en: <<https://goo.gl/lvTsQC>>. Consultado: 12 abr. 2014.

CADARSO, S. AND GONZÁLEZ, **Statistics in biomedical research**, M. Arbor Ciencia, Pensamiento y Cultura. 2007.

DÍAZ, C. Y DE LA FUENTE, I. Educación Matemática. **Dificultades en la resolución de problemas que involucran el Teorema de Bayes. Un estudio exploratorio en estudiantes de psicología**. Educación Matemática, v. 18, n. 2, p. 75-94, 2007.

DÍAZ, C., DE LA FUENTE, E. AND BATANERO, C. **Statistical inference and experimental research. Should we revise our educational practices**. Copenhague: International Commission on Mathematical Instruction. Libro de resúmenes de ICME-10 p. 15, 2012.

DRAPER, D. Department of Applied Mathematics and Statistics University of California. **Bayesian Statistical Analysis in Medical Research**, Santa Cruz, (n.d). Disponible en: <<https://goo.gl/VeeWPY>>. Consultado: 06 jun. 2016.

EMILES, S., PRICE, M., SWIFT, L., SHEPSTONE, L. AND LEINSTER, S. BMC Medical Education. **Statistics teaching in medical school: opinions of practising doctors**, v. 10, n. 75, 2010. Disponible en: <<https://goo.gl/Za8MSi>>. Consultado: 25 jun. 2014.

ERCAN, I. B. YAZICI, Y. YANG, G. ÖZKAYA, S. CANGUR, B. EDIZ AND I. KAN. Eur J Gen Med. **Misusage of statistics in medical research**, v. 4, n. 3, p. 128-134, 2007.

- ESPÍNDOLA, A., RUIZ, J., PÉREZ, O., DÍAZ, G. Y LÓPEZ R. (2013). Revista de Humanidades Médicas. **Caracterización del proceso de evaluación del aprendizaje del contenido estadístico en la carrera de Medicina**, v. 13, n. 1, p. 177-192. 2013. Disponible en: <<https://goo.gl/WnhrEQ>>. Consultado: 11 abr. 2015.
- FORSTER, M., KAZAK, S. AND VERAVERBEKE, N. **Sustainability in statistics education**. Arizona, USA: The 9th International Conference on Teaching Statistics. Flagstaff, 2014
- GARFIELD, J., HOGG, B., SCHAU, C. AND WHITTINGHILL, D. Journal of Statistics Education. **First Courses in Statistical Science: The Status of Educational Reform Efforts**, v. 10, n. 2, 2002. Disponible en: <<https://goo.gl/UKgLjH>>. Consultado: 12 abr. 2014.
- GORDON, S. AND NICHOLAS, J. **Using examples to promote statistical literacy**. UniServe Science Proceedings, (2009).
- HASSAD, R. International Journal of Social Sciences. **Reform-Oriented Teaching of Introductory Statistics in the Health, Social and Behavioral Sciences - Historical Context and Rationale**. v. 4, n 2, p. 132-137, 2009. Disponible en: <<https://goo.gl/q7K0zP>>. Consultado: 21 jun. 2014.
- HOGG, R. **Report of Workshop on Statistics Education in Heeding the Call for Change**. Washington USA: Mathematical Association of American, 1992. p. 34-43
- IGLESIAS, P., LEITE, J., MENDOZA, M., SALINAS, V. Y VARELA, H. Journal of the Chilean Statistical Society. **Mesa Redonda Sobre la Enseñanza de la Estadística Bayesiana**. p. 105 -120, 2000
- INDRAYAN, A. International Journal of Mathematical Education in Science and Technology. **Changes needed in style and content of teaching statistics to medical undergraduates**. v. 17, n. 1, 1986. Disponible en: <<https://goo.gl/37wav1>>. Consultado: 3 abril 2014.
- LAUPACIS, A., SACKETT, D. AND ROBERTS, R. **An assesment of clinically useful measures of the consequences of treatment**. N Engl J Med. 1988.
- LEUNG, W. (2002). Student BMJ. **Why and when do we need medical statistics?** v. 10, p. 227-228, 2002
- LINDSAY, B., KETTENRING, J. AND SIEGMUND, D. Statistical Science. **A Report on the Future of Statistics**. v. 19, n. 3, p. 387-407, 2004.
- MACHIN, D.; M. J. CAMPBELL AND S. J. WALTERS. **Medical Statistics**. John Wiley & Sons Ltd, England, 2007.
- MAESTRE, J., OCAMPO, C., USECHE, N. Y TROUT, G. Duazary. **Medicina basada en la evidencia: revisión del concepto**, v. 9, n. 2, 2012.
- MAYER, D. **Essential Evidence-Based Medicine**. Cambridge University Press, 2004.
- MOLINERO, A. (2002). Asociación española contra la hipertensión arterial. **El método bayesiano en la investigación médica**. 2002. Disponible en <<http://www.seh-lalha.org/bayes1.htm>>. Consultado: 21 jun. 2014.
- MONTERREY, P. **La estadística frecuentista y la estadística bayesiana: dos miradas diferentes a los datos**. Bogotá, COLOMBIA: En G. Chacón (Ed.), Actas de simposio de Matemática y Educación, v. 3, n. 1, p. 3-4, 2016.



NENDAZ, M., GUT, A., PERRIER, A., SIMONET, M., BLONDON, K., HERRMANN, F., JUNOD, A. AND VU, N. J Gen Intern Med. **Brief Report: Beyond clinical experience: features of data collection and interpretation that contribute to diagnostic accuracy.** v. 21, p. 1302-1305, 2006.

NORMAN, G. Y STREINER, D. UNO. Dificultades del alumnado respecto a la probabilidad condicional. v. 5, p. 37-55, 1995

PÉREZ, L. **El Teorema de Bayes en el proceso de formación de los estudiantes de medicina: una herramienta para su actuación profesional.** Tesis de doctorado no publicada, Universidad Antonio Nariño. Bogotá, Colombia. 2016.

RAMIREZ, C., SCHAU, C. AND EMMIOGLU, E. Journal, Statistics Education Research. **The Importance of Attitudes in Statistics Education,** v. 11, n. 2, p. 57-71, 2012.

RANCICH, A. Y CANDREVA, A. Educación Médica Salud. **Razonamiento Medico:** Factores y condiciones de la resolución de problemas como estrategia de Enseñanza-Aprendizaje, v. 29, n. 3, 1995. Disponible en: <<https://goo.gl/k4Wuiv>>. Consultado: 25 mayo 2016

ROSSMAN, A. Y SHORT, T. Journal of Statistics Education Razonamiento. **Clínico: Su Déficit Actual y la importancia del aprendizaje de un Método durante la formación de la Competencia Clínica del Futuro Médico.** v. 3, n. 2, 1995. Disponible en: <<https://goo.gl/6qDMnB>>. Consultado: 15 feb. 2014.:

SILVA, L. Y BENAVIDES, A. Gac Sanit. **El enfoque bayesiano: otra manera de inferir.** v. 15, p. 341-346, 2001.

UTTS, J. (n.d). **The Importance of Statistics Education,** Department of Statistics University of California, Irvine. Disponible en: <<https://goo.gl/PZPJmB>>. Consultado: 01 jun. 2016

VALLECILLOS, A. AND BATANERO, C. **Conditional probability and the level of significance in tests of hypotheses.** Valencia ESPAÑA: Universidad de Valencia. En L. Puig y A. Gutiérrez (Eds.), Proceedings of the Twentieth Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, v. 4, p. 271-378. 1996.

VILLARROEL, J., DOS SANTOS, K. Y HINOJOSA, N. Revista Científica de Ciencias Médicas. **Razonamiento clínico: Su déficit actual y la importancia del aprendizaje de un método durante la formación de la competencia clínica del futuro médico.** v. 17, n. 1, p. 29-36, 2014.

---

**RECEBIDO EM:** 05 jun. 2016.

**CONCLUÍDO EM:** 05 ago. 2016.