

January 2010

## Importancia del manejo estadístico adecuado de datos refractivos

Diana García Lozada

*Fundación Universitaria del Área Andina*, digarcia6@areandina.edu.co

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/svo>



Part of the [Eye Diseases Commons](#), [Optometry Commons](#), [Other Analytical, Diagnostic and Therapeutic Techniques and Equipment Commons](#), and the [Vision Science Commons](#)

---

### Citación recomendada

García Lozada D. Importancia del manejo estadístico adecuado de datos refractivos. *Cienc Tecnol Salud Vis Ocul.* 2010;(2): 129-138. doi: <https://doi.org/10.19052/sv.820>

This Artículo de Investigación is brought to you for free and open access by the Revistas científicas at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in *Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular* by an authorized editor of Ciencia Unisalle. For more information, please contact [ciencia@lasalle.edu.co](mailto:ciencia@lasalle.edu.co).

# Importancia del manejo estadístico adecuado de datos refractivos

Diana García Lozada\*

## RESUMEN

La bioestadística es la aplicación de las herramientas estadísticas a las ciencias biológicas y de la salud, y puede ser descriptiva o inferencial, siendo fundamental su aplicación a la investigación cuantitativa. Es importante que en Colombia se genere investigación en optometría, no solo de tipo descriptivo, sino también analítico y experimental, con la aplicación adecuada de las técnicas estadísticas paramétricas y no paramétricas. Para ello es primordial que, desde la metodología de los estudios, se plantee adecuadamente la clasificación de las variables o características bajo observación. El presente artículo plantea que, en el caso de estudios que incluyan el análisis de técnicas de refracción tales como retinoscopia, autorrefractometría o subjetivo, lo ideal será obte-

ner el dato en la forma tradicional (esfera, cilindro y eje) y luego categorizar la variable en el nivel que sea más conveniente en cada caso (nominal, ordinal, numérico), para así utilizar las técnicas estadísticas más convenientes, con el fin de dar un manejo adecuado a los datos y llegar a resultados y conclusiones válidas y confiables. De este modo, los resultados de las investigaciones realizadas en nuestro país sobre procedimientos de refracción se podrán comparar con los de estudios llevados a cabo en países como Estados Unidos, Australia o Reino Unido.

**Palabras clave:** interpretación estadística de datos, epidemiología, bioestadística, errores de refracción, investigación aplicada, optometría.

\* Optómetra. Especialista en Epidemiología. Docente del Programa de Optometría de la Fundación Universitaria del Área Andina. Correo electrónico: digarcia6@areandina.edu.co

Fecha de recepción: 30 de julio del 2010

Fecha de aprobación: 10 de septiembre del 2010

## Importance of proper statistical management of refractive data

### ABSTRACT

Biostatistics is the application of statistical tools to biological and health sciences and may be descriptive or inferential; their application is essential to quantitative research. It's important to generate optometric research in Colombia, not only descriptive but also analytical and experimental, with the appropriate application of parametric and nonparametric statistical procedures; for this purpose it's important, since the methodology of the studies, to consider adequately the classification of the variables or characteristics under observation. This article suggests that for studies that include analysis of refractive techniques such as retinoscopy, autorefractometry or subjective, measu-

rements must be taken in the traditional form (sphere, cylinder and axis) and then categorized in the most appropriate level in each case (nominal, ordinal, numeric) in order to apply statistical techniques that allow to give an adequate management of data and to reach valid and reliable conclusions. Thus, the results of research conducted in our country about refraction methods may be compared with those carried out in countries like the United States, Australia or UK.

**Keywords:** Data interpretation statistical, epidemiology, biostatistics, refractive errors, applied research, optometry.

## INTRODUCCIÓN

En el campo clínico, el componente refractivo ocular de un paciente se expresa en dioptrías esféricas o esferocilíndricas. Ese dato será utilizado junto con otros en la correlación clínica, que permitirá arribar al diagnóstico y orientar hacia una conducta que debe seguirse con el fin de solucionar el problema visual identificado. En el campo de la investigación cuantitativa, es conveniente analizar cuál debe ser el manejo de los datos refractivos, teniendo en cuenta que no será un solo dato a interpretar, sino que se tendrán los datos de un grupo de pacientes, para ser sometidos a un manejo estadístico.

Hasta el momento, la mayoría de las investigaciones publicadas en el área de optometría, no solo en Colombia, sino también en otros países, han sido de tipo descriptivo. En nuestro país, tales estudios han tratado de aprovechar la gran cantidad de información recopilada durante la atención de pacientes, ya sea en brigadas de atención realizadas por las instituciones universitarias a colegios y empresas, o en consultorios particulares de optometría.

Para la realización de estudios descriptivos, analíticos y experimentales, es indispensable dar el manejo estadístico adecuado a las variables de medición. En el caso de variables de tipo cualitativo, se debe justificar adecuadamente la elección de las categorías de clasificación, por lo que se sugiere que estas se basen en los criterios establecidos por asociaciones profesionales internacionalmente reconocidas. Un ejemplo de esto son las escalas de graduación del Institute for Eye Research, de Australia, para las complicaciones causadas por el uso de lentes de contacto, o las clasificaciones de las alteraciones oculomotoras propuestas por la Asociación Americana de Oftalmología. En el caso de algunas variables de tipo cuantitativo, el análisis puede ser relativamente sencillo (es el caso de la agudeza visual o la amplitud

de acomodación), pero los datos de refracción, tales como la retinoscopía, la autorrefractometría o el subjetivo, han sido interpretados de diferentes formas por los investigadores, tal vez debido a la falta de un criterio unificado para su manejo. Por ejemplo, se han realizado investigaciones sobre la prevalencia de defectos refractivos en diferentes tipos de poblaciones, y se han establecido criterios diferentes de clasificación en cada caso, midiendo los defectos, a veces de forma cualitativa, y en ocasiones de forma cuantitativa. Debido a que las escalas de medición han sido diferentes, los resultados no son comparables. Algunos investigadores, para hacer comparaciones entre diferentes queratometrías o retinoscopías, llegan a no tener en cuenta el eje (lo que no tiene en cuenta la interacción que existe entre el eje y la potencia de los meridianos). Otros han tomado cada componente por separado (esfera, cilindro y eje).

Para los profesionales en general, un acercamiento a la estadística resulta difícil de asimilar, ya que no están familiarizados con el área, lo que conlleva a dificultades en el aprendizaje de temas que son de gran utilidad práctica, en especial para la lectura crítica de textos y artículos científicos. El objetivo de este texto es exponer de forma sencilla los diferentes manejos estadísticos que se le pueden dar a los datos refractivos y las ventajas y desventajas en cada caso, proponiendo, al final, un nuevo método, que permite dar a los datos esferocilíndricos un manejo más apropiado para los fines de la investigación epidemiológica.

## BIOESTADÍSTICA

La estadística es un conjunto de técnicas para organizar, analizar e interpretar conjuntos de datos u observaciones, y que tiene utilidad en la toma de decisiones en otras ciencias, como la economía, la psicometría, la biología, la medicina, la salud pública, etc. La bioestadística es la rama de la estadística

aplicada que estudia la utilización de métodos estadísticos en problemas médicos y biológicos, es decir, es la aplicación de las herramientas estadísticas a las ciencias biológicas y de la salud, y puede ser descriptiva o inferencial (Blanco y Maya, 2006). La estadística descriptiva tiene por objeto organizar y sintetizar la información contenida en los datos obtenidos de una muestra, de tal manera que puedan ser interpretados. Incluye medidas de frecuencia absolutas y relativas (porcentajes) y de tendencia central (media, mediana y moda), medidas de variabilidad o dispersión (rango, cuartiles, varianza y desviación estándar), medidas de forma (curtosis y simetría) y diversos coeficientes de correlación. Además, incluye varios tipos de tablas y representaciones gráficas (sectores, barras, histogramas, etc.). La estadística inferencial pretende, con base en probabilidades, inferir los valores muestrales (estadísticos) de la respectiva población (parámetros); incluye el planteamiento de hipótesis (nula y alterna) y trata de hacer predicciones desde una muestra representativa (y de tamaño adecuado) hacia la población (Daniel, 2007). Los métodos estadísticos deben aplicarse según características tales como el tamaño de la muestra y la distribución de las variables a analizar, entre otras. De acuerdo con ello, será apropiado aplicar técnicas paramétricas (en el caso de variables cuantitativas con muestras grandes o con distribución normal) o no paramétricas (para variables cualitativas o cuantitativas con muestras pequeñas o sin distribución normal), según sea el caso (Álvarez y Álvarez, 1998).

La investigación mediante el método epidemiológico requiere de la estadística para: el análisis adecuado de los datos, la determinación de las variables más relevantes, así como de las asociaciones y las correlaciones entre ellas, y la comprobación de hipótesis, es decir, para la aplicación de cualquier prueba de significación estadística (Álvarez y Álvarez, 1998).

La variable o característica que está siendo observada en los sujetos de estudio puede medirse de acuerdo a una escala con cuatro niveles: nominal (asignando atributos o categorías que carecen de jerarquía), ordinal (asignando atributos que pueden ser ordenados en forma ascendente o descendente), de intervalo (cuantitativa con valor cero arbitrario) y de razón (cuantitativa con valor cero absoluto). Los niveles nominal y ordinal son de tipo cualitativo (Dawson y Trapp, 2005).

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS REFRACTIVOS**

El primer paso será consolidar una base de datos, cuidando la calidad de los mismos y expresando la variable en el nivel más alto posible de la escala, es decir, nivel cuantitativo de razón. Así, si se quiere, luego podrá ser transformada a cualquier otro nivel de la escala. En el caso de datos refractivos, esto significa que deberían expresarse como fórmula esfero-cilíndrica con tres componentes separados, tal como es la representación tradicional (esfera, cilindro y eje), para luego convertirla a la escala deseada.

Hasta el momento, han existido varias formas de manejar los datos refractivos: transformar la variable a escala cualitativa (nominal u ordinal), manejar cada uno de los componentes por separado o utilizar el equivalente esférico. Aquí también se expondrá el método de transformación a representación vectorial, por considerarlo más apropiado.

## **ESCALA CUALITATIVA**

Una forma simple de clasificar los defectos refractivos es asignarles categorías nominales: emetropía, miopía, hipermetropía y astigmatismo, existiendo así cuatro posibilidades de clasificar el dato. Esta forma corresponde a la escala más baja de medición.

Por ejemplo, un resultado retinoscópico de - 3,50 esf será registrado como miopía, y uno de + 0,75 esf, como hipermetropía, agrupando en la misma categoría los datos del mismo signo, el dato refractivo -1,00 -2,00 x 0° quedará clasificado como astigmatismo, pudiendo quedar todos los datos esferocilíndricos en la misma categoría, sin importar la cantidad de esfera o cilindro o el valor del eje. Tampoco se diferencia entre astigmatismos miópicos, hipermetrópicos o mixtos, con lo cual queda claro que al utilizar la escala de medición nominal, se pierde la precisión del dato. Este nivel de medición es adecuado para otro tipo de variables, tales como color de ojos o ciudad de procedencia.

Dentro de los niveles cualitativos, también se puede manejar la variable en escala ordinal expresando cada defecto como bajo, medio o alto, de acuerdo con el grado y con los puntos de corte deseados. En el caso anterior, un resultado de - 3,50 esf será categorizado como miopía media, siendo diferente a un dato de - 0,75 esf (miopía baja) o de - 8,00 esf (miopía alta), permitiendo posteriormente establecer comparaciones. En el caso del astigmatismo, podrían elegirse diferentes clasificaciones, como por ejemplo: según el grado (bajo, medio o alto) o según el tipo (miópico, hipermetrópico o mixto), de acuerdo con el interés de la investigación, pero se insiste en que las categorías estén basadas en criterios académicos y científicos internacionalmente aceptados. Sin embargo, hay que destacar que la variable original se obtuvo en forma cuantitativa, pero se le ha bajado de categoría para el análisis, lo cual dará lugar a un análisis estadístico de menor poder.

La escala ordinal es apropiada para variables como tolerancia al lente de contacto (buena, regular, mala) o grado de ojo rojo (leve, moderado, severo).

Así pues, el análisis descriptivo se podrá mostrar a través de gráficos de barras o sectores para pre-

sentar las frecuencias absolutas o relativas (porcentajes), y el análisis estadístico inferencial se podría hacer buscando asociaciones con factores tales como edad o sexo, a través de coeficientes de asociación ( $\chi^2$  cuadrado y su respectivo valor de  $p$ ). También, y de forma más completa, se podría incluir la variable “estado refractivo” dentro de un análisis multivariado de tipo regresión logística.

En un estudio descriptivo realizado por Coronado y Dueñas (2005) en el que se evaluó la relación entre alteraciones refractivas y rendimiento escolar en 62 pacientes, se utilizó una escala cualitativa nominal que incluía miopía, hipermetropía y astigmatismo, excluyendo, sin razón, la emetropía; además, cada uno de los defectos se clasificó como bajo, medio o alto, asignando los mismos puntos de corte para miopía e hipermetropía, lo que podría no ser académicamente correcto. Los astigmatismos de 0,25 fueron tomados como esféricos. Otro estudio realizado en Medellín consideró como astigmatismo a “los cilindros mayores de 0,50 dpt y que fueran la mitad más 0,25 del valor de la esfera”; además, reportaron 6,2% de miopía, 49,6% de hipermetropía y 31,9% de astigmatismo, pero no aclaran si el porcentaje restante eran emétopes (Lasso, 1998).

Otra investigación retrospectiva realizada en la Fundación Oftalmológica de Medellín midió las frecuencias relativas (porcentajes) de los defectos que se encontraron, arrojando resultados diferentes al 100%, debido a una inadecuada clasificación. El estudio refiere que “se encontraron 87 (59,6%) hipermetropes, 52 (35,6%) astigmatas, 9 (6,16%) miopes y 23 (15,7%) emétopes; este porcentaje es mayor del 100% debido a que los astigmatismos pueden ser puros o asociados a hipermetropía o miopía” (González y Gutiérrez, 1989). No es adecuado expresar proporciones cuya sumatoria sea diferente al 100%, ya que las categorías deben ser mutuamente excluyentes (un dato no puede pertenecer a varias categorías).

## MANEJO DE LOS COMPONENTES SEPARADOS

El manejo estadístico puede ser sencillo si los datos son exclusivamente esféricos, ya que se puede mantener la variable como cuantitativa y utilizar procedimientos de estadística descriptiva e inferencial, con base en promedios, desviación estándar, rango (mínimo y máximo), etc.; pero si la fórmula es esferocilíndrica, no sería correcto analizar únicamente el valor del cilindro sin tener en cuenta su eje, debido a la interacción de las mediciones: pequeñas variaciones en el eje de cilindros altos pueden producir el mismo emborronamiento dióptrico que grandes variaciones en el eje de cilindros bajos. Así pues, una variación en el poder de la esfera o el cilindro pueden causar variación en el poder dióptrico neto (Harvey et ál., 1997).

Estimar la varianza del componente astigmático tiene el problema de la expresión del cilindro en forma polar, por ejemplo,  $-2.00 \times 180^\circ$ . Es por eso que la mayoría de los investigadores reconoce que la representación tradicional de la refracción no es adecuada para el análisis cuantitativo (Jorge et al., 2005). Se considera que si se procesan los datos correspondientes a los tres parámetros por separado (esfera, cilindro y eje), su tratamiento resulta incongruente (Muñoz-Escrivá y Furlan, 2000); no se podría decir, a fines matemáticos, que, por ejemplo, un dato de  $-0,25 - 3,00 \times 15^\circ$  sea igual a un  $-0,25 - 3,00 \times 0^\circ$ , solamente porque el valor del cilindro es el mismo. Aquí es evidente, entonces, que la interpretación clínica que se les puede dar a los datos es diferente a la interpretación matemática, ya que, en el caso de grupos, el análisis debe tener un valor epidemiológico y no individual. A pesar de ser inadecuada, esta metodología es comúnmente utilizada en las investigaciones sobre optometría en Colombia.

Un estudio de Nayak, Ghose y Singh (1987) publicado en el *British Journal Of Ophthalmology* comparó

las refracciones manifiesta y bajo cicloplejia realizadas por autorrefractometría; además de analizar las diferencias en el promedio y la desviación estándar del equivalente esférico, también tuvo en cuenta la esfera y el cilindro por separado.

## USO DEL EQUIVALENTE ESFÉRICO

Otro posible manejo estadístico se puede hacer si se reemplaza la refracción esferocilíndrica por su equivalente esférico. Este método tiene la ventaja de que se mantiene la característica cuantitativa de la variable, lo que permite el manejo y aplicación de procedimientos estadísticos más potentes, tales como correlación o regresión lineal, entre otros, cuyos resultados permitirán mejores conclusiones. Sin embargo, al obtener un equivalente esférico se pierde información sobre los datos, puesto que un mismo equivalente esférico puede corresponder a diferentes estados refractivos (Muñoz-Escrivá y Furlán, 2000). Por ejemplo, a las fórmulas  $-1,00 - 1,00 \times 0^\circ$  y  $-0,50 - 2,00 \times 20^\circ$  les corresponde el mismo equivalente esférico ( $-1,50$ ), siendo evidente además que se pierde la información sobre el eje.

Un estudio que basó por completo su análisis en el equivalente esférico fue el de Uras et ál. en 2001, en el que se comparó la autorrefractometría con la refracción clínica en 1.001 ojos de 504 pacientes, y se encontró que la prescripción final del paciente debe basarse en el análisis de ambos resultados.

## TRANSFORMACIÓN A VECTORES

Según Bullimore, Fusaro y Adams (1998), una de las limitaciones de los estudios que comparan resultados refractivos obtenidos mediante retinoscopía, autorrefractometría o subjetivo ha sido el análisis estadístico del componente astigmático. Algunos no han tenido en cuenta los datos astigmáticos (Zadnik et ál., 1992) o los análisis han sido inapropiados. Esto

se ha atribuido, en parte, a la falta de métodos ampliamente aceptados para el manejo de ese tipo de datos.

Es posible obtener una solución a estos problemas utilizando varios métodos que permiten calcular variables derivadas, que se pueden analizar estadísticamente de forma más adecuada. Una manera de hacer el análisis estadístico es transformar los resultados refractivos esferocilíndricos en representaciones de vectores, tal como lo han recomendado Thibos, Wheeler y Horner (1997), quienes propusieron que los métodos estadísticos estándar se pueden aplicar a datos refractivos si esfera, cilindro y eje se convierten a una representación de series de Fourier, expresándolos con tres coeficientes con unidades en dioptrías, que representan los parámetros de un lente delgado como sus componentes ortogonales: M es el equivalente esférico y equivale al valor dióptrico que corresponde al círculo de mínima confusión del intervalo de Sturm producido por la potencia astigmática en cuestión, es decir, representa el valor dióptrico que llevaría el círculo de mínima confusión a la retina;  $J_0$  y  $J_{45}$  son dos cilindros cruzados de Jackson, uno en eje  $0^\circ$  con poder  $J_0$ , el otro con eje  $45^\circ$  y poder  $J_{45}$ . Los anteriores términos astigmáticos se obtienen mediante las siguientes ecuaciones:

$$M = E + \frac{C}{2} \quad J_{45} = -\frac{C}{2} \operatorname{seno} 2\alpha \quad J_0 = -\frac{C}{2} \operatorname{coseno} 2\alpha$$

Cabe aclarar que el componente M es el equivalente esférico y que los componentes astigmáticos  $J_0$  y  $J_{45}$  representan cilindros cruzados de Jackson (superposición de dos cilindros puros, uno positivo y otro negativo, de igual valor absoluto, con sus ejes a  $90^\circ$ ), es decir que un dato J de 0,50 D corresponde a un poder cilíndrico total de 1,00 D. Un valor  $J_0$  positivo corresponde a un astigmatismo con la regla y un valor  $J_0$  negativo representa un astigmatismo contra la regla. Un valor  $J_{45}$  positivo corresponde a un astigmatismo con eje entre 0 y  $90^\circ$  y un valor  $J_{45}$  negativo

representa un astigmatismo con eje entre  $90^\circ$  y  $180^\circ$ . Esta forma de notación resulta útil para cuantificar diferencias entre valores de potencias dióptricas (Muñoz-Escrivá y Furlán, 2000).

Por ejemplo, si se tiene un dato refractivo de + 2,00 - 3,00 x  $0^\circ$ , al aplicar las transformaciones, quedan los siguientes parámetros:

$$\begin{aligned} M &= + 2,00 + (-3,00 / 2) = + \mathbf{0,50} \\ J_0 &= - (- 3,00 / 2) \operatorname{coseno} (2 \times 0) = + \mathbf{1,50} \\ J_{45} &= - (- 3,00 / 2) \operatorname{seno} (2 \times 0) = \mathbf{0} \end{aligned}$$

Tomando los mismos valores de esfera y cilindro, pero con eje oblicuo (+ 2,00 - 3,00 x  $45^\circ$ ), el resultado es:

$$\begin{aligned} M &= + 2,00 + (- 3,00 / 2) = + \mathbf{0,50} \\ J_0 &= - (- 3,00 / 2) \operatorname{coseno} (2 \times 45) = \mathbf{0} \\ J_{45} &= - (- 3,00 / 2) \operatorname{seno} (2 \times 45) = + \mathbf{1,50} \end{aligned}$$

El equivalente esférico es el mismo en ambos casos, ya que su cálculo no involucra al eje, pero los otros dos componentes sí cambian: si el eje es horizontal, el componente  $J_0$  es mayor que el  $J_{45}$ , y si el eje es oblicuo puro, el  $J_{45}$  es mayor. Si el eje fuera  $30^\circ$ , los componentes  $J_0$  y  $J_{45}$  serían + 0,75 y + 1,30 respectivamente. Es decir que si el eje está más cerca de la horizontal, el componente  $J_0$  será mayor y, por el contrario, si el eje está más cerca de  $45^\circ$ , el parámetro  $J_{45}$  será más alto. Esto quiere decir que cualquier potencia esferocilíndrica (esfera, cilindro y eje) se puede obtener de manera equivalente con la superposición de otros tres lentes: una esfera pura cuyo valor es el equivalente esférico M y dos cilindros cruzados de Jackson, uno con sus ejes a  $0^\circ$  y  $90^\circ$  ( $J_0$ ) y el otro con sus ejes a  $45^\circ$  y  $135^\circ$  ( $J_{45}$ ).

En el caso de las fórmulas que se plantearon como ejemplos para analizar el equivalente esférico (- 1,00 - 1,00 x  $0^\circ$  y - 0,50 - 2,00 x  $20^\circ$ ), aplicando las ecua-



ciones del método de vectores, los componentes resultantes  $M$ ,  $J_0$  y  $J_{45}$  quedan así: - 1,50, 0,50 y 0, y - 1,50, 0,77 y 0,64, respectivamente, siendo claro que ambas fórmulas son matemáticamente diferentes.

Según Harris (2007), los vectores de poder pueden ser útiles para sumar, restar y promediar potencias de lentes delgadas (tomando cada componente  $M$ ,  $J_0$  y  $J_{45}$  por separado); además, las representaciones vectoriales pueden utilizarse para análisis estadísticos básicos, especialmente, para comparar errores refractivos, lentes o refracciones y consecuentemente realizar estudios estadísticos de manera directa (Muñoz-Escrivá y Furlán, 2001), o incluso para estudiar la distribución estadística de los errores refractivos (Muñoz-Escrivá y Furlán, 2000). Así mismo, Thibos et ál. (1997) indican la utilidad de este método para evaluar la confiabilidad y repetibilidad de las medidas del error refractivo.

Un estudio realizado en Cali por Betancourt, De La torre y Piñeros (2009) analizó las diferencias entre las refracciones objetiva por wavefront y subjetiva en 156 ojos de 94 pacientes y encontró diferencias significativas entre ambas pruebas. Los autores describen que “el análisis de las diferencias se hizo transformando los vectores polares en vectores cartesianos, donde los tres componentes son ortogonales y permiten comparar dos vectores ubicados en los meridianos X y Y mediante la función matemática de seno y coseno”, lo que permitió una mejor comparación estadística entre los resultados de las dos técnicas.

Este método también es el más adecuado para el estudio individual de casos cuando se quiere obtener el error refractivo residual que se crea al colocar una compensación esferocilíndrica con el eje incorrectamente situado, por ejemplo, al adaptar un lente de contacto blando tórico. Además, es útil para el enten-

dimiento de la técnica del cilindro cruzado de Jackson, al afinar eje y potencia del cilindro durante la refracción subjetiva (Muñoz-Escrivá y Furlán, 2000).

Por otra parte, la interpretación de los resultados de los estudios que utilizan este método puede ser compleja, teniendo en cuenta que los componentes  $J_0$  y  $J_{45}$  no se miden con las técnicas refractivas y aun se debe profundizar en su significado clínico. No obstante, es sencillo aplicar los que se refieren al componente  $M$ , cuyo cálculo es simple y familiar para los optómetras.

## CONCLUSIÓN

Los estudios descriptivos tienen varios roles importantes dentro de la investigación en optometría, ya que son fundamentales para conocer la situación en salud visual de una determinada población o comunidad y su realización es relativamente sencilla. No obstante, se hace necesario realizar también estudios de tipo analítico y experimental que permitan una mayor generación de conocimiento y, por ende, el avance de la ciencia optométrica. Es necesario que la investigación sobre optometría en Colombia avance hacia la realización de estudios cuyos objetivos sean hallar asociaciones entre determinados factores de riesgo y la aparición de alteraciones oculares y visuales.

En las investigaciones que se adelanten, se debe ser cuidadoso en el manejo de los datos y las variables, lo que permitirá la utilización de análisis estadísticos diversos para llegar a resultados y conclusiones válidas y confiables que apoyen la toma de decisiones de carácter clínico o administrativo. También es primordial analizar y evaluar adecuadamente todo tipo de datos, definir las variables de estudio de acuerdo al marco teórico, detectar errores y sesgos, definir las escalas de medición más adecuadas, etcétera.

En el caso de la investigación sobre salud visual, un manejo estadístico homogéneo es indispensable en estudios sobre el proceso de emetropización y sobre la validez y la confiabilidad (precisión) de los test de refracción, cirugía refractiva y cálculo de lentes intraoculares (nomogramas), y en cualquier investigación que pretenda comparar los resultados de diferentes estudios y hacer inferencias poblacionales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, F. y Álvarez, A. (1998). *Investigación y epidemiología*. Bogotá: Ecoe ediciones.
- Betancourt, C., De Latorre, A. y Piñeros, O. (2009). Precisión de la refracción objetiva por wavefront comparada con la refracción subjetiva tomada como prueba de oro. *Investigaciones Andina*, 11, 19, 66-80.
- Blanco, J.H. y Maya, J.M. (2006). *Epidemiología básica y principios de investigación*. (2ª Ed.). Medellín: Corporación para investigaciones biológicas.
- Bullimore, M.A., Fusaro, R.E. y Adams, C.W. (1998). The repeatability of automated and clinician refraction. *Optometry and Vision Science*, 75, 617-622.
- Coronado, M.P. y Dueñas, Y.A. (2005). *Relación entre alteraciones refractivas y rendimiento escolar en niños de básica primaria en edades entre 6 y 13 años de la escuela El Palmar ubicada en el municipio de Manta Cundinamarca durante el I ciclo de 2005*. Trabajo de grado para optar al título de Optómetra. Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.
- Daniel, W.W. (2007). *Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de la salud*. (4ª Ed.). México: Limusa Wiley.
- Dawson, B. y Trapp, R.G. (2005). *Bioestadística médica*. (4ª Ed.). México: El Manual Moderno.
- González, E. y Gutiérrez, L.F. (1989). Ptosis palpebral en la Fundación Oftalmológica Colombiana, estudio retrospectivo de 148 casos. Medellín, 1984-1988. *CES Medicina*, 3, 1, 19-23.
- Harris, W.F. (2007). Power vectors versus power matrices, and the mathematical nature of dioptric power. *Optometry and Vision Science*, 84, 1060-1063.
- Harvey, E.M. et ál. (1997). Reproducibility and accuracy of measurements with a hand held autorefractor in children. *British Journal of Ophthalmology*, 81, 941-948.
- Jorge, J. et ál. (2005). The influence of cycloplegia in objective refraction. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 25, 340-345.
- Lasso, E. (1998). Prevalencia de problemas visuales en menores de 12 años. Santo Domingo, Antioquia. *CES Medicina*, 12, 1, 26-33.
- Muñoz-Escrivá, L. y Furlan, W.D. (2000) Representación matricial, vectorial y escalar de la potencia dióptrica. *Ver y Oír*, 521-527.
- (2001). Statistical analysis when dealing with astigmatism: assessment of different spherocylindrical notations. *Ophthalmic Epidemiology*, 8, 27-37.
- Nayak, B.K., Ghose, S. y Singh, J.P. (1987). A comparison of cycloplegic and manifest refractions on the NR-1000F (an objective Auto Refractometer). *British Journal of Ophthalmology*, 71, 73-75.
- Thibos, L.N., Wheeler, W. y Horner, D. (1997). Power vectors: An application of Fourier Analysis to the description and statistical analysis of refractive error. *Optometry and Vision Science*, 74, 367-375.

Uras, R. et ál. (2001). Análise comparativa da refração automática objetiva e refração clínica. *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*, 64, 33-38.

Zadnik, K., Mutti, D. y Adams, A. (1992). The Repeatability of Measurement of the Ocular Components. *Investigative Ophthalmology and Vision Science*, 33, 2325-2333.