



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES
UNIDAD LEÓN**

**TÍTULO
“EVALUACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS OCULARES Y SU
RELACIÓN CON LAS HABILIDADES LECTORAS MEDIANTE
EL USO DEL READALYZER EN ALUMNOS DE LA ENES
UNIDAD LEÓN, UNAM.”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN OPTOMETRÍA

P R E S E N T A:

IRVING MARTÍNEZ NAVÉ



**ENES UNAM
UNIDAD LEÓN**

TUTORA:

DRA. LAURA SUSANA ACOSTA TORRES

ASESORA:

MRV. ANA LAURA MARTÍNEZ RODRÍGUEZ

León, Guanajuato 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A todas y cada una de las personas que me apoyaron a lo largo de estos 3 años para poder realizar la tesis.

- Dra. Laura Susana Acosta Torres
- MRV. Ana Laura Martínez Rodríguez
- MC. Georgina Soto Cruz
- Dr. Luis Fernando Hernandez Zimbrón
- Dr. German Villanueva Sánchez
- Margot Arredondo Morales

DEDICATORIAS

Esta Tesis se la dedico a Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme las fuerzas para seguir adelante y no darme por vencido.

A mi familia: Adolfo, Margarita, Junior y Kevin, quienes a lo largo de mi vida estuvieron apoyándome en los buenos y malos momentos, sus consejos, regaños y por su amor incondicional.

Gracias ENES UNAM LEÓN, por confiar en mí.

Irving Martínez Navé

ÍNDICE

I. Glosario	6
II. Resumen	7
III. Introducción	8
IV. Marco teórico	9
V. Antecedentes	39
VI. Planteamiento del problema	41
VII. Pregunta de investigación	42
VIII. Justificación	42
IX. Hipótesis	43
X. Objetivos del estudio	43
XI. Diseño de investigación	43
XII. Lugar y duración	43
XIII. Universo de estudio	43
XIV. Criterios de selección	44
XV. Variables de estudio	44
XVI. Materiales e instrumentos	46
XVII. Consideraciones éticas	47
XVIII. Métodos	48
XIX. Análisis estadístico	50
XX. Resultados	50
XXI. Discusión	55
XXII. Conclusiones	57
XXIII. Referencias	58
XXIV. Anexos	67

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Características generales de los músculos extraoculares.....	12
Tabla 2. Acción de los músculos extraoculares.....	16
Tabla 3. Inervación de los músculos extraoculares.....	20
Tabla 4. Áreas cerebrales que conforman la corteza visual.....	21
Tabla 5. Factores visuales en las fases de aprender a leer.....	32
Tabla 6. Signos y síntomas de disfunción oculomotora en la lectura.....	38
Tabla 7. Materiales e instrumentos.....	46
Tabla 8. Resultados motilidad ocular.....	51
Tabla 9. Resultados ReadAlyzer.....	53

ÍNDICE FIGURAS Y GRÁFICAS

Figura 1. Huesos de la órbita.....	9
Figura 2. Músculos extraoculares	10
Figura 3. Espiral de Tillaux.....	12
Figura 4. Ejes de Fick.....	13
Figura 5. Posiciones diagnosticas de mirada.....	23
Figura 6. Campo visual monocular	25
Figura 7. Movimientos de vergencia.....	29
Figura 8. Materiales e instrumentos.....	47
Figura 9. Procedimiento del estudio.....	49
Gráfica 1. Distribución por género	50
Gráfica 2-3. Resultados PPC.....	51
Gráfica 4. Resultados Test DEM.....	52
Figura 10. Resultados análisis estadístico.....	54
Figura 11. Resultados análisis estadístico.....	55

I. GLOSARIO

Emetropía: La emetropía es el estado refractivo en el cual los rayos de luz paralelos inciden en el ojo, se enfocan en la retina, obteniendo una imagen nítida y enfocada.

Ametropía: La ametropía es un estado refractivo anormal como (miopía, hipermetropía o astigmatismo) del ojo en cual las imágenes no se enfocan en la retina.

Sistema oculomotor: Es la formación de regiones interconectadas en todo el sistema nervioso central que interactúan en el control de los movimientos oculares.

Disfunción oculomotora: Anomalía sensoriomotora del sistema oculomotor cuya característica principal es la incapacidad de efectuar patrones eficaces de persecución ocular, ducciones, versiones, sacádicos y/o movimientos oculares de fijación.

Percepción visual: Es la capacidad que tiene el cerebro para recibir e interpretar los estímulos visuales.

Memoria visual: La habilidad de recordar una forma u objeto específico cuando es retirado del campo visual.

Integración visomotora: Es la coordinación de la actividad neuronal entre las partes del cerebro relacionadas con la visión y la motricidad para influir en la percepción y el comportamiento.

Habilidad lectora: Es el análisis de los procesos cognitivos de la lectura mediante datos de seguimiento ocular, decodificación y la fluidez.

ReadAlyzer: El ReadAlyzer es un sistema que analiza la lectura de un individuo basándose en los movimientos oculares.

II. RESUMEN

La visión es una capacidad sensorial que permite recibir la mayor parte de la información de nuestro entorno, es un proceso complejo que requiere entre otros elementos, una ejecución adecuada y coordinada de los movimientos oculares. Diferentes tipos de movimientos oculares intervienen en el proceso de la lectura, capacidad de inferencia, memoria y vocabulario. Existen diversos métodos subjetivos y poco precisos para valorar los movimientos oculares. Actualmente el equipo ReadAlyzer permite realizar valoraciones objetivas de los movimientos oculares durante la lectura como: habilidad de la lectura, velocidad, regresiones y duración de la fijación. **Objetivo:** Evaluar la relación que existe entre los movimientos oculares y establecer su relación con la habilidad lectora en alumnos del área de la salud de la ENES Unidad León, UNAM. **Metodología:** Estudio, transversal, descriptivo, observacional y comparativo, con un tamaño de muestra de, 78 alumnos, de edades entre 18 a 23 años, sexo indistinto, emétopes o ametropía corregida y sin patologías oculares. Se realizó un cuestionario para conocer los hábitos de lectura. Se determinó agudeza visual lejana y cercana, punto próximo de convergencia, motilidad ocular, y por medio del test DEM y ReadAlyzer los movimientos oculares, comprensión y habilidad lectora. Con los datos registrados se realizó una estadística descriptiva, desviación estándar y para correlacionar las variables, se realizó la prueba X^2 . **Resultados:** La muestra comprendió el 26.9 % de los alumnos de género masculino y, 73.1% femenino. En cuanto a los resultados sobre los movimientos oculares y habilidad lectora, el 42% del alumnado presentó disfunción oculomotora y, en la evaluación con ReadAlyzer el 47% mostró un tiempo en la duración de la fijación adecuado, el 44% realizaron una lectura de 220 palabras por minuto o > y en la comprensión lectora un 50% obtuvieron resultados esperados, mediante la prueba de X^2 mostró un valor de ($p=0.046$). **Conclusión:** La comparación de resultados en las pruebas, muestra que una adecuada habilidad lectora se presenta mayormente en los alumnos que efectúan de forma apropiada sus movimientos oculares.

Palabras clave: movimientos oculares, disfunción oculomotora, lectura, habilidades lectoras, ReadAlyzer.

III. INTRODUCCIÓN

El sentido de la vista es una capacidad sensorial del ser humano, gracias a esta, recibimos la mayor parte de la información de nuestro entorno. Entre otros elementos, la ejecución adecuada de los movimientos oculares es importante, estos deben reunir ciertas características como: suavidad, precisión, extensión y llevarse a cabo de forma coordinada. Cuando fijamos la vista en un objeto, éste estimula la fovea de ambas retinas y estas a su vez estimulan áreas correspondientes en la corteza cerebral donde se lleva a cabo la codificación del mundo que nos rodea (Wynn *et al.*, 2019). Gracias a los movimientos de los ojos, nuestra mirada cambia rápidamente en una razón de aproximadamente 2 a 3 veces cada segundo. Al fijar nuestra atención en una escena visual, los movimientos sacádicos actúan como mecanismos sustanciales para lograr una estimulación precisa en la retina y estos movimientos son necesarios para procesar los detalles más finos. Todos los movimientos oculares convierten una escena espacial en una señal de entrada espacio-temporal a la retina (Rucci y Poletti, 2015). La interpretación a nivel cerebral requiere de todos los elementos ya mencionados y en el proceso de la lectura son indispensables porque intervienen en la eficacia de la comprensión.

La comprensión lectora se refiere a la capacidad de construir imágenes mentales de un texto. Esta integración proviene de la interacción entre el contenido del texto y el proceso de cognición de los lectores, el cual, se describe como la capacidad de inferencia, memoria de trabajo, conocimiento del vocabulario y varias habilidades que trabajan en combinación para producir la comprensión del texto (Dong *et al.*, 2020).

Para evaluar la calidad de los movimientos oculares existen varios métodos subjetivos. Entre ellos podemos mencionar un método indirecto conocido como test DEM (Developmental Eye Movement), presentado en el año 1990 (Garzia *et al.*, 1990). Este método fue desarrollado con el fin de diferenciar entre la automaticidad de los movimientos oculares y las disfunciones sacádicas. Se fundamenta en la suposición de que un mal control del movimiento ocular podría causar dificultades en la lectura (Medland *et al.*, 2010). En la actualidad, para la medida de los

movimientos oculares, tanto en la lectura como en otras actividades, se cuenta con diferentes métodos de medición, como el equipo ReadAlyzer™, (Compevo, AB, Suecia), el cual realiza valoraciones directas y objetivas, mediante el uso de lentes con sensores infrarrojos con los que registra los movimientos oculares ejecutados durante la lectura, permitiendo así, un análisis cuantitativo de los movimientos de fijación, movimientos de regresión, la velocidad de lectura o palabras por minuto y la compresión lectora (Webber *et al.*, 2011).

IV. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

DESARROLLO EMBRIOLÓGICO DEL GLOBO OCULAR

El globo ocular comienza su desarrollo embriológico alrededor de la tercera y séptima semana del desarrollo embrionario. Se origina a partir del mesodermo, ectodermo y neuro-epitelio. El ectodermo superficial origina, el cristalino, los párpados, y epitelio corneal. Del neuro-epitelio derivan; retina, nervio óptico, cuerpo ciliar y el iris. La esclera, los músculos extraoculares, los vasos sanguíneos, el endotelio vítreo, corneal y estromal se generan a partir del mesénquima extracelular (Parker *et al.*, 2021).

El globo ocular está alojado en la órbita ósea, ésta es una estructura con forma de pirámide de base cuadrada y vértice posterior y está constituida por 7 huesos; frontal, cigomático, maxilar, lagrimal, etmoides, palatino, esfenoides, con su ala mayor y su ala menor (Figura 1) (Vaughan, 1991).

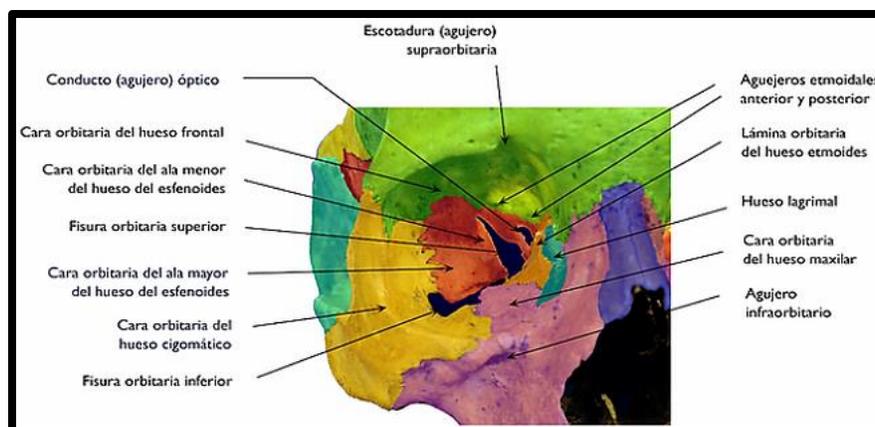


Figura 1. Siete huesos que conforman la órbita. (Santibáñez *et al.*, s.f.)

MÚSCULOS EXTRAOCULARES

Los músculos extraoculares se originan del mesodermo, durante la décimo sexta semana de gestación; son tres pares de músculos; cuatro rectos (superior, inferior, interno y externo) y dos oblicuos; superior e inferior, los cuales rodean al globo ocular (Figura 2) (Bernal, 2012). Están constituidos por músculo estriado voluntario y su función es brindar movimiento hacia las diferentes direcciones de mirada, mantener el equilibrio y la alineación, así como la sinergia para obtener una imagen única en la fovea y evitar la diplopía, por otro lado, aumentar el campo visual. (Guyton y Hall. 2016).

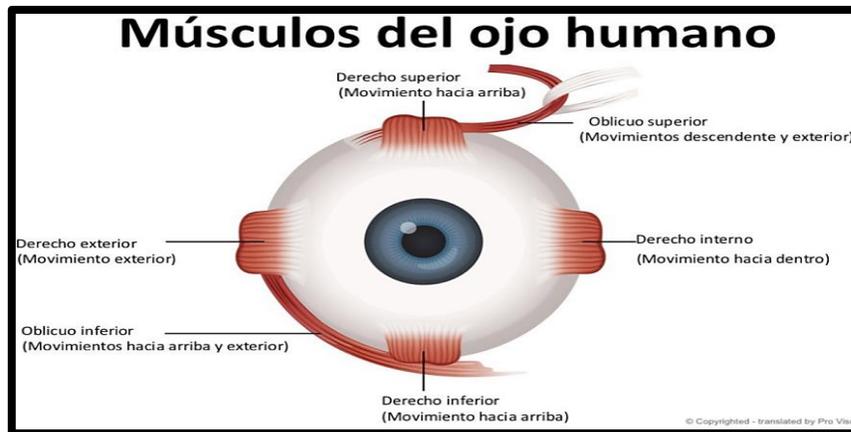


Figura 2. Músculos extraoculares, su principal función es darle movimiento a nuestro globo ocular en todas las posiciones de mirada. (Óptica Ruiz, 2020).

Inervación

Están inervados por el III, IV y VI pares craneales, cuyos núcleos se localizan en el mesencéfalo y la protuberancia. En las motoneuronas de estos núcleos se encuentra la información que está siendo elaborada por múltiples circuitos neuronales del sistema nervioso central para poder recopilar el grado de contracción de cada músculo en cada momento que se efectúe dicho movimiento (Bernal, 2012).

La conjuntiva que es una membrana mucosa que rodea al globo ocular hasta nivel del limbo esclero-corneal, y rodea cada fibra muscular (endomisio), así mismo se encarga de separar cada haz (perimisio). El endomisio es especialmente abundante, rico y laxo en tejido elástico; el perimisio tiene muchos troncos

nerviosos (terminaciones) gracias a las cuales los movimientos extraoculares se realizan con gran precisión (Saarux *et al.*, 1985).

Inserción

Todos los músculos extraoculares excepto el oblicuo inferior, tienen su inserción en el vértice de la órbita en un doble ligamento tendinoso conocido como anillo de Zinn, el cual ocupa la mayor parte de la hendidura esfenoidal y el agujero óptico, a través de dicho ligamento cruza el nervio óptico, la arteria oftálmica, nervios craneales III, VI y rama oftálmica del V, además de la vena oftálmica superior.

Cápsula de Tenon

Están revestidos por la cápsula de Tenon ésta se encarga de envolver al globo ocular a excepción de la córnea, desde la entrada del nervio óptico al ojo, hasta el limbo esclerocorneal, y sirve para que el ojo pueda efectuar sus movimientos de rotación de manera suave, cada músculo cuenta con una porción extracapsular y una intracapsular (Latarjet y Ruiz, 1999).

Espiral de Tillaux

El Espiral de Tillaux está formado por la inserción de los tendones de los seis músculos que se fijan a diferentes distancias del limbo esclerocorneal (Figura 3). Antes de insertarse en la esclerótica, cada tendón ingresa en relación con la zona pre-ecuatorial del globo ocular a la que es levemente adherente. La distancia que desvía los tendones del limbo corneal no es similar para todos. El más próximo a la córnea es el recto interno, y retirándose progresivamente encontramos el recto inferior, el recto externo y el recto superior (Nigel, 2007).

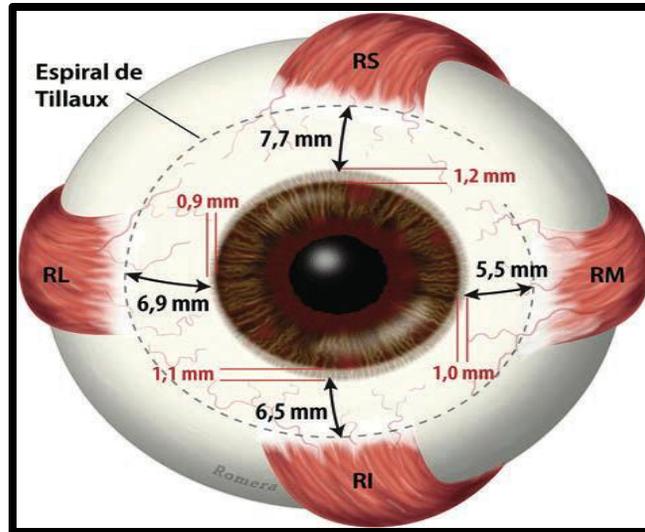


Figura 3. Espiral de Tillaux, así como la inserción de los músculos Rectos y las medidas hay estos al limbo esclerocorneal (C. Lavin, 2016).

Tabla 1. Muestra la inserción, características generales y origen de los músculos extraoculares (Guyton y Hall, 2016).

Músculos extraoculares	Inserción (distancia en relación con el limbo)	Características	Origen
Recto interno	5.5mm	38 mm- ancho 3mm -tendón	Anillo de zinn
Recto externo	6.9 mm del limbo	36mm–ancho 7 mm- tendón	Anillo de zinn
Recto superior	Debajo del músculo elevador del párpado para insertarse en el globo a 7.7 mm del limbo	37mm- ancho 4mm - tendón Conectado con el tendón del oblicuo superior por una vaina facial.	Anillo de zinn
Recto inferior	6.5 mm debajo del globo ocular	37mm- ancho 5mm - tendón	Anillo de zinn
Oblicuo superior	En la tróclea	32mm- ancho 26mm- tendón Inserción - debajo del músculo recto superior	Ala menor del esfenoideas Por encima del anillo de zinn
Oblicuo inferior	Lateral a la fosa lagrimal y por detrás del reborde orbitario pasa por debajo el músculo recto inferior	37-ancho 1mm-tendón	Piso de la órbita,

MOVIMIENTOS DEL GLOBO OCULAR

Los movimientos del globo ocular se realizan alrededor de los tres ejes: transverso, vertical y sagital. El globo ocular gira en plano de tres ejes principales denominados Ejes de Fick (Figura 4) (Garcia, 2018).

Ejes de rotación del ojo (Ejes de Fick)

Eje transversal (X): Es el eje situado en el ecuador del globo ocular, y es base de los movimientos de elevación (supraducción) y depresión (infraducción) del ojo. Los ojos describen el ángulo de altitud.

Eje anteroposterior (Y): Es el eje que pasa por el centro de la pupila y centra los movimientos torsionales (cicloducción o exicloducción) del meridiano vertical o temporal de la córnea.

Eje vertical (Z): Es el eje que pasa perpendicular al ecuador y es la base de los movimientos horizontales (abducción o aducción).

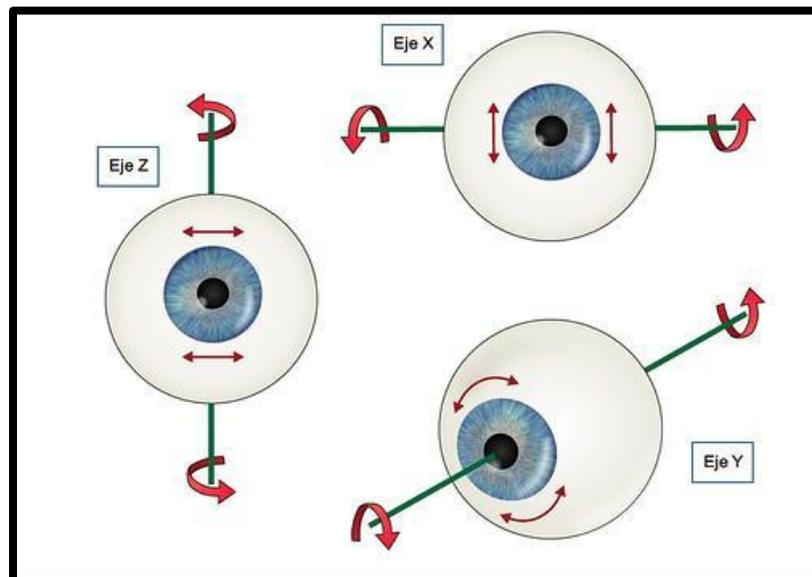


Figura 4. Ejes de Fick (X, Y Z) ilustrando de manera precisa como son los movimientos del globo ocular. (Galán, s.f.)

MOVIMIENTOS MONOCULARES Y BINOCULARES

Los movimientos monoculares en torno a estos ejes se llaman ducciones, los movimientos binoculares son denominados versiones (García, 2018). La ausencia de estos movimientos, por lesiones nerviosas que pueden causar parálisis o limitaciones en su ejecución y podrían ocasionar visión doble (Keith *et al.*, 2010).

Movimientos monoculares o ducciones

Las ducciones son movimientos que se realizan con un solo ojo. Cuando se realiza un movimiento monocular dos o más músculos se mueven en la misma dirección (sinergistas). Este músculo pertenece al mismo ojo que actúa con el agonista para producir un movimiento dado.

Movimientos binoculares o vergencias

Los movimientos binoculares son llamados vergencias, estos movimientos son sincrónicos y se llevan a cabo en direcciones opuestas. Cuando los ojos se dirigen en dirección nasal son llamadas vergencias y si se mueven lateralmente se le conoce como divergencia (Martín, 2018).

TIPOS DE FUNCIONES DE LOS MÚSCULOS OCULARES

Cuando hay un movimiento de los ojos en una dirección determinada, los músculos extraoculares tienen un papel fundamental para efectuar ese movimiento, unos se relajan y otros se contraen. Los músculos que se relajan al realizar un movimiento son los antagonistas, y los músculos que se contraen para ejecutar un movimiento son llamados sinergistas (Martín, 2018).

Músculo agonista

Un músculo agonista es el que dirige la acción del movimiento primario del mismo. Éste recibe la ayuda de otros músculos que ejerciendo acciones secundarias y / o terciarias, realizan la misma acción en forma sinérgica y se les

llama músculos sinergistas homolaterales, debido a que realizan la misma acción y son del mismo ojo.

Músculo antagonista

El músculo antagonista es el que realiza la acción inversa al movimiento primario, cediendo ante la ejecución de la acción primaria que es realizada por el músculo agonista, pudiendo ser homolateral o contralateral si se encontrará en el mismo ojo que el músculo agonista o en el ojo contrario.

Músculos sinergistas

Los músculos sinergistas son los que asisten o colaboran en los movimientos oculares primarios en acción conjunta, pudiendo ser homolaterales o contralaterales. A los músculos sinergistas contralaterales se les conoce como yuntas. (Canegallo, 2018).

LEYES DE INERVACIÓN DE LOS MÚSCULOS EXTRAOCULARES

Ley de inervación recíproca de Sherrington

Los movimientos monoculares se rigen por la ley de Sherrington de inervación recíproca que propone que durante una ducción el músculo responsable del movimiento, que recibe el nombre de agonista, recibe una cantidad de estimulación determinada, mientras que el músculo de acción contraria, denominado antagonista, recibe un estímulo de inhibición similar (Camacho, 2019). La ley de Sherrington se demostró mediante estudios de electromiografía en los que verificó que, al realizar una aducción, el recto interno se contrae, mostrando un aumento en la actividad electromiográfica, mientras que el recto lateral se relaja y la actividad electromiográfica se inhibe (Martín, 2018).

Ley de Hering o de Músculo yunta

Los movimientos binoculares deben de ser coordinados y requieren una inervación simétrica en cada ojo. Cuando un ojo mira hacia la izquierda, los

músculos agonistas se contraen simultáneamente y los dos músculos antagonistas se relajan. El par de músculos agonistas de cada ojo reciben el nombre de músculos agonistas yunta, por su parte, el par de músculos antagonistas de cada ojo reciben el nombre de antagonistas yunta (Camacho, 2019).

La ley de Listing

Esta ley especifica los movimientos de torsión ocular al momento de la persecución y los sacádicos como una función de los componentes horizontales y verticales de la posición del globo ocular de manera que el eje de rotación del ojo se inclina a la mitad que la mirada (conocida como la regla del medio ángulo) (Angelaki, 2003).

ACCIÓN DE LOS MOVIMIENTOS EXTRAOCULARES

Los movimientos de los músculos extraoculares se clasifican de acuerdo con la acción primaria, secundaria y terciaria que poseen. La acción primaria corresponde al mayor efecto realizado cuando el ojo está en posición primaria de mirada. Mientras que las acciones secundarias y terciarias son aquellas que son subsidiarias de la acción primaria (Tabla 2) (Bowling, 2016). Tanto los movimientos monoculares como los binoculares son regidos por leyes monoculares y binoculares.

Tabla 2. En la tabla se observa la acción de los músculos extraoculares (Martín, 2018).

Músculo	Acción primaria	Acción secundaria	Acción terciaria
Recto superior (RS)	Elevación	Aducción	Incicloducción
Recto inferior (RI)	Depresión	Aducción	Excicloducción
Recto medio (RM)	Aducción	-----	-----
Recto lateral (RL)	Abducción	-----	-----
Oblicuo superior (OS)	Incicloducción	Depresión	Abducción
Oblicuo inferior (OI)	Excicloducción	Elevación	Abducción

SISTEMAS NEURONALES QUE ESTÁN IMPLICADOS EN LA MIRADA, LA POSTURA Y EL EQUILIBRIO

Estos sistemas intervienen con el propósito de estabilizar el cuerpo, junto con la visión para poder brindar información sobre el entorno espacial que nos rodea. (Gila *et al.*, 2009).

Movimientos automáticos de compensación de cabeza

Los movimientos automáticos de compensación de son necesarios para estabilizar la imagen retiniana y facilitar la fijación voluntaria de la mirada en un determinado punto. (Gila *et al.*, 2009) (Reflejo vestíbulo-ocular y Reflejo optocinético)

- Reflejo vestíbulo-oculares

Los movimientos naturales de cabeza/cuerpo, el sistema de localización de movimiento es el sistema vestibular, cuenta con canales semicirculares y órganos otolíticos dentro del oído interno, así como estructuras sensoriales sensibles al movimiento. Los movimientos constantes de la cabeza y del cuerpo producen considerables desplazamientos retinianos de la imagen. Sin un componente estabilizador de la imagen, los cambios de los movimientos provocados causarían visión borrosa debido al desliz retiniano de la imagen, por lo tanto, equilibrar los movimientos de los ojos y la cabeza durante el movimiento automático y pasivo compensara el movimiento de la imagen y por lo tanto garantiza mejor agudeza visual (Branoner *et al.*, 2016).

- Reflejo optocinético

Existe un esquema de retroalimentación para lograr estabilizar la mirada, requiere un desplazamiento retiniano para impulsar los movimientos oculares contra rotatorios, es conocido como el reflejo optocinético, Este reflejo tiene dificultades cuando existen frecuencias altas de movimientos de cabeza porque el desplazamiento retiniano se retarda 100 ms, esto debido al tiempo de procesamiento visual. Este reflejo trabaja de manera conjunta con el reflejo

vestíbulo ocular para estabilizar la mirada (Anderson *et al.*, 2020).

Es un movimiento rítmico involuntario de los ojos. Un componente rápido y uno lento que van en direcciones opuestas. Fase lenta Núcleos vestibulares y fase rápida formación reticular (Guyton y Hall, 2016).

Movimientos voluntarios

Estos movimientos se realizan de manera consciente para localizar el objeto sobre el que desea fijar la visión, desplazar la fijación de un punto a otro del campo visual y para perseguir con la mirada objetos móviles. (Gila *et al.*, 2009) (movimientos sacádicos, movimientos de seguimiento y de vergencia)

- **Movimientos sacádicos**

Los movimientos oculares sacádicos efectúan un papel crucial en el sistema visual, dirigiendo la mirada a la fovea que es el área de la retina con mayor agudeza visual, Se ha visto que la sensibilidad visual se ve comprometida durante las sacadas, aunque solo es por pocos milisegundos. Para poder recopilar información visual de nuestro entorno de manera eficaz es necesario que los movimientos sacádicos sean precisos (Lisi *et al.*, 2019).

- **Movimientos de seguimiento**

Los movimientos de seguimiento son movimientos conjugados de ambos ojos, Durante el seguimiento de un objeto en movimiento, los movimientos oculares de persecución suave ayudan a disminuir el desenfoque del movimiento y por ende minimizan el movimiento del objeto en la retina, se cree que el sistema visual extrae una representación precisa de la dirección a donde se va a dirigir el movimiento (Souto *et al.*, 2019).

- **Movimientos de vergencia**

Los movimientos de vergencia son movimientos disconjugados de los ojos en el plano horizontal incluyendo la convergencia o la divergencia. Recientes

estudios de neuroimagen localizaron estructuras neuronales responsables de los movimientos de vergencia: Campos oculares frontales, corteza parietal posterior, y vermis cerebeloso. Estos movimientos se rigen normalmente por la disparidad retiniana binocular (vergencia fusional) y de la retina (vergencia acomodativa), otras señales como la conciencia de la proximidad del objeto (convergencia proximal) son capaces de evocar movimientos de vergencia (Chrobak *et al.*, 2020).

Micromovimientos asociados a la fijación ocular

Estos movimientos son necesarios para el mantenimiento y la duración de la fijación. (Gila *et al.*, 2009) (movimientos de fijación)

- Movimientos de fijación

Los movimientos de fijación son pequeños movimientos similares a tirones alrededor del punto de fijación y se componen de microsacadas, temblores y desviaciones. Cuando fijamos la mirada en un punto determinado la imagen incide en la fovea brindando una mayor calidad de imagen, en este caso la elección correcta del objeto puede mejorar la estabilidad de la fijación. El papel principal de los movimientos de fijación es prevenir el desvanecimiento de la percepción, ya que, si tenemos una fijación perfecta, la imagen que ingresa a la retina permanecerá perfectamente estable, lo que ocasionará una adaptación neural y, por lo tanto, un desvanecimiento de la percepción (Thielen *et al.*, 2019).

CONTROL CORTICAL DE LOS MOVIMIENTOS OCULARES

El control cortical del aparato oculomotor inicia con la propagación de los impulsos desde las áreas visuales en la corteza occipital y se dirigen a las regiones pretectal y del colículo superior en el tronco del encéfalo por medio de los fascículos occipitotectal y occipitocolicular de aquí, las vías de control oculomotor viajan hasta los núcleos del tronco del encéfalo que corresponden a los nervios oculomotores del III, IV y V pares craneales (Tabla 3) (Bowling, 2016).

Tabla 3. Muestra la inervación de los músculos extraoculares (Bowling, 2016).

Músculos extraoculares	Inervación
Recto interno	III Motor ocular común
Recto externo	VI motor ocular externo abducens
Recto superior	III Motor ocular común
Recto inferior	III Motor ocular común
Oblicuo superior	IV troclear o patético
Oblicuo inferior	III fibras parasimpáticas del M. esfínter y ciliar viajan con esta rama

CONTROL ENCEFÁLICO DE LOS MOVIMIENTOS OCULARES

El procesamiento de la visión se encuentra examinado en diferentes niveles, organizaciones que se encuentran ubicadas en regiones histológicas de la corteza occipital del cerebro, la corteza visual es la zona del cerebro que se encarga del procesamiento de la información que procede de la excitación de los fotorreceptores retinianos mediante ondas electromagnéticas. Korbinian Brodmann (1909), describió e identificó las áreas cerebrales que conforman la corteza visual, durante un registro electrofisiológico de los potenciales corticales evocados por medio de estimulación retiniana, llegando a la siguiente clasificación. (Tabla 4) (Canegallo, 2018).

Tabla 4. Se muestran las áreas cerebrales que conforman la corteza visual (Canegallo, 2018).

Área cerebral	Localización	Nomenclatura
Área 17 de Brodmann	Corteza visual primaria o estriada	V1
Área 18 de Brodmann	Corteza visual secundaria o preestriada	V2, V3, V3a, V4
Área 19 de Brodmann	Corteza temporal medial	V5
Áreas 20 y 21 de Brodmann	Corteza temporal inferior	
Área 7 de Brodmann	Corteza parietal posterior	

LA CORTEZA OCCIPITAL

Tiene como función principal la ejecución del reflejo de seguimiento, así como la supresión de cualquier tipo de movimiento ocular generado en el momento de la bifijación. Esto debido a que existe un centro neural, el cual se encuentra vinculado a un conjunto de vías nerviosas reflejas que forman un mecanismo involuntario de fijación (Canegallo, 2018).

LA CORTEZA FRONTAL

Está implicada en la preparación y desencadenamiento de todos los movimientos sacádicos y de persecución, por otro lado, el campo suplementario y la corteza prefrontal dorsolateral se encuentran implicados en el proceso de la decisión del comportamiento motor ocular (Pouget, 2015). En la búsqueda, las señales de selección de la corteza frontal provienen de las áreas V4 por 50 ms, lo que indica que la corteza frontal establece la selección para posteriormente brindar retroalimentación a la corteza visual, las señales atencionales del área V4 precedieron a las señales en V2 por 50 a 250 ms, que a su vez precedieron a los efectos atencionales en la corteza visual primaria V1 por 50-400 ms (Pooremaeili *et al.*, 2014).

EL COLÍCULO SUPERIOR

Es una de las estructuras más estudiadas del cerebro, es una de las pocas áreas del cerebro en donde hay una contabilidad detallada de los tipos de células neuronales, múltiples perfiles de neurotransmisores y propiedades de asociación con el comportamiento (Basso y May, 2017). En el colículo superior se encuentran tres capas superficiales y cuatro capas internas. Las capas superficiales reciben la información y la mandan directamente a la retina y además contienen neuronas visuales con campos receptivos retino-tópicamente organizados. Las capas internas se subdividen en capas intermedias y profundas, las dos capas intermedias contienen neuronas de salida motora que controlan los movimientos oculares, mientras que las dos capas profundas contienen muchas neuronas de integración multisensorial (Savjani *et al.*, 2018), cuando se limita un movimiento de cabeza, los colículos superiores están implicados en los movimiento sacádicos durante la producción de cambios de mirada (Zubricky, 2020).

EL CEREBELO

Está altamente relacionado con la coordinación de los movimientos oculares, así como la modulación del reflejo vestíbulo ocular (Matsugi *et al.*, 2019). Múltiples estudios de neurofisiología mencionan que han identificado tipos similares de células de movimientos de vergencia tónica en los vermis dorsales del cerebelo, así mismo se observó que los vermis oculomotores del cerebelo posterior desempeñan un papel crucial en los movimientos sacádicos (Erkelens *et al.*, 2020).

ESTUDIO DE LA MOTILIDAD OCULAR

Estudio de la motilidad ocular (sistema motor) por medio de la evaluación de las ducciones es posible detectar parálisis o paresias, (restricciones en la amplitud del movimiento), mientras que al evaluar las versiones nos permite detectar hiperacciones o hipoacciones musculares. La coordinación de los músculos extraoculares se explora observando las 9 posiciones diagnósticas de mirada en donde se explora la posición en la que el músculo extraocular ejerce su máxima acción (Figura 6) (Martín, 2018).

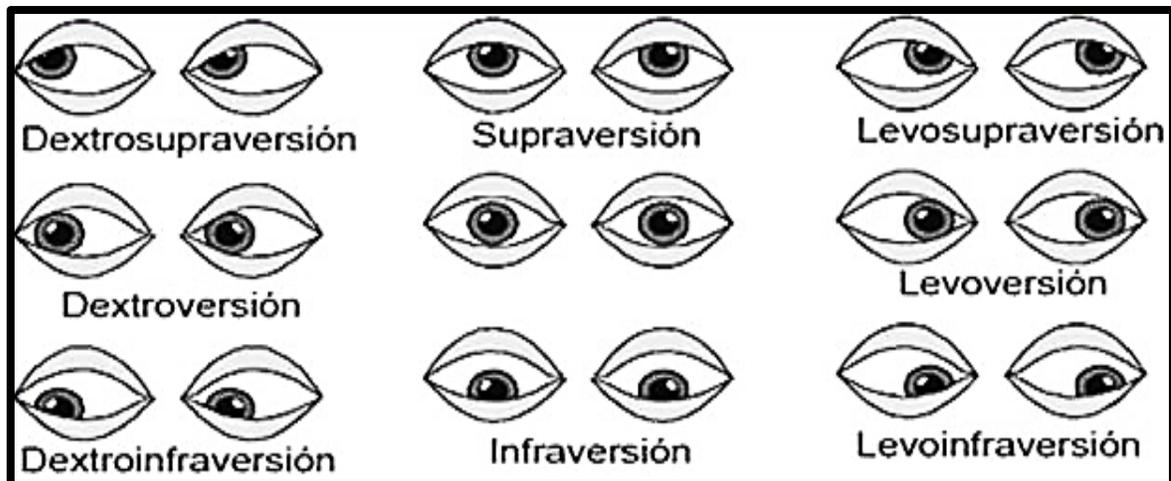


Figura 5. Nueve posiciones de mirada que se pueden realizar durante la evaluación de la motilidad ocular de ambos ojos (Guzmán, 2014).

Los seis músculos extraoculares de cada ojo son los que ayudan a realizar de manera coordinada y precisa los movimientos de los ojos, la actividad muscular intrínseca (acomodación), del sistema visual (visión) y de la motilidad ocular (mirada) deben actuar de manera conjunta y retroalimentarse constantemente para tener como resultado una perspectiva visual adecuada (Gila *et al.*, 2009).

HABILIDADES VISUALES

Las habilidades visuales son las características o destrezas que tiene el ser humano en su sistema visual que actúan en el buen procesamiento de la información sensorial. En términos precisos, las habilidades visuales se encuentran basadas en la cantidad de información visual recibida para posteriormente ser examinada, el resultado percibido es el que nos va a ayudar para tomar decisiones acertadas y rápidas, sobre todo en lo alusivo al movimiento del cuerpo. Esta consideración nos muestra claramente que tener una buena agudeza visual no es tan importante si el resto de las habilidades visuales no tienen una adecuada funcionalidad. Un correcto desarrollo de las habilidades visuales nos ayudará a tener una buena optimización de la calidad e integridad de la visión (Canegallo, 2018). Por lo tanto, podemos decir que la visión es un proceso neurológico muy complejo que compone todas las habilidades visuales las cuales nos van a permitir

identificar, interpretar y comprender los estímulos aferentes que llegan a la retina, las habilidades visuales se agrupan de la siguiente manera: (Santos *et al.*, 2019).

1. Habilidades relacionadas con la función visual: (Agudeza visual, refracción, visión al color y contraste).
2. Habilidades relacionadas con la eficacia visual: (Motilidad ocular, acomodación y estereopsis).
3. Habilidades relacionadas con la percepción visual: (Atención visual, procesamiento de la información visual, visión periférica).
4. Habilidad de integración sensorial: (Lateralidad, direccionalidad e integración bilateral).

DESARROLLO DEL SISTEMA VISUAL

Durante el desarrollo del sistema visual, la visión tiene un papel esencial en la organización de los circuitos neuronales. Es de mucha importancia enfatizar que el desarrollo del movimiento y la sensibilidad de los detalles finos se separan conforme pasa el tiempo. Al nacer, los recién nacidos presentan visión borrosa y durante el desarrollo llegan al estado emétrope. Este proceso tiene lugar en etapas tempranas de la vida y es necesario para lograr una visión binocular adecuada. (Burnat, 2015).

VISIÓN BINOCULAR

El procesamiento binocular inicia al momento de que las neuronas reciben los impulsos necesarios para posteriormente converger en las células comunes en la corteza visual primaria (Burnat, 2015). El uso de ambos ojos tiene muchas ventajas sobre la visión monocular, siendo una de ellas el aumento de brillantez del 20% con respecto a la de un solo ojo. Otra ventaja adicional muy importante es que el campo visual binocular se amplía de forma considerable debido a la unión de los campos monoculares (Figura 7) (Malacara, 2015). La visión binocular consiste en la

coordinación e integración de la información que reciben los ojos por separado, en una percepción binocular única. Para un buen funcionamiento de la visión binocular y obtener una fusión de las imágenes percibidas con cada ojo, hay que tener en cuenta tres encabezamientos generales:

1. La anatomía del aparato visual.
2. El sistema motor que coordina los movimientos de los ojos.
3. El sistema sensorial a través del cual el cerebro recibe e integra las percepciones monoculares (Pickwell, 1996).

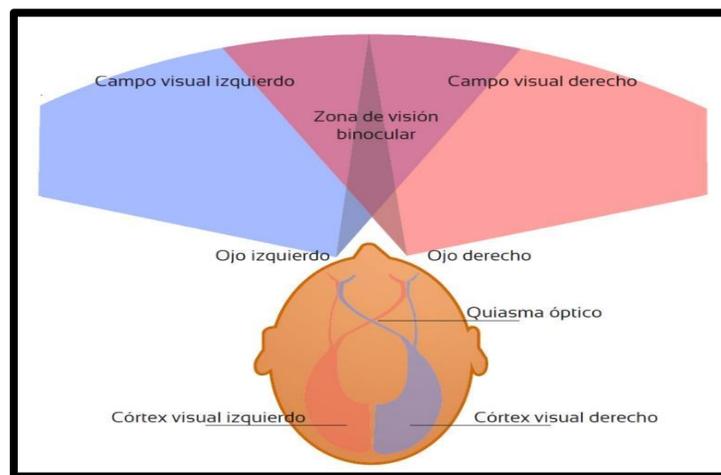


Figura 6. Campos visuales monoculares y la unión para general un campo visual binocular. (COOOA, 2016)

Worth (1921), estableció que existen tres grados de fusión, forzosa para alcanzar un mayor beneficio para una buena visión binocular. El primer grado es llamado percepción simultánea, consiste en superponer las imágenes de ambos ojos al mismo tiempo, el cerebro interpreta dos imágenes diferentes sin llegar a unirlos. El principal requisito es el mantenimiento y la alineación de ambos ojos. El segundo grado de fusión es llamado fusión plana, consiste en la unión de las imágenes monoculares en una percepción simple, aunque las imágenes sean similares no son iguales. El tercer grado de fusión es llamado fusión estereoscópica,

consiste en la unión de ambas imágenes logrando una percepción única y de profundidad (Blasco, 2012).

FUSIÓN BINOCULAR

La fusión binocular se refiere al conjunto de procesos, mediante el cual la información de los ambos ojos por separado se combina para producir una visión única (Georgeson y Wallis, 2014). Las diferencias pequeñas se fusionan en perceptos intermedios, y las diferencias grandes son percibidas por un ojo a la vez por medio de un proceso estocástico denominado rivalidad binocular. La rivalidad binocular se caracteriza como una alternativa perceptiva entre las dos imágenes competidoras, esta se subdivide en tres categorías: (Sheynin *et al.*, 2019).

- a) Visibilidad exclusiva: Se refiere al momento en el que una señal de un ojo se suprime por completo por la imagen del ojo contralateral.
- b) Visibilidad mixta: La información de ambos ojos en conjunto es simultáneamente visible en zonas espacialmente segregadas, se describe como rivalidad local.
- c) Superposición de visibilidad mixta: La información de ambos ojos es combinada para formar un percepto binocular fusionado.

VISIÓN ESTEREOSCÓPICA

La visión estereoscópica es el cálculo de profundidad establecido por la disparidad binocular entre las imágenes de un objeto en ambos ojos. Para lograrlo es necesario superponer los rasgos de ambas retinas y unirlos en un mismo punto de la escena visual, para ello es necesario un emparejamiento que inicia en la corteza visual, se requiere una serie de cálculos a través de las diferentes áreas de la corteza visual para lograr una la visión estereoscópica. Es importante que los ejes ópticos se crucen y fijen el mismo punto en el espacio, todo esto es debido a las leyes que rigen los movimientos oculares (Read, 2015). La estereopsis proporciona una sensación de profundidad única, sin embargo, se ha visto que la estereopsis es

una de múltiples pistas que el cerebro utiliza para deducir las relaciones espaciales de la tercera dimensión (3D) en las escenas visuales (Levi *et al.*, 2012).

ACOMODACIÓN

SISTEMA ACOMODATIVO

El sistema acomodativo desempeña un papel esencial en las actividades diarias, es necesario tener en consideración, el estado, funcionamiento y el mantenimiento de las estructuras que lo conforman (Nápoles *et al.*, 2019). La acomodación nos permite enfocar con claridad objetos a las diferentes distancias ya sea visión lejana o cercana. El mecanismo de la acomodación del cristalino es controlado por el sistema nervioso simpático. Cuando el ojo observa un campo brillante, sin ningún detalle, el mecanismo de acomodación enfocará a una distancia aproximada de un metro y no al infinito (Malacara, 2015). El proceso de la acomodación puede dividirse en cuatro mecanismos diferenciados que explican la relación entre estímulo de acomodación, el efecto motor y la respuesta ocular que produce: (Martín, 2018).

REFLEJO DE ACOMODACIÓN

Es el ajuste involuntario del estado refractivo del ojo para lograr mantener la imagen enfocada en la retina. Se desencadena ante una imagen borrosa y tiene lugar tanto en visión lejana como en visión próxima. Múltiples autores mencionan que el reflejo de acomodación se asemeja a las micro fluctuaciones. Su objetivo principal es obtener el mejor enfoque en la retina (Nápoles *et al.*, 2019).

TRIADA ACOMODATIVA

El mecanismo de la acomodación está conformado por varios movimientos llamados Triada acomodativa, en este sistema entran de manera simultánea mediante el proceso de la acomodación los siguientes movimientos:

1. Miosis: Mediante la disminución del diámetro pupilar se disminuyen las aberraciones las cuales daban lugar a cambios en la curvatura de la superficie del cristalino, que se presentan durante el proceso acomodativo.

2. Convergencia: Por medio de la convergencia será posible la fusión de ambas imágenes monoculares de manera simultánea en un mismo punto en la retina.
3. Acomodación: Mediante el proceso de la acomodación se facilita el enfoque de los objetos cercanos sobre la retina (Nápoles *et al.*, 2019).

TIPOS DE ACOMODACIÓN

La acomodación puede surgir por la vergencia acomodativa, por proximidad de objeto cercano y por la tonicidad del músculo ciliar.

- Vergencia acomodativa: Es el estímulo acomodativo provocado por el músculo ciliar, provoca que el reflejo de vergencia genere la fusión para lograr mantener una sola imagen, la acomodación se mantendrá estimulada y relajada.
- Acomodación proximal: Es la acomodación originada por la proximidad de un objeto. Este reflejo acomodativo se genera inclusive cuando los rayos de la luz son paralelos al eje óptico.
- Acomodación tónica: Se halla en la ausencia de la borrosidad, disparidad o proximidad como resultado del tono del músculo ciliar, por lo que no necesita de algún estímulo visual (Martín, 2018).

SISTEMA VERGENCIAL

Los movimientos oculares de vergencia cambian el punto de fijación binocular en profundidad y proveen una alineación motora necesaria para una visión estereoscópica. Las respuestas vergenciales se ajustan de manera directa con la acomodación y el diámetro pupilar (Erkelens y Bobier, 2018). Los cambios en la disparidad retiniana producen una rotación de los ojos hacia dentro (convergencia) o hacia fuera (divergencia) para poder fusionar las imágenes (Figura 8).

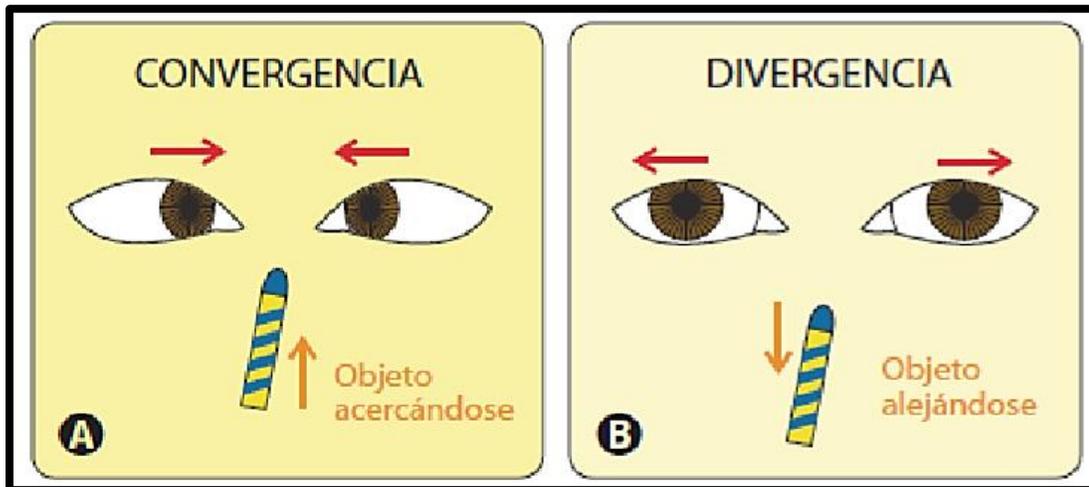


Figura 7. Movimientos oculares de vergencia (A) Movimientos de convergencia (B) Movimientos de divergencia (Guzmán, 2014).

El sistema vergencial está conformado por elementos sensoriales y motores encargados de mantener la alineación ocular. Su estimulación es por medio de dos subdivisiones: (Blasco, 2012).

1. La disparidad retiniana binocular y la vergencia fusional.
2. La vergencia acomodativa.

Los movimientos sacádicos y las vergencias fusionales se caracterizan por una inervación neuronal de pulso y paso. El mecanismo del pulso forma una respuesta reflexiva preprogramada, y el mecanismo del paso compone la respuesta preprogramada con la retroalimentación visual, logrando alinear los ojos hacia un ángulo de vergencia deseado (Erkelens y Bobier, 2020).

RELACIÓN ACOMODACIÓN-CONVERGENCIA

La relación acomodación-convergencia o AC/A es de gran importancia clínica ya que necesita de un correcto equilibrio para una visión binocular estable (Martín, 2018). Cuando se realiza la acomodación, se estimula de manera automática la inervación de los movimientos oculares vergenciales y se contrae la pupila.

La acomodación relativa se refiere a la cantidad de acomodación que una

persona puede realizar sin la necesidad de modificar su convergencia y se diferencian dos tipos cuya medición muestra la capacidad de vergencia fusional (Pelayo, 1997).

1. Acomodación Relativa Negativa (ARN): Mide el punto de relajación de la acomodación, manteniendo de manera constante la convergencia. Se evalúa mediante lentes positivas.
2. Acomodación Relativa Positiva (ARP): Mide la capacidad de estimulación de la acomodación, manteniendo de manera constante la convergencia. Se evalúa mediante lentes negativas.

VISIÓN Y APRENDIZAJE

El concepto “vista” es comúnmente utilizado para definir qué tan nítidamente ve una persona de lejos y cerca, la “visión” es un conjunto de habilidades que se interrelacionan con la cual podemos extraer el significado del entorno que nos rodea e interactuar de manera adecuada (Bel, 2010).

El aprendizaje es un proceso considerablemente complejo, su principal esencia es el poder adquirir un nuevo conocimiento, habilidad o capacidad. Para que tal proceso pueda ser considerado realmente como aprendizaje, en lugar de una simple retención pasajera, deberá manifestarse, contribuir y solucionar problemas concretos en situaciones que lo ameriten (Sánchez, 2003). Por otro lado, para que el aprendizaje pueda desarrollarse es necesario evaluar una serie de acciones y/o cogniciones en los estudiantes, tales acciones se denominan dimensiones del aprendizaje significativo. Los aspectos se detallan a continuación: (Alcántar, 2018).

- La motivación: Es posible garantizar un mayor o menor grado de aprendizaje si el estudiante está mentalizado de que quiere aprender, por lo que habrá mayor fuerza en esa tendencia a aprender significativamente.

- La comprensión: Se basa en la construcción de significados, es necesario encontrar una relación entre los conocimientos ya vistos anteriormente y los nuevos.
- Aprendizaje funcional: Es aquel que nos ayudará a utilizar los conocimientos adquiridos para la resolución de problemas.

Los niños que presentan déficit de atención en el salón de clases pueden tener un retraso en el aprendizaje, ya que pueden estar mostrando problemas de visión y no se han detectado de manera oportuna. Durante el nacimiento, la visión aún no se ha desarrollado de manera correcta, es hasta los seis años cuando la visión se desarrolla de manera total. En este proceso, se van adquiriendo habilidades visuales como son la percepción de formas, la discriminación de los colores, el movimiento y la visión espacial. Sin embargo, si un niño no desarrolla de manera correcta estas habilidades puede generar problemas en el aprendizaje y en su motricidad, afectando su capacidad para concentrarse (Arteaga, 2015).

Cuando un niño presenta problemas en el aprendizaje muchos padres o incluso maestros creen que uno de los problemas es la vista, por lo que requeriría utilizar lentes para que el niño tenga un mayor aprendizaje en la escuela. Es muy importante recordar que “vemos por los ojos, pero leemos por el cerebro”. Por lo tanto, es de suma importancia recalcar que puede que el niño presente buena agudeza visual, pero habilidades visuales deficientes, las cuales son necesarias para un buen procesamiento visual y si no están bien desarrolladas pueden influir en el aprendizaje (Luna, 2013).

PROBLEMAS DE APRENDIZAJE RELACIONADOS CON LA VISIÓN

Es un grupo de trastornos manifestados por dificultades en la adquisición y el uso de habilidades de expresión ya sean de lectura, escritura, orales, auditivas y de razonamiento (Hussaindeen *et al.*, 2018). Las investigaciones en el área optométrica señalan que la visión está fuertemente relacionada con el aprendizaje y es uno de los principales factores que pueden afectar en el rendimiento académico. Es importante que se realicen valoraciones con un enfoque en la

eficacia visual y el procesamiento de la información visual. La eficacia visual abarca: (Errores refractivos, Acomodación, Visión binocular, oculomotricidad y salud ocular). El procesamiento de la información visual abarca: (Direccionalidad, Capacidad visual, Análisis visual y la integración visomotora).

Las fases de aprender a leer requieren de grandes demandas en los factores de percepción visual (Tabla 5) (López *et al.*, 2004).

1. Aprender a leer: Como principal característica es el reconocimiento de las palabras.
2. Leer para aprender: Como principal característica es la velocidad, capacidad y comprensión lectora.

Tabla 5. Principales factores de percepción visual en las fases de aprender a leer. (López *et al.*, 2004).

Aprender a leer	Leer para aprender
<ul style="list-style-type: none"> • Control oculomotor. • Percepción, discriminación visual y memoria visual. • Visión binocular y acomodación. • Integración auditiva y visual. • Coordinación ojo mano. 	<ul style="list-style-type: none"> • Control oculomotor. • Percepción y discriminación visual. • Visión binocular y acomodación.

DISLEXIA

La definición más utilizada de dislexia fue desarrollada por la Asociación Internacional de Dislexia, el Centro Nacional de Problemas de Aprendizaje y el Instituto Nacional de Salud Infantil y Desarrollo Humano: (Wagner *et al.*, 2020)

“La dislexia es un problema de aprendizaje de origen neurobiológico. Se identifica por problemas en el reconocimiento de las palabras y por una insuficiente capacidad de deletreo y decodificación. Estas dificultades son la consecuencia de una deficiencia en los componentes de decodificación del lenguaje. Las principales consecuencias incluyen problemas en la capacidad lectora y una menor

comprensión, que puede impedir el crecimiento del vocabulario y de los conocimientos previos”.

Las personas con dislexia tienen problemas para identificar las palabras impresas, mayor dificultad para "sondear" palabras desconocidas y normalmente leen con lentitud (Hulme y Snowling, 2016). La dislexia es una condición heredable, se ha observado una prevalencia de personas con dislexia en un 40% en hermanos de las personas afectadas y de 27 a 49% en los padres. Los estudios genéticos han localizado numerosos marcadores genéticos en los cromosomas (2, 3, 6, 15 y 18) que están implicados en la transmisión de la dislexia (Blasco, 2012). Los estudios demuestran que las habilidades generales de la lectura, incluida la dislexia, tiene una heredabilidad estimada de un 58 a 84%. Las estadísticas revelan que alrededor del 15-20% de la población mundial padecen de dislexia (Perera *et al.*, 2018).

TRASTORNO POR DÉFICIT DE ATENCIÓN CON HIPERACTIVIDAD (TDAH)

El Trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) es un trastorno del neurodesarrollo que se presenta en aproximadamente el 5% de los niños en etapa escolar. Hoy en día, entre el 33 y el 63% de los niños con TDAH manifiestan bajo rendimiento y problemas de aprendizaje (Kofler *et al.*, 2019).

El déficit de atención con hiperactividad en adultos es un trastorno que dio comienzo en la infancia y por lo general persiste en la edad adulta, La (DMS-V) y (American Psychiatric Association), menciona que la principal sintomatología es la misma para adultos que para niños, sin embargo, varios estudios clínicos mencionan que los adultos presentan déficits más variados que los niños como por ejemplo el funcionamiento ejecutivo de nivel superior y en el control emocional (Adler *et al.*, 2017).

Un estudio reciente mencionó que el 59% de los adultos con TDAH presentaban desregulación emocional, se observó que el TDAH está usualmente acompañado por comorbilidades psiquiátricas, como son los trastornos del estado anímico en aproximadamente un 38% y trastornos de ansiedad en aproximadamente el 47% en los adultos con TDAH. La sintomatología del TDAH

puede estar relacionada con estas comorbilidades, y se menciona que si no se trata a tiempo generará malos resultados clínicos y funcionales (Young y Goodman, 2016).

SISTEMA DE LECTURA

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) define la lectura como “La capacidad no sólo de comprender un texto sino de reflexionar sobre el mismo a partir del razonamiento personal y las experiencias propias” (OCDE, 2007). La lectura es aquel proceso en el cual existe una recuperación y aprehensión de la información almacenada mediante un soporte, para así lograr transmitir las por medio de algún tipo de código, comúnmente un lenguaje, ya sea visual, auditivo o táctil (Arteaga, 2015).

Leer comprensivamente es una actividad compleja, sin embargo, para los lectores hábiles no es una tarea compleja, y como ejemplo de ello es la velocidad con la que leemos (entre 250 y 400 palabras por minuto), lo cierto es que durante la lectura realizamos múltiples operaciones cognitivas (López *et al.*, 2004).

PROCESOS IMPLICADOS EN LA LECTURA

La lectura es un proceso que requiere de la ejecución de varias habilidades de forma simultánea. Para iniciar, necesita del reconocimiento de la información visual necesaria para poder extraer la información del texto. La habilidad principal de la lectura central es el procesamiento fonológico, el cual involucra la decodificación de símbolos escritos en sonidos, el reconocimiento de la estructura sonora de la lengua, y posteriormente de un mantenimiento en la memoria de trabajo. Las habilidades lectoras son de suma importancia para el rendimiento académico, el rendimiento ocupacional y para mantener una buena relación social y familiar (Vanova *et al.*, 2021). Se distinguen cuatro procesos implicados en la lectura los cuales son:

1. Procesos perceptivos: Por medio de los procesos perceptivos extraemos la información de las letras y las palabras. Esta información persiste en nuestra memoria icónica por centésimas de segundo. El proceso perceptivo que se encarga del análisis visual como son los rasgos de las letras y poder diferenciarlas del resto (Sánchez, 2003).

2. Procesamiento léxico: Es el conjunto de operaciones necesarias para poder alcanzar el conocimiento que tiene un sujeto, mientras está leyendo. Este conocimiento está acumulado en una zona de nuestro sistema cognitivo. Esa estructura mental se llama léxico interno, de tal manera que cuando una persona está aprendiendo una palabra, esta se va a ir integrando en nuestro léxico interno. En general podemos mencionar que es un diccionario mental donde reconocemos y almacenamos las palabras. Existen dos vías que nos van a permitir la entrada al léxico interno, y es conocido como el modelo de doble ruta: (Jimenez, 2011).
 - Ruta visual: a través de esta vía, las palabras son asociadas claramente con su significado. Un reconocimiento global e inmediato de todas las palabras que se encuentran almacenadas en el léxico interno. La función es analizar la palabra y posteriormente es decodificada, es la encargada de la lectura de palabras que son frecuentes y de regulares e irregulares.

 - Ruta fonológica: a través de esta vía, pasa por la formación de las palabras en sonidos por medio de la regla de conversión grafema-fonema. Esta ruta es utilizada para las pseudopalabras, ya que estas no se encuentran plasmadas en nuestro léxico, esta ruta es la encargada de la lectura de pseudopalabras y de palabras desconocidas regulares.

3. Procesamiento sintáctico: se encarga de aislar las palabras que no proveen ninguna información, para posteriormente agruparlas en unidades mayores como son las frases y oraciones. Para poder efectuar este

agrupamiento el lector dispone de varias reglas sintácticas, que le indican cómo puede relacionar las palabras y mediante el uso de este conocimiento podrá determinar la estructura de las oraciones (López *et al.*, 2004).

4. Procesamiento semántico: consiste en extraer la información fonológica abstracta de la palabra e integrarlo en los conocimientos del lector, hay varios paradigmas que mencionan que durante la lectura los cambios de fijación extraen la información de la visión periférica para integrarse a la visión foveal, es un proceso que implica la interacción de la visión, la atención y la comprensión lectora (Payne *et al.*, 2020).

MECANISMOS QUE SE ACTIVAN DURANTE LA LECTURA

Durante la lectura existen mecanismos del sistema visual que se activan para poder mantener una imagen nítida. Los mecanismos nerviosos de la convergencia producen señales para aumentar la potencia del cristalino. Las señales visuales son analizadas en las áreas cerebrales corticales (áreas 18 y 19 de Brodmann), la transmisión de señales motoras que se dirigen al músculo ciliar ocupa lugar en el área pretectal del tronco encefálico, para continuar después por el núcleo de Edinger-Westphal y alcanzar los ojos mediante las fibras nerviosas parasimpáticas. Las pupilas pueden contraerse ligeramente más si el núcleo de Edinger-Westphal recibiera un estímulo por cualquier otra vía como por ejemplo la acomodación y convergencia (Paul, 2003).

MOVIMIENTOS OCULARES IMPLICADOS EN LA LECTURA

Los movimientos oculares son un reflejo de los procesos cognitivos relacionados al proceso de lectura. Es de suma importancia entender el comportamiento de los movimientos oculares durante la lectura.

- Fijaciones: Son movimientos pequeños, se componen de microsacadas, el papel principal de los movimientos de fijación es prevenir el desvanecimiento de la percepción, ya que, si tenemos una fijación perfecta, la imagen que ingresa a la retina permanecerá perfectamente estable (Thielen *et al.*, 2019).
- Sacádicos: Son movimientos cortos, rápidos y de salto de una posición a otra se denominan sacadas, estos movimientos son necesarios debido a la inhomogeneidad del sistema visual los cuales dan lugar a grandes cambios en el movimiento y la posición relativa de todo el entorno visual (McSorley *et al.*, 2019).
- Seguimiento: Son movimientos conjugados tienen la capacidad de mantener enfocada la imagen en la fóvea durante la visualización de un objeto que se encuentra en movimiento, son movimientos de persecución suave (Souto *et al.*, 2019).
- Regresiones: Son movimientos sacádicos de derecha a izquierda que presentan un error en la orientación oculomotora, sucede durante la lectura, los ojos realizan un movimiento a la palabra anterior de manera involuntaria, se dividen en regresiones grandes y pequeñas: (Inhoff *et al.*, 2019)
 1. Regresiones grandes: Se producen cuando los ojos atraviesan más de una palabra, por lo general los ojos vuelven al renglón anterior.
 2. Regresiones pequeñas: Se producen cuando los ojos fijan una palabra e inmediatamente los ojos se mueven a la palabra anterior.

Tabla 6. Principales síntomas relacionados a alteraciones de los músculos extraoculares. (Castellanos, 2013)

Movimientos excesivos de cabeza durante la lectura.	Omisión y trasposición de palabras durante la lectura.
Saltarse de renglón varias veces durante la lectura.	Requerir usar el dedo o un marcador para no perderse de renglón al leer.
Experimentar movimientos de los ojos inusuales durante la lectura.	Dificultad para fijar y localizar las palabras del texto.

COMPRENSIÓN LECTORA

La definición de comprensión lectora es presentada por los integrantes del comité del diseño de ENLACE MS (2012) ellos la definen como “La capacidad de un individuo para analizar, interpretar, reflexionar, evaluar y utilizar textos escritos, mediante la identificación de su estructura sus funciones y sus elementos, con el fin de desarrollar una competencia comunicativa y construir nuevos conocimientos que le permitan intervenir activamente (Montes *et al.*, 2014). La comprensión está respaldada a la vez por la destreza oral del lector, sus cualidades, la intención de la lectura y su estado físico general (Estrada, 2007).

Es un proceso en el cual el lector crea una representación mental y construye un significado del texto leído mediante estrategias cognitivas. La comprensión lectora ocurre en tres diferentes niveles: (Martins y Cárnio, 2020).

1. Comprensión literal: El lector tiene la capacidad de comprender el significado de oraciones o cláusulas, comunicar lo que se ha leído, almacenar detalles específicos y responder preguntas que estén relacionadas con el contenido explícito.
2. Comprensión independiente: El lector tiene la capacidad de localizar y crear relaciones entre las ideas principales y secundarias del texto, así

como parafrasear el contenido leído, activar el conocimiento previo, formular hipótesis y establecer conclusiones.

3. Comprensión crítica: El lector tiene la capacidad de analizar con precisión la información y la profundidad del tema de un autor, reconocer ambigüedades y comprender la pertinencia de las conclusiones.

V. ANTECEDENTES

Actualmente la Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM IV) establece que en la etapa escolar se presentan dificultades para la lectura en un 4%, estimando una prevalencia de 5.26% en niños y 1.03% en niñas, concordando con una tendencia teórica la que afirmó que en la actualidad los hombres presentan mayor dificultad para la lectura que en las mujeres. Así mismo, De los Reyes *et al.*, 2008, establece una alta prevalencia de trastornos de lectura en hombres de aproximadamente 60 a 80%.

Durán *et al.*, 2013, detectaron una alta prevalencia de alteraciones en movimientos sacádicos en niños de seis y siete años los cuales fueron medidos por la prueba de Developmental eye Movement (DEM), y mencionan que la agudeza visual no es determinante para un buen desempeño de las habilidades visoperceptuales. Mientras que, Barrera *et al.*, 2006, valoraron a 533 estudiantes de edad de 7 a 9 años los cuales 120 fueron diagnosticados con disfunción oculomotora, también mencionan que es posible detectar problemas lectores con el test DEM.

Reddy *et al.*, 2020, evaluaron los movimientos oculares durante la lectura en pacientes con lesión cerebral traumática (TBI), los cuales fueron medidos con un dispositivo denominado ReadAlyzer. Mencionan que un adulto con función visual normal, la tasa de lectura esperada es de 250 palabras por minuto. La muestra estudiada en la investigación fue de 30 personas con TBI y 60 controles los pacientes debían ser de rangos de entre 18 a 60 años. Los pacientes con lesión cerebral traumática manifestaron un mayor número de fijaciones/100 palabras:

(106-159), regresiones/100 palabras: (12-36), tasa de lectura reducida (124 -173) palabras por minuto, y una menor comprensión lectora (60-80%).

Brussee y Nispen *et al.*, 2017, evaluaron la velocidad de la lectura en pacientes con visión binocular, agudeza visual (LogMAR 0.20) y habilidades cognitivas adecuadas, compararon el rendimiento con cartillas estandarizadas y el número de errores fueron valorados con párrafos de texto largos por medio de los International Reading Speed Text (IReST) y las oraciones cortas se lograron de los Radner Reading Charts. En el estudio se evaluaron a 77 pacientes siendo 47 mujeres y 30 hombres, de edades comprendidas de 18 a 86 años. En los resultados se menciona que en adultos de 18 a 36 años las tasas medias de lectura variaron de 150 a 220 palabras por minuto y agregaron que la agudeza visual no influye en el rendimiento lector.

Negi y Mitra, 2020, analizaron la distribución de la duración de fijación y su beneficio en los procesos de aprendizaje. Los autores señalan que la duración de las fijaciones es muy predecible con duraciones típicas de 200-250 ms, y duraciones medias de 300-350 ms. La muestra analizada en la investigación fue de un total de 35 pacientes masculinos con edad de entre 16 a 18 años que no presentaran problemas de visión. Se utilizó un rastreador de ojos que funciona a 120 Hz el cual registró los movimientos oculares mientras veían un video subtulado, la duración mínima de fijación que se podía registrar era de 66 milisegundos, el video fue visto con subtítulos por 19 participantes y 16 sin subtítulos ya querían ver el impacto de los subtítulos y su influencia en el aprendizaje.

El estudio manifiesta que las fijaciones cortas (<150 ms) representan problemas en el enfoque y hay mayor distracción, las fijaciones muy largas (>1000 ms) representan problemas como la zonificación o confusión, ambas fijaciones no son beneficiosas para el aprendizaje. Mientras que las fijaciones focales (300-500 ms) representan una valencia positiva dando como resultado buena atención. Los hallazgos muestran que una buena duración de la fijación será indispensable para el proceso del aprendizaje.

En una revisión Inhoff *et al.*, 2019, argumentan que existen dos tipos de regresiones, regresiones pequeñas y regresiones grandes, las cuales cumplen con diferentes funciones y determinan si tienen implicaciones durante la lectura. En el estudio valoraron a 632 niños, y observaron cómo realizaban los movimientos oculares durante la lectura, observaron un aumento en la habilidad lectora en los grados (1 y 5) y los asociaron con los movimientos sacádicos más grandes, causando duraciones de fijación más cortas, sin embargo, la proporción de las regresiones aumento.

Realizaron una evaluación a dos grupos, el primero consistió en lectores rápidos que raramente presentaban regresiones en el texto y alcanzaron una puntuación alta en la comprensión lectora. El segundo grupo consistió en lectores más lentos que realizaron regresiones con frecuencia, obteniendo una baja puntuación de comprensión lectora, estos análisis indican que algunos lectores aprendieron a usar las regresiones para mejorar la comprensión del texto. El estudio manifiesta que algunos lectores hábiles realizan regresiones durante la lectura para un buen reconocimiento de palabras y evitar complicaciones de comprensión del texto durante la lectura. Lo que sugiere que las regresiones son una herramienta oculomotora que se puede utilizar para obtener una representación lingüística precisa para mejorar la decodificación del texto.

VI. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La habilidad lectora es la capacidad de un individuo para analizar, interpretar, reflexionar, evaluar y utilizar textos escritos, mediante la identificación de su estructura, sus funciones y sus elementos, con el fin de desarrollar una competencia comunicativa y construir nuevos conocimientos. Diferentes tipos movimientos oculares intervienen en el proceso de habilidad de la lectura, capacidad de inferencia, memoria, vocabulario. Existen diversos métodos subjetivos y poco precisos para valorar los movimientos oculares. Actualmente el equipo ReadAlyzer™ (Compevo AB, Suecia), reconocido en 2005 por el instituto Optometric Extension Program (OEP) como un instrumento clínico eficaz para la

evaluación de los movimientos oculares en la lectura, permite realizar valoraciones objetivas como: habilidad de la lectura, velocidad, regresiones y duración de la fijación, a través de lentes con sensores infrarrojos que registran los movimientos oculares durante la lectura. En alumnos universitarios es importante valorar la eficacia de estos elementos que intervienen en la comprensión lectora ya que determinan de forma significativa su desempeño académico. En la ENES León se tienen tres licenciaturas del área de la salud en las que se propone realizar el presente estudio para conocer el estado de salud visual y lectora del estudiantado.

VII. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Qué relación existe entre el correcto funcionamiento de los movimientos oculares con el rendimiento, capacidad y comprensión lectora en los alumnos de la ENES Unidad León, UNAM?

VIII. JUSTIFICACIÓN

Debido a la falta de estudios en México que evalúen la relación de los movimientos oculares y la habilidad lectora, es importante como profesionales en la salud visual conocer los hábitos de lectura del estudiantado. En la clínica de optometría de la ENES Unidad León, UNAM se ha detectado que un cierto número de pacientes que son alumnos de la universidad han presentado alteraciones en diferentes pruebas que evalúan los movimientos oculares, y no podemos determinar si tienen alguna relación con el efecto en la actividad de la lectura y su comprensión, lo cual podría repercutir en su desempeño académico, o bien detectarse a tiempo y poder intervenir profesionalmente. Por lo anterior es importante realizar una evaluación más exhaustiva a los alumnos de la ENES Unidad León, UNAM.

IX. HIPÓTESIS

Los alumnos que presenten alteraciones en los movimientos oculares mostrarán una limitación en sus habilidades lectoras.

X. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Objetivo general

Determinar la relación que existe entre los movimientos oculares y habilidad lectora valorados con métodos objetivos en alumnos de la ENES Unidad León, UNAM.

Objetivos específicos

- Evaluar los movimientos oculares durante la lectura en alumnos de la ENES UNAM León
- Determinar la velocidad y capacidad lectora en alumnos de la ENES UNAM León.
- Determinar la comprensión lectora en alumnos de la ENES UNAM León.

XI. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Transversal, descriptivo, observacional y comparativo.

XII. LUGAR Y DURACIÓN

Clínica de Diagnóstico Visual de la ENES Unidad León, UNAM. En el periodo abril – junio del 2021.

XIII. UNIVERSO DE ESTUDIO

Alumnos de las licenciaturas del área de la salud de la ENES Unidad León de la UNAM.

XIV. CRITERIOS DE SELECCIÓN

Criterios de inclusión

- Alumnos que firmen el consentimiento informado.
- Alumnos de ambos géneros.
- Alumnos con edad de entre 18 a 23 años.
- Alumnos que sean emétopes o con una ametropía corregida.
- Alumnos que logren una agudeza visual cercana mejor o igual a 20/25.

Criterios de exclusión

- Alumnos cuya agudeza visual corregida no supere 20/25.
- Alumnos con una edad mayor a 24 años.
- Alumnos que presenten patologías visuales.

Criterios de eliminación

- Alumnos que no concluyan con la aplicación de las pruebas.

XV. VARIABLES DEL ESTUDIO

Variables dependientes:

1. Habilidades lectoras
2. Comprensión lectora

Variables independientes:

1. Edad
2. Agudeza visual
3. Punto próximo de convergencia
4. Movimientos oculares

Operacionalización de variables

Variables dependientes				
Variab	Definición	Indicadores	Tipo de variable	Unidad de medida
Habilidades lectoras	Es la diferencia en el desarrollo de la lectura, normalmente se presenta en niños de 6 a 8 años, sin que presenten ninguna patología	ReadAlyzer * Fijaciones. * Regresiones. * Duración de la fijación. * Palabras por minuto. * Habilidades lectoras	Cuantitativa	Fijaciones (90 o <) Regresiones (15 o <) Duración de la fijación (0.35 s) Palabras por minuto (220 o >) Habilidades lectoras (0-13)
Comprensión lectora	La capacidad de un individuo para analizar, interpretar, reflexionar, evaluar y utilizar textos escritos, mediante la identificación de su estructura, sus funciones y sus elementos.	ReadAlyzer Porcentaje de comprensión de la lectura.	Cuantitativa	Porcentaje obtenido (0-100%)
Variables independientes				
Edad	Tiempo que ha transcurrido una persona de vida desde su nacimiento.	Historia clínica Número de años reportados	Cuantitativa	Años cumplidos hasta la fecha de la evaluación.
Agudeza visual	La agudeza visual es la capacidad que tiene el sistema visual para poder identificar de manera nítida las imágenes, y lograr observar de manera más detallada el entorno en condiciones óptimas y bien iluminadas.	Pantalla Reichert. AV lejana Cartilla Rosenbaum. AV cercana	Cuantitativa	Valor en Decimal

Punto próximo de convergencia	Es el punto más cercano en el que una persona puede ver una imagen clara.	Regla de Krimsky para valorar el tiempo de ruptura y de recobro.	Cuantitativa	Ruptura (cm) Recobro (cm)
Movimientos oculares	Los movimientos oculares son aquellos movimientos rápidos e intermitentes que efectúan los ojos por separado, que realizan diferentes funciones como, sacadas, fijación entre otros.	Varilla de Wolf Motilidad Ocular Cartillas DEM Test DEM	Cuantitativa	Test Motilidad Ocular 1.SPEC 2.Movimientos imprecisos 3.Movimientos restricción Test DEM Tiempo por cada Test (A, B,C) (segundos)

XVI. MATERIALES E INSTRUMENTOS

Tabla 7. Materiales e instrumentos utilizados durante el estudio en el periodo abril-junio 2021.

Pantalla de optotipos y cartilla Rosenbaum
Regla Krimsky y optotipos de visión cercana
Varilla de Wolf y ocluser
Lámpara de iluminación
Cartillas de DEM y cronómetro
ReadAlyzer

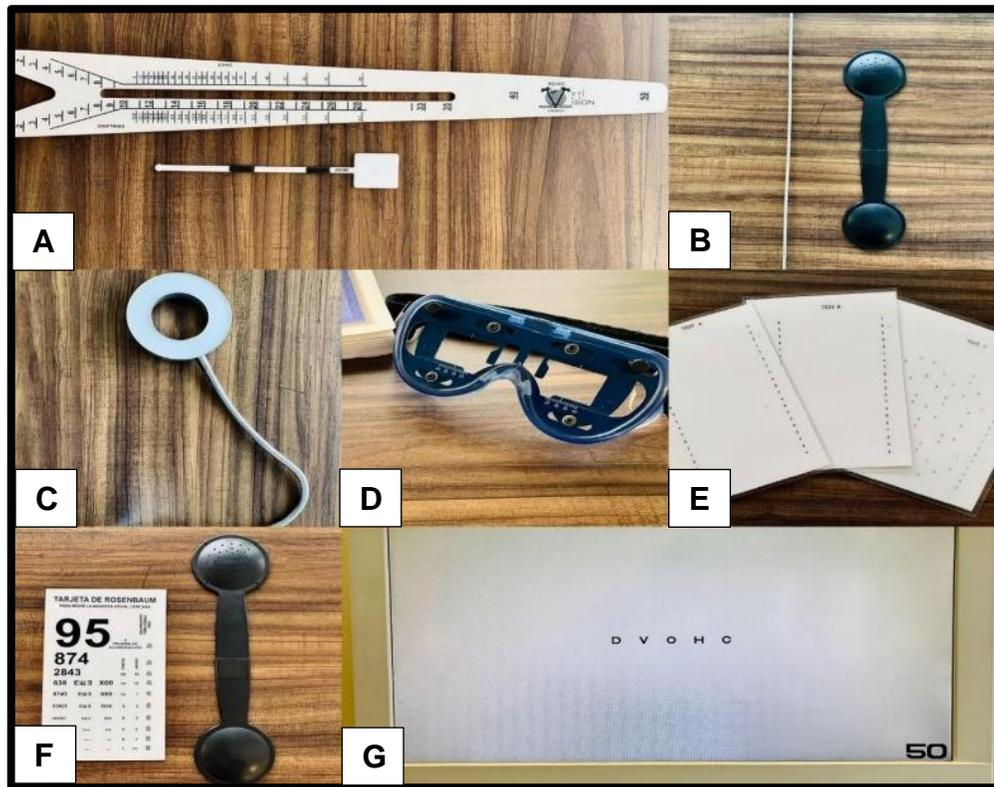


Figura 8. Material utilizado durante el estudio en el periodo abril-junio 2021. A) Regla Krimsky, optotipo de visión cercana, B) Varilla de Wolf, ocluser. C) Lámpara de iluminación. D) ReadAlyzer. E) Cartillas DEM. F) Cartilla Rosenbaum, ocluser. G) Pantalla de optotipos Reichert. (Fuente propia)

XVII. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Se realizó un protocolo de riesgo menor al mínimo que, con todas las normas de investigación en salud mexicanas y el tratado de Helsinki. Las técnicas para el diagnóstico no perjudicaron de forma física y psicológica alguna la integridad del paciente. Fue necesaria la firma previa del consentimiento informado, el cual fue aprobado por el comité de ética de la Escuela Nacional de Estudios Superiores. ENES Unidad León, UNAM, y cumple con todos sus estatutos. Y con apego a la Norma Oficial Mexicana 168-SSA1-1998 del Expediente clínico médico, publicado el lunes 14 de diciembre de 1998, en su capítulo 10.1 se presentó este documento escrito y firmado por el paciente, persona responsable o tutor. A través de este documento el paciente acepta, bajo la debida información de los riesgos y los beneficios esperados del diagnóstico optométrico realizado.

XVIII. MÉTODOS

En el presente trabajo se evaluaron a los alumnos de la ENES unidad León, UNAM inscritos durante el periodo de “abril-junio 2021”. Se realizaron pruebas estandarizadas para valorar los movimientos oculares y habilidad lectora. Se trató de una muestra a conveniencia, de edades comprendidas entre 18 a 23 años, sexo indistinto, emétopes o ametropía corregida y sin alteración visual o patológica. Se aplicó un cuestionario para conocer hábitos de lectura y se realizó una base de datos con los resultados obtenidos. Se incluyeron en el estudio los alumnos que aceptaron participar y que firmaron el consentimiento informado.

1. Se tomó agudeza visual lejana con la pantalla de optotipos marca Reichert monocular y binocular, registradas en valor decimal.
2. Se tomó agudeza visual cercana con la cartilla de Rosenbaum de manera monocular y binocular. (Valor decimal).
3. Para la evaluación de la prueba de motilidad ocular se utilizó una varilla de Wolf el cual funcionará como punto de fijación, se observó cómo están los movimientos oculares en todas las posiciones de mirada. La prueba de motilidad ocular se midió en: (SPEC, Movimientos imprecisos y movimientos con restricción).
4. Para la medición del punto próximo de convergencia se utilizó la regla Krimsky para realizar las mediciones exactas de la distancia de ruptura y de recobro, para el punto de fijación se utilizó un optotipo de acuerdo con la agudeza visual cercana que el estudiante haya obtenido, el PPC se midió con los resultados (Distancia de ruptura y el recobro).
5. Para la medición con la prueba DEM (Test A, B y C), en la prueba A y B se evaluó los movimientos sacádicos y la velocidad de manera vertical. En la prueba C se evaluaron los movimientos sacádicos y la velocidad de

manera horizontal. La prueba DEM se medió: (Si presentó S-A-O-T y se tomó el tiempo de cada prueba A, B y C).

6. La lectura fue evaluada durante la visión binocular usando el ReadAlyzer, un sistema infrarrojo de la grabación del movimiento de ojo, si el alumno utiliza gafas, los goggles se adaptan por encima para que no se los tuviera que retirar. Para la lectura se le indicó al alumno que sostuviera la libreta a una distancia de 30 centímetros y se le pidió que leyera los párrafos de texto que promediaba 12 líneas y 150 palabras. Las medidas de los resultado obtenidos por las grabaciones de Readalyzer fueron la tasa de lectura (palabras por minuto), el número de fijaciones hacia adelante (por 100 palabras), número de regresiones (por 100 palabras) la duración media de la fijación (segundos) y la comprensión lectora (0 a 100%).

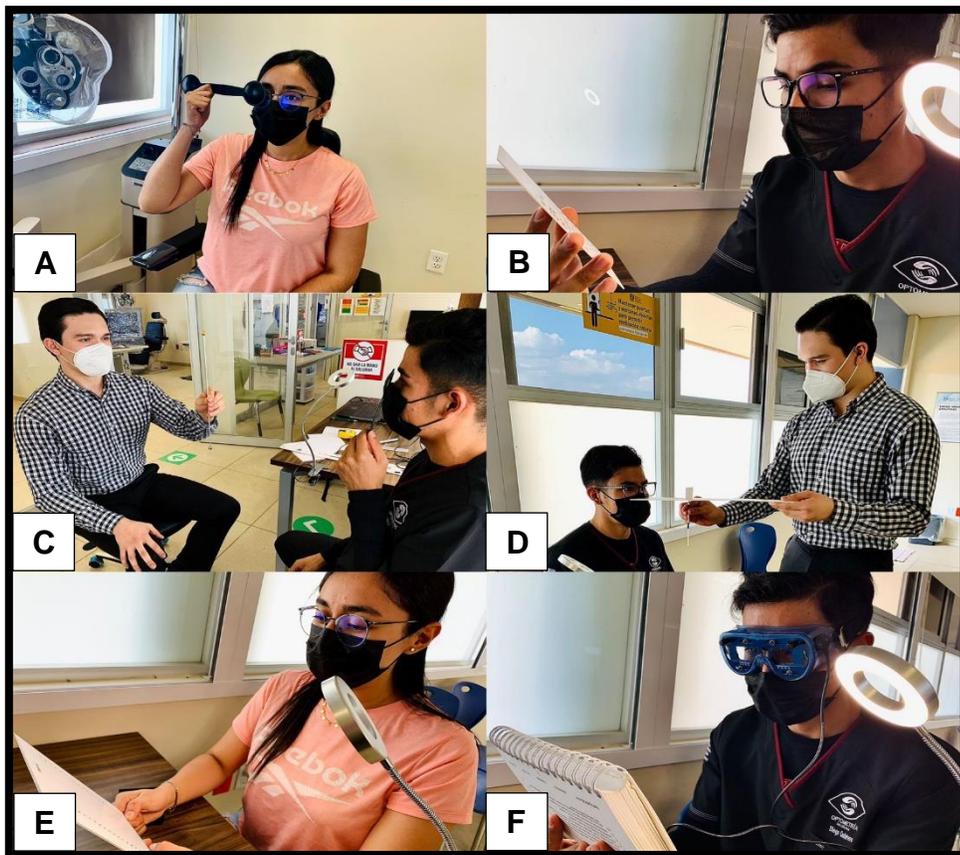


Figura 9. Procedimiento de cada una de las pruebas realizadas durante el estudio en el periodo abril-junio. 2021. A) Agudeza visual lejana, B) Agudeza visual cercana, C) Motilidad ocular, D) Punto Próximo de Convergencia, E) Test DEM, F) ReadAlyzer. (Fuente propia)

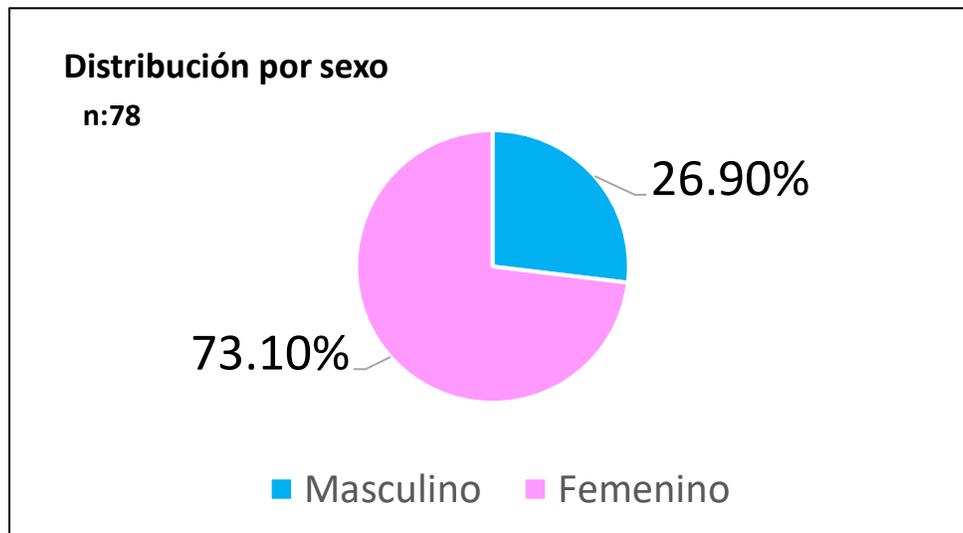
XIX. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con los resultados de las valoraciones de los movimientos oculares se realizó un análisis descriptivo, así como la obtención de promedios y desviación estándar.

Para conocer si existe asociación entre los movimientos oculares y las habilidades lectoras se realizará un análisis de asociación mediante una prueba bivariada de Chi cuadrada. Los datos obtenidos en el presente estudio serán colocados en el software (epi info™).

XX. RESULTADOS

La población muestra estuvo conformada por un total de 78 alumnos del área de la salud de la ENES unidad León UNAM, siendo 36 alumnos de Optometría, 9 de Fisioterapia y 33 de Odontología, que cumplieron con los criterios de inclusión y con previa firma de consentimiento informado, 58% de los alumnos son usuarios de lentes de armazón y su, distribución por sexo fue de 21 hombres y 57 mujeres, con un proporción de 1:2.7 hombres-mujeres. Con respecto a la edad, la mínima fue de 18 años y la máxima de 23 años, con un promedio de 21.43 ± 1.40 (Gráfica 1).



Gráfica 1. Distribución por género, el 26.9 % hombres y el 73.1% mujeres, con una proporción de 1:2.7 H-M.

Test motilidad ocular

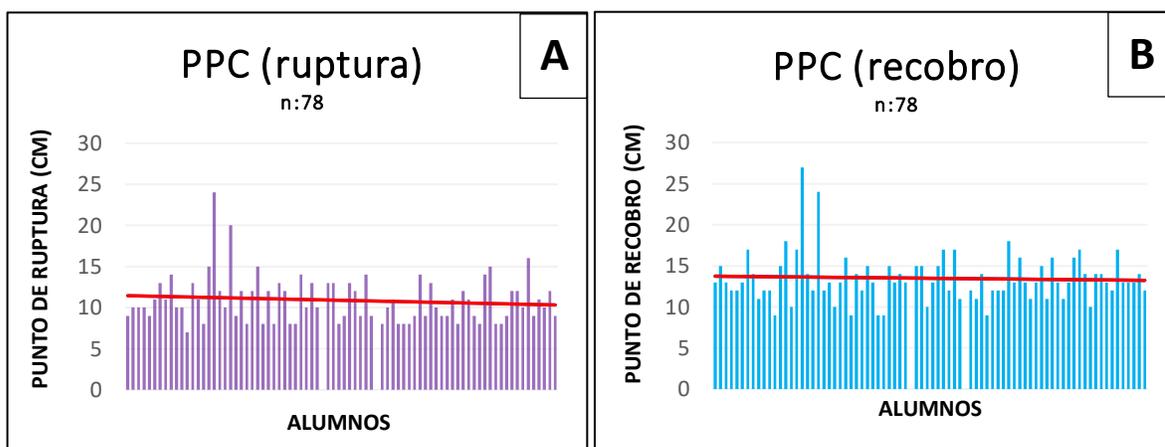
Con respecto a la evaluación de la motilidad ocular, para ducciones, el 80% y 78% ojo derecho e izquierdo respectivamente obtuvieron SPEC y para las vergencias, el 76% reportaron SPEC (Tabla 8).

Tabla 8. Resultados obtenidos en el test motilidad ocular (ducciones y versiones).

Movimientos oculares	Resultados esperados (Movimientos SPEC)	Resultados no esperados (Movimientos imprecisos)
Ducciones (Ojo derecho)	63	15
Ducciones (Ojo izquierdo)	61	17
Versiones (Ambos ojos)	60	18

Test Punto Próximo de Convergencia (PPC)

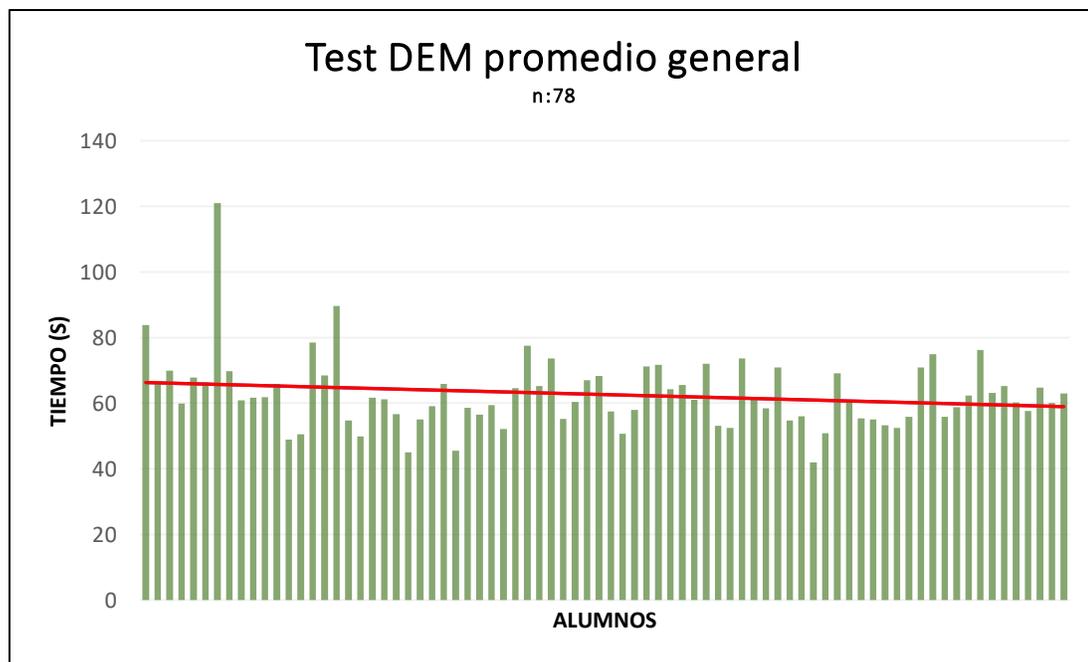
En la prueba de punto próximo de convergencia se registró una ruptura de 10.88 ± 2.85 (A) y un recobro de 13.48 ± 2.96 (B), en donde se observó que 45 de los 78 alumnos presentaron valores de ruptura > de acuerdo con su edad, y 56 de los 78 de los alumnos tuvieron valores en recobro > acorde a su edad (Gráficas 2 y 3).



Gráfica 2-3. Resultados obtenidos en la ruptura y el recobro del test PPC. A) Resultados Ruptura. B) Resultados recobro. Se obtuvieron los promedios y desviación estándar.

Test Developmental Eye Movement (DEM)

En la evaluación de los movimientos oculares de fijación, sacádicos y su velocidad se realizó el test DEM, con sus tres cartillas (A, B y C). En el test A se obtuvo como resultado de 14.98 ± 2.51 , en el test B se obtuvo de 14.65 ± 2.23 , y en el test C 32.83 ± 5.91 . Los resultados de las tres cartillas fueron de 62.62 ± 11.04 (Gráfica 4). En donde, 45 de los 78 alumnos presentaron una velocidad y movimientos oculares adecuados.



Gráfica 4. Se observan los resultados de los promedios obtenidos en el test DEM (tres cartillas: A, B y C).

Test ReadAlyzer

Los resultados registrados en el test ReadAlyzer (Tabla 9). Obtuvieron valores normales para movimientos de fijación, 60 alumnos (76%) 69.14 ± 27.93 , para las regresiones 59 alumnos (75%) 10.75 ± 7.99 , duración de la fijación 37 alumnos (47%) 0.45 ± 0.21 , palabras por minuto 35 alumnos (44%) 231.1 ± 61.10 , comprensión lectora (50%) $74\% \pm 0.15$ y para las habilidades lectoras 41 alumnos (52%) 10.13 ± 2.21 .

Tabla 9. Test ReadAlyzer, resultados obtenidos en las fijaciones por cada 100 palabras, regresiones por cada 100 palabras, duración de la fijación, palabras por minuto, comprensión y las habilidades lectoras.

Prueba evaluada N:78	Resultados esperados	Resultados no esperados
Fijaciones por cada 100 palabras (90 o <)	60	18
Regresiones por cada 100 palabras (15 o <)	59	19
Duración de la fijación (0.35 s)	37	41
Palabras por minuto (220 o >)	35	43
Comprensión lectora (80 – 100%)	39	39
Habilidades lectoras (10 – 13)	41	37

Movimientos oculares y habilidades lectoras

Se realizó un cuadro 2x2 en donde se compararon las dos principales variables del estudio que fueron, los movimientos oculares y las habilidad lectora. Mediante el test DEM se determinó como se encuentran los movimientos oculares de cada alumno como son: la velocidad, las fijaciones y los sacádicos. Para la habilidad lectora se utilizó el ReadAlyzer en esta prueba se evaluaron las principales habilidades lectoras del alumno. Se utilizó el software epi infoTM para obtener el resultado de las dos variables mediante la prueba de χ^2 , dándonos un resultado estadísticamente significativo de 0.046 (Figura 10-11).

		Outcome		
		Yes	No	Total
Exposure	Yes	28	13	41
	Row %	68.29 %	31.71 %	100.00 %
	Col %	62.22 %	39.39 %	52.56 %
	No	17	20	37
	Row %	45.95 %	54.05 %	100.00 %
	Col %	37.78 %	60.61 %	47.44 %
Total	45	33	78	
Row %	57.69 %	42.31 %	100.00 %	
Col %	100.00 %	100.00 %	100.00 %	

Statistical Tests		
	χ^2	2 Tailed P
Uncorrected	3.9791	0.04606890
Mantel-Haenszel	3.9281	0.04748670
Corrected	3.1162	0.07751744

Figura 10. Se observan los resultados obtenidos en la tabla 2x2, se colocaron los resultados del test DEM y los resultados del ReadAlyzer, arrojándonos un resultado estadísticamente significativo de 0.046.

Palabras por minuto y comprensión lectora

Se realizó un cuadro 2x2 en donde se compararon las dos variables del estudio, la velocidad o palabras por minuto y la comprensión lectora, se utilizó el ReadAlyzer, mientras el alumno estaba leyendo el texto el dispositivo estaba tomando el tiempo total de la lectura, el mismo sistema realiza una fórmula para la obtención de las palabras por minuto la cual es: el número de palabras del texto (150) entre el tiempo en segundos, multiplicado por 60. Al concluir con la lectura hacen 10 preguntas de (si y no) para conocer la comprensión de la lectura. Se utilizó el software epi info™ para obtener el resultado de las dos variables mediante la prueba de χ^2 , dándonos un resultado estadísticamente significativo de 0.040 (figura 12-13).

		Outcome		
		Yes	No	Total
Exposure	Yes	22	17	39
	Row %	56.41 %	43.59 %	100.00 %
	Col %	62.86 %	39.53 %	50.00 %
	No	13	26	39
	Row %	33.33 %	66.67 %	100.00 %
	Col %	37.14 %	60.47 %	50.00 %
Total	35	43	78	
Row %	44.87 %	55.13 %	100.00 %	
Col %	100.00 %	100.00 %	100.00 %	

Statistical Tests		
	χ^2	2 Tailed P
Uncorrected	4.1980	0.04047153
Mantel-Haenszel	4.1442	0.04177774
Corrected	3.3169	0.06856920

Figura 11. Se observan los resultados obtenidos en la tabla 2x2, se colocaron los resultados de la velocidad o palabras por minuto y los resultados de la comprensión lectora, arrojándonos un resultado estadísticamente significativo de 0.040.

XXI. DISCUSIÓN

La finalidad de la presente investigación fue evaluar los movimientos oculares y la habilidad lectora, mediante pruebas optométricas estandarizadas y el uso del dispositivo ReadAlyzer para establecer la relación de éstas dos variables.

Previo a las pruebas y con el propósito de establecer la presencia de problemas en la lectura del estudiantado se incluyó en la historia clínica un apartado con preguntas relacionadas a las habilidades lectoras. Los principales hallazgos de este trabajo son 1) los alumnos con disfunción en los movimientos oculares tienen más riesgo de presentar problemas en las habilidades lectoras también, 2) disminuye la velocidad lectora y la duración de las fijaciones, y a su vez 3) los alumnos con disminución en la velocidad lectora presentaron menor comprensión de la lectura.

Los movimientos oculares se evaluaron por medio del test Developmental Eye Movement (DEM) el cual consta de tres cartillas, se registra la velocidad,

movimientos sacádicos y de fijación. Se obtuvo como resultado que el 42% de los alumnos presentaron disfunción en sus movimientos oculares. En un estudio Rodríguez Barrera *et al.*, 2006, valoraron a 533 estudiantes de 7 a 9 años por medio del test DEM, los cuales 22% fueron diagnosticados con disfunción oculomotora, señalaron que por medio del test DEM es posible detectar problemas en las habilidades lectoras.

Al evaluar la velocidad de la lectura por medio del ReadAlyzer se observó que el 55% de los alumnos realizaron > 220 palabras por minuto durante la lectura, coincidiendo con el estudio de Brussee y Nispen *et al.*, 2017, quienes evaluaron a 77 pacientes, de edades comprendidas de 18 a 36 años, por medio de varias cartillas optométricas estandarizadas: International Reading Speed Text (IReST) y Radner Reading Charts, cuyas variaciones en la tasa de lectura fueron de 150 a 220 palabras por minuto y mencionaron que la agudeza visual no es un factor influyente en el rendimiento lector.

La duración de la fijación ayuda al lector a decodificar las palabras de forma correcta y presentar una mayor velocidad lectora. Por medio del ReadAlyzer se evaluó de forma precisa las duraciones de fijación, obteniendo como resultado que el 47% de los alumnos registraron un resultado 0.35 seg en la duración de la fijación, concordando con el estudio de Negi y Mitra, 2020, en donde se utilizó un rastreador de ojos de 120 Hz. En el análisis obtuvieron un promedio de las duraciones de fijación de aproximadamente 0.30-0.35 seg.

Durante la lectura es muy común que existan regresiones las cuales en ocasiones nos ayudan a entender mejor el renglón leído. En la evaluación de las regresiones se observó que el 75% de los alumnos obtuvieron como resultado < 15 regresiones en la lectura. En una revisión Inhoff *et al.*, 2019 señaló que los lectores que realizan múltiples regresiones con frecuencia obtienen un menor desempeño al momento de comprender el texto, además, que varios lectores hábiles realizan regresiones para un adecuado reconocimiento de palabras y obtener un mayor puntaje en la comprensión de la lectura.

XXII. CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio muestran que existe relación, entre una adecuada habilidad lectora y la eficiencia de los movimientos oculares.

Es importante establecer los valores normales del test DEM, en la población adulta, existen estudios que buscan estandarizarlos, aún hay poca literatura al respecto.

El ReadAlyzer es un dispositivo especializado en la valoración de los movimientos oculares en la lectura, es importante mencionar que no es esta enfocado en la valoración de la comprensión lectora, sin embargo, logró medir como esta se vio afectada en los alumnos que presentaron una velocidad lectora deficiente.

El presente trabajo pretende abrir futuras líneas de investigación para la evaluación de los alumnos con deficiencia en la habilidad lectora, mediante ejercicios de terapia visual para perfeccionar los movimientos oculares, habilidades visuales y lectoras, para garantizar un mayor desempeño lector y académico.

XXIII. REFERENCIAS

1. Adler, L. A., Faraone, S. V., Spencer, T. J., Berglund, P., Alperin, S., & Kessler, R. C. (2017). *The structure of adult ADHD*. *International Journal of Methods in Psychiatric Research*, 26(1), p. 1–6. DOI: 10.1002/mpr.1555.
2. Anderson, S. R., Porrill, J., & Dean, P. (2020). *World Statistics Drive Learning of Cerebellar Internal Models in Adaptive Feedback Control: A Case Study Using the Optokinetic Reflex*. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 14, p. 1-13. DOI: 10.3389/fnsys.2020.00011.
3. Angelaki, D. E. (2003). *Three-dimensional ocular kinematics during eccentric rotations: Evidence for functional rather than mechanical constraints*. *Journal of Neurophysiology*, 89 (5), p. 2685-2696. DOI: 10.1152/jn.01137.2002.
4. Basso, M. A., & May, P. J. (2017). *Frontosubthalamic Circuits for Control of Action and Cognition. A View from the Superior Colliculus*, p. 11489-11492. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.2348-16.2016.
5. Bel, M. F., Serra, M. A. (2010). *Visión y aprendizaje (I): Detección de disfunciones visuales*. *Revista logopedes de Cataluña*, p. 15-17.
6. Bowling, B. (2016). *Kanski Oftalmología clínica*. El Sevier, (8), p. 728-729. ISBN: 9788491130031.
7. Branoner, F., Chagnaud, P., & Straka, H. (2016). *Ontogenetic development of vestibulo-ocular reflexes in amphibians*. *Frontiers in Neural Circuits*, 10, p. 1-17. DOI: 10.3389/fncir.2016.00091.
8. Brussee, T., Van Nispen, R.M., Van Rens, G.H. (2017), *Visual and personal characteristics are associated with reading performance in normally sighted adults*. *Clin Exp Optom*, p. 270-275. DOI: 0.1111/cxo.12482
9. Burnat, K. (2015). *Are visual peripheries forever young?* *Neural Plasticity*, p. 3-8. DOI: 10.1155/2015/307929.
10. Carranza Alcántar, M. del R. (2018). *Enseñanza y aprendizaje significativo en una modalidad mixta: percepciones de docentes y estudiantes*. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo*, 8(15), p. 898–922. DOI: 10.23913/ride.v8i15.326.

11. Castellanos, E. (2013). *Vision and learning*. CE@Home, 48-49. Recuperado de https://www.coavision.org/files/CEJan_Feb.pdf.
12. Chrobak, A. A., Rybakowski, J. K., Abramowicz, M., Perdziak, M., Gryniewicz, W., Tereszko, A., Włodarczyk, M., Dziuda, S., Fafrowicz, M., Czarnecki, P., Soltys, Z., Siwek, M., Krzysztof Ober, J., Marek, T., & Dudek, D. (2020). *Vergence eye movements in bipolar disorder*. *Psychiatria Polska*, 54(3), p. 467-485. DOI: 10.12740/PP/OnlineFirst/105229.
13. De los Reyes Aragón, C., Lewis Harb, S., Mendoza Rebolledo, C., Neira Meza, D., León Jacobus, A., & Peña Ortiz, D. (2008). *Estudio de prevalencia de dificultades de lectura en niños escolarizados de 7 años de Barranquilla (Colombia)*. *Psicología Desde El Caribe*, p. 37–41. ISSN: 0123-417X.
14. Dong, Y., Peng, S. N. (2020). *Reading Comprehension and Metalinguistic Knowledge in Chinese Readers: A Meta-Analysis*. *Frontiers in Psychology*, 10, p. 1-15. DOI: 10.3389/fpsyg.2019.03037
15. Erkelens, I. M., Bobier, W. R., Macmillan, A. C., Maione, N. L., Martin Calderon, C., Patterson, H., & Thompson, B. (2020). *A differential role for the posterior cerebellum in the adaptive control of convergence eye movements*. *Brain Stimulation*, 13 (1), p. 215–228. DOI: 10.1016/j.brs.2019.07.025.
16. Erkelens, I. M., & Bobier, W. R. (2018). *Adaptation of reflexive fusional vergence is directionally biased*. *Vision Research*, 149, p. 66-76. DOI: 10.1016/j.visres.2018.06.006.
17. Erkelens, I. M., & Bobier, W. R. (2020). *Reflexive fusional vergence and its plasticity are impaired in convergence insufficiency*. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 61(10), p. 1-3. DOI: 10.1167/iovs.61.10.21.
18. Estrada, Viilafan, I. C. (2007). *La comprensión lectora*. (Tesis de licenciatura) Universidad Pedagógica Nacional, Zamora Michoacán, p. 9-18.
19. García Blasco, A. (2012). *Relación entre la binocularidad y el rendimiento escolar*, (Trabajo final de master). Universidad Politécnica de Cataluña, p. 70.

20. Garzia, P., Richman, E. (1990). *A new visual-verbal saccade test: the development eye movement test (DEM)*. Journal of the American Optometric Association, 61(2), p. 124-35. PMID: 2313029.
21. Georgeson, M. A., & Wallis, S. A. (2014). *Binocular fusion, suppression, and diplopia for blurred edges*. Ophthalmic Physiol Opt, 34, p. 163–185. DOI: 10.1111/opo.12108.
22. Gila, L., Villanueva, A., & Cabeza, R. (2009). *Fisiopatología y técnicas de registro de los movimientos oculares*. Anales Del Sistema Sanitario de Navarra, 32 (3), p. 9-26. ISSN: 1137-6627.
23. Guyton y Hall. (2016). *Tratado de fisiología Médica*. El Sevier, 13° edición, p. 645-646. ISBN: 8480865490.
24. Henry, Saarux, C., Lemasson, Offret, H. (1985). *Anatomía e Histología del ojo*. Barcelona, España: Masson, p. 52-53. ISBN: 9788431103569
25. Hernández Santos, L. R., Castro Pérez, P. D., Pons Castro, L., Méndez Sánchez, T. de J., Naranjo Fernández, R., & Lora Domínguez, K. (2019). *Terapia visual: ¿En qué consiste y cuándo indicarla?* Revista Cubana de Oftalmología, 32(3), p. 1–12. ISSN: 1561-3070.
26. Hulme, C., & Snowling, M. J. (2016). *Reading disorders and dyslexia*. *Current Opinion in Pediatrics*, 28(6), p. 731–735. DOI: 10.1097/MOP.0000000000000411.
27. Hussaindeen, J. R., Shah, P., Ramani, K. K., & Ramanujan, L. (2018). *Efficacy of vision therapy in children with learning disability and associated binocular vision anomalies*. Journal of Optometry, 11(1), p. 40–48. DOI: 10.1016/j.optom.2017.02.002.
28. Inhoff, A. W., Kim, A., & Radach, R. (2019). *Regressions during reading*. *Vision (Switzerland)*, 3(3), p. 82-84. DOI: 10.3758/s13421-012-0244-y.
29. Jaime Bernal Escalante, O. E. (2012). *Músculos Extraoculares*. Movimientos oculares, Universidad Autonoma de Aguascalientes, p. 1-6. Recuperado de <https://actiweb.one/optjbuaa/archivo1.pdf> .
30. Jimenez, V. A. (2011). *Procesos Implicados En La Lectura*. Innovación y experiencias educativas, p. 1-7. ISSN: 1988-6047.

31. Kaufman, Paul L., Albert A. (2003). *Adler fisiología del ojo: aplicación clínica*, p. 511-530. ISBN: 9788481747058
32. Keith, L. Moore, Arthur, F. Dalley, Anne, M. Agur. (2010). *Anatomía con Orientación Clínica*. 6, p. 893-901. ISBN: 978-07817-7525-0.
33. Kofler, M. J., Spiegel, J. A., Soto, E. F., Irwin, L. N., Wells, E. L., & Austin, K. E. (2019). *Do working memory deficits underlie reading problems in attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD)?* HHS Public Access. *J Abnorm Child Psychol*, 47(3), p. 1-4. DOI: 10.1007/s10802-018-0447-1.
34. Latariet, M., & Ruiz, A. (1999). *Anatomía humana*. Buenos Aires, Argentina: Panamericana, p. 402-408. ISBN: 9500613689.
35. Latorre Arteaga, S. (2015). *Visión y aprendizaje en la Escuela: Guía didáctica para la formación de docentes en salud visual infantil*, p. 1–57.
36. Legrá Nápoles, S., Galarza Núñez, J. L., Martínez Herrera, C. P., & Gallo González, M. (2019). *Disfunciones acomodativas en estudiantes no estrábicos de la Unidad Educativa Arturo Borja, Orellana, Ecuador*. *Revista Conrado*, 15(67), p. 110–124. ISSN: 1990-8644.
37. Levi, D. M., Knill, D. C., & Bavelier, D. (2012). *Stereopsis and amblyopia: A mini-review* HHS Public Access. *Vision Res*, 114(2012), p. 17–30. DOI: 10.1016/j.visres.2015.01.002.
38. Lisi, M., Solomon, J. A., & Morgan, M. J. (2019). *Gain control of saccadic eye movements is probabilistic*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(32), p. 1-6. DOI: 10.1073/pnas.1901963116.
39. López, Antonio, A. (2004). *Optometría Pediátrica*, 1° edición, p. 66-77. ISBN: 84-930828-2-1.
40. Luna, L. H. (2013). *El difícil camino del aprendizaje en niños*. 1° edición, p. 29-32. ISBN: 978-607-480-401-0.
41. Marcela Camacho, M. (2019). *Terapia y Entrenamiento visual*. Bogotá, 2° edición, p. 40-60. ISBN: 978-958-48-5957-0.
42. Mariano, C. (2018). *Brain Vision Training*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, p. 60-130. ISBN: 9789874645449.

43. Malacara, D. (2015). *Óptica Básica*. México, 3ª edición, p. 174-176. ISBN: 978-607-16-3215-9.
44. Matsugi, A., Yoshida, N., Nishishita, S., Okada, Y., Mori, N., Oku, K., Douchi, S., Hosomi, K., & Saitoh, Y. (2019). *Cerebellum-mediated trainability of eye and head movements for dynamic gazing*. PLoS ONE, 14(11), p. 1–15. DOI: 10.1371/journal.pone.0224458.
45. Martins, L. Z., & Cárnio, M. S. (2020). *Reading comprehension in dyslexic schoolchildren after an intervention program*. Cogas, 32(1), para. 2-5. DOI: 10.1590/2317-1782/20192018156.
46. McSorley, E., Gilchrist, I. D., & McCloy, R. (2019). *The role of fixation disengagement in the parallel programming of sequences of saccades*. *Experimental Brain Research*, 237(11), p. 3033–3038. DOI: 10.1007/s00221-019-05641-9.
47. Medland, C., Walter, H. (2010). *Eye movements and poor reading: does the developmental eye movement test measure cause or effect?* *Ophthalmic and Physiological Optics*, 30, p. 740–747. DOI: 10.1111/j.1475-1313.2010.00779.x.
48. Montes, A. M., Rangel, Y., & Reyes, J. A. (2014). *Comprensión Lectora. Noción de lectura y uso de macrorreglas*, p. 265-267. ISSN: 1665-0441.
49. Negi, S., & Mitra, R. (2020). *Fixation duration and the learning process: an eye tracking study with subtitled videos*. *Journal of Eye Movement Research*, 13(6), p. 1–14. DOI: 10.16910/jemr.13.6.1.
50. Nigel, P. Field, D. & Soames, R. (2007). *Anatomía y movimiento humano. Estructura y funcionamiento*. Barcelona, España, p. 46-47. ISBN: 8480195002
51. OCDE. (2007). *El programa PISA de la OCDE, Qué Es y Para Qué Sirve*. OCDE, p. 6-7. Recuperado de <https://www.oecd.org/pisa/39730818.pdf>.
52. Parker E. Ludwig, Craig N. (2021). *Embryology, Eye Malformations*. StatPearls, p. 1-5. PMID: 29494102.
53. Payne, B. R., Stites, M. C., Federmeier, K. D., Program, I. N., Laboratories, N., & Program, N. (2020). *Event-related brain potentials reveal how multiple*

- aspects of semantic processing unfold across parafoveal and foveal vision during sentence reading.* 56(10), p. 1-6. DOI: 10.1111/psyp.13432.
54. Pelayo, E. R., Molina, E. L., Jornet, A. C. (1997). *Acomodación y Vergencia. Interdependencias y alteraciones*, p. 23-25. ISBN: 84-920459-4-9.
55. Perea García, J. (2018). *Fisiología motora 1ª parte*. Estrabismos, p. 1–102.
56. Perera, H., Shiratuddin, M. F., & Wong, K. W. (2018). *Review of EEG-based pattern classification frameworks for dyslexia*. Brain Informatics, 5(2), p. 1-3. DOI: 10.1186/s40708-018-0079-9.
57. Pickwell, D. (1996). *Anomalías de la visión binocular investigación y tratamiento*, 2º edición, p. 1-5. ISBN: 9788483011591.
58. Pooresmaeili, A., Poort, J., & Roelfsema, P. R. (2014). *Simultaneous selection by object-based attention in visual and frontal cortex*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 111(17), p. 6467–6472. DOI: 10.1073/pnas.1316181111.
59. Pouget, P. (2015). *The cortex is in overall control of “voluntary” eye movement*. Eye (Basingstoke), 29 (2), p. 241-245. DOI: 10.1038/eye.2014.284.
60. Raúl, Martín, H. (2018). *Manual de Optometría*. 2º edición, p. 154-156. ISBN: 978-84-9110-248-9.
61. Read, J. C. A. (2015). *Stereo vision and strabismus*. Eye (Basingstoke), 29(2), p. 214–224. DOI: 10.1038/eye.2014.279.
62. Reddy, A. V. C., Mani, R., Selvakumar, A., & Hussaindeen, J. R. (2020). *Reading eye movements in traumatic brain injury*. Journal of Optometry, 13(3), p. 155–161. DOI: 10.1016/j.optom.2019.10.001.
63. Rodríguez Barrera, M. A., López Villamil, M., & Sánchez Lugo, M. (2006). *Diagnóstico sobre alteraciones de los movimientos oculomotores (M.O.M.), con pruebas de medición subjetiva en niños entre 7 a 9 años con problemas de lectura y bajo rendimiento escolar en dos colegios de Bogotá*. Ciencia & Tecnología Para La Salud Visual y Ocular, (6), p. 13–22.
64. Rucci, M., & Poletti, M. (2015). *Control and Functions of Fixational Eye Movements*, p. 500-513. DOI: 10.1146/annurev-vision-082114-035742

65. Sánchez, A. I. (2003). *Elementos conceptuales básicos del proceso de enseñanza-aprendizaje*. ACIMED, 11 (6), para. 5. ISSN: 1024-9435.
66. Sánchez, J. L. (2003). *Procesos de lectura y escritura: descripción, evaluación e intervención*. Facultad de educación UEX, p. 3-5.
67. Savjani, R. R., Katyal, S., Halfen, E., Kim, J. H., & Ress, D. (2018). *Polar-angle representation of saccadic eye movements in human superior colliculus*, p. 1-8. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2017.12.080.
68. Sheynin, Y., Proulx, S., & Hess, R. F. (2019). *Temporary monocular occlusion facilitates binocular fusion during rivalry*. Journal of Vision, 19 (5), p. 1–17. DOI: 10.1167/19.5.23.
69. Souto, D., Chudasama, J., Kerzel, D., & Johnston, A. (2019). *Motion integration is anisotropic during smooth pursuit eye movements*. Journal of Neurophysiology, 121(5), p. 1787–1797. DOI: 10.1152/jn.00591.2018.
70. Thielen, J., Bosch, S. E., van Leeuwen, T. M., van Gerven, M. A. J., & van Lier, R. (2019). *Evidence for confounding eye movements under attempted fixation and active viewing in cognitive neuroscience*. Scientific Reports, 9(1), p. 1–8. DOI: 10.1038/s41598-019-54018-z.
71. Vanova, M., Aldridge-Waddon, L., Jennings, B., Puzzo, I., & Kumari, V. (2021). *Reading skills deficits in people with mental illness: A systematic review and meta-analysis*. European Psychiatry, 64(1), p. 1-3. DOI: 10.1192/j.eurpsy.2020.98.
72. Vaughan, D. Asbury, T. (2011) *Oftalmología general*. México, p. 1-5. ISBN: 978-607-15-0745-7.
73. Wagner, R. K., Zirps, F. A., Edwards, A. A., Wood, S. G., Joyner, R. E., Becker, B. J., Liu, G., & Beal, B. (2020). *The Prevalence of Dyslexia: A New Approach to Its Estimation*. Journal of Learning Disabilities, 53(5), p. 4-8. DOI: 10.1177/0022219420920377.
74. Webber, A., Wood, J., Gole, G. (2011). *DEM test, 64rovisu64c eye movement recordings, and reading ability in children*. Optometry and Vision Science, 88(2), p. 295–302. DOI: 10.1097/OPX.0b013e31820846c0.

75. Wynn, J., Shen, K., & Ryan, J. (2019). *Eye movements actively reinstate spatiotemporal mnemonic content*. *Vision (Switzerland)*, 3(2), p. 1-19. DOI: 10.3390/vision3020021
76. Young, J. L., & Goodman, D. W. (2016). *Adult Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder Diagnosis, Management, and Treatment in the DSM-5 Era*. *The Primary Care Companion for CNS Disorders*, 18(6), para. 2-3. DOI: 10.4088/PCC.16r02000.
77. Zubricky RD, M Das J. (2020). *Neuroanatomy Colliculus superior*. *Statpearls*, p. 1-4. PMID: 31334944.

REFERENCIAS FIGURAS

Figura 1. Santibáñez, M., Henríquez, E., Erazo, M. (s.f.). *Bioestructura oftalmológica, Material histológico ocular*. Universidad de Chile, Imagen. Recuperado de <https://cutt.ly/rDv9HQJ>

Figura 2. Óptica Ruiz. *Desarrollo visual en niños*. (2020), Imagen. Recuperado de <https://cutt.ly/uDv8q9P>

Figura 3. Lavin, C., Cirugía Microincisional de glaucoma. (2016), Imagen. Recuperado de <https://cutt.ly/dDv3IEC>

Figura 4. Galán, A. (s.f.). *Torsión ocular. Causa y efecto del estrabismo*, Imagen. Recuperado de <https://cutt.ly/1Dv3ng7>

Figura 5. Guzmán, P., Cátedra N2 Movimientos binoculares. (2014), Imagen. Recuperado de <https://cutt.ly/vDv3TRZ>

Figura 6. COOOA, *Alteraciones del campo visual*. (2016), Imagen. Recuperado de <https://cutt.ly/6Dv3OUs>

Figura 7. Guzmán, P., Cátedra N2 Movimientos binoculares. (2014), Imagen. Recuperado de <https://cutt.ly/vDv3TRZ>

XIV. ANEXOS

CONSENTIMIENTO INFORMADO

		Formulario de Informe de Consentimiento	
Título	EVALUACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS OCULARES Y SU RELACIÓN CON LAS HABILIDADES LECTORAS MEDIANTE EL USO DEL READALYZER EN ESTUDIANTES DE LA ENES UNIDAD LEÓN, UNAM		
Tutora del proyecto	Dra. Laura Susana Acosta Torres		
Asesora del proyecto	MRV. Ana Laura Martínez Rodríguez		
Participante del proyecto	Irving Martínez Navé		
Lugar	Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad León; Universidad Nacional Autónoma de México. Dirección: Boulevard UNAM No. 2011, Col. Predio el Saucillo y El Potrero CP36969, León Guanajuato.		
Contacto para Información/Preguntas del Estudio	lacosta_enes@gmail.com , analamartzrdz@gmail.com y irvingmrv@gmail.com		
Introducción	Antes de aceptar la participación en este estudio de investigación, es importante que usted lea y entienda la siguiente explicación sobre el estudio propuesto.		
Objetivo	El objetivo de la investigación es evaluar la relación que existe entre los movimientos oculares valorados con métodos objetivos y establecer su relación con la habilidad lectora en estudiantes de la ENES UNAM Unidad León.		
Criterios	Para participar en esta investigación usted tendrá que: <ul style="list-style-type: none"> • Alumno de la ENES UNAM LEÓN • Ser emélope o con alguna ametropía corregida. • Tener edad de entre 18 a 23 años. • No presentar ninguna alteración visual patológica. • Firmar el consentimiento informado. 		
Beneficios	No hay beneficios ni pago por participar en este estudio.		
Costos	No hay costo por la cual usted participe en este estudio.		
Participación Voluntario	Su decisión de participar en este estudio es voluntaria.		
Evaluación	La evaluación consta de varias pruebas optométricas no invasivas para valorar los músculos extraoculares (Motilidad ocular, Punto próximo de convergencia, Test DEM) y las habilidades lectoras, (ReadAlyzer) el tiempo aproximado es de 20 minutos, se realizará en la clínica de salud visual. Todos los datos obtenidos en la investigación serán resguardados y solo el investigador tendrá acceso a ellos y no se utilizarán para ningún otro efecto los alcances de este estudio.		
Consentimiento	<ul style="list-style-type: none"> • He leído y entendido la información en este documento de informe de consentimiento. He tenido la oportunidad de hacer preguntas y todas las mismas han sido respondidas satisfactoriamente. Yo voluntariamente acepto participar en este estudio hasta que decida lo contrario. 		
Firma del Participante			
	Nombre	Firma	Fecha
Firma del Testigo			
	Nombre	Firma	Fecha

CUESTIONARIO

Nombre: _____ Edad: ____ Sexo: ____ Carrera: _____

Año en curso: ____

¿Te saltas de renglones o te pierdes de lugar durante la lectura?

SI

NO

¿Tienes que utilizar tu dedo, un separador o una regla para no perderte de lugar o de renglón mientras estas leyendo?

SI

NO

¿Tienes que leer varias veces el mismo texto para entenderlo?

SI

NO

¿Tu desempeño escolar se ha visto disminuido a causa de no tener buena lectura?

SI

NO

HOJA DE REGISTRO

Hoja de registro.

Nombre: _____ Edad: ____ Sexo: _____

Carrera: _____ Año en curso: _____

Historia ocular.

Lentes de armazón: SI NO

Lentes de contacto: SI NO

Tipo de lente de contacto: _____

Cirugía ocular: SI NO

Agudeza Visual lejana.

OD: _____ OI: _____ AO: _____

Agudeza visual cercana.

OD: _____ OI: _____ AO: _____

PPC:

Rotura: _____

Recuperación: _____

Motilidad ocular.

Versiones: _____

Ducciones OD: _____

Ducciones OI: _____

DEM

Test A: Tiempo: _____

S ___ A ___ O ___ T ___

Test B: Tiempo: _____

S ___ A ___ O ___ T ___

Test C: Tiempo: _____

S ___ A ___ O ___ T ___

TIEMPO TOTAL: _____

ReadAlyzer.

Fijaciones /100 palabras: _____

Regresiones /100 palabras: _____

Duración de la fijación en segundos: _____

Tasa de lectura (Palabras por minuto): _____

Nivel de grado equivalente: _____

Comprensión lectora: _____