

## **Adelantos técnicos de la angiografía fluoresceínica**

**DR. JOSÉ MIGUEL VARAS T.**

### **I. ANTECEDENTES HISTÓRICOS**

#### **A. Precursores**

En 1960 y 1961 Novotny y Alvis fueron los primeros en lograr fotografías de angiogramas fluorescentes. Un año antes, Flocks, Miller y Chao habían logrado la filmación del paso de la fluoresceína por los vasos de la retina de un gato.

El primer examen de fluoresceinografía en el Ecuador fue realizado el 12 de julio de 1972 en un paciente con trombosis venosa de la rama temporal superior. La publicación fue hecha en la revista Anales de Medicina y Cirugía de la Benemérita Sociedad Médico Quirúrgica del Guayas en diciembre de 1977.

#### **B. Principios básicos de la técnica fotográfica**

Usando una cámara retinal, con película de negro y blanco de 400 ASA, se toman fotografías convencionales del paciente con plena midriasis, luego se toma una vena del brazo con una mariposa y se inyectan de 2 a 5 cc de una solución acuosa de fluoresceína sódica al 15% o al 10%. La inyección debe realizarse rápidamente, en menos de 5 segundos para lograr un bolo compacto de colorante. Unos 10 segundos después de finalizar la inyección se inicia la seriografía fotográfica para registrar las diversas fases de llenado vascular, que generalmente toman unos 50 segundos en total. Luego se toman fotografías tardías a los 60 segundos, 2, 5, 10 y 20 minutos para estudiar focos anormales de transudación tardía, coroidea y/o retinal.

Una vez obtenido el registro fotográfico, se realiza el revelado del negativo, idealmente en un laboratorio especializado para evitar rayaduras o manchas y luego se positiviza en papel de alto contraste o mejor aún en película ortocromática (Kodalith) para poder proyectarlo y ver así a gran aumento las alteraciones que pudiese tener nuestro paciente.

Irremediablemente los negativos de la angiografía fluoresceínica son de mala calidad, porque la interposición de los filtros requeridos para excitar y registrar la fluoresceína circulante, reducen mucho la luz del flash de la cámara y por lo tanto el proceso de revelado y positivización no es rutinario. Salvo raras excepciones, las mejores angiografías son aquellas en las que el propio oftalmólogo realiza el revelado fotográfico.

### **C. Ventajas, desventajas y limitaciones del método fotográfico**

La gran ventaja del método tradicional es la resolución de la fotografía, que se calcula en 2.000 puntos por línea, a diferencia de los métodos digitales o scanning por láser que llegan sólo a entre 500 y 1.000 aproximadamente.

La desventaja principal, en cambio, reside en el retardo irremediable en la obtención de los resultados del examen, la limitación de manipulaciones fotográficas y la dificultad de conservar un archivo bien organizado que permita estudios comparativos de pacientes o patologías.

## **II. CONCEPTOS ELEMENTALES DE DIGITALIZACIÓN DE IMÁGENES**

La digitalización es el proceso de transformar una gama continua o infinita de sonidos o colores a cifras o números que pueden ser grabados en los sistemas de almacenamiento de las computadoras convencionales.

En el caso de nuestro interés, la imagen análoga del fondo del ojo sería tamizada en una red cuadrículada de 512 por 512 y cada cuadrícula promediada a una escala de 256 tonos de gris (del 0 = negro al 255 = blanco). Es esta justamente la forma, relativamente simple, como las imágenes son transformadas en la computadora y representadas en la pantalla de video o grabadas en los discos.

## **III. DISPONIBILIDAD DE INSTRUMENTOS MODERNOS PARA ESTUDIO DEL FONDO DEL OJO**

### **A. Scanners de láser**

Hace unos 6 años aparecieron en el mercado instrumentos de registro de imágenes del fondo del ojo que utilizan un principio semejante al de los microscopios electrónicos, es decir, hacen un barrido de la imagen, en este caso no con electrones sino con un haz de rayo láser, que es detectado por un sensor especial, transmitido a una pantalla y grabado en una cinta de video.

La ventaja principal de estos sistemas reside en la posibilidad de realizar un registro continuo: una angiografía se ve como si fuese una película. La

limitación está en la dificultad de enfocar apropiadamente un área retinal mayor de 30 grados.

Su aplicación principal estaría en estudios detallados del nervio óptico o de la mácula.

## B. Sistemas de digitalización

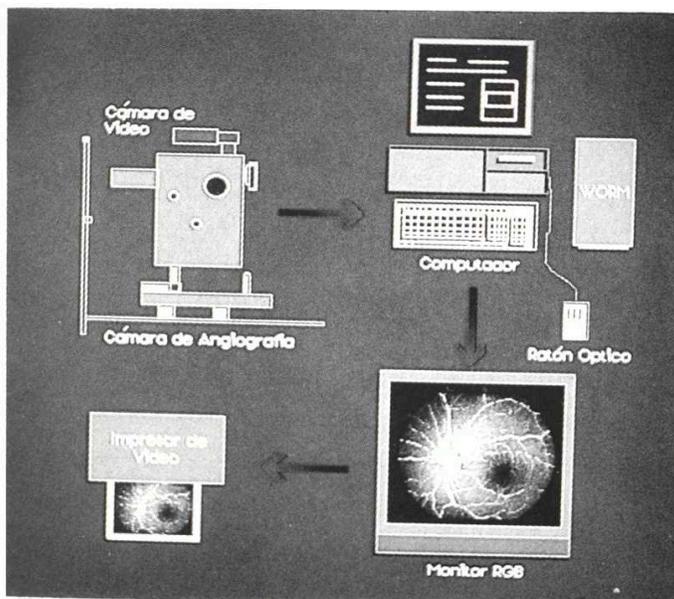
El primer sistema de digitalización para fondo de ojo apareció en el mercado en 1985, tomando ventaja del diseño de las nuevas cámaras de retinografía que permitían un registro alterno de 2 cámaras fotográficas. Desde entonces han surgido múltiples innovaciones tanto en el diseño de las cámaras como en el modelo de computadoras, sistemas de sincronización y programas de digitalización de imágenes.

Como todos sabemos, vivimos en la era de las computadoras personales, y el desarrollo vertiginoso de estas máquinas ha arrastrado a la medicina en general y a la oftalmología en particular a una avalancha de progreso, a veces difícil de asimilar.

## IV. EL SISTEMA IMAGINET DE TOPCON™

### A. Componentes básicos (figura 1)

El sistema se inicia en una cámara de video de alta sensibilidad que se adapta al pórtico superior de la cámara retinal. La imagen captada se transmite a una tarjeta de digitalización Matrox™. Se pueden registrar 27 imágenes en la



*Fig. 1: Sistema Imaginet de TOPCON; Esquema de componentes básicos.*

memoria de la computadora, pudiendo revisarse a voluntad y eliminar imágenes fallidas antes de grabarlas.

Se emplean 2 monitores. Uno de alta resolución para ver las imágenes del fondo del ojo y otro para manejar los comandos del programa.

La grabación puede hacerse tanto en el disco duro de la computadora (110 imágenes), como en el disco óptico que, aunque más lento, tiene gran capacidad (1.405 imágenes por cada lado).

Los comandos pueden hacerse por el teclado o con la ayuda de un ratón óptico de 3 botones.

Un impresor de video permite obtener fotografías de la imagen que aparece en la pantalla o la misma puede derivarse a un grabador de video.

## **B. Opciones operativas y manipulación de imágenes**

Las imágenes pueden grabarse tanto en forma independiente como incluirse en un catálogo ("proofsheet") que permite hacer una revisión global de 16 imágenes simultáneas y de allí escoger la que deseemos analizar.

Una vez grabadas, las imágenes pueden eliminarse, copiarse entre discos o reeditarse individualmente o en grupos de dos o cuatro imágenes, en varios formatos.

Pueden hacerse manipulaciones de contraste, resolución, filtrado, negativización, pseudocolor y visualizarse en varios aumentos ("zoom").

La manipulación de imágenes digitalizadas podría compararse con lo que se lograría en un laboratorio fotográfico equipado con todo tipo de filtros, reveladores, papeles y negativos de todos los contrastes; en este caso, los efectos se logran electrónicamente y se aprecian en el mismo instante.

## **C. Extrapolación topográfica, biometría lineal y de superficie**

Una opción muy útil en caso de tratamientos con láser consiste en el montaje topográfico de 2 imágenes, por ejemplo, para dibujar sobre la fotografía los puntos de transudación que aparecen en una imagen angiográfica.

También pueden dimensionarse objetos (papila, vasos, membranas, etc.) en unidades lineales o de superficie y hacer estudios de variaciones de tonalidad a lo largo de un corte lineal o de una superficie determinada.

#### **D. Ventajas de archivo y facilidades para revisión**

Otra de las grandes ventajas del sistema es la facilidad de poder almacenar ordenadamente las imágenes por archivos cruzados de nombres, números de historia y fechas.

El sistema de grabación en disco óptico es un proceso de alta confiabilidad y no hay defectos de deterioro fotográfico ni confusión de archivo de negativos o fotografías.

### **V. INVESTIGACIÓN DE NUEVOS RECURSOS PARA MANIPULACIÓN DE IMÁGENES**

#### **A. Traducciones del formato de grabación digital**

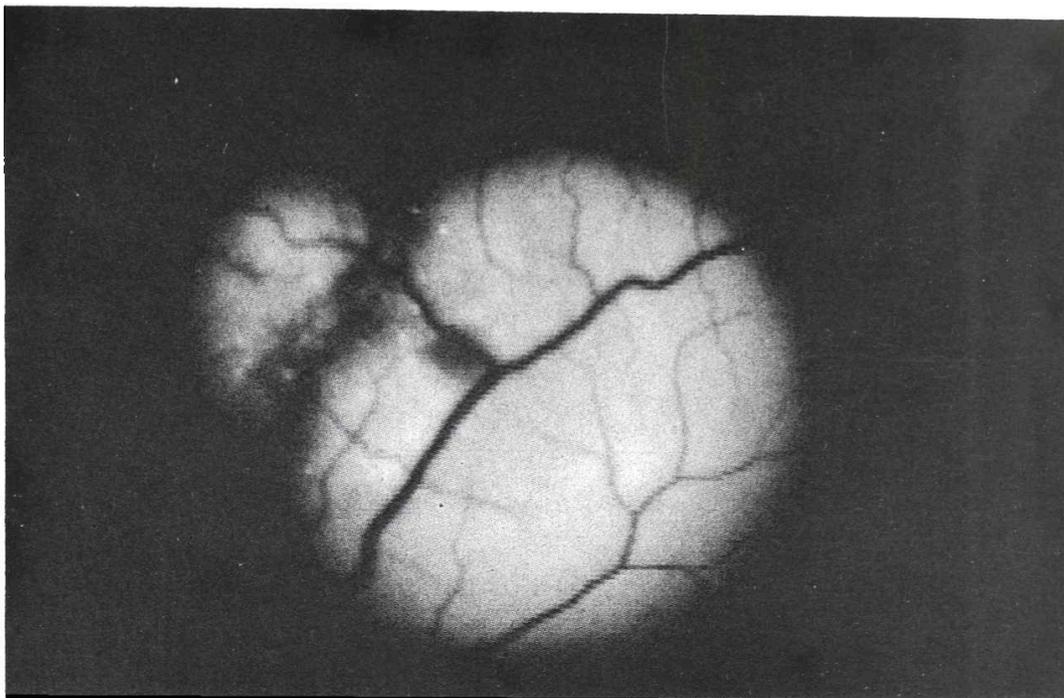
Si bien el equipo trae todas las opciones descritas, es bien sabido que en computación todo puede mejorarse; de hecho, a los pocos meses de adquirido el sistema, el programa fue reemplazado por otro mejor presentado y con más alternativas. Pero cierto tipo de investigación no puede realizarse actualmente con el programa incluido.

Por esta razón y gracias a la gentil colaboración del ingeniero Julio Estrada Solá, el formato de grabación de imágenes Matrox<sup>tm</sup> fue traducido al formato "IMG" del programa Deluxe Paint, mediante "lenguaje C". Esto permite llevar las imágenes a cualquier editor capaz de representar figuras, invertir o distorsionar las imágenes a voluntad y, sobre todo, explorar libremente el recurso del pseudocolor.

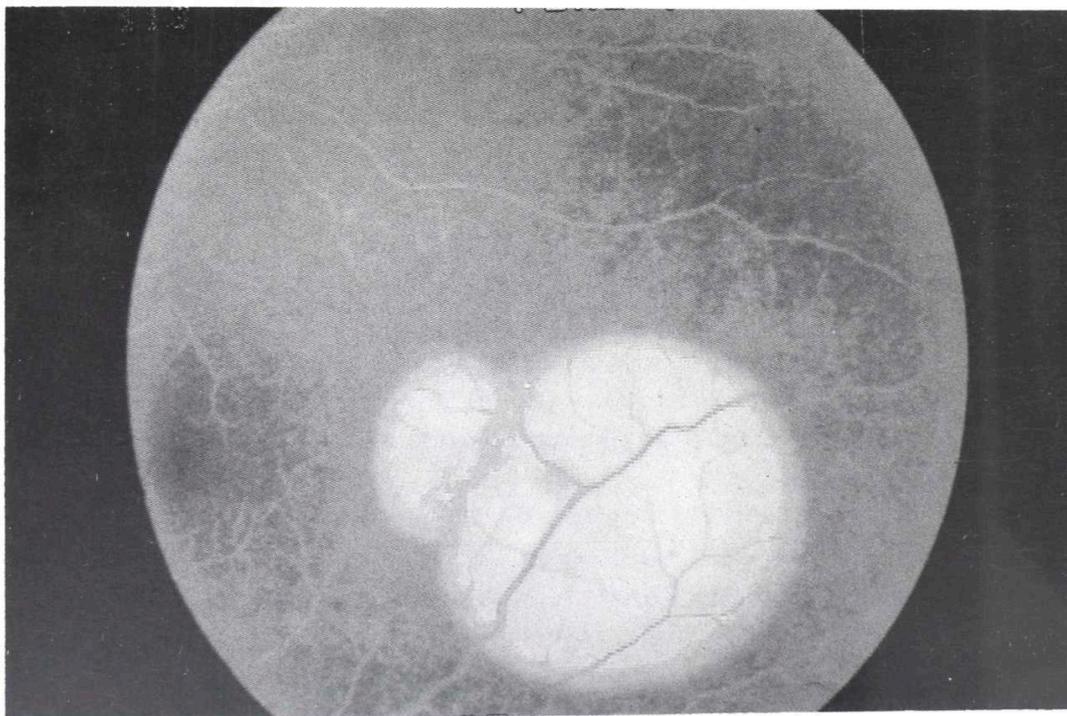
#### **B. Capacidad discriminativa de la gama de tonos grises y pseudocolor**

Tal como hemos mencionado antes, el sistema imaginet<sup>tm</sup> detecta una gama de 256 tonos entre el negro puro y el blanco puro, lo cual no es ciertamente detectable por el ojo humano que apuradamente puede identificar unos 64 tonos diferentes de gris.

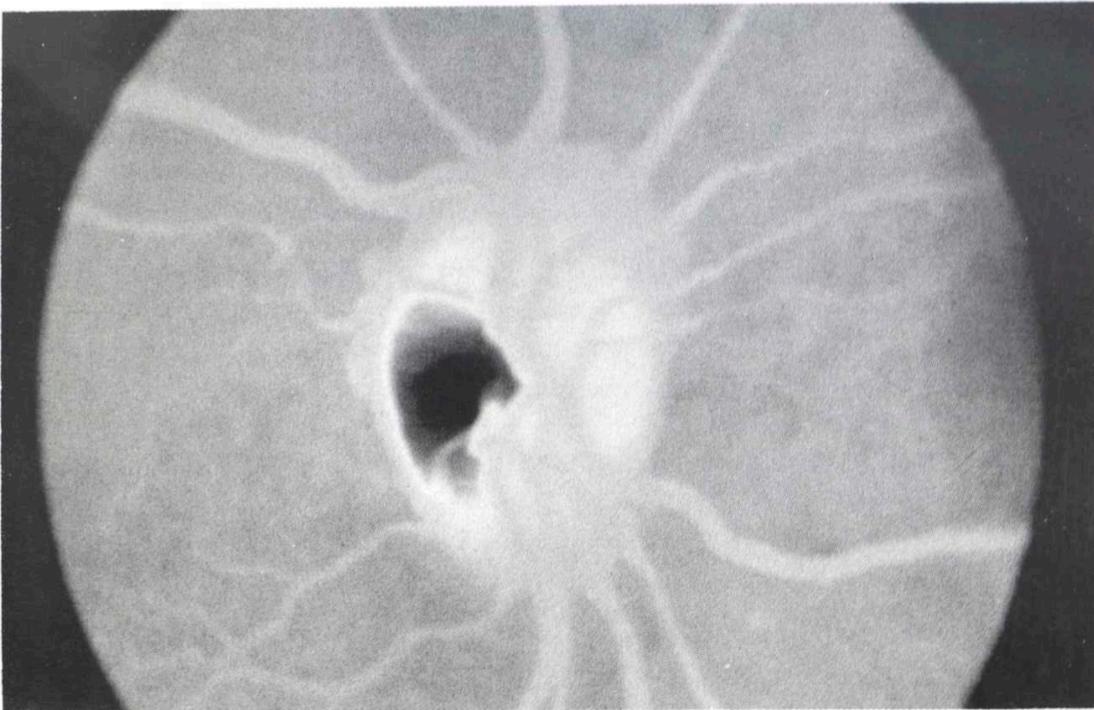
Si se asignan colores arbitrarios para reemplazar ciertas áreas de la gama gris, podremos explotar mejor los 256 tonos que capta el sistema. Las imágenes pueden representarse con varias "paletas" o grupos de color, que pueden ser automáticas o escogidas a nuestra voluntad y aun normalizar diferentes "paletas" para resaltar estructuras vasculares, tumores, quistes, parásitos, estudios de papila, mácula, etc. (figuras 2,2A; 3 y 3A).



*Fig. 2: Angiografía oral y vista con paleta gris intensificada en un caso de ESCLERITIS POSTERIOR.*



*Fig. 2A: El mismo caso de la figura 2, vista con paleta "térmica".*



*Fig. 3: Angiografía oral vista con paleta gris intensificada en un caso de NEURITIS OPTICA.*

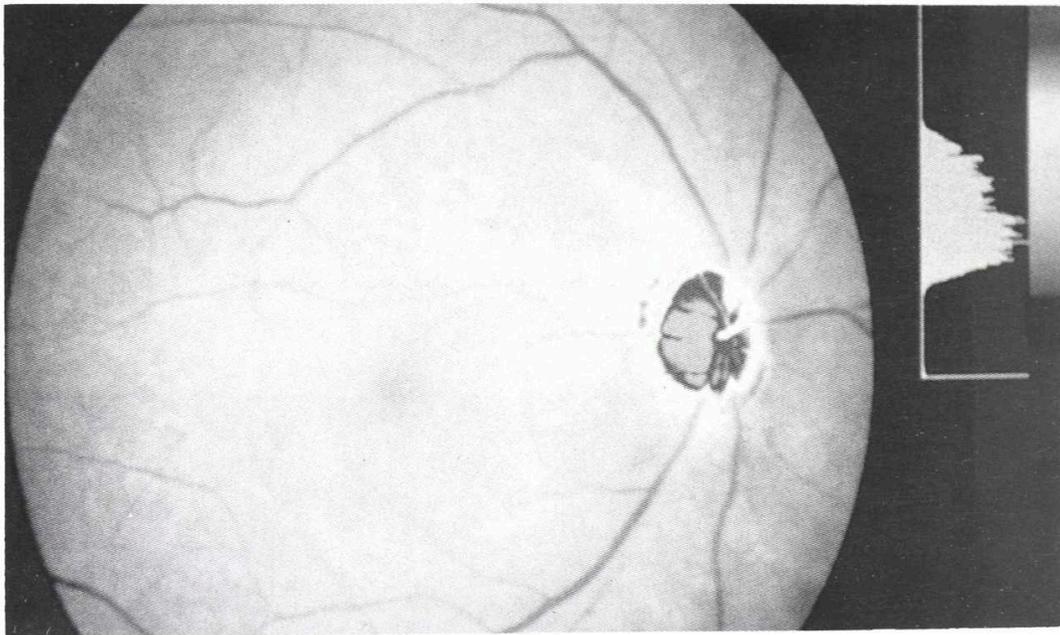


*Fig. 3A: El mismo caso de la figura 3 vista con paleta "Térmica"*

### C. Normalización automática de grises y colores

Para los estudios comparativos de la evolución de una enfermedad nos enfrentamos al hecho real de que no es posible tomar dos fotografías idénticas con la misma iluminación, pues mínimas variantes, tales como el ángulo de fotografía y la distancia del objeto, cambian la intensidad de luz y el contraste.

Ahora bien, como la luminosidad y el contraste de imágenes digitalizadas no son sino números grabados, es fácil lograr normalizaciones automáticas. El resultado es que, dentro de muy amplios límites, una fotografía tomada con mucha luz puede traducirse y compararse a otra con poca luz (figura 4).



*Figura 4: Angiografía Normalizada vista con paleta "Arco Iris" en un caso de PERFORACION MACULAR LAMINAR. Nótase a la derecha el Histograma de tonos grises registrados y la paleta de colores usados.*

Los efectos de normalización se han logrado en representaciones de blanco, negro y de pseudocolor, encontrando que una paleta ajustada de 4 colores: rojo-blanco-verde-negro, permite en la gran mayoría de los casos la discriminación más perfecta de detalles estructurales.

### D. Paletas y animación por rotación del color

Finalmente, la paleta de colores puede ser rotada dentro de una misma imagen produciendo un efecto de animación cuya importancia, desde el punto

de vista clínico, consiste en resaltar ciertas patologías por el efecto de la rotación de los colores y variaciones de contraste.

## VI. CONCLUSIONES

Por la rapidez de obtener resultados inmediatos, manipulación de imágenes, facilidades de archivo, revisión y comparación instantánea de registros, no dudamos en asegurar que el método de digitalización de imágenes se difundirá rápidamente, y se convertirá en el método habitual de exploración en pacientes con indicaciones de angiografía fluoresceínica.

La investigación del pseudocolor y la animación por rotación de colores, ofrecen un campo muy prometedor para el análisis detallado e interpretación más fácil de muchas patologías del fondo del ojo.

## BIBLIOGRAFÍA

- DUANNE, THOMAS D. *Clinical Ophthalmology*. Hagertown MD. Harper and Row, 1976; 3:4.
- FERRER, O. *Serial Fluorescein Fundus photography of retinal circulation*. Amer. J. Ophth. 1956. 60: 578.
- FRIBERG, T. R. *Use of Directly Acquired digital Fundus and Fluorescein Angiographic Images in the Diagnosis of Retinal Disease*. Retina, 1987; 7:246-51.
- SHIKANO, S., SHIMUZU, K. *Atlas de Fluorecinografía del Fondo Ocular*. Barcelona, Salvat Editores S.A., 1969.
- VARAS, J.M. *La Angiografía Fluoresceínica del Fondo del Ojo*. Anales de Medicina y Cirugía (Guayaquil-Ecuador), 1977; 1:75-9.
- WESSING, A. *Fluorescein Angiography of the Retina*. Saint Louis, C. V. Mosby Co., 1969.