

## Miopía y Astigmatismo miópico en escolares

### Myopia and Myopic Astigmatism in school-children

Magdalena Bastías G.<sup>a</sup>, Rodolfo Villena M.<sup>b</sup>, Jocelyn Dunstan E.<sup>c</sup>, Mario Zanolli S.<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Doctora en Salud Pública. Santiago, Chile

<sup>b</sup>Hospital Exequiel González Cortés, Facultad de Medicina Universidad de Chile. Santiago, Chile

<sup>c</sup>Doctora en Matemática Aplicada. Centro de Informática Médica y Telemedicina, ICBM, Facultad de Medicina, Universidad de Chile. Centro de Modelamiento Matemático, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Santiago, Chile

<sup>d</sup>Facultad de Medicina, Clínica Alemana-Universidad del Desarrollo. Santiago, Chile

Recibido: 25 de noviembre de 2020; Aceptado: 15 de junio de 2021

#### ¿Qué se sabe del tema que trata este estudio?

Existe un aumento epidémico de miopía en distintas partes del mundo. En niños, la evidencia apunta hacia la falta de exposición a luz natural. En Chile, la situación poblacional de miopía en niños se desconoce.

#### ¿Qué aporta este estudio a lo ya conocido?

La situación poblacional de la miopía en escolares chilenos tiende al aumento. Este conocimiento suma a los llamados de la salud nutricional y psicomotriz a aumentar el tiempo y actividades al aire libre para favorecer el máximo potencial de desarrollo y crecimiento de los niños.

#### Resumen

Existe un aumento epidémico de miopía en distintas partes del mundo. En niños, la evidencia apunta hacia la falta de exposición a luz natural. En Chile, la situación poblacional de miopía en niños se desconoce. **Objetivo:** Estimar la tendencia de miopía y astigmatismo miópico en escolares de 1° y 6° básico del sistema público de educación de Chile. **Sujetos y Método:** Estudio ecológico en base a las confirmaciones diagnósticas del Programa Servicios Médicos de JUNAEB, periodo 2012-2018. Se estimó prevalencia anual de miopía y astigmatismo del país, por región y según sexo. La evaluación en el tamizaje contempló agudeza visual usando tabla Snellen E Abreviada, rojo pupilar, test de Hirschberg, test de Titmus, Cover test, motilidad ocular y examen de segmento anterior. Se utilizó  $\chi^2$  y regresión logística para evaluar diferencias y regresión lineal para estimar cambio promedio anual. **Resultados:** En 2012-2018, la miopía y astigmatismo miópico tuvieron presentación geográfica heterogénea. La miopía y astigmatismo miópico  $\geq 3$  dioptrías aumentaron a un promedio anual de 0,11% ( $R^2$  0,67) y 1,21% ( $R^2$  0,90) en 1° básico y a 0,2% ( $R^2$  0,65) y 8,7% ( $R^2$  0,79) en 6° básico. La miopía  $< 3$  dioptrías declinó 0,13% promedio anual ( $R^2$  0,45) en 1° básico y el astigmatismo miópico  $< 3$  dioptrías, 0,5% ( $R^2$  0,53) en 6° básico. El astigmatismo miópico alto afectó más a hombres y la miopía

#### Palabras clave:

Miopía;  
Astigmatismo;  
Errores de Refracción;  
Desarrollo Infantil

Correspondencia:  
Magdalena Bastías  
bastiasmalu@gmail.com

Como citar este artículo: Andes pediater. 2021;92(6):896-903. DOI: 10.32641/andespediatr.v92i6.3527

< 3 dioptrías a mujeres de 6º básico. **Discusión:** En los escolares del sistema público de educación, la miopía y astigmatismo miópico  $\geq 3$  dioptrías tienden al aumento. El efecto protector de miopía que otorga la luz natural, demostrado en estudios longitudinales y experimentales, es evidencia a considerar para fomentar el tiempo de los niños al aire libre.

## Abstract

Worldwide, there is an epidemic increase in myopia. In children, the evidence points to a lack of exposure to natural light. In Chile, the population situation of myopia in children is unknown. **Objective:** To estimate the tendency of myopia and myopic astigmatism in 1<sup>st</sup>- and 6<sup>th</sup>-grade students from the public education system in Chile. **Subjects and Method:** Ecological study based on diagnostic confirmations of the JUNAEB Medical Services Program, between 2012 and 2018. Annual country prevalence of myopia and astigmatism was estimated by region and sex. The screening evaluation included visual acuity using Snellen Eye Abbreviated chart, red reflex, Hirschberg test, Titmus test, Cover test, ocular motility, and anterior segment examination. Chi2 and logistic regression were used to assess differences and linear regression to estimate average annual change. **Results:** Between 2012 and 2018, myopia and myopic astigmatism had a heterogeneous geographical presentation. Myopia and myopic astigmatism  $\geq 3$  dioptres increased by an annual average of 0.11% (R2 0.67) and 1.21% (R2 0.90), respectively, in 1<sup>st</sup>-grade children and by 0.2% (R2 0.65) and 8.7% (R2 0.79), respectively, in 6<sup>th</sup>-grade children. Myopia < 3 dioptres decreased by 0.13% annual average (R2 0.45) in 1<sup>st</sup>-grade children and myopic astigmatism < 3 dioptres by 0.5% (R2 0.53) in 6<sup>th</sup>-grade children. High myopic astigmatism affected men more than women and myopia < 3 dioptres affected more 6<sup>th</sup>-grade females. **Discussion:** In schoolchildren of the public education system, myopia and myopic astigmatism  $\geq 3$  dioptres tend to increase. The protective effect of natural light against myopia has been demonstrated in longitudinal and experimental studies. This evidence is to be considered in promoting children's time spent outdoors.

## Keywords:

Myopia;  
Astigmatism;  
Refractive Errors;  
Child Development

## Introducción

La agudeza visual es la medida más fina a la que un sistema visual puede dar resolución<sup>1</sup>. Su disminución puede deberse a múltiples factores, entre ellos, vicios de refracción como el astigmatismo, la hipermetropía o miopía. En el caso del astigmatismo, la percepción distorsionada de los objetos es debido a una curvatura irregular de la córnea. La mayoría de las veces las personas nacen con esta condición y la probabilidad de desarrollar astigmatismo generalmente es hereditaria<sup>2</sup>. La hipermetropía es un defecto hereditario del ojo que provoca visión borrosa de cerca, cuya detección e intervención temprana puede favorecer su desaparición en la adolescencia<sup>3</sup>. La miopía es un vicio de refracción que se debe a una alteración de la córnea, del cristalino o la longitud axial del globo ocular, lo que produce visión borrosa de lejos. Tiene un factor hereditario y también se asocia a hábitos individuales y factores ambientales que influyen en su aparición<sup>4</sup>.

La miopía prevalece cada vez más en el mundo<sup>4,5</sup>, destacando algunas zonas de Asia del Este, donde se alcanzan niveles epidémicos, con prevalencias de hasta 80–90% en jóvenes que culminan su periodo escolar<sup>5-9</sup>. Esta tendencia al aumento de miopía ha sido descrita también en otros lugares, como Australia, Europa y

Estados Unidos, tanto en escolares<sup>10,11</sup> como en adultos<sup>12,13</sup>.

La alta velocidad en el aumento de la prevalencia de miopía no puede explicarse a partir de factores genéticos solamente, por lo que la atención se ha dirigido a los posibles factores ambientales involucrados en este cambio<sup>6,14</sup>, como los asociados a las actividades intradomiciliarias, entre ellas, tareas, horas de estudio y la exposición a pantallas de dispositivos como celulares, tablets o computadores<sup>11,15,16</sup>. Las actividades al aire libre, con o sin ejercicio, proveen al ojo de la luz natural, lo que actuaría como factor protector de la aparición de miopía<sup>11,15,17,18</sup>. El tiempo dedicado a actividades bajo luz natural, como por ejemplo, dos a tres horas diarias de exposición al aire libre aparte del tiempo en el colegio, tendrían un efecto protector de miopía<sup>6,18-21</sup>, incluso en niños con ambos padres biológicos miopes<sup>22</sup>. El mecanismo fisiológico detrás del beneficio de la luz natural en el ojo aún se desconoce, aunque se ha postulado que la exposición a luz ultravioleta (UV) tendría un rol en la miopía, ya que podría potenciar la regulación positiva del gen supresor de miopía EGR1<sup>23,24</sup>.

En Chile, la evidencia sobre el tipo de anomalías que causan deficiencia visual es escasa<sup>25,26</sup>. Un estudio (FONIS 2012 SA 12/2223) respecto de la prevalencia

de una limitación visual en escolares de dos comunas del país, concluyó que, a pesar de un aumento de los errores refractivos durante los últimos 15 años, la prevalencia de una deficiencia visual en escolares no ha aumentado significativamente. Esto podría explicarse por la amplia cobertura y continuidad del programa anual de Servicios Médicos de la Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas (JUNAEB)<sup>25,27</sup>, que realiza un examen de salud visual, auditiva y de columna a los estudiantes de la red pública de educación a lo largo del ciclo escolar. La evaluación oftalmológica de JUNAEB se focaliza en preescolares, 1º y 6º básico<sup>28</sup>; los últimos, con edades en que la agudeza visual puede ser evaluada con una tabla optométrica con letras según se recomienda<sup>1</sup>.

Analizar la tendencia de la miopía y del astigmatismo miópico en escolares de establecimientos públicos beneficiarios del programa de salud escolar estatal sirve como aproximación inicial a la situación de la miopía en niños chilenos y una guía para el planteamiento de nuevas preguntas de investigación y pruebas de hipótesis. Ante la falta de datos sobre miopía en Chile y en antecedente de su comportamiento epidémico en otras partes del mundo, el objetivo de este trabajo fue estimar la tendencia de la miopía y del astigmatismo miópico en escolares de 1º y 6º básico del sistema público de educación de Chile entre los años 2012 y 2018.

## Sujetos y Método

Estudio ecológico descriptivo a partir de los datos de confirmación diagnóstica oftalmológica de los escolares de 1º y 6º básico, realizada a través del Programa de Servicios Médicos de JUNAEB para los años 2012-2018. La evaluación en el tamizaje contempló agudeza visual usando tabla Snellen E Abreviada, rojo pupilar, test de Hirschberg, test de Titmus, Cover test, motilidad ocular y examen de segmento anterior<sup>28</sup>. Los datos de confirmación diagnóstica oftalmológica fueron obtenidos por ley de transparencia (AJ009T0001329) y consolidados en un archivo único, en el que se estandarizó la nominación de variables y sus categorías. La variable de confirmación diagnóstica estaba constituida como texto libre, con más de un diagnóstico por sujeto, por lo que se realizó análisis de texto con el uso del lenguaje de programación Python. Se leyeron las confirmaciones diagnósticas y se analizaron usando las librerías “nltk” para preprocesar el texto, y “re” para implementar expresiones regulares. El pre procesamiento consistió en eliminar mayúsculas y tildes. Cada tipo de diagnóstico fue identificado usando una función diseñada por los investigadores que otorgó variabilidad en la forma de escribir el diagnóstico. En total, 15

funciones fueron creadas para extraer los diagnósticos prestablecidos por JUNAEB: sano, astigmatismo mixto menor a 3 dioptrías (dp), astigmatismo mixto mayor a 3 dp, astigmatismo miópico menor a 3 dp, astigmatismo miópico mayor a 3 dp, astigmatismo hipermetrópico menor a 5 dp, astigmatismo hipermetrópico mayor a 5 dp, miopía menor a 3 dp, miopía mayor a 3 dp, hipermetropía menor a 5 dp, hipermetropía mayor a 5 dp, estrabismo, ambliopía, insuficiencia de convergencia y anisometropía. A raíz de filas sin información, en el proceso de análisis de texto, se eliminó 0,6% de los datos.

La dioptría es la unidad de refracción de lente cuya distancia focal es de un metro. Esta medida indica la potencia que requiere un lente para ajustar una imagen desenfocada en la zona del ojo correcta (refracción). Las dioptrías se miden en una escala de 0,25 en 0,25 y la graduación puede ser positiva, como el caso de la hipermetropía que requiere lentes convergentes, o negativa, como el caso de la miopía que requiere lentes divergentes. Los puntos de corte para los distintos diagnósticos se basan en la probabilidad de provocar ambliopía: 3 dioptrías para los diagnósticos de astigmatismo mixto, astigmatismo miópico y miopía; 5 dioptrías para los diagnósticos de astigmatismo hipermetrópico e hipermetropía<sup>29</sup>.

Para asegurar un mayor número de observaciones en el periodo de estudio, se estimó la prevalencia de miopía y de astigmatismo miópico entre los escolares derivados a confirmación diagnóstica de 1º y 6º, separadamente, ya que los niños que hicieron primero básico el 2012 cursaron 6º básico el 2017. Las estimaciones se realizaron a nivel país, región y según sexo. Se evaluaron diferencias anuales de las prevalencias de miopía y astigmatismo miópico a nivel país con la prueba de  $\chi^2$ , a nivel región y según sexo con regresión logística, y se estimó cambio promedio anual con uso de regresión lineal. Los análisis se realizaron con STATA IC v14.0.

## Resultados

Durante el periodo 2012-2018 se registró un total de 168 290 evaluaciones oftalmológicas, provenientes de 5 377 colegios. De ellas, 58 046 correspondieron a 1º básico y 57 552 a 6º básico.

### 1. Primero básico

*a. Miopía:* Afectó a 5,6% de los escolares de 1º básico, distribuyéndose igualmente entre hombres y mujeres ( $p$  0,741), con presentación heterogénea a lo largo del país. En el caso de la miopía < 3 dp, esta alcanzó al 4,3%, con presentación regional heterogénea, con un

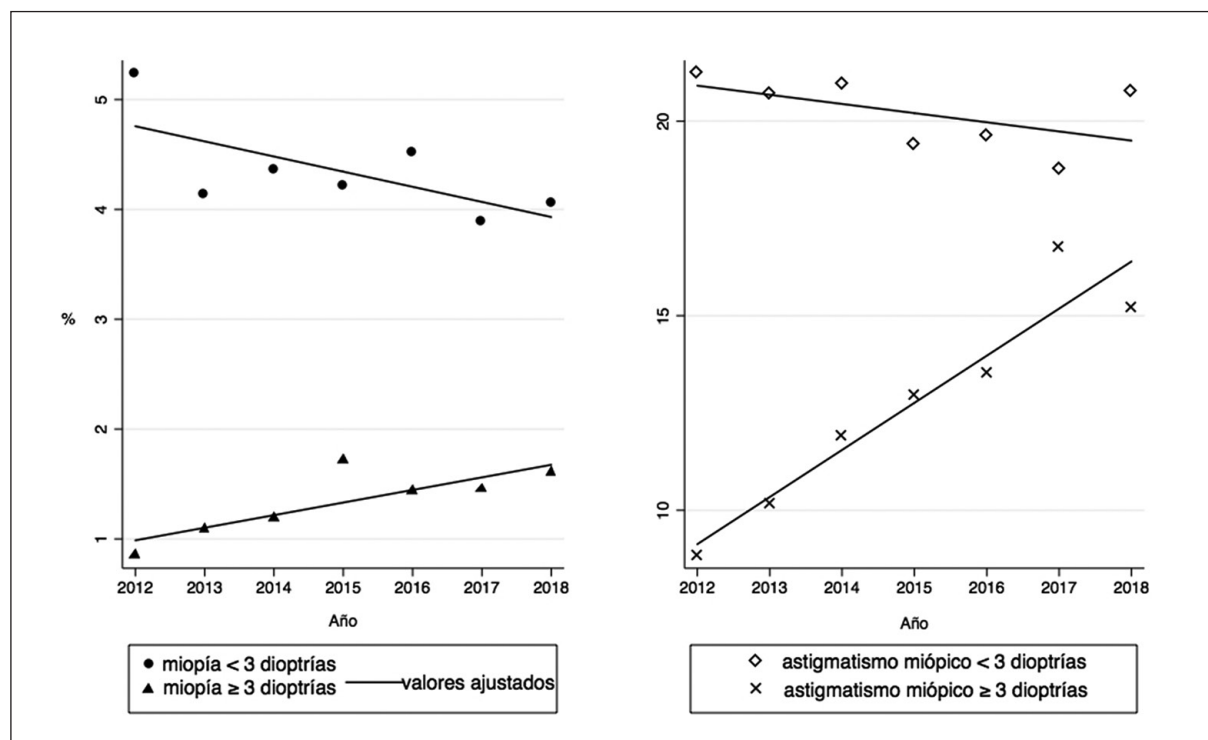
mínimo de 1,2% en Aysén y máximo de 9,7% en Antofagasta, sin diferencias por sexo (OR 0,98 ; p 0,798), con tendencias anuales a la disminución, con una caída promedio anual 0,13% ( $R^2$  0,45 y  $R^2$ -ajustado 0,34) (figura 1). Por otro lado, la miopía  $\geq 3$  dp afectó al 1,4%, con presentación regional heterogénea, con un mínimo de 0,3% en Atacama y un máximo de 4,1% en Antofagasta, sin diferencias por sexo (OR 0,99 ; p 0,849), con tendencias anuales al aumento, con un crecimiento promedio anual de 0,11% ( $R^2$  0,67) (figura 1).

*b. Astigmatismo miópico:* afectó a 33% de los escolares, distribuyéndose igualmente entre hombres y mujeres ( $\chi^2$  p 0,578), con presentación heterogénea a lo largo del país. El astigmatismo miópico  $< 3$  dp afectó a 20,1%. A nivel regional, su presentación fue heterogénea, con un mínimo de 7,9% en Atacama y un máximo de 26% en El Maule, sin diferencias por sexo (OR 0,97 ; p 0,173), con tendencias anuales a la disminución, con una caída promedio anual de 0,23% ( $R^2$  0,29) (figura 1). El astigmatismo miópico  $\geq 3$  dp afectó a 13,3%, su presentación regional fue heterogénea, con un mínimo de 3,5% en Atacama y un máximo de 34,8% en Antofagasta, con tendencia anual al aumento, con un crecimiento promedio anual de 1,21% ( $R^2$  0,90) (figura 1) y con 0,6% mayor posibilidad para el sexo masculino (OR 1,06 ; p 0,015).

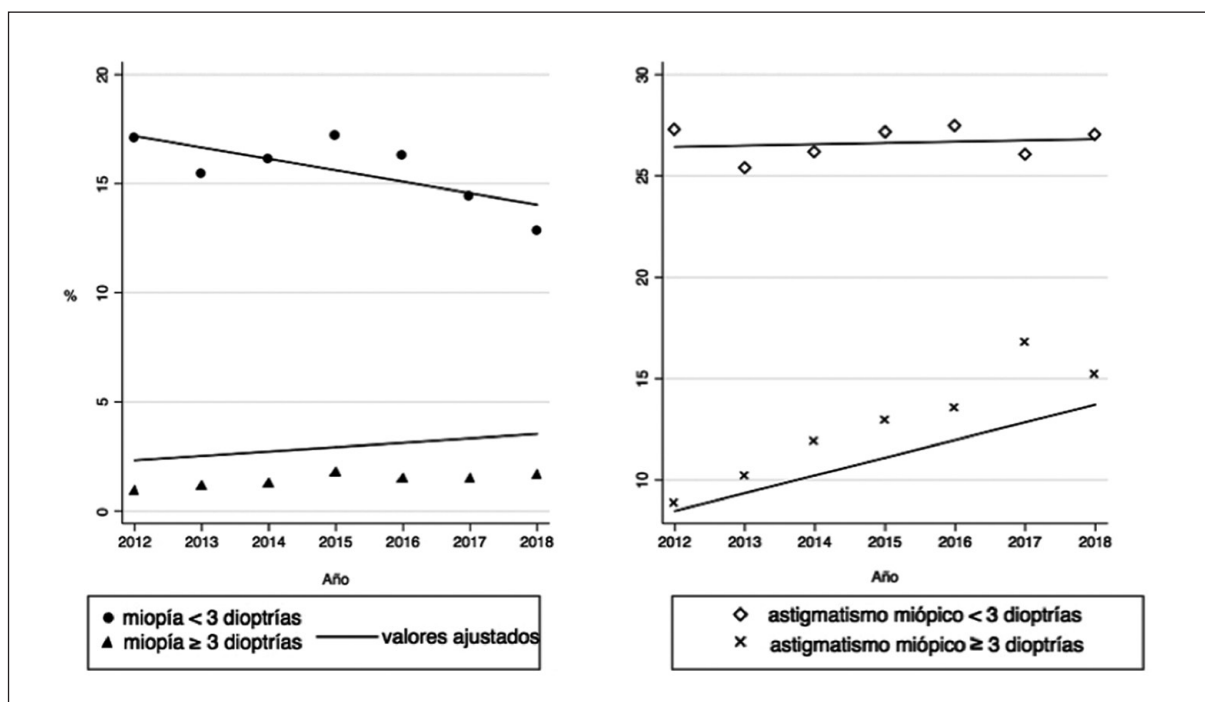
## 2. Sexto básico

*a. Miopía:* afectó a 18,1% de los estudiantes, comprometiendo a 17,1% de los hombres y a 18,9% de las mujeres ( $\chi^2$  p < 0,0001), con presentación heterogénea a lo largo del país. En el caso de la miopía  $< 3$  dp, esta afectó a 15,2% de los escolares. A nivel regional, su presentación fue heterogénea, con un mínimo de 6,2% en Atacama y máximo de 30,2% en Antofagasta, con tendencia anual a la disminución, con una caída promedio anual de 0,5% ( $R^2$  0,53) (figura 2), y con 19,6% más posibilidad de presentación en mujeres (OR 0,86 ; p < 0,0001). La miopía  $\geq 3$  dp afectó a 3% de los escolares. A nivel regional, su presentación fue heterogénea, con un mínimo de 1,8% en Atacama y un máximo de 8,4% en Antofagasta, sin diferencias por sexo (OR 0,99 ; p 0,868), con tendencia anual al aumento, con un crecimiento promedio anual de 0,2% ( $R^2$  0,65) (figura 2).

*b. Astigmatismo miópico:* afectó a 38,1% de los escolares, afectando a 38,8% de los hombres y a 37,6% de las mujeres ( $\chi^2$  p 0,005), con presentación heterogénea a lo largo del país. El astigmatismo miópico  $< 3$  dp afectó a 26,6% de los escolares. A nivel regional, su presentación fue heterogénea con un mínimo de 13,1% en Antofagasta y un máximo de 36,5% en Coquimbo (seguido del Maule con 36,4%), sin dife-



**Figura 1.** Prevalencia anual de miopía y astigmatismo miópico menor y mayor a tres dioptrías en escolares de 1° básico derivados a confirmación diagnóstica del Programa de Servicios Médicos JUANEB 2012-2018.



**Figura 2.** Prevalencia anual de miopía y astigmatismo miópico menor y mayor a tres dioptrías en escolares de 6° básico derivados a confirmación diagnóstica del Programa de Servicios Médicos JUANEB 2012-2018.

rencias por sexo (OR 0,97 ; p 0,173), con un comportamiento anual oscilante ( $R^2$  0,03) (figura 2). El astigmatismo miópico  $\geq 3$  dp afectó a 11,7% de los escolares. A nivel regional, su presentación fue heterogénea, con un mínimo de 7,7% en Coquimbo y un máximo de 28,6% en Antofagasta, con tendencia anual al aumento por un crecimiento promedio anual de 8,7% ( $R^2$  0,79) (figura 2), y con 33% mayor posibilidad para el sexo masculino (OR 1,33 ; p < 0,0001),

## Discusión

Monitorizar la salud visual es fundamental para la formulación de políticas públicas que busquen prevenir y eliminar causas evitables. Si bien el desafío de descifrar el mecanismo por el que la luz natural previene la aparición de miopía está por ser definido, su efecto protector sobre la salud visual ha sido demostrado en estudios longitudinales y experimentales<sup>10,17,30-34</sup>. En 1932, Arnold Sorsby postuló que el problema de la miopía no sería resuelto sin antes estudiarla en las escuelas<sup>35</sup>; en la actualidad, se ha manifestado que la alta velocidad en el aumento de su prevalencia no puede explicarse a partir de factores genéticos solamente, por lo que la atención se ha dirigido a los factores ambientales involucrados en este cambio<sup>6,11,14-16</sup>. De mantener-

se la tendencia de los sistemas educacionales intensos y estilos de vida modernos, que derivan en un menor tiempo al aire libre, al 2050 se espera que el 50% de la población mundial padezca de miopía y que 10% tenga miopía alta, lo que duplica y quintuplica, respectivamente, lo registrado el año 2 000<sup>36</sup>.

En niños, padecer miopía por vivir en una zona urbana es 2,6 veces la posibilidad de miopía en niños de zonas rurales<sup>9</sup>. Serían las actividades al aire libre, con o sin ejercicio, las que proveerían al ojo de la luz natural que actúa como factor protector de la aparición de miopía<sup>11,15,17-21</sup>. Una interpretación de estos resultados es que dos a tres horas diarias de exposición a luz natural aparte del tiempo en el colegio tendrían un efecto protector de miopía<sup>6</sup>, postulándose que la exposición a luz ultravioleta (UV) tendría un rol en la regulación positiva del gen supresor de miopía EGR1<sup>23</sup>, lo que no ha sido corroborado por otros estudios<sup>37,38</sup>. Por otro lado, se ha descrito una relación inversa entre el nivel de vitamina D y el grado miopía que no sería de tipo causal sino el efecto paralelo de la exposición a la luz que previene el desarrollo de miopía y que estimula la producción de vitamina D<sup>39</sup>. Si bien la luz azul de los aparatos electrónicos afecta la salud visual<sup>40</sup>, estas afecciones no estarían asociadas al aumento de miopía<sup>16</sup>.

Nuestros resultados muestran que en Chile, la miopía y el astigmatismo miope altos, igual o mayor a tres



dioptrías, han aumentado en los escolares de 1° y 6° beneficiarios del Programa de Servicios Médicos de JUNAEB entre los años 2012-2018, con distribución regional heterogénea. Se observó mayor posibilidad de presentar astigmatismo miópico  $\geq 3$  dp en hombres tanto en 1° como en 6° básico, mientras que en mujeres de 1° básico fue más posible encontrar miopía  $< 3$ dp. ¿En qué se sostienen estas diferencias según sexo cuando fisiológicamente no se justifican? La evidencia sobre diferencias según sexo en la percepción visual es heterogénea, lo que sugiere que habría más de una causa detrás de estas<sup>41</sup>. Será importante conocer las causas de las diferencias en defectos de refracción según sexo en escolares chilenos.

Desde una perspectiva geográfica y en orden norte a sur— pensando en la luz naturalmente disponible según latitud—, ni la miopía ni el astigmatismo miópico muestran correlación o conglomerados según dicho orden. Antofagasta es la región más afectada por la miopía y astigmatismo miópico, mientras su vecina Atacama presenta uno de los valores más bajos. Identificar qué las hace diferente, extendido a la heterogeneidad regional de estos problemas de agudeza visual en el país, puede resultar evidencia fundamental para la planificación sanitaria y para el diseño de políticas públicas en salud visual.

Este estudio descriptivo tiene limitaciones asociadas al uso de información secundaria que fue levantada para otros propósitos. Si bien la JUNAEB realiza el tamizaje de salud escolar hace décadas, es posible que cada cierto tiempo implemente modificaciones en la rutina del examen y que estas influyan en el número de observaciones, mas al hacerse estable estos cambios, las observaciones también lo hacen. Datos con mayor antigüedad al 2012 hubiesen permitido explorar la situación de la salud visual escolar desde tiempos en que los aparatos tecnológicos no existían o no eran masivos, junto con observar los años sin jornada escolar completa, sin embargo y de conformidad a lo dispuesto en el punto N° 3 de la Circular N° 28704 del 27 de agosto de 1981 de la Contraloría General de la República, JUNAEB no cuenta con documentación cuya data de emisión sea superior a cinco años.

En el marco de una epidemia de miopía en países con sistemas educativos intensivos, la oportunidad de prevenir la disminución de la agudeza visual por medio de la exposición a la luz natural resulta un esencial, sobre todo si estas actividades implican juego libre y movimiento, de manera de favorecer al mismo tiempo la salud cardiovascular, el desarrollo psicomotor y social de los niños. Dicho fomento requiere del esfuerzo de todos los profesionales de la salud y de educación, indudablemente, pero, también de voluntad política y estructuras estatales que hagan de las elecciones sa-

ludables, como salir a jugar al parque o acceder a un sistema educacional que vele por el desarrollo integral, aquellas fáciles de hacer.

Mientras en otras partes del mundo existe una epidemia de miopía, conocer que en Chile la tendencia de la miopía y del astigmatismo miópico de mayor graduación en escolares es al aumento, invita a plantearse nuevas preguntas sobre la salud visual de los niños en el país y sobre los factores socio-ambientales que podrían determinar dicha tendencia en Chile. Es tarea de todos buscar respuesta a estas preguntas, mientras tanto actuamos en base a la mejor evidencia disponible.

## Conclusiones

En los escolares del sistema público de educación beneficiarios del Programa de Servicios Médicos de la JUNAEB, la miopía y el astigmatismo miópico  $\geq 3$  dioptrías muestran una tendencia al aumento. Su presentación geográfica es heterogénea y se observa que los hombres presentan mayor posibilidad de presentar astigmatismo miópico alto. Nuestros resultados sobre el aumento de miopía tienen resonancia con la situación internacional y junto con la evidencia de estudios longitudinales y experimentales sobre el efecto protector de la luz natural, debieran sumarse a los llamados de la salud nutricional y psicomotriz a aumentar el tiempo y actividades de niños, niñas y adolescentes al aire libre para evitar casos de miopía prevenibles por luz natural al mismo tiempo que se favorece su máximo potencial de desarrollo y crecimiento. Se abren preguntas sobre la salud visual de los niños chilenos, por ejemplo, sobre los factores que pudieran generar una distribución diferenciada de la miopía en niños en Chile, como sucede con la gradiente socioeconómica y actividad física de los niños.

## Responsabilidades Éticas

**Protección de personas y animales:** Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

**Confidencialidad de los datos:** Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

**Derecho a la privacidad y consentimiento informado:** Los autores declaran que la información ha sido obtenida de datos previos en forma anonimizada. Este

estudio ha sido aprobado por el Comité de Ética de Investigación correspondiente.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

### Financiamiento

Este estudio no recibió financiamiento. Jocelyn Duns-  
tan recibe financiamiento de U-INICIA VID 2019 UI-  
004/19, CMM-ANID AFB 170001 y centro de costos  
570111 - CIMT-CORFO.

### Referencias

- National Research Council. Assessment of vision in infants and children. In: Lennie P, Van Hemel S, editors. *Visual Impairments: Determining Eligibility for Social Security Benefits*. Washington, DC.: National Academies Press (US) 2002;199-274.
- Boyd K. American Academy of Ophthalmology [Internet]. ¿Qué causa el astigmatismo? 2013 [cited 2018 Aug 14]. Available from: <https://www.aao.org/salud-ocular/enfermedades/astigmatismo-causas>
- Boyd K. Farsightedness: Causes of Hyperopia [Internet]. 2014. Available from: <https://www.aao.org/eye-health/diseases/hyperopia-farsightedness-causes>
- Morgan I, Ohno-Matsui K, Saw S. Myopia. *Lancet*. 2012;379:1739-48.
- Noticias de Salud Ambiental. Los factores ambientales de la miopía. *Salud Publica Mex*. 2014;56:303-10.
- Rose K, French A, Morgan I. Environmental factors and myopia: Paradoxes and prospects for prevention. Vol. 5, *Asia-Pacific Journal of Ophthalmology* 2016;403-10.
- Morgan I, He M, Rose K. Epidemic of pathologic myopia: what can laboratory studies and epidemiology tell us. *Retina* 2017;37:989-97.
- Pan CW, Ramamurthy D, Saw SM. Worldwide prevalence and risk factors for myopia. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2012;32(1):3-16.
- Rudnicka AR, Kapetanakis VV, Wathern AK, et al. Global variations and time trends in the prevalence of childhood myopia, a systematic review and quantitative meta-analysis: Implications for aetiology and early prevention. Vol. 100, *British Journal of Ophthalmology* 2016;882-90.
- French AN, Morgan IG, Burlutsky G, et al. Prevalence and 5- to 6-year incidence and progression of myopia and hyperopia in Australian schoolchildren. *Ophthalmology* 2013;120(7):1482-91.
- Dolgin E. The Myopia Boom. *Nature*. 2015;519(7543):276-8.
- Vitale S, Sperduto RD, Ferris FL. Increased prevalence of myopia in the United States between 1971-1972 and 1999-2004. *Arch Ophthalmol*. 2009;127(12):1632-9.
- Vitale S, Ellwein L, Cotch MF, et al. Prevalence of refractive error in the United States, 1999-2004. *Arch Ophthalmol*. 2008;126(8):1111-9.
- Rey D, Alvarez C, Moreno J. Prevalencia y factores asociados a miopía en jóvenes. Vol. 91, *Revista Mexicana de Oftalmología* 2017;223-8.
- National Eye Institute. Facts about myopia [Internet]. 2017. Available from: <https://nei.nih.gov/health/errors/myopia>
- Ku PW, Steptoe A, Lai YJ, et al. The Associations between Near Visual Activity and Incident Myopia in Children: A Nationwide 4-Year Follow-up Study. *Ophthalmology* 2018;(article in press).
- Jones LA, Sinnott LT, Mutti DO, et al. Parental history of myopia, sports and outdoor activities, and future myopia. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2007;48(8):3524-32.
- Rose KA, Morgan IG, Ip J, et al. Outdoor activity reduces the prevalence of myopia in children. *Ophthalmology* 2008;115(8):1279-85.
- French AN, Ashby RS, Morgan IG, et al. Time outdoors and the prevention of myopia. *Exp Eye Res*. 2013;114:58-68.
- Barry J, Wacogne I, Abbott J. Spending an additional 40 min outdoors each day reduces the incidence of myopia among primary school children in China. *Arch Dis Child Educ Pr Ed*. 2016;101:2019.
- Xiong S, Sankaridurg P, Naduvilath T, et al. Time spent in outdoor activities in relation to myopia prevention and control: a meta-analysis and systematic review. Vol. 95, *Acta Ophthalmologica* 2017;551-66.
- Zadnik K, Mutti D. Why your kids might be able to see better if they play outdoors more often. 2017; Available from: <https://theconversation.com/why-your-kids-might-be-able-to-see-better-if-they-play-outdoors-more-often-83693>
- Torii H, Kurihara T, Seko Y, et al. Violet Light Exposure Can Be a Preventive Strategy Against Myopia Progression. *EBioMedicine* 2017;15:210-9.
- Prepas SB. Light, literacy and the absence of ultraviolet radiation in the development of myopia. *Med Hypotheses*. 2008;70(3):635-7.
- Barria F, Conte F, Muñoz S, et al. Prevalence of refractive error and spectacle coverage in schoolchildren in two urban areas of Chile. *Rev Panam Salud Publica* 2018;42.
- Maul E, Barroso S, Muñoz S, et al. Refractive error study in children: results from La Florida, Chile. *Am J Ophthalmol*. 2000;129(4):445-54.
- Barria F, Conte F, Zapata C, et al. Limitación visual asociada a error refractivo en escolares chilenos. *Arch Chil Oftalmol*. [Internet]. Available from: <https://www.archiof.cl/trabajos-detalle/oftalmologia/24/limitacion-visual-asociada-a-error-refractivo-en-escolares-chilenos>
- JUNAEB-Ministerio de Educación. Normas de Control de Patologías Oftalmológicas 2017 [Internet]. Available from: <https://www.junaeb.cl/wp-content/uploads/2018/09/Normas-de-Control-de-Patologías-Oftalmológicas-.pdf>
- Wallace D, Morse C, Melia M, et al. Pediatric Eye Evaluations Preferred Practice Pattern. *Ophthalmology*. 2018;125(1):184-227.
- Dirani M, Tong L, Gazzard G, et al. Outdoor activity and myopia in Singapore teenage children. *Br J Ophthalmol*. 2009;93(8):997-1000.
- Guggenheim JA, Northstone K, McMahon G, et al. Time outdoors and physical activity as predictors of incident myopia in childhood: A prospective cohort study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2012;53(6):2856-65.
- He M, Xiang F, Zeng Y, et al. Effect of time spent outdoors at school on the development of myopia among children in China: a randomized clinical trial. *JAMA*. 2015;314(11):1142-8.
- Jin JX, Hua WJ, Jiang X, et al. Effect of outdoor activity on myopia onset and progression in school-aged children in northeast China: The sujiatun eye care study. *BMC Ophthalmol*. 2015;15:73.
- Wu PC, Tsai CL, Wu HL, et al. Outdoor activity during class recess reduces myopia onset and progression in school children. *Ophthalmology* 2013;120(5):1080-5.
- Sorsby A. School Myopia. *Br J Ophthalmol*. 1932;16(4):217-22.
- Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al.

- Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. Vol. 123, *Ophthalmology* 2016;1036-42.
37. Smith EL, Hung LF, Huang J. Protective effects of high ambient lighting on the development of form-deprivation myopia in rhesus monkeys. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2012;53(1):421-8.
  38. Karouta C, Ashby RS. Correlation between light levels and the development of deprivation myopia. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2015;56(1): 299-309.
  39. Guggenheim JA, Williams C, Northstone K, et al. Does vitamin D mediate the protective effects of time outdoors on myopia? Findings from a prospective birth cohort. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2014;55(12):8550-8.
  40. Sheppard AL, Wolffsohn JS. Digital eye strain: prevalence, measurement and amelioration. *BMJ Open Ophthalmol.* 2018;3(1):e000146.
  41. Shaqiri A, Roinishvili M, Grzeczowski L, et al. Sex-related differences in vision are heterogeneous. *Sci Rep.* 2018;8:7521.