CONCORDANCIA ENTRE AGUDEZA VISUAL CON CARTILLA ETDRS Y APLICACIÓN MÓVIL SNELLEN CHART

MAYRA ALEJANDRA RAMIREZ ARBOLEDA

UNIVERSIDAD EL BOSQUE

FACULTAD DE MEDICINA

PROGRAMA DE OPTOMETRÍA

BOGOTA D.C.

2020

CONCORDANCIA ENTRE AGUDEZA VISUAL CON CARTILLA ETDRS Y APLICACIÓN MÓVIL SNELLEN CHART

MAYRA ALEJANDRA RAMIREZ ARBOLEDA

Trabajo de grado para optar al título de optómetra

DIRECTOR TEMÁTICO
ALEJANDRA MENDIVELSO SUAREZ
Optómetra Magíster en Ciencias de la Visión

DIRECTOR METODOLÓGICO
DIANA GARCÍA LOZADA
Optómetra Magister en Epidemiología Clínica

UNIVERSIDAD EL BOSQUE

FACULTAD DE MEDICINA

PROGRAMA DE OPTOMETRÍA

BOGOTA D.C.

2020

PÁGINA DE APROBACIÓN DE TRABAJOS DE GRADO

Los suscritos jurados con base en los criterios científicos, metodológicos, éticos y después de haber revisado el documento denominado:

"CONCORDANCIA ENTRE AGUDEZA VISUAL CON CARTILLA ETDRS Y APLICACIÓN MÓVIL SNELLEN CHART"

Presentado como requisito de grado por la estudiante:

Mayra Alejandra Ramírez Arboleda

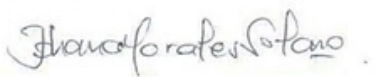
Para optar al título de:

OPTÓMETRA

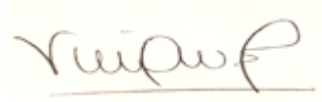
Deciden asignar al documento presentado la calificación de:

APROBADO

Firmado en Bogotá D.C, el 5 del mes de mayo de 2020



JOHANA MORALES SOLANO
JURADO

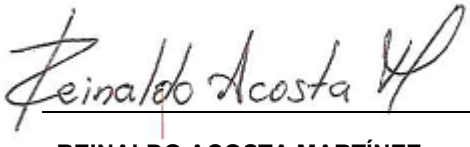


VIVIANA BECERRA GARCIA
JURADO

En constancia de lo anterior firman los Directores del trabajo y el Director del Programa de Optometría

DIANA GARCIA LOZADA
DIRECTORA METODOLÓGICA
PROGRAMA DE OPTOMETRIA

ALEJANDRA MENDIVELSO SUAREZ
DIRECTORA DISCIPLINAR
PROGRAMA DE OPTOMETRIA



REINALDO ACOSTA MARTÍNEZ
DIRECTOR
PROGRAMA DE OPTOMETRIA

NOTA DE SALVEDAD DE RESPONSABILIDAD INSTITUCIONAL

“La Universidad El Bosque no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por la sabiduría y paciencia con la que me ha dotado durante todos estos años de universidad para superar los obstáculos y llegar a este punto del camino. A mi madre por llenarme de fuerza e inspiración y motivarme a cumplir este sueño. A Camilo Rivera y Ana María Sánchez por la colaboración y el apoyo para llevar a cabo este proyecto.

A las doctoras Diana García y Alejandra Mendivelso por ser quienes me ayudaron a construir esta investigación. con sus conocimientos, ideas y tiempo dedicado, despertaron en mí, habilidades y estrategias para su desarrollo.

A la facultad de optometría y a Ángela Ardila quien me colaboró siempre de manera oportuna con información importante para el desarrollo de la investigación.

A la Universidad El Bosque por brindarme y facilitarme los recursos utilizados en la investigación.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 13
1.1 Pregunta general de investigación 13
1.2 Preguntas específicas de investigación 13
2. OBJETIVOS 14
2.1 Objetivo general 14
2.2 Objetivos específicos 14
3. JUSTIFICACIÓN 15
4. MARCO TEÓRICO 16
4.1 Agudeza visual 16
4.2 Tipos de agudeza visual 16
4.2.1 Tareas de detección o mínimo visible 16
4.2.2 Tareas de resolución o minino separable 16
4.2.3 Tareas de reconocimiento o mínimo reconocible 17
4.2.4 Tareas de localización o poder de alineamiento (Agudeza de Vernier) 17
4.2.5 Tareas de binocularidad o agudeza visual estereoscópica 17
4.3 Sistemas de notación 17
4.3.1. Fracción Snellen 17
4.3.2. Notación decimal 17
4.3.3. Notación log MAR 17
4.4 Factores que afectan la agudeza visual 18
4.4.1 Factores que dependen del optotipo 18
4.4.2 Factores derivados de la óptica del sistema visual 19
4.4.3 Factores fisiológicos 19
4.4.4 Factores psicológicos 20
4.5 Protocolo para toma de agudeza visual con y sin corrección 20
4.5.1 Requisitos 20
4.5.2 Procedimiento clínico 20
4.5.3 El orden de anotación se hace: 21
4.5.4 Interpretación 21
4.5.5 Observaciones 21

4.6 Agudeza visual con cartilla ETDRS (Early Treatment Diabetic Retinopaty) 21
4.7 Teleoptometría 22
4.7.1 Historia 22
4.7.2 Definición 22
4.7.3 Aplicaciones móviles para la agudeza visual 23
4.7.4 Aplicación móvil Snellen chart 24
4.8 Estudios antecedentes 24
4.9 Métodos estadísticos para la evaluación de la concordancia 25
4.9.1 Concordancia para variables de tipo contínuo 26
5. METODOLOGÍA 28
5.1 Tipo de estudio 28
5.2 Población 28
5.3 Muestra 28
5.3.1 Tamaño de muestra 28
5.3.2 Muestreo 28
5.4 Criterios de selección 28
5.4.1 Criterios de inclusión 28
5.4.2 Criterios de exclusión 28
5.5 Variables 29
5.6 Procedimientos 29
5.7 Control de sesgos y errores 31
5.8 Plan de análisis estadístico 31
5.9 Consideraciones éticas 32
6. RESULTADOS 33
7. DISCUSIÓN 38
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 39
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 40
10. ANEXOS 43

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. *Equivalencia aproximada entre notaciones para la AV.* *18*
Tabla 2. *Estado del arte* *24*
Tabla 3. *Interpretación del coeficiente de correlación* *27*
Tabla 4. *Variables.* *29*
Tabla 5. *Tamaño de la letra para un optotipo según la distancia.* *31*
Tabla 6. *Descripción de la muestra.* *33*
Tabla 7. *Distribución de la AV con cada método.* *34*
Tabla 8. *Coeficientes de correlación intraclase y coeficiente de correlación- concordancia de Lin.* *35*
Tabla 9. *Distribución de la AV con cada método.* *37*

LISTA DE GRÁFICOS

Grafica 1. Distribución de la Agudeza visual con la cartilla ETDR 33
Grafica 2. Distribución de la Agudeza visual con aplicación móvil Snellen Chart. 34
Grafica 3. Equivalencia de métodos mediante grafico de caja y bigotes 34
Grafica 4. Dispersión que muestra la correlación entre los métodos de AV 35
Grafica 5. Concordancia de Lin entre cartilla ETDRS y aplicación móvil Snellen Chart 35
Grafica 6. Análisis del grado de acuerdo mediante el grafico de Bland y Altman entre cartilla ETDRS y aplocacion móvil Snellen Chart 36
Grafica .7 Distribución del tiempo empleado con cada cartilla. 36

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Consentimiento informado 43

RESUMEN

La incorporación de la tecnología móvil inteligente en la práctica médica moderna diaria es una tendencia cada vez mayor por las facilidades y ventajas que ofrece. Sin embargo, estas tecnologías deben cumplir con determinados estándares que permitan a los profesionales de la salud, usarlas con confianza. Este proyecto de investigación tuvo como objetivo evaluar el grado de concordancia entre la agudeza visual tomada con la aplicación Snellen Chart y la cartilla ETDRS. El estudio prospectivo tomó la agudeza visual del ojo derecho de 139 estudiantes del programa de optometría de la Universidad El Bosque. El estudio arrojó una distribución no normal tanto en las variables clínicas como en el tiempo de cada método, un coeficiente de correlación lineal fuerte (0.91) y una concordancia excelente según el coeficiente de correlación intraclase (ICC) que fue de 0.95 con límites de intervalo de confianza entre 0.92-0.96; y el coeficiente de correlación- concordancia de Lin, el cual fue de 0.94 con límites de intervalo de confianza entre 0.92-0.96. Adicionalmente, se analizó el grado de acuerdo mediante Bland y Altman en el cual se observó una media de 0.028 ± 0.11 con límites de acuerdo -0.19 y 0.24. Estos resultados evidencian que Snellen Chart es una herramienta de evaluación apta en la valoración de la agudeza visual, puesto que contiene optotipos precisos y coherentes al compararla con la cartilla ETDRS lo que favorece su uso en entornos clínicos y rurales.

Palabras clave: Agudeza visual, aplicaciones móviles, tecnología biomédica

ABSTRACT

The incorporation of intelligent mobile technology into modern medical daily practice is a growing trend because of the facilities and advantages it offers. However, these technologies must comply with standards that allow to health professionals to use them with confidence. This investigation project aimed to assess the concordance degree between visual acuity taken with Snellen chart app and ETDRS primer. The prospective study took the visual acuity in the right eye of 139 optometry students from El Bosque University. The study showed an abnormal distribution both in the clinical variables and in the time of each method, a strong linear correlation coefficient (0.91) and excellent agreement according to the intraclass correlation coefficient (ICC) which was 0.95 with confidence interval ranges between 0.92-0.96; and the Lin's correlation-concordance coefficient, which was 0.94 with confidence interval ranges between 0.92-0.96. In addition, using Bland and Altman, the agreement agree showed an average of 0.028 ± 0.11 with limits of -0.19 and 0.24. These results show that Snellen chart is a suitable evaluation tool in the assessment of visual acuity because it contains precise and consistent optotypes when compared to the ETDRS card, which encourages its use in clinical and rural environments.

Key words: Visual acuity, Mobile applications, Biomedic technology.

INTRODUCCIÓN

La agudeza visual es quizás la medida más conocida e importante en la función visual. Clínicamente, se considera uno de los signos vitales del ojo y se mide a una distancia predeterminada, a menudo utilizando cartillas físicas o proyectores. El problema subyacente con este tipo de cartillas es que no son de cómodo transporte en algunas situaciones, por ejemplo, durante las brigadas de optometría.

Por otra parte, las aplicaciones informáticas móviles (apps) han demostrado eficacia de la agudeza visual en un espectro de entornos clínicos e investigación aun cuando estos han sido poco descritos en la literatura. Asimismo, la evolución de la tecnología móvil en la práctica médica ha sido promulgada por la mejora en los teléfonos inteligentes y otros dispositivos ya que estos tienen una serie de características que les dan una ventaja sobre otras tecnologías. Estos incluyen la portabilidad, conectividad continua a internet, capacidad de procesamiento suficiente para ejecutar las aplicaciones y el simple hecho de que la mayoría de los profesionales de la salud cuenta con uno de ellos.

El uso de la tecnología de dispositivos móviles para la prestación de asistencia en salud se está expandiendo rápidamente. Actualmente, existen más de 100 aplicaciones de prueba de visión en la tienda de Google Play. En el siguiente estudio, se tomó una de esas aplicaciones (Snellen Chart) para evaluar el grado de acuerdo que tiene frente a la cartilla ETDRS.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La toma de agudeza visual es un factor determinante en el diagnóstico de anomalías oculares y de la vía visual. Actualmente existen diversos métodos y optotipos para hacer de este examen, una evaluación eficiente y verídica. Dentro de los métodos convencionales podemos encontrar cartillas físicas y proyectores estandarizados que han ido evolucionando a lo largo del tiempo y que, a su vez, poseen variedad de formas de notación (pies, metros, decimal, log). Una de estas, es la reconocida gold standard cartilla ETDRS (Early Treatment Diabetic Retinopaty) la cual es comúnmente utilizada, en pacientes de baja visión debido a su precisión (1).

Otros procedimientos más recientes e innovadores pretenden hacer de este examen, una prueba rápida y concisa mediante el uso de la tecnología. Este nuevo concepto llamado teleoptometría hace parte de una alternativa en salud denominada telemedicina, que permite eliminar las barreras de acceso y desplazamiento de los pacientes a los servicios de salud, facilitando su acceso efectivo a prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación oportunos de determinadas patologías.

Teniendo en cuenta que según la OMS en el mundo hay aproximadamente 285 millones de personas con discapacidad visual y cerca del 90% de este número de personas se concentra en los países de ingresos bajos donde 2/3 de la población viven en zonas rurales, es imperativo desarrollar continuamente estrategias y mecanismos tecnológicos en optometría que permitan el acceso a los servicios de salud visual sin limitaciones por factores socioeconómicos y demográficos (8) y que de igual forma, sean prácticos y confiables para los profesionales.

Respecto al campo de la teleoptometría, un estudio realizado dentro del marco de la especialización de gerencia y auditoria de la calidad en salud de la Universidad Jorge Tadeo Lozano en Bogotá en el año 2016, afirma que ha sido poco explorada a nivel mundial y que es escasa la literatura que aborda el término “teleoptometría” la cual se encuentra desactualizada lo que evidencia quizá la falta de interés en el ámbito investigativo en el desarrollo de la disciplina y sobre todo el análisis de sus resultados (5).

1.1 Pregunta general de investigación

¿Cuál es el grado de acuerdo entre los resultados de la aplicación móvil Snellen Chart para agudeza visual comparados con la cartilla Gold Standard ETDRS?

1.2 Preguntas específicas de investigación

¿Cuál es la agudeza visual promedio obtenida con la cartilla ETDRS?

¿Cuál es la agudeza visual promedio obtenida con la aplicación móvil Snellen Chart?

¿Cuál es el promedio de tiempo que se tarda realizar la toma de agudeza visual con cada método?

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Comparar la agudeza visual obtenida utilizando la cartilla ETDRS y la aplicación móvil Snellen Chart en los estudiantes de optometría en el periodo 2019-2.

2.2 Objetivos específicos

Evaluar la agudeza visual obtenida mediante cartilla ETDRS

Establecer la agudeza visual con aplicación móvil Snellen Chart.

Identificar la concordancia entre los resultados obtenidos con ambos métodos para medir agudeza visual.

Determinar el promedio de tiempo que se toma realizar el test de agudeza visual con la aplicación móvil y con la cartilla ETDRS

3. JUSTIFICACIÓN

Debido a la poca información sobre la teleoptometría y sus usos, y con el fin de llevar a cabo un estudio que aporte resultados de interés para la comunidad académica optométrica, este proyecto de investigación se realiza con el propósito de conocer los resultados de la toma de agudeza visual con una aplicación móvil, analizarlos y compararlos con los de la cartilla Gold standard ETDRS para establecer su validez. De igual forma se pretende determinar los procedimientos y recursos de cada método identificando los beneficios y desventajas respectivos de cada uno.

Teniendo en cuenta que el objetivo de la teleoptometría y la importancia de la correcta toma de agudeza visual, para el diagnóstico y tratamiento de patologías visuales, se desarrolla este proyecto para conocer el grado de acuerdo de las aplicaciones móviles para agudeza visual con respecto a la Gold standard cartilla ETDRS y determinar si ambas mediciones son similares en magnitud y producen resultados equivalentes. Esto con el fin de saber si es posible reemplazar los optotipos convencionales por las mismas, sobre todo en situaciones y lugares donde no es factible el uso de las cartillas físicas o proyector.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Agudeza visual

La agudeza visual se define como la capacidad del sistema visual para resolver, reconocer o discriminar los detalles de un objeto en condiciones de alto contraste y buen nivel de iluminación (4). La medida de la agudeza visual en una persona es un punto clave dentro del examen optométrico tanto clínico como rutinario ya que indica la calidad de visión que posee la persona. El propósito de medir la agudeza visual se basa en identificar y discernir entre errores refractivos y estados patológicos que tenga el paciente (4) a su vez, la medida de agudeza visual, ayuda a determinar la necesidad de prescribir un lente compensador en visión lejana, próxima o ambas mediante la comparación de la AV sin corrección y la AV con corrección.

Otro uso indispensable de la agudeza visual se da para establecer el éxito de un determinado tratamiento ante una patología ocular específica con el fin de evaluar su mejoría y determinar la necesidad de modificarlo o suspenderlo. En muchas ocasiones esta medida es el único parámetro visual evaluado en las pruebas médicas para la obtención de licencias de conducción. Por tanto, la AV es uno de los principales resultados proporcionados en pruebas clínicas y proyectos de investigación (1).

4.2 Tipos de agudeza visual

Los tamaños de los detalles del objeto están especificados por el mismo tamaño del objeto, por el tamaño de su imagen retiniana y por el ángulo que subtiende el objeto a una determinada distancia. Es decir que la agudeza visual se realiza en función del ángulo que subtiende el detalle más pequeño que es capaz de apreciar medido desde el ojo del paciente.

En la práctica clínica existen varias formas en las que la AV puede ser definida y medida según la tarea visual que realice el observador.

4.2.1 Tareas de detección o mínimo visible

Mide la capacidad para detectar un objeto oscuro sobre un fondo luminoso. El paciente debe percibir la presencia del objeto en su campo visual. Para que sea detectable el objeto, debe subtender desde el ojo un ángulo mínimo de valores aproximados de 10 a 30 segundos de arco. Es decir, que un paciente puede apreciar un objeto oscuro sobre un fondo blanco a 5 m siempre que su diámetro sea superior a 0,25 – 0,72 mm (3). En este caso, se trata de un proceso a nivel de retina, la detección depende específicamente de la sensibilidad de los fotorreceptores (4).

4.2.2 Tareas de resolución o minino separable

Este tipo de agudeza visual se define como la capacidad para distinguir dos puntos separados entre sí. Para que pueda haber dicha diferenciación los puntos deben estar separados a una distancia promedio de 1,45 mm en un objeto situado a 5m (3). Este proceso esta principalmente dominado por las aberraciones y la difracción (4).

4.2.3 Tareas de reconocimiento o mínimo reconocible

Mide la capacidad del observador para reconocer formas, detalles y orientación de un objeto. Para la toma de esta AV se empelan test objetos con algún detalle o característica que debe ser reconocida. Por tanto, esta debe ser superior al mínimo visible. Esta es la tarea que se considera en la práctica clínica (4).

4.2.4 Tareas de localización o poder de alineamiento (Agudeza de Vernier)

Mide la capacidad para distinguir el alineamiento entre dos segmentos de una recta. Se pueden encontrar valores entre 5 a 10 segundos de arco ya que el sistema visual es mucho más sensible a este tipo de estímulos (3). Es decir, que el observador es capaz de detectar una resolución lineal de 0.12 mm a 5 m. este tipo de AV también es denominada hiperagudeza y arroja valores superiores a otros tipos de agudeza visual.

4.2.5 Tareas de binocularidad o agudeza visual estereoscópica

Este tipo de medida mide la visión binocular evaluando la capacidad de resolución de dos objetos cercanos entre sí en un determinado espacio, pero a diferente distancia del observador.

4.3 Sistemas de notación

4.3.1. Fracción Snellen

Esta forma de notación se expresa a manera de fracción siendo la distancia estándar al test el numerador y la distancia a la cual el observador distinguiría los optotipos el denominador. Se puede definir utilizando pies como unidad de medida o metros. De esta manera, la distancia de referencia serán 20 pies, que equivalen a 6m.

4.3.2. Notación decimal

Esta se obtiene a partir de la división de la fracción de Snellen, es decir que, si se obtiene una notación Snellen de 20/20 que es igual a 6/6, efectuando la división, la AV decimal es de 1.

4.3.3. Notación log MAR

Consiste en expresar la AV como el logaritmo en base 10 del MAR (mínimo ángulo de resolución) por lo tanto el valor correspondiente en unidad de la AV es log MAR=0. Cuando los valores superan la unidad, es decir que MAR es menor que 1, este sistema de notación toma valores negativos.

Por ejemplo, una AV expresada en Snellen (metros) 6/9, equivale a una notación decimal de 0,66. A partir de este valor podemos calcular el MAR tomando 1/0,66 lo cual resulta en 1.51 y log MAR finalmente en 0,18 (3).

Tabla 1. *Equivalencia aproximada entre notaciones para la AV.*

Snellen (pies)	**20/200**	**20/160**	**20/120**	**20/100**	**20/80**	**20/60**	**20/40**	**20/30**	**20/25**	**20/20**
Snellen (metros)	6/60	6/48	6/36	6/30	6/24	6/18	6/12	6/9	6/7.5	6/6
Decimal	0.1	0.13	0.17	0.2	0.25	0.33	0.5	0.66	0.8	1
LogMAR	1.0	0.9	0.78	0.7	0.6	0.48	0.3	0.18	0.1	0

Fuente: Elaboración propia.

4.4 Factores que afectan la agudeza visual

Al tomar la agudeza visual de un observador existen una serie de factores que deben conocerse previamente a la realización del test. Dado que el valor obtenido de la prueba se verá interferido por uno varios de estos factores.

4.4.1 Factores que dependen del optotipo

4.4.1.1 Definición de la tarea a realizar en la medida de la agudeza visual

Teniendo en cuenta que existen limitaciones por parte del sistema visual en función a la tarea a desempeñar, la elección de la tarea y la cartilla a utilizar para la misma debe ser fundamental. Si por ejemplo la tarea a realizar implica resolución, la cartilla a emplear indicada seria la C de Landolt (4). Esto debido a que el observador no necesita conocer las letras sino simplemente identificar la localización de la apertura de la C. Si por el contrario las cartillas de letras, números o símbolos están dirigidas hacia tareas de reconocimiento donde el observador debe distinguir el objeto que está viendo.

4.4.1.2 Luminancia

La AV mejora según la luminancia del optotipo. Según estándares, la luminancia recomendada es de 120-150 cd/m2 para cartillas iluminadas internamente y para cartillas proyectadas debe ser de 480-600 luxes.

4.4.1.3 Contraste

El contraste se define a partir de la luminancia, estos dos factores están directamente relacionados. Para medir agudeza visual deben emplearse cartillas con optotipos negros sobre fondo blanco y viceversa. Los estándares recomiendan un mínimo de 0,9 el cual equivale al 90%.

4.4.1.4 Tiempo de exposición

A grandes rasgos y para observadores normales, a mayor tiempo de exposición mayor AV. Así mismo por debajo de 1 s de tiempo de exposición la AV decrece.

4.4.1.5 Composición espectral de la luz

El color de la luz puede influir en la agudeza visual, se cree que los pacientes emétropes poseen una AV mayor si se utiliza luz amarilla, en el caso de los miopes aumenta con la luz azul y los hipermétropes con luz roja.

4.4.1.6 Distancia de realización de la prueba

El observador debe ubicarse a la distancia adecuada para la cual está diseñada la cartilla u optotipo que está observando, de lo contrario, la escala de la cartilla de AV no corresponderá a la realidad.

4.4.1.7 Características de los optotipos

En cuanto al diseño de los optotipos influye la legibilidad de las formas, los detalles, la orientación y direccionalidad de los mismos. La agrupación, separación y numero de optotipos influyen en la AV.

4.4.2 Factores derivados de la óptica del sistema visual

Estos factores están relacionados con la formación de imágenes a través del sistema visual.

4.4.2.1 Desenfoque

Las imágenes en la retina pueden deteriorarse como consecuencia de las aberraciones y la difracción ocular. Cuando este factor interfiere en la agudeza visual, impide que se puedan observar los detalles más finos del objeto y por tanto produce una disminución de la agudeza visual (3).

4.4.2.2 Diámetro pupilar

Este factor ligado al desenfoque se produce dependiendo de diámetro de la pupila del paciente. Diámetros pequeños inferiores a 2mm predominan la difracción. Diámetros grandes superiores a 5mm predominan las aberraciones.

4.4.2.3 Acomodación

La AV en función de la distancia en dioptrías de la cartilla con la que se realiza la prueba (estimulo de acomodación) decrece tanto si se acerca como se aleja el test (1). Esto se debe a errores de acomodación que, si se compensan adecuadamente, mantienen una agudeza visual constante e independiente de la distancia de observación. En la determinación de la agudeza visual en visión lejana debe considerarse una distancia lo suficientemente larga (superiores a 4m), de manera que el sistema acomodativo no intervenga y así no se vean enmascarados los resultados obtenidos.

4.4.3 Factores fisiológicos

Estos factores están determinados por la estructura retiniana y la distribución de los fotorreceptores.

4.4.3.1 Mosaico de fotorreceptores

El tamaño de los fotorreceptores, su espacio y localización son factores que definen el tamaño mínimo de la imagen retiniana. En cuanto a tamaño y densidad estos se diferencian en retina central y periférica. En retina central

encontramos mayor cantidad de conos, sensibles al color y que se activan en visión fotópica (1). Por lo tanto, allí se encuentra la mayor AV. En la retina periférica la densidad de los conos disminuye y por el contrario existe mayor cantidad de bastones los cuales solo se activan en visión escotópica y no son sensibles al color, de modo que la agudeza visual de esta zona es menor comparada con la central.

4.4.3.2 Localización retiniana

En condiciones normales de visión la AV siempre será máxima en la fóvea central y conforme es más excéntrica es menor. De modo que, a 10 grados de la fóvea, la AV se reduce a un tercio de su totalidad (4).

4.4.4 Factores psicológicos

Existen factores subjetivos del paciente que pueden falsear los datos de la prueba, factores previos a ella como inconvenientes para llegar a tiempo a la cita, o no retirar un LC 48 horas antes. La fatiga física o psíquica pueden intervenir por la cantidad de repeticiones, pocas horas de sueño que haya tenido el paciente o cansancio laboral. Adicional a esto la motivación para realizar la prueba puede disminuir sobre todo en niños, debido al aburrimiento o por las actitudes de los padres frente al test.

4.5 Protocolo para toma de agudeza visual con y sin corrección

4.5.1 Requisitos

- Para el paciente: colaboración para reportar los datos solicitados de manera clara. Si es con corrección, tener los anteojos.
- Para el examinador: estar corregido o emetropizado, conocer las condiciones adecuadas que debe tener el consultorio y las compensaciones de distancia para obtener datos confiables (2).

4.5.2 Procedimiento clínico

a. Elementos que se requieren: optotipos de visón lejana de letras, números o figuras y oclusor.
b. Técnica.
    - Paciente sin corrección
    - Tomar la agudeza visual del ojo derecho.
    - Ocluir el ojo izquierdo, teniendo en cuenta no presionar el globo ocular para evitar post imágenes.
    - Pedir al paciente que lea el optotipo hasta la fila de letras más pequeña que pueda leer, evitando esfuerzo y posiciones compensatorias de cabeza y ojos.
    - Tomar el dato obtenido.
    - A continuación, tomar la agudeza visual del ojo izquierdo, ocluir el ojo derecho y repetir el procedimiento.
    - Posteriormente, realizar la toma de la agudeza visual con los dos ojos o agudeza visual binocular.
    - Si el paciente tiene corrección para lejos, repetir el mismo procedimiento con corrección.
    - Anotar los resultados en la historia clínica: monoculares y binoculares sin corrección y con corrección.

4.5.3 El orden de anotación se hace:

Anotando el sistema que utilizó, luego se especifica si se tomó sin corrección o con corrección.

- Primero: ojo derecho O. D. y el valor.
- Segundo: ojo izquierdo O. I. y el valor.
- Tercero: ambos ojos A. O. y el valor.

4.5.4 Interpretación

En el sistema decimal la unidad representa la mejor visión. Snellen en metros la mejor visión es 6/6. Snellen en pies la mejor visión es el 20/20 (2).

Valores inferiores indican disminución de la agudeza visual lejana.

4.5.5 Observaciones

El examinador debe conocer ampliamente los test de agudeza visual para lejos y utilizar el más apropiado en cada paciente, mantener una actitud alerta para determinar si el paciente está realizando maniobras que falseen los datos, en caso de presentarse lo anterior, hacer los correctivos pertinentes (2).

4.6 Agudeza visual con cartilla ETDRS (Early Treatment Diabetic Retinopaty)

El test ETDRS es una cartilla creada por el optómetra estadounidense Ian Bailey, experto en baja visión en 1976. Actualmente, es el test estándar mundial para lo toma de agudeza visual (6).

Esta cartilla es ideal para la exploración de la visión en pacientes con baja visión debido a que mantiene un consistente número de letras por renglón, específicamente 5, conservando una separación logarítmica entre las letras de los renglones, tanto en sentido horizontal como vertical. Este hecho es lo que le confiere a la cartilla una configuración triangular característica (1).

Adicional a esto la cartilla conserva una progresión logarítmica utilizando el mínimo ángulo de resolución (MAR) entre los renglones. Los optotipos de cada línea son de 0.1 de unidad logarítmica o 25% mayores que la línea precedente, lo cual brinda una mayor precisión y consistencia en la interpretación de los resultados. Puede ser usada a distancias de 4, 2 y 1 m (1). Al tener una escala de conversión al equivalente de Snellen, la medición obtenida a 2 m equivaldrá a 10 pies de distancia en el equivalente de Snellen, y la obtenida a 4 m equivaldrá a 20 pies y cuando se explora a 1 m, será equivalente a 5 pies de distancia. Es importante tener cuidado, pues la primera columna de lado izquierdo indica el tamaño de la letra en la notación en metros en tanto que la segunda columna numérica indica el equivalente de Snellen, no la distancia en pies.

La cartilla está diseñada para usarse con agudezas en sistema métrico y así debe de ser usada. Cuando la cartilla es usada a 2 metros de distancia de la prueba, es sencillo convertirla a equivalente Snellen (6). Para hacerlo, se debe de añadir un cero al numerador y al denominador de la fracción métrica.

Otra de las ventajas de esta cartilla es que, al ser montada en un atril movible, con un gabinete con retro-iluminación, proporciona flexibilidad en el manejo de la distancia y asegura una iluminación constante.

4.7 Teleoptometría

4.7.1 Historia

La telesalud es un concepto que vincula el uso de las TICs a distancia y que permite mejorar las condiciones de salud de los pacientes. Uno de sus campos de acción más importante es la telemedicina. Según la OMS es un suministro de servicios de atención sanitaria cuyo objetivo es el intercambio de datos para hacer diagnósticos, indicar y mejorar tratamientos (5). También cumple un papel importante en actividades de investigación.

Históricamente, la telemedicina funciona desde el siglo XX e inicio gracias a la incursión en la transmisión de electrocardiografías conectando a los médicos con los frentes de batalla y los hospitales a través del telégrafo y la radio durante la primera guerra mundial (7). Existen registros de 1964 donde se demuestra el uso televisores y videos interactivos para consultas y diagnósticos psiquiátricos. Años después, a mediados de la década de los setenta, la NASA desarrollo un sistema de asistencia médica que favoreció la vigilancia constante de las funciones fisiológicas de los astronautas en el espacio.

Dentro de los primeros avances de la telemedicina, se encuentra realizar respectivos diagnósticos acertados a los pacientes para cuidado preventivo y el tratamiento de patologías crónicas. Hoy en día se aplica en especialidades médicas como cardiología, dermatología, neumología, neurología y oftalmología en donde se puede hacer uso de la trasmisión de datos facilitando el acceso de la información clínica y disminuyendo el sesgo de diagnóstico sin importar las barreras geográficas (8).

Otras áreas importantes de la salud como la optometría, también se encuentran incursionando en la telemedicina. Y como ciencia de la salud que se encarga del estudio del sistema visual y sus alteraciones no patológicas, posee varios campos dentro de la misma que puede aportar a grandes rasgos en los tratamientos ópticos y el cuidado primario (5). Así mismo, el optómetra dentro de la atención primaria en salud, desempeña un rol fundamental en la educación de la población respecto a la salud visual, haciendo uso de los respectivos tratamientos y a su vez la reducción de las complicaciones que generan consecuencias en la salud visual y costos adicionales.

4.7.2 Definición

La teleoptometría tiene una gran variedad de aplicaciones cuyos propósitos van más allá de la enseñanza y la promoción de la salud visual a distancia. Es una herramienta eficaz para la valoración de casos puntuales por parte de optómetras expertos en áreas específicas (5). Existen diferentes procedimientos que permiten obtener de manera digital datos, que al ser transmitidos electrónicamente son útiles a modo de consulta.

Dentro de las herramientas que se han desarrollado en el campo de la teleoptometría se encuentran softwares que contribuyen a la transmisión de imágenes en tiempo real de tinciones corneales con fluoresceína para la fabricación de lentes de contacto (8). Existen también sistemas de teleconsulta realizados por la escuela de optometría de la universidad de california en Berkeley que facilitan la comunicación y el envío directo de imágenes de pacientes y sus diagnósticos permitiendo el acceso a la teleconsulta y la relación con pruebas de tamizaje que aportan a las evaluaciones e investigaciones de los estudiantes (5).

En países desarrollados, la instauración de la telemedicina ha reconocido limitaciones de la misma como la resistencia a adoptar nuevos modelos de atención con eficacia no comprobada, la diversidad cultural, cuestiones jurídicas de privacidad y confidencialidad de los pacientes entre otros (5) es decir que su establecimiento implica un cambio en la manera en que se desarrollan las actividades cotidianas en la atención e implementación de nuevas tecnologías por parte de los profesionales en salud.

Se ha comprobado a nivel mundial que en el gremio optómetra existe una resistencia por parte del mismo a los cambios que permiten el ingreso de las nuevas tecnologías dentro de la práctica clínica por dos principales razones: la primera por fallas en la confidencialidad y seguridad que se le brinda a los datos e historias clínicas de los pacientes y la segunda, por la falta de conocimiento acerca del desarrollo tecnológico y sus aplicaciones (5) sin embargo estas limitaciones pueden ser contrarrestadas mediante estrategias que favorecen la teleoptometría e involucran la teleeducación. Estas herramientas (principalmente virtuales) permiten que los optómetras se actualicen y crezcan profesionalmente a la vez que brindan a sus pacientes consultas de mayor calidad.

Así la teleoptometría se convierte en una herramienta para satisfacer las necesidades visuales de la población (11). Es un campo nuevo que debe desarrollarse teniendo en cuenta los aspectos profesionales, culturales, contextos sociales, económicos y tecnológicos, con el fin de contribuir a la equidad en salud, principalmente en la vida de las comunidades. En la era de la globalización la teleoptometría es un camino que permitirá el acercamiento y enriquecerá y transformará el ejercicio tradicional de la optometría para el bien de la sociedad (14).

4.7.3 Aplicaciones móviles para la agudeza visual

Los dispositivos móviles han demostrado ser prometedores en la evaluación visual. La medición de la agudeza tradicional consiste en tablas retro-iluminadas o modalidades basadas en cartillas. Las plataformas móviles traen potencial para mejorar tanto la portabilidad y la objetividad de estos test (13).

En la actualidad, resulta más sencillo acceder a cualquier tipo de información desde un Smartphone o Tablet. En cuanto a la optometría, existen aplicaciones móviles que facilitan el acceso a la salud visual. A pesar de que, por razones implícitas, estas aplicaciones no sustituyen una consulta con el optómetra, si pueden ser de gran ayuda para tener datos básicos del estado ocular de los pacientes y sobre todo si estas aplicaciones son usadas por los mismos optómetras para dar un diagnóstico o hacer un seguimiento (11).

4.7.4 Aplicación móvil Snellen chart

El objetivo de esta aplicación de mHealth es proporcionar y capacitar a los usuarios habituales de dispositivos móviles y a los profesionales de la salud con la herramienta con la que pueden estimar su agudeza visual y las de otras personas, según una prueba clásica de gráficos de Snellen. Esta aplicación es innovadora porque transforma un diseño de prueba de poster de estilo antiguo en una prueba nueva, moderna, intuitiva y omnipresente. Una aplicación con una interfaz de usuario simple y una tabla de navegación intuitiva con gestos deslizantes, la voz o un teclado remoto para navegar de optotipo a optotipo y con la capacidad de adaptar la prueba de gráficos de Snellen a diferentes tamaños de pantalla, resoluciones de pantalla y distancias de usuarios (15).

4.8 Estudios anteriores

Tabla 2. *Estado del arte*

Auto- año	Titulo	Tipo	País	Población	Test	Resultados
S. Oneill-2016 (9)	The validity of visual Acuity assessment using mobile technology devices in the primary care setting	Comparativo cuantitativo	Australia	60 pacientes	Cartilla Snellen vs. App móvil (Iphone, Ipad)	ICC 0.917 IC 0.897-0.940 Confianza 95%
L. Pungh et al.-2016 (18)	Reproducibility and comparison of visual Acuity obtained with sightbook mobile application to near card and Snellen chart	Ensayo clínico	Estados Unidos	126 pacientes	Cartilla Snellen vs app móvil Sighbook (Iphone)	ICC 0.75
C. Perera, R. Chakrabasti, J. Crowston-2015 (10)	The eye phone study: reliability and accuracy of assesing Snellen visual Acuity	Comparativo prospectivo	Australia	88 pacientes	Snellen Cartilla vs. App móvil Snellen (Iphone 4)	ICC -0.16 IC -0.22-0.20

Auto- año	Titulo	Tipo	País	Población	Test	Resultados
	using Smartphone technology.					
A.Pathipati et al. 2016 (17)	Visual Acuity measured with a Smartphone app is more accurate tan Snellen testing by emergency department providers	Comparativo	Estados Unidos	128 pacientes	Snellen cartilla vs. App móvil	Snellen: p=0.0003 App: p=0.246
CJ. Brady et al 2015 (16)	Smartphone-based visual Acuity measurement for screening and clinical assessment	Validación Comparativo Cohorte	Kenia	300 pacientes	Cartilla ETDRS vs. App móvil peek Acuity Snellen	IC 95% 0.07 (-0.05-0.09)

4.9 Métodos estadísticos para la evaluación de la concordancia

Cuando se desea medir la misma variable, en las mismas muestras o pacientes, con dos métodos o equipos o personas diferentes, para determinar si ambos métodos o equipos producen resultados equivalentes, se habla de encontrar el grado de acuerdo o grado de concordancia.

El término concordancia se deriva de la expresión latina concordare, cuyo significado hace referencia a que hay 'correspondencia o conformidad de una cosa con otra' (19). En términos generales, la concordancia es el grado en que dos o más métodos, técnicas u observaciones son acordes entre si sobre el mismo fenómeno observado. Su importancia en el área de la salud reside en que existen diversas maneras de valorar signos clínicos y cuando se desea conocer si con un método o instrumento nuevo, diferente al habitual, se obtienen resultados equivalentes de tal manera que eventualmente uno y otro puedan ser remplazados o intercambiados ya sea porque uno de ellos es

más sencillo, menos costoso o porque uno de ellos resulta más seguro para el paciente, entre otras múltiples razones.

4.9.1 Concordancia para variables de tipo contínuo

Cuando el fenómeno objeto de análisis es medido como una variable numérica continua, se han utilizado aproximaciones tales como el coeficiente de Pearson, el coeficiente de correlación intraclase (CCI) y el coeficiente de Lin (19).

4.9.1.1 Coeficiente de relación intraclase

Este coeficiente es una formulación especial del coeficiente de correlación de Pearson que estima el promedio de las correlaciones entre todas las posibles ordenaciones de los pares de observaciones disponibles (19). Este método permite evaluar la concordancia general entre dos o más métodos de medida u observación basado en un modelo de análisis de varianza con medidas repetidas. En medicina, este coeficiente se usa generalmente para valorar la concordancia entre dos o más mediciones continúas realizadas de forma repetida en una serie de sujetos y puede interpretarse como una medida de reproducibilidad o de fiabilidad.

Dado que el CCI es una proporción, sus valores oscilan entre 0 y 1, y por tanto la máxima concordancia posible se alcanzaría cuando el CCI=1. En general, se considera que valores por debajo de 0,4 indican baja fiabilidad; cuando se encuentran entre 0,4 y 0,75 una fiabilidad entre regular y buena; y valores superiores a 0,75 se refieren a una fiabilidad excelente (19).

4.9.1.2 Coeficiente de correlación- concordancia de Lin

El coeficiente de Lin puede variar entre -1 y 1 y su valor absoluto no puede ser mayor que el coeficiente de correlación de Pearson, de manera que se puede establecer la siguiente relación: $-1 \leq -|r| \leq rc \leq |r| \leq 1$. El coeficiente de correlación de concordancia de Lin solo puede ser cero si el coeficiente de correlación de Pearson es también cero (20).

Lin demostró que éste método para evaluar la reproducibilidad de las mediciones es superior a otros métodos que se usan con propósitos similares, como la comparación de los coeficientes de variación, pruebas de t pareadas, análisis de regresión, análisis de correlación de Pearson y el análisis de correlación intraclase (20).

Permite observar qué tan lejos se desvían los datos observados por dos métodos u observadores de una línea a partir del origen y a 45° en un plano cartesiano, que corresponde a la línea de perfecta concordancia.

Para la interpretación del coeficiente de correlación de concordancia, se han sugerido los siguientes valores:

Tabla 3. *Interpretación del coeficiente de correlación*

Grado de concordancia	Valor del coeficiente de Lin
Casi perfecta	> 0.99
Sustancial	0.95-0.99
Moderada	0.90-0.94
Pobre	< 0.90

El CCC también proporciona los datos para establecer los límites de acuerdo desarrollados por Bland y Altman, que son una aproximación complementaria al CCC de Lin. El método de Bland y Altman consiste en representar gráficamente, en un diagrama de dispersión, la media de las dos mediciones, como la mejor estimación del verdadero valor, frente a la diferencia absoluta entre los dos valores; Esto permite conocer si las diferencias entre los dos métodos son sistemáticas o, debidas al azar (21).

Si las diferencias entre los pares de observaciones siguen aproximadamente una distribución normal y los valores tienden a ser estables en todo el rango de medición, se espera que el 95% de esas diferencias caigan dentro de los límites de concordancia. Esto permite valorar gráficamente, de forma sencilla, el grado de acuerdo entre los dos métodos.

5. METODOLOGÍA

5.1 Tipo de estudio

Estudio de enfoque cuantitativo de tipo observacional analítico de corte transversal prospectivo.

5.2 Población

Estudiantes de optometría de la Universidad El Bosque

5.3 Muestra

5.3.1 Tamaño de muestra

Con una confiabilidad del 95%, para una concordancia esperada del 90%, y una precisión del 10%, el tamaño de la muestra es 139 estudiantes de optometría según la fórmula (22):

$$N = \frac{4pd(1-pd)(Z\alpha)^2}{\mathrm{IC}d^2}$$

pd = 0.1

Zα = 1,96

ICd o precisión = 0.1

En donde:

Zα= desviación estandarizada del nivel de significación.

pd= probabilidad estimada de desacuerdo entre observadores (d/N)

ICd= intervalo de confianza que se acepta del grado de desacuerdo

Se puede observar que la fórmula es sustancialmente la misma que utilizamos para el cálculo de una proporción.

5.3.2 Muestreo

Muestreo probabilístico de tipo aleatorio simple entre los 292 estudiantes de optometría en el 2019-2. La aleatorización se realizó con Microsoft Excel.

5.4 Criterios de selección

5.4.1 Criterios de inclusión

Estudiantes de optometría de la Universidad El Bosque que cursen entre I y IX semestre.

5.4.2 Criterios de exclusión

Estudiantes con afaquia de ojo derecho y menores de edad.

5.5 Variables

Tabla 4. *Variables*

Variable	Definición conceptual	Definición operativa	Clasificación	Codificación
Edad	Tiempo que ha vivido una persona u otro ser vivo contando desde su nacimiento.	Número de años. (año actual menos año de nacimiento)	Cuantitativa	Años. Valores entre 18 y 40
Sexo	Condición orgánica que distingue a los machos de las hembras	Genero. Dato registrado en la cedula de ciudadanía	Nominal	Femenino, Masculino
Agudeza visual con cartilla	Capacidad para identificar letras o números en una tabla optométrica estandarizada desde una distancia de visualización especifica	Dato expresado en fracción donde el numerador expresa la distancia a la que está colocada la cartilla y el denominador la distancia a la que debería verla el observador	Cuantitativa	Log Mar
Agudeza visual con aplicación	Capacidad para identificar letras o números en una tabla optométrica estandarizada desde una distancia de visualización especifica	Dato que expresa la cantidad de visión que posee el observador a determinada distancia	Cuantitativa	Porcentaje Min. 10% Max. 100%
Tiempo	Magnitud física que mide la duración de un acontecimiento	Dato de la duración del proceso de visualización de un observador.	Cuantitativa	Segundos

5.6 Procedimientos

Administrativamente los permisos solicitados en la universidad se relacionaron con el préstamo de un consultorio en el laboratorio de optometría, y la cartilla ETDRS con atril. Fueron presentados mediante una carta a la actual coordinadora académica del programa y la coordinadora de práctica clínica para acordar los días y los horarios en los que se llevaría a cabo el proyecto de investigación.

Clínicamente se realizaron dos procedimientos para la toma de agudeza visual. El primero mediante cartilla ETDRS y el segundo con aplicación móvil para agudeza visual, Snellen Chart.

La cartilla ETDRS diseñada para medir AV a 4 metros, se ubicó en un atril movible a la distancia establecida, bajo condiciones ideales de luz. Inicialmente se tomó la agudeza visual del ojo derecho del sujeto (ojo izquierdo ocluido) con la cartilla ETDRS, se registró el dato de cada paciente en notación LogMar. Luego se tomó nuevamente la agudeza visual del ojo derecho (ojo izquierdo ocluido), con la aplicación Snellen Chart ubicando la Tablet a 4 metros del paciente. Fue posible aumentar o disminuir el tamaño del optotipo al deslizar hacia arriba o hacia abajo, respectivamente. Si lo que se deseaba era cambiar el optotipo sin cambiar su tamaño, se debía deslizar la pantalla de derecha a izquierda. De esta manera, por cada tamaño (línea de agudeza visual) se debía deslizar la pantalla de derecha a izquierda (5) para cambiar el optotipo y que fuera la misma cantidad de optotipos que la cartilla ETDRS. En ambos procedimientos se tomó cronométricamente el tiempo de cada paciente para responder a los test. La aplicación se configuro con un sistema de unidad métrico a una distancia desde el usuario a la pantalla de 400 cm (4 metros). Los optotipos seleccionados fueron letras Snellen de color negro sobre fondo color blanco y con contraste de 255.

Los instrumentos que se utilizaron para la investigación fueron cartilla ETDRS y una Tablet marca Lenovo de 12 pulgadas, modelo YT3-X50F con versión Android 5.1.1 en la que se descargó la aplicación móvil Snellen Chart. Se tomó la agudeza visual del ojo derecho de los sujetos. Previo a la realización, los sujetos leyeron y firmaron un consentimiento informado.

Se corroboró la medición de cada una de las letras de la aplicación móvil a 4 metros con el fin de establecer la validez de la misma mediante la siguiente formula:

Para calcular el tamaño de la letra a 4 m, y para una AV en decimal de 0.8, el tamaño de la letra será 5 veces el tamaño del detalle mínimo que habrá que diferenciar para reconocerla, por lo que el ángulo (U) subtiende una 1/5 parte de la letra en total:

Umin.arco =1/AV = 1/0.8 = 1.25’ es decir que subtiende 1.25’ de arco.

Como en cada grado hay 60’: Ugrado= 1.25. (1º/60’) = 0.020833333º y como en un grado hay π/180º rad, entonces Urad= 0.00036361rad.

La distancia de examen es 4m así que se multiplica para obtener ese ángulo a esa distancia:

ángulo subtendido=Urad. distancia (mm)

tamaño= 0.00036361rad x (4. 1000)= tamaño mínimo detalle =1.454 m

Como el tamaño de la letra es 5 veces el tamaño del mínimo detalle, entonces 5 x 1.454= 7.25

Es decir, una letra de 7.25 mm de altura, presentada a 4m del paciente, supone una agudeza visual de 0.8

Tabla 5. *Tamaño de la letra para un optotipo según la distancia.*

AV PIES 6M	DECIMAL	AV PIES 4M	TAMAÑO DE LETRAS CALCULADO	TAMAÑO DE LETRAS DE LA APLICACIÓN
20/400	0.05	13/260	116.3 mm	116 mm
20/300	0.07	13/195	86 mm	86 mm
20/200	0.1	13/130	58 mm	58 mm
20/160	0.13	13/104	46.4 mm	46 mm
20/125	0.16	13/81.2	35.67 mm	35.5 mm
20/100	0.2	13/65	29 mm	28 mm
20/80	0.25	13/52	23.2 mm	23 mm
20/63	0.32	13/41	18.27 mm	18.1 mm
20/50	0.4	13/32.5	14.5 mm	14 mm
20/40	0.5	13/26	11.6 mm	11.2 mm
20/32	0.63	13/20.8	8.7 mm	9 mm
20/25	0.8	13/16.2	7.25 mm	7.2 mm
20/20	1	13/13	5.8 mm	6 mm
20/16	1.25	13/10	4.64 mm	4.9 mm
20/12.5	1.6	13/8.1	3.62 mm	3.3 mm
20/10	2	13/6.5	2.9 mm	2.9 mm

Fuente: Elaboración propia

5.7 Control de sesgos y errores

Al escoger aleatoriamente a los participantes se controló el sesgo de selección. Mediante la utilización de métodos de medición apropiados como el gold standard cartilla ETDRS, se controla el sesgo de medición en la investigación.

5.8 Plan de análisis estadístico

Se realizó un análisis univariado con medidas de tendencia central y dispersión acordes al tipo de distribución de cada variable cuantitativa. Se hizo análisis de frecuencias absolutas y relativas para variables cualitativas y se presentó mediante tablas y gráficos. La concordancia entre las técnicas de agudeza visual se hizo con el coeficiente de correlación- concordancia de Lin y el grado de acuerdo se evaluó con el gráfico de Bland y Altman.

5.9 Consideraciones éticas

La investigadora tenía conocimiento acerca de los principios básicos expresados en el informe Belmont para la protección de los sujetos humanos de investigación: Respeto por las personas, beneficencia y justicia

Según la resolución 8430 de 1993 este estudio se considera investigación con riesgo mínimo ya que es un estudio prospectivo, en el que se emplea el registro de datos a través de un examen rutinario como lo es la agudeza visual. Este se llevó a cabo en individuos sanos y no se manipuló la conducta de los sujetos.

La investigación se ajustó a los principios científicos y éticos que la justifican y prevaleció la seguridad de los beneficiarios a los cuales se les expresó claramente los riesgos mínimos (cuyas características no contradicen los expuestos en el artículo 11 de la Resolución 8430 de 1993) mediante el consentimiento informado y por escrito de cada sujeto de investigación. Se entiende por consentimiento informado, el acuerdo por escrito mediante el cual, el sujeto autoriza su participación en la investigación con pleno conocimiento de los procedimientos a realizar, sus beneficios y riesgos con la capacidad de libre elección, respetando las decisiones autónomas de cada uno.

El estudio se llevó a cabo tras obtener la autorización de la Universidad El Bosque, el consentimiento informado de los participantes y la aprobación del proyecto por parte del programa de optometría. Se protegió la privacidad de cada participante y solo se identificó cuando los resultados lo requieran y siempre y cuando el sujeto lo haya autorizado.

Al ser una investigación en un grupo subordinado (estudiantes), la participación, rechazo o retiro de los mismos durante el estudio no afectó su situación académica. Asimismo, los resultados del estudio no fueron utilizados en prejuicio de los participantes.

Según el título III de la Resolución 8430 de 1993, se dio conocimiento al comité de investigación del programa de optometría una descripción de los recursos disponibles, incluyendo áreas y equipos de laboratorio que se utilizaron para el desarrollo de la investigación.

6. RESULTADOS

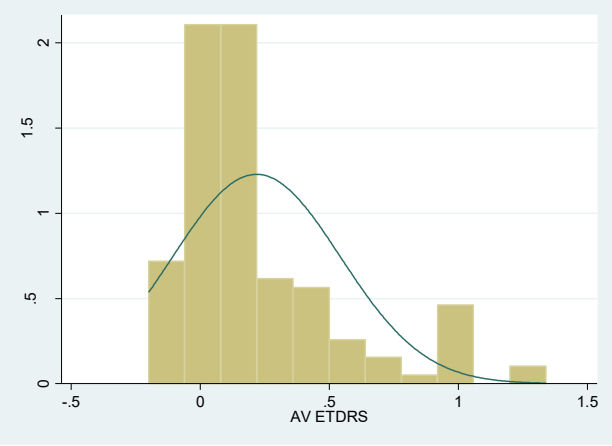
Se valoraron 139 pacientes de los cuales el 29% fueron hombres y el 71% mujeres. La edad promedio fue de 21.9 ±3.8 años. El semestre que cursaban los estudiantes se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. *Descripción de la muestra según el semestre que cursaban los estudiantes.*

Semestre	n	Porcentaje
1	7	5%
2	13	9%
3	11	8%
4	27	19%
5	23	16%
6	28	20%
7	17	12%
9	13	9%

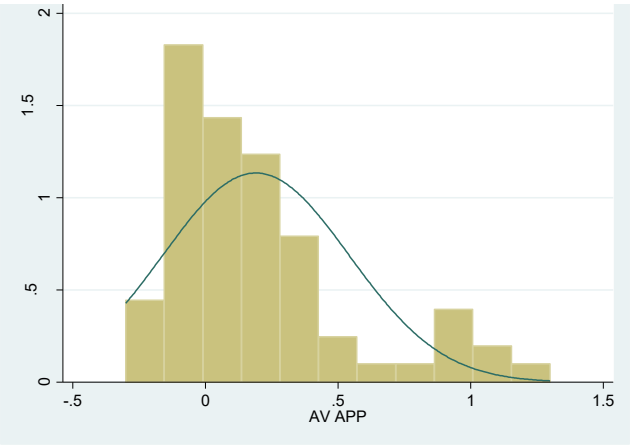
En cuanto a las variables clínicas, la AV con el método ETDRS se distribuyó de manera no normal (test Shapiro-Wilk p<0.00001); el gráfico 1 muestra el histograma con la distribución de la variable.

Gráfico 1. Distribución de la agudeza visual con la cartilla ETDRS.



La AV con la aplicación Snellen Chart también se distribuyó de manera no normal (23) (test Shapiro-Wilk p<0.00001); el gráfico 2 muestra la distribución de la variable.

Gráfico 2. Distribución de la agudeza visual con aplicación móvil Snellen Chart.



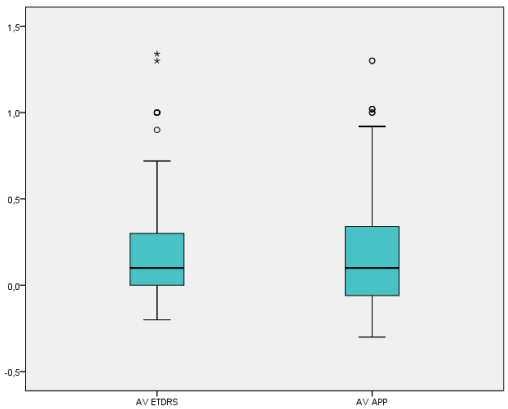
Los resultados descriptivos de la agudeza visual tomada con cada método se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. *Distribución de la AV con cada método.*

AV	Mediana	P25	P75	Mínimo	Máximo
ETDRS	0,1	0,00	0,30	-0,2	1,34
APP	0,1	-0,06	0,34	-0,3	1,3

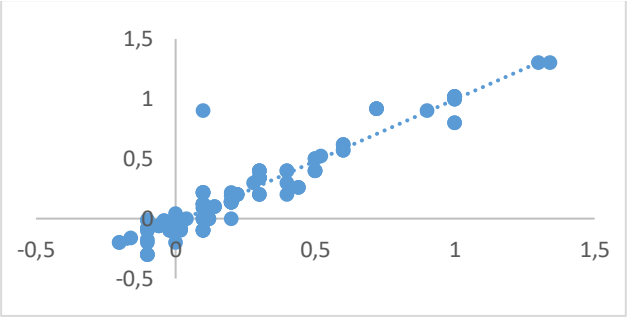
La comparación entre ambos métodos se observa en el gráfico 3; ya que una caja contiene a la otra se puede decir que no hay diferencia entre un método y otro, es decir, los métodos son equivalentes.

Gráfico 3. Equivalencia de métodos mediante grafico de caja y bigotes



Al ser métodos que evalúan una misma variable, se halló un coeficiente de correlación de Spearman de 0.91 ($p<0,0001$), es decir, una relación lineal fuerte (19) (gráfico 4).

Gráfico 4. Dispersión que muestra la correlación entre los métodos de AV



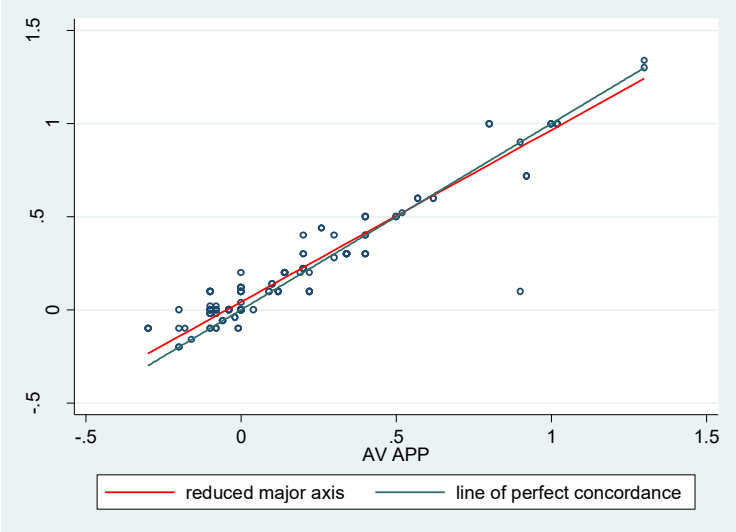
La concordancia entre el método ETDRS y la aplicación fue excelente ya que el coeficiente de correlación intraclase fue de 0.95 (19) y el coeficiente de Lin fue de 0.94 (tabla 8)

Tabla 8. *Coeficientes de correlación intraclase y coeficiente de correlación- concordancia de Lin.*

	Valor	95% de intervalo de confianza		Sig.
		Límite inferior	Límite superior	
Correlación intraclase	,948	,927	,962	0,000
Coeficiente de correlación-concordancia de Lin	,944	,927	,962	0.000

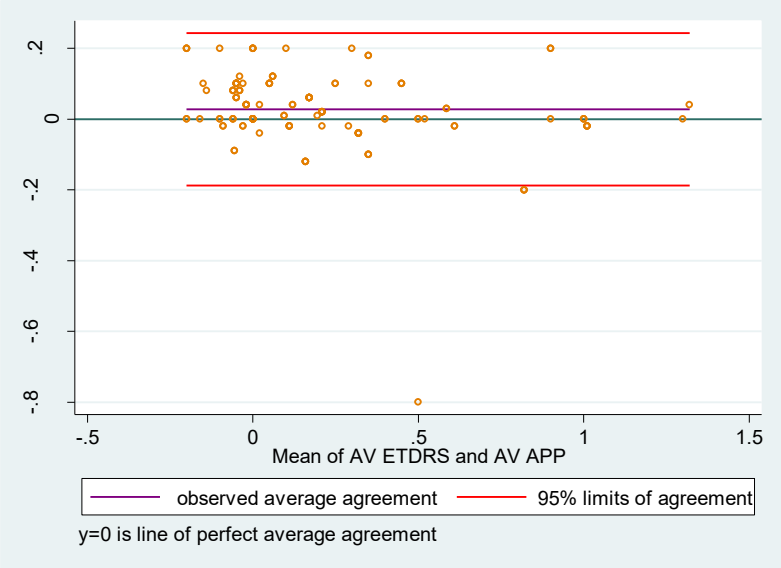
Asimismo, el gráfico de concordancia de Lin (gráfico 5) evalúa qué tanto se alejan entre si las mediciones de los dos métodos e indica si hay sesgo en la medición. El grafico muestra la ausencia de sesgo al ubicar las líneas casi paralelas entre sí.

Gráfico 5. Concordancia de Lin entre cartilla ETDRS y aplicación móvil Snellen Chart



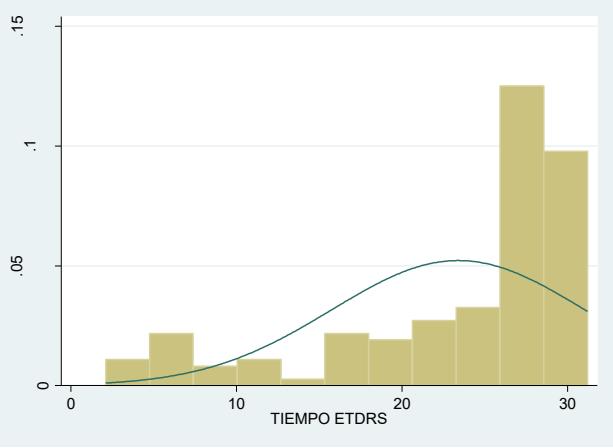
Adicionalmente se pudo analizar el grado de acuerdo entre ambos métodos mediante el grafico de Bland y Altman (gráfico 6) en el cual se observa que la diferencia media obtenida entre la AV con cartilla EDTRS y la aplicación móvil fue de 0.028 ± 0.11, con límites de acuerdo -0.19 y 0.24.

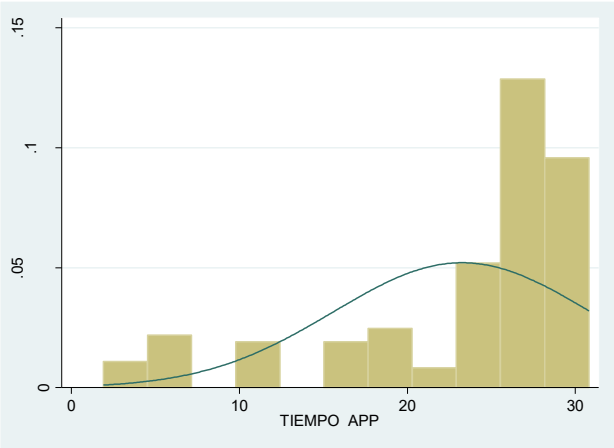
Gráfico 6. Análisis del grado de acuerdo mediante el grafico de Bland y Altman entre cartilla ETDRS y aplocacion móvil Snellen Chart



También se evaluó el tiempo en segundos que tomaba cada prueba. La distribución de los tiempos para cada test fue no normal (23) (Shapiro-Wilk p<0.000001 (gráfico 7).

Gráfico .7 Distribución del tiempo empleado con cada cartilla.





Los resultados descriptivos de la agudeza visual tomada con cada método se muestran en la tabla 9.

Tabla 9. *Distribución del tiempo empleado en cada test.*

TIEMPO	Mediana	P25	P75	Mínimo	Máximo
ETDRS	27	20,8	28,7	2,1	31,2
APP	27	20,6	28,3	1,9	30,8

7. DISCUSIÓN

En este estudio se investigó el coeficiente de correlación entre las medidas de agudeza visual tomadas con aplicación móvil Snellen Chart y la cartilla ETDRS. Su relevancia radica en el aumento de la popularidad de las aplicaciones móviles y las ventajas de su uso. Los resultados de este estudio indican que Snellen Chart es una herramienta que puede ser utilizada para la toma de agudeza visual en visión lejana durante la consulta de optometría y sobretodo, durante las brigadas. O'Neill et al. (2016) sugiere que al existir un acuerdo entre las modalidades de prueba tradicionales y las aplicaciones, cualquier tipo de tecnología móvil dará un resultado comparable a una cartilla física (9).

En particular este estudio difirió positivamente con otros estudios (9-10,16-18) cuanto al tipo de dispositivos debido a que este fue realizado mediante el uso de Android como sugirió Perera et al (2015) y los estudios previos hicieron uso de tecnología IOs (10). Otro factor diferenciador se encuentra en el tipo de cartilla física ya que los estudios anteriores no usaron ningún tipo de cartilla con contraste. Tampoco se ha encontrado un análisis previo de la comparación en el tiempo de duración de cada test, por tanto y para nuestro conocimiento, no habría estudios que cuantifiquen el grado de acuerdo entre Snellen Chart y la cartilla ETDRS en publicaciones clínicas hasta la fecha. Teniendo en cuenta el tamaño de la muestra, se puede deducir que es un estudio de alta confiabilidad.

Está bien documentado que existen discrepancias entre agudezas visuales tomadas con cartilla ETDRS y cartilla Snellen (17), sin embargo, al contar con el manejo del contraste y la iluminación en la aplicación, los datos muestran que la AV de Snellen Chart y ETDRS no varían significativamente en un mismo paciente y el análisis estadístico mostro un alto nivel de acuerdo.

Una de las limitaciones del estudio es que se hayan incluido pacientes con agudezas visuales en general buenas, no inferiores a 20/40 o en su defecto, corregidas. Así mismo al ser tomado el test una sola vez, la prueba de variabilidad no pudo evaluarse. Sin embargo, este estudio fue diseñado principalmente para establecer si los gráficos de la aplicación arrojaban resultados similares a los gráficos del Gold Standard ETDRS y no para evaluar la validez de los gráficos de Snellen Chart. Al elegir realizar la prueba únicamente en OD de todos los pacientes, puede haber producido un sesgo de selección ya que el OD es frecuentemente el ojo dominante (16). Sin embargo, en todos, los casos la aplicación móvil y la cartilla ETDRS fueron presentadas de manera aleatoria a los pacientes eliminando sesgos sistemáticos de factores ocultos tales como la ansiedad en el paciente durante la primera prueba.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta investigación demuestra la semejanza de la evaluación y resultados de la agudeza visual en los sujetos entre ambos test. Al tomar la agudeza visual habitual de los pacientes obtuvimos datos en gran proporción que indican agudezas visuales buenas. El promedio de agudeza visual con la cartilla ETDRS fue de 0.21 ± 0.3 LogMar y con la aplicación móvil de 0.19 ± 0.3 LogMar. El tiempo empleado para cada test en promedio fue de 23.3 ± 7.6 segundos con la cartilla ETDRS y de 23.2 ± 7.6 segundos con la aplicación móvil.

A través de este estudio se logró identificar que Snellen Chart produce optotipos para medir AV ópticamente precisos. Su coherencia, grado de concordancia y similitud en tiempo de duración del test con la cartilla ETDRS hace de este recurso, una herramienta de evaluación utilizable, eficiente y fiable para la atención de pacientes en entornos rurales.

Se recomienda replicar este estudio de manera binocular en pacientes con AV bajas, en pacientes no corregidos y/o que habiten en entornos rurales, en ensayos clínicos que comparen la AV antes y después de tratamientos relacionados con DMRE u otras patologías degenerativas de la visión. asimismo, se sugiere realizar estudios que evalúen la agudeza visual en visión próxima.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sánchez A. La agudeza visual. Revisión bibliográfica acerca de su medida, fuentes de error y estandarización. Universidad de Sevilla (Facultad de Farmacia); 2017

2. Medina L, Tostado A. Historia Clínica de la visión baja II. 2013; Available at: http://visionbajamedina.blogspot.com/2013/02/historia-clinica-de-la-vision-baja-ii_24.html. Accessed Apr 24, 2019.

3. Docentes Facultad de Optometría Universidad de La Salle. 156 Pruebas clínicas optométricas. Universidad de la Salle, Bogotá;2009.

4. Furlan W, García Montral J, Muñoz Escrivá L. Fundamentos de optometría: refracción ocular. 2a. ed. Universitat de Valencia; 2009.

5. Montés-Micó R. Optometría: principios básicos y aplicación clínica. Barcelona: Elsevier 2011.

6. Alfonso Elizalde LL, Durán Chaparro JP, Guerrero Rocha JS, Pastrán Pastrana LG, Villamizar Rodríguez YM, Acuña Gómez JS, et al. Concepto y aplicación de la teleoptometría. Ciencia & Tecnología para la Salud Visual y Ocular 2016 Sep 5;14(2):25.

7. Kaiser P. Prospective evaluation of visual acuity assessment: a comparison of Snellen versus ETDRS charts in clinical practice (an aos thesis). Clinical Endocrinology 2018 Jun 1; 89(S1):4-94.

8. Acuña Gomez JS, Guachamin Rodríguez IC, Varela Suárez NF, Jiménez WG. Teleoftalmología y teleoptometría: estrategias de atención en salud en constante avance. Ciencia & Tecnología para la Salud Visual y Ocular 2016 Sep 5;14(2):93.

9. O'Neill S, McAndrew DJ. The validity of visual acuity assessment using mobile technology devices in the primary care setting. Australian Family Physician 2016 Apr; 45(4):212-215.

10. Perera C, Chakrabarti R, Islam FMA, Crowston J. The Eye Phone Study: reliability and accuracy of assessing Snellen visual acuity using smartphone technology. Eye (London, England) 2015 Jul; 29(7):888-894.

11. Alain Afflelou. Apps móviles relacionadas con la vista.2015; Available at: https://www.afflelou.es/blog/salud-visual/apps-moviles-vista/. Accessed May 27, 2019.

12. Meneses J. Snellen Chart, Medicine Available at: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ideas.joaomeneses.snellen. Accessed May 27, 2019.

13. Livingstone IaT, Lok ASL, Tarbert C. New mobile technologies and visual acuity. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc 2014; 2014:2189-2192.

14. Zhang Z, Zhang S, Huang X, Liang L. A pilot trial of the iPad tablet computer as a portable device for visual acuity testing. J Telemed Telecare 2013 Jan; 19(1):55-59.

15. Meyer CH, Stanzel BV, Moqaddem S, Brohlburg D. [Healthcare "Apps" for Smartphones: Relief or toy for patients and the visual impaired?]. Ophthalmologe 2012 Jan; 109(1):21-29.

16. Brady CJ, Eghrari AO, Labrique AB. Smartphone-Based Visual Acuity Measurement for Screening and Clinical Assessment. JAMA 2015 Dec 22,;314(24):2682-2683.

17. Pathipati A, Wood E, Lam C, Sáles C, Moshfeghi D. Visual acuity measured with a smartphone app is more accurate than Snellen testing by emergency department providers. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2016 Jun;254(6):1175-1180.

18. Phung L, Gregori NZ, Ortiz A, Shi W, Schiffman JC. Reproducibility and comparison of visual acuity obtained with sightbook mobile application to near card and Snellen chart. Retina (Philadelphia, Pa.) 2016 May;36(5):1009-1020.

19. Cortés-Reyes É, 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 Sep 30,61(3):247-255

20. Camacho-Sandoval J. Coeficiente de concordancia para variables continuas. Acta Médica Costarricense 2008 Dec 1,;50(4):211-212

21. Concordancia y Consistencia. 2014; Available at: https://www.sergas.es/Saude-publica/Documents/1894/Ayuda_Epidat4_Concordancia_y_consistencia_Octubre2014.pdf. Accessed 19-04-, 2020.

22. Velasco V, Rodríguez V. Muestreo y tamaño de muestra: Una guía práctica para personal de salud que realiza investigación. Primera edición virtual y en papel, e-libro.net, Buenos Aires enero de 2003. ed. Primera edición en papel, 2002, Torreón, Coahuila, México.

23. Rodriguez A. Conoce tus datos: evaluación de la normalidad de variables continuas y estrategias para tratar con distribuciones no normales. Medicina Clinica [Internet]. 2020 Feb 28 [cited 2020 May 6];154(4):142–5. Available from: https://search-ebscohost-com.ezproxy.unbosque.edu.co/login.aspx?direct=true&db=edselp&AN=S0025775319304269&lang=es&scope=site

10. ANEXOS

Anexo 1. Consentimiento informado

Este procedimiento se realiza con el fin de medir la agudeza visual del ojo derecho en dos formas diferentes para luego compara sus resultados. La medición se realizará mediante el uso de una aplicación móvil y la cartilla Gold standard ETDRS. Estos dispositivos a través de un valor numérico pueden determinar la capacidad del sistema visual para identificar los detalles de un objeto a una determinada distancia.

El procedimiento con la aplicación móvil se llevará a cabo mediante el uso de una Tablet la cual será colocada a la distancia indicada y sostenida por el examinador. La cartilla ETDRS será colocada a la distancia indicada en un atril móvil. El observador deberá leer las letras que tiene al frente.

Durante y después del procedimiento no presentara síntomas o anormalidades oculares.

No hay ninguna contraindicación existente para este procedimiento.

La participación, rechazo o retiro durante el estudio no afectará su situación académica. Asimismo, los resultados del estudio no serán utilizados en prejuicio de los participantes, Se protegerá la privacidad y solo se identificará cuando los resultados lo requieran y siempre y cuando lo autorice.

En forma libre y voluntaria, yo, _____ identificado con la cedula de ciudadanía _____ manifiesto que HE LEIDO LAS INDICACIONES ANTERIORES, HE RECIBIDO CONSEJERIA PREPRUEBA Y TENIENDO CONOCIMIENTO DE LOS PROCEDIMEINTOS A DESARROLLAR, ACEPTO QUE SE ME REALICE EL PROCEDIMIENTO