

## **ALTERACIONES VISUO-PERCEPTUALES Y VISUO-MOTORAS EN EL ESTRABISMO CONGÉNITO**

**Noviembre, 2018**



**Universidad Autónoma de Querétaro**  
 Facultad de Medicina  
 Maestría En Investigación Médica

**Alteraciones Visuo-Perceptuales y Visuo-Motoras en el Estrabismo Congénito**

**Tesis**

Como parte de los requisitos para obtener el Grado de Maestría en Investigación Médica

**Presenta:**  
 Danjela Ibrahimi

**Dirigido por:**  
 Dr. Carlos Francisco Sosa Ferreyra

Dr. Carlos Francisco Sosa Ferreyra  
 Presidente

Firma

Dr. Miguel Ángel Alejandro Rangel Alvarado  
 Secretario

Firma

Martin Gallegos-Duarte  
 Vocal

Firma

MIM. Viridiana Sotomayor Villezcas  
 Suplente

Firma

M.en C. Nadia Angélica Jiménez Luna  
 Suplente

Firma

Dra. Guadalupe Zaldívar Lelo de Larrea

Directora de la Facultad

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña

Directora de Investigación y Posgrado

Centro Universitario  
 Querétaro, Qro.

Fecha de aprobación del Consejo Universitario Noviembre 2018

## RESUMEN

**Introducción.** El estrabismo es una desalineación de los ejes visuales, la cual no permite la fusión retiniana de las dos imágenes percibidas por cada ojo, rompiendo la binocularidad del paciente. Está asociado con la pérdida del equilibrio sensorio-motor que no puede ser compensado por la corteza cerebral debido a la exacerbación de los reflejos oculomotores, con repercusiones directas en la vida académica y social de los niños. **Objetivo.** Evaluar el grado de afectación y la desviación de la media de las habilidades visuo-perceptuales y visuo-motoras en los pacientes con estrabismo congénito. **Material y métodos.** Se llevó a cabo un estudio observacional, inferencial, transversal y prospectivo donde se estableció la dirección y la magnitud de estrabismo congénito. Se analizaron los datos de 146 pacientes con estrabismo congénito y se comparó la cantidad de estereopsis. Se comparó el rendimiento visuo-perceptual y visuo-motor entre pacientes con endotropía y exotropía congénita. También se comprobó si hay relación entre la categoría de estrabismo (asociado, disociado) y la desviación de la norma de los pacientes estrábicos; y se contrastaron los resultados obtenidos en la prueba de habilidades visuo-perceptuales (TVPS) con los de integración visuo-motora (VMI) dentro del mismo tipo de estrabismo. **Resultados.** Del análisis realizado para ese estudio, constatamos que el rendimiento básico, el procesamiento complejo, la secuenciación, la constancia de forma y el VMI Motor y General son las áreas donde se presentaron diferencias significativas, en hombres y mujeres, con endotropía (ET) y exotropía (XT), en presencia o ausencia de estereopsis, asociadas y disociadas. Las mujeres con ET y estereopsis, obtuvieron mejores resultados que los hombres en el rendimiento básico, pero no hay diferencias entre ellos en ausencia de estereopsis, ni en XT. Además, los pacientes ET con estereopsis obtuvieron mejores resultados en el rendimiento básico y en la habilidad de constancia de forma. También las ET con estereopsis presentaron un mejor rendimiento que los pacientes con XT y estereopsis en la misma área. Los hombres XT con estereopsis obtuvieron mejores resultados que las mujeres en el área de secuenciación, pero no hay diferencias en XT sin estereopsis ni en ET. Los hombres con ET asociada y estereopsis obtuvieron mejores resultados

también en la prueba de VMI motor, relacionada con la motricidad fina. No hay diferencias en las XT. Los pacientes con ET asociada sin estereopsis, fueron mejores en la prueba de VMI general que los pacientes con ET disociada. Sin embargo, el procesamiento complejo fue más alto en ET disociadas que asociadas. No se vieron diferencias en las XT asociadas y disociadas. La estereopsis ayuda en el rendimiento de la prueba VMI motor a los pacientes con XT. No se vio lo mismo en las ET. En ausencia de estereopsis, el rendimiento básico fue mejor en XT que ET, así como el procesamiento complejo.

**Conclusiones.** Los pacientes con estrabismo congénito de ese estudio, presentaron valores que les permiten estar en la curva de normalidad (entre 1 y 2 desviaciones estándar por arriba y por debajo de la media) y obtener resultados visuo-perceptuales y visuo-motoras comparables a la población media. Ese hallazgo, viene a verificar en la práctica que su respuesta corresponde a la adaptación cortical necesaria delante del desequilibrio sensorio-motor que acompaña al estrabismo.

**Palabras clave.** Habilidades visuo-perceptuales, integración visuo-motoras, estrabismo, ambliopía, corteza cerebral.

## SUMMARY

**Introduction.** Strabismus is a misalignment of the visual axes which does not allow the retinal fusion of the two images perceived by each eye, breaking the binocularity of the patient. It is associated with the loss of sensory-motor balance that cannot be compensated by the cerebral cortex due to the exacerbation of oculomotor reflexes, bringing as consequences a direct repercussion on the academic and social life of children. **Objective.** To evaluate the degree of affectation and deviation from the average of the visuo-perceptual and visuo-motor skills in patients with congenital strabismus. **Material and methods.** An observational, inferential, transversal and prospective study was developed where the direction and magnitude of the congenital strabismus were established. Data according to the amount of stereopsis was analyzed, from here a comparison between visual-perceptual and visuo-motor performance among patients with congenital endotropia and exotropia was carried out. Also, a relationship between the category of strabismus (associated, dissociated) and the deviation from the norm of the strabismic patients was analyzed. Finally, a comparison between the results obtained in the visuo-perceptual skills test (TVPS) and those obtained from the visual-motor integration (VMI) within the same type of strabismus are reported in this research. **Results.** From the analysis carried out in 146 patients with congenital strabismus, it was found that the areas of significant differences were basic performance, complex processing, sequencing, form consistency, Motor and General VMI, in men and women, with esotropia (ET) and exotropia (XT), in the presence or absence of stereopsis, associated and dissociated. Women with ET and stereopsis obtained better results than men in the basic performance, but there are no differences between them in the absence of stereopsis, nor in XT. In addition, patients with ET and stereopsis obtained better results in basic performance and in the ability of form consistency. Also, ET with stereopsis presented a better performance than patients with XT and stereopsis in the same area. Men with XT and stereopsis are better than women when it comes to the sequencing area, but there are no differences in XT without stereopsis or ET. Men with associated ET and stereopsis obtained better results also in the

motor VMI test, related to fine motor skills. There are no differences in the XT. Patients with associated ET without stereopsis were better in the general VMI test than patients with dissociated ET. However, the complex processing was higher in dissociated ET than associated. No differences in patients with associated and dissociated XT were seen. Stereopsis helps in the performance of the VMI motor test in patients with XT. It was not the same in patients with ET. In the absence of stereopsis, the basic performance was better in XT than ET, as well as complex processing. **Conclusions.** Patients with congenital strabismus of this study, presented values that allow them to be inside the normality curve (between 1 and 2 standard deviations above and below the mean) and obtaining visuo-perceptual and visuo-motor results comparable to those of the population without strabismus. This finding comes to verify in practice that their response corresponds to the amount of cortical adaptation necessary for the sensorimotor imbalance caused by strabismus.

**Keywords.** Visual-perceptual skills, visual-motor integration skills, strabismus, amblyopia, cerebral cortex.

## DEDICATORIA

A mi familia, que me enseñó a seguir mis sueños y nunca darme por vencida...

*“Y si no puedes hacer que tu vida sea como la quieres,*

*al menos intenta esto*

*tanto como puedas: no la deshonres*

*en el contacto apiñado con el mundo,*

*en los muchos movimientos y la charla”*

*“No la deshonres tomándola,*

*arrastrándola por doquier a menudo y exponiéndola*

*a la tontería cotidiana*

*de las relaciones y asociaciones,*

*hasta que se convierta en una vida pesada y extraña”*

**Constantin Cavafis**

## **AGRADECIMIENTOS:**

El mejor agradecimiento a los profesionales Maestros y Doctores, que conocí en la Facultad de Medicina, UAQ, y se convirtieron en fuente de inspiración para mí.

Mi mejor manera de agradecerles es darle mi gratitud, mi respeto y mi cariño de la única manera que yo se...sincera...

Muchas Gracias.



## TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN .....	3
SUMMARY .....	5
DEDICATORIA.....	7
AGRADECIMIENTOS: .....	8
TABLA DE CONTENIDOS .....	9
INDICE DE TABLAS .....	12
INDICE DE FIGURAS .....	13
1. INTRODUCCIÓN .....	17
1.1 La importancia de estudiar el estrabismo.....	17
1.2 El estrabismo y su impacto en la visión.....	19
1.3 El estrabismo y el procesamiento de la información visual .....	20
1.4 El estrabismo, la conectividad cortical y la sensorialidad .....	21
1.5 La visomotricidad en el paciente estrábico .....	23
1.6 Percepción visual e investigación optométrica.....	25
1.7 El sistema visual y los otros sentidos.....	28
1.8 La historia de la evolución del estrabismo y sus paradigmas en los años ...	33
1.9 Una nueva conceptualización del estrabismo .....	35
1.10 Características fundamentales del estrabismo congénito .....	39
2. OBJETIVOS .....	43
2.1 Objetivo general.....	43
2.2 Objetivos específicos .....	43
2.3 Hipótesis .....	43
2.3.1 Hipótesis nula.....	43

2.3.2 Hipótesis alterna: .....	44
2.4 Variables .....	44
3. METODOLOGIA.....	45
3.1 Sujeto experimental .....	45
3.2 Mediciones y análisis .....	46
3.2.1 Examen motor .....	46
3.2.2 Examen sensorial .....	47
3.3 Análisis estadístico.....	56
4. RESULTADOS Y DISCUSION .....	84
5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	94
6. ANEXOS.....	100



## INDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Representación de las variables analizadas.....	43
Tabla 3-1 Se presentan 79 pacientes con endotropia (ET) según los elementos asociados/disociados que los acompañan.....	55
Tabla 3-2 Se presentan 67 pacientes con exotropia (XT) según los elementos asociados/disociados que los acompañan.....	55
Tabla 3-3 Resumen del análisis de los promedios obtenidos al comparar los pacientes ET con y sin estereopsis para el rendimiento básico de la prueba TVPS-3.....	63
Tabla 3-4 Resumen del análisis de los promedios obtenidos al comparar los pacientes ET con y sin estereopsis para la habilidad de procesamiento complejo de la prueba TVPS-3.....	64
Tabla 3-5 Resumen del análisis de los promedios obtenidos al comparar los pacientes con ET asociada y disociada sin estereopsis correspondiente a la habilidad de procesamiento complejo de la prueba TVPS-3.....	67
Tabla 3-6 Resumen del análisis de los promedios obtenidos al comparar los pacientes con ET asociada y disociada sin estereopsis para el VMI General.....	68
Tabla 3-7 Resumen del análisis de los promedios obtenidos al comparar los pacientes XT con y sin estereopsis para el VMI Motor.....	72
Tabla 4-1 Se presentan las variables de interés, sus valores y su nivel de significancia. El rendimiento básico, el procesamiento complejo, la memoria secuencial, la constancia de forma de la prueba TVPS-3 y VMI-Motor y General. Estas son las variables con cambios más significativos para ese estudio.....	86

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Clasificación de las endodesviaciones.....	37
Figura 1-2 Clasificación de las exodesviaciones.....	37
Figura 3-1 La transformación de la puntuación medida en puntajes escalados, estándar y percentiles. Presentación en intervalos de confianza; IC (5%) = puntaje escalada/puntaje estándar +/- Z.....	52
Figura 3-2 Captura de variables TVPS y VMI.....	54
Figura 3-3 Gráfica de dispersión para los valores obtenidos en pacientes ET femeninos en el rendimiento básico de TVPS-3 según el grado de estereopsis. Mejor estereopsis no significa mejor rendimiento básico, motivo por el cual no se puede correlacionar el grado de estereopsis con el valor obtenido en la prueba...58	58
Figura 3-4 Gráfica de dispersión para los valores obtenidos en pacientes ET varones en el rendimiento básico de TVPS-3 según el grado de estereopsis. A pesar que los valores se ajustan mejor a la recta de regresión, no se puede correlacionar el grado de estereopsis con el valor obtenido en la prueba.....	58
Figura 3-5 Presenta la gráfica de los valores obtenidos en pacientes ET con estereopsis (hombres y mujeres) en el rendimiento básico TVPS-3. Se puede observar la diferencia entre ambos grupos con las niñas obteniendo valores mayores que los niños.....	59
Figura 3-6 Gráfica de dispersión para los valores obtenidos en pacientes ET varones en el VMI Motor según el grado de estereopsis. A pesar del R <sup>2</sup> mayor que en la gráfica de las mujeres no se puede correlacionar el grado de estereopsis con el valor obtenido en la prueba.....	60
Figura 3-7 Gráfica de dispersión para los valores obtenidos en pacientes ET femeninas en el VMI Motor según el grado de estereopsis. Mejor estereopsis no significa mejor rendimiento en la motricidad fina, motivo por el cual no se puede correlacionar el grado de estereopsis con el valor obtenido en la prueba.....	61
Figura 3-8 Se presenta la gráfica de los valores obtenidos en el rendimiento básico de TVPS-3 en pacientes ET (hombres y mujeres) en presencia y ausencia de	

estereopsis. En azul están los valores de las respuestas obtenidas en pacientes con estereopsis y en naranja sin estereopsis. De la gráfica se puede constatar que los pacientes con estereopsis obtuvieron resultados mayores que los pacientes sin estereopsis con  $p= 0.002673$  ( $p<0.05$ ).....62

Figura 3-9 Esa figura presenta la gráfica de los valores obtenidos en el procesamiento complejo de TVPS-3 en pacientes ET (hombres y mujeres) en presencia y ausencia de estereopsis. En azul están los valores de las respuestas obtenidas en pacientes con estereopsis y en naranja sin estereopsis. De la gráfica se puede constatar que los pacientes con estereopsis obtuvieron resultados mayores que los pacientes sin estereopsis con  $p= 0.00324495$  ( $p<0.05$ ).....63

Figura 3-10 En esa figura se presenta una gráfica que muestra los valores obtenidos en pacientes con ET asociada en el VMI Motor en ausencia de estereopsis. Hay un comportamiento variable en cuanto a los valores obtenidos en ambos grupos analizados.....65

Figura 3-11 En esa figura se despliega una gráfica de los valores encontrados en pacientes con ET asociada y disociada en el área del procesamiento complejo de TVPS-3 en ausencia de estereopsis. Los valores obtenidos y convertidos en puntajes estándar tienen un mejor comportamiento en los pacientes con ET disociada con  $p=0.03090975$  ( $p<0.05$ ).....66

Figura 3-12 Gráfica donde pueden compararse los valores encontrados en pacientes con ET asociada y disociada en ausencia de estereopsis en el VMI General. Los valores obtenidos y convertidos en puntajes estándar son mejores en los pacientes con ET asociada con  $p=0.01872267$  ( $p<0.05$ ).....68

Figura 3-13 Gráfica de dispersión que presenta la correlación entre los valores encontrados en la prueba de memoria secuencial del TVPS-3 en pacientes hombres con XT según estereopsis. No hay una correlación significativa entre el resultado de la prueba y el grado de estereopsis.....70

Figura 3-14 Gráfica de dispersión que presenta la correlación entre los valores encontrados en la prueba de memoria secuencial del TVPS-3 en pacientes

mujeres con XT según estereopsis. No hay una correlación significativa entre el resultado de la prueba y el grado de estereopsis.....70

Figura 3-15 Presenta los valores de cada paciente hombre y mujer en la prueba de memoria visual secuencial, TVPS-3, donde los hombres (en azul) y las mujeres (en naranja) presentan diferencias significativas con  $p= 0.00327061$  ( $p<0.05$ ).....71

Figura 3-16 Presenta los valores obtenidos en la prueba VMI Motor de cada paciente XT con y sin estereopsis, donde en presencia de estereopsis, el rendimiento es más alto, con  $p= 0.01230745$  ( $p<0.05$ ).....72

Figura 3-17 Presenta los promedios obtenidos en la prueba VMI Motor los pacientes XT con y sin estereopsis, donde en presencia de estereopsis, el rendimiento es más alto, con  $p= 0.01230745$  ( $p<0.05$ ).....73

Figura 3-18 Gráfica de dispersión para los valores obtenidos en pacientes ET de ambos géneros en el rendimiento básico de TVPS-3 según el grado de estereopsis. Los valores siguen mejor la línea de tendencia con el  $R^2$  mayor que los pacientes con XT,  $p= 0.01771486$  ( $p<0.05$ ).....75

Figura 3-19 Gráfica de dispersión para los valores obtenidos en pacientes XT de ambos géneros en el rendimiento básico de TVPS-3 según el grado de estereopsis. Los valores obtenidos están concentrados en el primer intervalo de estereopsis, de 20 a 100 segundos de arco, con un  $R^2$  menor que los pacientes con ET,  $p= 0.01771486$  ( $p<0.05$ ).....75

Figura 3-20 Gráfica de promedios para los valores obtenidos en pacientes XT y ET con estereopsis, de ambos géneros en el rendimiento básico de TVPS-3. Los pacientes con ET presentan un promedio más alto que los pacientes con XT, 96.24 y 89.77 respectivamente, donde  $p= 0.01771486$  ( $p<0.05$ ).....76

Figura 3-21 Gráfica de valores obtenidos en pacientes XT y ET de ambos géneros en el rendimiento básico de TVPS-3 en ausencia de estereopsis. Los pacientes con XT presentaron mejores resultados que los pacientes con ET con  $p= 0.03236537$  ( $p<0.05$ ).....77

Figura 3-22 Gráfica de promedios correspondiente a los valores obtenidos en pacientes XT y ET de ambos géneros en el rendimiento básico de TVPS-3 sin estereopsis. Los pacientes con XT presentan un promedio más alto que los pacientes con ET, 96 y 86.76 respectivamente, donde  $p= 0.03236537$  ( $p<0.05$ ).....77

Figura 3-23 Gráfica de valores obtenidos en pacientes XT y ET de ambos géneros en el área del procesamiento complejo de TVPS-3 en ausencia de estereopsis. Los pacientes con ET presentaron mejores resultados que los pacientes con ET con  $p= 0.0185764$  ( $p<0.05$ ).....78

Figura 3-24 Gráfica de promedios para los valores obtenidos en pacientes XT y ET de ambos géneros en el rendimiento básico de TVPS-3 sin estereopsis. Los pacientes con XT presentan un promedio más alto que los pacientes con ET, 91.85 y 79.9 respectivamente, donde  $p= 0.0185764$  ( $p<0.05$ ).....78

Figura 3-25 Presenta la distribución de los valores obtenidos en la sub-prueba de constancia de forma en los pacientes con ET y estereopsis de ambos géneros. Los valores no se pueden relacionar con la cantidad de estereopsis ( $R^2 = 0.0342$ ).....80

Figura 3-26 Gráfica que presenta la distribución de los valores obtenidos en la sub-prueba de constancia de forma en los pacientes con XT y estereopsis de ambos géneros. Los valores no se pueden correlacionar con la cantidad de estereopsis ( $R^2 = 0.0262$ ).....80

Figura 3-27 Se muestra la gráfica de valores obtenidos en pacientes XT y ET de ambos géneros en la sub-prueba de constancia de forma, TVPS-3 según el grado de estereopsis. Los pacientes con ET presentaron mejores resultados que los pacientes con XT con  $p= 0.01280106$  ( $p<0.05$ ).....81

Figura 3-28 Se muestra la gráfica de promedios para los valores obtenidos en pacientes XT y ET de ambos géneros en la sub-prueba de constancia de forma, TVPS-3 con estereopsis. Los pacientes con ET presentan un promedio más alto que los pacientes con XT, 9.24 y 7.10 respectivamente, donde  $p= p= 0.01280106$  ( $p<0.05$ ).....82



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 La importancia de estudiar el estrabismo

El estrabismo es una desalineación de los ejes visuales, la cual no permite la fusión retiniana de las dos imágenes percibidas por cada ojo, rompiendo la binocularidad del paciente (Levi, Harwerth RS, y Smith EL, 1979). El estrabismo congénito es un padecimiento que ocurre durante las primeras etapas de la vida de un niño. Está asociado con la pérdida del equilibrio sensorio-motor que no puede ser compensado por la corteza cerebral debido a la exacerbación de los reflejos oculomotores (Gallegos-Duarte, 2005), con repercusiones directas en la vida académica (Ribeiro et al. 2014) y social (Satterfield, Keltner, y Morrison, 1993) de los niños.

El estrabismo está generalmente acompañado de ambliopía (Woodruff et al. 1994; Simons, 2005), la cual afecta la oculomotricidad (Niechwiej-Szwedo et al. 2012), binocularidad (Scholl, Tan, y Priebe, 2013; Hess, Thompson, and Baker, 2014), visuo-motricidad (Niechwiej-Szwedo et al, 2014) y relaciones espacio-temporales (Sireteanu et al, 2007), dichas habilidades visuales están relacionadas con el aprendizaje y el rendimiento académico. Además, se ha demostrado que el estrabismo dificulta la integración social que se extiende hasta la vida adulta (Olitsky et al. 1999).

En cuanto a las afectaciones corticales que acompañan el estrabismo, cabe mencionar la disrupción de la integración sináptica binocular en la corteza estriada (V1), relacionada con la percepción en profundidad del espacio (Scholl, Tan, y Priebe, 2013), los daños en los tractos que conectan ambos hemisferios, la corteza occipital con la frontal y la parte anterior del cuerpo calloso con el fascículo occipital vertical (Duan et al, 2015) que consolidan la información bilateral y la disminución de la comunicación inter e intrahemisférica de los lóbulos temporales y fronto-parietales, relacionados con la memoria, atención y aprendizaje (Gallegos-Duarte, 2016).

La prevalencia del estrabismo y ambliopía en edades escolares varía entre el 2%-5% (Graham 1974; Thompson et al. 1991; Ross, Murray, y Stead 1977; Friedman et al. 2009; Friedmann et al, 1980), datos que corresponden a poblaciones Europeas y Estadunidenses. No existen estudios sobre la prevalencia y/o incidencia del estrabismo en México; sin embargo, según “*The Multi-Ethnic Eye Disease Study*” (2006), en niños Latinoamericanos y Áfrico-Americanos menores de 6 años que viven en Los Ángeles, California, es de 2.5% en ambos grupos y 2.6% de ambliopía entre los niños Latinoamericanos, seguido de solo el 1.5% entre los niños Áfrico-Americanos (Varma et al, 2006).

El diagnóstico precoz del estrabismo disminuiría la incidencia de la ambliopía y las alteraciones visuales que esta conlleva, y aumentaría el éxito del tratamiento propuesto (Stewart et al, 2005; Williams et al, 2003).

El sistema visual juega un papel fundamental durante toda la vida del ser humano, afectando de manera directa la interpretación del mundo exterior basándose en las experiencias personales previas. Diferenciar entre un niño con problemas de aprendizaje (Dislexia, TDAH, Trastornos Generalizados del Desarrollo, etc) y otro con dificultades de aprendizaje a causa de disfunciones a nivel visual (ambliopía, estrabismo, disfunciones sensorio-motoras, etc) abriría nuevos caminos hacia tratamientos enfocados al problema.

## 1.2 El estrabismo y su impacto en la visión

El estrabismo congénito caracterizado por la desalineación manifiesta de los ejes visuales desde los primeros meses de vida, es un padecimiento que se presenta aproximadamente en el 4% de la humanidad (Mohney, 2007). En la literatura pasada, se consideraba una disfunción de los músculos extraoculares, un problema meramente estético (Suzanne Hugonnier Dr y René Hugonnier, 1965). Actualmente se considera un problema cortical, provocado por la hipoxia neonatal, prematuridad, o cualquier otra causa capaz de afectar de un modo u otro la sustancia blanca cortical (Gallegos-Duarte et al, 2007).

La prevalencia del estrabismo en niños de edad pre-escolar y primaria se encuentra entre el 2%-5% (Garvey et al, 2010) y este porcentaje está en aumento, debido a la mejoría en los cuidados perinatales y obstétricos que incrementan la sobrevivencia de prematuros o pacientes con daños neurológicos. La etapa pre-escolar es el periodo crítico del desarrollo neuro-senso-psicomotriz, considerada la etapa con más neuroplasticidad, donde florecen y se consolidan las conexiones intra e inter-hemisféricas, tanto de la vía visual primaria (capta la información a través de los ojos), como de la secundaria (procesa la información visual), por eso cualquier daño a la sustancia blanca, la cual se compone de axones de interconexión, afectará el correcto desempeño de la función visual (Gallegos-Duarte, 2005).

La vía visual primaria empieza en la retina y las células fotorreceptoras (conos y bastones). De aquí, la información pasa a través de las vías Parvo y Magnocelulares ubicadas en el Cuerpo Geniculado Lateral, hacia los circuitos neuronales ubicados en las áreas V1 a V5 de la corteza visual primaria. La información recibida es decodificada de acuerdo a la frecuencia espacial y temporal de cada estímulo, sea movimiento, color, contraste, etc.

### 1.3 El estrabismo y el procesamiento de la información visual

Hay dos fases de procesamiento dentro del sistema visual que se llevan a cabo en diferentes áreas del neocórtex; en la etapa inicial se analizan características de la imagen retiniana como el contraste de la iluminación, las diferentes escalas espaciales de orientación, color y movimiento. En niveles superiores de procesamiento se analiza la región selectiva de interés para llevar a cabo el reconocimiento de objetos. A través de una serie de circuitos, la información visual básica es clasificada y ordenada de acuerdo con su frecuencia espacial y temporal en los lóbulos occipitales. Hasta aquí termina la primera vía visual e inicia el área de la segunda vía visual (Sagi, 2011). En la percepción visual no solo participan los circuitos intra a interoccipitales, pues se han demostrado que otras áreas corticales aumentan su actividad cuando los sujetos seleccionan una localización espacial para su posterior procesamiento.

Dos regiones en particular son estimuladas: los campos frontales oculares (en inglés FEFS) y el surco intraparietal (en inglés IPS), los cuales se activan constantemente durante el proceso de atención (Bouvier, 2009). La corteza prefrontal guía la atención visual para seleccionar información conductualmente relevante. Además, los ganglios basales participan en la integración de la categorización de la información. La corteza temporal media participa especialmente en tareas que se basan en la memoria; mientras que las regiones occipito-temporal participan en las tareas de comparación entre distintos estímulos. Por su parte, las áreas temporal y parietal codifican la similitud de la forma y el movimiento percibido respectivamente (Kourtzi, 2010).

Cuando se presenta un estrabismo antes del período crítico como es el caso del estrabismo congénito, cambia la respuesta de la corteza estriada V1 (Hubel DH and Wiesel TN, 1965). En primer lugar, las neuronas responden mejor a la información monocular, y reaccionan mejor al estímulo de un ojo comparado con el otro.

En segundo lugar, disminuye la respuesta ante la selectividad de la disparidad retiniana; significa que las neuronas contestan de manera uniforme; no obstante, la disparidad del estímulo que se presenta binocularmente, disminuye la percepción del espacio y de los objetos en profundidad (3D). En tercer lugar, hay supresión de las neuronas binoculares, y hay una mejor respuesta monocular que binocular (Katz and Crowley, 2002).

#### 1.4 El estrabismo, la conectividad cortical y la sensorialidad

Los estrábicos presentan una disminución importante de la binocularidad, hasta la inhibición de la misma, dependiendo del tipo, grado, tiempo de evolución y los elementos disociados que la acompañan. A través del estudio de registro intracelular “in vivo” de la corteza visual primaria, donde se registró el potencial de membrana, en gatos inducidos a estrabismo antes del periodo crítico, se pudo ver que el estrabismo aumenta la monocularidad en células sencillas, pero no en complejas. Sin embargo, ambas categorías presentan una disminución de la selectividad de la disparidad retiniana y el aumento de la supresión binocular (Scholl, Tan, y Priebe, 2013). Esta supresión resulta del desequilibrio entre la cantidad del estímulo excitatorio e inhibitorio que recibe la neurona. En situaciones de estimulación binocular, aumenta la respuesta inhibitoria, provocando una respuesta general de supresión.

La corteza V1 se conecta con otras áreas del cerebro a través de las áreas de asociación para que la información que ha recibido pueda tener una connotación más profunda y detallada. Las conexiones entre áreas se realizan a través de los axones, que son sustancia blanca, y pueden conectar áreas cercanas (occipito-occipital derecho), intrahemisféricas (occipito-parietal derecho) y áreas lejanas (temporo-frontal derecho) e intrahemisféricas (parietal derecho-temporal izquierdo).

En Gallegos-Duarte (2017) se analizaron las neurometrías de 63 niños con endotropía congénita y 56 vías intrahemisféricas, donde 24 presentaron relaciones hipofuncionantes, especialmente para los lóbulos temporales, siendo el valor máximo de la hipocoherencia de  $-8.0$  para la coontra Delta en P4-T6. Además, se encontraron relaciones hipofuncionantes interhemisféricas en 36 de los 63 pacientes, siendo la vía más afectada FP1-FP2, con marcada hipocoherencia para Delta, cuya medida máxima fue de  $-9.03$ .

El lóbulo parietal derecho tiene un papel fundamental en el conocimiento del mapa corporal y las relaciones espaciotemporales, mientras que el lóbulo temporal derecho almacena patrones visuales y la memoria no-verbal. La presencia de las ondas Delta y Theta son señal de lentitud a nivel cortical, significa que es probable una inmadurez neuronal presente en pacientes con endotropía congénita. (Gallegos-Duarte, 2017). Estos datos son importantes a la hora de rehabilitar un niño estrábico, para poder dirigir la terapia hacia las áreas más necesitadas.

El estrabismo viene casi siempre acompañado de ambliopía, un trastorno neuronal causado por la estimulación visual inadecuada durante el periodo crítico del desarrollo infantil (Simmers et al, 2006) que causa disminución de agudeza visual mono o bilateral no corregible con lentes. Las causas más comunes de la ambliopía son la anisometropía y el estrabismo, cuyas características principales son: la disminución de sensibilidad al contraste, déficit perceptivos y motores; presentes no solo durante la evaluación del ojo ambliope, sino también en condiciones de binocularidad (Sireteanu et al, 2007; Simmers et al, 2006).

Se ha comprobado que la ambliopía es un padecimiento acompañado de deficiencias corticales de bajo-alto nivel y existe evidencia que la corteza extra estriada, está selectivamente afectada para realizar ciertas tareas, que corresponden al punto de unión de la vía dorsal con la ventral (Hou, Pettet, y Norcia, 2008). Se logró identificar en la corteza estriada de primates, evidencia irrefutable de que la ambliopía se origina en las columnas de dominancia ocular y, por tanto, la falla sensorial debería obedecer a una alteración estructural primaria (Horton y Hocking, 1996).

Los registros simultáneos de grandes poblaciones de neuronas en las capas supragranulares de las áreas V1 y V2 en macacos estrábicos y ambliopes, sostienen la hipótesis de que la ambliopía podría surgir en parte por la degradación en las señales neuronales del ojo ambliope, y por la reducción en el número de señales procesadas por la segunda vía visual (Shooner et al, 2015).

Esto concuerda con las investigaciones de Gallegos-Duarte (2016), donde se concluye que la degradación de información recibida y enviada por la corteza V1 no es suficiente para provocar deficiencias visuo-perceptuales y visuo-motoras en los pacientes con estrabismo congénito (Gallegos-Duarte, 2016). Adicionalmente, se encontró hipocoherencia cointra, y con ello se evidencia un problema importante en la conectividad intrahemisférica de las vías que discurren desde las regiones parietales P3 y P4 hacia las vías T5 y T6 de los lóbulos temporales en ambos hemisferios, apoyando los resultados del análisis de grosor cortical mediante FreeSurfer (software para medir el grosor cortical) donde se había señalado una falla importante en el integrador temporal en los mismos pacientes (Gallegos-Duarte, 2010).

La segunda vía visual, cuya localización cortical corresponde al área 18 de Broadman, juega un papel importante en el fenómeno de la supresión del ojo estrábico. La ambliopía puede provocar alteraciones visuales y de atención espacial, dificultades en el procesamiento del movimiento oscilatorio, integración de los contornos y procesamiento global del movimiento (Husk, Farivar, y Hess, 2012). La afectación no se encuentra solo en el ojo estrábico y ambliope, sino que también en el ojo no estrábico. Por lo tanto, se puede concluir que la ambliopía es un fenómeno binocular que se manifiesta de manera monocular, donde todo el sistema binocular está afectado.

### 1.5 La visomotricidad en el paciente estrábico

Una de las habilidades motoras afectadas por la ambliopía estrábica y anisométrica es la oculomotricidad, más en específico los movimientos sacádicos (Niechwiej-Szwedo et al, 2012).

Los movimientos oculares son esenciales para poder ubicar un objeto en el espacio y distinguir sus detalles. De esa manera, la información visual se combina a través de los movimientos oculares para formar representaciones espaciales internas del mundo externo (Irwin, 1991).

Los movimientos de alcance guiados por el sistema visual en pacientes estrábicos (con y sin ambliopía) presentan dificultades espaciotemporales. La ambliopía estrábica aumenta la latencia (tiempo de reacción al presentarse el estímulo visual), cuando se fija con el ojo ambliope. La precisión para alcanzar el estímulo disminuye en la ambliopía estrábica sin estereopsis (Levi, Knill, y Bavelier, 2015).

La aceleración máxima disminuye pero la fase de aceleración es más larga (tiempo necesario para el planeamiento del movimiento) en todas las condiciones, para poder aumentar la precisión con la cual alcanzan el objeto (Niechwiej-Szwedo et al, 2014). Se reporta que los pacientes con ambliopía estrábica y los pacientes con estrabismo sin ambliopía no muestran ventajas binoculares para iniciar el movimiento sacádico. La latencia y la amplitud de los movimientos sacádicos primarios se encuentran afectados, dependiendo del grado de la ambliopía y la presencia o no de estereopsis. Los pacientes ambliopes sin visión estereoscópica inician movimientos sacádicos secundarios, con mayor frecuencia comparados con pacientes normales. Estos movimientos sacádicos secundarios ayudan a mejorar la precisión final de la amplitud sacádica; pero no la precisión del movimiento sobre todo en ambliopías severas (Niechwiej-Szwedo et al, 2012).

Los circuitos de interconexión V1-V5 (corteza estriada y extra-estriada), así como las vías neuronales que llevan información de la corteza estriada hacia los lóbulos temporales y parietales, conforman la segunda vía visual. Gracias a estudios realizados con imagen de resonancia magnética (MRI) se ha podido demostrar que en ambliopías estrábicas, el efecto modulador de la atención visual selectiva que proviene del ojo ambliope es reducido en la corteza V1 pero también en las áreas V4 y MT (áreas de asociación).



También, se encontró deterioro en la modulación atencional del ojo no estrábico en las áreas V4 y MT, pero no en la V1. El tamaño del deterioro está relacionado con el tamaño de la supresión del ojo estrábico y la profundidad de la ambliopía (Hou et al, 2016). A partir de estos hallazgos se puede inferir que las disfunciones en la entrada de la información durante el período crítico del desarrollo binocular del humano, puede afectar las conexiones neuronales de la corteza visual V1 y las áreas de alto procesamiento cortical.

## 1.6 Percepción visual e investigación optométrica

La percepción visual es un conjunto de habilidades que nos permite analizar la información espacial referente a objetos y situaciones, para poder pensar de manera crítica y actuar (Kellman, P.J y Arterberry, M.E, 2006). La meta de este proceso es prestar atención e identificar elementos visuales importantes en el medio-ambiente, integrar la información visual con otros sistemas sensoriales, e interpretarla basándose en el banco de memoria existente.

Hay muchas teorías atrás de la percepción visual, pero una de las más aceptadas en la optometría comportamental es la teoría de Scheiman (2011). El sistema visual según Scheiman está compuesto por tres partes: la integridad visual, la eficacia visual y el procesamiento de la información visual. Las dos primeras partes evalúan habilidades como son: agudeza visual, acomodación, binocularidad, etc, e integridad estructural y anatómica del sistema visual.

El procesamiento de la información visual incluye tres sub-categorías; las habilidades visuales espaciales (conceptos de lateralidad, direccionalidad, y posicionamiento en el espacio tri-dimensional de los objetos respecto a uno mismo y/o a otros objetos), de análisis visual (estar consciente de los elementos distintivos de una forma visual, la habilidad de parte a todo y visualización-TVPS) y de integración visuo-motora (integración de la información visual y la motricidad fina a la hora de reproducir imágenes, dígitos o letras). Las últimas dos partes del sistema de Scheiman forman parte de las variables que se analizarán en el presente estudio.

Las disfunciones visuo-perceptuales han sido relacionadas con dificultades de aprendizaje. Existe evidencia que niños con problemas en matemáticas o lectura, arrojan peores resultados en la prueba de TVPS y/o VMI ( Kulp et al, 2009; Kulp, Edwards, y Mitchell 2002; 2006d). La contribución exacta de estas afectaciones no está totalmente esclarecida. Sin embargo, Gabrieli y Norton (2012) sugieren que las habilidades visuo-espaciales ayudan el proceso de codificación visual en la escritura (ortografía), mientras Vidyasagar y Pammer (2010) proponen que la dislexia (causada por un problema fonológico), podría estar relacionada con un problema más primario arraigado en el procesamiento visual. Ellos comentan que el desarrollo del conocimiento fonológico podría depender parcialmente de la entrada visual.

Existe una amplia investigación en el área de la Optometría, enfocándose principalmente hacia la lecto-escritura, movimientos oculares, sistema vergencial y acomodativo, etc (Collier-Gary K y Schwing S 1994; Maples, 2003). En (Simons y Grisham, 1987) se realizó un estudio comparativo en Estados Unidos, donde se revisó y evaluó la literatura de investigación sobre la relación que existe entre las anomalías binoculares (alteraciones vergenciales y acomodativas) y los problemas de lectura. La evidencia respalda una relación positiva entre ciertas anomalías binoculares y problemas de lectura. Se muestra una relación positiva entre la exoforia alta de cerca, las reservas fusionales, la disparidad retiniana, la anisocoria y la insuficiencia de convergencia (Simons HD y Grisham JD, 1987).

En (Clotuche et al, 2016), los autores realizaron un estudio prospectivo sobre la fluidez lectora, en 135 niños franceses de 8-11 años, donde se usaron cuatro pruebas validadas de lectura. Esta investigación mostró que la fluidez lectora de los niños con estrabismo acomodativo sin visión binocular fue reducida comparada con el grupo control (Clotuche et al, 2016).

La segunda vía visual se encarga del proceso de la percepción visual, la cual se basa en representaciones mentales y mejora con el aprendizaje, a través de las áreas involucradas con el reconocimiento, la atención espacial y la memoria (Poggel, Strasburger, y MacKeben, 2007). Para eso se requiere una perfecta sintonía entre la visión central, periférica y la localización espacial, siendo una parte del aprendizaje, dependiente de representaciones sensoriales (Doshier, Han, and Lu, 2010) y otra, dependiente de la planificación de los movimientos oculares, ya que las áreas corticales encargadas del control sacádico activan mapas de ubicación espacial para fines de programación (Cavanagh, 2011).

La atención por su parte, es indispensable para una precisa identificación y localización espacial de los objetos. Gracias a la atención selectiva y mantenida podemos ignorar la información irrelevante e interpretar las partes importantes del todo y procesar selectivamente la información recibida; la atención discrimina mediante respuestas cortas de latencia a categorías abstractas visuales y prioriza, focalizando algún aspecto de la escena visual (Carrasco, 2011). Gracias a todos esos circuitos se logra el aprendizaje visuo-perceptual, el cual estimula la neuroplasticidad del sistema visual a partir de cambios en el procesamiento de características visuales sencilla (Goodale, 2011).

Entre las habilidades que pueden identificarse, a fin de conocer la integración de la percepción visual de un individuo, se han descrito las siguientes: coordinación motriz de los ojos, identificación visual, relaciones espacio-temporales, discriminación visual y memoria visual (Arthur et al, 2012; Clery, Bloj, y Harris, 2013).

## 1.7 El sistema visual y los otros sentidos

El desarrollo del sistema visual es el resultado de la interacción de varios procesos dinámicos. La información genética diseña las estructuras y las capacidades funcionales adecuadas para desarrollar una óptima visión; sin embargo, la experiencia la enriquece y las mantiene funcionales. La visión en los niños sufre cambios muy importantes durante su maduración cortical, progresando de una percepción muy gruesa hasta la percepción más fina y detallada en la edad adulta. Cuando un niño nace el sistema visual y los receptores visuales son inmaduros. Las fóveas no se desarrollan completamente hasta la edad de cuatro años, cuando los conos en la retina representan la mitad del valor adulto, mientras la retina periférica se pone en marcha inmediatamente a partir del contacto con la luz. Las vías ópticas están parcialmente mielinizadas y eso aumenta gracias a la experiencia con la luz, el movimiento y las formas de los objetos, y finaliza su maduración a los dos años.

Por otro lado, la corteza visual inmadura, requiere la experiencia visual para adquirir la madurez estructural, lo cual permite la integración de datos. El desarrollo funcional y la madurez cortical van aumentando con el paso de información por los circuitos neuronales. Una parte muy importante de la primera vía visual es el Cuerpo Geniculado Lateral, ya presente al momento del nacimiento, alcanzado el tamaño del adulto a los seis meses. Es fundamental su desarrollo y funcionamiento porque es aquí donde las células nerviosas del sistema visual se dividen en Magno, Parvo y Koniocelulares, cada una encargada de procesar de manera específica la información captada por el órgano de la vista.

La maduración del sistema visual esta seguida por la formación de múltiples sinapsis, (conexiones entre las células nerviosas a través del botón sináptico), con densidad máxima a los ocho meses. Mientras crece el niño y gana experiencia visual hay organización sináptica y las conexiones no utilizadas se van perdiendo progresivamente, hasta la edad de once años, (con antelación conocida como el periodo final de la plasticidad).

En la actualidad se sabe que la plasticidad cortical continúa durante toda la vida, siempre y cuando el cerebro sea estimulado de manera constante con estímulos de diferentes intensidades y patrones. Se puede decir que durante los tres primeros meses de vida hay una maduración de la funcionalidad del sistema visual que permite pasar de una mirada vaga a una expresiva, de movimientos de seguimientos remplazados por microsacadas a un movimiento uniforme y simétrico, de un movimiento sacádico involuntario, controlado por las partes subcorticales a un movimiento sacádico deseado, controlado por la corteza motora.

El punto crucial para llegar a tener binocularidad, es la alineación foveal y la fijación, las cuales permiten dirigir los ojos hacia el mismo punto focal. Este fenómeno empieza de manera monocular y luego binocular, estimulando de esa manera el reflejo de convergencia. El fenómeno de convergencia junto con la habilidad de fijación (mantener los ojos sobre un objeto), estimulan el reflejo de acomodación, que permite enfocar el objeto sobre la retina. La sincronía entre la acomodación y la convergencia empieza a los 4-5 meses y no madura hasta la edad de 4-5 años. Cuando se alcanza el equilibrio y la sincronización entre estas dos funciones, se logra la binocularidad y la fusión sensorial fina.

La visión binocular y fusión sensorial es la unión de dos imágenes similares provenientes de cada ojo, en una percepción única a nivel cortical. Las imágenes que se fusionan, se localizan en el espacio en función del área retiniana que estimulan. Al procesar el estímulo, la corteza cerebral lo relaciona con el medio que lo rodea, estableciendo su localización relativa en el espacio y la localización egocéntrica con respecto al individuo. El estímulo se analiza además según el brillo, la forma, el color, el movimiento, la dirección, etc.

Para obtener la fusión sensorial es necesaria la fusión motora, i.e., el control motor de los ejes visuales, ya que la corteza solo es capaz de fusionar y procesar imágenes claras y únicas, solamente si los dos ojos están alineados y apuntan al mismo objeto de manera coordinada. Entonces, el reflejo de fusión es un reflejo motor; mientras que la fusión es un proceso sensorial.

El ojo que controla la binocularidad es el ojo dominante sensorial y la imagen que vemos en tres dimensiones está integrada por elementos que provienen principalmente de un ojo y complementada con los del otro.

Los niños con problemas visuales no corregibles con lentes como la ambliopía y el estrabismo, no desarrollan visión binocular, porque se produce supresión cortical de uno de los estímulos para evitar diplopías y confusiones visuales. Esto a su vez, está asociado con dificultades para interpretar el espacio, ubicar los estímulos, percibir correctamente la velocidad y dirección exacta del objeto, medir y calcular las distancias, desniveles en el suelo etc. Los problemas espaciotemporales dificultan el juego motriz y la coordinación correcta contralateral, dando como resultado dificultades en el rendimiento académico (Scheiman M, 2002; Van Garderen D, 2006d).

Una de las funciones más importantes del sistema visual y las conexiones que establece con las otras áreas de integración sensorial es la representación mental de los objetos, que ayudan a la memoria y al aprendizaje. La representación mental o la visualización de un objeto parten de la experiencia perceptiva.

Los órganos sensoriales permiten obtener estímulos directos que provocan las aferencias necesarias para que el cerebro pueda construir la realidad que nos rodea a partir de esta información, motivo por el cual, al exponernos a un estímulo externo, el Sistema Nervioso Central (SNC) procesa la realidad como virtual. Al momento de evocar una imagen sin estímulo directo lo hacemos a partir de los datos almacenados en la memoria. Al final, la realidad que vivimos no es igual para todos porque no es percibida directamente, sino que procesamos, analizamos y componemos los datos que llegan al SNC. Toda la información que bombardea al niño en los primeros meses de vida y en los años que siguen, la almacena, la integra, la compara y la relaciona gracias a la maduración del Sistema Reticular Ascendente (SAR), el cual puede diferenciar entre estímulos conocidos y nuevos.

El SAR es un grupo de núcleos que se encuentra en el tronco encéfalo y actúa como filtro para el paso de la información relevante para el aprendizaje. Una vez seleccionada la información se integra en el hipocampo para llegar hasta la corteza cerebral que unifica la información.

Los niños son muy sensibles a la información audiovisual porque el SNC usa dos puntos de referencia para organizar la información percibida: la imagen del objeto (forma, tamaño, color) y el sonido que emite este objeto o la palabra que lo representa. Por el otro lado, el tacto aporta datos volumétricos antes de la representación tridimensional de la visión. Nuestra habilidad para percibir, entender y comprender los estímulos visuales no es solo un fenómeno mental sino también un fenómeno corporal. El conocimiento del esquema corporal y el sistema vestibular (el laberinto), convierten la percepción del cuerpo en el punto de referencia para medir y conocer el tamaño de los objetos y las personas, su posición en el espacio y su carácter estático o dinámico. La oculomotricidad, la localización espacial, la percepción del espacio en profundidad son algunas de las habilidades afectadas en el estrabismo congénito, las cuales, a su vez, desequilibran la interpretación de la información visual.

La visión se desarrolla gracias a la interrelación de cuatro procesos o círculos (anti-gravedad, centrado, identificación y habla-audición), descrito por el Dr. Skeffington (Jorge Ferré Veciana, Alisa Arribau Montón 2008; Greg Gilman, 1984).

El primer círculo representa la anti-gravedad y se ocupa de la verticalidad, la postura, la orientación espacial y el conocimiento de los ejes corporales. Responde a *¿dónde estoy yo en el espacio?* y *¿dónde están las partes de mi cuerpo y cómo coordinarlas entre ellas?* Este círculo relaciona el procesamiento visual con el sistema vestibular, uniendo la información “*de abajo-arriba*” y “*de arriba-abajo*” en una acción integral de todo el cuerpo, i.e., “*Me*” posiciona en el espacio.

El segundo círculo es el centrado, relaciona el procesamiento visual con la localización de objetos reales o conceptuales. Se basa en el uso adecuado del sistema vergencial y de la oculomotricidad junto con la función del músculo ciliar. Provoca los cambios necesarios corporales para poder mantener los ojos enfocados sobre el objeto localizado. Contesta a la pregunta *“dónde está el objeto en el espacio”*, i.e., *“Lo”* posiciona en el espacio. Corresponde a la vía dorsal (occipito-parietal), donde las células magnocelulares responsables de la profundidad y movimiento ayudan a la ubicación exacta del objeto observado.

El tercer círculo es la identificación de los objetos observados, y necesita buena integración centro-periferia para la optimización de la posición foveal. Contesta a la pregunta *¿qué es lo que estoy viendo?*, delineando la relación figura-fondo del mundo que lo rodea. Este círculo está atento a las macro-correlaciones que suceden. Usa el sistema acomodativo y binocular para contestar a la pregunta planteada. Corresponde a la vía ventral (occipito-temporal), donde las células parvocelulares responsables de la forma, color y detalles ayudan a la identificación exacta del objeto observado.

El cuarto círculo se llama lenguaje-audición, y completan el funcionamiento del tercer círculo. Es un proceso cognitivo-ejecutivo alto y ayuda al sistema nervioso a codificar experiencias de manera semántica y a usarlas cuando se necesitan. Relaciona el diálogo interno con el externo (Greg Gilman, 1984).

Más que cualquier otro sentido, la visión nos permite navegar por nuestro ambiente y actuar en consecuencia a lo que vemos. La eficiencia motora gruesa y fina se puede atribuir al hecho de que algunas de nuestras acciones, como, por ejemplo, alcanzar un objeto, se basan, en parte, en un repertorio de movimientos derivados directamente de la visión. La percepción de los objetos da como resultado la generación de señales tanto visuales como motoras en el cerebro, independientemente de que exista o no la intención de actuar sobre el objeto.



Las propiedades de un objeto afectan el tiempo de reacción de un observador para juzgar su orientación, proporcionando de esa manera la evidencia que la atención visual dirigida es responsable de la generación automática de señales motoras asociadas con las características espaciales de los objetos percibidos. Los cambios de atención para ubicar los objetos percibidos por el sistema visual, generan automáticamente algunos códigos de respuesta motora que imitan la forma en que se reclutan los sistemas de oculomotricidad, para llevar a cabo los ajustes posturales esenciales para la supervivencia (Anderson, Yamagishi, y Karavia, 2002).

El estrabismo congénito, definitivamente, es una perturbación del sistema visual binocular que se expresa en edades tempranas (Gallegos-Duarte, 2011). Sin embargo, para llegar a los avances de hoy sobre el descubrimiento del origen del estrabismo congénito, pasaron muchas décadas donde se consideraba una enfermedad de origen desconocida (Hoyt y Good, 1994), luego de origen multicausal (Helveston, 1993), hasta el origen cortical del estrabismo congénito (Gallegos-Duarte, 2011).

#### 1.8 La historia de la evolución del estrabismo y sus paradigmas en los años

Han existido varios paradigmas a lo largo de las décadas que intentaron explicar el origen del estrabismo, como el genético que daba al estrabismo un carácter hereditario, donde pueden coexistir distintas variedades de estrabismo en la misma familia (Abrahamsson, Magnusson, y Sjöstrand, 1999); sin embargo no existe un gen específico que lo determine (Mash and Spivey, 1973). Como conclusión, lo que se podría afectar durante la corticogénesis es la sustancia blanca cortical, la cual es más susceptible a daños sufridos por la hipoxia y asfixia (Gallegos-Duarte M, Mendiola-Santibáñez J, y Saldaña C, 2012).

Worth y Chavasse en 1930, rivalizaron respecto al origen del estrabismo y lo que ocurría primero, un problema sensorial o motor. Mientras el primer autor sugirió la prueba de luces de Worth para evaluar la fusión plana, sostuvo la idea de que el estrabismo poseía un origen sensorial primario; Chavasse por su parte, apoyó la idea que el origen del estrabismo era un problema motor. De aquí surgieron las dos escuelas, la “motorista” y la “sensorialista”.

La primera está más apoyada por el gremio oftalmológico, que considera el estrabismo un problema cosmético y/o estético, resumiendo el problema en una disfunción muscular, corregible con cirugía (Suzanne Hugonnier Dr y René Hugonnier, 1965), mientras que la segunda está dada por la escuela de Optometría Comportamental, la cual coincide que al trabajar la sensorialidad se pueden obtener beneficios y resultados positivos en cuanto al ángulo y el desequilibrio sensorio-motor del estrabismo. Esto se mantiene en el tiempo, siempre y cuando no se realicen intervenciones quirúrgicas innecesarias (Carniglia y Cooper, 1992; Caloroso EE.A, 1998; Caloroso EE, Rouse MW, y Cotter SA, 1993).

El paradigma más conocido y usado en el ámbito de optometría es el acomodativo, que explica la fisiopatología del estrabismo basado en el fenómeno acomodativo y convergencia acomodativa (Donders F.C, 1864). De esa manera, un exceso de convergencia provocado por una mala acomodación es la causa del estrabismo (Mocorra JA y Locascio IC, 1978). Esa teoría seguida por la escuela de Optometría clásica, sigue vigente hoy en día y menciona tres posibilidades en cuanto al origen de la endotropía: 1) aquellas que dependen totalmente de la acomodación y resuelven el problema de la desviación con el uso de lentes positivos y se llamaron “*endotropias acomodativas*” (Castro-Vite et al, 2016), 2) aquellas que mejoran la desviación solo parcialmente con el uso de lentes positivos y se llamaron “*endotropias parcialmente acomodativas*” y 3) aquellas que siguen con la misma cantidad de desviación a pesar del mayor positivo prescrito en lentes para el paciente y se llamaron “*endotropias no acomodativas*”.

Sin embargo, esta teoría no explica por qué no desvían todos los pacientes hipermétropes o por qué otros pacientes estrábicos con hipermetropía no presentan problemas acomodativos. Eso lleva a la teoría de que los pacientes con alteraciones corticales presentan una exacerbación del reflejo de acomodación y vergencial que no puede ser inhibido por la corteza cerebral (Gallegos-Duarte 2010b; Gallegos-Duarte et al, 2007).

### 1.9 Una nueva conceptualización del estrabismo

El estrabismo es un padecimiento con características heterogéneas. En cuanto a la parte motora, algunos pacientes presentan desviaciones pequeñas, otros grandes, a veces variable, intermitente o constante, con o sin limitaciones durante los movimientos de las ducciones y/o versiones con movimientos disociados. Examinando la sensorialidad podemos encontrar pacientes con o sin supresiones, superficial o profunda, con o sin ambliopía, pacientes con fijación excéntrica y correspondencias anómalas, acompañada de nistagmo latente o manifiesto. Estos datos clínicos individuales cambian el panorama y el pronóstico en cuanto al entrenamiento visual. Todas estas características dan información sobre el desempeño del integrador central, el cual es responsable del equilibrio sensorio-motor en el paciente estrábico. Este desajuste determina el carácter congénito del estrabismo como un estigma (Gallegos-Duarte, 2005), el cual se compone de elementos como ambliopía, supresión, nistagmo latente, desviación vertical disociada, limitación en la abducción e incomitancia horizontal activa (Gallegos-Duarte, 2007).

En la tesis doctoral de Gallegos-Duarte (2017), donde se analizaron 63 pacientes de 5 a 15 años del Estado de Querétaro, se estudió en profundidad la endotropía congénita (ETC), enfatizando en las manifestaciones clínicas no consideradas en paradigmas anteriores (los elementos asociados y disociados que la acompañan) y se hallaron alteraciones en la conectividad cortical (hipocoherencia intra e interhemisférica).

Estas manifestaciones podrían estar presentes también en las exotropía y son elementos claves a la hora de diagnosticar un paciente estrábico.

Dentro de los hallazgos obtenidos destaca que, el reflejo acomodativo que se lleva a cabo gracias al fenómeno sinquinético (miosis, convergencia acomodativa, acomodación), se encuentra afectado en el estrabismo congénito (EC). La relación acomodación-convergencia puede no ser modulada correctamente por el integrador central (imprecisión de ese reflejo), provocando un aumento de la convergencia para cada unidad de acomodación. Adicionalmente, la afectación de la vía pupilar, acompañada de pupilas de diferentes tamaños, (anisocoria) (Gallegos-Duarte, 2015). Según ese nuevo paradigma, el exceso de convergencia no es la causa sino el efecto de la incapacidad cortical para modular el reflejo acomodativo.

La exacerbación y la falta de control del reflejo dorsal a la luz viene acompañada de un fenómeno llamado “desviación vertical disociada”, una característica del estrabismo disociado, que impide la binocularidad en el paciente estrábico. Ese reflejo se desencadena por la diferencia de la entrada luminosa, la cual hace que el ojo estrábico haga un movimiento hacia arriba. Ese movimiento puede ser grande o pequeño, asimétrico (diferente entre ambos ojos), y en general está presente en momentos de desatención (Von Noorden, Guther.K, y Campos, EC, 2002).

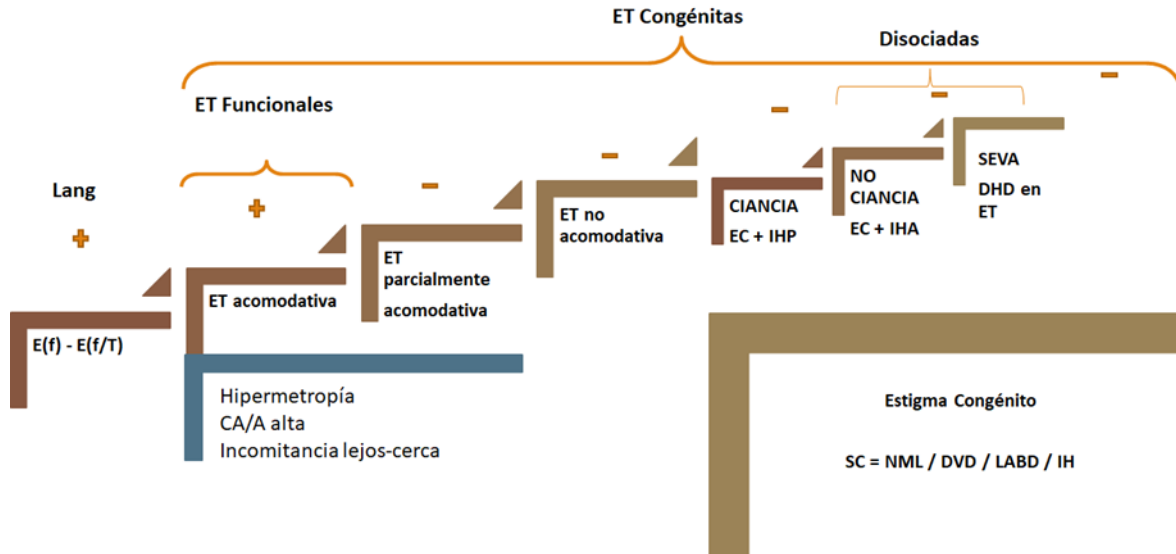
El nistagmo latente también es una manifestación que caracteriza el estrabismo congénito, que se presenta al ocluir un ojo (Gelbart,S.S., Hoyt,C.S., 1988). Es un movimiento de baja amplitud con intensidad variable y falta de inhibición de la oscilación. Eso ocurre porque hay una falla cortical con un sistema de retroalimentación positiva que no permite el rastreo y la búsqueda visual detallada.

El reflejo pupilar depende del equilibrio entre el sistema nervioso simpático (dilatador) y el sistema nervioso parasimpático (miosis). Pacientes estrábicos pueden presentar anisocoria (pupilas de diferente tamaños) en condiciones escotópicas cuando la corteza cerebral no puede modular este reflejo (Gallegos-Duarte et al, 2015).

El tono vergencial es importante para mantener el equilibrio motor y se relaciona con la oculomotricidad y la binocularidad. Cuando hay una falta de inhibición de ese reflejo, aumenta el tono en los rectos medios, se incrementa la convergencia tónica (hiperfunción secundaria) y por la ley de Hering se inhibe el tono muscular de los rectos laterales. Como consecuencia, la velocidad del movimiento que realiza el ojo de dentro-fuera es menor que la de fuera-dentro, lo cual establece una incoMITANCIA en las versiones horizontales llamada IncoMITANCIA Horizontal Activa (Gallegos-Duarte, 2015a). Esta incoMITANCIA puede estar acompañada de otra manifestación llamada “Fenómeno en Bola de Billar” (Gallegos-Duarte, 2015b).

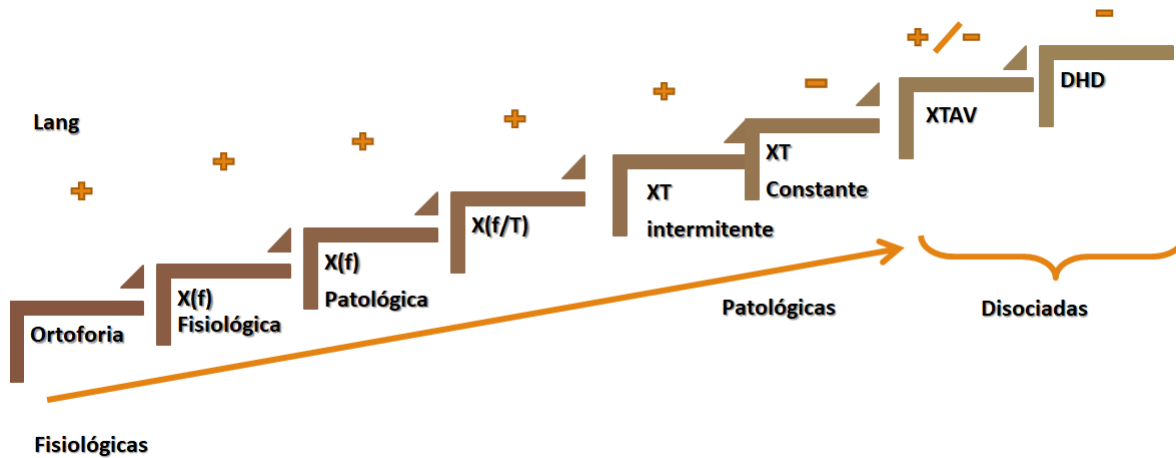
El nistagmo de mirada lateral es otra característica del estigma congénito, causado por el desequilibrio entre el tono muscular de los rectos mediales y laterales. Se trata de un movimiento en sacudida anticipado en la fase final de las versiones horizontales y en general se observa junto con el “Fenómeno en Bola de Billar” anteriormente mencionado (Gallegos-Duarte M, 2007).

Los nuevos paradigmas han cambiado la manera de ver el estrabismo, considerándolo hoy en día un problema a nivel cortical, una falla del integrador central que afecta su comunicación interna, con repercusiones en el desempeño externo del paciente que lo padece. Los nuevos paradigmas siempre conllevan cambios, y en cuanto al estrabismo hay una nueva manera de agruparlos y clasificarlos, dependiendo de los elementos que lo acompañan (Gallegos-Duarte et al, 2015).



**Figura 1-1.** Clasificación de las endodesviaciones

(NML=Nistagmo de Mirada Lateral; DVD=Desviación vertical Disociada; LABD=Limitación en la abducción; IH= Incomitancia Horizontal) (SEVA= Síndrome endotrópico de variabilidad angular)



**Figura 1-2.** Clasificación de las exodesviaciones

(XTAV= Exotropía de ángulo variable; DHD= Desviación horizontal disociada)

## 1.10 Características fundamentales del estrabismo congénito

Una de las características que participan en el estigma congénito en un paciente con ETC es la Incomitancia Horizontal (IH) durante la evaluación de los movimientos oculares. La IH puede ser pasiva o activa, y se puede observar durante la evaluación de las versiones, donde no existe un movimiento armónico y de la misma velocidad hasta el final de la trayectoria.

La Incomitancia horizontal pasiva resulta de la hiperfunción constante de los Rectos Medios. El paciente presenta limitación en la abducción y Nistagmo de Mirada Lateral (NML) adelantado. Las causas de esta limitación pueden ser variadas, como un músculo hipertónico, contracturado o corto que hace que el grado de la desviación tenga el mismo patrón. Durante la evaluación motora del estrabismo, el paciente no presenta variación en el ángulo del estrabismo con Maniobra de Gallegos negativo (MG -), hay limitación en las versiones y FEBB (-).

Incomitancia Horizontal Activa, la cual se caracteriza por la presencia de FEBB y variabilidad en el tiempo y grado de desplazamiento del ojo no fijador respecto al fijador durante el trayecto suave de versión horizontal. Durante la evaluación motora del paciente estrábico, no se observa limitación en la trayectoria de las versiones, hay variación en el ángulo del estrabismo, motivo por el cual en la primera posición de mirada puede presentar MG (+) y FEBB (+).

Las incomitancias y el FEBB son descubrimientos importantes clínicos, que ayudarían tanto al diagnóstico acertado como al planteamiento del tratamiento neuro-optométrico, motivo por el cual, se describen más en detalle las fases que lo componen.

La fase "Q" o "Quieta", donde el ojo estrábico (no fijador) permanece quieto en posición de aducción, es aquella en la que puede llegar hasta la mitad del trayecto de la versión a causa de un mecanismo de "freno" que evita la relajación del recto medial (contracción isométrica) en el ojo problema. La intensidad y duración de la contracción es variable.

Fase “R” o de “restitución”, donde al continuar la versión, el ojo estrábico hace un movimiento rápido de abducción. Se trata de la compensación motora de la anomalía, donde el recto medial se relaja finalmente pero fuera de tiempo.

Fase “S” o de “seguimiento” la cual es una fase comitante del movimiento, donde el ojo estrábico durante breve espacio de tiempo tiende a normalizar su trayectoria a la misma velocidad que el ojo fijador. Este movimiento está protagonizado por los elementos viscoelásticos de la órbita y la intención de ver, aunque motoramente puedan aparentar estar alineados los ojos, en realidad existe supresión.

Fase “L” o de limitación, la cual es la fase final del FEBB en donde existe limitación en la abducción de diverso grado acompañada por el NML. Se trata de un Jerky nistagmo por su “alta ganancia”, propiciado por la intención de ver y se presenta de manera anticipada y aumentada al compararla con el nistagmo de mirada extrema presente también en los sujetos no estrábitos (Gallegos-Duarte M, 2007).

Síndromes Alfabéticos-Incomitancia Vertical:

Están presentes en un 15-20% de pacientes estrábitos y ocurre con más frecuencia en los estrabismos infantiles (Von Noorden Guther K y Campos EC, 2002). No hay unanimidad en cuanto a la etiología de la incomitancia vertical, la cual puede ser a causa de una disfunción inervacional (hiperfunción primaria o secundaria), un problema anatómico o/y torsión óculo-orbital. Los más comunes son:

- i. Síndrome en V: hiperfunción de oblicuos inferiores
- ii. Síndrome en A: hiperfunción de oblicuos superiores

En una endotropía con síndrome en V, aumenta la desviación en mirada inferior, mientras en una exotropía aumenta la desviación en mirada superior. En una endotropía con síndrome en A, aumenta la desviación en mirada superior, mientras en una exotropía aumenta en mirada inferior.



Existen también modificaciones de estas incoherencias verticales básicas, como el Síndrome en X en exotropía, donde la desviación aumenta en mirada superior e inferior, o el Síndrome en Y/ $\lambda$  en exotropía, donde la desviación está presente solo en la mirada superior/inferior. Estas incoherencias son parte de los Síndromes en A/V y hay que considerarlas como una entidad.

#### Desviación Vertical Disociada (DVD):

Es uno de los fenómenos más intrigantes que acompañan el estrabismo. Su característica principal es la asimetría de la magnitud de desviación y que el ojo siempre se desvía hacia arriba (partiendo de la primera posición de mirada); cuando el paciente está cansado o ausente, aumentando el grado de desviación. Otros elementos podían estar presentes en pacientes con DVD, como exocicloducción del ojo desviado e incicloducción del ojo fijador. El nistagmo latente, el cual frecuentemente pero no siempre está acompañado de ciclo-desviaciones, puede estar asociado con DVD. Es bilateral, pero se han observado casos de unilateralidad en estrabismos profundos y en heterotropías sensoriales. La etiología no es clara aún y los investigadores no llegan a un acuerdo unánime; sin embargo, todos están de acuerdo de que hay una asimetría en la entrada de la información, y que el impulso para provocar el DVD se debe originar en el ojo fijador (Bielschowsky, 1938).

La idea de la presente tesis surgió cuando los estudios sobre el estrabismo congénito apoyados por la ciencia de neuroimagen, los estudios neurofuncionales y morfométricos apoyaban cada vez más la teoría neurogénica del estrabismo. Si el estrabismo viene considerando un desajuste de sincronización neurofuncional cortical ( Gallegos-Duarte, 2010b; Gallegos-Duarte et al, 1998), tanto las respuestas visuales como motoras finas deberían estar comprometidas. La pregunta de la presente investigación es ¿el estrabismo afecta el rendimiento visuo-perceptual y visuo-motor de los pacientes que lo padecen?

Por un lado, la visión y sus componentes, es uno de los cinco sentidos más estudiados y relacionados con el aprendizaje de lecto-escritura y el rendimiento académico en niños (AAP, AAPOS, AACO y AAO Hoskins Center for Quality Eye Care, 2014) y por el otro lado, el estrabismo está asociado a alteraciones corticales, las cuales afectan el funcionamiento adecuado del neocortex, donde se lleva a cabo todo aprendizaje nuevo (Collier-Gary K y Schwing S 1994; Pineles et al, 2013).

Uno de los puntos cruciales del presente trabajo es identificar dentro de la heterogeneidad del estrabismo congénito, las características específicas tanto motoras como sensoriales que lo acompañan, para poder distinguir entre los diferentes subtipos y dar el diagnóstico de certeza al paciente. El segundo paso es encontrar y cuantificar las habilidades visuo-perceptuales y visuo-motoras afectadas en el estrabismo relacionadas con el proceso del aprendizaje del paciente estrábico.

Se ha relacionado la integración visuo-motora con el rendimiento académico en matemáticas, lecto-escritura y deletreo, en niños de 7-9 años (Taylor Kulp M,1999), la memoria visual con la decodificación y comprensión lectora (Kulp, Edwards, y Mitchell, 2002) en niños no estrábitos, pero no se encontraron estudios que relacionan el estrabismo con disminución de las habilidades visuo-perceptuales y visuo-motoras en las fuentes disponibles, motivo por el cual se considera la presente tesis pionera en ese campo.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Evaluar el grado de afectación y la desviación de la media de las habilidades visuo-perceptuales y visuo-motoras en los pacientes con estrabismo congénito.

### 2.2 Objetivos específicos

- i. Establecer tipo/dirección y grado/magnitud de estrabismo congénito.
- ii. Relacionar la cantidad de estereopsis con el rendimiento en las habilidades evaluadas.
- iii. Comprobar si hay relación entre la categoría de estrabismo (asociado, disociado) y la desviación de la norma de los pacientes estrábicos.
- iv. Comparar el rendimiento visuo-perceptual y visuo-motor entre pacientes con endotropía y exotropía congénita.
- v. Contrastar los resultados obtenidos en la prueba de habilidades visuo-perceptuales (TVPS) con los de integración visuo-motora (VMI) dentro del mismo tipo de estrabismo.

### 2.3 Hipótesis

#### 2.3.1 Hipótesis nula

El estrabismo congénito no afecta el rendimiento visuo-perceptual o visuo-motor de los pacientes que lo sufren y por lo tanto los resultados obtenidos se encontraran cercanos a la media para su edad cronológica (edad correspondiente el día que se realiza la prueba).

### 2.3.2 Hipótesis alterna:

Los estrabismos afectan por lo menos algunas de las habilidades de procesamiento de información visual (habilidades visuo-perceptuales) y su representación gráfica (habilidades visuo-motoras) según el tipo de estrabismo (el rendimiento se refiere al valor total de cada prueba y la diferencia de la edad cronológica que el paciente tiene a la hora de realizar la prueba).

### 2.4 Variables

**Tabla 2-1.** Variables en el estudio

Variable	Definición operacional	Tipo de variable	Unidad de medida
Estrabismo	Tipo/Dirección	Cualitativa	ET-XT-HT-hT
Estrabismo	Grado/Magnitud	Cuantitativa discreta	Dioptías (D)
Estrabismo	Categoría	Cualitativa	Asociado-Disociado
TVPS	Procesamiento de información visual	Cuantitativa discreta	0-100
VMI	Integración visuo-motora	Cuantitativa discreta	0-100

Al ser un estudio inferencial se realizó una comparación de las muestras y asociación entre las variables analizadas. Los datos obtenidos se guardaron en un programa específico, el cual se utiliza para capturar la prueba visuo-perceptual y visuo-motora. Se utilizó el programa Excel y Minitab 17 para el análisis estadístico.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 Sujeto de estudio**

Se trató de un estudio observacional, inferencial, y prospectivo. Pacientes de 5-15 años de edad, del Estado de Querétaro, diagnosticados con estrabismo congénito que acudieron a consulta privada para un diagnóstico y tratamiento dirigido al problema entre 2016 al 2018.

Los criterios de inclusión determinaron que todos los pacientes tuvieran un diagnóstico acertado de estrabismo congénito (presente desde el nacimiento y que no fuera secundario a otro diagnóstico o enfermedad), sin intervenciones neuro-optométricas ni oftalmológicas previas (terapia, entrenamiento visual, parche, penalización con dilatadores), con agudeza visual corregida de 20/80 o mejor y sin daños neurológicos adquiridos (traumas cerebrales). A todos los padres y/o acompañantes se les explicó sobre la naturaleza del estudio y se le proporcionó el consentimiento Informado.

Se excluyeron todos los niños diagnosticados y/o medicados de TDAH, Autismo, Dislexia, Epilepsia y Depresión que tienen añadido un tipo de estrabismo. Se eliminaron todos los pacientes que no contaron con el expediente completo.

De los pacientes con estrabismo congénito que acudieron a consulta durante los últimos dos años, se escogió una muestra de 146 pacientes, de manera aleatoria, respetando los criterios de inclusión.

### 3.2 Mediciones y análisis

Para poder obtener datos acertados y precisos, el proceso de evaluación se dividió en tres sesiones, cada una de 1 hora. En la primera sesión, a todos los pacientes se les realizó un examen neuro-optométrico completo y detallado (examen motor y sensorial) y se les proporcionó el diagnóstico acertado en cuanto al tipo/dirección, la magnitud/grado y la categoría del estrabismo.

En la segunda y tercera sesión, se procedió con las pruebas de habilidades visuo- perceptuales y visuo-motoras, las cuales se corrigieron según la normativa establecida.

Las pruebas optométricas, visuo-perceptuales y visuo-motoras se llevaron a cabo por la misma persona la cual está capacitada y tiene experiencia en este ámbito, esto con la finalidad de obtener la información de manera similar en todos los pacientes. Todas las pruebas aplicadas a los pacientes son estandarizadas y de uso común para los optometristas.

#### 3.2.1 Examen motor

El examen motor incluyó la prueba de Cover Test en las dos versiones (cover-uncover y cover alternante), la prueba de Krimsky directa e indirecta y la Maniobra de Gallegos para la variabilidad angular. Las pruebas se realizaron en ambas distancias, de lejos y cerca.

Se utilizó la Maniobra de Gallegos en casos de estrabismos horizontales de ángulo variable (Gallegos-Duarte M, 2007). En cuanto a las híper e hipofunciones musculares fueron clasificados en cruces de +1 a +4 y -1 a -4 respectivamente.

Se utilizó la prueba de Krimsky, en las dos versiones, directa (anteponiendo el prisma delante del ojo desviado) e indirecta (anteponiendo el prisma delante del ojo no desviado) en niños poco colaboradores para determinar el sentido y la magnitud de la desviación, horizontal y vertical. Se llevó a cabo la neutralización de la desviación con los prismas de Berens.

Se utilizó el ocluser traslucido de Spielman, que permite conocer la dirección y la magnitud de la desviación. Se procedió con el método de la neutralización prismática utilizando simultáneamente la oclusión de White con los prismas de Berens para desviaciones horizontales y verticales.

### 3.2.2 Examen sensorial

El examen sensorial incluyó Agudeza Visual, Luces de Worth, prueba de Lang, prueba de Random Dot, Lentes Bagolini, MIT con post-imagen de Bielchowsky.

La agudeza visual fue uno de los parámetros para la inclusión de los pacientes en el estudio. Se realizó con “el juego de la E” en pacientes con falta de conocimiento de letras y números y con la prueba de “Letras de Snellen” en el resto de los pacientes. La evaluación se realizó en condiciones controladas de iluminación, de lejos y de cerca, en monocular y binocular para ver la capacidad del paciente para reconocer puntos separados en el espacio.

El test de Luces de Worth evalúa la fusión plana y la fusión periférica del paciente estrábico y en su defecto, el ojo que suprime. Se realizó con lentes rojo-verdes sobre la refracción del paciente en distancias cercanas, intermedias y lejanas.

El Test de Lang se utilizó para evaluar la fusión gruesa en los pacientes sin lentes polarizadas que disocian el sistema binocular. Además, es una prueba clave para distinguir entre un estrabismo asociado (resultado del test positivo) y disociado (resultado del test negativo).

El test de Random Dot se utilizó para evaluar la percepción en profundidad en los pacientes. Se aplicó el test solamente en distancias cercanas y con gafas polarizadas sobre la refracción del paciente. La prueba va desde estereopsis gruesa (2000 segundos de arco) hasta estereopsis fina (40 segundos de arco).

Para determinar el tipo de fijación y la correspondencia en los pacientes estrábicos, se utilizó la oftalmoscopia directa, los lentes estriados de Bagolini y el MIT con la post-imagen de Bielchowsky.

Después de verificar el tipo de fijación en los pacientes estrábicos con la oftalmoscopia directa, se realizó la prueba de lentes estriados de Bagolini, para ver el tipo de correspondencia sensorial, siendo esta la prueba menos disociadora para ese tipo de evaluación. Los lentes estriados se utilizaron sobre la refracción del paciente con la luz puntual a 40 cm. A parte del tipo de correspondencia, la prueba da información sobre posibles supresiones.

El MIT con la post-imagen de Bielchowsky fue otra prueba para corroborar el tipo de fijación y de la correspondencia en los pacientes estrábicos. Se realizó en monocular, en condiciones escotópicas y con los lentes negro-azules incluidas en la prueba. Después de darle un flash en vertical al paciente en el ojo dominante (ojo no estrábico), mientras el ojo estrábico estaba tapado, se le cambia la oclusión y se antepone el filtro azul en el ojo estrábico. El paciente debe ser capaz de transportar la post-imagen del ojo dominante a nivel cortical y ser capaz de ver el fenómeno de Haidinger a través de la lente azul con el ojo estrábico. Si la posición de la hélice no coincide con el punto de fijación del paciente, se considera fijación excéntrica y si no coincide con la post-imagen se considera correspondencia sensorial anómala.



Como parte de la evaluación neuro-optométrica se realizaron más pruebas, las cuales son complementarias al diagnóstico sensorio-motor anteriormente mencionado y fueron:

- i. Punto próximo de convergencia, para determinar la capacidad de converger manteniendo fija la acomodación en los pacientes con exotropía. En caso de endotropías, se utilizó para ver si hay fusión en algún punto cercano en el espacio. Se efectuó la prueba usando el cubo de Lang, calculando la media de tres medidas.
- ii. Test de motilidad ocular con punto de fijación, el cual sirve para determinar la integridad de los músculos extraoculares, la calidad de las fijaciones, seguimientos y sacádicos imprescindibles para la lectura y escritura.
- iii. Prueba de DEM (developmental eye movement test, en inglés) para cuantificar los sacádicos usados en la lectura y agrupar los resultados en respuestas tipo.
- iv. Reflejos corneales Hirschberg para medir de un modo objetivo la posición de los ejes visuales en condiciones binoculares.
- v. Retinoscopía estática, para medir objetivamente la posible refracción del niño.
- vi. Amplitud acomodativa por acercamiento, para determinar la respuesta acomodativa del sistema visual.
- vii. Retinoscopía dinámica para evaluar la respuesta acomodativa de manera objetiva.
- viii. Oftalmoscopía, para evaluar la integridad de las estructuras oculares del segmento posterior del ojo y el tipo de fijación del paciente.
- ix. Pupilas, para evaluar la integridad de las vías neurológicas (aférente y eférente) implicadas en la reacción pupilar.

La finalidad de estas pruebas es consensar y dar sensibilidad a los diagnósticos encontrados (ver anexos; pag 100).

## **Test de Habilidades Visuo-Perceptuales (TVPS) e Integración Visuo-Motora (VMI)**

Las habilidades visuo-perceptuales y visuo-motoras se midieron con la prueba TVPS (en inglés “Test of Visual Perceptual Skills 3 Revised) y prueba de integración visuo-motora VMI-3 (en inglés “Visual-Motor Integration Test-3”), las cuales miden el número total de respuestas acertadas para luego convertirlo en puntajes escalados, puntajes estándar, percentiles y edades perceptuales. De esa manera, las pruebas pueden ser analizadas según los criterios pre-determinados de los investigadores. El TVPS-3 y VMI-3 son pruebas estandarizadas y aceptadas internacionalmente en la comunidad Optométrica.

### **Test de Habilidades Visuo-Perceptuales (TVPS)**

Para que el rendimiento académico sea adecuado, la interpretación de la información que llega al cerebro a través de los ojos debe ser correcta. Ser capaz de discriminar detalles, entender las relaciones espaciales entre objetos o encontrar una figura dentro de un fondo, permitirá a los niños comprender los enunciados de los exámenes, los conceptos matemáticos o la idea principal de un texto. Es una prueba que incluye 7 sub-pruebas, cada uno con 16 reactivos, los cuales miden habilidades bi-dimensionales y se pueden suministrar a partir de 5 años de edad.

i. **Discriminación Visual**

Es la capacidad de distinguir pequeñas diferencias entre objetos similares analizando los diferentes aspectos como, la forma, el tamaño, la orientación y su relación con otros objetos.

ii. **Memoria Visual**

Se relaciona con la capacidad de retener información y es fundamental para la comprensión lectora y para obtener un buen rendimiento académico.

iii. Relaciones Visuo-Espaciales

Habilidad que se emplea para recordar la localización espacial y emitir juicios espaciales válidos sobre un objeto.

iv. Constancia de Formas

Identificar los aspectos invariantes de una forma cuando se ha alterado la orientación, el tamaño o la rotación. Consiste en distinguir un mismo objeto independientemente de cómo esté colocado en el espacio.

v. Memoria Visual Secuencial

Retención de una serie de información en el orden exacto dentro de una secuencia organizada de izquierda a derecha, imprescindible para seguir indicaciones.

vi. Figura-Fondo

Es la habilidad que nos permite destacar un objeto de un fondo, atendiendo un aspecto específico de la forma mientras mantiene consciencia de la relación existente entre la forma y la información del fondo.

vii. Cierre Visual

Es la habilidad para inferir imágenes completas de una información sesgada. Es la habilidad para reconocer las claves de un arreglo visual que nos permite determinar la forma sin necesidad de tener todos los detalles presentes.

Una vez obtenido el número de los aciertos para cada apartado (puntuación medida), se convierte en puntuaciones estandarizadas las cuales para el TVPS son; puntajes escalados, puntajes estándar, percentiles y edades perceptuales, partiendo de la edad cronológica del paciente.

Calcular la edad cronológica:

Fecha de la prueba: 2018-05-15

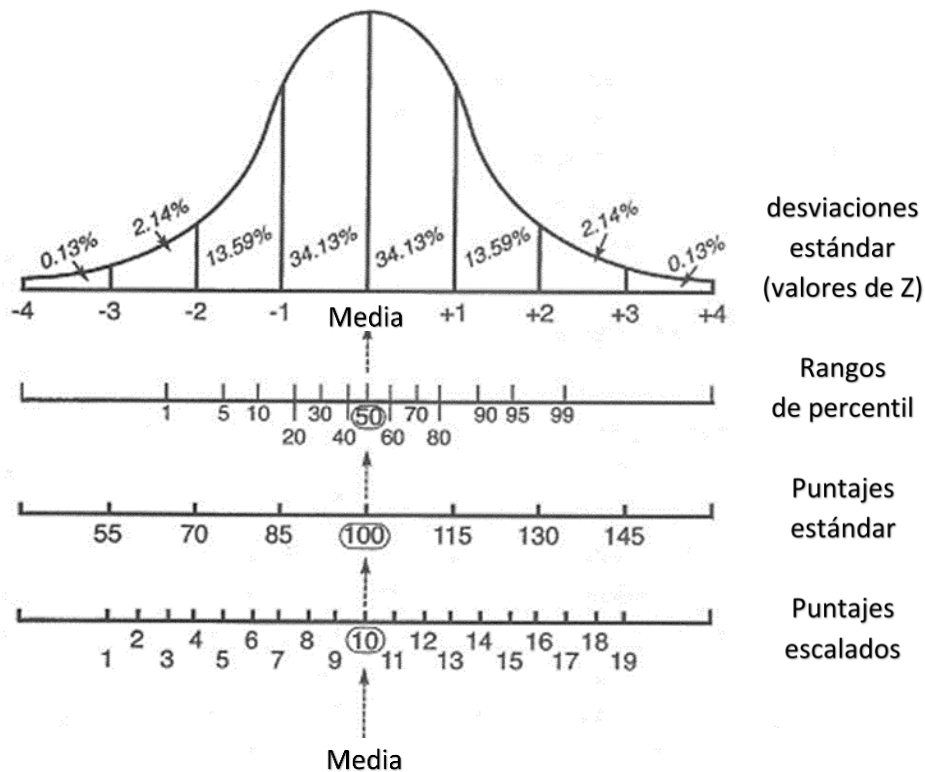
Fecha de nacimiento: 2010-04-10

Edad cronológica: 8-01-5 (paciente de 8 años 1 mes)

Los rangos de los puntajes escalados son de 1 a 19 (se utilizan en cada prueba por separado y se basa en la suma de los puntajes escalados), con una media de 10 y desviación estándar de 3. Eso significa que un niño con un puntaje de 10, ha realizado la prueba mejor que el 50% de los niños de su categoría, mientras que si un niño ha obtenido un resultado de 7, se encuentra a una desviación estándar debajo de la media para su edad y lo hizo mejor que el 16% de la muestra normativa. En la Figura 2. Se ilustra la distribución de los valores de los puntajes escalados con un intervalo de tres desviaciones estándar. Valores abajo del 1 y arriba del 19 se presentan solo en el 0.3% de la población.

El puntaje estándar (se usa para grupos de habilidades) tiene una media de 100 y desviación estándar de 15, lo cual significa que un niño que obtiene un valor de 100 puntos está en la media para su edad y lo hace mejor que el 50% del grupo normativo para su edad. Un puntaje de 115 indica que el resultado está arriba de la media para su edad y es mejor que el 84% de la población normativa. Valores abajo del 55 y arriba del 145 se presentan solo en el 0.3% de la población, con un intervalo de 3 desviaciones estándares.

Los percentiles describen el desempeño de un niño relativo a otros del mismo grupo normativo. Un puntaje de 71 significa que el niño lo hizo igual de bien o mejor que el 71% de niños de la misma edad en el grupo normativo. Por otro lado, el 29% de los niños de la misma edad en el grupo normativo lo hicieron mejor que el anterior.



**Figura 3-1.** La transformación de la puntuación medida en puntajes escalados, estándar y percentiles. Presentación en intervalos de confianza; IC (5%) = puntaje escalada/puntaje estándar +/- Z

Las tablas de conversión vienen incluidas en la prueba. La consistencia interna del TVPS se hizo con el Alfa de Cronbach. Para cada prueba por separado, dependiendo de la edad del paciente que oscila entre 0.68 a 0.81, mientras que para el rendimiento general le corresponde un valor de 0.94.

### Test de Integración Visuo-Motora (VMI)

Una buena grafía, precisa y sin estrés, requiere una óptima coordinación ojo-mano. Esta habilidad también es imprescindible en deportes de raqueta (tenis, ping-pong, pádel) o en el baloncesto. La prueba de VMI está compuesto de tres partes, de los cuales se usaron solamente dos para ese estudio (la tercera parte no incluye habilidades motoras, sino reconocimiento visual de la forma), la VMI general y VMI motora, relacionadas con el propósito del estudio.

i. VMI General

El paciente tiene que dibujar 27 imágenes que aumentan de dificultad a medida que procede la prueba (de 2D a 3D).

ii. VMI Motor

El paciente tiene que completar el patrón que se le presenta siguiendo las indicaciones dadas (puntos y caminos).

La corrección de VMI sigue los mismos pasos del TVPS. Partiendo de la edad cronológica del paciente se convierte la puntuación medida en estandarizada, utilizando las tablas incluidas en la prueba. Tiene una consistencia interna con Alfa de Cronbach que oscila de 0.79 a 0.85, dependiendo de la edad del paciente.

A continuación, se presenta un ejemplo de cómo se realizó la captura de datos de ambas pruebas con las conversiones explicadas anteriormente. Posteriormente, los datos obtenidos se transfirieron a Excel y Minitab 17 para el análisis estadístico (2006a).

		Raw Score	Scaled Score	Percentil Rank		Age
1. TVPS	Discriminación visual:	10	9	37	= ▾	9.00
	Memoria:	9	7	16	= ▾	6.06
	Relación espacial:	14	13	84	= ▾	12.08
	Constancia de forma:	6	5	5	= ▾	5.06
	Memoria secuencial:	9	8	25	= ▾	7.06
	Figura fondo:	8	8	25	= ▾	7.06
	Cierre visual:	4	5	5	= ▾	4.03
		Overall	Basic	Sequencing		Complex Processes
1. TVPS (...)	Sum of scaled scores:	60	39	9		12
	Sum of standard scores:	93	99	95		80
	Percentile:	32	47	37		9
		Raw Score	Scaled Score	Percentil Rank		Age
2. VMI General	VMI:	19	95	37	= ▾	8.09
	Percepción:	-5	-5	-5	< ▾	-5.00
	Motor:	23	106	65	= ▾	11.02

Figura 3-2. Captura de variables TVPS y VMI

### 3.3 Análisis estadístico

Se analizaron en total 146 pacientes, de los cuales 79 con ET (48 hombres y 31 mujeres) y 67 con XT (40 hombres y 27 mujeres). Del total de los estrabismos analizados en el estudio, el 54.1% corresponde a ET y el 45.9% a XT. Los hombres representan el 46.57%, mientras que las mujeres el 53.43% de la población. Solo el 24% de los pacientes con ET presentaron estereopsis contra el 73% en pacientes con XT.

En las Tablas 3-1 y 3-2, se presenta de manera detallada la distribución de los pacientes analizados en el estudio según la dirección de la desviación y los elementos asociados/disociados que los acompañan.

**Tabla 3-1. Se presentan 79 pacientes con endotropia (ET) según los elementos asociados/disociados que los acompañan.**

Tipo de Desviación	ET Acomodativa	ET Asociada S/E	ET Asociada C/E	ET Disociada	Nro. total de pacientes
Número de pacientes	14 (8H/6M)	30 (16H/14M)	5 (3H/2M)	30 (21H/9M)	79 (48H/31M)

Notar: S/E (sin estereopsis) y C/E (con estereopsis), H/M (hombres/mujeres)

**Tabla 3-2. Se presentan 67 pacientes con exotropia (XT) según los elementos asociados/disociados que los acompañan.**

Tipo de Desviación	XT Intermitente	XT Asociada S/E	XT Asociada C/E	XT Disociada	Nro. total de pacientes
Número de pacientes	37 (22H/15M)	14 (8H/6M)	12 (7H/5M)	4 (3H/1M)	67 (40H/27M)

Notar: S/E (sin estereopsis) y C/E (con estereopsis), H/M (hombres/mujeres)



Para el análisis estadístico, se usó lo siguiente: i) la prueba de T pareada para determinar si la media de las diferencias entre dos muestras pareadas es diferente de 0 (y su valor objetivo) y ii) el análisis de varianza de un factor para contrastar la hipótesis nula de que las medias de K poblaciones son iguales, frente a la hipótesis alternativa de que por lo menos una de las poblaciones difiere de las demás en cuanto a su valor esperado.

Se usó el programa Minitab 17 y Excel para este propósito, considerando una distribución normal de las poblaciones analizadas, con  $\mu = 100$  (media) y  $\delta.\sigma = 15$  (desviación estándar) e intervalo de confianza  $\alpha = 0.05$ .

Se analizaron las habilidades visuo-perceptuales con la prueba de TVPS-3 y las habilidades visuo-motoras con la prueba de VMI-3. El TVPS está compuesto de 7 sub-pruebas: Discriminación Visual, Memoria Visual, Relaciones Visuo-Espaciales, Constancia de Forma, Memoria Visual Secuencial, Figura-Fondo y Cierre Visual.

El VMI-3 está compuesto de tres partes: VMI General, VMI Motor y VMI Perceptual. Para el propósito de ese estudio se analizaron solo las dos primeras partes de la prueba VMI-3 relacionadas con la praxia motora de los pacientes. Para el análisis de TVPS-3 se agruparon las sub-pruebas en cuatro categorías:

- i. Rendimiento General: incluye el análisis de las siete sub-pruebas de TVPS-3
- ii. Rendimiento Básico: incluye la discriminación visual, memoria visual, relaciones visuo-espaciales y constancia de forma
- iii. Secuenciación: Analiza la habilidad de memoria visual secuencial
- iv. Procesamiento Complejo: Incluye las habilidades de figura-fondo y cierre visual

Para poder analizar los datos obtenidos tanto en la prueba de TVPS-3 así como en la prueba de VMI-3, se convierte la suma de puntajes escalados en puntajes estándar y esos últimos en percentiles. (2006a)

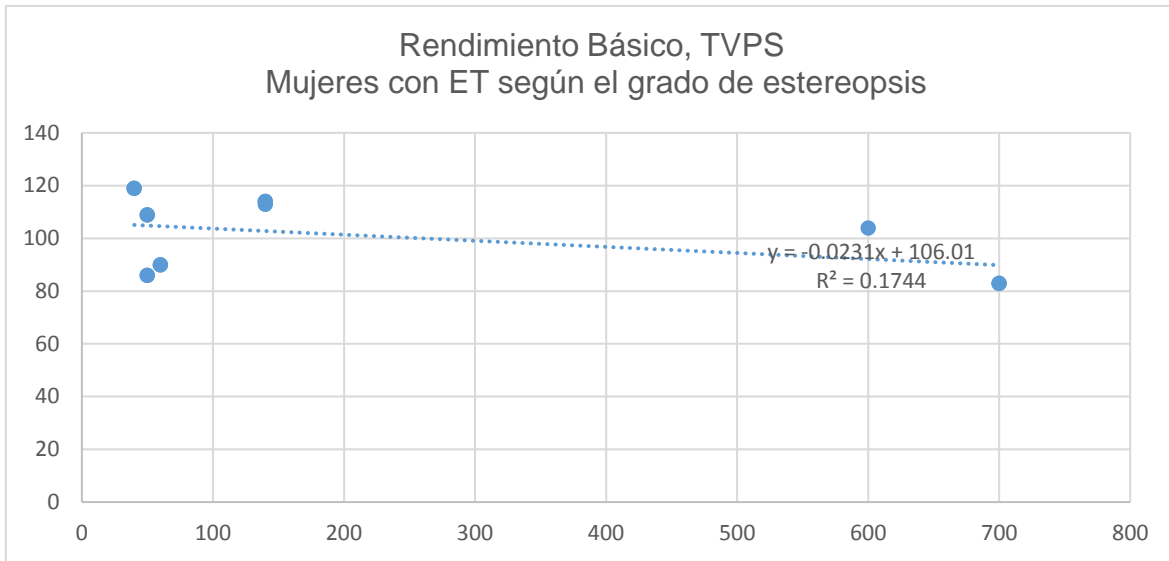
Para contestar a la pregunta de la investigación y cumplir con los objetivos propuestos, se analizaron la prueba de TVPS-3 y VMI-3, primero según el grado de estereopsis en ET y XT, para hombres y mujeres, luego para estrabismos con y sin estereopsis, asociados y disociados y al final se compararon las ET con XT para constatar similitudes y diferencias.

En primera instancia se comparó utilizando la prueba de T pareada el rendimiento general, básico, secuenciación y el procesamiento complejo entre hombres y mujeres con ET según el grado de estereopsis.

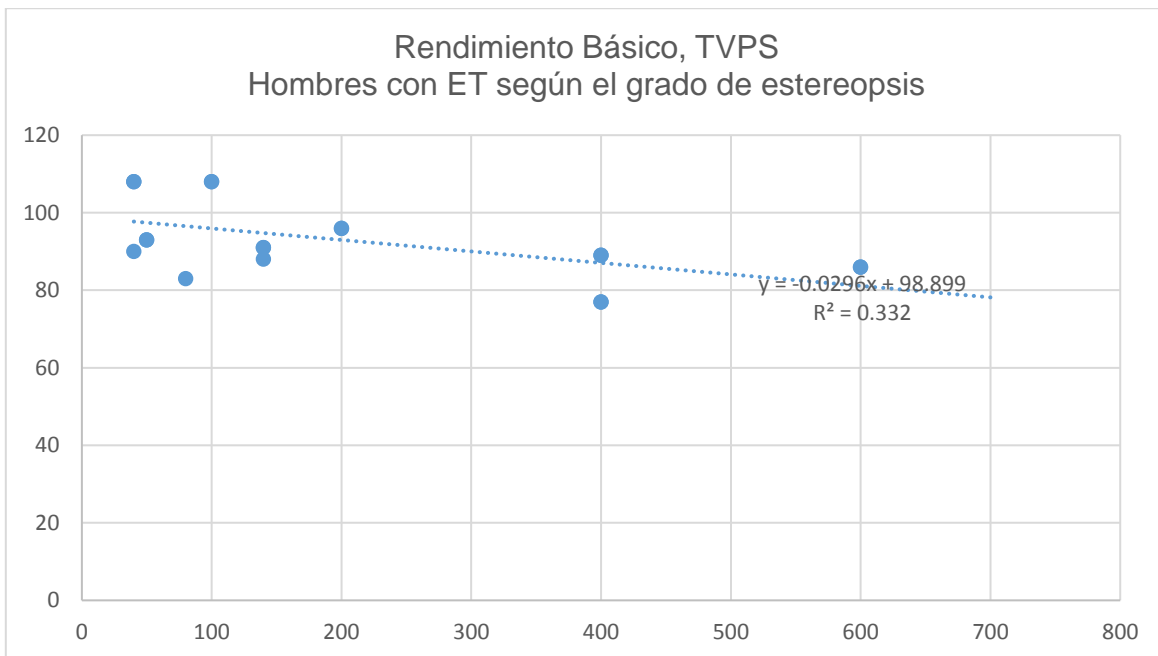
La prueba de T pareada dio un valor de  $p= 0.04024731$  ( $p<0.05$ ) en el rendimiento básico al comparar hombres con mujeres. Los promedios obtenidos en cada grupo fueron los siguientes:

Rendimiento básico hombres	Promedio= 92.47
Rendimiento básico mujeres	Promedio= 101.35

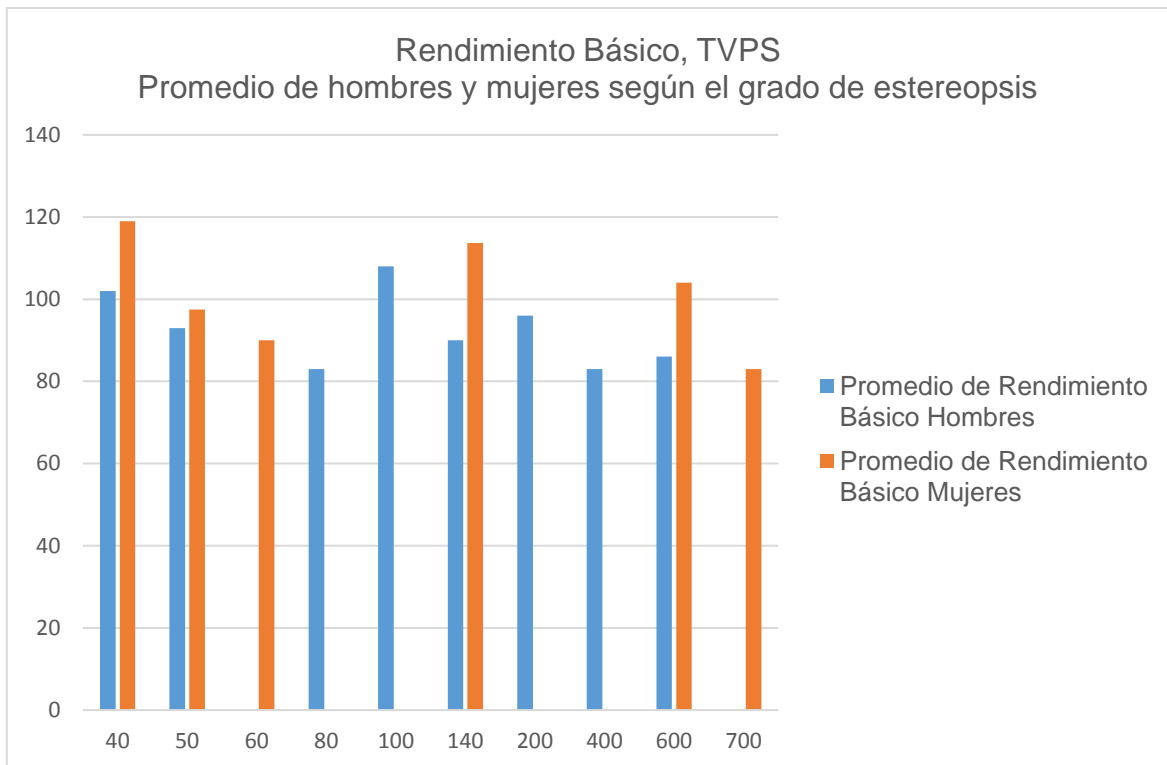
Las gráficas de dispersión 1 y 2 representan la respuesta de cada paciente femenino y masculino, lo cual se ilustra en las Figura 3-3 y 3-4, según el grado de estereopsis. En el eje horizontal vemos el valor de estereopsis, mientras en el eje vertical corresponde al valor obtenido en el rendimiento básico de la prueba TVPS-3. De las gráficas, podemos constatar que la relación lineal entre las variables es muy pequeña, con una tendencia más lineal en el grupo de los hombres, donde  $R^2$  se acerca más al 1 ( $0 \leq R^2 \leq 1$ ). A través de las gráficas de dispersión se puede observar una respuesta parecida en el área del procesamiento básico de la información visual en pacientes con estereopsis entre 20-200 segundos de arco. Sin embargo, se puede constatar una diferencia en la respuesta obtenida en el grupo femenino y masculino.



**Figura 3-3.** Gráfica de regresión para los valores obtenidos en pacientes ET femeninos en el rendimiento básico de TVPS-3 según el grado de estereopsis. En el eje horizontal (x) viene representado el valor de estereopsis, mientras que en el eje vertical (y) se muestra el valor obtenido en el rendimiento básico. La gráfica muestra regresión negativa; sin embargo, por el número de observaciones y el valor relativamente pequeño de la  $R^2$ , la correlación no se puede considerar significativa.



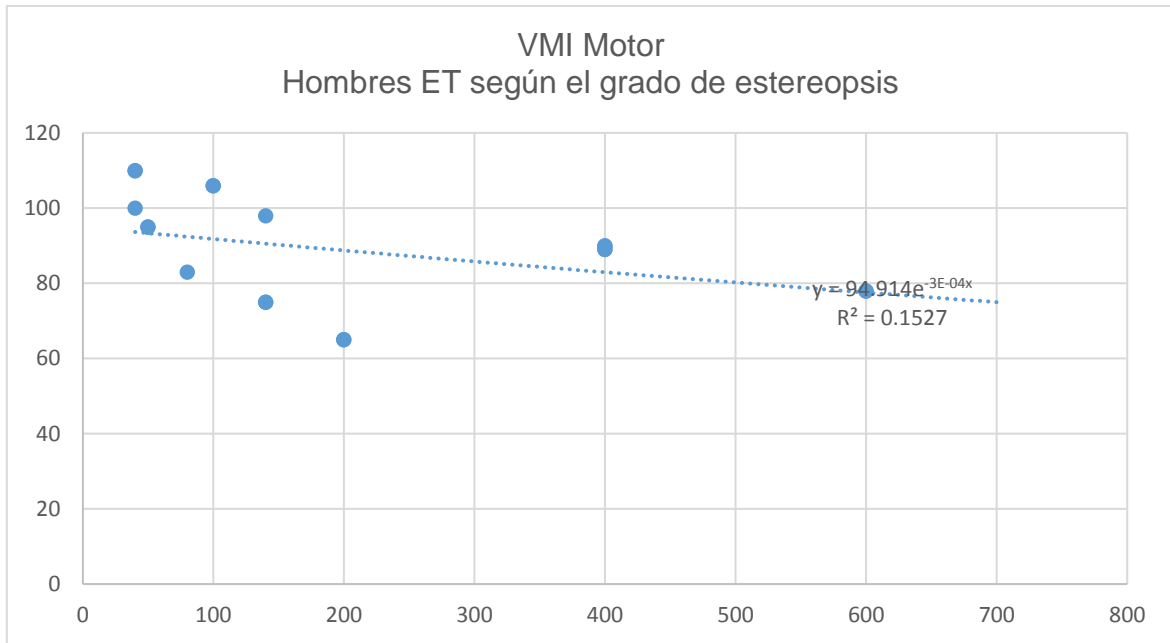
**Figura 3-4.** Gráfica de regresión para los valores obtenidos en pacientes ET varones en el rendimiento básico de TVPS-3 según el grado de estereopsis. En el eje horizontal (x) viene representado el valor de estereopsis, mientras que en el eje vertical (y) se muestra el valor obtenido en el rendimiento básico. La gráfica muestra regresión negativa más significativa que la anterior. A pesar que los valores se ajustan mejor a la recta de regresión y la  $R^2$  presenta un valor mayor, por la irregularidad en las respuestas, no se puede correlacionar el grado de estereopsis con el valor obtenido en la prueba.



**Figura 3-5.** Se presenta la gráfica de los promedios de los valores obtenidos en pacientes ET con estereopsis (hombres y mujeres) en el rendimiento básico TVPS-3. Se puede observar la diferencia entre ambos grupos con las niñas (en color naranja) obteniendo valores mayores que los niños (en color azul);  $\mu=101.35$  contra  $\mu=92.47$ .

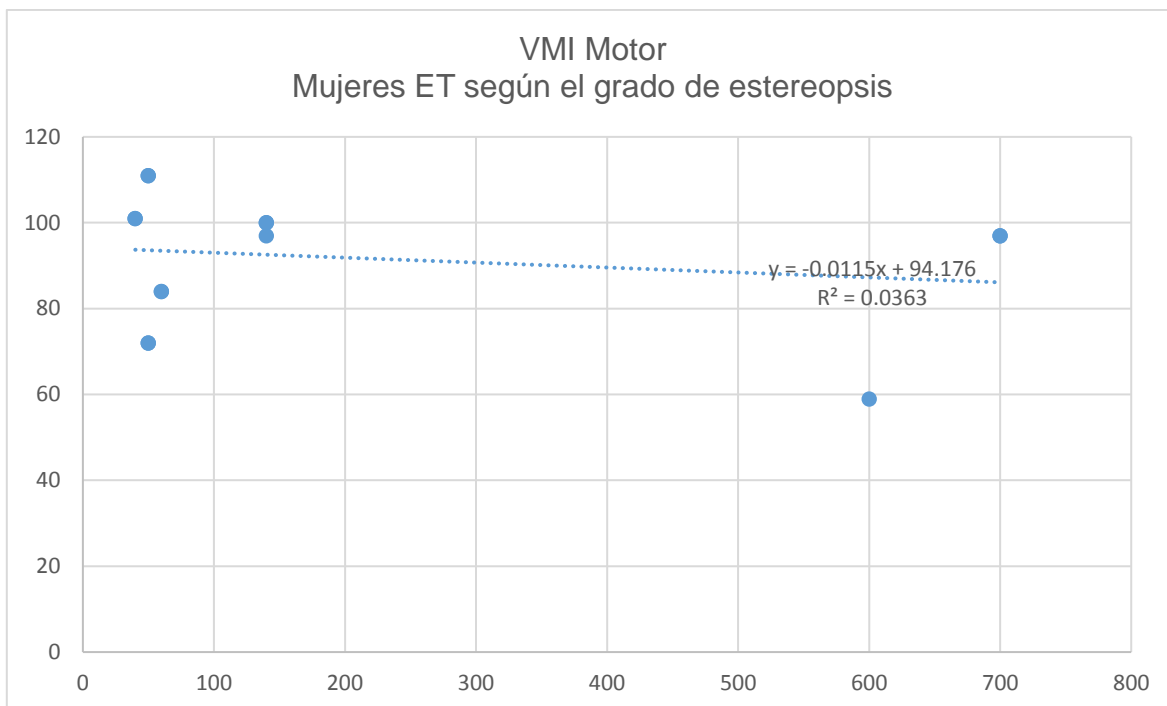
Las respuestas obtenidas en las niñas están una  $\delta.\sigma$  por arriba de la media, mientras que en los niños estuvo una  $\delta.\sigma$  por debajo de la media de la población.

La gráfica que se ilustra en la Figura 3-5 presenta los valores de las respuestas obtenidas en la prueba de TVPS-3 en ambos grupos, niñas y niños; obteniendo valores más grandes las niñas. A pesar de las diferencias encontradas, los valores obtenidos en ambos grupos caen dentro del intervalo de confianza establecido para este estudio ( $\alpha= 0.05$ ). No se encontraron diferencias significativas en el rendimiento general, la secuenciación y el procesamiento complejo para las ET con estereopsis, con  $p>0.05$ .



**Figura 3-6.** Gráfica de regresión para los valores obtenidos en pacientes ET varones en el VMI Motor según el grado de estereopsis. En el eje horizontal (x) viene representado el valor de estereopsis, mientras que en el eje vertical (y) se muestra el valor obtenido en la prueba. A pesar del  $R^2$  mayor que en la gráfica de las mujeres no se puede correlacionar el grado de estereopsis con el valor obtenido en la prueba por el tamaño pequeño de la muestra y la irregularidad en las respuestas.

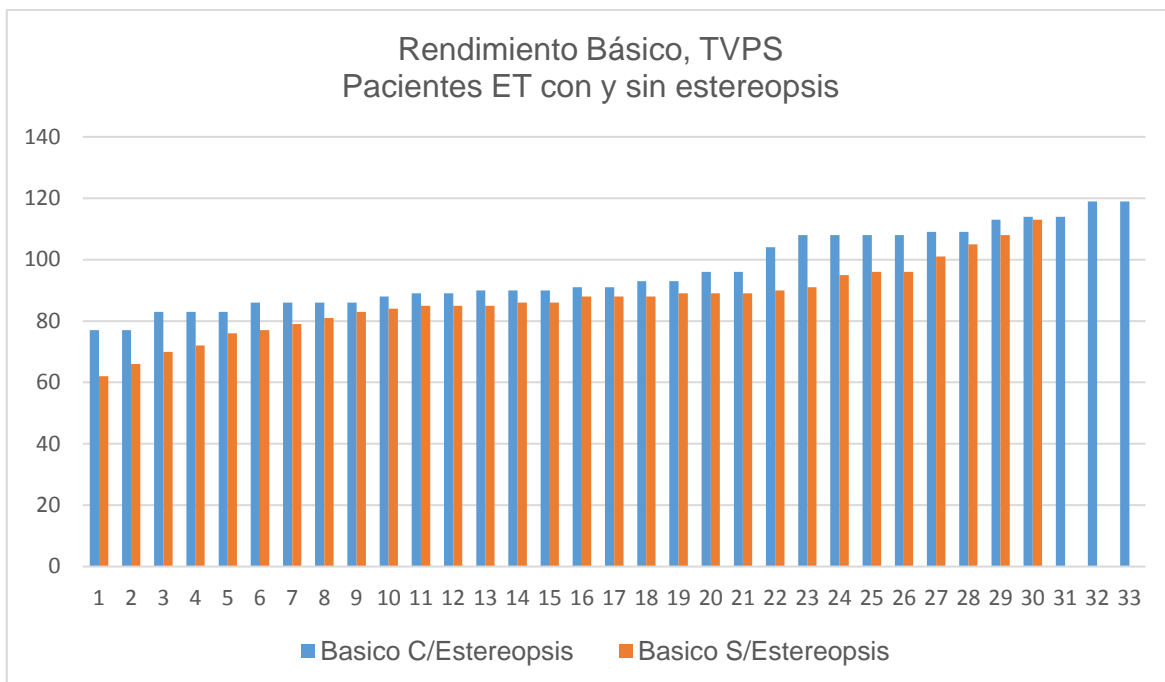
Tampoco se encontraron diferencias entre hombres y mujeres ET con estereopsis en la prueba de integración visuo-motora (VMI-3), con  $p= 0.6260006$  en la parte Motora y  $p= 0.90725216$  en el VMI General ( $p>0.05$ ). No existe una correlación entre el grado de estereopsis y la integración visuo-motora de los pacientes ET con estereopsis, como se puede constatar en las gráficas que se presentan en las Figuras 3-6 y 3-7 de la prueba VMI Motor.



**Figura 3-7.** Gráfica de dispersión para los valores obtenidos en pacientes ET femeninas en el VMI Motor según el grado de estereopsis. En el eje horizontal (x) viene representado el valor de estereopsis, mientras que en el eje vertical (y) se muestra el valor obtenido en la prueba. La gráfica muestra regresión negativa; sin embargo, el valor de  $R^2$  es muy pequeño y el tamaño de muestra limitada; motivo por el cual no se puede correlacionar el grado de estereopsis con el valor obtenido en la prueba.

Sin embargo, hay un patrón común entre el TVPS-3 y VMI-3, con valores parecidos entre pacientes con 20 a 200 segundos de arco y oscilaciones, que pueden inferir un intento mayor por parte de la corteza para compensar las dificultades provocadas por la disminución de la percepción en tres dimensiones.

En la segunda fase se analizaron y se compararon los resultados obtenidos en ambas pruebas, TVPS-3 y VMI-3 en pacientes ET con y sin estereopsis (no se incluyeron los pacientes con ET disociada) en ambas categorías, hombres y mujeres con el análisis de varianza de un factor. Se encontraron diferencias significativas entre hombres y mujeres al analizar las respuestas obtenidas en el rendimiento básico y procesamiento complejo que se ilustran en las gráficas que se presentan en las Figuras 3-8 y 3-9.



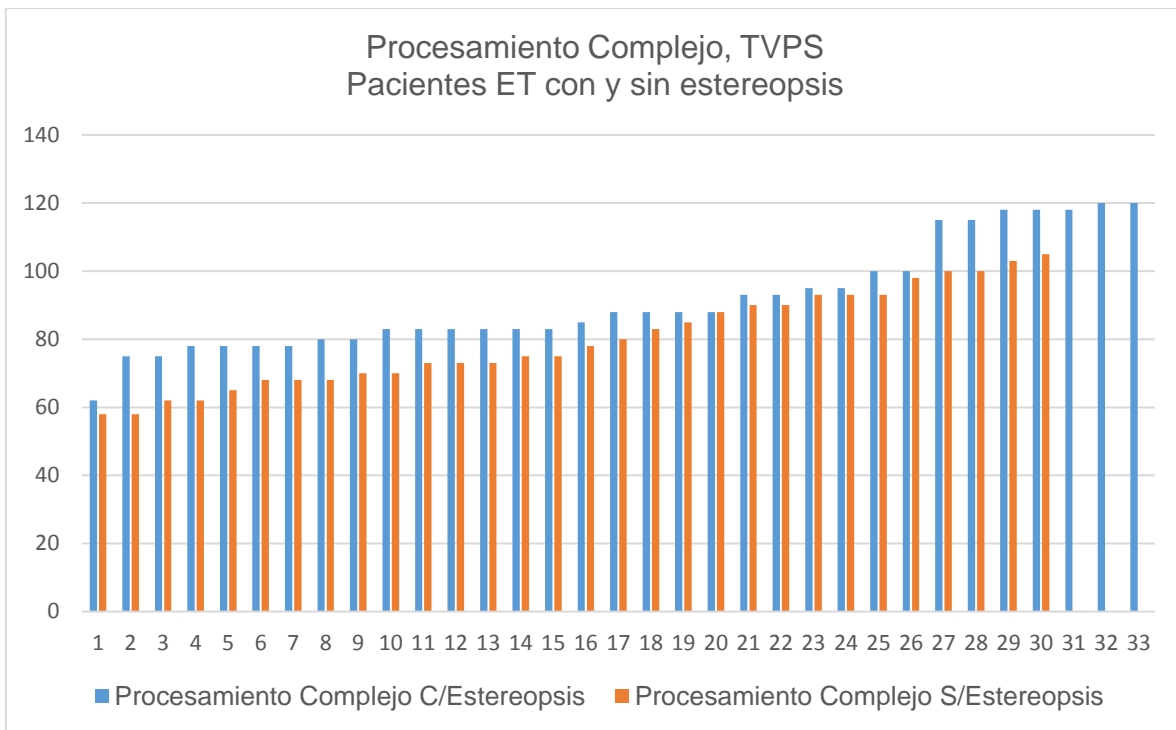
**Figura 3-8.** Se presenta la gráfica de los valores obtenidos en el rendimiento básico de TVPS-3 en pacientes ET (hombres y mujeres) en presencia y ausencia de estereopsis. En azul están los valores de las respuestas obtenidas en pacientes con estereopsis y en naranja sin estereopsis. De la gráfica se puede constatar que los pacientes con estereopsis obtuvieron resultados mayores que los pacientes sin estereopsis con  $p= 0.002673$  ( $p<0.05$ ).

En la gráfica que se muestra en la Figura 3-8 se presentan los valores obtenidos en puntajes estándar de los pacientes ET con estereopsis (azul) y sin estereopsis (naranja) para el rendimiento básico. Con una probabilidad de  $p=0.002673$ . Los pacientes con estereopsis obtuvieron mejores resultados que los pacientes sin estereopsis. Además, se puede observar cierta oscilación en las respuestas de ambos grupos, con fluctuaciones continuas a lo largo de la gráfica.

La Tabla 3-3 presenta los valores promedios obtenidos en ambos grupos, siendo el valor del grupo con estereopsis más alto comparado con el del grupo sin estereopsis. A pesar de las diferencias encontradas, los resultados se encuentran dentro de una desviación estándar respetando el intervalo de confianza establecido para el estudio ( $\alpha=0.05$ ).

**Tabla 3-3. Resumen del análisis de los promedios obtenidos al comparar los pacientes ET con y sin estereopsis para el rendimiento básico de la prueba TVPS-3.**

Resumen				
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Básico				
C/Estereopsis	33	3176	96.24242	154.3144
Básico				
S/Estereopsis	30	2603	86.76667	132.4609



**Figura 3-9.** Esa figura presenta la gráfica de los valores obtenidos en el procesamiento complejo de TVPS-3 en pacientes ET (hombres y mujeres) en presencia y ausencia de estereopsis. En azul están los valores de las respuestas obtenidas en pacientes con estereopsis y en naranja sin estereopsis. De la gráfica se puede constatar que los pacientes con estereopsis obtuvieron resultados mayores que los pacientes sin estereopsis con  $p= 0.00324495$  ( $p<0.05$ ).



**Tabla 3-4. Resumen del análisis de los promedios obtenidos al comparar los pacientes ET con y sin estereopsis para la habilidad de procesamiento complejo de la prueba TVPS-3.**

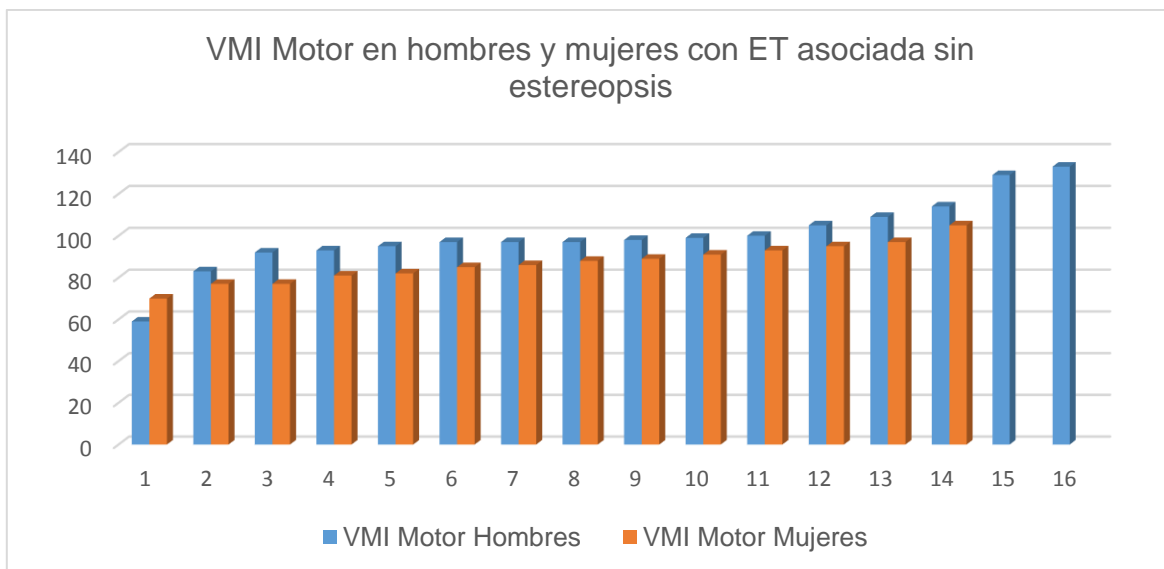
Resumen

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
P. Complejo C/Estereopsis	33	3019	91.4848485	248.195076
P. Complejo S/Estereopsis	30	2397	79.9	198.506897

La gráfica en la Figura 3-9 sirve para comparar los resultados de la habilidad del procesamiento complejo compuesta por la figura-fondo y el cierre visual en pacientes ET con y sin estereopsis. Como se puede observar de la misma gráfica y del resumen del análisis presentado en la Tabla 3-4, los pacientes ET con estereopsis se encuentran dentro de una desviación estándar mientras los ET sin estereopsis caen dentro de dos desviaciones estándares de la media ( $\alpha=0.05$ ), obteniéndose una diferencia importante en cuanto a las habilidades de procesamiento cognitivo-ejecutivo de alta jerarquía.

Al comparar las habilidades visuo-motoras (VMI Motor y General) no se encontraron diferencias significativas entre los pacientes ET con y sin estereopsis ( $p=0.8109055 / 034382661$ ) respectivamente.

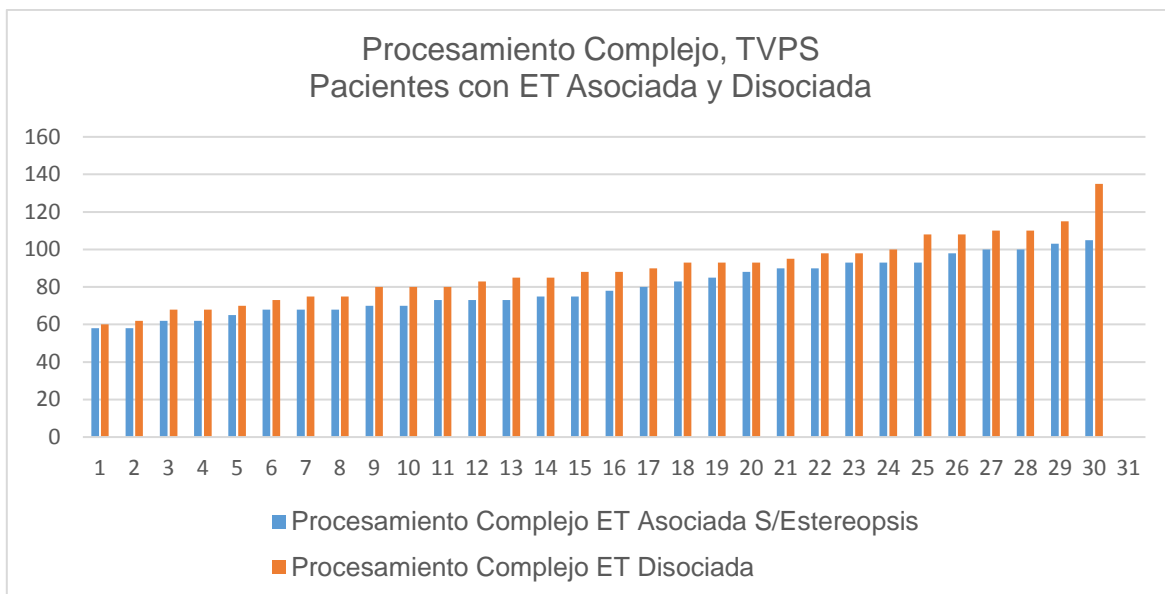
Posteriormente, se analizaron y se compararon los resultados de las pruebas de TVPS-3 y VMI-3 en pacientes con ET asociada, sin estereopsis. Los únicos datos significativos se obtuvieron en la prueba VMI Motora (observar la gráfica en la Figura 3-10) donde los varones estuvieron en la media ( $\mu= 100$ ) respecto a las mujeres ( $\mu= 86.857$ ), con una desviación estándar por debajo de la media, donde  $p= 0.01581667$  ( $p<0.05$ ).



**Figura 3-10.** En esa figura se presenta una gráfica que muestra los valores obtenidos en pacientes con ET asociada en el VMI Motor en ausencia de estereopsis. Hay un comportamiento variable en cuanto a los valores obtenidos en ambos grupos analizados. Sin embargo, los niños (en color azul), obtienen valores más altos que las niñas (en color naranja).

Por otra parte, se analizaron y se compararon los resultados obtenidos en las pruebas de TVPS-3 y VMI-3 en los pacientes con ET asociada y disociada en ausencia de estereopsis. Como se mencionó en el marco teórico, a pesar de la falta de estereopsis, los pacientes con ET disociada presentan disfunciones corticales mayores que los pacientes con ET asociada, a causa de la falta de conectividad interhemisférica en ese tipo de estrabismo. De esta manera, se quiso comprobar si los resultados de las pruebas de la imagen (mapeo cerebral digitalizado y neurometrías) coinciden con los resultados obtenidos en la práctica clínica a través de la evaluación visuo-perceptual y visuo-motora de estos pacientes.

Después del análisis de las habilidades de TVPS-3 y VMI-3 en pacientes con ET asociada y disociada sin estereopsis se encontraron diferencias significativas solo en el área del procesamiento complejo del TVPS-3 y el VMI general.



**Figura 3-11.** En esa figura se despliega una gráfica de los valores encontrados en pacientes con ET asociada (en color azul) y disociada (en color naranja) en el área del procesamiento complejo de TVPS-3 en ausencia de estereopsis. Los valores obtenidos y convertidos en puntajes estándar tienen un mejor comportamiento en los pacientes con ET disociada con  $p=0.03090975$  ( $p<0.05$ ).

Los pacientes con ET disociada muestran un rendimiento mejor que los pacientes con ET asociada sin estereopsis en el procesamiento complejo de TVPS-3. Es importante destacar que los pacientes centrales con ET disociada obtuvieron las mejores respuestas. El resumen del análisis se presenta en la Tabla 5, de la cual podemos observar que los pacientes se encuentran dentro de una y dos desviaciones estándares por debajo de la media para las ET disociadas y asociadas respectivamente, estando dentro de los rangos normales para su edad.

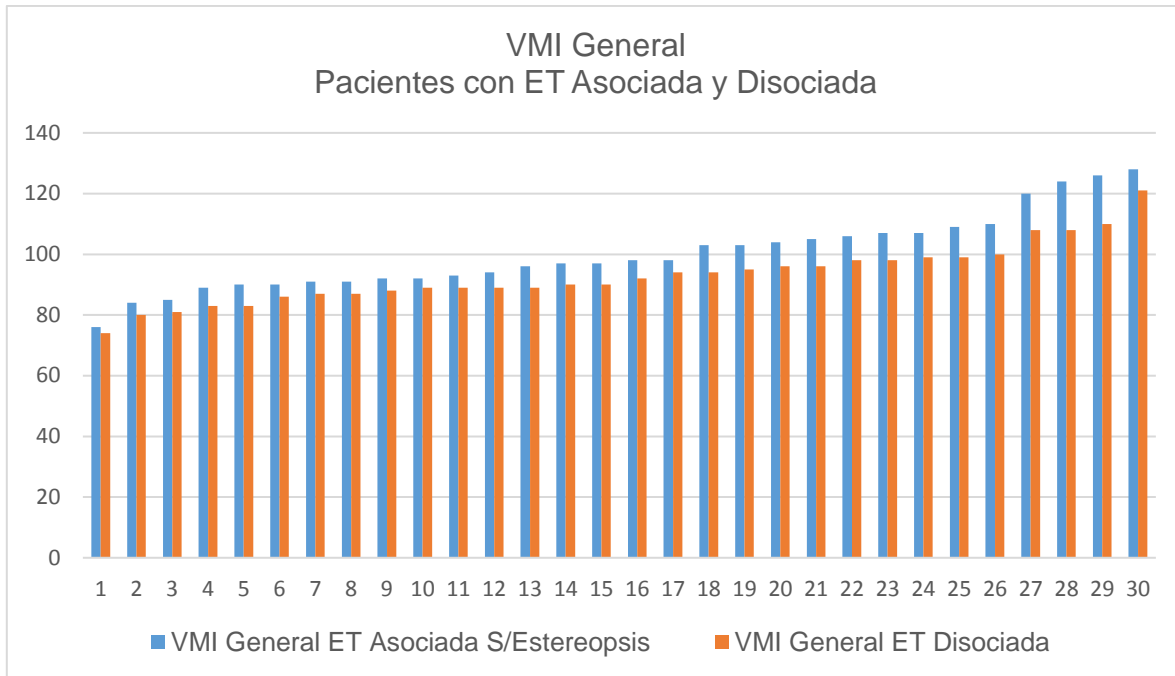
Las gráficas localizadas en las Figuras 3-11 y 3-12 presentan los valores de las respuestas obtenidas y convertidas en puntajes estándar en el área del procesamiento complejo y VMI general respectivamente en los pacientes con ET asociada y disociada.

**Tabla 3-5. Resumen del análisis de los promedios obtenidos al comparar los pacientes con ET asociada y disociada sin estereopsis correspondiente a la habilidad de procesamiento complejo de la prueba TVPS-3.**

Resumen

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
P. Complejo ET Asociadas S/Estereopsis	30	2397	79.9	198.506897
P. Complejo ET Disociadas	30	2666	88.8666667	294.395402

La gráfica que se presenta en la Figura 3-12, indica que los valores de los resultados obtenidos y convertidos en puntajes estándar en la prueba de VMI general en pacientes con ET asociada y disociada, donde los resultados se invierten y los primeros muestran un rendimiento mejor que los segundos con  $p=0.01872267$  ( $p<0.05$ ). Los pacientes con ET asociada están en la media mientras los pacientes con ET disociada están una desviación estándar por debajo de la media para la misma población. Sin embargo, ambos grupos se encuentran dentro de la curva de normalidad con  $\alpha= 0.05$ . La Tabla 3-6 resume el análisis de los promedios obtenidos al comparar los pacientes con ET asociada y disociada sin estereopsis para el VMI General.



**Figura 3-12.** Gráfica donde pueden compararse los valores encontrados en pacientes con ET asociada (en color azul) y disociada (en color naranja) en ausencia de estereopsis en el VMI General. Los valores obtenidos y convertidos en puntajes estándar son ligeramente mejores en los pacientes con ET asociada con  $p=0.01872267$  ( $p<0.05$ ).

**Tabla 3-6. Resumen del análisis de los promedios obtenidos al comparar los pacientes con ET asociada y disociada sin estereopsis para el VMI General.**

Resumen

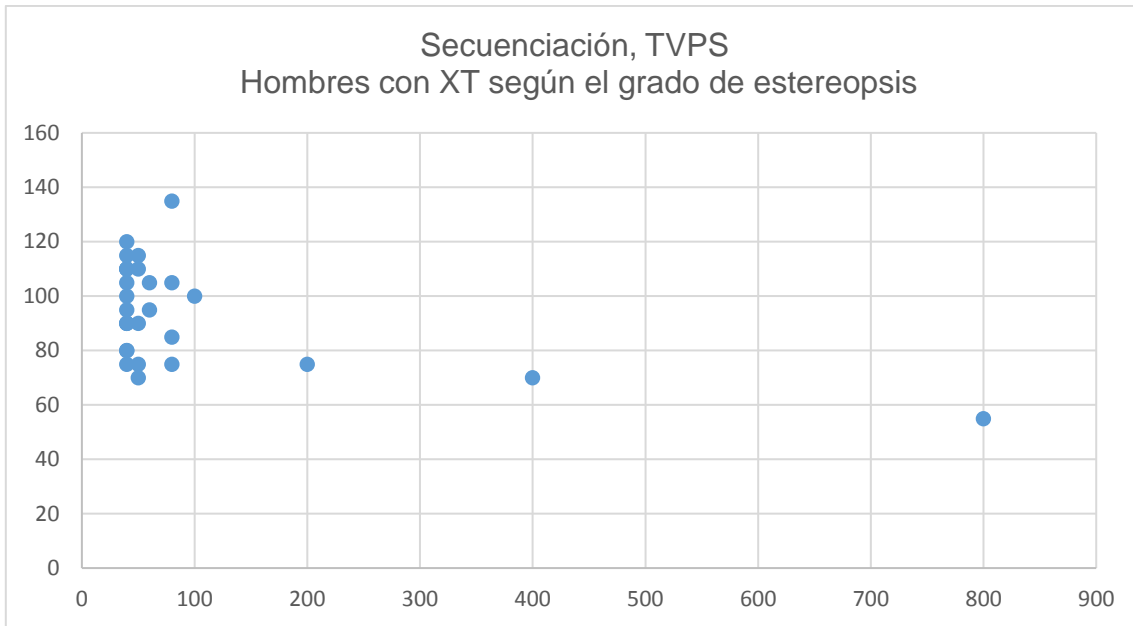
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
VMI General ET Asociada S/Estereopsis	30	3005	100.166667	158.764368
VMI General ET Disociadas	30	2793	93.1	97.2655172

Después de analizar las ET, se continuó con el mismo análisis y el mismo procedimiento para los pacientes con XT. En los pacientes con XT se observaron menos diferencias entre hombres y mujeres, entre pacientes con estereopsis y sin estereopsis. Podríamos considerar estos resultados como más homogéneos.

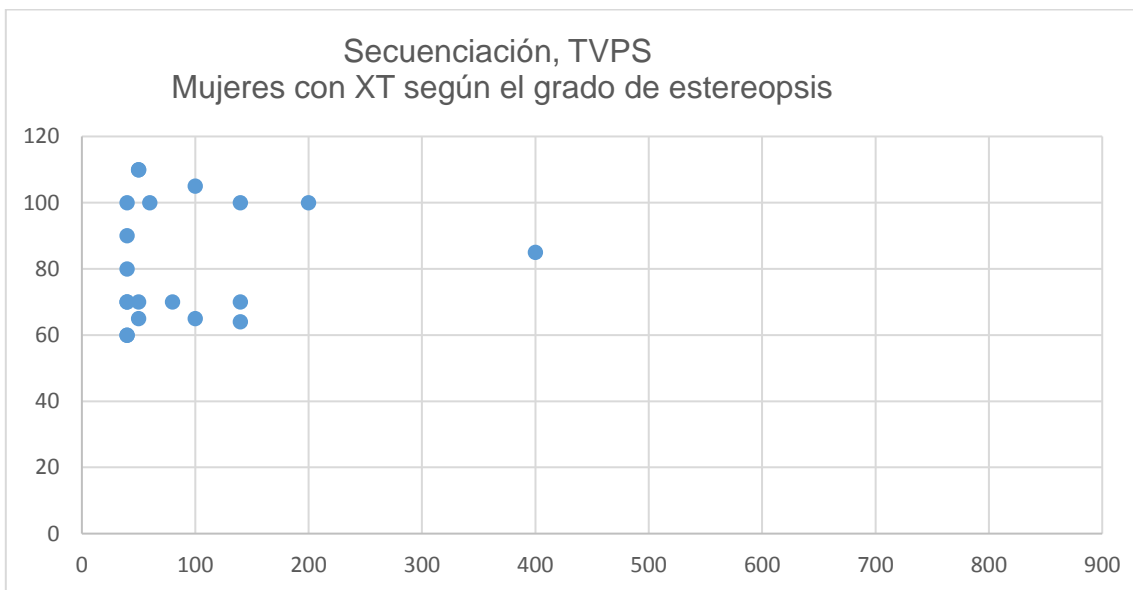
Se encontraron diferencias entre hombres y mujeres en la habilidad de memoria secuencial (secuenciación) de la prueba TVPS-3, donde los hombres obtuvieron promedios más altos que las mujeres (94.13793103 versus 82.2 respectivamente), con  $p= 0.00327061$  ( $p<0.05$ ). A pesar de la diferencia, ambos grupos están dentro del intervalo de confianza establecido para el estudio ( $\alpha=0.05$ ).

Las gráficas en las Figuras 3-13 y 3-14 presentan la correlación que existe entre el grado de estereopsis y la habilidad de secuenciación en hombres y mujeres respectivamente. Los valores obtenidos en el grupo de los hombres muestran una tendencia descendente a partir de 100 segundos de arco. Sin embargo, no hay una correlación entre el grado de estereopsis y la respuesta obtenida en la prueba de memoria visual secuencial entre 40-100 segundos de arco. De la gráfica podemos observar que para el mismo grado de estereopsis se obtienen diferentes valores en la respuesta de la prueba realizada. El grupo de las mujeres presenta valores más heterogéneos y sin una tendencia que pudiera servir para correlacionar las dos variables entre ellas.

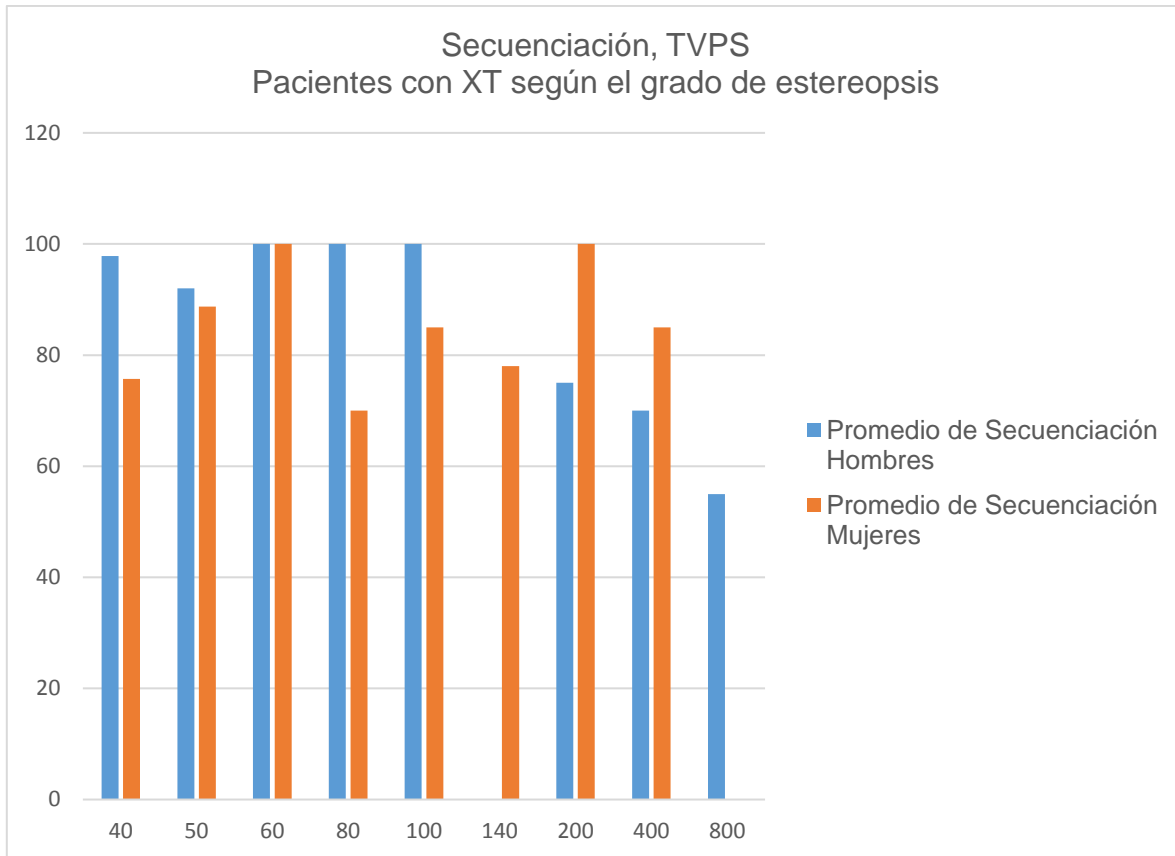
La gráfica en la Figura 3-15 presenta los valores del promedio de los pacientes hombres y mujer en la prueba de memoria visual secuencial, donde los hombres (en azul) y las mujeres (naranja) dan respuestas ligeramente diferentes, ambos grupos caen dentro de una y dos desviaciones estándar de la media respectivamente. Sin embargo, los hombres obtienen valores más cercanos a la media que las mujeres, con  $\mu= 94.3$  contra  $\mu= 82.2$ .



**Figura 3-13.** Gráfica de dispersión que presenta los valores encontrados en la prueba de memoria secuencial del TVPS-3 en pacientes hombres con XT según estereopsis. En el eje horizontal (x) viene representado el valor de estereopsis, mientras que en el eje vertical (y) se muestra el valor obtenido en la prueba. No se puede correlacionar el resultado de la prueba y el grado de estereopsis. Las respuestas de la prueba de memoria secuencial se encuentran entre 70-120 para estereopsis de 40-100 segundos de arco.



**Figura 3-14.** Gráfica de dispersión que presenta la correlación entre los valores encontrados en la prueba de memoria secuencial del TVPS-3 en pacientes mujeres con XT según estereopsis. En el eje horizontal (x) viene representado el valor de estereopsis, mientras que en el eje vertical (y) se muestra el valor obtenido en la prueba. No se puede correlacionar significativa el resultado de la prueba y el grado de estereopsis. Las respuestas de la prueba de memoria secuencial se encuentran entre 60-110 para estereopsis de 40-200 segundos de arco.



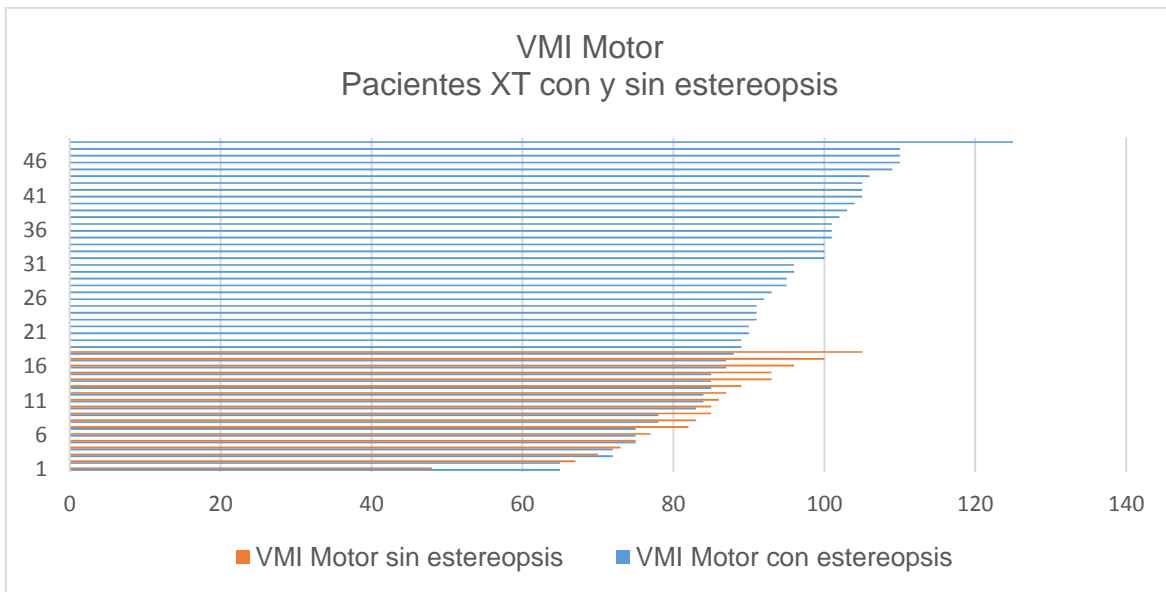
**Figura 3-15.** Presenta los valores de los promedios en pacientes hombres y mujeres en la prueba de memoria visual secuencial, TVPS-3, donde los hombres (en azul) y las mujeres (en naranja) presentan diferencias significativas con  $p= 0.00451457$  ( $p<0.05$ ). Promedio  $\mu= 94.3$  en hombres versus  $\mu= 82.2$  en mujeres.

Otra diferencia significativa se obtuvo al comparar el rendimiento de los pacientes XT con y sin estereopsis en la prueba VMI Motor, donde  $p= 0.01230745$  ( $p<0.05$ ). La Tabla 3-7 presenta el resumen de los promedios de ambos grupos. El rendimiento motor en pacientes con estereopsis alcanzó la media. Sin embargo, los valores de ambos grupos caen dentro de la campana de normalidad para el intervalo de confianza establecido en dicho estudio.



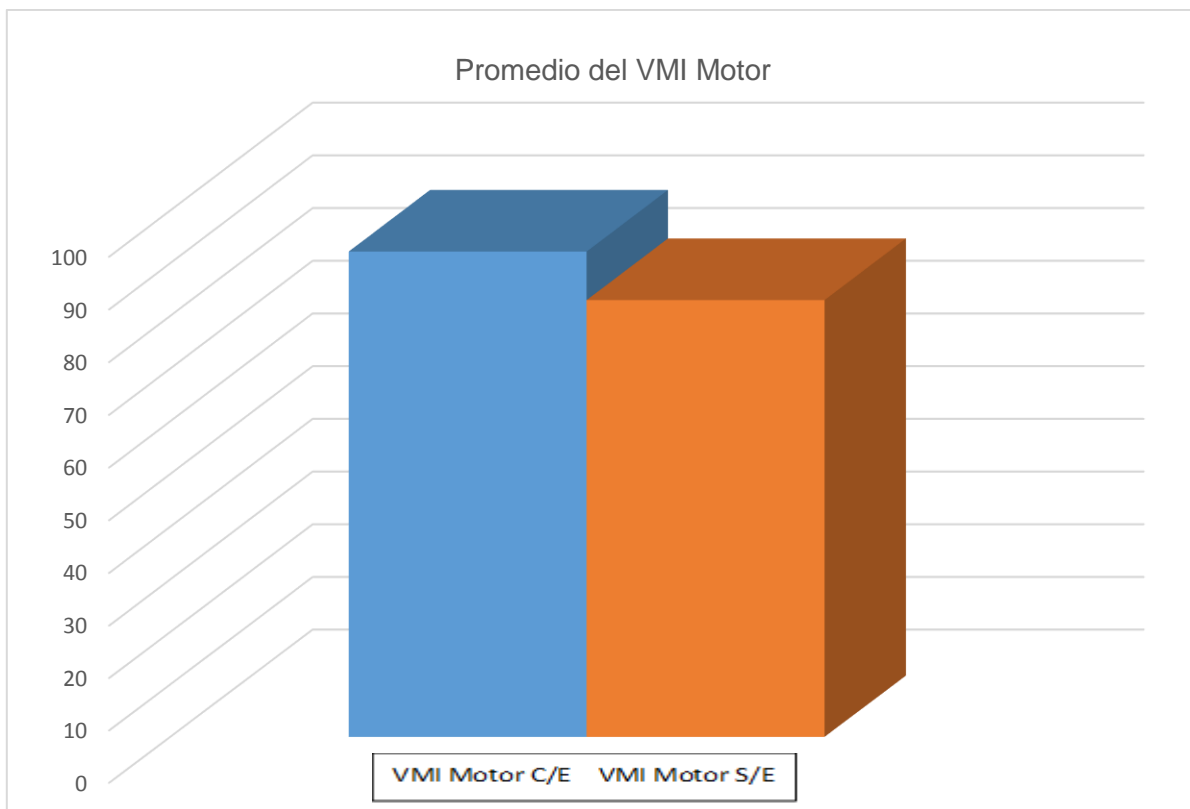
**Tabla 3-7. Resumen del análisis de los promedios obtenidos al comparar los pacientes XT con y sin estereopsis para el VMI Motor.**

Resumen				
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Motor Con Estereopsis	49	4518	92.20	163.957483
Motor Sin Estereopsis	18	1494	83	180.117647



**Figura 3-16.** Presenta los valores obtenidos en la prueba VMI Motor de cada paciente XT con y sin estereopsis, donde en presencia de estereopsis, el rendimiento es más alto, con  $p= 0.01230745$  ( $p<0.05$ ). Sin embargo, considerando el tamaño diferente en ambos grupos, no se puede concluir que la presencia de estereopsis afecte el rendimiento visuo-motor.

En las Figuras 3-16 y 3-17, se ilustran los valores obtenidos de cada paciente con XT y estereopsis y XT sin estereopsis y el valor promedio de cada grupo. Se observa que en presencia de estereopsis el rendimiento VMI Motor es más alto. Cabe mencionar que el grupo de los pacientes sin estereopsis era menor en número que el grupo con estereopsis, considerando la habilidad de los pacientes con XT a fusionar por lo menos en una distancia. Considerando el tamaño diferente en ambos grupos, no se puede concluir que la presencia de estereopsis afecte significativamente el rendimiento visuo-motor.



**Figura 3-17.** Presenta los promedios obtenidos en la prueba VMI Motor los pacientes XT con y sin estereopsis, donde en presencia de estereopsis, el rendimiento es más alto, con  $p= 0.01230745$  ( $p<0.05$ ). Ambos grupos presentan un comportamiento muy parecido.

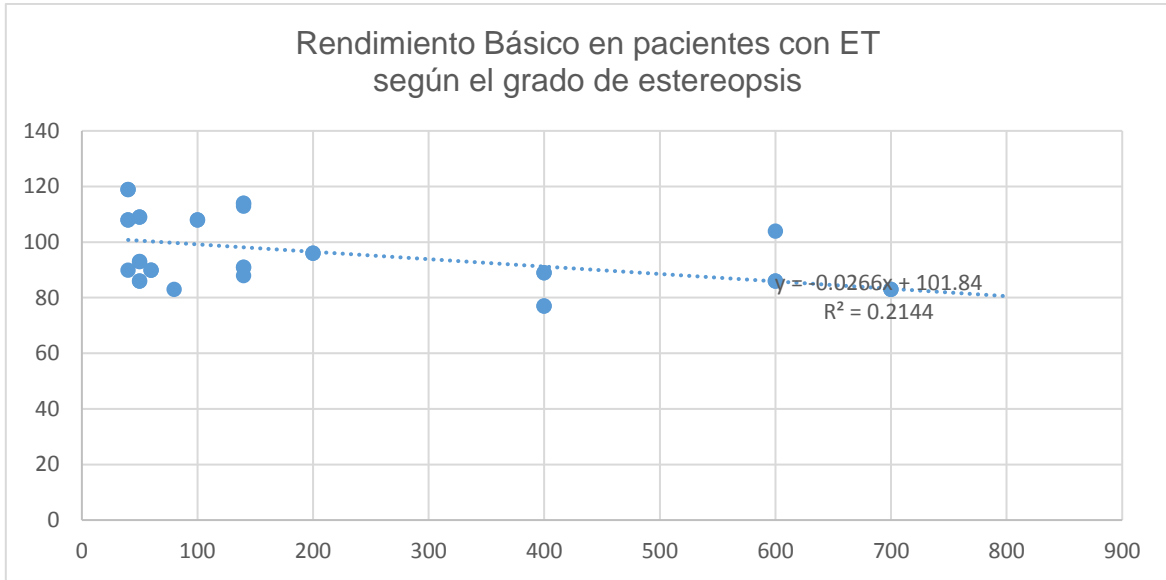
Al terminar la comparación dentro del estrabismo del mismo tipo (ET/XT), se comparó entre ellos con la finalidad de detectar alguna diferencia en cuanto al comportamiento de los pacientes (hombres y mujeres juntos) en las pruebas visuo-perceptuales y visuo-motoras. Se compararon las habilidades TVPS-3 y VMI-3 primero en todos los pacientes ET y XT con algún grado de estereopsis y luego sin estereopsis. Al final se compararon los pacientes ET y XT que presentaron algún grado de estereopsis con los pacientes sin estereopsis.

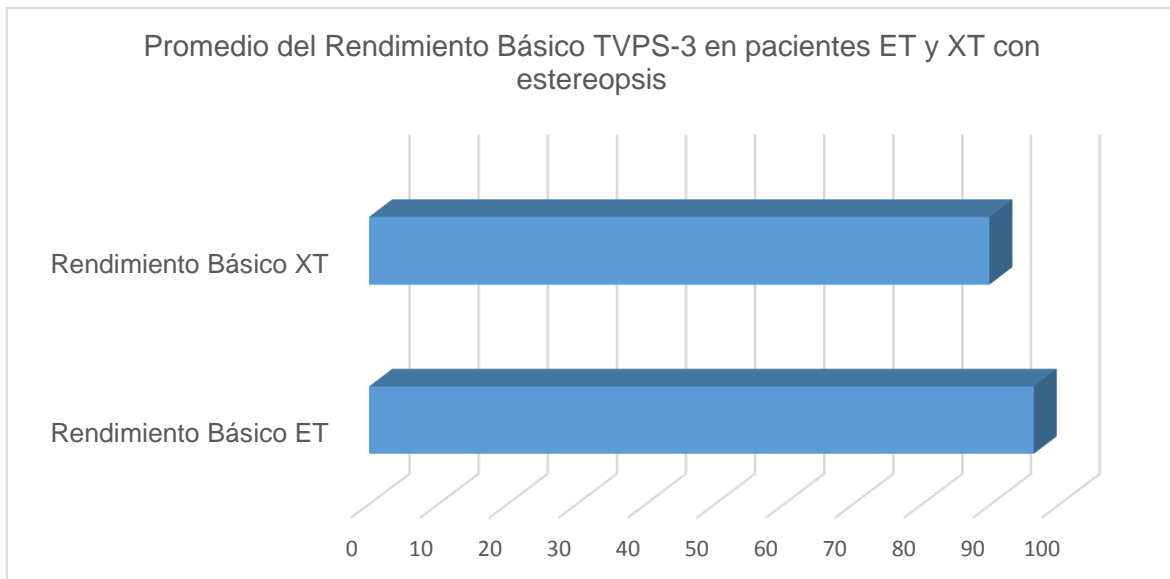
Los datos obtenidos fueron muy parecidos, con pocas diferencias entre ambos tipos de estrabismo. Se obtuvieron diferencias en el rendimiento básico tanto en pacientes ET y XT con estereopsis, así como en los pacientes sin estereopsis. La habilidad del procesamiento complejo también presentó diferencias en los pacientes sin estereopsis. A pesar de las diferencias

encontradas, ambos grupos, obtuvieron resultados que caen dentro de la curva de normalidad con  $\alpha=0.05$  establecido para este estudio.

La gráfica que se muestra en la Figura 3-18, presenta la distribución de los resultados en los pacientes ET de ambos géneros, según el grado de estereopsis mientras que la gráfica en la Figura 3-19, representa los pacientes con XT. La gráfica en la Figura 3-20, permite comparar los promedios de ambos grupos.

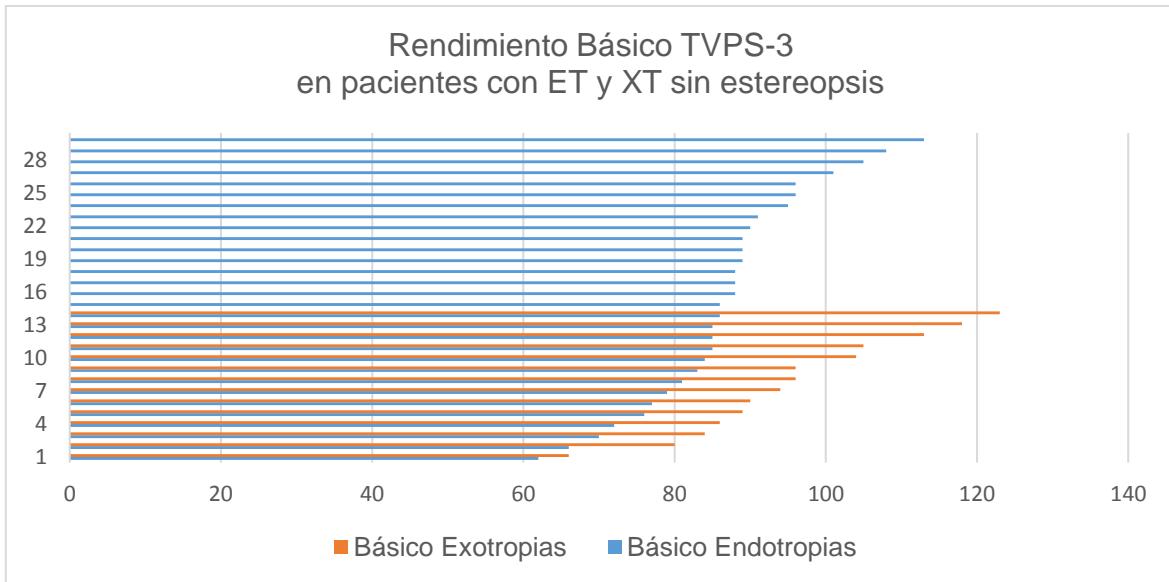
Los valores obtenidos en las sub-pruebas de TVPS-3 que incluye el rendimiento básico tienden a seguir más la línea de tendencia en los pacientes con ET ( $R^2= 0.2144$ ), sin embargo no es posible relacionarlo con el grado de estereopsis. Los pacientes con XT presentan valores concentrados en el primer intervalo de estereopsis ( $R^2=0.1246$ ), de 20 a 100 segundos de arco, los cuales no se correlacionan con el grado de estereopsis. Podíamos decir que los cambios de los valores en ambos grupos se ajustan más a un polinomio que a una línea recta. Los valores son más fluctuantes en el primer intervalo de estereopsis (20 a 100 segundos de arco) y siguen más la tendencia de la media a partir de 200 segundos de arco. Las diferencias entre ambos grupos presentan un nivel de significancia de  $p= 0.01771486$  ( $p<0.05$ ) obtenida con la prueba de T pareada.



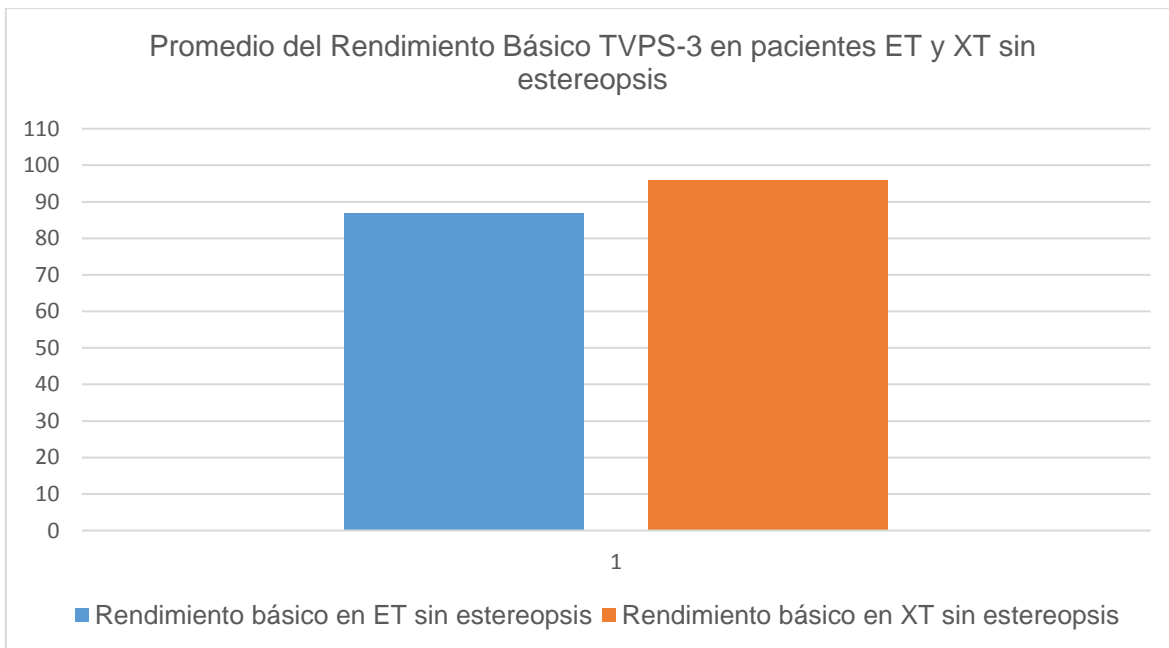


**Figura 3-20:** Gráfica de promedios para los valores obtenidos en pacientes XT y ET con estereopsis, de ambos géneros en el rendimiento básico de TVPS-3. Los pacientes con ET presentan un promedio más alto que los pacientes con XT, 96.24 y 89.77 respectivamente, donde  $p= 0.01771486$  ( $p<0.05$ ).

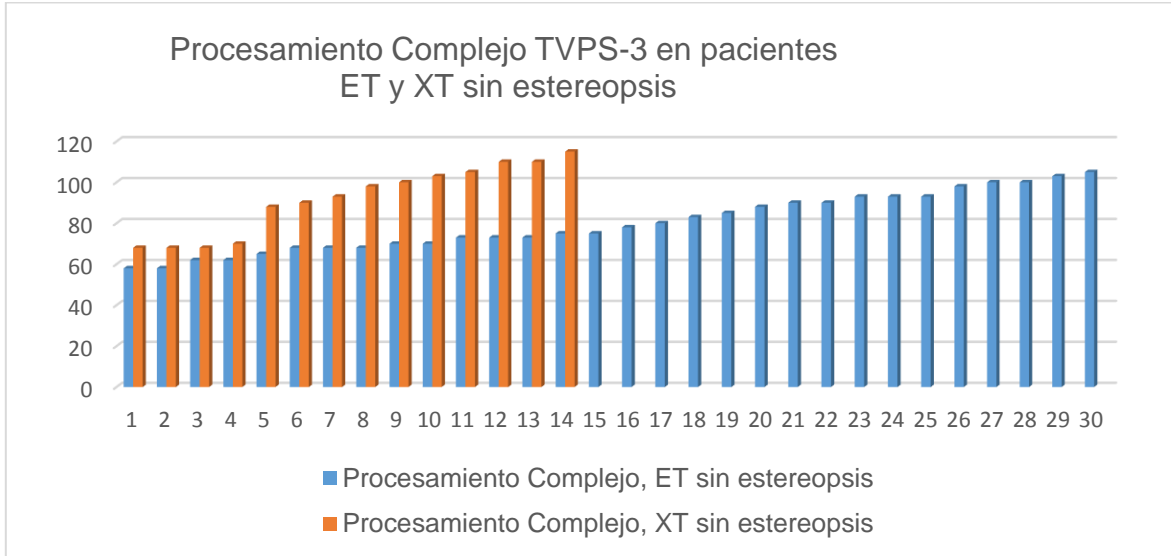
El rendimiento básico presentó cambios de interés también en los pacientes ET y XT sin estereopsis, con  $p= 0.03236537$  ( $p<0.05$ ). En la gráfica que se muestra en la Figura 3-21 se presentan los valores obtenidos en el área de rendimiento básico de cada paciente con ET y XT sin estereopsis, donde los pacientes con XT obtienen resultados mejores que los pacientes con ET. Cabe mencionar que los pacientes con ET son el doble en número en comparación con los pacientes con XT.



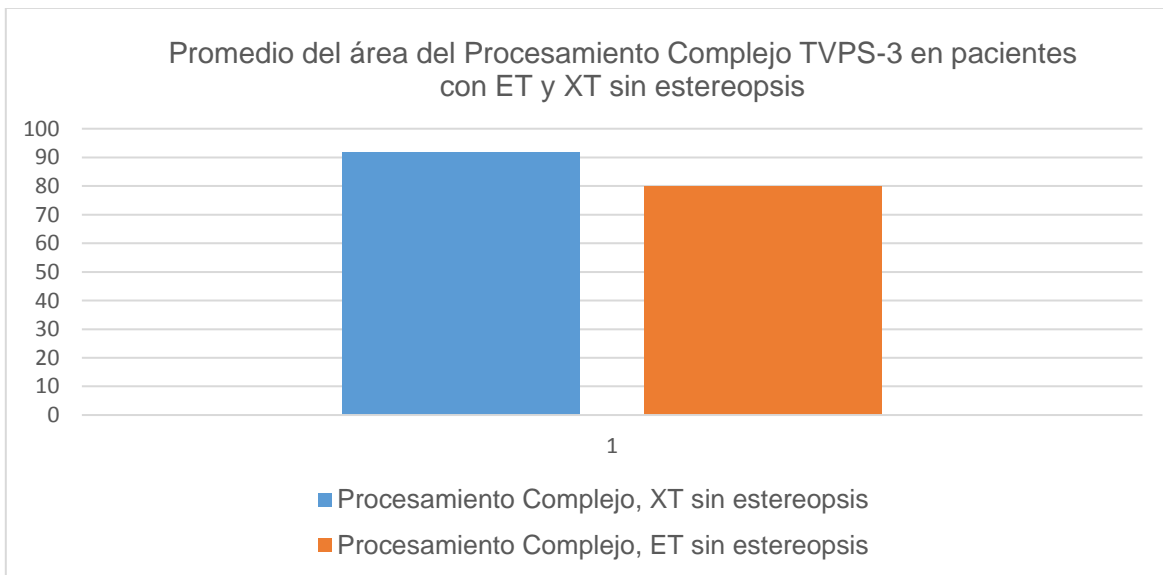
**Figura 3-21.** Gráfica de valores obtenidos en pacientes XT (en color naranja) y ET (en color azul) de ambos géneros en el rendimiento básico de TVPS-3 en ausencia de estereopsis. Se puede constatar claramente que los pacientes con XT presentaron mejores resultados que los pacientes con ET con  $p= 0.03236537$  ( $p<0.05$ ) a pesar de las diferencias en el tamaño de la muestra.



**Figura 3-22.** Gráfica de promedios correspondiente a los valores obtenidos en pacientes XT (en color naranja) y ET (en color azul) de ambos géneros en el rendimiento básico de TVPS-3 sin estereopsis. Los pacientes con XT presentan un promedio más alto que los pacientes con ET, 96 y 86.76 respectivamente, donde  $p= 0.03236537$  ( $p<0.05$ )



**Figura 3-23.** Gráfica de valores obtenidos en pacientes XT (en color naranja) y ET (en color azul) de ambos géneros en el área del procesamiento complejo de TVPS-3 en ausencia de estereopsis. Los pacientes con XT presentaron mejores resultados que los pacientes con ET con  $p= 0.0185764$  ( $p<0.05$ ). A pesar de las diferencias en el tamaño de la muestra, se puede destacar el rendimiento de los pacientes con XT.



**Figura 3-24.** Gráfica de promedios para los valores obtenidos en pacientes XT (en color azul) y ET (en color naranja) de ambos géneros en el rendimiento básico de TVPS-3 sin estereopsis. Los pacientes con XT presentan un promedio más alto que los pacientes con ET, 91.85 y 79.9 respectivamente, donde  $p= 0.0185764$  ( $p<0.05$ )

Otra habilidad que suscitó interés a la hora de comparar los pacientes con ET y XT sin estereopsis fue el procesamiento complejo que incluye las sub-pruebas de figura-fondo y cierre visual. Los pacientes con XT obtuvieron valores más altos en esta área donde  $p = 0.0185764$  ( $p < 0.05$ ). Sin embargo, cabe especificar que hubo solo 14 pacientes XT contra 30 pacientes con ET (gráficas localizadas en las Figuras 3-23 y 3-24).

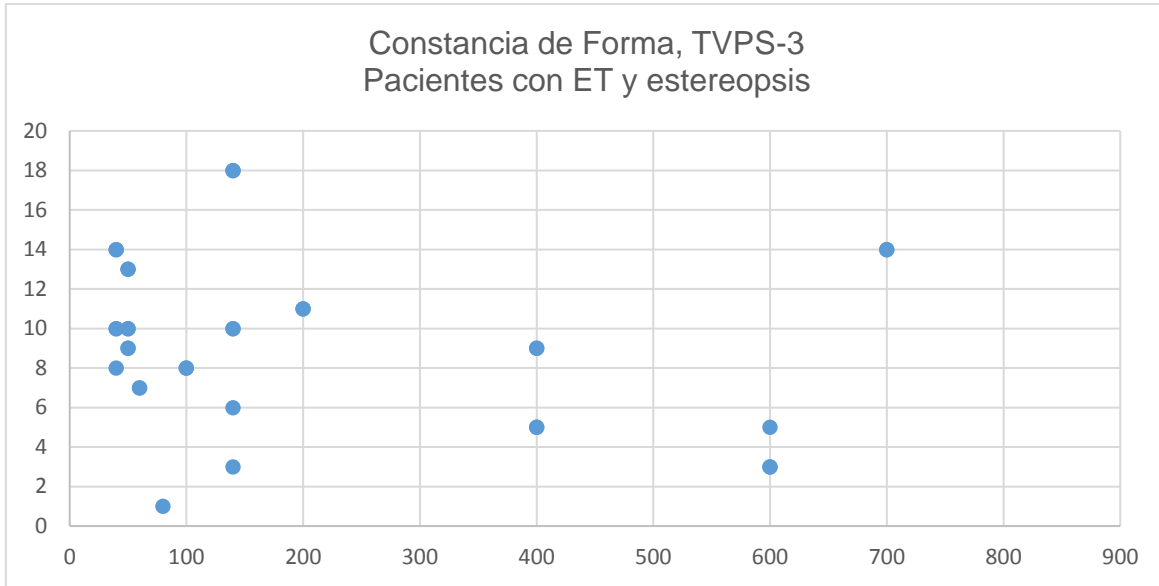
En la última fase del análisis estadístico, se analizaron las 7 sub-pruebas del TVPS-3 de manera individual. Se agruparon de nuevo los pacientes según el tipo de desviación (ET y XT) y la presencia o ausencia de estereopsis de ambos géneros.

No se encontraron diferencias significativas al comparar los pacientes con ET y XT en cada una de las sub-pruebas. El único dato que destaca es la habilidad de constancia de forma, en pacientes con estereopsis. Se encontró diferencia significativa en los resultados obtenidos, donde los pacientes con ET obtuvieron valores más altos que los pacientes con XT ( $p = 0.01280106$ ).

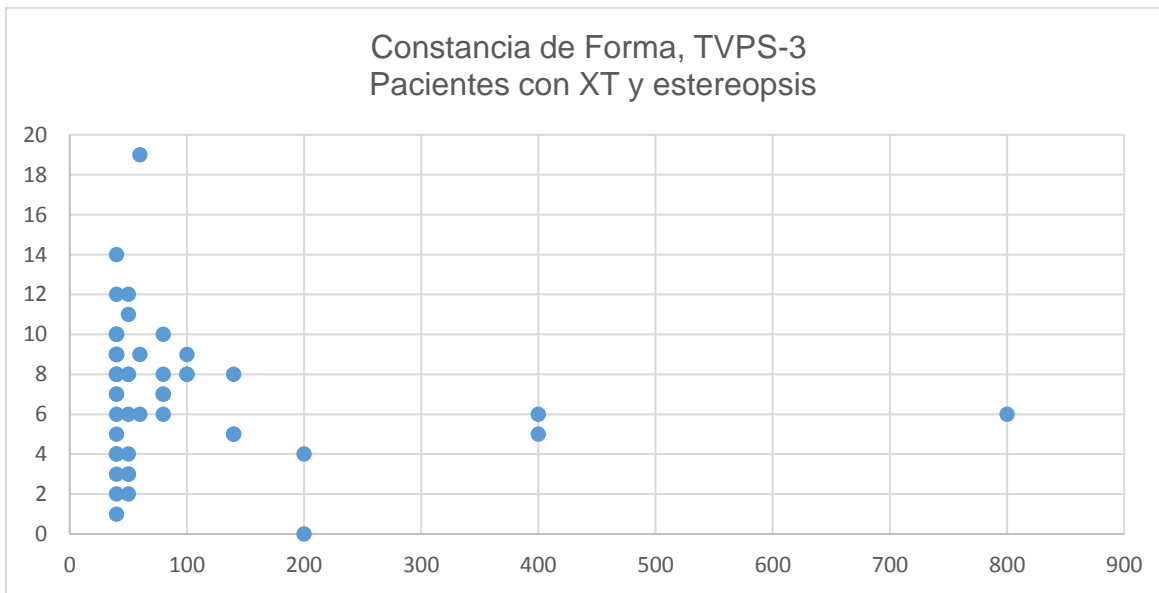
La gráfica que se presenta en la Figura 3-25 muestra la distribución de valores obtenidos en la sub-prueba de constancia de forma en los pacientes con ET según el grado de estereopsis. Los valores no se pueden relacionar con la cantidad de estereopsis ( $R^2 = 0.0342$ ).

Lo mismo se puede decir sobre la dispersión de los valores obtenidos en la sub-prueba de constancia de forma en los pacientes XT con estereopsis (gráfica localizada en la Figura 3-26). Para la misma cantidad de estereopsis se obtuvieron valores muy diferentes como respuesta. El valor de  $R^2$  es muy cercano a cero, motivo por el cual no se puede correlacionar el valor de la respuesta obtenida con el grado de estereopsis.

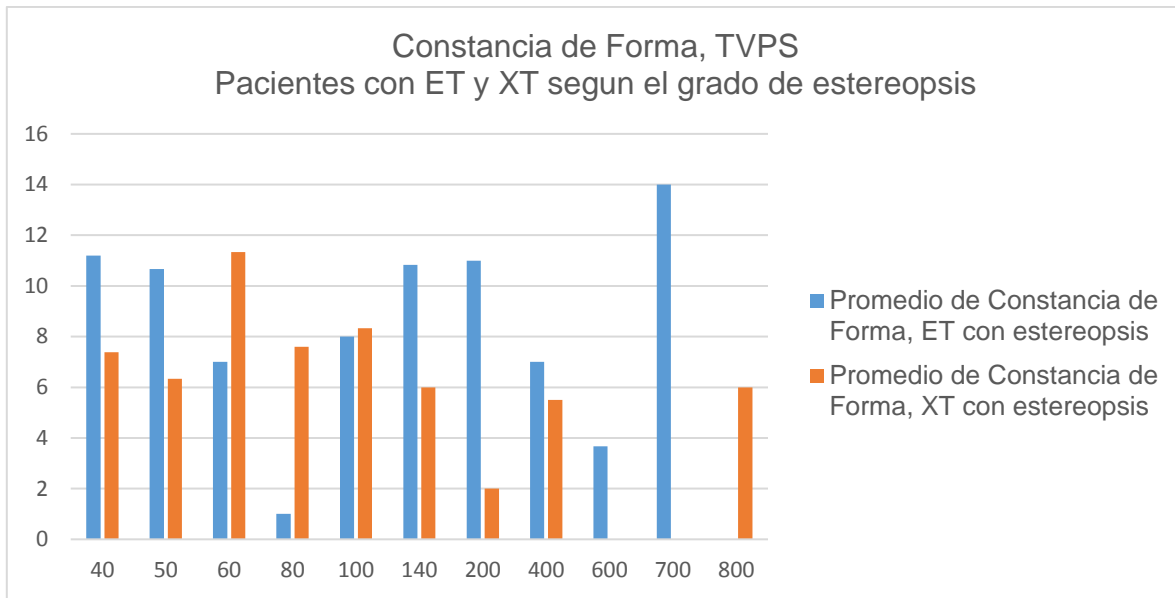




**Figura 3-25.** Presenta la dispersión de los valores obtenidos en la sub-prueba de constancia de forma en los pacientes con ET y estereopsis de ambos géneros. En el eje horizontal (x) viene representado el valor de estereopsis, mientras que en el eje vertical (y) se muestra el valor obtenido en la prueba. Por la heterogeneidad de las respuestas, los valores no se pueden establecer ninguna relación con la cantidad de estereopsis.



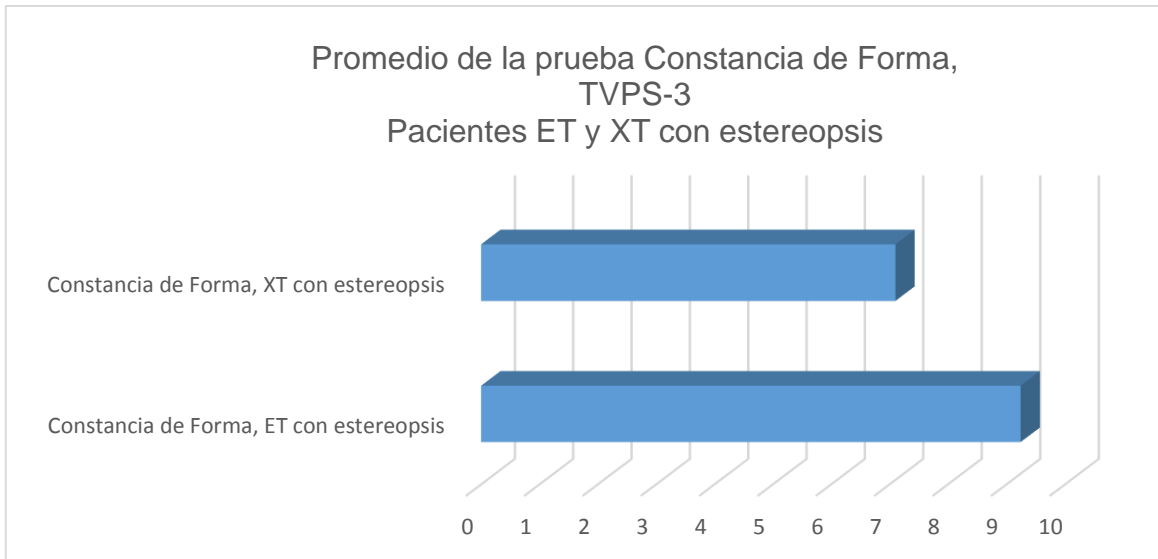
**Figura 3-26.** Gráfica que presenta la dispersión de los valores obtenidos en la sub-prueba de constancia de forma en los pacientes con XT y estereopsis de ambos géneros. En el eje horizontal (x) viene representado el valor de estereopsis, mientras que en el eje vertical (y) se muestra el valor obtenido en la prueba. Los valores no se pueden correlacionar con la cantidad de estereopsis por la heterogeneidad de las respuestas en pacientes con el mismo grado de estereopsis (40-150 segundos de arco).



**Figura 3-27.** Se muestra la gráfica de los promedios de los valores obtenidos en pacientes XT (en color naranja) y ET (en color azul) de ambos géneros en la sub-prueba de constancia de forma, TVPS-3 según el grado de estereopsis. Los pacientes con ET presentaron mejores resultados que los pacientes con XT con  $p= 0.01280106$  ( $p<0.05$ )

La gráfica localizada en la Figura 3-27 presenta los promedios de los valores obtenidos en pacientes XT y ET de ambos géneros en la sub-prueba de constancia de forma, TVPS-3 según el grado de estereopsis. Los pacientes con ET presentaron mejores resultados que los pacientes con XT con  $p= 0.01280106$  ( $p<0.05$ ).

La gráfica en la Figura 3-28, presenta los promedios de los valores obtenidos en pacientes XT y ET de ambos géneros en la sub-prueba de constancia de forma, TVPS-3 con estereopsis. Los pacientes con ET presentan un promedio más alto que los pacientes con XT, estando más cerca de la media, 9.24 y 7.10 respectivamente, donde  $p= 0.01280106$  ( $p<0.05$ ).



**Figura 3-28.** Se muestra la gráfica de promedios para los valores obtenidos en pacientes XT y ET de ambos géneros en la sub-prueba de constancia de forma, TVPS-3 con estereopsis. Los pacientes con ET presentan un promedio más alto que los pacientes con XT, 9.24 y 7.10 respectivamente, donde  $p = 0.01280106$  ( $p < 0.05$ )

A pesar de las diferencias encontradas en los dos sub-tipos de estrabismos (ET y XT), los valores obtenidos en la constancia de forma, caen dentro de la curva de normalidad con  $\alpha = 0.05$  establecida para ese estudio.

#### 4. DISCUSION Y CONCLUSIONES

El estrabismo es una de las disfunciones del sistema visual que más ha intrigado al optometrista, tanto por las complicaciones que conlleva, así como por el reto que supone su tratamiento. Muchos autores han investigado los cambios en la eficacia visual en pacientes estrábicos; sin embargo, aún no se había investigado su impacto en las habilidades visuo-perceptuales y visuo-motoras.

Existen estudios previos sobre cambios corticales en pacientes con estrabismo y ambliopía, a través de electroencefalograma, neurometría y resonancia magnética funcional, donde se ha encontrado una disminución del volumen de la sustancia gris en adultos con estrabismo, en el área occipital y parietal, relacionadas con el proceso de la oculomotricidad. El aumento del volumen de la sustancia gris se ha detectado en el área visual frontal, área visual suplementaria, la corteza prefrontal y áreas subcorticales como el tálamo y los ganglios basales (Chan et al, 2004). Según los autores, este engrosamiento del volumen en las áreas occipitales y parietales es compatible con la hipótesis de la plasticidad de las regiones oculomotoras, para compensar las deficiencias corticales en las áreas de procesamiento visual. Otro estudio basado en resonancia magnética funcional (fMRI), reportó disminución de respuesta en las áreas V1, V2 y V3a, lo cual implica cambios funcionales tanto en la corteza estriada (V1), así como la corteza extraestriada (V2-V3a) (Barnes et al, 2001). Aún más, el espesor de la corteza temporal está disminuida y aumentado el de la corteza occipital, asociado con retraso en la información V1-V3 y desacople entre las áreas T1-T2 y T3 (2004; Gallegos-Duarte M, 2015a).

Es bien sabido que el área V3 tiene conexiones con el lóbulo parietal y la corteza temporal inferior, lo que da como resultado una representación visual completa del exterior. Cualquier modificación en esa área podría afectar tanto la vía dorsal, así como la vía ventral del procesamiento de la información visual.

Sin embargo, la vía visual ventral (área 21a), padece más alteraciones que la vía dorsal, esta situación se ha comprobado con estudios de técnicas de registros extracelulares en gatos con ambliopía estrábica (Schröder et al, 2002).

También se ha detectado cierto aumento en el grosor cortical y en la densidad eléctrica en la banda teta del giro angular en pacientes con estrabismo congénito. Esta área sirve como puente entre la información visual, las destrezas espaciales y el lenguaje. Las señales que se originan aquí se dirigen al área de Wernicke, la cual es imprescindible para entender el significado de las palabras escritas (Gallegos-Duarte, M 2010b, 2010). A través de estudios de neurometría, se ha demostrado cierta disminución de conexión intrahemisféricas en los lóbulos temporales, así como hipofunción en las conexiones Interhemisféricas entre lóbulos frontales y parietales, las cuales están relacionadas con la oculomotricidad, la memoria, el aprendizaje y los procesos cognitivos-ejecutivos de alto nivel (Gallegos-Duarte, M 2017)

Un punto importante de este estudio fue comparar ambos géneros para ver si hay diferencias entre ellos en cuanto al rendimiento visuo-perceptual e integración visuo-motora. Eso se hizo partiendo de estudios previos a través de técnicas de resonancias magnéticas, sobre las diferencias corticales estructurales y del conectoma entre hombres y mujeres. Los estudios han mostrado que el cerebro de los hombres tiene un 10% de volumen mayor que el de las mujeres. El aumento de la sustancia gris cortical refuerza la hipótesis que las diferencias entre géneros están relacionadas con diferencias en la densidad neuronal cortical. Sin embargo, estas diferencias disminuyen a partir de los 5 años de edad, pero cambios prominentes relacionados con la edad influyen en la maduración y remodelación del Sistema Nervioso Central. Según los autores, el coeficiente intelectual dependería del volumen de la sustancia gris, sobre todo la de los lóbulos prefrontales. Las partes subcorticales tendrían una relación menor que la sustancia gris en las variaciones del coeficiente intelectual (Reiss et al, 1996).

A través de la técnica de imagen de difusión, investigadores modelaron el conectoma estructural de hombres y mujeres, y reportaron que los hombres tienen mejores habilidades espaciales y motoras mientras las mujeres presentan mejor memoria y habilidades cognitivas sociales. El cerebro de los hombres está estructurado de tal manera que facilita la conectividad entre la percepción y los movimientos coordinados, mientras el de las mujeres facilita la comunicación entre los procesos intuitivos y analíticos (Ingalhalikar et al, 2014).

A través del estudio de resonancia magnética estructural, se encontraron cambios morfológicos en el lóbulo parietal entre hombres y mujeres, asociados con la habilidad de visualización y representación mental. Las mujeres tienen aumento del volumen de la sustancia gris y menor superficie, mientras los hombres tienen mayor superficie y menor volumen de sustancia gris, lo cual les da la ventaja de obtener mejores resultados en la habilidad de visualización y representación mental a través del test de rotación mental (Koscik et al, 2009). Durante la prueba, los hombres presentaron mayor activación del lóbulo parietal mientras las mujeres mayor activación del lóbulo frontal derecho, lo cual significa cambios neurofisiológicos durante el proceso de rotación mental entre ambos géneros (Koscik et al, 2009).

En cuanto a las habilidades cognitivas las mujeres tienen mayor velocidad de procesamiento de información, mejor memoria a corto plazo y superior declarativa que los hombres. Por otro lado, los hombres presentan ventajas en cuanto a las habilidades visuo-espaciales y memoria a largo plazo (Keith et al. 2011).

Todos los estudios anteriores muestran que existen diferencias corticales debido a la genética entre hombres y mujeres, así como a causa del estrabismo, el cual se considera un daño cortical. En ese estudio se midió y se comparó el rendimiento visuo-perceptual y visuo-motor de los pacientes con estrabismo (ET y XT) así como la respuesta clínica a los estudios de imagen.

Tabla 4-1. Se presentan las variables de interés, sus valores y su nivel de significancia. El rendimiento básico, el procesamiento complejo, la memoria secuencial, la constancia de forma de la prueba TVPS-3 y VMI-Motor y General. Estas son las variables con cambios más significativos para ese estudio.

Prueba	Valor de p	Promedio	Valor de R <sup>2</sup>
Rendimiento Básico Mujeres ET con estereopsis	0.04024731	101.357	0.1744
Rendimiento Básico Hombres ET con estereopsis	0.04024731	92.473	0.332
Rendimiento Básico ET con estereopsis	0.002673	96.242	-
Rendimiento Básico ET sin estereopsis	0.002673	86.766	-
Procesamiento Complejo ET con estereopsis	0.00324495	91.484	-
Procesamiento Complejo ET sin estereopsis	0.00324495	79.9	-
VMI-Motor Mujeres ET asociada sin estereopsis	0.01581667	86.857	-
VMI-Motor Hombres ET asociada sin estereopsis	0.01581667	100	-
Procesamiento Complejo ET asociada sin estereopsis	0.03090975	79.9	-
Procesamiento Complejo ET disociada	0.03090975	88.866	-
VMI-General ET asociada sin estereopsis	0.01872267	100.166	-
VMI-General ET disociada	0.01872267	93.1	-
Memoria Secuencial Hombres XT con estereopsis	0.00327061	94.137	0.2614
Memoria Secuencial Mujeres XT con estereopsis	0.00327061	82.2	0.011
VMI-Motor XT con estereopsis	0.01230745	92.204	-
VMI-Motor XT sin estereopsis	0.01230745	83	-
Rendimiento Básico ET con estereopsis	0.01771486	96.24	0.2144
Rendimiento Básico XT con estereopsis	0.01771486	89.77	0.1246

Rendimiento Básico ET sin estereopsis	0.03236537	86.76	-
Rendimiento Básico XT sin estereopsis	0.03236537	96	-
Procesamiento Complejo ET sin estereopsis	0.0185764	79.9	-
Procesamiento Complejo XT sin estereopsis	0.0185764	91.85	-
Constancia de Forma ET con estereopsis	0.01280106	9.24	0.0342
Constancia de Forma XT con estereopsis	0.01280106	7.10	0.0262

En la Tabla 4-1 que se ve arriba, se presentan de manera resumida los resultados más significativos de ese estudio.

Como podemos observar, la cantidad de estereopsis no afecta los resultados en las pruebas de TVPS-3 y VMI-3, pero su presencia o ausencia están asociadas con un mejor o peor rendimiento, en ambas pruebas. El rendimiento básico que incluye las sub-pruebas de discriminación visual, memoria visual, memoria visual secuencial y relaciones visuo-espaciales es mejor en pacientes ET con estereopsis, con un promedio de 96.242 contra 86.766 donde  $p=0.002673$ , acercándose mucho a la media de la población  $\mu=100$ . El área de procesamiento complejo que incluye las sub-pruebas de figura-fondo y cierre visual presenta valores más altos en pacientes ET con estereopsis con un promedio de 91.48 contra 79.9 donde  $p=0.00324495$ . Mientras el resultado en ET con estereopsis se encuentra a una desviación estándar de la media poblacional, en pacientes ET sin estereopsis se aleja dos desviaciones estándar de la misma. La prueba de VMI-Motor en pacientes con XT y estereopsis obtuvo un promedio de 92.204 contra 83 donde  $p=0.01230745$ , acercando más los pacientes con un grado de estereopsis a la media poblacional.



Al comparar hombres y mujeres encontramos pocas diferencias entre géneros. Las mujeres con ET y estereopsis responden mejor que los hombres en el rendimiento básico, obteniendo un promedio de 101.357 contra 92.473 donde  $p=0.04024731$ , ubicándose una desviación estándar arriba y por debajo de la media poblacional respectivamente. En la prueba de VMI-Motor los hombres con ET asociada sin estereopsis estuvieron en la media mientras las mujeres a una desviación estándar por debajo de la misma (promedio=86.857), donde  $p=0.01581667$ . Los hombres con XT y estereopsis también obtuvieron mejores resultados en la prueba de memoria visual secuencial que las mujeres, con promedio de 94.137 contra 82.2, donde  $p=0.00327061$ .

Al comparar las ET con las XT, en presencia y ausencia de estereopsis encontramos respuestas diferentes entre ambos grupos. Los pacientes con ET y estereopsis obtuvieron resultados mejores en el área de rendimiento básico que los pacientes con XT y estereopsis, con un promedio de 96.24 contra 89.77 donde  $p=0.01771486$ .

Se invirtieron los papeles en los pacientes ET y XT sin estereopsis, donde los segundos alcanzaron un promedio de 96 contra 86.76 donde  $p=0.03236537$ . Los pacientes con XT y sin estereopsis estuvieron en ventaja en el área de procesamiento complejo, con un promedio de 91.85 contra 79.9 donde  $p=0.0185764$ . Mostraron mejores resultados los pacientes con ET sin estereopsis en la habilidad de constancia de forma, con un promedio de 9.24 contra 7.10, donde  $p=0.01280106$ .

Al comparar los estrabismos asociados sin estereopsis con los disociados, encontramos diferencias en la variable VMI-Motor y General en pacientes con ET. Los pacientes varones con ET asociada obtuvieron un promedio de 100 contra el valor de 86.857 de las mujeres, donde  $p=0.1581667$  en la VMI-Motor.

En la VMI-General, los pacientes con ET asociada sin estereopsis, sin importar el género, obtuvieron resultados aún mejores, con un promedio de 100.166 contra 93.1 con  $p=0.01872267$ .

Es interesante constatar que los pacientes con ET disociada obtuvieran mejores resultados en el área de procesamiento complejo que los pacientes con ET asociada sin estereopsis, con un promedio de 88.866 contra 79.9 y  $p=0.03090975$ .

Del análisis realizado para ese estudio, constatamos que el rendimiento básico, el procesamiento complejo, la secuenciación, la constancia de forma y el VMI Motor y General son las áreas donde se presentaron diferencias significativas, en hombres y mujeres, ET y XT, en presencia o ausencia de estereopsis, asociadas y disociadas.

El rendimiento básico incluye las habilidades de discriminación visual, memoria visual, relaciones visuo-espaciales y constancia de forma, relacionadas con el análisis completo del objeto que estamos viendo.

El área occipital, parietal y temporal son las encargadas de dar sentido al objeto del exterior. Los estudios de imagen han encontrado aumento del grosor de la corteza occipital y parietal para compensar los déficits visuales (Chan et al, 2004; Barnes et al, 2001), disminución del grosor de la corteza temporal, responsable de la memoria y aprendizaje y alteraciones Interhemisféricas fronto-parietales (Gallegos-Duarte M, 2015a).

El procesamiento complejo compuesto por la habilidad de figura-fondo y cierre visual, se lleva a cabo por los lóbulos prefrontales, áreas involucradas en el aprendizaje voluntario y cognitivo, el pensamiento crítico, lenguaje, memoria semántica y declarativa y movimientos coordinados.

El VMI Motor y General aparte las habilidades de análisis visual, requiere de la participación de las áreas sensoriales y motoras de la corteza cerebral, para la ejecución motora planeada por la corteza prefrontal.

Las mujeres con ET y estereopsis, obtuvieron mejores resultados que los hombres en el rendimiento básico, pero no hay diferencias entre ellos en ausencia de estereopsis, ni en XT. Además, los pacientes ET con estereopsis obtuvieron mejores resultados en el rendimiento básico y en la habilidad de constancia de forma. También las ET con estereopsis presentaron un mejor rendimiento que los pacientes con XT y estereopsis en la misma área.

Los hombres XT con estereopsis obtuvieron mejores resultados que las mujeres en el área de secuenciación, pero no hay diferencias en XT sin estereopsis ni en ET. Los hombres con ET asociada y estereopsis obtuvieron mejores resultados también en la prueba de VMI motor, relacionada con la motricidad fina. No hay diferencias en las XT. Los pacientes con ET asociada sin estereopsis, fueron mejores en la prueba de VMI general que los pacientes con ET disociada. Sin embargo, el procesamiento complejo estuvo más alto en ET disociadas que asociadas. No se vieron diferencias en las XT asociadas y disociadas.

La estereopsis ayuda en el rendimiento de la prueba VMI motor a los pacientes con XT. No se vio lo mismo en las ET. En ausencia de estereopsis, el rendimiento básico fue mejor en XT que ET, así como el procesamiento complejo.

Se puede constatar que el rendimiento básico es un área que presenta diferencias significativas en varias categorías del análisis. Podemos decir que el procesamiento básico de la información visual va a depender de la estereopsis, género y el tipo de la desviación. La integración visuo-motora, analizada con la prueba de VMI, también depende de la presencia de estereopsis y del género. El procesamiento complejo no muestra estar relacionado con el género, pero sí con la estereopsis y el tipo de desviación.

Las mujeres con endotropia tienen mejor habilidad de análisis visual, mientras los hombres con exotropia, de memoria secuencial. La presencia de estereopsis, favorece a la discriminación visual, memoria, relaciones visuo-espaciales, constancia de forma, figura-fondo y cierre visual. Las primeras cuatro forman el área de rendimiento básico y las últimas dos del procesamiento complejo. Podemos deducir que la estereopsis favorece tanto el procesamiento en las áreas posteriores, así como las áreas anteriores del cerebro humano. Las áreas motoras en XT se benefician de la presencia de estereopsis, y en ET asociadas, son más funcionales en hombres.

A pesar de las diferencias encontradas en esa área, el rendimiento de los pacientes cae dentro de la curva de normalidad con nivel de confianza  $\alpha=0.05$ . Los datos encontrados se encuentran entre  $\mu-2 \delta\sigma$  y  $\mu+1 \delta\sigma$ . Lo que no sabemos es que significancia tiene esta distancia de los valores de la media en la vida diaria, el aprendizaje, el rendimiento académico y los deportes de los pacientes con estrabismo.

Cabe mencionar, que una gran parte de estos niños fueron remitidos a consulta por dificultades de aprendizaje, y un desempeño académico pobre para su edad, con valoraciones neuropsicológicas y/o neurológicas que confirmaban el diagnóstico.

Además, los pacientes que acudieron a consulta particular y fueron incluidos en el estudio pertenecen a una clase social medio-alta, lo cual implica estimulación temprana, desde los primeros meses del nacimiento, deportes, clases particulares de arte y música, clases de lenguas, escuelas de alto rendimiento y un nivel de educación que pueda equilibrar las deficiencias visuales.

El sistema visual humano en el nacimiento no está preparado para la exploración e interpretación del mundo exterior y se nutre del sistema táctil, propioceptivo, vestibular, kinestésico y auditivo; una vez desarrollado, toma el predominio de la actividad cortical y se vuelve imprescindible para el aprendizaje, basado en la experiencia motora. Los lóbulos prefrontales, son los últimos en desarrollarse y no llegan a su maduración definitiva hasta los 21 años de edad (Jorge Ferré Veciana, Alisa Arribau Montón, 2008).

Nuestra hipótesis es que los pacientes con estrabismo congénito usan la mayor parte de la energía cortical para compensar las deficiencias visuales y adaptarse al desequilibrio sensorio-motor que eso provoca, quizá restando a las otras áreas corticales. Presentan cambios corticales que permiten compensar las deficiencias visuales y adaptarse al desequilibrio sensorio-motor que eso provoca. Esos pacientes modifican los circuitos neuronales, crean nuevas adaptaciones corticales sobre todo en el área occipital, parietal y temporal, y podrían lentificar y/o impedir el desarrollo adecuado de los lóbulos frontales y prefrontales, responsables para las funciones ejecutivas de alto nivel.

La conclusión es que los pacientes con estrabismo congénito tienen una plasticidad cortical que le permite adaptar su funcionamiento cortical en base al equilibrio sensorio-motor del sistema visual binocular. Estas adaptaciones le permiten estar en la curva de normalidad y obtener resultados visuo-perceptuales y visuo-motoras comparables a los de la población sin estrabismo.

## 5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrahamsson, M., G. Magnusson, and J. Sjöstrand. 1999. "Inheritance of Strabismus and the Gain of Using Heredity to Determine Populations at Risk of Developing Strabismus." *Acta Ophthalmologica Scandinavica* 77 (6): 653–57.
- Academic Therapy Publications. 2006a. *Test of Visual Perceptual Skills-Third Edition*. United States of America: Academic Therapy Publications.
- Anderson, S. J., N. Yamagishi, and V. Karavia. 2002. "Attentional Processes Link Perception and Action." *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 269 (1497): 1225–32. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.1998>.
- Arthur, Joanna C., John W. Philbeck, Nicholas J. Kleene, and David Chichka. 2012. "The Role of Spatial Memory and Frames of Reference in the Precision of Angular Path Integration." *Acta Psychologica* 141 (1): 112–21. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2012.07.003>.
- Barnes, G. R., R. F. Hess, S. O. Dumoulin, R. L. Achtman, and G. B. Pike. 2001. "The Cortical Deficit in Humans with Strabismic Amblyopia." *The Journal of Physiology* 533 (1): 281–97. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.0281b.x>.
- Bielschowsky, A. 1938. "DISTURBANCES OF THE VERTICAL MOTOR MUSCLES OF THE EYES." *Archives of Ophthalmology* 20 (2): 175–200. <https://doi.org/10.1001/archophth.1938.00850200013001>.
- Bouvier, S. E. 2009. "Top-Down Influences of Spatial Attention in Visual Cortex." *Journal of Neuroscience* 29 (6): 1597–98. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5611-08.2009>.
- Caloroso EE, Rouse MW, and Cotter SA. 1993. "Clinical Management of Strabismus." *Butterworth-Heinemann. Boston*.
- Caloroso EE.A. 1998. "A Sequential Strategy for Achieving Functional Binocularity in Strabismus." 50 (5): 378.
- Carniglia, P. E., and J. Cooper. 1992. "Vergence Adaptation in Esotropia." *Optometry and Vision Science: Official Publication of the American Academy of Optometry* 69 (4): 308–13.
- Carrasco, Marisa. 2011. "Visual Attention: The Past 25 Years." *Vision Research* 51 (13): 1484–1525. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2011.04.012>.
- Castro-Vite, O.I., A.J. Vargas-Ortega, A. Aguilar-Ruiz, and C.E. Murillo-Correa. 2016. "Binocularidad en pacientes con endotropia totalmente acomodativa." *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología* 91 (12): 573–76. <https://doi.org/10.1016/j.oftal.2016.06.003>.
- Cavanagh, Patrick. 2011. "Visual Cognition." *Vision Research* 51 (13): 1538–51. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2011.01.015>.
- Chan, Suk-tak, Kwok-wing Tang, Kwok-cheung Lam, Lap-kong Chan, Janine D Mendola, and Kenneth K Kwong. 2004. "Neuroanatomy of Adult Strabismus: A Voxel-Based Morphometric Analysis of Magnetic Resonance Structural Scans." *NeuroImage* 22 (2): 986–94. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.02.021>.
- Clery, S., M. Bloj, and J. M. Harris. 2013. "Interactions between Luminance and Color Signals: Effects on Shape." *Journal of Vision* 13 (5): 16–16. <https://doi.org/10.1167/13.5.16>.
- Clotuche, B., N. Dorizy, M. Franquelin, P. Kuhne, M. Lakhdar, S. Massart, and J. Strenk. 2016. "Strabisme et lecture: incidence du strabisme sur des tests de lecture chez des enfants de 8 à 11 ans." *Journal Français d'Ophthalmologie* 39 (9): 756–64. <https://doi.org/10.1016/j.jfo.2016.08.002>.
- Daw NW. 2006b. *Visual Development*. Vol. 2nd edition. New York: Springer.
- Donders, F.C. 1864. *On the Anomalies of Accommodation and Refraction of the Eye; with a Preliminary Essay on Physiological Dioptrics*. London. The New Sydenham Society.

- Dosher, Barbara Anne, Songmei Han, and Zhong-Lin Lu. 2010. "Perceptual Learning and Attention: Reduction of Object Attention Limitations with Practice." *Vision Research* 50 (4): 402–15. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2009.09.010>.
- Facoetti, A, Trussardi, A.N, Ruffino, M, Lorusso, M.L, Cattaneo,C, Galli, R, and Zorzi, M. 2009. "Multisensory Spatial Attention Deficits Are Predictive of Phonological Decoding Skills in Developmental Dyslexia." 22 (5): 1011–25.
- Friedman, David S., Michael X. Repka, Joanne Katz, Lydia Giordano, Josephine Ibrionke, Patricia Hawse, and James M. Tielsch. 2009. "Prevalence of Amblyopia and Strabismus in White and African American Children Aged 6 through 71 Months. The Baltimore Pediatric Eye Disease Study." *Ophthalmology* 116 (11): 2128-2134.e2. <https://doi.org/10.1016/j.opthta.2009.04.034>.
- Friedmann, L., B. Biedner, R. David, and U. Sachs. 1980. "Screening for Refractive Errors, Strabismus and Other Ocular Anomalies from Ages 6 Months to 3 Years." *Journal of Pediatric Ophthalmology and Strabismus* 17 (5): 315–17.
- Gabrieli, John D.E., and Elizabeth S. Norton. 2012. "Reading Abilities: Importance of Visual-Spatial Attention." *Current Biology* 22 (9): R298–99. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.03.041>.
- Gallegos-Duarte M. 2010b. "Alteraciones Neuroeléctricas En El Estrabismo Congénito." *Cirugía y Cirujanos* 78(3): 215–20.
- Gallegos–Duarte M. 2005. "Estigma y Origen de La Esotropia Congénita." 79 (1): 10–16.
- Gallegos-Duarte M. 2007. "Maniobras exploratorias en la endotropia congénita." En Centro Mexicano de Oftalmología. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2418.2244>.
- Gallegos-Duarte M. 2010. "Alteraciones de la vía Ventral relacionadas al estrabismo. Análisis imagenológico mediante FreeSurfer." <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1665.6085>.
- Gallegos-Duarte M. 2011. "Origen del estrabismo congénito. Un nuevo paradigma." Instituto de Oftalmología Fundación de Asistencia Privada Conde de Valenciana IAP. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4667.0806>.
- Gallegos-Duarte, M. 2015a. "Alteraciones En La Vía Ventral Relacionadas Con El Estrabismo." <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2714.1840>.
- Gallegos-Duarte, M. 2015b. "Características de la Incomitancia horizontal en la endotropia congénita." Unpublished. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1853.7689>.
- Gallegos-Duarte, M. 2015c. "Neurological Implications of Essential Strabismus," May 2015. <https://doi.org/10.4172/2155-9562.S1.12>.
- Gallegos-Duarte, M. 2016. "PARTICIPACIÓN DE LOS LÓBULOS TEMPORALES EN LA PRIORIZACIÓN DEL PROCESO VISUAL." <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1446.8725>.
- Gallegos-Duarte, M. 2017. "Comportamiento de la Coherencia Bioeléctrica en el Estrabismo Congénito." Tesis Doctoral, México: Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Querétaro.
- Gallegos-Duarte M, and Ibrahimi D. 2016. "ALTERACIONES DE LOS LÓBULOS TEMPORALES EN EL ESTRABISMO CONGÉNITO." <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1547.1766>.
- Gallegos-Duarte M, Ibrahimi D, and Pirola A. 2015. "Primer Prácticum Internacional de Neuroestrabismo y Nistagmo." Unpublished. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3368.4968>.
- Gallegos-Duarte M, and Gutierrez-Álvarez IA. 1998. "Teoría General de la Disincronía." <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1805.3848>.
- Gallegos-Duarte M, Mendiola-Santibáñez J, and Saldaña C. 2012. "Alteraciones de La Sustancia Blanca En El Estrabismo Congénito Esencial. Estudio Neurofuncional y Morfométrico." *Sociedad Española de Estrabología* Vol. XLI (1): 13–40.
- Gallegos-Duarte M, Moguel-Ancheita S, & Rubín de Celis-Monteverde B. 2004. "Alteraciones En El Mapeo Cerebral En La Endotropia Congénita Variable." 78 (3): 122–26.

- Gallegos-Duarte M, Ramírez-Neira P, Ponce De León-Mon D, Gutierrez-Álvarez IA, and Sosa-Ferreya CF. 2015. "Anisocoria y estrabismo congénito." <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4040.2403>.
- Gallegos-Duarte M, Rubio-Chevannier HF, and Mendiola Santibañez J. 2007. "Brain Mapping Alteration in Strabismus." *Brain Research Journal* 1(4): 1–53.
- Garvey, Katherine A., Velma Dobson, Dawn H. Messer, Joseph M. Miller, and Erin M. Harvey. 2010. "Prevalence of Strabismus among Preschool, Kindergarten, and First-Grade Tohono O'odham Children." *Optometry - Journal of the American Optometric Association* 81 (4): 194–99. <https://doi.org/10.1016/j.optm.2009.10.010>.
- Gelbart, S. S., and C. S. Hoyt. 1988. "Congenital Nystagmus: A Clinical Perspective in Infancy." *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology = Albrecht Von Graefes Archiv Fur Klinische Und Experimentelle Ophthalmologie* 226 (2): 178–80.
- Goodale, Melvyn A. 2011. "Transforming Vision into Action." *Vision Research* 51 (13): 1567–87. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2010.07.027>.
- Graham, P. A. 1974. "Epidemiology of Strabismus." *The British Journal of Ophthalmology* 58 (3): 224–31.
- Greg Gilman O.D. 1984. *Behavioral Optometry*. Vol. 11. American Optometric Association.
- Grisham JD, Simons HD. 1987. "Binocular Anomalies and Reading Problems." *Journal of the American Optometric Association*, July 1987.
- Helveston, E. M. 1993. "19th Annual Frank Costenbader Lecture--the Origins of Congenital Esotropia." *Journal of Pediatric Ophthalmology and Strabismus* 30 (4): 215–32.
- Horton, J. C., and D. R. Hocking. 1996. "An Adult-like Pattern of Ocular Dominance Columns in Striate Cortex of Newborn Monkeys Prior to Visual Experience." *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience* 16 (5): 1791–1807.
- Hou, Chuan, Yee-Joon Kim, Xin Jie Lai, and Preeti Verghese. 2016. "Degraded Attentional Modulation of Cortical Neural Populations in Strabismic Amblyopia." *Journal of Vision* 16 (3): 16. <https://doi.org/10.1167/16.3.16>.
- Hou, Chuan, Mark W. Pettet, and Anthony M. Norcia. 2008. "Abnormalities of Coherent Motion Processing in Strabismic Amblyopia: Visual-Evoked Potential Measurements." *Journal of Vision* 8 (4): 2. <https://doi.org/10.1167/8.4.2>.
- Hoyt, C S, and W V Good. 1994. "Infantile Strabismus: What Is It? Where Is It?" *British Journal of Ophthalmology* 78 (5): 325–26. <https://doi.org/10.1136/bjo.78.5.325>.
- Hubel DH, and Wiesel TN. 1965. "Binocular Interaction in Striate Cortex of Kittens Reared with Artificial Squint." *Journal of Neurophysiology* 28: 1041–59.
- Husk, Jesse S., Reza Farivar, and Robert F. Hess. 2012. "Amblyopic Deficits in Processing Structure-from-Motion." *Journal of Vision* 12 (4). <https://doi.org/10.1167/12.4.4>.
- Ingalhalikar, M., A. Smith, D. Parker, T. D. Satterthwaite, M. A. Elliott, K. Ruparel, H. Hakonarson, R. E. Gur, R. C. Gur, and R. Verma. 2014. "Sex Differences in the Structural Connectome of the Human Brain." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111 (2): 823–28. <https://doi.org/10.1073/pnas.1316909110>.
- Irwin, D. E. 1991. "Information Integration across Saccadic Eye Movements." *Cognitive Psychology* 23 (3): 420–56.
- Jorge Ferré Veciana, Alisa Arribau Montón. 2008. *El desarrollo neurofuncional del niño y sus trastornos*. Vol. (1); 88-148. Lebón, S.L.
- Katz, Lawrence C., and Justin C. Crowley. 2002. "Development of Cortical Circuits: Lessons from Ocular Dominance Columns." *Nature Reviews. Neuroscience* 3 (1): 34–42. <https://doi.org/10.1038/nrn703>.



- Keith, Timothy Z., Matthew R. Reynolds, Lisa G. Roberts, Amanda L. Winter, and Cynthia A. Austin. 2011. "Sex Differences in Latent Cognitive Abilities Ages 5 to 17: Evidence from the Differential Ability Scales—Second Edition." *Intelligence* 39 (5): 389–404. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2011.06.008>.
- Kellman, P.J., and Arterberry, M.E. 2006. "Infant Visual Perception." In D.Kuhn & R.S.Siegler (Eds.), *Handbook of Child Psychology: Cognition, Perception, and Language.*, 2:109–60. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Koscik, Tim, Dan O'Leary, David J. Moser, Nancy C. Andreasen, and Peg Nopoulos. 2009. "Sex Differences in Parietal Lobe Morphology: Relationship to Mental Rotation Performance." *Brain and Cognition* 69 (3): 451–59. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2008.09.004>.
- Kourtzi, Zoe. 2010. "Visual Learning for Perceptual and Categorical Decisions in the Human Brain." *Vision Research* 50 (4): 433–40. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2009.09.025>.
- Kulp, Marjean Taylor, Kristyne E. Edwards, and G. Lynn Mitchell. 2002. "Is Visual Memory Predictive of Below-Average Academic Achievement in Second through Fourth Graders?" *Optometry and Vision Science: Official Publication of the American Academy of Optometry* 79 (7): 431–34.
- Levi, Dennis M., Harwerth RS, and Smith EL. 1979. "Humans Deprived of Normal Binocular Vision Have Binocular Interactions Tuned to Size and Orientation." *Science* 206: 852–54.
- Levi, Dennis M., David C. Knill, and Daphne Bavelier. 2015. "Stereopsis and Amblyopia: A Mini-Review." *Vision Research* 114 (September): 17–30. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2015.01.002>.
- Maples, W. C. 2003. "Visual Factors That Significantly Impact Academic Performance." *Optometry (St. Louis, Mo.)* 74 (1): 35–49.
- Mash, A. J., and B. E. Spivey. 1973. "Genetic Aspects of Strabismus." *Documenta Ophthalmologica. Advances in Ophthalmology* 34 (1): 285–91.
- Mocorra JA, and Locascio IC. 1978. "Fisiología y Fisiopatología de La Acomodación Convergencia. Estrabismo Acomodativo.," 100–105.
- Niechwiej-Szwedo, Ewa, Manokaraanathan Chandrakumar, Herbert C. Goltz, and Agnes M. F. Wong. 2012. "Effects of Strabismic Amblyopia and Strabismus without Amblyopia on Visuomotor Behavior, I: Saccadic Eye Movements." *Investigative Ophthalmology & Visual Science* 53 (12): 7458. <https://doi.org/10.1167/iovs.12-10550>.
- Niechwiej-Szwedo, Ewa, Herbert C. Goltz, Mano Chandrakumar, and Agnes M. F. Wong. 2014. "Effects of Strabismic Amblyopia on Visuomotor Behavior: Part II. Visually Guided Reaching." *Investigative Ophthalmology & Visual Science* 55 (6): 3857. <https://doi.org/10.1167/iovs.14-14543>.
- Olitsky, S. E., S. Sudesh, A. Graziano, J. Hamblen, S. E. Brooks, and S. H. Shaha. 1999. "The Negative Psychosocial Impact of Strabismus in Adults." *Journal of AAPOS: The Official Publication of the American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus* 3 (4): 209–11.
- Pineles, Stacy L., Federico G. Velez, Sherwin J. Isenberg, Zachary Fenoglio, Eileen Birch, Steven Nusinowitz, and Joseph L. Demer. 2013. "Functional Burden of Strabismus: Decreased Binocular Summation and Binocular Inhibition." *JAMA Ophthalmology* 131 (11): 1413. <https://doi.org/10.1001/jamaophthmol.2013.4484>.
- Poggel, Dorothe A., Hans Strasburger, and Manfred MacKeben. 2007. "Cueing Attention by Relative Motion in the Periphery of the Visual Field." *Perception* 36 (7): 955–70. <https://doi.org/10.1068/p5752>.
- Reiss, Allan L., Michael T. Abrams, Harvey S. Singer, Judith L. Ross, and Martha B. Denckla. 1996. "Brain Development, Gender and IQ in Children: A Volumetric Imaging Study." *Brain* 119 (5): 1763–74. <https://doi.org/10.1093/brain/119.5.1763>.

- Ribeiro, Geraldo de Barros, Ana Gabriela Zum Bach, Camila Maia Faria, Suze Anastásia, and Henderson Celestino de Almeida. 2014. "Quality of Life of Patients with Strabismus." *Arquivos Brasileiros De Oftalmologia* 77 (2): 110–13.
- Ross, E., A. L. Murray, and S. Stead. 1977. "Prevalence of Amblyopia in Grade 1 Schoolchildren in Saskatoon." *Canadian Journal of Public Health = Revue Canadienne De Sante Publique* 68 (6): 491–93.
- Sagi, Dov. 2011. "Perceptual Learning in Vision Research." *Vision Research* 51 (13): 1552–66. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2010.10.019>.
- Scheiman, M. 2002. "Optometric Model of Vision, Part Two: Visual Efficiency Skills." In *En M.Scheiman, Understanding and Managing Vision Deficits.*, 46–68. Philadelphia: Slack.
- Scheiman, M. 2006c. *Optometric Management of Learning Related Vision Problems*. Philadelphia: Mosby.
- Scheiman, M. 2011. *Understanding and Managing Vision Deficits: A Guide for Occupational Therapists (3rd Ed.)*. Thorofare, NJ:Slack.
- Scholl, B., A. Y. Y. Tan, and N. J. Priebe. 2013. "Strabismus Disrupts Binocular Synaptic Integration in Primary Visual Cortex." *Journal of Neuroscience* 33 (43): 17108–22. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1831-13.2013>.
- Schröder, Jan-Hinrich, Pascal Fries, Pieter R Roelfsema, Wolf Singer, and Andreas K Engel. 2002. "Ocular Dominance in Extrastriate Cortex of Strabismic Amblyopic Cats." *Vision Research* 42 (1): 29–39. [https://doi.org/10.1016/S0042-6989\(01\)00263-2](https://doi.org/10.1016/S0042-6989(01)00263-2).
- Shooner, Christopher, Luke E. Hallum, Romesh D. Kumbhani, Corey M. Ziemba, Virginia Garcia-Marin, Jenna G. Kelly, Najib J. Majaj, J. Anthony Movshon, and Lynne Kiorpes. 2015. "Population Representation of Visual Information in Areas V1 and V2 of Amblyopic Macaques." *Vision Research* 114 (September): 56–67. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2015.01.012>.
- Simmers, A. J., T. Ledgeway, B. Mansouri, C. V. Hutchinson, and R. F. Hess. 2006. "The Extent of the Dorsal Extra-Striate Deficit in Amblyopia." *Vision Research* 46 (16): 2571–80. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2006.01.009>.
- Simons, Kurt. 2005. "Amblyopia Characterization, Treatment, and Prophylaxis." *Survey of Ophthalmology* 50 (2): 123–66. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2004.12.005>.
- Sireteanu, Ruxandra, Claudia C. Bäumer, Constantin Sârbu, and Adrian Iftime. 2007. "Spatial and Temporal Misperceptions in Amblyopic Vision." *Strabismus* 15 (1): 45–54. <https://doi.org/10.1080/09273970601180263>.
- Stewart, Catherine E., Alistair R. Fielder, David A. Stephens, and Merrick J. Moseley. 2005. "Treatment of Unilateral Amblyopia: Factors Influencing Visual Outcome." *Investigative Ophthalmology & Visual Science* 46 (9): 3152–60. <https://doi.org/10.1167/iovs.05-0357>.
- Suzanne Hugonnier Dr, and René Hugonnier. 1965. *Strabismes, Hétérophories, Paralysies Oculo Motrices*. Vol. 2e édition. Paris, France.: Masson et Cie.
- Taylor Kulp M. 1999. "Relationship between Visual Motor Integration Skill and Academic Performance in Kindergarten through Third Grade." 76 (3): 159–63.
- Thompson, J. R., G. Woodruff, F. A. Hiscox, N. Strong, and C. Minshull. 1991. "The Incidence and Prevalence of Amblyopia Detected in Childhood." *Public Health* 105 (6): 455–62.
- Van Garderen, D. 2006d. "Spatial Visualization, Visual Imagery and Mathematical Problem Solving of Students with Varying Abilities." 39 (6): 496–506.
- Varma, Rohit, Jennifer Deneen, Susan Cotter, Sylvia H. Paz, Stanley P. Azen, Kristina Tarczy-Hornoch, Peng Zhao, and Multi-Ethnic Pediatric Eye Disease Study Group. 2006. "The Multi-Ethnic Pediatric Eye Disease Study: Design and Methods." *Ophthalmic Epidemiology* 13 (4): 253–62. <https://doi.org/10.1080/09286580600719055>.

- Vidyasagar, Trichur R., and Kristen Pammer. 2010. "Dyslexia: A Deficit in Visuo-Spatial Attention, Not in Phonological Processing." *Trends in Cognitive Sciences* 14 (2): 57–63.  
<https://doi.org/10.1016/j.tics.2009.12.003>.
- Von Noorden Guther K, and Campos EC. 2002. *Binocular Vision and Ocular Motility: Theory and Management of Strabismus*. Sant Loius: Mosby.
- Williams, C., K. Northstone, R. A. Harrad, J. M. Sparrow, I. Harvey, and ALSPAC Study Team. 2003. "Amblyopia Treatment Outcomes after Preschool Screening v School Entry Screening: Observational Data from a Prospective Cohort Study." *The British Journal of Ophthalmology* 87 (8): 988–93.
- Woodruff, G., F. Hiscox, J. R. Thompson, and L. K. Smith. 1994. "The Presentation of Children with Amblyopia." *Eye (London, England)* 8 (Pt 6): 623–26.  
<https://doi.org/10.1038/eye.1994.156>.
- Young B, Collier-Gary K, and Schwing S. 1994. "Visual Factors: A Primary Cause of Failure in Beginning Reading." 31 (1): 58–71.

## 6 ANEXOS

Las hojas 1 a 3 representan los formatos optométricos para la captura de los datos relacionados con la primera vía visual.

LENTES DE CERCA	OD: OI:				
Distancia de trabajo	↑ ↓	Estereopsis	↑ ↓	Sensibilidad tono	↑ ↓
Mc Donald	↑ ↓	PPC	↑ ↓	Tamaño	↑ ↓

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS:

DIAGNOSIS:

- 1.
- 2.
- 3.

PROGRAMA:

- 1.
- 2.
- 3.

PRESCRICION:

	LEJOS	AV	CERCA	AV
OD:				
OI:				

FECHA EXAMEN:

COD:

NOMBRE:		
DIRECCION:		
CAP:	CIUDAD:	PROVINCIA:
TEL:	MOVIL:	
FECHA DE NACIMIENTO:		EDAD:

ANAMNESIS:

Distancia de trabajo:

	lejos	cerca	DP:
PRESCRICION ANTERIOR:	OD:		Δ
FECHA:	OI:		Δ

AV Letras, LEA, E Snellen, Preferencia de mirada, Ruedas rotas, Otro:

	Con correccion		Sin correccion		AE	Aisladas
	Lejos	Cerca	Lejos	Cerca		
OD:						
OI:						
AO:						

	CALIDAD		MOV. CABEZ		TIEMPO	COGNITIVO
	4	3 2 1	4	3 2 1		
SEGUIMIENTO	4	3 2 1	H	4 3 2 1	4 3 2 1	4 3 2 1
SACADICOS	4	3 2 1	iso biper	4 3 2 1	4 3 2 1	4 3 2 1

PPC:	/	/	D/I S/N ▲▼=	P.V. Lejos:	FR. Lejos:
PPC/FR:	/	/	D/I S/N ▲▼=	Cerca:	Cerca:
L.W.	ESTEREOPSIS: Test:			Dispanidad de fijacion:	
	Total:				

COVER TEST

	SC	TIEMPO	CC	TIEMPO
LEJOS		↑ ↓ =		↑ ↓ =
CERCA		↑ ↓ =		↑ ↓ =

MADDOX:		L(-): Potencia:
L:	OD:	
C:	OI:	

SALUD OCULAR:

COLORES:	PIO: h	PUPILAS:
OD:	OD:	CAMPOS: OD:
OI:	OI:	OI:
OD: BIOMICROSCOPIA	OI:	OD: OFTALMOSCOPIA
		OI:
Párpados/Cejas Conjuntiva Cornea Iris Pupila Angulo Ir-Cor Cristalino		Vitreo Arterias/Venas Escavacion Papilar Papila Macula Riflejo foveal Fijacion

#2	OD:	Autoref	OD:
	OI:		OI:

#3 foria		#13A	
#4 Retino L	OD:		AV: OD:
	OI:		OI:
#7 Subj. Mono.	OD:		AV: OD:
	OI:		OI:

#7A Subj. Bin.	OD:		AV: OD:
	OI:		OI:
#8 Foria Hz		OD/OS Estab./Inestab.	SC / 7A / Rx habitual
#11 Div.	/	/	X / 9 / 5
#9/10 Conv.	/	/	8 / 19 / 10
#12 Foria Vert		Duz. Sup. Inf.	/
#13 B Foria ind. V		OD/OI Estab./Inestab.	MEM: OD: OI:
		SC / 7A / Rx habitual	Lente de control
#14 A Cil. Cruz. Diss.	OD:	#15 A Foria Hz.	Lentes de control:
	OI:		OD:
#14 B CCF		#15 B	OI:
#17 Div.	/	/	17 / 22 / 18
#16 Conv.	/	/	14 / 21 / 15
#18 Foria V.		Duz. Sup. Inf.	/
#19 A.A.	OD:	OI:	AC/A:
#21 A.R.N.	/	/	+1.50/+2.00/+2.50
#20 A.R.P.	/	/	-1.50/-2.00/-2.50

FLIPPER +/- 2.00				Tiempo
OD:	C.m. +	seg. / -	seg.	↓ ↑ =
OI:	C.m. +	seg. / -	seg.	↓ ↑ =
AO:	C.m. +	seg. / -	seg.	↓ ↑ =

NOMBRE		FECHA EXAMEN	
DIRECCIÓN			
TELÉFONO		EDAD	FN
PADRE		MADRE	

<b>HISTORIA DEL CASO</b>	
Queja Ppal	
Signos y sínt	
Aparición	
Evol. Desv	
Ant. Fami	
Ttos prev.	
Obj pte	
Obj padres	

<b>REFRACCIÓN ACTUAL</b>					
VL	OD		VP	OD	
	OI			OI	

<b>AV CC/SC</b>				
LEJOS	OPT. COMP	AISLADAS	A.E	TELESC. 2X
OD				
OI				
<b>CERCA</b>				
OD				
OI				

<b>OCULOMOTOR</b>			
DUCCIONES MONOCULAR			
	VERSIONES BINOCULAR		

<b>REFRACCIÓN</b>		
RETINOSCOPIA #4	OD	
Mohindra	OI	
SUBJETIVO #7	OD	
	OI	

<b>VISIÓN BINOCULAR</b>		
HIRSCHBERG	KRIMSKY	PRISMA 4 BI/ BE

<b>COVER TEST</b>				FUS PERIF. CA
		EST PQÑO	EST GRANDE	
LEJOS	UNILAT			
	ALT			
CERCA	UNILAT			
	ALT			
MIRADA INF.	UNILAT			
	ALT			

Las hojas 4 y 5 representan la hoja principal de la captura de datos de la prueba TVPS-3 y VMI-3 respectivamente. Para preservar los derechos del autor, no se pueden incluir todas las hojas de la captura de información de las pruebas TVPS-3 y VMI-3.

Form TVPS-3-1 (Rev. 12/07)

## TEST OF VISUAL PERCEPTUAL SKILLS

### 3RD EDITION

Name: \_\_\_\_\_ Gender: \_\_\_\_\_ Grade: \_\_\_\_\_  
 School: \_\_\_\_\_ Examiner: \_\_\_\_\_  
 Reason for Testing: \_\_\_\_\_  
 Date of Test: \_\_\_\_\_  
 Date of Birth: \_\_\_\_\_  
 Chronological Age: \_\_\_\_\_

year      month      day

year      month      day

year      month      day\*

Student has known (diagnosed) attention problems?  Y  N

Student has known (diagnosed) visual problems?  Y  N

\*Do not round months up by one if days exceed 15

Subtests	Subtest Scores			Index Scores			
	Raw Score	Scaled Score	Percentile Rank	Overall	Basic Processes	Sequencing	Complex Processes
1. Visual Discrimination (DIS)							
2. Visual Memory (MEM)							
3. Spatial Relations (SPA)							
4. Form Constancy (CON)							
5. Sequential Memory (SEQ)							
6. Figure Ground (FGR)							
7. Visual Closure (CLO)							
Sum of Scaled Scores							
Standard Scores							
Percentile Rank							
				Overall	Basic	Sequencing	Complex

%ile Rank	Scaled Score	SUBTEST SCALED SCORES							INDEX AND OVERALL SCORES				Standard Score	%ile Rank
		DIS	MEM	SPA	CON	SEQ	FGR	CLO	OVERALL	BASIC	SEQUEN.	COMPLEX		
>99	19												145	>99
>99	18												140	>99
99	17												135	99
98	16												130	98
95	15												125	95
91	14												120	91
84	13												115	84
75	12												110	75
65	11												105	65
50	10												100	50
35	9												95	35
25	8												90	25
16	7												85	16
9	6												80	9
5	5												75	5
2	4												70	2
1	3												65	1
<1	2												60	<1
<1	1												55	<1

Academic Therapy Publications, 20 Commercial Blvd., Novato, CA • 415-888-8200 • FAX 415-888-2871 • www.AcademicTherapy.com • Form No. 8412-6  
 © 2006 by Academic Therapy Publications. All rights reserved. Do not photocopy or otherwise duplicate this record form. (E)

Prueba de Desarrollo de Integración Visual Motor (VMI)  
De Beery - Buktenica

# VMI

Edades desde 3 hasta adulto (Formato completo)

Nombre \_\_\_\_\_ Sexo:  F  M

Escuela: \_\_\_\_\_ Grado: \_\_\_\_\_

Examinador: \_\_\_\_\_

Fecha de la prueba: \_\_\_\_\_

Fecha de Nacimiento: \_\_\_\_\_

Edad Cronológica: \_\_\_\_\_

(más de 15 días contados en un mes)

SUMARIO				PERFIL				
Ver el Manual para Normas de VMI 1997				Standard	VMI	Visual	Motor	Percentile
Raw Score:	VMI	Visual	Motor	145	-	-	-	99.7
Estándar Scores:	_____	_____	_____	140	-	-	-	99.2
Scaled Scores:	_____	_____	_____	135	-	-	-	99
Percentiles:	_____	_____	_____	130	-	-	-	98
Other Scaling:	_____	_____	_____	125	-	-	-	95
				120	-	-	-	91
				115	-	-	-	84
				110	-	-	-	75
				105	-	-	-	63
				100	-	-	-	50
				95	-	-	-	37
				90	-	-	-	25
				85	-	-	-	16
				80	-	-	-	9
				75	-	-	-	5
				70	-	-	-	2
				65	-	-	-	1
				60	-	-	-	.8
				55	-	-	-	.3
Comentarios y Recomendaciones								

Borde encuadrado hacia el estudiante. Si se utilizan sub-pruebas, aplicar en este orden: VMI - Visual - Motor