

# ULTRASONIDO OCULAR

*Autores*

Dra. Edith M. Ballate Nodales  
Dra. Ibis Sedeño Cruz

*Servicio*

Oftalmología

## INTRODUCCIÓN

Ultrasonido ocular es un método diagnóstico mediante el estudio del globo ocular y de los anexos oculares

## Modos de aplicación del ultrasonido diagnóstico

<b>A-SCAN</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Biometría A-SCAN (para medir longitud axial del ojo y otros diámetros longitudinales y transversales).</li><li>• Paquimetría corneal (mide el grosor de la córnea en diferentes meridianos, centro y periferia).</li></ul>
<b>A-SCAN estandarizado</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Diagnóstico de enfermedades tisulares.</li></ul>
<b>B-SCAN</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Diagnóstico de enfermedades tisulares, traumatismos, cuerpos extraños segmento posterior y órbita.</li></ul>
<b>Doppler-ultrasonido</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tumores intraoculares y de órbita, lesiones vasculares orbitarias, anomalías vasculares.</li></ul>
<b>Doppler-USD a color</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Más precisos.</li></ul>
<b>Equipos estandarizados</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• B-SCAN</li><li>• A-SCAN estandarizado</li><li>• A-SCAN (Biometría): ojo fágico, afágico y pseudo afágico</li><li>• Programa para el cálculo del lente intraocular.</li></ul>
<b>Biomicroscopía x USD</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Estudio segmento anterior del ojo y retina periférica</li></ul>

## A-SCAN

### Principio

Nos da una imagen unidimensional en forma de picos.

- Distancia eco-superficie: base de biometría.
- La ampliación de la señal.

### Indicaciones

### ***Intraocular***

- Biometría
- Opacidades vítreas
- D.P.V.
- Hemovítreo
- Desprendimiento coroideo
- Lesiones de máculas, edema cistoide
- Membrana proliferativa
- Desprendimiento de retina
- Tumores y otros

### ***Extraocular***

- Estudio del nervio óptico
- Estudio de los músculos extraoculares
- Tejido y grasa orbitaria
- Tumores de cavidad orbitaria: quiste, linfático, sólido, metastásico

### **Esquema de la biometría**

La primera ecoseñal corresponde a la cámara de la córnea; es ecoseñal pico bífica; le sigue en ese orden la cara anterior del cristalino, posteriormente la cara posterior del cristalino, ecoseñales éstas, la segunda de mayor amplitud y menor que la de la córnea y la tercera puntiaguda y por último, la señal de la retina, planteando un factor de medida retinal 0,2 mm.

<b><i>Velocidad del sonido en tejido ocular/media</i></b>	
<b>Tejido</b>	<b>Velocidad (m/s)</b>
Globo (fáquico)	1550
Globo (afáquico)	1532
Arqueous/vitreous	1532
Córnea	1620
Lentes del cristalino	1641
Lentes de catarata	1629
Esclera	1630
Grasa	1476
Aceite silicona	986
PMMA	2718

## Dimensiones de las estructuras oculares normales

Córnea	0,6 mm
Cristalino	4,0 mm
Vítreo	14,0 mm
Retina	0,3 mm
Coroide	0,15 mm
Esclera	0,6 mm
Longitud axial	23-24 mm

## Indicaciones

- Estudio de las dimensiones oculares con fines quirúrgicos o médicos.
- Ametropías.
- Anisometropía.
- Cálculo del poder dióptrico del lente intraocular en las cataratas.
- Localización del cuerpo extraño.
- Pronóstico cirugía refractiva.
- Exoftalmo.
- Enoftalmo.
- Trauma ocular.
- Ptisis bulbi.
- Queratocono.
- Leucomas corneales.
- Glaucoma.
- Aplicaciones a diferentes cirugías (glaucoma, queratoplastia, esclerotomía posterior)

## Paquimetría

La paquimetría trabaja sobre la base del A-SCAN; es la medida del grosor de la córnea, indicador fundamental para la cirugía refractiva; la velocidad es de 1620 m/s.

## Método

Perpendicular a la córnea se comienza por el centro y se estudia la periferia en todos los cuadrantes, en dependencia del tipo de cirugía a utilizar y las características propias de la enfermedad ocular, interviene el factor de identificación corneal, la medición o mapeo no aparece en el monitor, sino es por la impresora

## Indicaciones

- Queratocono
- Cirugía refractiva

- Trauma ocular
- Leucoma corneal
- Posterior a trasplante corneal
- Sinequias anteriores
- Adelgazamiento corneal de cualquier etiología

## **B-SCAN**

### **Principio**

Se presenta una imagen bidimensional del ojo, muy parecida a un corte anatómico, y por lo tanto, más fácil de interpretar.

### **Ventajas del equipo**

- Muy buena imagen de modo B libre de astigmatismo
- Amplia escala de grises
- Sonda modo B de tamaño pequeño
- La presencia del vector Scan es de extrema utilidad para interpretar el trazado en modo A.

### **Forma de interpretar las lesiones patológicas**

Cuando estamos frente a una lesión patológica en la zona muda (negra) corresponde al vítreo. Aparece una zona blanca de distintas densidades (Eco B) que corresponde a la lesión, tal como se interrumpe la línea de base por los ecos patológicos en el ecograma modo A. Si la lesión se encuentra en la órbita, esta superficie blanca en forma de W desaparece, o aparece en ella una lesión de una determinada forma, pero negra, negativa a la densidad menor, es lo mismo que ocurría en el ecograma modo A, cuando desaparecían los ecos normales de la órbita o disminuía la amplitud de estos.

### **Indicaciones**

- Patología intraocular.
- Desprendimiento posterior del vítreo, hialitis asteroide y hemorragia del cuerpo vítreo.
- Desprendimiento de retina.
- Desprendimiento de corioide.
- Hemorragia de corioide.
- Cuerpo extraño intraocular.
- Ecografía y vitrectomía.
- Melanoma.
- Carcinoma metastásico.
- Retinoblastoma.

- Diagrama diferencial del retinoblastoma con leucoma.
- Otras lesiones.

### Orbita

- Ultrasonografía orbitaria.
- Hemangioma cavernoso.
- Carcinoma de órbita, Sarcoma, linfoma y pseudotumores.
- Quistes de la órbita.
- Lesiones vasculares de la órbita.
- Músculo y grasa orbitaria.

### Ejemplo de análisis ecográfico

#### Orbitopatía endocrina

<i>Medidas musculares (en mm)</i>			
Estructura	Valor medio	Valor máximo	Máxima diferencia OD-OI *
Recto interno	4,2	5,2	1,3
Recto externo	4,3	5,1	1,1
Recto superior	3,8	4,5	1,5
Recto inferior	3,6	4,5	1,5

<i>Nervio óptico</i>		
Valor medio	Valor máximo	Máxima diferencia OD-OI *
3,5	4,5	0,75

(\*) OD:ojoderecho; OI: ojo izquierdo

<i>Diferenciación entre desprendimiento de retina y membranas vítreas</i>	
Diagnóstico	Decibeles
Desprendimiento de retina (específico)	6 a 15
Membranas vítreas	21 a 50
Zona límite (desprendimiento de retina antiguo o membranas vítreas difusas)	16 a 20
<i>Diferenciación entre cuerpos intraoculares y estructuras biológicas</i>	
Diagnóstico	Decibeles
Cuerpos extraños específicos	-10 + 5
Cuerpos extraños (pequeño tamaño)	5 a 20
Estructuras biológicas (pequeño tamaño)	20 a 50

## DUPLEX SCAN COLOR

El dúplex scanning combina el doppler y el B-SCAN simultáneamente con el mapeo a color. En el mismo, la escala verde del B-SCAN se combina con colores de diferentes tonalidades de rojo y azul, que representan el flujo arterial y venoso a diferentes velocidades. Además se puede obtener la velocidad del flujo sanguíneo midiendo el ángulo entre el flujo del doppler y el vaso sanguíneo. Esta técnica está sujeta a la física del doppler ultrasonido y la comparación entre el ángulo perpendicular del B-SCAN y el ángulo pequeño del doppler ultrasonido.

### Indicaciones

- Melanoma ocular
- Lesiones de órbita
- Flujo sanguíneo normal y anormal en la VCR y ACR
- Estudio de los vasos oftálmicos
- Neuropatía óptica isquémica
- Tiroidopatía orbitaria
- Congestión venosa orbital
- Fístulas artero venosas
- Malformaciones venosas
- Hemangioma capilar
- Arteritis corneal y norarteritis
- Alteraciones hemodinámicas asociadas a enfermedad glaucomática y retinopatía diabética.

<b><i>Diferenciación ecográfica del grosor del músculo extraocular</i></b>			
<b><i>Técnica</i></b>	Tiroidopatía orbitaria	Miositis	Congestión cavernosa orbital
<b><i>Topográfica</i></b>	Músculos variables Bilateral Inserción omitida	Músculo único Unilateral Inserción afinada	Todos los músculos Uni/bilateral Inserción omitida
<b><i>Cuantitativa</i></b>	Reflectividad normal o incrementada (tarde)	Reducida	Reflectividad normal
<b><i>Otras búsquedas</i></b>	Nervio óptico afinado Anchura de grasa Doppler normal	Escleritis posterior  Doppler normal	Vena orbital alargada Nervio óptico distendido Doppler anormal

### Importancia de los equipos estandarizados: A – SCAN

Se unen todos los modos en equipos estandarizados que muestran imágenes computarizadas real-tiempo *escanning*, con la facilidad de incluir contraste de

color, imágenes tridimensionales, congelación de dichas imágenes, variación de la modalidad de la imagen, flujo vascular ocular. Están acoplados a videos, ofrecen una imagen digitalizada y son utilizados fundamentalmente en la diferenciación tisular de la lesión.

## **BIOMOSCOPÍA ULTRASÓNICA**

Es una forma de diagnóstico de reciente uso en oftalmología, que trabaja a altas frecuencias. El equipo recibe el nombre de Humphery UB M840 y trabaja con sonda de 50 Mhz, tiene poder de resolución aproximadamente 10 tiempos con el ultrasonido estandarizado, con penetración completa en los tejidos del segmento anterior y retina periférica del ojo.

El ultrasonido convencional tiene una penetración en los tejidos de 5 mm de profundidad. Se realiza un corte biomicroscópico del segmento anterior y retina periférica. En la actualidad ya existen equipos portátiles computarizados, que pueden ser usados en el salón de operaciones (transoperatorio) tiene indicaciones diagnóstico y diagnóstico evolutivo.

### **Ultrasonido terapéutico**

Sobre la posibilidad del uso del ultrasonido en el tratamiento de las enfermedades, Mülwert y Voss expresaron sus opiniones en 1928. Posteriormente muchos científicos han estudiado el mecanismo de acción terapéutica de las ondas ultrasónicas, aunque algunas cuestiones no han quedado bien aclaradas hasta el presente. Se trata de un mecanismo complejo en el cual se distinguen cuatro factores:

- Mecánicos
- Térmicos
- Físico-químicos
- Neuroreflejo

### **Indicaciones**

- Queratitis (ulcerosa, tuberculosa, neuróptica)
- Opacidades corneales
- Escleritis
- Procesos inflamatorios de tracto uveal
- Iridocilitis traumática
- Heridas penetrantes de la córnea
- Cataratas traumáticas (restos capsulares y masas cristalinas después de operaciones)
- Hemorragias intraoculares (hifema, hemovítreo)

- Opacidades del vítreo post-inflamatorio, post-traumático y en miopías degenerativas
- Retinosis pigmentaria
- Degeneraciones maculares de diferente etiología
- Subatropía óptica

### **Cálculo del poder dióptrico del lente intraocular**

En el cálculo del lente intraocular se perfilan dos épocas: una derivada del cálculo matemático, y otra del cálculo biométrico, esta última la más aceptada pues se realiza a través de programas computarizados que permiten cálculos más diversos y flexibles. Colembrander (1973), Fiodorov (1975), Thijssen (1975), Binkhorst (1976), Hewlett-Packard (1978), etc., fueron algunos de los autores que comenzaron con esta vertiente.

En 1980 surge la fórmula SRK descubierta por Sanders, Rezloff y Kraff (fórmula de regresión lineal basada en estudios de la constante A, la longitud Axil y la queratometría), constituyendo la primera generación de estas fórmulas para el cálculo del poder dióptrico del LIO. Fue a partir del año 1985 que en nuestro país se confeccionaron programas donde se obtienen valores dióptricos del lente emetropizante, ametropizante, e iseconizante basada en la fórmula de Fiodorov y Binkhorst II.

En la actualidad, con el gran desarrollo alcanzado por la oftalmología, creemos necesario e indispensable orientar el trabajo para lograr la emetropía o ametropía presentada anteriormente en los pacientes con implantación de lente intraocular, estudiando en el postoperatorio el astigmatismo inducido en la cirugía, la aniseiconia real, así como las complicaciones presentadas, que puedan influir en el resultado del cálculo preoperatorio realizado, para lo cual existen programas computarizados para uso en computadoras Biómetros y equipo de ultrasonido Modo A o A/B, que han variado con las diferentes generaciones de fórmulas para el cálculo.

### **Investigaciones imprescindibles y decisión de elección para cálculo del poder dióptrico y aniseiconia preoperatorios**

- Ametropía del paciente realizada por refracción dinámica: importante para la aniseiconia del paciente.
- Poder dióptrico corneal o radio de curvatura corneal: realizada por queratómetro.
- Ecobiometría: medición de la longitud axil del ojo con la profundidad de la cámara anterior que variará para el lente calculado en dependencia al tipo de lente y casa comercial, conocida como *posición efectiva del lente*, difícil de calcular utilizando fórmulas de tercera generación.
- Constante A: valor que depende de tipo de lente y fabricante y material de constitución del mismo.



- Índices de refracción de los diferentes medios transparente del ojo estudiado realizado sobre la óptica ocular.
- Estudio de la microscopía especular de la córnea realizado por microscopio especular.
- Tipo de lente a implantar de cámara anterior, iris clip, cámara posterior si es plano convexo, biconvexo de polimetilmetacrilato, acrílico, silicona, tamaño de la zona óptica y haptica.
- Análisis del ojo no quirúrgico, fáquico, artefáquico o afáquico.
- La efectiva posición del lente a implantar.
- La fórmula a elegir:

Existen dos grupos de fórmulas, las teóricas y las de regresión:

⌘ **Las teóricas**, basadas en fisiología y geometría óptica, e incluyen:

- **Fórmulas de primera generación** (Fyodorov, Clenbrander, Hoffer-Colenbrander, Binkhorst I, etc.)
- **Fórmulas de segunda generación:** que incluye al Bonkhorst II
- **Fórmulas de tercera generación:** refinada de acuerdo a la longitud axial, que incluye
  - ✧ Fórmula SRK/T
  - ✧ Holladay 1
  - ✧ Barret (Universal fórmula) eventualmente mejorada en 1993
  - ✧ Hoffer Q (descrita en 1993)

⌘ **Las de regresión**, basadas en evaluación de datos previos, incluyen las de primera generación (SRK) y segunda generación (SRK II)

La fórmula teórica para el cálculo del poder del LIO no ha cambiado en casi 30 años desde la descripción original de Fedorov en 1967. Aunque varios investigadores han presentado la fórmula teórica en diferentes formas no hay diferencias significativas entre ellas, excepto en la elección del grosor retinal y el índice de refracción corneal.

La fórmula SRK estudia el poder para emetropia; no utiliza el valor de profundidad de la cámara anterior (ver Tabla). Los estudios para el factor de corrección se basan en estudios de refracción posterior y la variación de la longitud axil.

Estos autores no estudian la aniseiconia ya que sólo dan variantes de diferentes grados de ametropía. Poder para la Emetropía  $P_s = A - 2.5 L.A - 0.9 K + C$  constituyen la fórmula SRK II estudiada Sanders et al en 1988 (segunda generación de Fórmulas 1987-1988).

Ejemplo de fórmulas para cálculo del poder dióptrico:

<b>Fyodorov's</b>	<b>P =</b>	$\frac{1336 - LH}{(L - C) 1 - CK \cdot 1336}$	
<b>Colenbrander's</b>	<b>P =</b>	$\frac{1336}{L - C - 0.05 - K}$	$\frac{1336}{1336 - C - 0.05}$
<b>Binkhorst's</b>	<b>P =</b>	$\frac{1336 (4R - L)}{(L - C) (4R - C)}$	
<b>SRK's</b>	<b>P =</b>	$A - 2.5 L - 0.9 K$	

**P** Poder dióptrico del LIO    **A** Constante A específica para cada tipo de lente  
**C** Estimado de profundidad de la cámara anterior    **L** Longitud axial (mm)  
**K** Poder dióptrico corneal    **R** Radio de curvatura corneal (mm)

C: Corrección de la primera fórmula SRK donde C o varía con la longitud axial

Si LA = 20 mm C + 3 diop.

Si 20 = LA C + 2 diop.

Si 21 = LA C + 1 diop.

Si 22 = LA 24.5 C 0

Si LA = 24.5 C = - 0.5

Los cálculos en pacientes con ejes axiales entre 22 y 25 mm, y con poderes corneales entre 42 y 48 dioptrías, van bien con las fórmulas corrientemente usadas de Tercera Generación (SRK/T, Holladay 1 y Hoffer Q) (57). En casos fuera de este rango, la Fórmula Holladay 2, debe ser usada para mayor exactitud.

En general el Hoffer Q se usa para ejes axiales menores de 22 mm; el promedio de las fórmulas para ejes de 22.0 a 24.0 mm; la de Holladay 1 para ejes entre 24.5 y 26.0 mm y la SRK/t para las mayores de 26.0 mm.

Todas las fórmulas antes mencionadas y otras estudiadas se encuentran por señalar un ejemplo B-S con compact de la firma BVI (Biovision) Fances. Está programadas la fórmula – SRK I, SRK II, Holladay I, Hoffer Q y Binkhorts II, nos

dan la posibilidad de elegir la fórmula deseada así como los diferentes grados de ametropía con referencia de los diferentes LIO de diferentes firmas comerciales. Además de existir Biometros con Programas para las fórmulas de la tercera generación.

<i>Referencia LIO</i>	<i>A/P</i>	<i>A. Est.</i>	<i>S.F</i>	<i>A.C.D.</i>
1	Ant.	115,3	-0,31	2,95
2	Ant.	115,8	-0,02	2,90
3	Ant.	115,3	- 0,31	2,95
4	Post.	116,6	0,43	4,2
5	Post.	118	1,17	4,2
6	Post.	118	1,62	4,9
7	Post.	118,4	0,32	5,2
8	Post.	119,0	1,79	5,20

- Trabajar con programas para el cálculo de la Aniseiconia de ser posible.
- Complicaciones transoperatoria que hacen variar el cálculo del LIO y la elección del tipo de lente, material de constitución, la goma óptica y haptica del LIO.
- El astigmatismo residual en la cirugía: es un elemento que influye en el defecto esférico de nuestros pacientes, se tiene en cuenta como error del cálculo del poder dióptrico del LIO. El uso de topógrafos corneales, para que el astigmatismo residual en la cirugía de catarata sea igual a cero o se pueda corregir el ya existente es entre la futura solución para eliminar este trastorno refractivo al igual que facoemulsificación y facolaser así con incisiones más pequeñas, unido a los lentes plegables.
- Como se ha explicado, los parámetros antes señalados influyeron en la variación entre los resultados pre-calculados y lo obtenido en la refracción postoperatoria del paciente. No podemos dejar de tener en cuenta el factor humano y social de fabricación del LIO. En gran parte de los casos, los lentes implantados no se correspondieron con los calculados.
- Muchos de nuestros cirujanos prefieren dejar los pacientes ligeramente miopes, con el objetivo de obtener mejor aniseiconia, además de mejorar el astigmatismo residual; otros lo prefieren para que el paciente vea mejor de cerca sin cristales.
- Por otro lado, muchos de los resultados del cálculo del poder dióptrico del LIO preoperatorio, están dados en números decimales; por ejemplo: 18.35, sin embargo, los lentes se fabrican variando en 1 o 0.5 dioptrías.

- A esto se añade, que en el momento de operar al paciente, no exista la graduación calculada y se implante otro LIO con poder dióptrico diferente.

## Conclusiones

- Utilizar las fórmulas de tercera generación para los cálculos del poder del LIO (SRK/T, Holladay 1, Hoffer Q y el promedio de ellas). Con ellas podrán realizar los cálculos con exactitud en la mayoría de sus pacientes. Se recomienda utilizar el programa de Hoffer 1.5 /2.0.
- En pacientes extremadamente miopes/hipermétropes se debe utilizar la fórmula de Holladay 2 y la versión 2.0 de Hoffer, con ajustes para casos extremos (Ej. calcular para -1.0 ó -2.0 para ojos extremadamente cortos).
- En el presente ya no se utilizan las fórmulas de regresión de primera y segunda generación (SRK, SRK II), pues han sido superadas, aunque la SRK II aun podría utilizarse para pacientes con eje axial y queratometría promedio y en aquellos con miopía baja, sino no se tiene acceso a las fórmulas teóricas de tercera generación.
- Las fórmulas teóricas de primera generación ya no son usadas. La fórmula de segunda generación como la de Binkhort II hemos encontrado que es útil en la predicción del poder del LIO en pacientes con hipermetropía media y alta, si no hay acceso a las fórmulas teóricas de tercera generación ni a la de Holladay 2.
- En general la fórmula de SRK/T es mejor para los ojos miopes moderados. La fórmula de Hoffer Q para hipermétropes moderados, y el promedio de esas dos con la de Holladay 1, para los pacientes con valores promedio, miopía baja e hipermetropía baja lo cual incluye la mayoría de sus pacientes.

Con el perfeccionamiento cada día más avanzado de la técnica microquirúrgica de la catarata con implantación de lentes intraoculares, el cálculo del poder dióptrico y la elección del lente intraocular es un planteamiento decisivo por parte del cirujano para que no existan los errores en el cálculo del lente, siendo en la actualidad una de las complicaciones de la microcirugía de catarata.

## Estructura asistencial

- La estructura asistencial esta basada en el diagnostico hecho por los médicos sobre patologías oftalmológicas usando ultrasonidos estandarizados, y el calculo del poder dióptrico del lente intraocular realizado por los técnicos usando el mismo equipo además de gel, anestésico oftalmológico y torundas.
- La participación médica es realizar el diagnostico modo A-B y en supervisar el calculo del poder dióptrico del LIO realizado por los técnicos
- También presta asistencia a pacientes valorados por oftalmólogos y solicitado el examen.

- Define el diagnóstico de patología tumores, clínicas como desprendimiento de retina, desprendimiento coroideo, miopía, además puede dar diagnóstico-pronóstico para el cálculo en la cirugía de catarata, miopía, etc.
- Para miopía, glaucoma y catarata se realizará biometría, para la catarata se realizará además cálculo del poder dióptrico del lente intraocular para patología clínica tales como: catarata complicada, trauma ocular, tumores, desprendimiento de retina y coroideo, miopía, etc. Se realizará ultrasonido modo B y A.
- La técnica consiste en colocar al paciente en decúbito supino, se le vierte en el ojo colirio anestésico y se realiza el diagnóstico usando la sonda modo B y A para confirmarlo o para hacer el diagnóstico diferencial.

El examen se debe realizar y comparar en ambos ojos y con la sonda perpendicular en todos los cuadrantes.

- EL cálculo del poder dióptrico del LIO se realizará con la sonda modo A perpendicular
- A la macula realizando 10 biometría con desviación menor a 0.10 posterior se calcula el LIO

Fórmula que debe aplicar:

- ⊕ Fórmula de tercera generación.
- ⊕ (SRKT, HOLLADAY I, HOFFER Q y el promedio de ellos)
- ⊕ Si los pacientes son extremadamente miopes/hipermétropes, utilizar HOLLADAY 2 Y HOFFER versión 2.0
- ⊕ No utilizar fórmulas de primera generación.
- ⊕ Si solo utiliza fórmulas de segunda generación, puede utilizar la SRK II para pacientes con queratometría y eje axial promedio al igual que miopes bajos.
- ⊕ La BINKHORT II es útil en pacientes con hipermetropía media y altas.

### Información al paciente

- No ser portador de patologías como conjuntivitis, queratitis, úlceras
- No usar lentes de contacto previo al examen (luego el paciente puede usar sus lentes 30 minutos después y no presentará limitación en su vida social).

No realizar otros exámenes oftalmológicos que afecten la agudeza