

2022-02-15

## Concordancia entre el fotorefractómetro Plusoptix A12C y el autorefractómetro POTEC PRK-6000 para la identificación de errores de refracción en jóvenes

Diana V. Rey-Rodríguez  
*Universidad El Bosque, reydiana@unbosque.edu.co*

Anamaría Leguizamón-Stevenson  
*Universidad El Bosque, anamarialeguizamon07@gmail.com*

Diana García-Lozada  
*Universidad El Bosque, dgarcialo@unbosque.edu.co*

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

---

### Citación recomendada

Rey-Rodríguez DV, Leguizamón-Stevenson A y García-Lozada D. Concordancia entre el fotorefractómetro Plusoptix A12C y el autorefractómetro POTEC PRK-6000 para la identificación de errores de refracción en jóvenes. *Cienc Tecnol Salud Vis Ocul.* 2022;(2): 43-53. doi: <https://doi.org/10.19052/sv.vol19.iss2.6>

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).

# Concordancia entre el fotorefractómetro Plusoptix A12C y el autorefractómetro POTEK PRK-6000 para la identificación de errores de refracción en jóvenes \*

Concordance between the Plusoptix A12C Photorefractometer and the POTEK PRK-6000 Autorefractometer for the identification of Refractive Errors in Young People

DIANA V. REY-RODRÍGUEZ\*\*

ANAMARIA LEGUIZAMÓN STEVENSON\*\*\*

DIANA GARCÍA-LOZADA\*\*\*\*

Recibido: 19 de octubre 2021. Aprobado: 7 de diciembre de 2021. Versión Online First: 10 de diciembre de 2021.  
Publicación final: 15 de enero de 2022

## RESUMEN

El propósito del presente artículo es evaluar la concordancia entre las medidas del fotorefractómetro portátil Plusoptix A12C y el autorefractómetro de mesa POTEK PRK-6000. Se evaluó la refracción objetiva sin cicloplejia en 99 participantes. La concordancia se interpretó con el coeficiente de correlación y concordancia de Lin (CCC), y los límites de acuerdo con Bland y Altman (LdA). Como resultados, se pudo observar que —en un escenario en el que la mediana de la edad de los sujetos fue de 21 años (rango 18 a 41) y 74,8% fueron de sexo femenino, con el autorefractómetro— se obtuvo que el 73,7% eran ojos miopes y 14,1% hipermétropes. En tanto, según lo observado con el fotorefractómetro, el 45,5% padecía miopía y el 14,1% hipermetropía. Se identificaron diferencias estadística y clínicamente significativas en el equivalente esférico (diferencia de medianas -0,56,  $p = 0,0041$ ) (LdA 95% -2,57-1,63). La mayor concordancia se halló en J0 global CCC 0,90 (IC 95% 0,86-0,94), en miopes CCC 0,90 (IC 95% 0,85-0,94), en hipermétropes CCC 0,94 (IC 95% 0,86-1,00) y en >20 años CCC 0,91 (IC 95% 0,87-0,95). El grado de acuerdo global fue bajo para J45 0,20 IC95% (0,02-0,38). Los LdA mostraron importante variabilidad en los resultados refractivos de ambos equipos. Se concluyó que el equivalente esférico es de mayor valor negativo con el autorefractómetro POTEK PRK-6000. Existe mayor concordancia para J0 y menor para J45. Los pocos casos de hipermetropía en la muestra estudiada limitan la generalización de las conclusiones relacionadas con ese error de refracción.

**Palabras clave:** Errores de refracción, reproducibilidad de los resultados, optometría, adulto.

\* Artículo de investigación.

\*\* PhD. Universidad El Bosque Bogotá, Colombia. ✉ [reydiana@unbosque.edu.co](mailto:reydiana@unbosque.edu.co)  <https://orcid.org/0000-0003-1106-6235>

\*\*\* Universidad El Bosque, Bogotá, Colombia. ✉ [anamarialeguizamon07@gmail.com](mailto:anamarialeguizamon07@gmail.com)  <https://orcid.org/0000-0003-3231-89>

\*\*\*\* Universidad El Bosque, Bogotá, Colombia. ✉ [dgarcialo@unbosque.edu.co](mailto:dgarcialo@unbosque.edu.co)  <https://orcid.org/0000-0002-7719-8794>

Cómo citar este artículo: Rey-Rodríguez DV, Leguizamón Stevenson A, García-Lozada D. Concordancia entre el fotorefractómetro Plusoptix A12C y el autorefractómetro POTEK PRK-6000 para la identificación de errores de refracción en jóvenes. *Cienc Tecnol Salud Vis Ocul*. 2021;19(2):43-53. Disponible en: <https://doi.org/10.19052/sv.vol19.iss2.6>



## ABSTRACT

The purpose of this article is to evaluate the agreement between the measurements of the Plusoptix A12C portable photorefractometer and the POTEK PRK-6000 benchtop autorefractometer. Objective refraction without cycloplegia was evaluated in 99 participants. Agreement was interpreted with Lin's correlation and concordance coefficient (CCC), and Bland and Altman's limits of agreement (LoA). As results, it could be observed that -in a scenario in which the median age of the subjects was 21 years (range 18 to 41) and 74.8% were female, with the autorefractometer- 73.7% were myopic eyes and 14.1% were hyperopic. Meanwhile, as observed with the photorefractometer, 45.5% were myopic and 14.1% hyperopic. Statistically and clinically significant differences were identified in the spherical equivalent (median difference -0.56,  $p=0.0041$ ) (LdA 95% -2.57-1.63). The highest agreement was found in global J0 CCC 0.90 (95% CI 0.86-0.94), in myopes CCC 0.90 (95% CI 0.85-0.94), in hyperopes CCC 0.94 (95% CI 0.86-1.00) and in >20 years CCC 0.91 (95% CI 0.87-0.95). The overall degree of agreement was low for J45 0.20 CI95% (0.02-0.38). The Lda showed significant variability in refractive outcomes for both teams. It was concluded that the spherical equivalent is of higher negative value with the POTEK PRK-6000 autorefractometer. There is higher agreement for J0 and lower for J45. The few cases of hyperopia in the sample studied limit the generalization of the conclusions related to this refractive error.

**Keywords:** Refractive errors, reproducibility of results, optometry, adult.

## INTRODUCCIÓN

Los autorefractómetros son equipos digitales usados para la medida rápida y automática de defectos refractivos (1). Estos van desde instrumentos de mesa hasta dispositivos multifuncionales en versión portátil (2). En ese escenario, el POTEK PRK-6000 es un autoqueratorefractómetro monocular de mesa que proporciona un amplio rango de medición dióptrica, de -25 D a +22 D (3).

Por otra parte, el fotorefractómetro es un equipo aprobado por la Food and Drug Administration (FDA) para la medición de la refracción y estudio de la ambliopía (4). Cabe señalar que este cuenta con un método de videorefracción que permite una evaluación rápida y factible en pacientes, a partir de los seis meses de edad (5). El Plusoptix A12C es binocular y portátil, diseñado para población pediátrica o pacientes no colaboradores, que incluye la medición de defectos refractivos desde -7 D a +5 D, y permite la evaluación de la asimetría de los reflejos corneales, el diámetro pupilar y la distancia interpupilar, así como la detección de anisometropía, opacidades de los medios y el diagnóstico de estrabismo (6).

Si bien la retinoscopia bajo cicloplejia se considera efectiva, precisa y de elección en la práctica clínica, asimismo, es un método de refracción que toma tiempo, por lo cual es un método infrecuente para realizar tamizajes (1, 7). Además, puede resultar en eventos adversos relacionados con el ciclopléjico, incomodidad para el paciente, mayor costo y mayor gasto de tiempo (8). Por ello, es importante evaluar y comparar el desempeño de diferentes tecnologías disponibles para la identificación de errores refractivos, no solamente en niños sino también en jóvenes.

Con relación a la validez de los fotorefractómetros en general, se ha identificado una sensibilidad del 98,9 %, especificidad del 96,1 %, tasa de falsos positivos del 3,7 % y valor predictivo positivo del 97,9 %, siendo adecuados para la identificación de errores de refracción en niños (9). Con relación al Plusoptix A12C, se ha reportado una sensibilidad del 94,9 % y una especificidad del 67,5 % para detectar factores de riesgo de ambliopía refractiva (10). Los así descritos son resultados óptimos que permiten su implementación en jornadas de atención visual.

En tanto, los resultados de estudios que han comparado los autorefractómetros de mesa con los portátiles han sido variables. Al confrontar el autorefractómetro de mesa Grand Seiko con el Retinomax portátil en niños con hipermetropía, el primero calculó medidas más altas para la esfera, el cilindro y el equivalente esférico (11). Por otra parte, varios autores han encontrado acuerdo en los valores de la esfera de los autorefractómetros de mesa y los portátiles. Se halló alta correlación en la medición de la esfera y el cilindro en adultos con el autorefractómetro de mesa ARK-510A y el NidekARK-30 portátil (1). Akil y colaboradores (12) encontraron hallazgos similares en niños, con componentes del error refractivo (equivalente esférico, eje del cilindro y queratometría) altamente correlacionados entre el autorefractómetro portátil Retinomax K-plus 3, el de mesa Canon RK-F1 y la retinoscopia bajo cicloplejia (12). No obstante, no se ha encontrado literatura que compare los resultados refractivos del fotorefractómetro Plusoptix A12C y el autorefractómetro POTEC PRK-6000.

Por lo anterior, el propósito de este estudio fue evaluar la concordancia entre las medidas del fotorefractómetro portátil Plusoptix A12C y el autorefractómetro de mesa POTEC PRK-6000.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### POBLACIÓN DE ESTUDIO

Se diseñó un estudio de corte transversal en 99 estudiantes universitarios seleccionados por conveniencia, a quienes se les realizó la refracción objetiva sin cicloplejia con el fotorefractómetro portátil Plusoptix A12C y con el autorefractómetro POTEC PRK-6000. Se excluyeron aquellos con opacidades en los medios, ectasias corneales, antecedentes de cirugía ocular o estrabismo.

### MEDICIÓN DE LA REFRACCIÓN

El equipo Plusoptix A12C (Plusoptix GmbH, Nuremberg, Alemania) basa su medición en tecnología fotorefractiva excéntrica con luz infrarroja.

La medida refractiva se realizó simultáneamente en ambos ojos, ubicando el equipo a 1,20 m de la cara del participante. El aparato emite un sonido para indicar la toma. Se evitó la existencia de equipos que proyectaran luz infrarroja en el lugar del examen, de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

En tanto, la refracción medida con el equipo POTEC PRK-6000 (Potec Co. Ltd, Daejeon, República de Corea) fue realizada de forma monocular, con un objeto de fijación y en condiciones mesópicas de iluminación. Se registraron cinco medidas por cada equipo, considerando el promedio de los datos siempre y cuando la diferencia no superara 0,50 D en la esfera y/o el cilindro.

Es importante señalar que los exámenes fueron realizados por personal entrenado y se verificó la calibración del equipo antes de cada jornada de atención.

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

#### REFRACTIVOS

El tipo de defecto refractivo se clasificó de acuerdo con los siguientes valores de equivalente esférico (EE): hipermetropía ( $EE \geq +0,50$  D), emetropía ( $EE < +0,50$  D a  $> -0,50$  D) y miopía ( $EE \leq -0,50$  D). Esta última se obtendría según los parámetros del International Myopia Institute (13).

Para comparar los resultados del fotorefractómetro (FR) y el autorefractómetro (AR), se calcularon el equivalente esférico (o componente M) y los vectores  $J_0$  y  $J_{45}$ . El equivalente esférico (EE) se obtuvo como el valor esférico, más la mitad del valor cilíndrico. Esto obedece a que la correlación entre los datos de los ojos derecho e izquierdo fue de 0,73 (coeficiente de correlación de Spearman,  $p < 0,0001$ ). En ese escenario, se incluyó en el análisis únicamente el dato del ojo derecho de cada participante.

El análisis de vectores se usó para comparar el poder cilíndrico, considerando que el astigmatismo

tiene dos vectores ortogonales:  $J_0$  (horizontal y vertical) y  $J_{45}$  (oblicuo). Estos componentes astigmáticos representan cilindros cruzados de Jackson con poder  $J$  en dioptrías, uno con eje en  $0^\circ$  y el otro con eje en  $45^\circ$ . Así, un dato  $J$  de 0,50 D corresponde a un poder cilíndrico total de 1,00 D. En tanto, 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  $90$  y  $180^\circ$ . Las siguientes ecuaciones se usaron para calcular los vectores:

$$M = E + \frac{c}{2} \quad J_0 = -\frac{c}{2} \cos 2\alpha \quad J_{45} = -\frac{c}{2} \sin 2\alpha$$

Donde  $E$  es el poder de la esfera,  $C$  es el poder del cilindro y  $\alpha$  es el eje del cilindro (14). El tipo de distribución de todas las variables se comprobó con el test de Kolmogorov-Smirnov y ninguna mostró normalidad, por lo que se utilizaron técnicas no paramétricas para los análisis, excepto para la concordancia, que se obtuvo mediante el coeficiente de correlación concordancia de Lin, que es robusto y no se modifica significativamente si no se cumple el supuesto de normalidad (15).

Primero, se compararon  $M$ ,  $J_0$  y  $J_{45}$ , utilizando el test de Wilcoxon (Mann-Whitney) y posteriormente se obtuvo la concordancia entre ambos métodos de refracción con el coeficiente de correlación concordancia de Lin y el método gráfico de Bland y Altman de límites de acuerdo al 95 %. Cabe señalar que el coeficiente puede adoptar valores entre -1 (perfecta discordancia) y +1 (concordancia perfecta) (15). Los gráficos de dispersión de Bland y Altman permiten evaluar la concordancia entre dos medidas y representan la diferencia entre cada pareja de valores en función de su media. Asimismo, se puede evaluar el sesgo como la media de las diferencias comparada con cero y los límites de acuerdo al 95 % (media  $\pm 2$  desviaciones es-

tándar); así, estas medidas permiten valorar la significación clínica de los resultados (16). Todos los análisis estadísticos fueron realizados con el paquete estadístico Stata versión 12 para Windows (StataCorp., College Station., TX., USA).

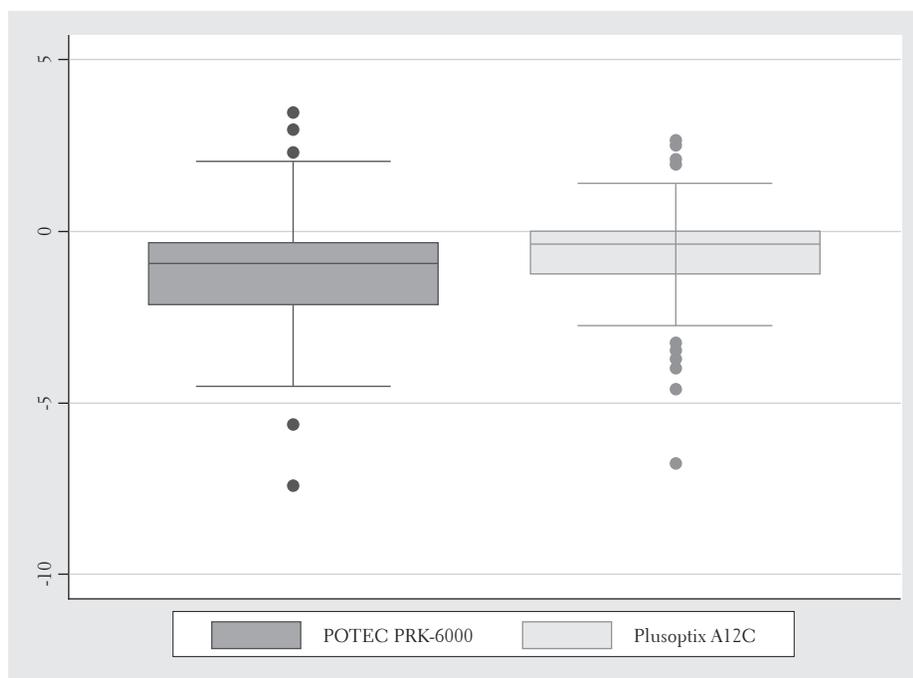
El estudio fue conducido siguiendo los lineamientos de la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial y la Resolución 8430 de 1993 de Colombia, según la cual se clasificó como investigación con riesgo mínimo.

## RESULTADOS

De los 99 participantes, la mediana de la edad fue 21 años (IQR 2 años; mínima 18 y máxima 41) y 74,8 % fueron de sexo femenino. Los resultados del equivalente esférico de las ametropías medidas con ambos equipos se muestran en la figura 1. Asimismo, hubo menor dispersión de datos negativos y menor cantidad de datos atípicos con el fotorefractómetro.

Con el autorefractómetro POTEC PRK-6000 se observó miopía en 73,7 % de los participantes, con valores entre -7,44 y -0,50 D (mediana -1,56 D, IQR 1,82). Por otra parte, la hipermetropía se halló en 14,1 % de los sujetos (mediana +1,38 D, IQR 1,37, rango entre +0,50 y +3,44 D) y la emetropía en 12,2 %. El 73,7 % de los ojos tenían astigmatismo hasta de 1,00 D. Con el fotorefractómetro Plusoptix A12C, hubo 45,5 % de ojos con miopía (-6,75 a -0,50 D, mediana -1,63 D, IQR 1,62), 14,1 % con hipermetropía (+0,50 a +2,63 D, mediana +1,19 D, IQR 1,37) y 40,4 % con emetropía. El 79,8 % del total de ojos tenían astigmatismo hasta de 1,00 D. En ese escenario, los resultados refractivos obtenidos con ambas técnicas se muestran en la tabla 1. Asimismo, como se observa a continuación, las medianas con autorefractometría resultaron en valores más negativos.

FIGURA 1. Distribución del equivalente esférico con AR POTEC PRK-6000 y FR Plusoptix A12C (n=99)



Fuente: elaboración propia

TABLA 1. Error refractivo medido con los dos equipos (valores en dioptrías, n=99)

	AUTOREFRACTÓMETRO POTEC PRK-6000				FOTOREFRACTÓMETRO PLUSOPTIX A12C			
	Mediana	IQR	Mínimo	Máximo	Mediana	IQR	Mínimo	Máximo
Esfera	-0,62	1,87	-5,25	+5,12	-0,25	1,50	-4,50	+4,25
Cilindro	-0,62	0,75	-5,62	0,00	-0,50	0,50	-6,00	0,00
Eje	36	119	0	180	74	152	0	180
EE	-0,94	1,74	-7,44	+3,44	-0,38	1,25	-6,75	+2,63

Fuente: elaboración propia

Respecto a la medición del eje del astigmatismo, en el 3 % de los casos ambas técnicas coincidieron al identificar ametropías esféricas. En tanto, en el 18,2 % de los participantes, se obtuvo astigmatismo con una sola de las técnicas ya que, con la otra, el defecto se evaluó como esférico. Las diferencias de medición de los ejes en los 78 casos en los que se halló astigmatismo con ambos métodos se muestran en la tabla 2, con 64 % de los datos con diferencias de más de 10°.

TABLA 2. Comparación entre los ejes de los cilindros medidos con el autorefractómetro POTEC PRK-6000 y el fotorefractómetro Plusoptix A12C (n=78)

DIFERENCIA EN EJES	N (%)
≤5°	18 (18,2)
6-10°	10 (10,1)
11-15°	12 (12,1)
16-20°	11 (11,1)
>20°	27 (27,3)

Fuente: elaboración propia

La comparación entre el AR y la fotorefracción se hizo mediante los vectores de poder M,  $J_0$  y  $J_{45}$ , cuyos resultados se presentan en la tabla 3. Se podrá observar que hubo diferencias estadísticamente significativas entre los componentes M y  $J_{45}$ .

Se analizó la concordancia entre los métodos de manera global y según el tipo de error refractivo, con el coeficiente de Lin y con los límites de acuerdo con el 95 % del método de Bland y Altman (tabla 4). Asimismo, se analizó la variación de la concordancia según el grupo de edad

(tabla 5). Para todos los casos la mayor concordancia fue para  $J_0$ . Los resultados globales y los de los miopes fueron similares, debido a que la mayor parte de los casos fueron miopías. Las figuras 2, 3 y 4 muestran los límites de acuerdo con el equivalente esférico y los componentes  $J_0$  y  $J_{45}$ , respectivamente. En ese escenario, la diferencia promedio entre los métodos fue de -0,47 D para el equivalente esférico, de -0,005 para  $J_0$  y de 0,086 para  $J_{45}$ , con gran variabilidad en el equivalente esférico y en  $J_0$ .

TABLA 3. Distribución del error refractivo en equivalente esférico y vectores (valores en dioptrías, n=99)

	AUTOREFRACTÓMETRO POTEK PRK-6000				FOTOREFRACTÓMETRO PLUSOPTIX AI2C				Diferencia de medianas*
	Mediana	IQR	Mínimo	Máximo	Mediana	IQR	Mínimo	Máximo	
M	-0,94	1,74	-7,44	+3,44	-0,38	1,25	-6,75	+2,63	p=0,0041**
$J_0$	+0,17	0,38	-2,29	+2,79	+0,12	0,34	-1,25	+2,97	p=0,6819
$J_{45}$	+0,07	0,18	-0,50	+0,83	0,00	0,17	-2,17	+0,94	p=0,0055**

\*Test de Wilcoxon (Mann-Whitney). \*\*Estadísticamente significativo al 0,05.

Fuente: elaboración propia

TABLA 4. Concordancia entre los resultados del autorefractómetro POTEK PRK-6000 y el fotorefractómetro Pluxoptix AI2C, en la muestra total y por tipo de defecto refractivo

	COEFICIENTE DE LIN	IC 95 %	VALOR-P	MEDIA DE LAS DIFERENCIAS**	LÍMITES DE ACUERDO CON EL 95 %**
<b>Global</b>					
M	0,746	0,663 – 0,829	< 0,001*	-0,468	-2,566 – 1,629
$J_0$	0,898	0,860 – 0,937	< 0,001*	-0,005	-0,498 – 0,489
$J_{45}$	0,200	0,020 – 0,380	0,030*	0,086	-0,594 – 0,765
<b>Miopes (n=73)</b>					
M	0,638	0,516 – 0,760	< 0,001*	-0,700	-2,672 – 1,271
$J_0$	0,898	0,853 – 0,943	< 0,001*	-0,021	-0,564 – 0,522
$J_{45}$	0,090	-0,123 – 0,303	0,406	0,089	-0,678 – 0,856
<b>Emétropes (n=12)</b>					
M	0,157	-0,248 – 0,562	0,448	-0,327	-1,152 – 0,498
$J_0$	0,841	0,663 – 1,019	< 0,001*	0,057	-0,271 – 0,385
$J_{45}$	0,663	0,398 – 0,928	< 0,001*	0,034	-0,230 – 0,298
<b>Hipermétropes (n=14)</b>					
M	0,382	-0,016 – 0,781	0,060	0,620	-1,601 – 2,841
$J_0$	0,935	0,864 – 1,006	< 0,001*	0,029	-0,269 – 0,326
$J_{45}$	0,696	0,438 – 0,955	< 0,001*	0,114	-0,271 – 0,500

\* Estadísticamente significativo al 0,05. \*\*Dioptrías.

Fuente: elaboración propia

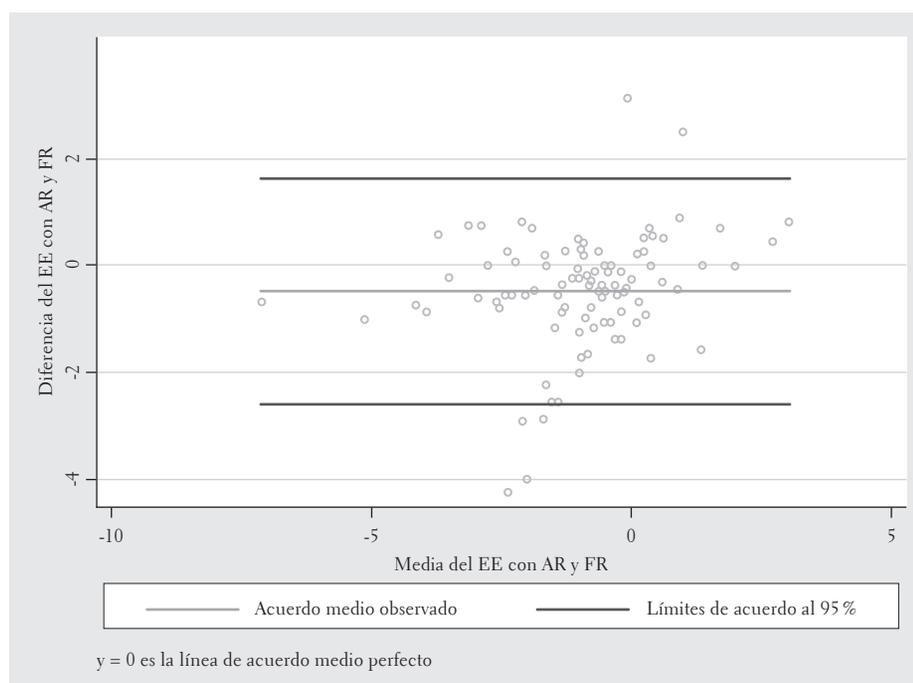
TABLA 5. Concordancia entre los resultados del autorefractómetro POTEK PRK-600 y el fotorefractómetro Pluxoptix AI2C, según grupos de edad

	COEFICIENTE DE LIN	IC 95 %	VALOR-P	MEDIA DE LAS DIFERENCIAS**	LÍMITES DE ACUERDO CON EL 95 %**
<b>Edad ≤20 años (n=39)</b>					
M	0,627	0,447 – 0,808	<0,001*	-0,495	-3,091 – 2,101
J <sub>0</sub>	0,851	0,763 – 0,938	<0,001*	-0,020	-0,463 – 0,422
J <sub>45</sub>	0,598	0,429 – 0,768	<0,001*	0,078	-0,336 – 0,492
<b>Edad &gt;20 años (n=60)</b>					
M	0,819	0,738 – 0,899	<0,001*	-0,451	-2,173 – 1,271
J <sub>0</sub>	0,910	0,866 – 0,954	<0,001*	0,005	-0,521 – 0,532
J <sub>45</sub>	0,016	-0,208 – 0,239	0,891	0,091	-0,719 – 0,901

\* Estadísticamente significativo al 0.05. \*\*Dioptías.

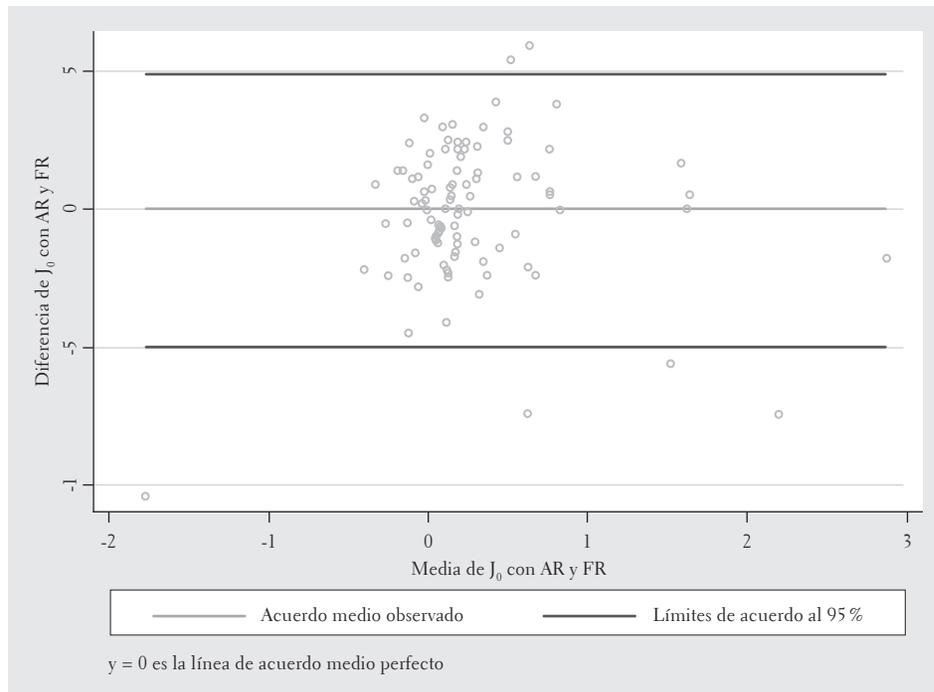
Fuente: elaboración propia

FIGURA 2. Concordancia entre las mediciones del equivalente esférico con el autorefractómetro POTEK PRK 600 y el fotorefractómetro PluxOptix AI2C



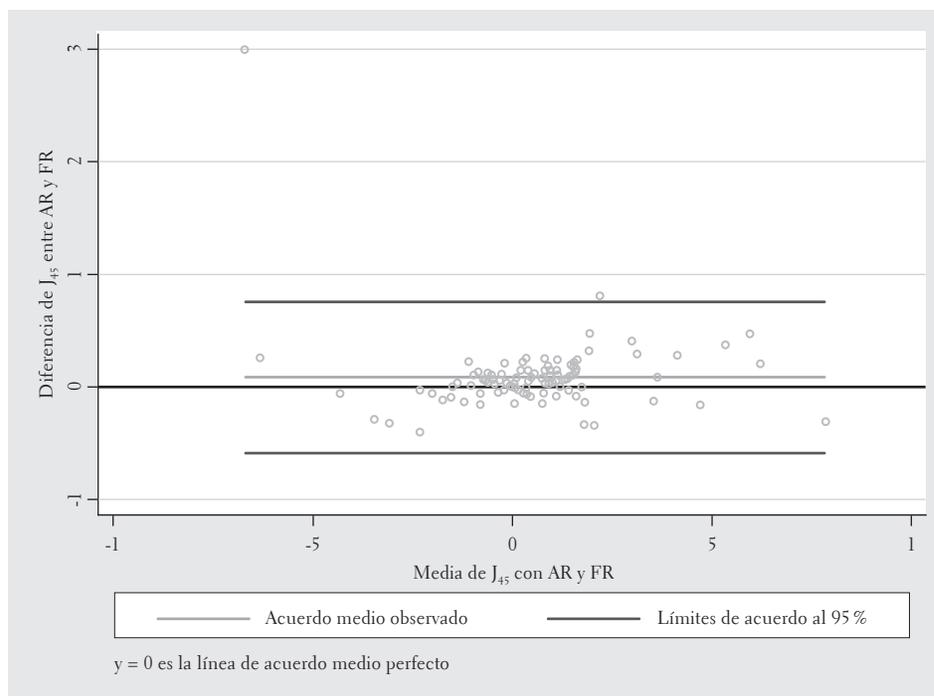
Nota: La línea del medio indica la diferencia de medias y las líneas de los extremos representan los límites de acuerdo con el 95 %.

Fuente: elaboración propia

FIGURA 3. Concordancia entre las mediciones del componente  $J_0$  con el AR y el FR.

Nota: La línea del medio indica la diferencia de medias y las líneas de los extremos representan los límites de acuerdo con el 95 %.

Fuente: elaboración propia

FIGURA 4. Concordancia entre las mediciones del componente  $J_{45}$  con el AR y el FR

Nota: La línea del medio indica la diferencia de medias y las líneas de los extremos representan los límites de acuerdo con el 95 %.

Fuente: elaboración propia

## DISCUSIÓN

Este estudio identificó el grado de acuerdo entre el autorefractómetro POTEK PRK-6000 y el fotorefractómetro portátil Plusoptix A12C en adultos. Este incluyó el tipo de datos adecuados para el análisis de la refracción, como lo son los vectores de potencia.

En los datos globales, así como en los subgrupos de miopes y emétopes, no se halló diferencia clínica en la magnitud refractiva en los componentes  $J_0$  y  $J_{45}$ . No obstante, sí se encontró en el equivalente esférico, que fue más negativo con el equipo POTEK PRK-6000, siendo la diferencia clínicamente relevante (-0,47 D en el grupo total, -0,70 en miopes y -0,33 en emétopes). Además, los límites, de acuerdo con el 95 %, indicaron una importante variabilidad en la diferencia. Esto podría originarse por una mayor respuesta acomodativa, inducida por un punto de fijación más cercano en los equipos monoculares. Se ha considerado que las claves de disparidad, el enfoque de lejos y la binocularidad, proporcionan las mejores condiciones para obtener la máxima hipermetropía, al influir en la relajación de la acomodación. Asimismo, una mayor distancia de trabajo con el fotorefractómetro portátil podría ayudar a producir medidas no ciclopléjicas más cercanas a las realizadas bajo cicloplejia (17). No obstante, el comportamiento fue diferente en el caso de los hipermétropes, en los que el resultado fue más positivo con el autorefractómetro POTEK (diferencia de +0,62 D).

De manera similar, una investigación realizada en la República de Corea comparó la refracción con el FR Plusoptix S09 y el AR Canon en 77 ojos de 40 niños entre 2 y 10 años. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el equivalente esférico sin cicloplejia, también con los valores más negativos para el AR (18), excepto en hipermetropías  $>3,00$  D. En el presente estudio solamente hubo un caso de hipermetropía mayor a 3,00 D y los hipermétropes solo abarcaron el 14 % de los participantes. Otros estudios también han reportado este comportamiento entre equipos

Plusoptix y AR, al comparar miopías e hipermetropías, incluso en pacientes bajo cicloplejia (19).

Al analizar por grupos de edad, el equivalente esférico fue igualmente más negativo con el autorefractómetro POTEK, sin diferencia al comparar entre menores (-0,50 D) o mayores de 20 años (-0,45 D), con importante variabilidad en las diferencias en ambos casos. En  $J_0$  y  $J_{45}$  no hubo diferencias clínicamente relevantes. En un estudio previo en una población de Irán, en el que se utilizaron un equipo portátil y uno de mesa en 652 participantes de diferentes grupos de edad, se realizaron todos los procedimientos sin cicloplejia. En el subgrupo de sujetos entre 20 y 40 años, se hallaron diferencias estadísticamente significativas especialmente para M y  $J_0$ , pero sin significancia clínica (1). Sin embargo, a diferencia de nuestros resultados, se encontraron datos más negativos para M con el equipo portátil y sobrestimación de la hipermetropía con el AR de mesa (1).

Con respecto a las diferencias en el eje, el 50,5 % de los participantes con astigmatismo tuvieron diferencias en el eje mayores a  $10^\circ$  entre los equipos. En comparaciones de errores de refracción con el equipo Plusoptix A09 y la autorefracción ciclopléjica, la diferencia en el eje fue cercana a  $12^\circ$  (20). Al haber diferencias importantes en los ejes, es adecuado realizar el análisis mediante el uso de vectores y no solo del cilindro.

En cuanto al grado común entre los equipos, los resultados del coeficiente de Lin indicaron mayor concordancia en  $J_0$  en todos los casos y un acuerdo bajo en el vector oblicuo, especialmente en miopes. No se hallaron estudios previos que hubieran comparado técnicas de refracción mediante ese coeficiente, por lo que no es posible realizar comparaciones. Con frecuencia se utiliza el coeficiente de correlación de Pearson, que no es adecuado para el análisis del grado de acuerdo (21). La media de las diferencias para M resultó clínicamente importante en todos los análisis, con resultados mayores a 0,25 D y límites de acuerdo muy amplios, lo que indica un bajo grado de

repetibilidad entre las mediciones de ambos equipos. Tal como ha sido descrito previamente para otros modelos de fotorefractómetros, las mediciones sobrestiman las miopías y subestiman las hipermetropías (20), lo que debe ser tenido en cuenta para su utilización durante la práctica clínica. Por otra parte, las inconsistencias observadas en los resultados se podrían deber a las diferencias en la demanda acomodativa impuesta por cada instrumento, así como al diseño y condiciones propias de cada equipo. Asimismo, es de esperarse una mayor concordancia en las mediciones de los defectos refractivos por diversos métodos, si se controla por completo la acomodación y por ende su influencia sobre la convergencia. Con todo, eso no siempre es posible o deseable, por lo que también es relevante determinar el grado de acuerdo en condiciones habituales.

En tanto, Arici y sus colaboradores (22), en 2012, compararon datos de 59 ojos de niños sin cicloplejia, con el Plusoptix S08 y el POTEC PRK-6000, y encontraron una media de las diferencias del equivalente esférico de  $0,54 \pm 1,14$  D, cifra similar a la reportada (0,47 D). Cabe mencionar que, en el mencionado estudio, la diferencia entre las técnicas bajo cicloplejia fue de 0,56 D. En cuanto al astigmatismo sin cicloplejia, en  $J_0$  la diferencia entre ambos equipos fue de +0,07 D, es decir, valores ligeramente más positivos con el fotorefractómetro, y similares a los obtenidos en nuestro estudio. Asimismo, en  $J_{45}$  la media de las diferencias fue de +0,06 D. De igual forma, los autores mencionan que la mayoría de las mediciones fueron más positivas con el Plusoptix, y aquello se lo atribuyen a una mayor relajación de la acomodación por la distancia de 1 m. Además, concluyen que el Plusoptix S0 es confiable, en comparación con el AR POTEC PRK-6000, para detectar errores de refracción sin el uso de cicloplejia. En tal caso, la mayoría de los estudios confirman lo anterior en población escolar e incluso en pacientes con discapacidades físicas o mentales (22).

Es importante señalar que este estudio cuenta con limitaciones. Las medidas del error refractivo no

fueron evaluadas con retinoscopia bajo cicloplejia, que es considerada como la prueba de referencia en niños y jóvenes (23). Por tanto, no se puede afirmar que el equipo proporciona las mediciones más precisas para la clasificación del error refractivo. Sin embargo, otros estudios han demostrado buen grado de acuerdo entre la fotorefracción y la retinoscopia bajo cicloplejia en niños (19). Por otra parte, existe evidencia que sugiere que la retinoscopia bajo cicloplejia no es necesaria en estudios epidemiológicos en adultos (24) y por ello es importante realizar estudios para conocer la reproducibilidad de las mediciones realizadas con los autorefractómetros de mesa y portátiles en ese grupo etario.

Finalmente, los pocos casos de hipermetropía (14,1 %) y el bajo rango de defectos refractivos en la muestra estudiada, limitan la generalización de las conclusiones.

## CONCLUSIÓN

El equivalente esférico fue de mayor magnitud negativa con el autorefractómetro POTEC PRK-6000 que con el fotorefractómetro Plusoptix A12C en refracciones sin cicloplejia. El astigmatismo con autorefractómetro y fotorefractómetro, evaluado a través del vector  $J_0$ , resultó ser un elemento con buena concordancia en miopes e hipermetropes y en el subgrupo de mayores de 20 años. Por el contrario, el vector oblicuo  $J_{45}$  obtuvo baja concordancia en miopes y en mayores de 20 años. En adultos miopes y emétopes en quienes no se realice cicloplejia, el fotorefractómetro es un método adecuado para la determinación de defectos refractivos.

## REFERENCIAS

1. Mirzajani A, Qasemi F, Asharlous A, Yekta A, Doostdar A, Khabazkhoob M, et al. Are the results of handheld auto-refractometer as valid as the result of table-mounted refractometer? *Jour Curr Ophthalmol*. 2019;31(3): 305-11. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.joco.2018.10.012>
2. Vilaseca M, Arjona M, Pujol J, Peris E, Martínez V. Non-cycloplegic spherical equivalent refraction in

- adults: comparison of the double-pass system, retinoscopy, subjective refraction and a table-mounted autorefractor. *Internat Jour Ophthal*. 2013;6(5): 618-625. Disponible en: <https://doi.org/10.3980/j.issn.2222-3959.2013.05.12>
3. PRL-6000 Auto Ref-Keratometer [Internet]. 2008 [Citado el 27 de octubre de 2019]. Disponible en: [http://www.potec.biz/bbs/prk\\_en.php?wr\\_id=50](http://www.potec.biz/bbs/prk_en.php?wr_id=50)
  4. Singman E, Matta N, Tian J, Brubaker A, Silbert D. A Comparison of the Plusoptix S04 and A09 Photoscreeners. *Strabismus*. 2013;21(2): 85-87.
  5. Bogdănici CM, Săndulache CM, Vasiliu R, Obadă O. Difference of refraction values between standard autorefractometry and Plusoptix. *Rom Jour Ophthal*. 2016;60(4): 249-254.
  6. Plusoptix GmbH. *Mobile Binocular Autorefractor. User Manual*. Alemania: Plusoptix; 2019.
  7. Prabakaran S, Fan Q, Wong T, Saw S, Dirani M, Chia A, et al. Cycloplegic refraction in preschool children: Comparisons between the hand-held autorefractor, table-mounted autorefractor and retinoscopy. *Ophthal Physiol Opt*. 2009;29: 422-426. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.2008.00616.x>
  8. Baban T, Sammouh F, Ballouz H, Warrak E. A Comparison of Automated Refractions Using Plusoptix S04 Photoscreener, Nidek AR-20 Handheld Autorefractor and Nidek ARK-510A Auto Ref-Keratometer. *JOJ Ophthalmology*. 2017;2(4). Disponible en: <https://juniperpublishers.com/jojoo/pdf/JOJO.MS.ID.555594.pdf>
  9. Matta NS, Arnold RW, Singman EL, Silbert DI. Comparison Between the plusoptix and MTI Photoscreeners. *Arch Ophthal* (1960). 2009;127(12): 1591-1595. Disponible en: <https://doi.org/10.1001/archophthalmol.2009.294>
  10. Yan X, Jiao W, Li Z, Xu W, Li F, Wang L. Performance of the Plusoptix A09 photoscreener in detecting amblyopia risk factors in Chinese children attending an eye clinic. *PloS one*. 2015;10(6): e0126052. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126052>
  11. Ying G, Maguire MG, Taylor Kulp M, Ciner E, Moore B, Pistilli M, et al. Comparison of cycloplegic refraction between Grand Seiko autorefractor and Retinomax autorefractor in the Vision in Preschoolers–Hyperopia in Preschoolers (VIP-HIP) Study. *Jour AAPOS*. 2017;21(3): 219-223.e3. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28528993/>
  12. Akil H, Keskin S, Çavdarlı C. Comparison of the Refractive Measurements with Hand-held Autorefractometer, Table-mounted Autorefractometer and Cycloplegic Retinoscopy in Children. *Kor Jour Ophthal*. 2015;29(3): 178-184. Disponible en: <https://doi.org/10.3341/kjo.2015.29.3.178>
  13. Flitcroft DI, He M, Jonas JB, Jong M, Naidoo K, Ohno-Matsui K, et al. IMI – Defining and Classifying Myopia: A Proposed Set of Standards for Clinical and Epidemiologic Studies. *Invest Ophthal Vis Sci*. 2019;60(3): M20-30. Disponible en: <https://doi.org/10.1167/iovs.18-25957>
  14. García Lozada DG. Retinoscopía estática: variabilidad interobservadores entre docentes y estudiantes de optometría en una institución universitaria de Bogotá D.C. [Artículo de investigación]. Bogotá: Universidad del Rosario; 2010. Disponible en: <http://repository.urosario.edu.co/handle/10336/1801>
  15. Cortés-Reyes E, Rubio-Romero JA, Gaitán-Duarte H. Métodos estadísticos de evaluación de la concordancia y la reproducibilidad de pruebas diagnósticas. *Revista Colombiana de Obstetricia y Ginecología*. 2010;61(3): 247-255. Disponible en: <https://doi.org/10.18597/rcog.271>
  16. Bland JM, Altman DG. Measuring agreement in method comparison studies. *Stat Methods Med Res*. 1999;8(2): 135-160. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/096228029900800204>
  17. Horwood AM, Riddell PM. Receding and Disparity Cues Aid Relaxation of Accommodation. *Optom Vis Sci*. 2009;86(11): 1276-1286. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/OPX.0b013e3181bb41de>
  18. Won JY, Shin HY, Kim SY, Lee YC. A comparison of the Plusoptix S09 with an autorefractometer of noncycloplegics and cycloplegics in children. *Medicine*. 2016;95(35): e4596. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000004596>
  19. Saini V, Raina U, Gupta A, Goyal J, Anjum R, Saini P, et al. Comparison of Plusoptix S12R photoscreener with cycloplegic retinoscopy and autorefraction in pediatric age group. *Ind Jour Ophthal*. 2019;17(10): 1555-1559. Disponible en: [https://doi.org/10.4103/ijo.IJO\\_1465\\_18](https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_1465_18)
  20. Payerols A, Eliaou C, Trezeguet V, Villain M, Daien V. Accuracy of PlusOptix A09 distance refraction in pediatric myopia and hyperopia. *BMC ophthalmology*. 2016;16(1): 72. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12886-016-0247-8>
  21. marlin\_lancet327\_310.
  22. Arici C, Türk A, Keskin S, Ceylan OM, Mutlu FM, Hİ. Effect of cycloplegia on refractive errors measured with three different refractometers in school-age children. *Turk J Med Sci*. 2012;42(4): 657-665. Disponible en: <https://doi.org/10.3906/sag-1104-44>
  23. Morgan IG, Iribarren R, Fotouhi A, Grzybowski A. Cycloplegic refraction is the gold standard for epidemiological studies. *Acta Ophthalmologica (Oxford, England)*. 2015;93(6): 581-585. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/aos.12642>
  24. Krantz EM, Cruickshanks KJ, Klein BEK, Klein R, Huang G, Nieto FJ. Measuring Refraction in Adults in Epidemiological Studies. *Archives of Ophthalmology (1960)*. 2010;128(1): 88-92. Disponible en: <https://doi.org/10.1001/archophthalmol.2009.349>

