

CAPÍTULO 1

Desarrollo Visual

Lady Viviana Argüello Salcedo

La función visual permite localizarnos en el espacio, realizar actividades de forma eficiente y captar el mundo que nos rodea, eventos posibles porque las estructuras oculares, visuales y sensoriales trabajan de forma conjunta y sincrónica.

Estos elementos representan una compleja red de elementos anatómicos, aspectos fisiológicos, habilidades y condiciones perceptuales que serán profundizadas en este capítulo. Para esto, iniciaremos con las características del desarrollo embriológico, posteriormente el desarrollo visual como un todo y por último, destacaremos sus alteraciones en las que incluiremos a la Ambliopía y el Estrabismo.

Desarrollo embriológico y fetal

El *desarrollo embriológico*, también llamado *periodo de embriogénesis* u *organogénesis*, comprende las primeras 8 a 12 semanas de gestación y es la etapa que da origen a todas las estructuras y estirpes celulares del cuerpo humano.

El *periodo fetal* es la etapa que inicia después de las 12 semanas de gestación y culmina en el nacimiento, se destaca por ser el estado de diferenciación y crecimiento de los tejidos ya formados en el periodo embriológico (Sandler, 2016).

Periodo embrionario

Etapa comprendida entre la fecundación, es decir la unión del óvulo con el espermatozoide y las 8 -12 primeras semanas de gestación, en este se producen las divisiones celulares que dan origen a los tejidos del cuerpo humano y se dan dos fenómenos importantes:

- *El número diploide de cromosomas*: Cuando el producto de la fecundación (cigoto) posee en sus núcleos celulares, dos juegos de cromosomas, mitad del padre y mitad de la madre, dando como resultado una combinación cromosómica (Sandler, 2016).

- *La determinación del sexo del individuo:* Si el espermatozoide es portador del cromosoma X será un embrión femenino, si es portador del cromosoma Y será masculino (Sandler, 2016).

Por otro lado, la fecundación es un proceso corto y complejo donde el embrión pasa además por las siguientes fases:

- *Periodo de Cigoto:* Es el estadio inicial posfecundación, aquí la unión del óvulo con el espermatozoide en los primeros días, produce una división celular compuesta por 2 células.

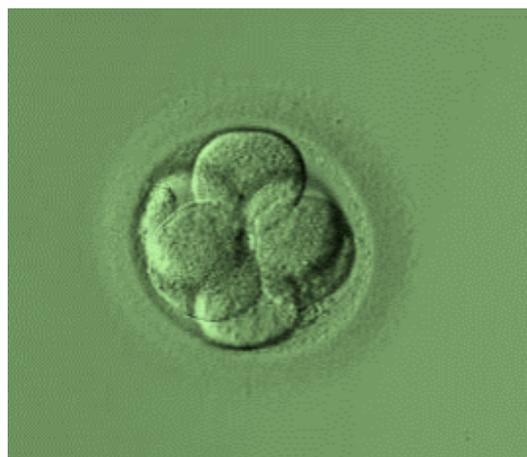
Figura 1.1. Cigoto.



Fuente: <https://pixabay.com/>

- *Periodo de Mórula:* Periodo en que se da las primeras divisiones celular y se caracteriza por estar compuesto de 16 tipos celulares en su interior.

Figura 1.2. Mórula.



Fuente: <https://pixabay.com/>

- *Periodo de Blástula:* Posterior a la Mórula se da la división celular en donde se llegan a obtener los 200 estirpes celulares de los que está compuesto el cuerpo humano. Una

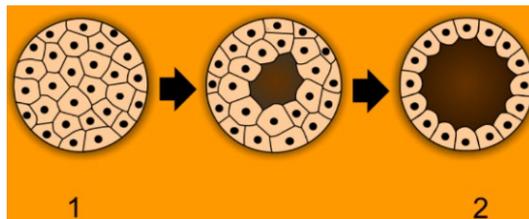
vez superada esta etapa entre el día 7 a 12 posterior a la fecundación tenemos lo que llamaremos propiamente el *embrión*.

Figura 1.3. Blástula.



Fuente: <https://pixabay.com/>

Figura 1.4. Paso de Mórula a Blástula.

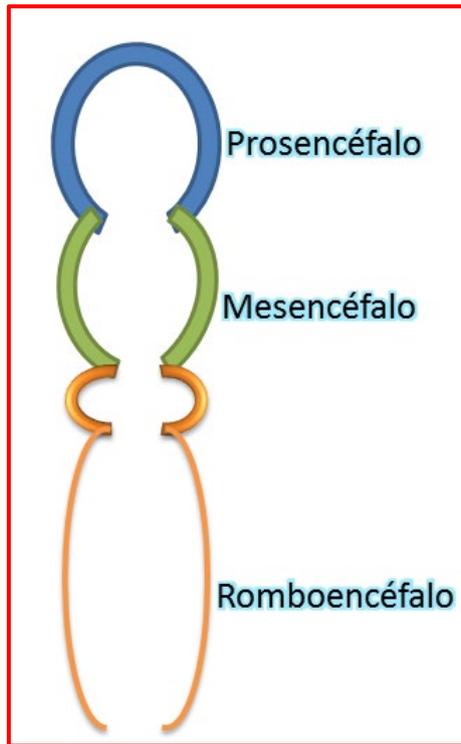


Fuente: Wikipedia

El periodo embriológico tiene la finalidad en la tercera semana de formar las tres capas germinativas: Ectodermo y Mesodermo de donde se desprenden gran cantidad de estructuras oculares y anexas, y el Endodermo que, si bien no origina ningún tejido ocular, si forma los órganos internos del embrión que para ese momento tendrá un tamaño de algo más de 1mm. Este periodo es considerado como el origen ocular relacionándolo con el surgimiento de dichas capas y es un momento donde ya se comienzan a mostrar los esbozos oculares (Sadler, 2016).

Estas capas germinativas están reunidas formando los órganos en el disco embrionario que para este momento tendrá forma plana y ovalada, estadio que llamaremos *Disco Neural*. Aquí el proceso inicia con el crecimiento y alargamiento del Disco Neural y dará origen a la capa neural correspondiente a la cabeza del embrión que una vez formado tendrá un cierre formándose el *Tubo Neural* (Figura 1.5) que será está dividido en versículas llamadas y Pro-sencéfalo, Mesencéfalo y Romboencéfalo, que serán el origen del cuello, el cerebro y la Médula Espinal (Sandler, 2016).

Figura 1.5. Fases del desarrollo Embrionario. Tubo Neural.



Fuente: Arguello.

En este proceso, las Vesículas Ópticas están en contacto con el Ectodermo para posteriormente invaginarse y formar las Cúpulas ópticas, formadoras de estructuras internas oculares. Esto sigue avanzando hasta ya al final del periodo embrionario donde están formadas la mayoría de órganos del cuerpo humano, a nivel ocular ya el ojo cuenta con los tejidos y el soporte sanguíneo capaz de nutrir los tejidos en formación para dar paso al estadio fetal (Sadler, 2016).

Periodo Fetal

Comprende la diferenciación de los tejidos y el crecimiento de lo ya formado en el embrión, en el caso del ojo que para este inicio se llama *Cálice óptico*, cuenta con estructuras en formación como esclera, humor vítreo, cristalino, retina, nervio óptico y los anexos (Tabla 1.2); que solo les bastará crecer y diferenciarse totalmente para al final de este periodo, esté el feto preparado para nacer y ejercer el sentido de la visión (Sandler, 2016).

Tabla 1.1. Características del desarrollo embriológico y fetal.

PERIODO	CARACTERÍSTICA
1 mes	OJO – 5 Áreas del cerebro, Nervios Craneanos Brazos, Piernas - Oído –Vértebras – Movimiento Sangre – Pulmones – Pezones – Folículos pilosos – PÁRPADOS – Intestinos.
2 meses	PÁRPADOS SE CIERRAN - Cara bien formada – Genitales diferenciados – Tamaño de cabeza tiene la ½ del fetal – Empuñan los dedos – Aparecen brotes dentarios.
3 – 4 meses	Genitales más diferenciados - Paladar - Cabello Sensación dolor – Movimiento respiratorio.
5 meses	CEJAS, PESTAÑAS – Uñas – Mayor desarrollo muscular – Escuchan Sonidos fetales.
6 meses	TODO EL OJO DESARROLLADO – Reflejo presil y sobresalto – Alveolos – huellas – piel roja y rugosa – Movimiento succión – audición.
7 – 8 meses	Párpado se abren y cierran – Cerebro controla funciones – Huesos desarrollados – Almacena calcio, hierro y Fósforo.
9 meses	Uñas completas – Órganos desarrollados – peso entre 3000 y 3400.

Tabla 1.2. Características del desarrollo ocular fetal.

PERIODO	CARACTERÍSTICA
4 meses	Arteria Hialoides – Músculo Ciliar – Esfínter y Dilatador – Esclerótica -
7 meses	Absorbe la Mem Pupilar – Inicia Mielinización N.O
8 - 9 meses	Desaparece Arteria Hialoide – Mielinización inicia a la Lámina Cribosa

Desarrollo de la Visión

Características del ojo del nacido a término y del prematuro

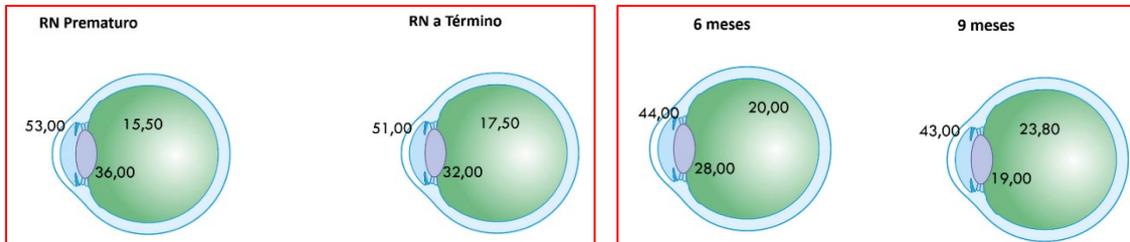
En el momento del nacimiento todas las estructuras del Globo Ocular se encuentran anatómicamente formadas, las modificaciones tienen que ver con el tamaño de la longitud axial, el poder dióptrico de Cornea y Cristalino, la reorganización celular de la Retina y Cuerpo Geniculado Lateral (CGL), y la mielinización de las vías nerviosas, entre algunas otras.

Este proceso en recién nacidos a término (RNT) y prematuros (RNP) se da por la oxigenación de los tejidos y la estimulación visual proveniente del medio externo, donde una vez en la vida extrauterina, los sistemas físicos y neuromotor ocular experimentan grandes cambios que permiten el completo desarrollo (Gil del Río, 1977).

Dentro de las modificaciones físicas más notorias tanto en ojos de recién nacidos a término (RNT) como en recién nacidos prematuros (RNP), incluimos: el tamaño del Globo Ocular (Longitud axial) y los cambios dióptricos de la Cornea y Cristalino. En el caso de la longitud axial, tenemos que varía de 16 - 18 mm en RNT y 15,50 mm en RNP, este valor puede llegar a 22 - 25 mm alrededor de los 6

años. Para la curvatura corneana estos incluyen curvas que van de 51D en RNT y de 53D en RNP que decrece notoriamente a 43D - 44 D a los 6 meses de vida. Ya para los valores de Cristalino vemos que también experimentan grandes transformaciones con curvas de 31-32D para RNT y 36-34D en RNP, que llegan a 19D en torno de los 9 meses (Merchán e at, 2014).

Figura 1.6. Cambios anatómicos posnatales del Globo Ocular.



Todas estas modificaciones se incluyen en los cambios monoculares que son además, las responsables de las mudanzas refractivas, que en conjunto se dan en el desarrollo visual mono y binocular posnatal, que abarcaremos en seguida.

Desarrollo de la visión monocular

El desarrollo de la Visión Monocular es el resultado de estímulos que se dan desde el nacimiento y que permiten la formación de conexiones neuronales, aunque esta situación no se da por sí sola, deben existir un conjunto de condiciones pre y posnatales que lo permitan. Por ejemplo, el desarrollo cerebral y visual si bien tienen una maduración espontánea, es indudable que van a requerir de entrenamiento, educación, aprendizaje y experiencia, dado por estímulos externos, para perfeccionarse (Hubel: 2000).

Este proceso va ligado a las experiencias visuales que estimularan funciones cerebrales y sensoriales monoculares que una vez establecidas, se integraran de forma binocular en el sistema. Es por esto imprescindible el adecuado desarrollo de habilidades monoculares como: dimensiones oculares, fijación, organización de la retiniana, Cuerpo Geniculado Lateral y Corteza occipital, estimulación de la agudeza visual, acomodación, emetropización y movimientos oculares.

Organización Retiniana y la Fijación

El desarrollo monocular inicia en la *Retina*, específicamente en la diferenciación Macular, en el nacimiento la visión es muy reducida porque está a cargo de la retina periférica y ya en la vida posnatal, la estimulación hace que la Fóvea pueda jerarquizarse, diferenciando la mácula del resto de la retina periférica, aumentando las capacidades y estimulando la agudeza visual (Taylor: 2005).

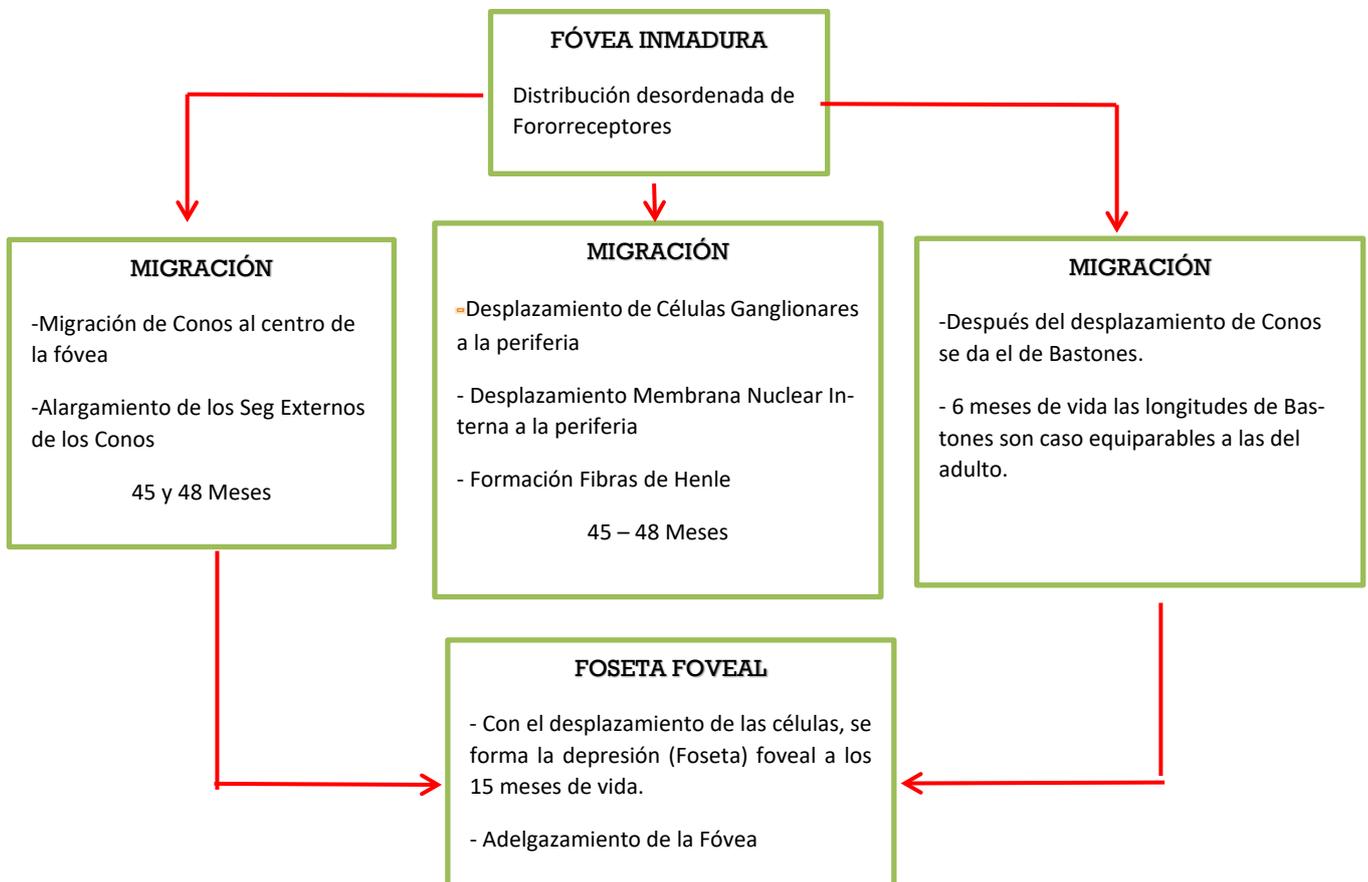
Es de resaltar que embriológicamente las Células Ganglionares son diferenciadas a partir de las células madre retinianas, que una vez formadas, solo necesitan madurar en el neonato y que además se desarrollan primero que las células Horizontales, Conos, Bastones, Células Amácrinas, Células Bipolares y las Células de Müller (Ciuffreda, 1991).

Esto inicia cuando gracias a la estimulación, las Células Ganglionares presentes en la Fóvea, formaran una elevación en un periodo de 25 semanas. En este punto, junto con la Membrana Nuclear Interna migraran a la periferia de la Retina y aparecerá la Depresión Fóveal, proceso que se llevará a cabo en los primeros 15 meses de vida. A medida que los Fotorreceptores migran lo hacen en dirección opuesta a la Células Ganglionares y así se organizará la capa de Fibras de Henle, que rodea la Fóvea en 2.5 mm. De igual manera, en esa Fóvea inmadura, habrá un aumento de la densidad y migración de Conos, alargamiento de los Segmentos Externos de los fotorreceptores entre los 45 y 48 meses y una reducción del espesor foveal (Taylor, 2005) (Ciuffreda, 1991) (Chandna,1990) (Borras,1998).

Es de resaltar que el desarrollo retinal se da en la retina central antes que en la periférica, proceso que inicia con la diferenciación de los Bastones, que alrededor de la 10ª semana aumentan su tamaño, llegando a los 6 meses a longitudes cercanas a las del ojo adulto (Barnaby, 2007).

Con estos cambios, la distancia entre los Conos y las modificaciones en su estructura hacen que la agudeza visual y la sensibilidad al contraste mejoren rápidamente durante las primeras semanas.

Fases del desarrollo monocular de la Retina



La fijación es el primer reflejo que aparece conjuntamente con el desarrollo de la Fóvea y la Retina, a partir de ella se ponen en marcha muchas habilidades y funciones visuales. Aparece entre la 2ª y 3ª semana y a pesar de ser inestable, puede verse inclusive desde el nacimiento. Es constante entre la 6ª y 8ª semana, pero no simultánea para ambos ojos, ya que este fenómeno que será posible solo alrededor de los tres meses. En este punto en asociación con los movimientos vergenciales se dará paso a la formación de la visión binocular, que estará ya instaurada a los 6 meses de vida. (Rowel, 2012).

Organización del Cuerpo Geniculado Lateral y Corteza Visual

El Cuerpo Geniculado Lateral (CGL) es uno de los Núcleos Talámicos, tiene fibras del Tracto Óptico provenientes del Quiasma y conecta con la Corteza Occipital, a través de las Radiaciones ópticas. Este es fundamental en el procesamiento e integración de las sensaciones binoculares y tiene 6 capas divididas y numeradas en dos grandes grupos: las capas 1 y 2 representan el grupo del Sistema Magnocelular, encargado de la visión acromática, campo visual periférico, de la visión de las formas y el movimiento; y las capas 3, 4, 5 y 6 del Parvocelular encargado del campo visual central, la visión de detalle y color. Las fibras del sistema Parvocelular tienen su máximo crecimiento durante el primer año mientras que las del sistema Magnocelular alrededor de los 2 años. (Ciuffreda, 1991)

Las células de este CGL presentes ya en el nacimiento, se desarrollan en conjunto con las Vías Visuales, que ya desde la primera semana una vez abierto el ojo, superponen fibras en todo este trayecto (Wilk, 2013). Para la semana 11 se forma una red de dendritas entre las fibras del Tracto Óptico que hacen conexión con CGL, para formar sus 6 capas entre la semana 14 a 30. En este punto el CGL pasa de tener 3,5 millones de fibras a 1 millón, esta pérdida permite generar células específicas solo para la función visual (Borras: 1998) (Taylor, 2012).

Por otro lado, la *Corteza Visual* está localizada en el área 17, 18 y 19 de Brodmann, más específicamente en la región occipital, aunque algunas proyecciones nerviosas se conectan con áreas parietales y temporales que resuelven atributos de forma y movimiento, pero es básicamente de localización occipital. Esta área ya desde el nacimiento cuenta con fibras provenientes del CGL, aquí los estímulos provenientes del exterior, permiten la interposición vertical de fibras que darán origen a las columnas de dominancia; estas se destacan por ser áreas de organización neuronal en forma lineal que representa celularmente a cada uno de los ojos y que definirán cuál será el ojo dominante. Considerando que el *ojo dominante* es el que tiene mayor representación en el Córtex Occipital, especialmente en el área 17, derivado de la rivalidad celular del CGL en el primer semestre de vida. Dicha organización trae consigo, además, la integración binocular, la fusión, estereopsis y consecuentemente una adecuada agudeza visual (Borras, 1998) (Ciuffreda, 1991).

Desarrollo de la Agudeza Visual

Como es bien sabido, la visión es la resultante de los cambios en periodos pre y postnatales, en donde habilidades adquiridas como el desarrollo de la retina, la consistencia en la fijación,

las conexiones cerebrales y la mielinización de la Vía occipital, determinan la calidad en la que esta se produce (Duckman, 2006). Desde un inicio la visión del recién nacido está reducida porque dichas habilidades no están presentes, sin embargo, gracias a la estimulación, la integridad anatómica y el adecuado funcionamiento del sistema visual una vez en la vida extrauterina la AV aumenta rápidamente tanto en calidad como en cantidad. Múltiples estudios en los que se incluyen los de Teller, Dobson y Gwiazda entre otros, han demostrado con exámenes de cartillas lineales, Potenciales evocados y/o Nistagmo Optocinético, que las Agudezas visuales durante el primer año son bajas, pero aumenta sustancialmente en ese periodo (Borras; 1998) (Ciuffreda, 1991) (Taylor, 2005) (Leata, 2009) (Duckman, 2006).

A continuación, se presenta una tabla que ilustra la modificación promedio de Agudeza Visual durante el primer año de vida con diferentes métodos de medida (López, 2004) (Merchán & at, 2010).

Tabla 1.3. Agudeza Visual en el primer año.

EDAD	Nistagmo Optocinético	Mirada Preferencial	Potenciales Visuales Evocados
Recién Nacido	20/400	20/700	20/800
1 mes	20/400	20/580	20/400
2 meses	20/400	20/250	20/200
3 meses	20/350	20/200	20/150
4 meses	20/225	20/160	20/70
5 meses	20/150	20/140	20/50
6 meses	20/100	20/120	20/40 - 20/30
9 meses		20/90	20/20
11 meses		20/50	20/20
12 meses		20/40	20/20

Tabla 1.4. Agudeza visual entre 2 y 3 años (Russell, 1990).

EDAD	Agudeza Visual Escala de Snell
2 Años	20/ 46 – 29
3 Años	20/ 32 – 21

Una vez se pasada la barrera de los 4 años, es posible encontrar agudezas visuales máximas. Todas estas condiciones van ligadas además al desarrollo de la Acomodación que se da como resultado de la capacidad que tiene el Cristalino de buscar el enfoque de imágenes borrosas durante los primeros años de vida.

Desarrollo de la Acomodación

La *Acomodación* es el reflejo monocular de control parasimpático, en el cual el cristalino modifica su curvatura para aumentar su poder dióptrico, con el fin de poner nítida una imagen que

impacta borrosa en la retina. Este reflejo no es congénito y se adquiere por medio de la experiencia visual en la vida postnatal. Es de resaltar que el recién nacido tiene una buena profundidad de foco, por lo que al cambiar de distancia no se genera borrosidad en la imagen, así la disminución de AV corresponde al error refractivo, la inmadurez retinal y la acomodación inmadura que será promovida precisamente por la reducida calidad en la visión (Camacho, 2010).

Durante las primeras semanas los cambios oculares hacen que la profundidad de foco mude también, esto estimula la activación de la acomodación en el primer mes. Se estima que aproximadamente en la 5ª semana de vida, la acomodación está presente para uno de los ojos y hacia la 7ª lo estará para el otro, de forma no permanente ni estable. Sin embargo, ya alrededor del 2º mes será binocular y firme, periodo que coincide con la formación de la fijación estable y permanente (Camacho, 2010).

Para algunos autores en el 3^{er} mes, la acomodación es madura y comparable a la del ojo adulto (Tondel, 2007), para otros será entre los 4 y 5 meses cuando el infante consiga ese desarrollo, esto es basado en el estudio realizado con potenciales visuales evocados, al estimular la acomodación con lente negativo. Los autores también resaltan que en la práctica cotidiana no debemos olvidar la aplicación de la retinoscopia dinámica, dado a que en esta edad ya existe tono muscular y puede darnos un indicio de la condición acomodativa (Camacho, 2010).

En diferentes investigaciones se ha encontrado como la acomodación después del nacimiento, puede estimularse y responder dependiendo del estímulo evaluador como se muestra en la tabla 1.5.

Tabla 1.5. Características del desarrollo de la Acomodación.

INVESTIGADOR	MÉTODO DE EVALUACIÓN	HALLAZGO
Haynes & Col (1965)	8 – 100 Cm Retinoscopia Dinámica	0 – 1 mes: Respuesta acomodativa 5Dpts a todas las distancias
		1 – 2 meses: Hay cambios en la acomodación según la distancia
		2 – 4 Meses: Acomodación similar a la del ojo adulto
Banks (1980)	1.0, 0.5 0,25 m Retinoscopia Dinámica	< 6 Semanas: Algunas modificaciones en la acomodación con el cambio de distancia.
		8 – 9: Acomodación como la del ojo adulto
Braddick & Col (1979)	0,75 y 1,5 m Fotorefracción	<9 Días: Hay foco a una distancia de 0,75 m
		2 – 3 Meses: Focalización consistente a 1,5 m en el 60%-70% de los infantes evaluados.
		6 – 8 Meses: Focalización consistente a 1.5 m en todos los niños.
Brookman (1983)	10 – 50 Cm Retinoscopia Dinámica	2 – 12 Semanas: Acomodación es ≤ 4 D
		12 – 16 Semanas Incrementa siendo la acomodación ≥ 4 D.
Howland & Col	25 – 100 Cm Foto-refracción Dinámica	10 meses la acomodación es como la del ojo adulto

Fuente: (Currie & Manny, 1997)

Los cambios posnatales de la acomodación, interfieren de forma activa en las modificaciones refractivas del sistema visual, razón por la cual es un factor preponderante que determina cómo será el proceso de emetropización en la primera infancia.

Proceso de emetropización

Es el resultado de cambios en el estado refractivo del sistema visual durante los años iniciales de la vida, en donde modificaciones anatómicas y fisiológicas en las estructuras oculares llevan al estado de emetropía alrededor de la primera infancia (Benjamin, 2006).

Este tiene que ver con qué tanto se transforma el estado refractivo desde el nacimiento, hasta la primera infancia alrededor de los 6 años. Recordemos que en el nacimiento los ojos tienen una longitud axial pequeña que dan como resultado un defecto refractivo hipermetrópico con valores en la media de +3.00 D. Estos valores van mutando a medida que el ojo experimenta cambios llegando a valores que según el autor podría ir entre 0,00 a +1.00 a los 6 años (Sorsby e at, 1961).

Tabla 1.6. Proceso de emetropización.

EDAD	REFRACCIÓN	Edad	Defecto Refractivo
Nacimiento - 3 meses	+ 3,00	RN – 1 Año	+3,00 + 2,00
6 meses	+ 2,50	2 Años – 3 Años	+1,50 + 0,75
9 meses	+ 2,25	4 Años – 6 Años	+1,00 +0,50
1 año	+ 2,00		
18 meses	+ 1,50		
2 años	+ 1,00		
3 años	+ 0,50		
4 años	+ 0,50 – Neutro		
5 años	+ 0,50 – Neutro		
6 años	+0,50 - Neutro		

Fuente:(Sorsby e at, 1961).

En la actualidad se está debatiendo la influencia del estilo de vida en la modificación del proceso de emetropización y la aparición o aumento inesperado de miopía, en infantes que realizan actividades prolongadas en visión próxima y que tienen o no otros factores de riesgo (Galvis, 2017).

Así mismo, ya para la década de los años 60, Hirsch nos aproximaba a las mudanzas del estado refractivo en infantes que hacia los 6 años tuvieran ciertas condiciones refractivas (Tabla 1.7); por ejemplo, nos indicó que, entre mayores índices de emetropía a los 6 años, mayor riesgo de desarrollar miopía hacia la adolescencia (Hirsch, 1964).

Tabla 1.7. Predicción del defecto refractivo entre 6 y 14 años.

Característica si a los 6 años es:	Defecto Refractivo
Miope	Tendrá aumento de la miopía hasta los 14 años
Hipermétrope >1,50	Será Hipermétrope hasta los 14 años
Hipermétrope e/+0,50D + 1,25D	Probablemente será emétrope a los 14 años
Emétrope o Hipermétrope <+0,50	Será miope a los 14 años

Los cambios anatómicos y fisiológicos monoculares, son determinantes directos, ya que de estos depende la calidad y el resultado se obtiene directamente del desarrollo binocular visual.

Desarrollo de la visión binocular

Una vez instaurada la fijación, se da paso al impulso de habilidades binoculares que darán como resultado final la fusión y estereopsis. Este proceso está ligado con las condiciones de los movimientos oculares, porque a partir de ellos podemos integrar imágenes desarrollando habilidades motoras y sensoriales. En el nacimiento es notoria la jerarquía de los movimientos sacádicos y al ser congénitos son los que nos permiten la adquisición de todas las funciones motoras y sensoriales después del nacimiento.

Movimientos oculares, fusión y estereopsis

Los *Movimientos sacádicos* son aquellos movimientos congénitos mono y binoculares, rápidos, cortos y voluntarios que están controlados por la Corteza Frontal, ellos son el primer eslabón para conseguir que un sistema visual pueda tener el reflejo de fijación. Una vez la fijación comienza a establecerse, gran medida por estos movimientos sacádicos, se da inicio al desarrollo los movimientos de seguimiento y los movimientos vergenciales, situación presente entre la semana 8 y 12 de la vida extrauterina (Moguel & Orozco, 2007).

En este punto, con la estimulación externa la mielinización de las vías nerviosas se acelera y trae consigo en torno de los dos meses de vida, una interacción binocular evidente, con ejes visuales con mayor estabilidad y en donde las funciones binoculares que si bien no son estables si están presentes y en camino a permanecer firmes la mayoría de tiempo. De igual manera, los movimientos de fijación son evidentes y se fortifican hacia el 3er mes con la aparición de movimientos fusionales gruesos y el establecimiento ascendente de la coordinación ojo – mano. En esta etapa el sistema sensorial realiza una sobreposición de las imágenes (percepción simultánea) y es por esto que entre 30 y 90 días la estereopsis está desarrollándose rápidamente (Taylor, 2005).

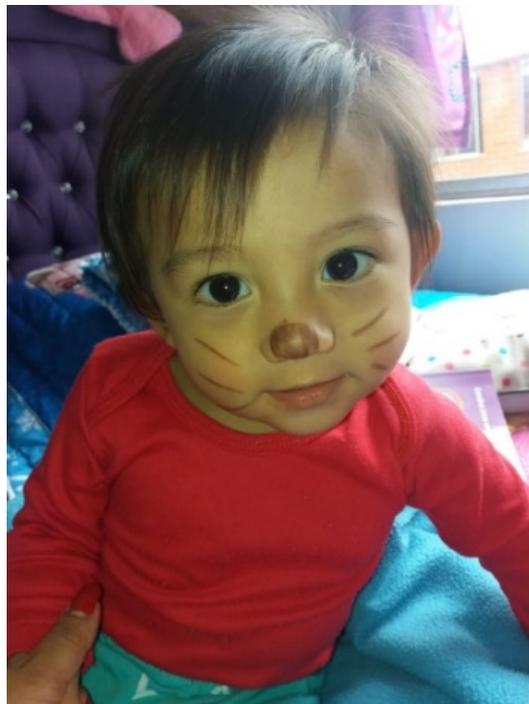
Hacia el 5 mes los infantes tienen claridad en las dimensiones espaciales y pueden calcular distancias para alcanzar con la mano lo que está en el entorno (Figura 1.7), indicándonos la madura presencia de *la Estereopsis y convergencia fusional*. Es de recordar que la convergencia fusional es de las últimas habilidades a desarrollar en el periodo posnatal y que alcanza su máxima instauración y madurez a los 24 meses; sin embargo, una vez establecida la convergencia fusional la *estereopsis* alcanza su máxima capacidad, encontrándose valores promedio de 60" de arco hacia el 6° mes, que es comparable con la del ojo adulto. (Moguel & Orozco, 2007).

Figura 1.7. Alcance de objeto con la mano.



Fuente: Arguello.

Figura 1.8. Reflejos pupilares centrados en ejes visuales paralelos sin desviación.



Fuente: Arguello.

Este desarrollo puede verse alterado y ante algún factor de riesgo la visión monocular y binocular podría no llevarse a cabo, trayendo un ejemplo tenemos la ambliopía y/o estrabismo.

Alteraciones del desarrollo visual postnatal

Ambliopía

Defecto sensorial que afecta alrededor del 5% de la población y es una de las causas más importantes de pérdida de agudeza visual en personas menores de 45 años.

Su definición ha cambiado a lo largo de la historia, considerándose inicialmente como la disminución de agudeza visual sin causa orgánica aparente. Esta definición gracias al avance en el diagnóstico, tratamiento, control e investigación, tiene hoy en día otras implicancias que incluye no solo a su definición, sino también a su contexto clínico y el impacto social. Es por esto que podría definirse como la disminución de la visión que se da por falta del estímulo adecuado en el período de maduración, resultado del desequilibrio bioquímico que genera cambios estructurales neuronales que afectan el funcionamiento de las conexiones nerviosas cerebrales. Trae como consecuencia, influencia en el proceso visual y en el sistema binocular porque afecta el desarrollo fisiológico, psicosocial y las habilidades perceptuales, necesarias para el desenvolvimiento de la persona (Marroquín, 2006) (Moguel, 2007).

Características

Al ser la Ambliopía un fenómeno sensorial, está determinada por la interrupción del desarrollo de la visión monocular y binocular en alguna de sus etapas, puede instaurarse durante los primeros 6 años de vida, que dependiendo del momento y las causas que la provoquen, depende su gravedad y pronóstico.

En estudios realizados con monos se demostró que una vez se está presente la condición ambliopizante, como por ejemplo una desviación de los ejes visuales o un defecto refractivo alto en los 6 años, el desarrollo puede ser normal las siguientes 8 a 10 semanas, pero posteriormente ya se presentan cambios anatómicos y sensoriales que incluyen:

- Disminución en el tamaño de las células visuales, especialmente las células Ganglionares; este fenómeno se presenta por la falta de estímulo adecuado que no permite que los segmentos externos de los fotorreceptores se desplacen en su localización natural hacia la retina, también por la falta de migración de la membrana nuclear interna y falta de migración de las mismas células ganglionares (Ciuffreda, 1991).
- Una reducción en el número de células neuronales en la Corteza visual primaria. Lo que conlleva a una reducción en la respuesta de estas células en la vida adulta (Ciuffreda, 1991).
- Una alteración en el crecimiento y diferenciación del Cuerpo Geniculado Lateral (CGL) y en pacientes con estrabismo se ha demostrado una distribución aberrante de las fibras ópticas que se encuentran en él (Broadbent & Westall, 1990).

Estrabismo

Figura 1.9. Estrabismo.



Fuente: Arguello.

Según Parinaud el estrabismo podría definirse como “(...) defecto de desarrollo del aparato de la visión binocular, que impide converger ambos ojos sobre el objeto fijado (...)”, con alteraciones en la función motora y sensorial (Perea, 2008).

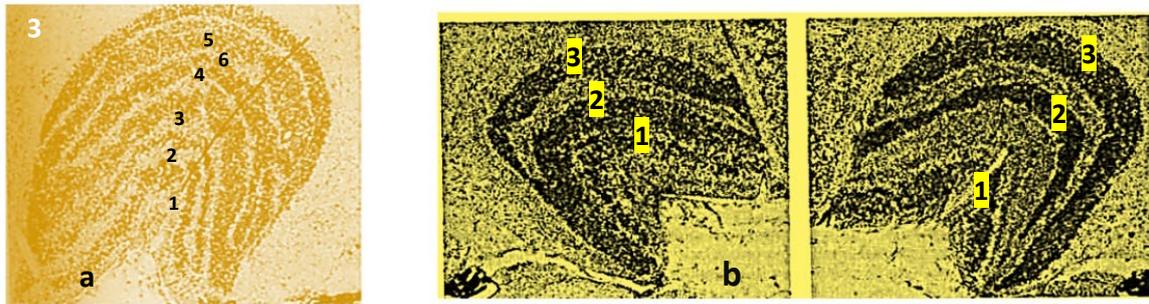
Este se caracteriza por la desviación de los ejes visuales con la consecuente interferencia en el desarrollo, cursa con alteración de la fijación por lo que está ligado a la fijación excéntrica, típicamente no está asociado a una patología como en el caso de parálisis o síndromes y no suele cursar con causas orgánicas que lo produzcan la mayoría de veces (Prieto & Sousa, 2000).

Características

Dentro de las características más relevantes en el estrabismo tenemos (Wright, 2010):

- Pérdida de la regularidad de las capas del Cuerpo Geniculado Lateral, bien sea con ausencia de capas diferenciadas o falta de la regularidad de las capas.
- Disminución del tamaño de las células de la Retina, CGL y Corteza Visual.
- Reducción de la longitud las columnas de dominancia ocular en la Corteza Visual relativas al ojos desviados (Kandel e at, 2000).

Figura 1.10



Nota. A CGL sin ambliopía con 6 capas diferenciadas. b. CGL con ambliopía sin 6 capas diferenciadas en ambliopía por estrabismo.

Todos estos cambios son los responsables de que el sistema visual no pueda ejercer eficientemente las funciones binoculares, aquí las células retinales y cerebrales son insuficientes para procesar la información. En capítulos siguientes abordaremos al sistema oculovisual con su funcionamiento, desde diferentes dimensiones anatómicas, fisiologías y sensoriales.

Bibliografía

- Barnaby, A. Hansen, R. Moskowitz, A. Fulton, A. (2007) "Development of Scotopic Visual Thresholds in Retinopathy of Prematurity" *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* October 2007 vol. 48 no. 10 4854-4860 consultado en línea 20/03/2014 en <http://www.iovs.org/content/48/10/4854.full#ref-6>.
- Benjamin, W (2006). "Borish Clinical Refraction". Elsevier: Missouri.
- Borras y Col (1998) "Visión Binocular diagnóstico y tratamiento". Edicions UPC: España.
- Broadbent, H. Westall, C (1990). "An examination of techniques for measuring stereopsis in infants and young children". *Ophthal. Physiol. Opt.* 1990; Vol. 10: pp: 3-7.
- Camacho, M (2010). "Terapia y entrenamiento visual: una visión integral". Universidad de la Salle: Bogotá Colombia
- Chandna, A. (1991) "Natural history of the development of visual acuity in infants". *Journal Eye* Vol 5. Pag 20 - 26 consultado el 27 de Marzo de 2014 en <<http://www.nature.com/eye/journal/v5/n1/abs/eye19914a.html> >
- Ciuffreda, J. Levi, D. Selenow, A. (1991) ""Amblyopia Basic and Clinical Aspects". Butterworth – Heinemann: USA.
- Ciuffreda, K (1991). "Amblyopia Basic and Clinical Aspects". Butterworth – Heinemann. USA. 1991.
- Currie, M (1997). "The Development of Accommodation" *Journal Vision Research* Vol. 37, No, 11 June 1997, Pages 1525–1533. Elsevier: Gran Bretaña
- Duckman, R. (2006) "Visual Development, Diagnosis, and Treatment of the Pediatric Patient, 1st Edition" Lippincott Williams & Wilkins

- Galvis, V (2017). “*Miopía en Colombia. Epidemiología, epigenética e intervención en la progresión*”. Universidad de Oviedo. Departamento de cirugía y especialidades médico – quirúrgicas. Repositorio institucional Universidad de Oviedo. Consultado en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=207321>
- Gil del Rio, E (1977). “*Problemas visuales en la infancia*”. Editorial JIMS. Barcelona.
- Hirsch, M (1.964). “*Refraction of children*”. American Journal of optometry and archives of american academy of optometry. School of Optometry. University of California. Vol 41. N° 7. Berkeley.
- Hubel, D. (2000). “*Ojo, Cerebro y Visión*”. Universidad de Murcia Servicio de Publicaciones: Murcia.
- Kandel, E. Schwartz, J. Jessel, Thomas (2000). “*Neurociencia y conducta*”. Editorial Prentice Hall. USA.
- Leata, S & Col (2009) “*Development of Visual Acuity and Contrast Sensitivity in Children*”. J Optom. 2009; 02:19-26. - Vol. 02 Num. Consultado en línea 27 marzo de 2014. En <http://www.journalofoptometry.org/en/development-of-visual-acuity-and/articulo/13188760/>
- López Alemany, A (2004). “*Optimetría Pediátrica*”. Ulleye. Valencia.
- Marroquín, G (2006). “*Oftalmología Pediátrica*”. Icono Editorial. Colombia.
- Merchán, S. Acosta, N. Gonzales, M. Cortés, D (2010). “*Agudeza visual de Snell versus frecuencia espacial del test de mirada preferencial*”. En Ciencia & Tecnología para la Salud Visual y Ocular Vol. 8. No. 2. Pp 117 – 127. Julio - diciembre de 2010
- Merchán, S. Merchán, G. Dueñas, M (2014). “*Influencia de la prematuridad en el proceso de emetropización*”. Revista de Pediatría Diciembre 2014, Vol 47, No. 4, PP 83-89.
- Moguel, S. Orozco L. (2007). “*Disfuncionalidad neuronal y psicomotora como resultado del retraso en el tratamiento de la ambliopía*”. Revista Cirugía y Cirujanos, Academia Mexicana de Cirugía. vol. 75, núm. 6, noviembre-diciembre, 2007, pp. 481-489.
- Perea, J (2008). “*Estrabismo*”. Editorial Artes gráficas. Toledo
- Prieto, J. Sousa, C (2000). “*Estrabismo*”. Editorial Santos. São Paulo.
- Rowe, J. (2012). “*Clinical Orthoptics*”. Wiley – Blackwell: Liverpool
- Russell, A. Courage, M.(1990). “*Visual Acuity Assessment from Birth to Three Years Using the Acuity Card Procedure: Cross-Sectional and Longitudinal Samples*”. Journal Optometry & Vision Science: Vol 67 N° 9 pp 713 – 718 Consultado 27 marzo de 2014 en http://journals.lww.com/optvissci/Abstract/1993/02000/Contrast_Sensitivity_in_24_and_36_Month_Olds_as.2.aspx
- Sandler T.W (2016). Lagman Embriología Médica. Wolters Kluwer. Philadelphia.
- Sorsby, A. Benjamin, B. Sheridan, M. Stone, L. Leary, G (1961). “*Refraction and its componentes during the growth of the eye from the age of three*”. Memo Med Res Counc. 301. Pp 1-67.
- Stephen J (2006). “*Amblyopia: a multidisciplinary approach*”. Butterworth-Heinemann. USA.
- Taylor, D. Hoyt, c. (2005) “*Pediatric Ophthalmology and Strabismus*”. Elsevier Ltd: London and San Francisco.
- Tondel, G. Candy, R (2007). “*Human Infants’ Accommodation Responses to Dynamic Stimuli*”. Investigative Ophthalmology & Visual Science, February 2007, Vol. 48, No. 2 Copyright ©

Association for Research in Vision and Ophthalmology En Línea revisado el 8/04/2014 en <http://www.iovs.org/content/48/2/949.full.pdf+html>

Wilks, T. Harvey, A. Rodger, J. (2013). *“Functional Brain Mapping and the Endeavor to Understand the Working Brain”* Intech: Italy

Wright, K (2010). *“Pediatric Ophthalmology”*. Springer. USA