

11234  
18



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES

HOSPITAL DE OFTALMOLOGIA  
C.M.N. I.M.S.S.

## T E S I S

POTENCIALES VISUALES EVOCADOS EN EL  
ESTUDIO DE LA AMBLIOPIA.

Que para obtener la Especialización en  
O F T A L M O L O G I A

p r e s e n t a

DR. RENE ALFREDO CANO HIDALGO

México, D. F.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

2002



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**

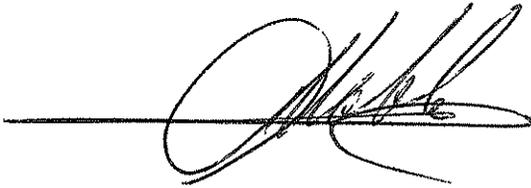


**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

A handwritten signature in black ink, featuring a large, stylized initial 'C' and 'N' that are connected and looped together. The signature is written over a horizontal line.

**Dr. Carlos Noble G.**

A handwritten signature in black ink, consisting of several sharp, sweeping strokes that form a complex, abstract shape. The signature is written over a horizontal line.

**Dr. Alfonso García L.**

A handwritten signature in black ink, featuring a large, stylized initial 'J' and 'F' that are connected and looped together. The signature is written over a horizontal line.

**Dr. Jorge Fromow G.**

A handwritten signature in black ink, consisting of several sharp, sweeping strokes that form a complex, abstract shape. The signature is written over a horizontal line.

**Dr. José Rojas D.**

**Vo. Bo.**

A MIS PADRES

---

A MI HERMANA

---

A MI TIO

---

FRANCISCO HIDALGO

---

A MIS MAESTROS

---

A MI NOVIA.

---

## AGRADECIMIENTO ESPECIAL

---

AL DR. JOSE A. ROJAS DOSAL, CUYO  
INTERES, GUIA Y CONOCIMIENTOS  
PROPORCIONADOS PROFUNDA Y OPOR-  
TUNAMENTE PERMITIERON LA ELA-  
BORACION DE LA PRESENTE TESIS.

I N D I C E  
-----

	PAGS.
AGRADECIMIENTOS.	I
INTRODUCCION.	1
ANTECEDENTES HISTORICOS.	1
CONCEPTOS FUNDAMENTALES	
- Definición.	3
- Bases Neurofisiológicas.	3
- Registro de los P.V.E.	5
- Sistemas de estimulación.	6
- Características de los P.V.E.	8
APLICACION DE LOS P.V.E. EN OFTALMOLOGIA:	
- Agudeza Visual.	11
- A.V. Infantil.	11
- Enfermedades del Nervio Optico.	12
- Ceguera al color.	12
- Defectos campimétricos.	13
P.V.E. EN EL ESTUDIO DE LA AMBLIOPIA:	
- Teorías neurofisiológicas.	14.
CARACTERISTICAS DE LOS P.V.E. EN AMBLIOPIA	19
REPORTE DEL ESTUDIO REALIZADO EN PACIENTES AMBLIOPES MEDIANTE P.V.E. .	
- Material y métodos.	22
- Resultados.	24
- Discusión.	25
CONCLUSIONES.	26
BIBLIOGRAFIA.	29

# POTENCIALES VISUALES EVOCADOS EN AMBLIOPIA.

## INTRODUCCION:

El presente trabajo surge de la necesidad de realizar una investigación científica que permita obtener un método objetivo para valorar una de las funciones superiores del ser humano más complejas y poco estudiadas: LA FUNCION VISUAL A NIVEL CORTICAL.

En el devenir histórico, se han realizado múltiples estudios y se ha profundizado poco a poco en los mecanismos fisiológicos y fisiopatológicos íntimos de la visión y la ciencia se encuentra ante el umbral del reto más difícil de superar, que es conocer de manera profunda los procesos de integración visual a nivel cortical y el método que actualmente parece más indicado es el uso de los potenciales visuales evocados.

El estudio de la función visual cortical se ha desarrollado a la par que el estudio de otras funciones corticales, sin embargo, solo se mencionarán los datos referentes a la esfera visual en el presente trabajo.

## ANTECEDENTES HISTORICOS:

El inicio del estudio de los potenciales evocados, aparece al realizarse el registro de la actividad cortical cerebral como un todo, mediante el electroencefalograma, sin embargo, este registro no es específico a un estímulo determinado, por lo que se procedió a implementar un método específico para estudiar las diferentes actividades sensoriales a nivel cortical. De esta manera se iniciaron los registros de los potenciales de la corteza auditiva primero y visual posteriormente, obteniéndose así un método que cumplía con tres funciones básicas: en primer lugar, contribuyó a revelar actividades específicas del cerebro en las que distintos canales procesan simultáneamente tipos de información diferentes. En segundo lugar ha constituido un indicador objetivo de la función sensorial cuando los métodos habituales para obtener información resultan impracticables o poco confiables (por ejemplo en niños pequeños). Por último, permite diferenciar hasta cierto punto los trastornos orgánicos de los psicógenos.

En 1950 George Dawson construyó el primer dispositivo automático apto para obtener promedios del registro de potenciales evocados puntuales. Aunque el aparato era mecánico en parte, poseía

# POTENCIALES VISUALES EVOCADOS EN AMBLIOPIA.

## INTRODUCCION:

El presente trabajo surge de la necesidad de realizar una investigación científica que permita obtener un método objetivo para valorar una de las funciones superiores del ser humano más complejas y poco estudiadas: LA FUNCION VISUAL A NIVEL CORTICAL.

En el devenir histórico, se han realizado múltiples estudios y se ha profundizado poco a poco en los mecanismos fisiológicos y fisiopatológicos íntimos de la visión y la ciencia se encuentra ante el umbral del reto más difícil de superar, que es conocer de manera profunda los procesos de integración visual a nivel cortical y el método que actualmente parece más indicado es el uso de los potenciales visuales evocados.

El estudio de la función visual cortical se ha desarrollado a la par que el estudio de otras funciones corticales, sin embargo, solo se mencionarán los datos referentes a la esfera visual en el presente trabajo.

## ANTECEDENTES HISTORICOS:

El inicio del estudio de los potenciales evocados, aparece al realizarse el registro de la actividad cortical cerebral como un todo, mediante el electroencefalograma, sin embargo, este registro no es específico a un estímulo determinado, por lo que se procedió a implementar un método específico para estudiar las diferentes actividades sensoriales a nivel cortical. De esta manera se iniciaron los registros de los potenciales de la corteza auditiva primero y visual posteriormente, obteniéndose así un método que cumplía con tres funciones básicas: en primer lugar, contribuyó a revelar actividades específicas del cerebro en las que distintos canales procesan simultáneamente tipos de información diferentes. En segundo lugar ha constituido un indicador objetivo de la función sensorial cuando los métodos habituales para obtener información resultan impracticables o poco confiables (por ejemplo en niños pequeños). Por último, permite diferenciar hasta cierto punto los trastornos orgánicos de los psicógenos.

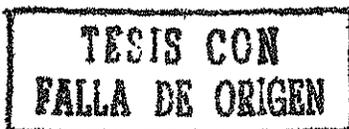
En 1950 George Dawson construyó el primer dispositivo automático apto para obtener promedios del registro de potenciales evocados puntuales. Aunque el aparato era mecánico en parte, poseía

la suficiente eficacia para aportar datos que aun son válidos en nuestros días. Posteriormente, al avanzar la tecnología, fue posible construir un ordenador electrónico, diseñado por Manfred Clynes y Michael Kohn del Rockland State Hospital N. Y. a mediados de la década de los sesentas. A partir de ese momento, es vertiginoso el avance que se produce en la creación de sistemas cada vez más refinados y complejos para realizar estudios matemáticos y estadísticos, mediante el uso de sistemas computarizados que son los que permiten actualmente realizar en forma fiel y exacta el registro de potenciales evocados de diferentes tipos, entre ellos los visuales, como se describirá mas adelante.

Paralelamente al desarrollo tecnológico en el registro de los potenciales corticales, se desarrollaron otras teorías para explicar desde el punto de vista neurofisiológico las vías y los procesos que permitían registrarlos. En general, la técnica de los potenciales evocados, ha servido de soporte a la hipótesis que afirma que las vías sensoriales del cerebro descomponen los estímulos sensoriales complejos en muchos rasgos abstractos que serán procesados virtualmente de una manera independiente por distintos canales. La hipótesis de los canales se basó en numerosos estudios psicofísicos de la visión, iniciándose en 1801 en que Thomas Young propuso que el número infinito de longitudes de onda del espectro se analizaban por medio de un número reducido de canales cromáticos. Entre las razones que explican el nuevo interés por la hipótesis de los canales, se cuenta el hecho de que los avances técnicos en neurofisiología han conducido al descubrimiento de diferentes tipos de células cerebrales, cuyas distintas propiedades podrían proporcionar a los canales de percepción visual un soporte físico, continuando sobre esta hipótesis, en 1960 Williams B. Marks, W.H. Dobbelle y Edward F. Mac Nichol Jr. del Johns Hopkins y Paul K. Brown y George Wald de Harvard demostraron directamente que la retina poseía tres clases de fotorreceptores: Para el rojo, para el verde y para el azul. Cuya existencia había sido postulada siglo y medio antes por Young.

Mas recientemente Fergus W. Campbell, John G. Robson y Colin Blakemore de Cambridge han puesto de manifiesto que la información de los perfiles y las formas, se procesa en canales paralelos que analizan la escena visual en estrechas bandas de frecuencia espacial de orientaciones distintas. Un apoyo físico de esos canales de orientación puede estar constituido por los diferentes tipos de neuronas sensibles a la orientación, que fueron descubiertas a fines de la década de los cincuenta por Hubel y Wiesel, mediante el registro con microelectrodos en la corteza visual del gato.

Actualmente la hipótesis de los canales ofrece pautas para el diseño de nuevos exámenes sensoriales que ayudan a la detección y diagnóstico de enfermedades. Si una enfermedad afecta un canal, pero no a los demás, el examen habitual que no detecte el canal afectado, tampoco detectará la enfermedad.



La prueba de los distintos canales uno a uno, ayudará a realizar diagnósticos más sensibles y específicos, sobre todo en aquellos casos en que el examen de percepción sea difícil de realizar o poco confiable como en los niños pequeños. Esta posibilidad de carácter práctico se basa en la observación de que existe un tipo de potencial evocado por cada canal de percepción descubierto hasta el presente.

Un ejemplo de aplicación de los potenciales visuales evocados, es el diagnóstico de la esclerosis múltiple, ya que aún en pacientes que no evidencian signos clínicos de lesiones de la vía visual, es posible registrar mediante potenciales visuales un retraso en la velocidad con que las señales se transmiten desde el ojo hasta la corteza visual, método ampliamente usado en la actualidad en países anglosajones, en donde la incidencia de este padecimiento es elevada.

Como ya se ha mencionado anteriormente, las aplicaciones clínicas de los potenciales evocados, son amplias y cada vez se descubren nuevas y prometedoras áreas en donde utilizarlos y quizá en el momento actual una de las más importantes es la evaluación de las funciones visuales, auditivas y cerebrales en niños y adolescentes; ya se han utilizado para controlar el desarrollo de la agudeza visual a lo largo de las primeras semanas y meses de vida.

### CONCEPTOS FUNDAMENTALES.

**DEFINICION:** Los potenciales visuales evocados, son el registro amplificado y selectivo de la actividad cortical cerebral inducida por un estímulo visual.

#### BASES NEUROFISIOLOGICAS:

Es bien conocido y ampliamente estudiado el mecanismo de producción y desplazamiento de las señales eléctricas en las células, en las cuales se ha demostrado que gracias al equilibrio de Gibbs-Donnan, la célula en reposo posee un equilibrio de los electrolitos intracelulares con los extracelulares, que permiten la existencia de una diferencia de potencial entre estos dos espacios.<sup>1,2</sup> (VER FIG 1)

En el momento en el cual una célula nerviosa inicia o transmite un impulso nervioso, se invierte la polaridad del potencial antes mencionado mediante un aumento brusco de la permeabilidad de la membrana al  $\text{Na}^+$ , que provoca el potencial de acción, susceptible de registrarse mediante electrodos.

La prueba de los distintos canales uno a uno, ayudará a realizar diagnósticos más sensibles y específicos, sobre todo en aquellos casos en que el examen de percepción sea difícil de realizar o poco confiable como en los niños pequeños. Esta posibilidad de carácter práctico se basa en la observación de que existe un tipo de potencial evocado por cada canal de percepción descubierto hasta el presente.

Un ejemplo de aplicación de los potenciales visuales evocados, es el diagnóstico de la esclerosis múltiple, ya que aún en pacientes que no evidencian signos clínicos de lesiones de la vía visual, es posible registrar mediante potenciales visuales un retraso en la velocidad con que las señales se transmiten desde el ojo hasta la corteza visual, método ampliamente usado en la actualidad en países anglosajones, en donde la incidencia de este padecimiento es elevada.

Como ya se ha mencionado anteriormente, las aplicaciones clínicas de los potenciales evocados, son amplias y cada vez se descubren nuevas y prometedoras áreas en donde utilizarlos y quizá en el momento actual una de las más importantes es la evaluación de las funciones visuales, auditivas y cerebrales en niños y adolescentes; ya se han utilizado para controlar el desarrollo de la agudeza visual a lo largo de las primeras semanas y meses de vida.

### CONCEPTOS FUNDAMENTALES.

**DEFINICION:** Los potenciales visuales evocados, son el registro amplificado y selectivo de la actividad cortical cerebral inducida por un estímulo visual.

#### BASES NEUROFISIOLOGICAS:

Es bien conocido y ampliamente estudiado el mecanismo de producción y desplazamiento de las señales eléctricas en las células, en las cuales se ha demostrado que gracias al equilibrio de Gibbs-Donnan, la célula en reposo posee un equilibrio de los electrolitos intracelulares con los extracelulares, que permiten la existencia de una diferencia de potencial entre estos dos espacios.<sup>h2</sup> (VER FIG 1)

En el momento en el cual una célula nerviosa inicia o transmite un impulso nervioso, se invierte la polaridad del potencial antes mencionado mediante un aumento brusco de la permeabilidad de la membrana al  $\text{Na}^+$ , que provoca el potencial de acción, susceptible de registrarse mediante electrodos.

3-A

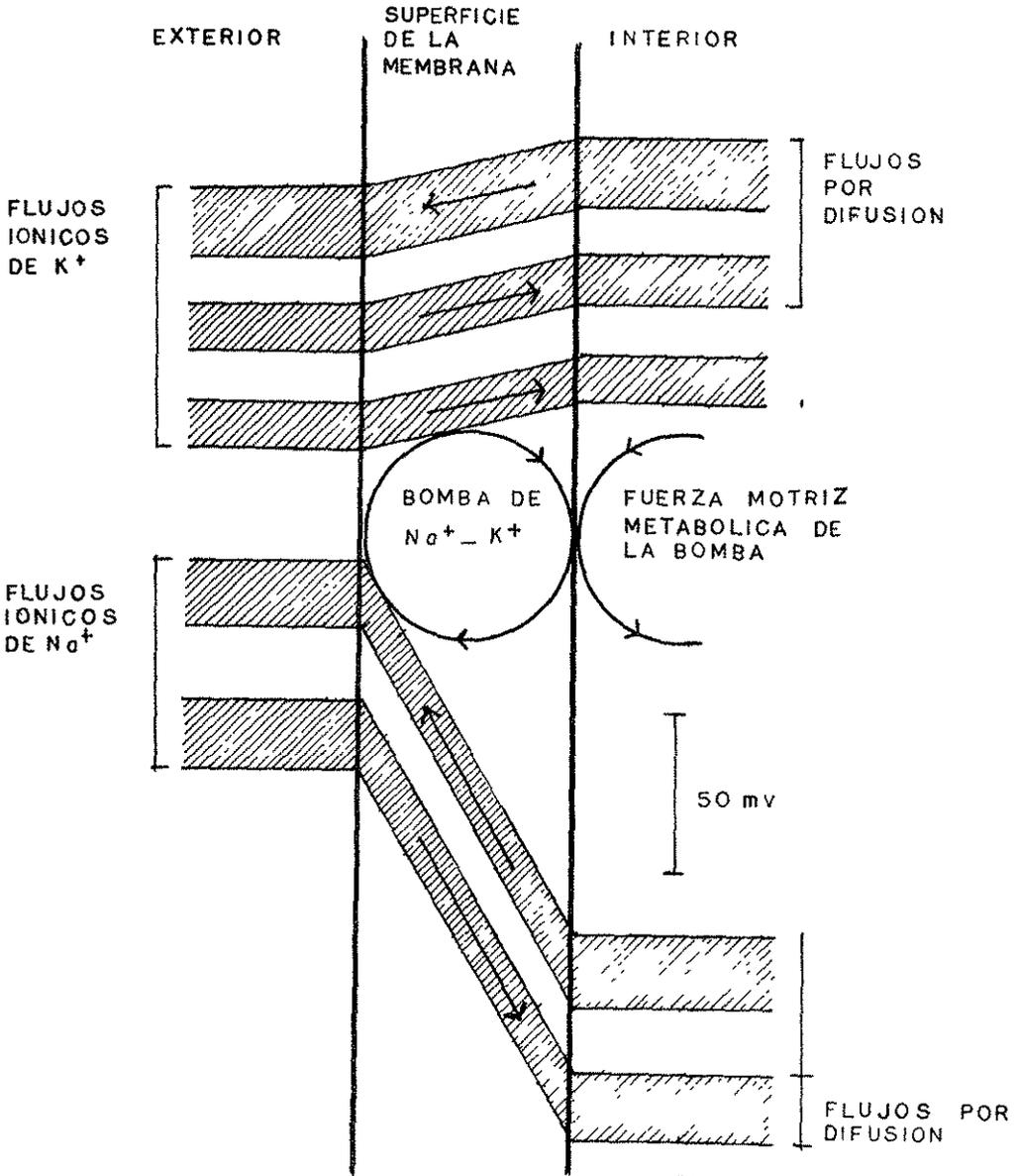


FIGURA 1

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

intracelulares y posteriormente se recupera el equilibrio electrolítico al funcionar la bomba de sodio-potasio y de nuevo en exceso el  $\text{Na}^+$  intracelular en exceso y lo deposita en el espacio extracelular.

El mecanismo antes descrito, ya ha sido estudiado y registrado desde hace varias décadas y la firmeza de esta teoría se ha hecho patente en el transcurso del tiempo ( ver fig 2 y 3).

Apoyándose en las bases de neurofisiología antes descritas, fue posible diseñar métodos y equipo capaz de registrar la actividad eléctrica del cerebro mediante la electroencefalografía, que como se mencionó anteriormente, es el precursor del registro de los potenciales evocados. Sin embargo, existen diferencias entre el E.E.G. y los P.V.E. que es conveniente señalar<sup>3,4</sup>.

1. - Los P.V.E. son el registro de la respuesta específica del lóbulo occipital a un estímulo visual, en cambio el E.E.G. es el registro de la actividad global de la corteza cerebral.
2. - La amplitud de los P.V.E. es menor, encontrándose en el rango entre 1 y 20 microvoltios, mientras el E.E.G. posee señales con amplitud entre 20 y 100 microvoltios o mayores.
3. - Los P.V.E. son más sensibles para detectar cambios en los estímulos, p. ejem. siempre existirá una reducción de la amplitud de los P.V.E. al disminuir la intensidad de la luminosidad del estímulo, en cambio, en el E.E.G. estos cambios en las condiciones del estímulo no se detectan.
4. - El registro de los PVE requiere de un equipo diferente y más sofisticado que el E.E.G. por las siguientes razones: la amplitud de los P.V.E. es menor que la del E.E.G. de tal manera que es necesario separarlo del "ruido de fondo" producido por el resto de las señales eléctricas no relacionadas con el estímulo visual. Para lograr lo anterior, los P.V.E. se registran en forma simultánea a la presentación del estímulo y debido a que las señales del EEG se producen al azar y las de los PVE se producen simultáneamente con el estímulo visual específico, al ir registrando mayor número de señales en un tiempo determinado, las señales aleatorias promedian cero, en cambio las que son desencadenadas por el estímulo visual aumentarán progresivamente. Para lograr lo anterior, se requiere un sistema muy elaborado de estimulación y registro, así como una computadora programada especialmente para lograr en forma automática el promedio de los registros, como se describirá más adelante.

4-A

osciloscopio  
de rayos  
catódicos

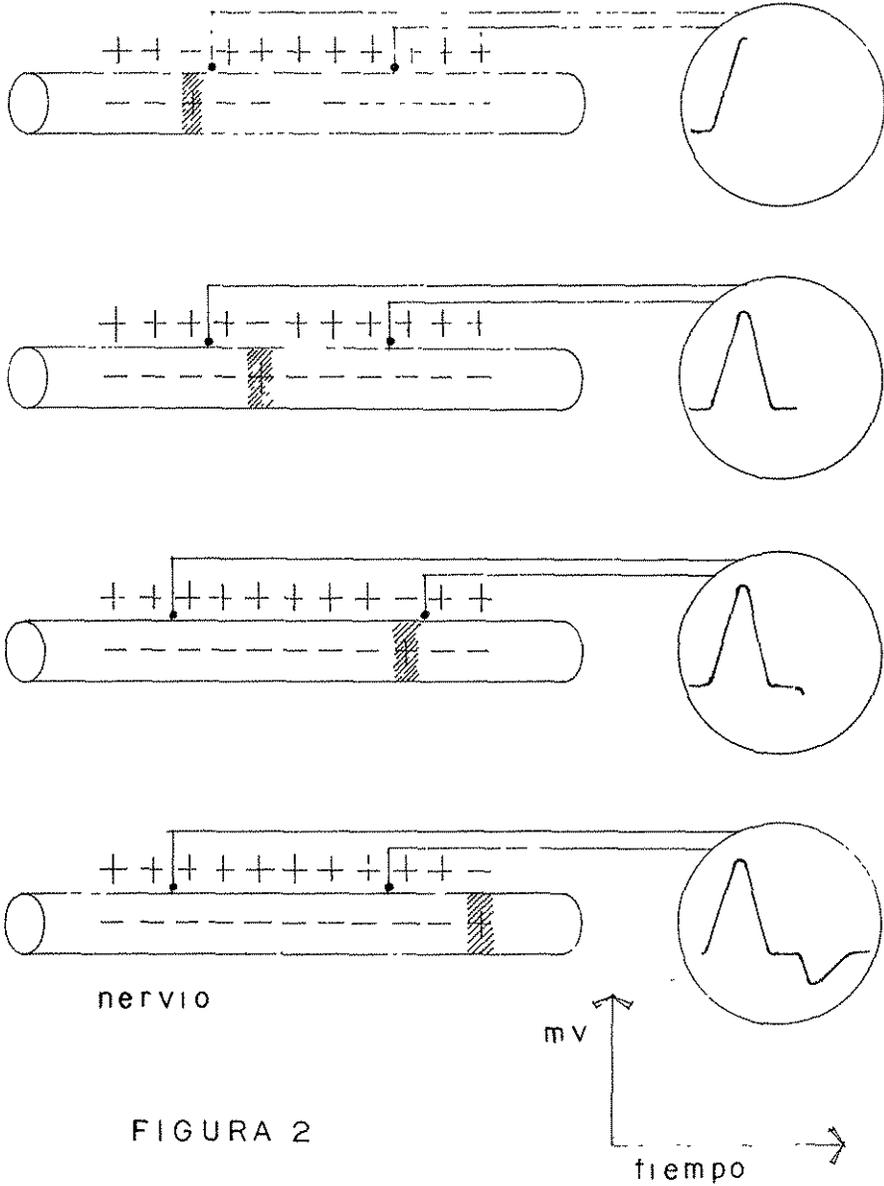


FIGURA 2

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

4-B

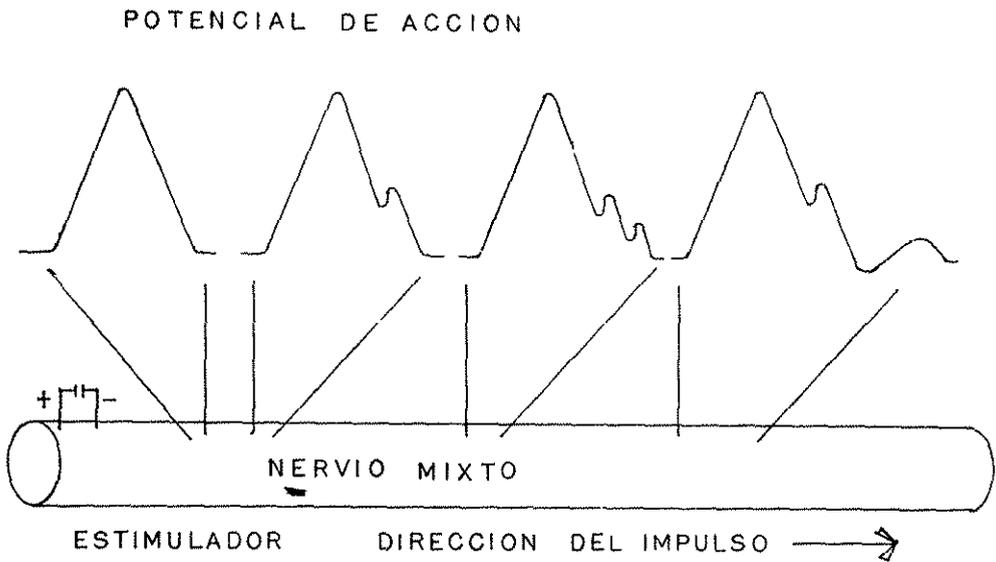


FIGURA 3

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## REGISTRO DE LOS POTENCIALES VISUALES EVOCADOS.

### EQUIPO

Los elementos necesarios para la investigación de los P.V.E. son electrodos, un amplificador diferencial, un dispositivo para sumar y promediar y un dispositivo para registrar en forma permanente los resultados.

El amplificador diferencial tiene como función básica seleccionar y amplificar una banda de frecuencia, enviando esta señal amplificada, simultáneamente a un osciloscopio o polígrafo y a la computadora, la cual puede ser simple y tener un solo programa o bien tener múltiples programas que le permiten realizar análisis cruzados de diferentes variables, pero en cualquier caso, debe contar con un promediador, el cual registrará y esquematizará los resultados promediados en un sistema de coordenadas X - Y.

Todo el sistema antes descrito, deberá estar conectado y funcionará en perfecta sincronización con el sistema de estimulación automático, del cual se proporcionara más detalles posteriormente, ya que es un factor decisivo para el estudio de los P.V.E. (ver fig. 4)

### TECNICA:

Por ser uno de los puntos clave en los resultados del registro de los P.V.E. se debe prestar especial atención al tipo y colocación de los electrodos de registro, se pueden tomar como lineamientos generales, los expuestos en el amplio estudio de Childers y Goff. En general, son útiles los electrodos de disco de oro o plata o los de aguja que se utilizan para electroencefalografía. El cabello y la piel cabelluda se limpian con alcohol o cualquier desengrasante y se coloca pasta conductora para asegurar la transmisión correcta.

El paciente debe colocarse en un cuarto pequeño, oscuro y aislado del ruido ambiental para disminuir al máximo posible la interferencia de otros estímulos sensoriales no deseados.

Al registrar los P.V.E. se determina la suma algebraica de la diferencia de potencial entre el electrodo activo y el electrodo inactivo. Teóricamente el electrodo activo registra la actividad neuronal mas otros potenciales: musculares, artefactos e interferencia, mientras el electrodo inactivo registra todos los potenciales excepto las señales neuronales; de la diferencia entre estos dos electrodos en un caso ideal, resultaría la actividad neuronal pura de una región específica de la corteza cerebral, desgraciadamente en la práctica es imposible tener un electrodo inactivo puro. De acuerdo a los estudios de Michaels y Halliday,<sup>6</sup> el lóbulo de la oreja es un sitio ade-

5-A

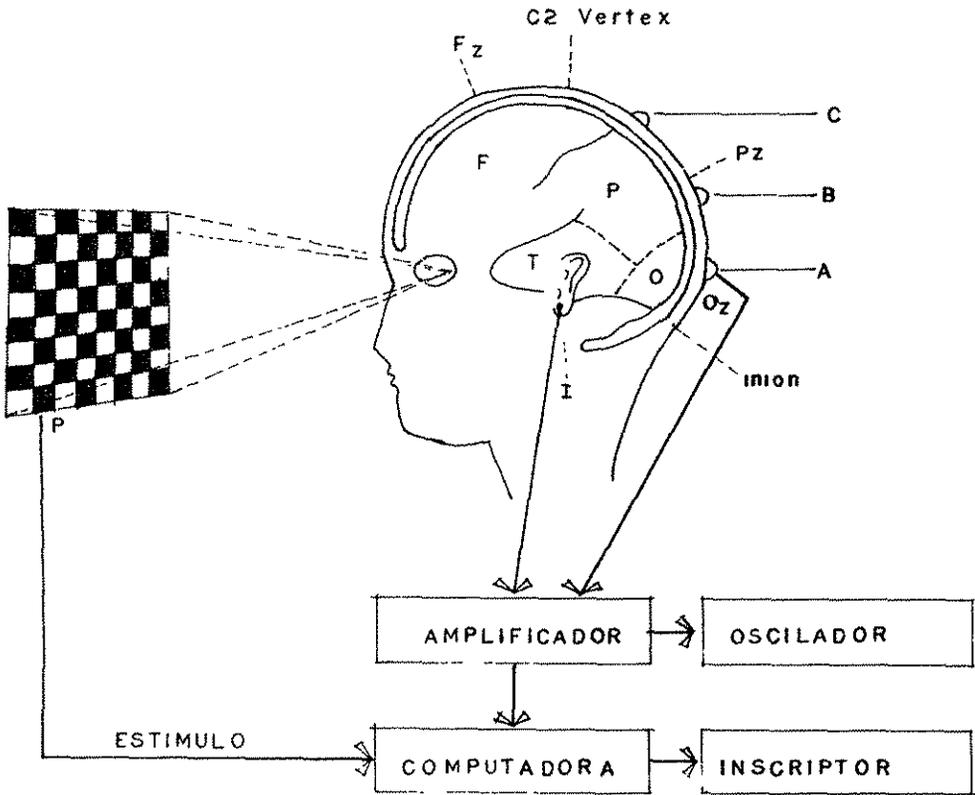


FIGURA 4

TESTS CON  
FALLA DE ORIGEN

-cuado para colocar el electrodo inactivo aunque no es de ninguna manera puro.

En general existen dos clases de registro de acuerdo al número y posición de los electrodos: monopolar, es aquel registro en el cual existe un electrodo colocado sobre una zona cortical activa y un electrodo inactivo; y la bipolar o multipolar, cuando dos o mas electrodos se colocan en una zona activa y uno en una zona inactiva.

En el caso de los P.V.E. se prefiere el registro de tipo monopolar por las siguientes razones primero: se sabe que puede ocurrir inversión de la polaridad cuando hay varios electrodos activos, lo que puede confundir el registro de los P.V.E. Segundo: los registros monopolares son susceptibles de registrarse en una banda magnética y posteriormente, mediante un promediador, obtener respuestas bipolares simplemente restando los resultados de dos registros monopolares.

### SISTEMAS DE ESTIMULACION PARA LOS P.V.E.

Se dividen los tipos de estímulos para los P.V.E. en dos básicamente: destellos luminosos inespecíficos y estímulos específicos o con patrón establecido.

Destellos luminosos inespecíficos:

Este tipo de estímulos, generalmente son producidos por un fotoestimulador que es capaz de producir destellos luminosos de gran intensidad y corta duración.

Estímulos específicos:

Estos estímulos en un principio se realizaban mediante el uso de transparencias o luz polarizada para modificar el patrón en forma cíclica, pero actualmente existen monitores capaces de presentar al paciente una imagen previamente estandarizada, la más usada es el patrón en tablero de ajedrez, con diferentes tamaños de cuadros, los cuales son invertidos en forma cíclica, de tal modo que alternan cuadros claros con oscuros.

Se sabe que los puntos mas significativos para la investigación en cuanto a las características del estímulo son: el tamaño de la respuesta es directamente proporcional al tamaño del estímulo y la respuesta máxima se obtiene al ir aumentando el tamaño del estímulo conforme éste se aleja de la fovea hacia la retina periférica, basado en lo anterior, uno de los últimos diseños útiles para la estimulación visual, es un patrón en forma de tablero

de dardos, en el cual los estímulos de menor tamaño están en el centro y el tamaño aumenta progresivamente hacia la periferia, confirmando que con este tipo de estímulo, se obtiene una mejor respuesta que utilizando el patrón de tablero de ajedrez equivalente.<sup>7</sup>

#### RESPUESTAS DE ACUERDO AL TIPO DE ESTIMULO:

Destello luminoso inespecífico:

Los P.V.E. obtenidos usando este tipo de estímulo, están formados por un conjunto de ondas positivas y negativas, cuyas características no ha sido posible estandarizar ni analizar, ya que varían notablemente dependiendo del tiempo de registro y son susceptibles de modificaciones importantes con mínimos cambios en las condiciones de estudio, por lo que se han descartado para la investigación de los P.V.E.

Estímulos específicos:

Con un estímulo específico, se presenta al paciente una dimensión espacial susceptible de ser reconocida por él. Este tipo de estímulos pueden tener varios patrones, entre los más usados se encuentran: tableros de ajedrez, barras, puntos y combinaciones de los anteriores. Estos patrones a su vez pueden presentarse de diferentes maneras, variando las condiciones de luminosidad y aparición del estímulo, como se expone a continuación:

a) Estímulo de aparición y desaparición súbita, de luminosidad variable:

Este tipo de estímulo se obtiene por medio de un sistema de destello, el cual proyecta una transparencia con el estímulo elegido y dura solo una fracción de segundo. La respuesta obtenida con este estímulo no es útil, ya que varían mucho los registros, porque no solo se obtiene el estímulo producido por el patrón, sino también los cambios por la adaptación a la luminosidad y obscuridad súbitas.

b) Estímulo de aparición y desaparición súbita con luminosidad constante:

En este caso, se presenta también un patrón en forma de destello que desaparece rápidamente, pero no es substituido por obscuridad como en el caso anterior, sino por un campo homogéneo que tenga la misma luminosidad que el patrón antes presentado. Con este tipo de estímulos, los resultados son más confiables ya que se eliminan los estímulos corticales producidos por los cambios bruscos de luminosidad y es el precursor inmediato de los patrones alternantes.

c) Estímulo alternante con luminosidad constante.

Es el estímulo más utilizado y que tiene más confiabilidad en su respuesta. Consiste en un estímulo cuyo patrón inicial es reemplazado por otro de la misma luminosidad pero complementario del primero, probablemente el ejemplo más claro es el del tablero de ajedrez, en el que se alternan las posiciones de los cuadros claros por oscuros y viceversa, pudiendo utilizarse también bandas o círculos. Y en todos los casos la luminosidad total del estímulo es siempre la misma.

Los P.V.E. registrados mediante este tipo de estímulos, se consideran como un registro estable ("steady state") ya que el sistema visual se estimula en forma rítmica y estable.

El uso de patrones en los estímulos en vez de estímulos inespecíficos como los destellos luminosos, tiene múltiples ventajas en las respuestas obtenidas, entre estas están: La posibilidad de estudiar durante tiempo prolongado el estímulo del sistema visual, lo que no es posible usando estímulos instantáneos y por ser la corteza visual capaz de analizar contornos, líneas, bordes etc. al usar un estímulo con patrón, se exploran simultáneamente estas capacidades, lo que permite obtener una respuesta más fiel y estable. Hasta el momento actual, no existe un acuerdo absoluto acerca del patrón ideal de estimulación, pero si se ha logrado establecer y demostrar por medio de otros estudios que se mencionan posteriormente, que el sistema visual está formado por diferentes canales de información y de acuerdo al número y tipo de canales estimulados, las respuestas de los P.V.E. serán diferentes.

#### CARACTERISTICAS DE LOS P.V.E. AL CAMBIAR LAS CONDICIONES DE LOS ESTIMULOS:

Luminosidad:

Si la luminosidad se modifica, la amplitud de los P.V.E. se modificará en forma directamente proporcional y el tiempo de latencia en forma inversamente proporcional, hasta un límite máximo a partir del cual a pesar de aumentarse la luminosidad la respuesta no se modifica e inclusive puede disminuir la amplitud de la respuesta y alargarse el tiempo de latencia dando origen a una curva asintótica. Un hecho de observación importante durante la realización de estos experimentos es el haber notado que el tiempo de latencia es más estable en su respuesta que la amplitud, razón por la cual algunos autores lo prefieren como valor significativo en sus estudios, aunque se ignora la razón de esta estabilidad.

#### Frecuencia de estimulación:

Se ha demostrado que al aumentar la frecuencia de presentación de los estímulos, las gráficas de los P.V.E. se vuelven menos complejas y tienden a adoptar una curva de tipo sinusoidal, hasta que la frecuencia de estimulación es tal, que el paciente la percibe como un solo estímulo quedando en ese momento una respuesta semejante al registro estable ("steady state") ya mencionado anteriormente, aunque no se ha podido precisar el punto exacto en el que ocurre este cambio.

Gracias al estudio de las variaciones en la frecuencia de la estimulación, se ha obtenido una interesante conclusión, aplicable a los fenómenos fisiopatológicos implicados en la ambliopía: es el hecho de considerarse que los P.V.E. viajan por tres canales diferentes de acuerdo al tipo de frecuencia recibido: UNA ZONA DE BAJA FRECUENCIA, alrededor de los 10 Hz. (ALFA), UNA ZONA DE FRECUENCIA MEDIA, entre 13 y 22 Hz. y UNA ZONA DE ALTA FRECUENCIA que corresponde al rango de 42 a 60 Hz. Se supone que cada una de estas frecuencias viajan por diferentes canales y se separan en etapas tempranas de su viaje por la vía visual. Los hechos que apoyan la suposición anterior son los siguientes:

1. - La distribución topográfica de los tres tipos de respuesta es diferente.
2. - El componente de baja frecuencia es muy estrecho, con un pico de máxima respuesta a los 10 Hz. mientras que el componente de alta frecuencia tiene un espectro de respuesta más amplio.
3. - Las frecuencias media y baja, reflejan pobremente la respuesta psicofísica, que se estudia, es decir la función de la corteza visual, en cambio, las frecuencias altas, tienen una estrecha correlación con la sensibilidad de la corteza visual para detectar el estímulo producido por el espectro fotópico.
4. - Algunos padecimientos desmielinizantes como la esclerosis múltiple afectan en forma selectiva una de estas vías, específicamente las de frecuencias medias y las otras dos permanecen sin alteraciones.

#### Longitud de onda:

La longitud de onda que produce una respuesta óptima, esta dada por el umbral de excitación de los conos, ya que es básicamente la región macular la que responde al estímulo luminoso, variando entre 250 y 500 nm, que corresponde al espectro visible.

## TIPO DE PATRON

Una de las características fundamentales de los P.V.E. es su sensibilidad para detectar la capacidad de identificación de bordes y límites del estímulo presentado, siendo esta la razón por la que se obtienen mejores respuestas con estímulos específicos de patrones contrastantes. Lo antes expuesto, se corrobora al observarse que los siguientes factores intrínsecos del estímulo, son capaces de modificar la respuesta del P.V.E.:

- Calidad óptica: si el estímulo se encuentra desenfocado ya sea por exceso de divergencia o convergencia de los rayos luminosos, el P.V.E. disminuirá en amplitud y es tan sensible, que una dioptría de error refractivo es capaz de disminuir la amplitud de la respuesta en un 30%. Como se demostrará posteriormente, esta propiedad es útil para el estudio de refracción en niños.
- Tamaño del patrón: al igual que en el caso previo, existe un tamaño óptimo del patrón de estimulación para obtener una amplitud máxima del P.V.E. y se ha encontrado que el tamaño más adecuado es aquel que subtiende un ángulo visual entre 10' y 20' de arco.
- Localización retiniana y tamaño del campo: como es lógico suponer, el sitio ideal de estimulación es la fovea, ya que al alejarse el estímulo hacia la retina periférica, la respuesta del P.V.E. disminuirá proporcionalmente a menos que se aumente el tamaño del patrón para que sea discriminado por la retina periférica, aunque nunca se alcanzará la amplitud que se obtiene al ser estimulada la fovea. Los datos anteriores, han permitido diseñar el estímulo ideal para excitar de manera homogénea todo el campo visual, que es en forma de tablero de dardos, previamente descrito en el capítulo de estímulos específicos.

## APLICACION DE LOS P. V. E. EN OFTALMOLOGIA

### AGUDEZA VISUAL.

Los potenciales visuales evocados, son útiles para realizar estudios de refracción muy precisos, porque la amplitud de los P.V.E. es extremadamente sensible a alteraciones en la nitidez del estímulo y es capaz de detectar un desenfoque de una dioptría positiva o negativa. Los autores con mayores estudios al respecto son Harter y White y Millodot y Rigers, quienes iniciaron sus estudios con estimulación por medio de patrones específicos alternantes, actualmente han logrado tal precisión en sus métodos de exploración y técnicas de refracción que son capaces de lograr refracciones con margen de error de 0.39 a 0.75 dp. e inclusive les es posible determinar el eje del astigmatismo y el valor del cilindro mediante P.V.E.

Una de las ventajas del uso de los P.V.E. sobre la esquiastropia para los estudios de refracción, es que esta última determina solo la corrección del sistema óptico del ojo, en cambio el P.V.E. analiza y valora la vía visual como una entidad; esto último es de gran valor en el caso de pacientes con ambliopía y en iletrados como niños pequeños.

### A.V. INFANTIL:

Los P.V.E. son un elemento de gran valor en el estudio de la visión infantil, ya que las técnicas utilizadas con anterioridad, carecen de objetividad y dependen básicamente de la apreciación subjetiva del explorador. Uno de estos métodos es el del tambor optocinético, ya que el momento en el que el nistagmus desaparece es una decisión exclusiva del explorador.

El tipo de estudios que se realizan acerca de la agudeza visual, comprenden básicamente dos modalidades: El uso de destellos luminosos inespecíficos, que proporcionan información sobre el grado de maduración neuronal y la contribución fotópica ( de los conos) a la A.V. infantil. Y el segundo tipo de estudios, utiliza patrones específicos que permiten evaluar el procesamiento de la información espacial.

De los estudios antes mencionados, se observo que en los tres primeros meses de vida postnatal, los P.V.E. son simples ondas de mayor longitud y latencia que las del adulto, pero después de los tres primeros meses practicamente son iguales, con pequeñas modificaciones en la amplitud y latencia, que desaparecen progresivamente.

La mayoría de los autores coinciden en señalar que el tiempo durante el cual se observan mayor número de cambios y adaptaciones a nivel cortical y subcortical en la vía visual, son los seis primeros meses de vida y destacan que es muy probable que éste sea el periodo más lábil a alteraciones funcionales que deriven en un futuro en ambliopía.

#### ENFERMEDADES DEL NERVIÓ OPTICO.

Uno de los aspectos clínicos que más desorientan y preocupan al neurólogo y al neurooftalmólogo, es poder determinar con precisión y con anticipación cuando existe un proceso inflamatorio del nervio óptico ya sea una neuritis óptica o neuritis retrobulbar porque su tratamiento oportuno es determinante en la adecuada recuperación funcional y además puede ser el principio de un proceso desmielinizante como la esclerosis múltiple porque en ocasiones es este el primero y único síntoma.<sup>9,10</sup>

Básicamente las alteraciones encontradas en pacientes con neuritis retrobulbar son: aumento del periodo de latencia en la banda de frecuencia de 13 a 25 Hz utilizando estímulos luminosos inespecíficos, como los destellos luminosos (Milner y cols). Halliday, Mc Donald y Mushin<sup>11</sup>, usando patrones específicos alternantes con estímulos de gran tamaño (50') corroboraron los hallazgos previos, concluyendo que en el caso de neuritis retrobulbar existe retardo en el tiempo de latencia en el 96% de sus pacientes y en una serie similar Asselman reporta los mismos hallazgos en 67% de los casos estudiados.

#### CEGUERA AL COLOR.

El estudio de las alteraciones en la discriminación de los colores es con toda seguridad el campo más exacto y amplio para la aplicación de los P.V.E. ya que al comprobarse la existencia de tres canales diferentes para la percepción del rojo, azul y verde de acuerdo al rango de frecuencia, es posible determinar con precisión cual es la vía afectada porque al ser estimulado el paciente con la frecuencia cromática del color no percibido, la onda del P.V.E. es plana.

## DEFECTOS CAMPIMÉTRICOS.

Los primeros estudios respecto a campimetría y P.V.E. no fueron gratificantes, ya que al usar estímulos inespecíficos no se obtenían resultados congruentes, sin embargo con las modernas técnicas que permiten usar patrones específicos alternantes, se ha logrado un alto grado de sensibilidad para la detección de defectos campimétricos, una de estas técnicas es la descrita por Regan, quien sugiere que se pueden registrar simultáneamente los P.V.E. de áreas retinianas diferentes, con estímulos que para la corteza cerebral son iguales prácticamente, pero a la computadora le permiten realizar el análisis separado de ambos estímulos, por ejemplo: estimular el campo visual del O.D. con 18 Hz y el O.I. con 18.3 Hz. Con este sistema pueden diagnosticarse con exactitud hemianopsias y otros defectos campimétricos sobre todo en pacientes poco cooperadores como niños pequeños, pacientes con bajo cociente intelectual o simuladores, ya que puede aseverarse sin duda si existe o no percepción de la corteza visual sin necesidad de la cooperación del paciente.

Cappin y Nissim<sup>12</sup> han demostrado que también pueden ser utilizados los P.V.E. para detectar defectos campimétricos en pacientes con glaucoma al realizar el estudio por cuadrantes, el límite de este método es en el caso de pacientes con este padecimiento cuando el defecto campimétrico abarca más de las tres cuartas partes de cada cuadrante, defecto en el cual no se obtiene respuesta visual evocada.

## POTENCIALES VISUALES EVOCADOS EN EL ESTUDIO DE LA AMBLIOPÍA.

El estudio de la ambliopía, es uno de los campos más interesantes de la electrofisiología visual y motivo del presente trabajo, a continuación se expondrá la evolución de las investigaciones que sobre este tema se han realizado, hasta los últimos métodos y sus resultados, se describirá así mismo su aplicación clínica actual.

Las aportaciones básicas de los P.V.E. al estudio de la ambliopía son dos primero, han permitido el estudio de los procesos electrofisiológicos involucrados en la fisiopatología de la ambliopía y en segundo lugar han dotado al clínico con un método objetivo para la detección temprana y la observación de la evolución de la ambliopía.<sup>3,11</sup>

Los primeros estudios respecto a la ambliopía y métodos electrofisiológicos de detección, se realizaron con E.E.G y la mayoría de los autores coincidían en señalar que existían mínimas o nulas diferencias de los registros electroencefalográficos de pacientes normales comparados con pacientes ambliopes. El siguiente paso fue utilizar estímulos visuales sincronizados con un dispositivo automático apto para obtener promedios de los potenciales que se producían sucesivamente, logrando lo anterior Dawson como se mencionó en la revisión histórica al inicio del presente trabajo.

Posteriormente se utilizaron los diferentes tipos de estímulos específicos hasta llegar al patrón alternante que es el más completo y que mejores resultados ha proporcionado.<sup>13</sup>

## TEORIAS NEUROFISIOLOGICAS.

Para explicar el mecanismo de la visión y en consecuencia las alteraciones que se presentan en la ambliopía, se han emitido varias teorías, sin embargo las más congruentes y científicamente respaldadas son: "La teoría de la Inhibición - Excitación" y la teoría de "Los Canales de Conductión", que en cierto modo son complementarias. Se explicarán cada una de ellas y su relación con los P.V.E.<sup>14,16</sup>

## TEORIA DE LA INHIBICION - EXCITACION

Esta teoría se empieza a gestar desde los estudio de Pugh, al notar dificultad manifiesta del ojo ambliope para discriminar las letras centrales de una línea de optotipos, lo que supuso como una dificultad para la fijación, continuando con esta línea de pensamiento, Stuart y Burian reportaron que existe una gran dificultad en la separación de los estímulos en el ojo ambliope.

Posteriormente Von Noorden y Burian, concluyen que la ambliopía es una supresión funcional de la visión de forma o patrón, principalmente en el área central de fijación, y representa un proceso defectuoso en el sistema fotópico, el cual no afecta al sistema de discriminación luminosa,

También se estudio la inestabilidad en la fijación y la capacidad de sumación en el área foveolar, por Von Noorden, Burian y Ladwill, concluyendose que en el ojo ambliope existe una sumación anormal con fenómeno de amontonamiento, que puede ser primario o secundario a una falta de inhibición, ya que la percepción esta influida por varios factores: algunos son mecanismos neurológicos básicos y otros son interpretaciones basadas en comparaciones de experiencias previas con la actual, de tal suerte que la imagen visual es algo más que el fenómeno físico de la estimulación retiniana, por lo que debe existir un proceso intensificador del contraste que se produce gracias a la inhibición lateral, fenómeno que se inicia en la retina y continúa a través de toda la vía visual,

El concepto de inhibición lateral pudo ser estudiado más ampliamente con el advenimiento de instrumentos capaces de realizar registro de unidades celulares aisladas así como de realizar un análisis de interacciones neurales a nivel celular. Con lo anterior, se emitió un concepto simple que define al campo receptivo como un conjunto celular el cual es excitado, rodeado de un grupo celular que es inhibidor del área central, de tal manera que un estímulo que llega únicamente al área central, excitatoria, se percibe muy intensamente, cuando el estímulo cubre el área inhibitoria y la excitatoria, el estímulo se percibe más debilmente y cuando el estímulo afecta parcialmente el área excitatoria y parcialmente el área inhibitoria se tendrá una respuesta de intensidad media. Sin embargo, el sistema no es tan simple, ya que se va complicando al existir interacción de los campos receptivos los cuales pueden ser inhibitorios, pero a su vez ser inhibidos por grupos celulares adyacentes. Estas funciones también pueden ser separadas de acuerdo al tiempo de duración de la excitación o inhibición si ésta es transitoria o sostenida.

Westheimer, ha desarrollado una técnica psicofisiológica para determinar la relación espacial efectiva de los elementos excitadores e inhibidores. Su método es simple y se basa en un estimulador formado por una luz brillante pequeña que emite destellos en la parte central, rodeada por un campo luminoso de intensidad y diámetro variables. En este modelo, una cierta luminosidad es necesaria para que el estímulo central sea visible, si se rodea de un campo luminoso tenue pequeño, se dificulta la visualización del estímulo luminoso central, ya que solo abarca un centro excitatorio y la constante estimulación provoca acostumbramiento en ese sitio, desapareciendo el fenómeno de contraste; al aumentarse en forma progresiva el diámetro del campo luminoso periférico, se facilita cada vez más la identificación del punto luminoso central, ya que al empieza a estimularse centros inhibitorios periféricos al centro excitatorio, el contraste es mayor. Al aumentar el diámetro del campo periférico, como se mencionó, se facilita la visualización del estímulo central, pero esto es cierto hasta un límite dado, a partir del cual en lugar de aumentar, disminuye nuevamente la facilidad de identificación del estímulo central, probablemente esto último se deba a que se inicia la estimulación de centros inhibitorios, disminuyendo nuevamente el contraste. Se deduce de lo anterior que este mecanismo de excitación-inhibición, tiene su asiento en la retina pero no a nivel de los fotorreceptores sino en el primer sistema de análisis del estímulo visual que se encuentra en las capas sensoriales de la retina e incluye las interacciones neuronales de las células amácrinas, bipolares y horizontales.

El método de estudio de Westheimer antes descrito, se ha aplicado a pacientes ambliopes, demostrándose un claro defecto en la sensibilidad al contraste y también un aumento en el tamaño del campo inhibitorio, deduciéndose que la profundidad relativa de la inhibición es menor que en el ojo normal. Por lo tanto hay una mayor dispersión de las áreas inhibitorias y menor efectividad de las mismas en el ojo ambliope. Si se considera que este defecto tiene su origen en las capas sensoriales de la retina, habrá también defectos primarios o secundarios extrarretinianos, ya que existe un escotoma de supresión en el ojo ambliope derivado de una inadecuada interacción binocular. La otra posibilidad teórica, es que básicamente todos los defectos de la ambliopía nacen en conexiones retinianas defectuosas probablemente en la capa de células horizontales o bipolares y es sólo una consecuencia secundaria la alteración de la visión binocular, ya que se favorecería el desequilibrio de una competencia constante por la supremacía de uno de los ojos.

Los cambios anatómicos y fisiológicos demostrados en el cuerpo geniculado externo y en la corteza cerebral por Wiesel y Baker, podrían ser secundarios a cambios retinianos. Lo anterior no invalida las alteraciones electrofisiológicas encontradas en la corteza visual, simplemente sugiere que los hallazgos a este nivel pueden ser secundarios a defectos más periféricos.

Independientemente del nivel de la vía visual en el cual se desarrolle el fenómeno de inhibición lateral, es un hecho clínico y de experimentación bien demostrado, que el ojo ambliope presenta importante disminución de la sensibilidad al contraste, que clínicamente se traduce como fenómeno de amontonamiento.

El fenómeno de amontonamiento es la incapacidad de identificar estímulos visuales (optotipos, figuras, etc) cuando se presentan varios de ellos simultáneamente, pero es capaz de identificarlos cuando se presentan aislados en contra de un fondo uniforme. Este hecho se ha corroborado en infinidad de ocasiones en ojos con ambliopía.

Con lo antes expuesto, se presentan los hechos clínicos y de experimentación para apoyar una de las teorías de la fisiopatología de la ambliopía, que posteriormente servirá para apoyar los hallazgos normales y anormales en los estudios electrofisiológicos en pacientes ambliopes.

## TEORIA DE LOS CANALES DE CONDUCCION.

Esta teoría es una de las más importantes para sentar las bases neurofisiológicas que explican el comportamiento electrofisiológico del ojo ambliope.

Se ha establecido sólidamente que la información visual es procesada por lo menos en dos canales separados, paralelos de acuerdo a los estudios de Enroth Cugell y Robson,<sup>7</sup> quienes inclusive describieron las propiedades de las neuronas que constituyen estos canales denominándolas "X" y "Y".

Estudios posteriores de Cleland, Dubin y Levick<sup>8</sup> permitieron adoptar una nueva denominación, de acuerdo a las propiedades de estas células, denominándolas : Neuronas de RESPUESTA SOSTENIDA y Neuronas de RESPUESTA TRANSITORIA.

### NEUROCITOS " X ".

Denominados también de RESPUESTA SOSTENIDA, estas células se caracterizan por presentar sumación lineal en sus campos receptivos, tienen mejor respuesta a frecuencias espaciales altas y presentan una respuesta sostenida de acuerdo a la duración del estímulo, no responden a frecuencias temporales altas y tienen un espectro estrecho de percepción al color.

### NEUROCITOS " Y ".

Las características principales de estas células, también denominadas de RESPUESTA TRANSITORIA, son las siguientes: no presentan sumación lineal sobre sus campos receptivos, responden mejor a frecuencias espaciales bajas, su respuesta es transitoria, es decir del tipo "encendido - apagado", independiente de la duración del estímulo, responde a frecuencias temporales altas y su espectro de recepción del color es amplio.

Al estudiar a estas células, se ha demostrado que la clasificación de sostenida/transitoria, es válida para las neuronas desde la retina hasta la corteza visual, y ultimamente se ha encontrado evidencia morfológica de la existencia de estos dos tipos de neurocitos, en animales de experimentación. Por tanto, la dicotomía de sostenido/transitorio, es válida para toda la vía visual. Las unidades de Respuesta Sostenida, proporcionan las bases para la discontinuidad espacial, mientras que las unidades de Respuesta Transitoria, permiten la detección de la oscilación, el análisis del movimiento y la iniciación del reflejo de fijación.

Existe evidencia psicofísica que sugiere que el sistema visual humano también posee dos clases o tipos de neurocitos análogos a los mencionados y demostrados en gatos y monos.

Ikeda y Wright han hipotetizado que la ambliopía puede resultar cuando la fovea es privada de un enfoque claro durante su desarrollo inicial, provocando una degeneración funcional principalmente de las vías de respuesta sostenida. Las alteraciones descritas en los estudios realizados con P.V.E. en humanos con diagnóstico de ambliopía debida a estrabismo o anisometropía, son consistentes con los datos experimentales enunciados.

CARACTERISTICAS DE LOS P.V.E. EN  
AMBLIOPIA.

Probablemente uno de los estudios más completos y concluyentes en el análisis de las características de los P.V.E. en el ojo ambliope, sea el realizado por Peter Wanger y Bengt Yngve Nilsson.<sup>19</sup>

Los estudios realizados por estos autores, se enfocaron básicamente a la identificación de las alteraciones electrofisiológicas del ojo ambliope comparado con el ojo normal. El método de estimulación elegido, fué el patrón alternante de estimulación usando la figura del tablero de ajedrez en blanco y negro y el registro se realizó mediante electrodos de plata, procesandose la información en un sistema computarizado y registrándose mediante un sistema de graficación X-Y.

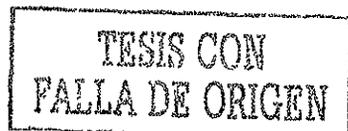
Se cuantificaron la amplitud y el tiempo de latencia como datos claves del registro. Los resultados obtenidos, son congruentes con los reportados por otros autores, y los hallazgos más relevantes son los siguientes:

En pacientes normales los datos obtenidos fueron los siguientes:

1. - La diferencia de amplitud entre el OD y el OI en estimulación monocular, fué menor del 27 %.
2. - Al realizar la estimulación binocular, el incremento en la amplitud de la respuesta, comparada con la mayor amplitud monocular, fué mayor del 12 %.
3. - La diferencia en el tiempo de latencia entre el OD y el OI nunca fué mayor de 5 mseg.

En pacientes ambliopes, los hallazgos fueron los siguientes.

1. - En el 40% de los pacientes existió una diferencia de amplitud entre el ojo sano y el ambliope de más del 30 %.
2. - En el 40 % de los casos, al realizarse estimulación



binocular, el incremento comparado con la respuesta monocular fue negativo, obteniéndose amplitudes menores al 100 %, el cual correspondía a la mejor respuesta monocular.

3. - También en el 40 % de los pacientes, se demostró tiempo de latencia mayor que en los pacientes sanos.

Las explicaciones de los autores para justificar los hallazgos son las siguientes

En cuanto a las alteraciones en la amplitud, pueden estar modificadas de acuerdo al tamaño del estímulo, porque se obtienen mejores respuestas en el ojo ambliope con estímulos mayores, como ya se ha demostrado en otros trabajos, sin embargo, si se utiliza el tamaño óptimo estandarizado, es posible obtener respuestas uniformes con diferencias de amplitud significativas entre el ojo sano y el ojo ambliope.

El incremento de la amplitud al realizarse la estimulación binocular, puede deberse teóricamente a la activación de un grupo neuronal que responda al estímulo binocular, o bien a la suma de la actividad de dos grupos neuronales y en el caso de los pacientes ambliopes, esta falta de incremento y aún el eventual decremento en la respuesta puede deberse a un efecto inhibitorio sobre las neuronas excitadas en el ojo normal.

Existen trabajos publicados por otros autores que proporcionan datos importantes al respecto. Por ejemplo, Wagner al utilizar patrones luminosos inespecíficos, no obtiene cambios significativos, lo que apoya la proposición de usar siempre patrones alternantes específicos. En cuanto a la diferencia de amplitud entre el ojo ambliope y el sano, algunos autores no han encontrado diferencias significativas. Finalmente, al realizar el análisis de la latencia, se ha observado en trabajos recientes, algunos aún no publicados, que es más fácil obtener diferencias significativas en el tiempo de latencia si se utiliza un estímulo con luminosidad de incremento progresivo que además sea alternante, pero la dificultad técnica para construir un dispositivo de estas características en forma tal que este disponible fácilmente para la mayoría de los investigadores, ha limitado la investigación de este aspecto.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los resultados antes mencionados, algunos inclusive contradictorios y las hipótesis que los apoyan, no pueden considerarse en modo alguno definitivos, sin embargo, marcan una directriz para continuar las investigaciones en este campo, ya que existen suficientes argumentos teóricos para insistir en la búsqueda de alteraciones de este tipo en otros grupos de pacientes ambliopes.

REPORTE DEL ESTUDIO REALIZADO EN PACIENTES  
AMBLIOPES MEDIANTE POTENCIALES VISUALES  
EVOCADOS.

Al considerar los resultados experimentales antes expuestos y las hipótesis que los apoyan, se procedió a realizar un estudio prospectivo en pacientes del Hospital de Oftalmología del C. M. N. del I. M. S. S , con diagnóstico de ambliopía. El objetivo planeado fué corroborar y de ser posible identificar nuevas alteraciones electrofisiológicas en estos pacientes. Por el limitado número de pacientes que cumplan los requisitos previamente establecidos, solo se presenta un reporte preliminar con el proyecto de ampliarlo posteriormente.

MATERIAL Y METODOS.

Se seleccionaron cinco pacientes en edad pediátrica del Hospital de Oftalmología, que acudieron a la consulta de primera vez por padecer estrabismo. Los requisitos para incluirlos en el estudio fueron: Tener de 0 a 14 años, con diagnóstico de ambliopía, sin haber recibido tratamiento previo para el estrabismo ni para la ambliopía, que no cursaran con otro padecimiento oftalmológico ni sistémico agregado y que sus padres fueran capaces de proporcionar en forma adecuada la información solicitada acerca del padecimiento y la evolución del paciente.

A cada paciente , desde su ingreso se le realizó historia clínica completa , exámenes de laboratorio de rutina y exámen oftalmológico completo que incluyó. Agudeza visual, exploración de anexos, reflejos pupilares, movilidad ocular, biomicroscopía, queratometría (cuando fue posible) y estudio de fondo de ojo bajo dilatación pupilar con ciclopléjicos. En la siguiente visita se procedió a realizar exploración de A.V. y estrabológica, midiendo el grado de desviación con prismas, en la tercera visita, se realizó estudio de refracción bajo cicloplejia y posteriormente se corroboró el Dx de ambliopía al no obtenerse mejoría en la A.V. al utilizar la corrección óptica óptima obtenida mediante el estudio de refracción. En este punto y previo a decidir su tratamiento quirúrgico o intentar cualquier tratamiento para la ambliopía, se procedió a realizar registro electrofisiológico de P.V.E. monoculares y binoculares con la técnica que se describirá posteriormente.

El registro de los P.V.E. se realizó en el departamento de electrofisiología del Hospital de Pediatría del C. M. N. con el siguiente equipo



-Fotoestimulador para estímulos inespecíficos modelo ALVAR:

Este estimulador permite emitir destellos luminosos de duración y frecuencia variables y fue utilizado para proporcionar al paciente estímulos inespecíficos.

-Computadora Nicolet CA 1000:

Esta computadora posee un amplificador integrado y permite coordinar en forma adecuada el estímulo y el registro de la respuesta evocada. Posee un programa para realizar el registro individual de cada potencial evocado y el promedio automático de las respuestas obtenidas, las cuales almacena en su memoria y es capaz de representarlas gráficamente mediante una pantalla o bien en forma escrita mediante un polígrafo integrado que transcribe la gráfica en tarjetas calibradas mediante un sistema de coordenadas X - Y.

-Estimulador de Patrón Alternante NIC - 1005:

Consta este estimulador de una fuente de estímulos y un monitor que se coloca frente al paciente, tiene varios tipos de patrones alternantes (barras, cuadros, círculos, líneas) y pueden modificarse a voluntad del explorador el tamaño y la frecuencia de la alternancia. Se acopla perfectamente a la computadora utilizada.

-Electrodos de metal:

Se colocan estos electrodos de acuerdo a la técnica internacional sobre la piel cabelluda en la región occipital para registrar la actividad cortical de esta región.

Método de registro:

Para realizar el registro de los P.V.E. se dispuso de una habitación con la menor cantidad posible de estímulos luminosos y auditivos, no se administró al paciente medicación previa, se situó sentado al frente del monitor de estímulos alternantes o bien en decúbito dorsal cuando se utilizaron estímulos inespecíficos. Se colocaron adecuadamente los electrodos de metal y se procedió a realizar primero el registro monocular de ambos ojos y binocular con estímulos inespecíficos y posteriormente los mismos registros con estímulos específicos de patrón alternante usando el modelo de tablero de ajedrez. Se registraron cada una de estas respuestas en tarjetas calibradas que posteriormente se analizaron.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## Método de Análisis

A cada uno de los registros obtenidos de los pacientes, se realizó análisis de los siguientes parámetros:

- AMPLITUD:** Se define como la máxima intensidad expresada en milivoltios y se mide del valle a la cresta de la onda de mayor tamaño.
- LATENCIA** Es el tiempo que tarda en alcanzar su máxima amplitud la onda estudiada, tomándose como punto inicial el momento de aplicar el estímulo.
- ONDA "P" :** Es la onda correspondiente a la máxima respuesta visual evocada, consta de una parte negativa y una positiva.

Las características anteriores se analizaron en las respuestas de los P.V.E. obtenidos mediante estímulos inespecíficos y con patrón alternante en cada paciente, comparando los resultados del ojo sano con el ojo con diagnóstico de ambliopía.

## RESULTADOS.

**Edad:** Dos pacientes de 5 años, uno de 6 años y uno de 9 años (ver tabla)

**Sexo:** Tres pacientes del sexo masculino y dos del femenino.

Se dividieron los resultados en dos grupos de acuerdo al tipo de estímulo utilizado: Inespecífico o patrón alternante.

### Estímulo inespecífico

Los resultados obtenidos mediante el estímulo del tipo de un destello luminoso, no mostraron diferencia alguna en amplitud, tiempo de latencia o incremento de la amplitud con la estimulación binocular, comparativamente en el ojo sano y el ambliope, en ninguno de los pacientes.

### Patrón alternante.

Con el uso del patrón alternante, si se obtuvieron resultados significativos que se resumen en la tabla #1 y que se analizan a continuación

**Amplitud:** En todos los casos, se observó diferencia importante y significativa entre el ojo ambliope y el sano, variando

desde 2.5 mv hasta 7.1 mv. con una media de 4.34 mv.

Tiempo de latencia. El tiempo de latencia fue igual para los casos uno y tres, en el caso número dos se observó una diferencia de 5 mseg y en los casos 4 y 5 diferencia de 10 mseg entre el ojo sano y el ambliope.

Amplitud binocular: Desafortunadamente por registros inadecuados no fue posible cuantificar la amplitud de los registros binoculares estando pendiente el análisis de este grupo de resultados.

#### DISCUSION.

El pequeño reporte preliminar antes presentado, no es en modo alguno suficiente para obtener conclusiones definitivas, sin embargo los hallazgos obtenidos son congruentes con reportes previos y a la vez sirve esta experiencia para corregir los errores técnicos que se presentaron. Los resultados, son claros en cuanto a la diferencia de amplitud en el registro con estimulación realizada mediante patrón alternante, observándose una amplitud notablemente menor en el ojo ambliope y se considera este como el parámetro más fiel en este tipo de pacientes por la alta sensibilidad para detectar la ambliopía ya que invariablemente existe disminución de la amplitud de una magnitud tal en el ojo ambliope que es susceptible de detectarse en los P.V.E. El tiempo de latencia le sigue en importancia a la amplitud en la sensibilidad para detectar alteraciones electrofisiológicas, ya que en algunos casos no hubo diferencia entre el ojo sano y el ambliope. Desafortunadamente no fué posible estudiar adecuadamente la validez del registro binocular para detectar alteraciones por registro inadecuado de éste, pero en un futuro se realizará.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## C O N C L U S I O N E S .

El objetivo fundamental de la presente tesis se enfocó a obtener, revisar y analizar el mayor cúmulo de la información respecto al estudio de la ambliopía mediante el uso de potenciales visuales evocados, para conocer la sensibilidad y especificidad de dicho método en el diagnóstico y control de la evolución de la ambliopía, con la ventaja de contar con un método objetivo, independiente de las apreciaciones individuales del investigador y de la cooperación del paciente.

Además de realizar la investigación teórica y conocer las hipótesis para apoyar la investigación en este campo, se trató de aplicar a nuestra población para corroborar los hallazgos descritos y establecer un método de estudio sistematizado que se continúe aplicando en un futuro.

El objetivo teórico se cumplió cabalmente ya que las alteraciones en la amplitud, el tiempo de latencia y el incremento binocular han sido demostradas y pueden considerarse como parámetros útiles cuando se obtienen mediante estimulación con patrones específicos alternantes.

En el campo de la investigación clínica, el objetivo se cumplió parcialmente, ya que se corroboraron las alteraciones en dos de los tres parámetros mencionados, en una población pequeña, estrictamente seleccionada y se sentaron las bases para estudios futuros.

La gran trascendencia de los hallazgos antes mencionados, ha sido prevista por los investigadores de este tema, y es la principal motivación para buscar y encontrar nuevos métodos de estudio y nuevas alteraciones en pacientes ambliopes, susceptibles de identificarse por medios electrofisiológicos, cuyos alcances son muy grandes y aunque no se encuentran habitualmente a disposición del clínico, de las conclusiones obtenidas por este método se podrán extrapolar conceptos y procedimientos de estudio y tratamiento de aplicación clínica práctica, como ya está ocurriendo para la determinación de A.V. infantil, estudio de la ceguera al color, de defectos campimétricos y alteraciones tempranas del N.O. en procesos desmielinizantes, hallazgos que en un principio fueron experimentales como ocurre actualmente con el estudio de la ambliopía y que posteriormente quedaron

sólidamente establecidos como conceptos integrantes de los diferentes síndromes de los cuales forman parte.

Para concluir, se debe mencionar que el campo de estudio e investigación que queda abierto es amplio y muy prometedor, pudiendo servir en un futuro para evaluar el beneficio del tratamiento en pacientes ambliopes con parámetros objetivos y constantes, y se considera que esta es la proyección más útil y gratificante de este trabajo.

T A B L A I.  
R E S U L T A D O S .

DIAGNOSTICO	C. V.	REFRACCION	AMPLITUD	LATENCIA
1.) Endotropia congénita.	OD 20/60 OI 20/20	+1.00 = -1.00 X 90° +1.00 = -1.00 X 90°	6.9 mv. 14.0 mv.	95 mseg. 95 mseg.
2.) Endotropia congénita.	OD 20/400 OI 20/20	+1.50 X 90° +0.50 = +1.00 X 90°	4.2 mv. 8.0 mv.	105 mseg. 110. mseg.
3.) Endotropia congénita.	OD 20/400 OI 20/20	+1.00 esf. +1.00 esf.	3.0 mv. 8.0 mv.	95 mseg. 95 mseg.
4.) Endotropia congénita.	OD C.D. OI 20/20	+1.50 = -0.25 X 0° +2.00 = -0.50 X 0°	2.5 mv. 5.8 mv.	110 mseg. 100 mseg.
5.) Exotropia intermitente.	OD 20/20 OI 20/60	+0.50 = -1.00 X 15° +2.25 = -3.00 X 150°	7.0 mv. 4.5 mv.	110 mseg. 100 mseg.

28

## BIBLIOGRAFIA .

- 1.- GANONG W. F. :  
Medical Physiology.  
Lange Medical Publications, pp 13-31. 1965.
- 2.- SELKURT E.E. :  
Physiology.  
Little Brown and Company . Second edition. pp. 29-49. 1969.
- 3.- SOKOL S. :  
Visually evoked potentials: theory, techniques and clinical applications.  
Survey of ophthalmology 21:18, 1976.
- 4.- SREBRO R.  
The visually evoked response.  
Arch. Ophthalm. 96 839, 1978.
- 5.- Goff W.R. .  
Human average evoked potentials.  
Bioelectric recording techniques, electroencephalography and human  
brain potentials.  
New York Academic Press 1974 , pp 102-156.
- 6.- Michale W.F. ; HALLIDAY A.M. :  
Differences between the occipital distribution of upper and lower  
field pattern evoked responses in man.  
Brain Res. 32:311, 1971.
- 7.- GALLOWAY N.R. ; BARBER C. :  
XII th ISCERG Symposium 1974. In press.
- 8.- SHERMAN J. ; COOPER J. :  
Advanced diagnostic procedures for evaluating the visual status of the  
child.  
J. Am. Opt. Association. 50:1139, 1979.
- 9.- NAMEROW N. ; ENNS N. :  
Visual evoked response in patients with multiple sclerosis.  
J. of Neurol. Neuros. and Psychiat. 35 829, 1972.
- 10.- STARR A.  
Sensory evoked potentials in clinical disorders of the nervous system.  
Ann. Rev. Neurosci. 1:103, 1978.

11. - HALLIDAY A.M. MC. DONALD W.I. , MUSHIN J.  
Delayed visual evoked response in optic neuritis.  
Lancet I:982, 1975.
12. - CAPPIN J.M. , NISSIM S.  
Visual evoked responses in the assessment of field defects in glaucoma.  
Arch of ophthalm 93:9, 1975.
13. - HARWERTH S.R. , LEVI D. :  
A sensory mechanism for amblyopia. psychophysical studies.  
Am. J. of Optometry and Physiological Optics. 55:151, 1978.
14. - LAWWILL T. :  
Electrophysiologic aspects of amblyopia.  
Ophth. AAOO 85:451, 1978.
15. - LEVI D. :  
Visual evoked response in strabismic and anisometric amblyopia.  
Am. J. of Optometry and Physiological Optics. 52:455, 1975.
16. - LEVI D. ; RONALD S.H. :  
A sensory mechanism for amblyopia: electrophysiological studies.  
Am. J. of Optometry and Physiological optics . 55:163, 1978.
17. - ENROTH-CUGELL ;ROBSON:  
The contrast sensitivity of retinal ganglion cells of the cat.  
J. Physiology. 187:3:517, 1966.
18. - CLELAND B.G. , DUBIN; LEVICK..  
Sustained and transient neurons in the cat's retina and lateral  
geniculate nucleus.  
J. Physiolog. (London) 217:2:473, 1971.
19. - WANGER P ; YNGVE B. :  
Visual evoked responses to pattern -reversal stimulation in patients  
with amblyopia and/or defective binocular functions.  
Acta Ophthalmologica 56:617, 1978.
20. - VON NOORDEN G. :  
Symposium: Current concepts of Amblyopia.  
Ophth AAOO 85:451, 1978.