

Cámaras digitales y transferencia de imágenes al ordenador

Luis Alfaro¹, M.^a José Roca², Enrique Poblet³

¹ Hospital 9 de Octubre. Valencia. ² Hospital Lluís Alcanyis de Xàtiva. Valencia. ³ Hospital General de Albacete. lalfaro@comv.es

RESUMEN

La fotografía digital ha aportado nuevas posibilidades y enormes ventajas con respecto a la fotografía tradicional. Su incorporación a nuestro trabajo como patólogos puede resultar de gran utilidad. Es conveniente pues, conocer algunas nociones de su funcionamiento así como las posibilidades de conectar cámaras digitales a nuestros microscopios, e interconectar éstos con los ordenadores. Los parámetros que definen las cámaras digitales son la resolución de su sensor, medida en puntos o píxeles, las características de los elementos ópticos que incorporan, similares a las de las cámaras analógicas, sus módulos de memoria, y sus sistemas de transferencia de las imágenes.

Es sencillo conectar cámaras digitales a un microscopio; además de las diseñadas específicamente para este fin, es posible encontrar adaptadores para conectar cámaras digitales de bajo precio y uso doméstico pero con elevadas prestaciones. Las cámaras de vídeo digital pueden ser útiles en determinadas circunstancias para obtener secuencias de imágenes, pero las cámaras fotográficas además de las imágenes estáticas a alta resolución permiten obtener señales de vídeo con calidad equivalente a las cámaras de vídeo analógico. Su uso de manera simultánea en la captura de imágenes microscópicas, mientras se seleccionan desde la pantalla del ordenador a través de la conexión de vídeo, supone la manera de trabajo más cómoda en nuestro ámbito como patólogos.

Palabras clave: Fotografía, digital, microscopio, adaptadores, resolución.

Digital cameras and image transference to computers

SUMMARY

Digital photography provides new possibilities and enormous advantages over traditional photography. It can be quite useful when incorporated into our work as pathologists. For this reason, some general knowledge of the use of digital cameras is useful. We present an overall view of digital photography, the ways in which digital cameras can be connected to microscopes, and the interconnection of these with computers. Parameters defining digital cameras features are: sensor resolution (measured in dots or pixels) the characteristics of the optical elements included (similar to those of traditional analogical cameras), their memory modules, and their image transference systems.

It is easy to connect a digital camera to a microscope: In addition to those specifically designed with this purpose in mind, adapters are available that permit connection of inexpensive but

highly capable domestic digital cameras that produce relevant images. Digital video cameras can be useful under certain circumstances to obtain sequences of images, but digital photographic cameras (in addition to the static high resolution images), are capable of obtaining video signals of a quality equivalent to analogical video cameras. Their simultaneous use in the capture of microscopic images, while they are selected from the screen of the computer through the video connection, provides pathologists with a most comfortable way of incorporating these technological advances into our daily routine.

Key words: Photography, digital, microscope, adapters, resolution.

INTRODUCCIÓN

La fotografía digital es uno más de los avances que las nuevas tecnologías han aportado en los últimos años. Las ventajas que incorpora en cuanto a facilidad y comodidad de uso, las nuevas posibilidades para su archivo y recuperación de información, la increíble capacidad de edición y retoque, y la satisfactoria disponibilidad para su envío a distancia, o para ser estudiadas y compartidas en tiempo real a través de las actuales redes de telecomunicaciones, han supuesto un cambio espectacular en relación a la fotografía tradicional (1,2). Del mismo modo que hemos visto el nacimiento y la transformación de los sistemas de música hacia formatos digitales, con la rápida desaparición de los métodos mecánicos de sonido, la aparición de libros digitales que no se desgastan, y cuyas ediciones no se agotan como en sus versiones impresas, la fotografía digital se ha unido también a nuestro nuevo mundo donde todo tipo de información se expresa en forma de bits (3).

El microscopio es nuestra principal herramienta de trabajo como patólogos. Lo ha sido y probablemente lo seguirá siendo durante bastante tiempo. Pero en general, nuestra actividad de diagnóstico a través del microscopio tiene ciertas características de soledad. Casi siempre el estudio de un caso se realiza en medio del aislamiento que genera la necesidad de concentrar nuestra visión a través de los tubos cerrados del microscopio. Se han diseñado dispositivos especiales para poder compartir el diagnóstico y la discusión de los casos, como son los microscopios de cabezales múltiples o los proyectores de imágenes microscópicas. Además, la fotografía ha estado ligada a la patología desde sus inicios. Ha sido la forma más apropiada para compartir

la información, como ayuda en nuestro trabajo, y como elemento esencial en la enseñanza. Así desde antiguo los microscopios han adaptado cámaras fotográficas que capturaban rasgos concretos de los casos y reproducían las características esenciales.

Los avances de la técnica últimamente se han centrado de manera especial en los sistemas de información, en las telecomunicaciones y también en los dispositivos fotográficos. Hoy en día nuestro puesto de trabajo tiene casi siempre junto al microscopio un ordenador, hasta el punto que los ordenadores se han convertido en nuestra segunda herramienta de trabajo. Evidentemente la situación ideal es la que nos permite interconectar ambos utensilios y transmitir aquello que vemos en el microscopio hasta el ordenador. Los elementos de conexión son desde luego las cámaras fotográficas. La fotografía convencional basada en procedimientos químicos y asociada a engorrosos procesos de revelado, ha proporcionado unos niveles de calidad realmente satisfactorios a la hora de reproducir imágenes. Sin embargo, el nacimiento de la fotografía digital ha aportado unas ventajas inimaginables sólo unos pocos años atrás (4-6) y está incorporándose de manera veloz y progresiva en todos los ámbitos de la ciencia y la sociedad en general. En la actualidad la resolución que proporcionan las cámaras digitales está próxima a la de la mejor fotografía tradicional, a la que probablemente superará en breve.

CALIDAD DE LAS IMÁGENES DIGITALES

Las cámaras digitales capturan imágenes a partir de un sensor denominado CCD (Charge

Couple Device o Dispositivo de Carga Acoplada) cuya capacidad se mide en puntos o píxeles. Se trata de dispositivos de estructura reticular, con elementos fotosensibles que reciben más o menos luz, y son capaces de almacenar un voltaje en proporción a la iluminación que recogen. Este valor se envía a un procesador que lo transforma en información digital, generando la fotografía. Cuantos más valores sea capaz de recibir, según los elementos que aloje esta rejilla, distribuidos en filas y columnas; es decir, a mayor número de píxeles que el CCD es capaz de capturar, la calidad de la imagen será superior.

En el carrete fotográfico convencional, los gránulos de la emulsión responden de forma química diferente al incidirles la luz según la longitud de onda de cada color.

Junto a los CCD existen otros sensores empleados en cámaras digitales, son los llamados CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor). Hasta ahora se empleaban en cámaras de bajo precio y menor resolución como las webcam, aunque nuevos desarrollos tecnológicos hacen que existan ya sensores de este tipo de elevada calidad.

Las cámaras fotográficas digitales de últimas generaciones cuentan con sensores que alcanzan 4 ó 5 megapíxeles (Mp, millones de píxeles), incluso algunos modelos llegan hasta los 12 Mp. Se considera que los fotogramas de una cámara analógica, dependiendo del tipo de película, tendrían el equivalente de 20 megapíxeles. Sin embargo, ésta es en realidad una medida más bien de tamaño que de calidad, el número de puntos de una imagen nos indica el tamaño de la misma. La calidad de la fotografía estará en función además de otros factores, como son la óptica de la cámara, o el adecuado manejo del sensor para transformar los impulsos luminosos que recibe. Así un sensor de 3 megapíxeles podría obtener imágenes de mayor calidad que otro de 4 megapíxeles, independientemente de que el tamaño de la imagen fuera menor. El tamaño físico del CCD puede ser un factor que influya en la calidad de la imagen, así los CCD de tamaño muy reducido tiene los elementos fotosensibles (transistores) situados muy próximos entre sí con lo que pueden producirse interferencias entre

ellos con mayor facilidad que en los CCD de mayor tamaño. El tamaño más habitual de los CCD en las cámaras de última generación es de 2/3 de pulgada.

En realidad las medidas empleadas para definir el tamaño de los CCD resultan confusas. En ocasiones viene definido como fracciones de pulgada, otras, como un valor lineal en milímetros que se refiere a la longitud de su diagonal, y otras, con dos medidas que reflejan los lados de su estructura rectangular. La primera medida, en fracciones de pulgada, hace referencia al diámetro externo de la envoltura de cristal de los primeros tubos diseñados para televisiones. Así un CCD de 2/3" mide 8.8 x 6.6 mm de lados y 11 mm de diagonal; y uno de 1/2" mide 6,4 x 4,8 mm de lados y 8 mm de diagonal (7).

Una cámara de 5 megapíxeles captura imágenes de 2560 x 1920 puntos. A la hora de imprimir esta imagen las impresoras trasladan estos puntos a una hoja de papel. Las impresoras de chorro de tinta, (las más empleadas para impresión de imágenes fotográficas) tienen una resolución que oscila entre los 300 ppp (puntos por pulgada) y los 2400 o incluso superior. Si imprimimos nuestra imagen a 300 ppp el tamaño que obtendremos será de 8,53 x 6,4 pulgadas (2560/300 y 1920/300) equivalentes a 21,3 x 16 cm. En el caso que deseemos una imagen de mayor tamaño, la impresora añadirá puntos por interpolación en la imagen de forma que la calidad de la misma será menor.

Aunque idealmente siempre es preferible disponer de elevadas resoluciones en nuestras cámaras fotográficas, conviene plantearnos el destino de las fotografías. En primer lugar si éstas van a ser vistas a través de una pantalla de ordenador, hemos de pensar que los monitores habituales de 17" trabajan generalmente con resoluciones de 1024x768 por lo que las imágenes de nuestra cámara de última generación, se verán en el monitor en fragmentos de menos de una cuarta parte, si se exponen en su tamaño real (fig. 1). Lo mismo es aplicable si el destino de las imágenes es colocarlas en una página web en Internet o enviarlas por correo electrónico. En estos casos los tamaños más adecuados serán muy inferiores a los de la máxima resolución potencial de nuestra cámara, y además será



Fig. 1: Comparación de tamaños de imágenes según resoluciones de CCD.

conveniente aplicar elevadas tasas de compresión de la imagen.

Los monitores de ordenador muestran las imágenes con tasas de 72 píxeles por pulgada (aproximadamente 28 por cm), pero para conseguir una impresión de calidad en papel es necesario emplear 300 puntos por pulgada (unos 118 puntos/cm), lo que implica que la imagen vista en pantalla, una vez impresa para conservar una calidad semejante, deberá reducir su tamaño más de 4 veces (8). Es decir si necesitamos una copia impresa de alta calidad es entonces cuando realmente conviene disponer de la máxima resolución posible.

Si el destino de las imágenes fuera presentaciones sobre un pantalla, en este caso, el tamaño de la pantalla, y la resolución del proyector (cañón VGA) nos indicarán que resolución de imagen deberemos escoger a la hora de tomar la fotografías. Sólo con proyectores de alta resolución, o pantallas de grandes dimensiones para salas de gran capacidad, convendrá escoger la mayor resolución de la cámara evitando así que el menor número de píxeles quede de manifiesto en la proyección, viéndose la imagen constituida por la suma de cuadraditos de tamaño reconocible a simple vista.

En cuanto a la resolución deseable para permitir diagnósticos remotos con sistemas de telepatología estática, imágenes de 1600 x 1200 son

perfectamente válidas, e incluso parece suficiente con imágenes de 1024 x 768, bajo la experiencia del Departamento de Telepatología del AFIP, probablemente la institución que recibe el mayor número de casos de consulta de este tipo (9).

La resolución del CCD se ha convertido en el principal elemento definitorio de las cámaras digitales. Este es un parámetro nuevo, inexistente en las cámaras analógicas en las que el equivalente del sensor (CCD) es el carrete fotográfico. Sin embargo, al margen de la resolución, el resto de parámetros utilizado en fotografía analógica es aplicable a las cámaras digitales.

La óptica de la cámara es un factor esencial en la calidad de las imágenes que obtendremos. En este aspecto las cámaras digitales han ido por detrás de las analógicas, ya que ha sido necesario recorrer un camino en su evolución para alcanzar niveles que justifiquen la incorporación de lentes ópticas de calidad equivalente a las de las cámaras analógicas. En la actualidad, las cámaras digitales de mayores prestaciones se montan sobre cuerpos de cámaras analógicas convencionales para aprovechar la calidad de las lentes de sus objetivos.

Las cámaras digitales de rango medio suelen emplear objetivos fijos por lo que a la hora de escoger una de ellas, conviene fijarnos además de la resolución del CCD también en los parámetros que definen sus lentes.

Al igual que en las cámaras analógicas, los valores más importantes que indican las características de un objetivo son la apertura de foco, y la distancia focal.

La apertura de foco se refiere al diafragma del objetivo, y refleja en forma de aperturas relativas la cantidad de luz que deja pasar al realizar la fotografía, y también la profundidad de campo, es decir el segmento que aparecerá enfocado en la fotografía. Se mide con números precedidos de una *f* aludiendo a los valores mínimo y máximo, por ejemplo *f*2 - *f*8. Un valor menor indica una apertura mayor, con mayor entrada de luz. Las cámaras digitales cuentan con objetivos con valores en torno a *f*2.8, *f*2, hasta *f*1.5. Cuanto menor sea el número, menor será la cantidad de luz necesaria para tomar una fotografía sin que aparezca movida, ya que al entrar más luz el

tiempo de exposición podrá ser menor. Números menores indicarán pues una óptica de más calidad.

La distancia focal se mide en mm y depende del tamaño del sensor ó de la película. Como el tamaño de los CCD es inferior al de las películas de 35 mm, estos valores de la óptica también lo son en comparación con los objetivos de cámaras analógicas. Sin embargo, la mayor parte de las cámaras digitales expresan sus valores además, con los equivalentes a los de las películas de 35 mm empleadas en las cámaras analógicas. La distancia focal se refiere al espacio entre el centro óptico de la lente y el lugar donde la imagen queda proyectada, bien sea la película, en las cámaras analógicas, o el CCD en las digitales.

El equivalente al ángulo de visión del ojo humano son unos 50 mm, que abarca un ángulo de unos 45°. Las cámaras digitales llevan generalmente objetivos de 28 ó 35 mm es decir que abarcan un ángulo mayor que el ojo humano. Cifras inferiores, son las que emplean los objetivos llamados de gran angular.

Los objetivos de gran angular son útiles para las panorámicas y resultan muy luminosos dando gran profundidad de campo con lo que tanto los objetos próximos, como los lejanos aparecen enfocados, pero su inconveniente es que distorsionan los objetos más cercanos e incurvan las líneas rectas.

En el extremo contrario están los teleobjetivos, en los que cuanto mayor es la distancia focal, menor es ángulo, pero mayor es el acercamiento al objeto a fotografiar. Son poco luminosos por lo que a distancias cortas la profundidad de campo es escasa. Magnifican los objetos fotografiados, pero al tiempo crean la sensación de que el fondo de la imagen está próximo a la imagen enfocada. Los grandes teleobjetivo usados, por ejemplo, en fotografía deportiva alcanzan más 500 mm, mientras que una cámara digital convencional puede llevar un objetivo de unos 100 mm de distancia focal (35-105 mm por ejemplo).

Los valores de los objetivos de las cámaras digitales pueden ser del tipo 6-18 mm o 7-25 mm. La equivalencia a valores de película de 35 mm es muy útil ya que al ser no el tamaño de

todos los CCD igual, dos cámaras digitales con los mismos valores de distancia focal no necesariamente tienen objetivos iguales.

Aunque en las cámaras analógicas es habitual emplear objetivos de distancia focal única, las digitales utilizan objetivos zoom, en los cuales es posible modificar la distancia focal haciéndolos más versátiles para ajustar el encuadre. A pesar de ello cuanto más amplio es el rango focal, más grande es la óptica, y por tanto más pesada y grande será la cámara.

El zoom es otro factor importante si pensamos en cámaras digitales que serán instaladas sobre un microscopio. La presencia de zoom puede ser imprescindible ya que los tubos adaptadores sobre los que colocaremos la cámara, si no incorporan una lente propia, con frecuencia reducen el campo del microscopio creando un anillo oscuro en torno al área central de la imagen. El empleo del zoom en estas circunstancias permite capturar la imagen del área central eliminando las áreas oscuras de la periferia.

Las cámaras digitales suelen disponer de dos tipos de zoom, el óptico y el digital. Realmente sólo el zoom óptico tiene valor, ya que el digital se obtiene por interpolación de puntos en la imagen. Simplemente la cámara recorta la imagen y añade en el área escogida nuevos puntos entre cada uno de los originales. Así entre dos puntos blancos añadirá uno blanco; entre dos negros, uno negro; y entre uno blanco y uno negro añadirá uno gris. Algunas cámaras y software de edición de imágenes utilizan sistemas de interpolación más sofisticados, como los denominados bilineal y bicúbico, en los que cada nuevo píxel añadido es función de los cuatro píxeles circundantes en el primer caso, o de los 16 más próximos en el segundo. También se aplican sistemas de interpolación fractal con el propósito de suavizar el contorno de las líneas y evitar las transiciones abruptas. El resultado en cualquier caso implica pérdida de nitidez. La consecuencia es que si intentamos fotografiar por ejemplo, una Leishmania, el zoom digital ampliará la imagen pero reducirá la nitidez y el contraste, de modo que si ésta no es discriminable sin el zoom, tampoco lo será con el zoom digital. Los sistemas de interpolación independientemente de lo complejos que sean, nunca podrán crear nuevos deta-

lles que no fueran captados con la resolución original.

Otro aspecto importante de las cámaras digitales para su empleo en patología es la distancia mínima de enfoque. Especialmente a la hora de fotografiar especímenes macroscópicos de pequeño tamaño, puede ser necesario acercarse a la cámara a escasos centímetros de la muestra. Generalmente las cámaras digitales cuentan con dos modos de operar, el normal y el modo macro, en el que la distancia mínima de enfoque disminuye de forma importante. Algunas cámaras digitales permiten enfocar la muestra a tan sólo 2 ó 3 cm del objetivo. En este tipo de fotografías la profundidad de campo se reduce notablemente, y por otro lado resulta difícil conseguir una iluminación homogénea que evite la aparición de sombras. El uso del Flash en estos casos puede provocar sobreexposición del objeto al situarse tan próximo, por lo que resulta más adecuado emplear otra fuente de iluminación externa, junto con un trípode o estativo fijo.

El control de la exposición en la mayor parte de las cámaras digitales es automático y sólo las de prestaciones más avanzadas incluyen además modos manuales. El control de la luz no será un problema importante si pensamos en cámaras montadas sobre microscopios. Por un lado porque al estar fijas, la exposición puede ser tan prolongada como deseemos, sin afectar el enfoque; y por otro lado porque podemos graduar el nivel de luz desde el microscopio, por lo tanto, en la mayor parte de circunstancias, el control automático de exposición de la cámara funcionará perfectamente.

Las fotografías tomadas con cámaras digitales convencionales adaptadas a microscopios alteran ligeramente la captación de colores en función del nivel de luz. El fotómetro regulará de manera automática la exposición para que incluso con variaciones de luminosidad la fotografía quede con un rango de luz adecuado, ello puede, sin embargo, alterar la percepción de los colores. Otra ligera distorsión que suelen introducir, es la tendencia a una iluminación con patrón radial más oscura en periferia y clara en el centro de la imagen. Ambos problemas pueden corregirse con software de edición y retoque de imágenes (10).

Tarjetas de Memoria

Las cámaras fotográficas digitales se comunican con el ordenador a través de los puertos de éste para transmitir las imágenes capturadas. Los primeros modelos usaban el puerto serie, de muy baja velocidad, pero en la actualidad prácticamente todas emplean los modernos puertos USB (Universal Serial Bus), que en su versión 2.0 aceptan tasas de transferencia de información de hasta 480 megabits por segundo.

Sin embargo, además de este tipo de conexión las cámaras digitales incorporan unas tarjetas de memoria que almacenan las imágenes. Estas tarjetas pueden considerarse como el equivalente al carrete empleado en las cámaras analógicas, pero con la diferencia esencial, de que pueden borrarse y rescribirse tantas veces como deseemos. En realidad, al igual que las cámaras o los CCD, las tarjetas de memoria han ido mejorando sus prestaciones hasta convertirse en auténticos discos duros con capacidades de memoria que ya superan el gigabyte (GB).

El principal inconveniente es su falta de estandarización. Existen diversos modelos incompatibles entre sí, y cuyo éxito futuro parece depender además de sus cualidades, de las decisiones de los fabricantes de cámaras a la hora de decantarse por la inclusión de un tipo u otro.

Las tarjetas denominadas *CompactFlash* aparecieron en 1994 y son actualmente las más difundidas. Miden poco más de 4 x 3 cm y son capaces de almacenar en los últimos modelos hasta 4 GB de información. Aunque en muchas de ellas no se indica, existen modelos de diferente velocidad de transferencia que se expresa en valores como 8x, 16x o 32x. Estos valores indican, igual que para las velocidades de los lectores de CD-ROM, tasas multiplicadas por 150 Kb/s (equivalentes a 1x)

Las tarjetas *SmartMedia* son ligeramente más grandes, pero también más delgadas y están empezando a ser sustituidas por los nuevos modelos.

Las tarjetas *Memory Stick*, de forma más alargada, eran sólo empleadas por su creador, Sony, en sus cámaras, aunque empiezan a ser adoptadas por otros fabricantes.

Los nuevos modelos de tarjetas que están comercializándose con mejores prestaciones y tamaños más reducidos son las denominadas *Multimedia Card* (MMC), las *Secure Digital Card* (SD), y las *XD Card*. Será necesario aún cierto tiempo para saber cual de ellas alcanza más éxito y difusión. Algunas cámaras incorporan como dispositivo de memoria los llamados mini CD, la versión de 8 cm de los CD convencionales, y como éstos, pueden ser grabados una sola vez (CD-R) o múltiples veces (CD-RW). Tienen una capacidad de 210 MB y un precio menor que el resto de tarjetas, aunque también menor velocidad de transferencia y mayor tamaño.

Aunque no parece que deba escogerse un modelo de cámara sobre otra, en función del tipo de tarjeta de memoria que incorpora, si puede ser un factor más, especialmente al no poder predecirse que tipos de formato memoria están condenados a desaparecer, y cuales a permanecer en el futuro.

Las tarjetas de memoria pueden ser intercambiadas entre distintas cámaras y manejarse de manera autónoma. Existen adaptadores para conectarlas directamente a los ordenadores, generalmente a través de puertos USB, o incluso a través de ranuras PCMCIA de los portátiles (fig. 2). De esta manera pueden transmitir las



Fig. 2: Tarjeta de memoria de tipo CompactFlash y dispositivo para conexión de las mismas a puerto USB del ordenador (izquierda), o ranuras PCMCIA de ordenadores portátiles (derecha).

imágenes o ser sobrescritas desde el ordenador con nuevas imágenes o con cualquier otro tipo de información.

La capacidad óptima de las tarjetas de memoria estará en relación con el tipo de imágenes que captura la cámara fotográfica de que disponemos.

Como ejemplo, una cámara de 5 Megapíxeles (2.560 x 1.920) necesita 24 bits de información para definir el color que corresponde a cada uno de los píxeles es decir 117.964.800 bits por cada fotografía o lo que es lo mismo 14.745.600 bytes, 14.400 KB ó 14 megabytes. Se trata por supuesto del caso de fotografías sin ningún tipo de compresión. Afortunadamente la mayor parte de las cámaras permiten efectuar capturas fotográficas aplicándoles algoritmos de compresión de información, generando principalmente imágenes de tipo .jpg (*JPEG: Joint Photographic Expert Group*). Con ello pueden obtenerse imágenes que ocupan una décima parte, sin que el ojo humano sea capaz de discernir ninguna pérdida de calidad.

Así en nuestro ejemplo de cámara de 5 Megapíxeles, una tarjeta de 64 MB permitiría almacenar únicamente 4 fotografías sin compresión, mientras que podría contener más de 50 imágenes con compresión de tipo .jpg

La gran proliferación de fabricantes y modelos de cámaras digitales hace irrealizable un análisis detallado, ni siquiera de las cámaras más empleadas, pero ello ha hecho surgir revistas impresas dedicadas en exclusiva a la fotografía digital, y multitud de páginas web en Internet con guías de compra, estudios comparativos de diferentes modelos (32-35), donde puede obtenerse amplia información. En estas web es posible encontrar listados y enlaces a los distribuidores con los precios más asequibles (36-38), aunque para compras on line, a través de Internet, de cámaras fotográficas digitales debemos tomar algunas precauciones ya que muchos de los que ofrecen mejores precios por las mismas cámaras lo hacen sustituyendo las tarjetas de memoria por otras de menor capacidad, o eliminando accesorios como los cargadores de baterías. Por otra parte, numerosos vendedores en Estados Unidos no aceptan o ponen dificultades para las ventas internacionales.

CONEXIÓN DE LA CÁMARA DIGITAL AL MICROSCOPIO

Los fabricantes de microscopios, conscientes de la importancia de la microfotografía diseñan los microscopios con posibilidades de incorporar tubos trioculares con adaptadores para cámaras fotográficas. Los propios fabricantes ofrecen cámaras perfectamente pensadas para aplicar a sus modelos de microscopios (tabla I). Y la mayor parte de las empresas de microscopios lo son también de cámaras digitales, por lo que pueden encontrarse soluciones integradas de microscopios con cámaras fotográficas digitales. Estas cámaras específicamente diseñadas para fotografía microscópica suelen tener precios más elevados, y no siempre prestaciones más avanzadas, debido a la vertiginosa obsolescencia de estas tecnologías. Continuamente aparecen nuevos modelos de cámaras con CCDs de mayor resolución que convierten en anticuados los que unos meses atrás eran los modelos más avanzados. Las cámaras fotográficas de uso doméstico mejoran continuamente sus características, la tecnología de fotografía digital es relativamente reciente, y su evolución ha traído una creciente mejora de calidad. Además, la enorme competencia entre diferentes fabricantes ha abaratado sus precios, de forma que adaptar una cámara doméstica al microscopio puede ser una opción eficaz y asequible. Últimamente las tendencias de los fabricantes son las de adecuar cámaras de uso doméstico a los microscopios

además de diseñar cámaras específicas para ellos. Los problemas surgen cuando intentamos emplazar cámaras fotográficas de marcas diferentes a las de los microscopios. Encontrar los tubos adaptadores, las roscas compatibles y las distancias focales óptimas para la conexión de una cámara digital a nuestro microscopio, pueden plantear problemas mayores que los de escoger la cámara más adecuada.

Entre los adaptadores para conexión de sistemas fotográficos a los microscopios existe un estándar denominado rosca C, que tiene un diámetro de 1 pulgada y puede conectarse directamente a algunos tipos de cámaras especialmente de vídeo. Las cámaras digitales domésticas pueden acoplarse sobre esta rosca C a través de otro tubo adaptador. Los fabricantes de microscopios han diseñado estos adaptadores específicos para las cámaras de su propia marca. El precio de estos tubos que pueden incluir una lente es elevado (a menudo por encima de los 600 euros), y paradójicamente puede llegar a ser mayor que el de la propia cámara fotográfica.

Es posible también conectar otros modelos de cámaras bien sobre una rosca C o directamente sobre el tubo triocular del microscopio gracias al desarrollo de algunos adaptadores diseñados específicamente para los modelos de cámaras más habituales (Sony, Canon Nikon, Olympus, etc.) (11-15).

El estándar de rosca C ha hecho que se desarrollen a su vez multitud de tubos complementarios, con roscas de diferentes tamaños que pue-

Tabla I. Comparativa de algunas cámaras fotográficas digitales diseñadas para microscopios

Cámara	DC480	DS-5M-L1	DP70	TriPix RGB	DKC CM30	Micro-Publisher 5.0
Compañía	Leica	Nikon	Olympus	Electroimage	Sony	Qimaging
Web	27	28	29	30		24
Resolución	2588x1960	2560 x 1920	1,45 MegaPixels	1280x1024	640x480	2580x1944
Conexión al ordenador	Tarjeta PCI	USB (monitor externo)	Tarjeta PCI	USB	Puerto Serie (RS-232C)	FireWire
Tamaño CCD	2/3"	2/3"	2/3"	1/2"	1/3"	2/3"
Adaptador al microscopio	Rosca C	Rosca C	Rosca C	Rosca C	Rosca C	Rosca C
Peso (g)	495	230	1200	250	430	710
Tamaño (mm)	125x70x65	91x75x41	112x112x75	100x81x46	81x81x58	104x79x65
Precio	13.200 €			\$ 2.495		

den acoplarse a otros modelos de cámara sin adaptador específico para ellas (16,17). Algunos sustituyen las roscas por anillos extensibles, sobre los que el objetivo de la cámara puede deslizarse para fijar el foco (fig. 3).

Incluso, ante lo desproporcionado del precio o la inexistencia de adaptadores para cámaras digitales de uso doméstico, puede uno mismo fabricarse con un poco de empeño y habilidad, lo que a fin de cuentas no es más que un tubo con las dimensiones de rosca apropiadas para enlazar la cámara y el microscopio (18).

En el caso de no disponer del adaptador adecuado pueden obtenerse fotografías de buena calidad simplemente apoyando el objetivo de la cámara fotográfica directamente sobre el ocular de microscopio (19). Con un zoom óptico 3x es suficiente para recortar el área oscura periférica y obtener una imagen correctamente iluminada de la porción central.

CAPTURA DE LAS IMÁGENES

Una vez seleccionada nuestra cámara, y conectada al microscopio, se encuentra lista para obtener las fotografías. La mayor parte de las cámaras fotográficas digitales actuales disponen de una salida de vídeo que permite ver las imágenes capturadas directamente sobre un monitor de televisión, pero que tiene además una aplicación importante, y es que a través de esta conexión de vídeo nos permite seleccionar de manera mucho más cómoda las imágenes que vamos a obtener del microscopio.

Cuando disparamos una fotografía con una cámara analógica utilizamos el visor para selec-

cionar y encuadrar la imagen. Las cámaras digitales incorporan además una pequeña pantalla LCD (*liquid crystal display*) generalmente de en torno a unos 4 centímetros para ayudarnos en esta misión de selección y captura de la imagen. Sin embargo, si nuestra cámara está enroscada sobre el tubo triocular de un microscopio, generalmente en situación vertical y elevada sobre los oculares, el acceso tanto al visor óptico como a la pantalla LCD resulta incómodo. Algunas cámaras fotográficas al igual que muchas cámaras de vídeo, disponen de pantallas LCD de ángulo orientable que podremos ver sin necesidad de levantarnos y abandonar nuestra posición normal junto al microscopio a la altura de los oculares (fig. 4). En cualquier caso el pequeño tamaño de estas pantallas no suele ser el apropiado cuando intentamos seleccionar algún detalle concreto o deseamos obtener el punto de foco óptimo en el microscopio. El empleo de la salida de vídeo de la cámara digital puede ser entonces de gran utilidad para seleccionar los campos y confirmar el adecuado foco de las imágenes que vamos a capturar. Podemos conectar el cable de vídeo de la cámara fotográfica a un monitor de televisión, o bien directamente a un ordenador, para ello el ordenador debe disponer de una conexión de entrada de vídeo en su tarjeta gráfica, o deberemos instalar una tarjeta adicional para captura de vídeo. Estas tarjetas son fáciles de conseguir, se ajustan sobre las ran-



Fig. 3: Tubos adaptadores para cámaras digitales y rosca C.



Fig. 4: Cámara fotográfica digital con pantalla LCD orientable.

ras PCI de expansión de los ordenadores, tienen un bajo precio (generalmente inferior a 200 €) y suelen contar con sintonizadores de televisión y conexiones para entrada y salida de señal de vídeo.

Bajo estas condiciones podemos estar viendo en la pantalla de televisión o del ordenador en tiempo real el campo que está recogiendo la cámara fotográfica y podemos seleccionar con bastante precisión el área deseada o ajustar perfectamente con el micrométrico el enfoque del campo, y a continuación capturar la fotografía en la cámara. También es posible la captura de la imagen que transmite el cable de vídeo directamente en el ordenador (el software de la tarjeta de vídeo permite captura de imágenes estáticas o de secuencias de vídeo), pero en este caso la resolución que obtendremos será mucho menor, únicamente 720 x 576 píxeles, equivalentes a la resolución de vídeo PAL.

Las imágenes capturadas por la cámara se graban en la tarjeta de memoria y pueden transmitirse al ordenador a través de un cable USB. Algunos modelos de cámara no permiten transferir las imágenes desde la cámara al ordenador mientras el cable de vídeo este transmitiendo simultáneamente imágenes a nuestra pantalla. Basta desconectarlo para que la transferencia sea posible, o diferir la misma al final de la sesión cuando la función de visión previa en tiempo real ya no sea necesaria. En cualquier caso la posibilidad de emplear ambas funciones simultáneamente puede ser un valor añadido a la hora de escoger la cámara más apropiada; y ésta es una característica que no aparece documentada en la mayor parte de los manuales de las cámaras digitales.

Las cámaras digitales emplean baterías recargables o en algunos casos pilas convencionales tipo AA. El consumo de energía por parte de estas cámaras es elevado ya que tanto la captura de imágenes como su almacenamiento son electrónicos, a diferencia de los procedimientos mecánicos y químicos de las analógicas. Además, las pequeñas pantallas de visualización de imagen consumen mucha energía. Si nuestra cámara está conectada de manera fija a un microscopio puede ser aconsejable emplear en lugar de las baterías, un ali-

mentador eléctrico externo conectado a la red. Esto tiene especial utilidad en el caso de que empleemos además de la función de captura de fotografías, la conexión de vídeo para seleccionar las imágenes desde un monitor u ordenador, ya que la imagen generada en el ordenador lo hace a través del sistema energético de la cámara, lo que puede conducir a agotar con rapidez las baterías.

CÁMARAS DIGITALES DE VÍDEO

Las cámaras digitales de vídeo son herramientas más sofisticadas, con un manejo más complicado, y generalmente con un precio superior al de las cámaras fotográficas. Aunque alcanzan resoluciones elevadas, el hecho de utilizar secuencias de vídeo, de hasta 25 imágenes por segundo, genera una cantidad enorme de información que necesita vías de transferencia hacia el ordenador de alta velocidad y con frecuencia procesadores de última generación capaces de asimilar toda la información que reciben. La transferencia de datos se realiza bien a través de tarjetas SCSI (20), o en los modelos más recientes a través de puertos de tipo Firewire, también llamados IEEE 1394 (21-24). El empleo de estas cámaras vendrá determinado por la exigencia de obtener secuencias de imágenes en lugar de imágenes estáticas de alta resolución. En la mayor parte de los casos estas cámaras funcionan con programas específicos que proporcionan un sistema de visión previa, en el que se transmiten al ordenador imágenes en resolución inferior a la máxima, pero con tasas de imagen por segundo más elevadas, para poder seleccionar las áreas de interés a capturar en el modo de máxima resolución. Estas cámaras emplean CCDs que alcanzan los 3 Megapíxeles lo que equivale a imágenes sin comprimir de unos 12 MB. Aunque la cámara fuera capaz de capturar 25 imágenes por segundo de estas dimensiones, generaría un volumen de información de 300 MB/s, difícil de transmitir a través de puerto Firewire (400 MB/s de transferencia teórica y 100-200 MB/s reales). Así pues para elevadas resoluciones difícilmente se obtienen tasas superiores a 5 imágenes por segundo. Por otro

Tabla II. Comparativa entre algunas cámaras de vídeo digital adaptables a microscopios

Cámara	ColorView II	DMC II	QE 3-Shot color	PL-A662	CoolSnap cf	MicroFIRE	QICAM
Compañía	Soft imaging system	Polaroid	Diagnostic instruments	Pixelink	Roper scientific	Optronics	Qimaging
Web	21	20	25	22	26	23,31	24
Resolución	2048x1536	1616x1296	1600x1200	1280x1024	1392x1040	1600x1200	1360x1024
Conexion PC	FireWire	SCSI-2	Tarjeta PCI	FireWire	Tarjeta PCI	FireWire	FireWire
Imágenes/seg	5 alta resolución 14 modo enfoque 25 modo búsqueda	12 (modo vista previa)	7,8 alta resolución 16,8 a 512x512 25,4 a 256x256	11,4 alta resolución 31 a 800x256		10 a máxima resolución 18 a 800x600	10 a máxima resolución
Tamaño CCD	1/1,18" (7,18 x 5,32 mm)	11 mm	11,8 x 8,9 mm	1/2" (7,68 x 6,14 mm)	1/2"	2/3" (8,8x 6,6 mm)	1/2"
Adaptador microscopio	Rosca-C	Rosca-C	Rosca-F de Nikon	Rosca-C	Rosca-C	Rosca-C	Rosca-C
Peso (g)	570	963	720	175	862	710	595
Medidas (mm)	100x85x50	183x130x53	180x95x71		127x114x63	104x79x65	114x76x65
Precio orientativo		\$ 3.900		\$ 1.795		\$ 6.495	

lado, al margen de la transferencia, el ordenador debe ser capaz de mostrar en pantalla todo el flujo de información que recibe, lo que requiere procesadores muy potentes, e incluso algunos fabricantes sugieren el empleo de ordenadores con doble procesador para optimizar el uso de estas cámaras. Del mismo modo, si las secuencias de vídeo obtenidas van a ser grabadas resulta imprescindible disponer de algún sistema de compresión de vídeo, para evitar desbordar rápidamente los más grandes dispositivos de almacenamiento de información.

La tabla II compara algunas características de cámaras de vídeo digital diseñadas para funcionar sobre microscopios.

BIBLIOGRAFÍA

- Linder J. Overview of digital imaging in pathology. The fifth wave. *Am J Clin Pathol* 1990; 94: S30-4.
- Belanger AJ, Lopes AE, Sinard JH. Implementation of a practical digital imaging system for routine gross photography in an autopsy environment. *Arch Pathol Lab Med* 2000; 124: 160-165.
- Negroponte N. *Being Digital*. Ed. Alfred A. Knopf Inc. 1995.
- Leong FJ, Leong AS. Digital imaging applications in anatomic pathology. *Adv Anat Pathol* 2003; 10: 88-95.
- O'Brien MJ, Sotnikov AV. Digital imaging in anatomic pathology. *Am J Clin Pathol* 1996; 106: S25-32.
- Furness PN. The use of digital images in pathology. *J Pathol* 1997; 183: 253-263.
- Digital Photography Review. <http://www.dpreview.com/news/0210/02100402sensorsizes.asp>
- Megapixel.net. Monthly digital camera web magazine. <http://www.megapixel.net/html/allarticles04.php>
- Williams BH, Mullick FG, Butler DR, Herring RF, O'Leary TJ. Clinical evaluation of an international static image-based Telepathology service. *Hum Pathol* 2001; 32: 1309-1317.
- Regitnig P, Van Paasen R, Tsybrovskyy O. How to improve microscopic images obtained with consumer-type digital cameras. *Histopathology* 2003; 42: 503-508.
- Micro Tech Lab. Graz. Austria. http://www.lmscope.com/index_es.html
- Electroimage Inc. Great neck. NY. USA. <http://www.electroimage.com/optemintl/cmound.htm>
- Columbia Instruments. Trussville. AL. USA. <http://columbiamicroscope.com/index.html>
- Zarf Enterprises. Spokane. WA. USA. <http://www.zarfenterprises.com/>
- Microdapt Inc. Fort Myers. FL. USA. <http://www.microdapt.com/>
- Edmund Industrial Optics. Barrington. NJ. USA. <http://www.edmundoptics.com/IOD/Browse.cfm?catid=882>
- Applied Scientific Instrumentation. Eugene. OR. USA. <http://www.asiimaging.com/c-mount-adapters.html>

18. Richard J. Kinch. Making a Digital Camera Microscope Adapter. <http://truetex.com/micad.htm>
19. Tse CC. Anatomic pathology image capture using a consumer-type digital camera. *Am J Surg Pathol* 1999; 23: 1555-1558.
20. Polaroid. http://www.polaroid.com/products/product_detail.jsp?PRODUCT%3C%3Eprd_id=273097&FOLDER%3C%3Efolder_id=415155&bmLocale=en_US&bmUID=1050874962438&PRDREG=POL&FromListing=1
21. Soft Imaging Systems. Münster. Germany. http://www.soft-imaging.net/eng/products/hardware/lm_cameras/lm_cv/lm_cv_e.php
22. Pixelink. Ottawa. ON. Canada. <http://www.pixelink.com/products/600.htm>
23. Optronics. Goleta. CA. USA. <http://www.optronics.com/biomedical/microfire.html>
24. Qimaging. Burnaby. BC. Canada. <http://www.qimaging.com/ccdcameras/pubdoc/>
25. Diagnostic Instruments Inc. Sterling Heights. MI. USA. <http://www.diaginc.com/Insight/insight.htm>
26. Roper Scientific Inc. <http://www.roperscientific.com/coolsnapcf.html>
27. Leica Microsystems. <http://www.leica-microsystems.com/website/lms.nsf>
28. Nikon. Biomedical Microscopes. <http://nikon.topica.ne.jp/inst/Biomedical/ds5ml1/>
29. Olympus Europe. <http://cf.olympus-europa.com/micro/intro.cfm?id=DP70>
30. Electron Microscopy Sciences. Fort Washington. USA. http://www.emsdiasum.com/ems/digital/cmos_camera.htm
31. ImagingPlanet. Goleta. CA. USA. <http://www.imagingplanet.com/cgi-bin/imgpln/IPOCMMICROFIRE.html>
32. <http://www.nuevafotografia.com/>
33. <http://www.d-foto.com/>
34. <http://www.camarasdigitales.com/>
35. <http://www.dcvIEWS.com/>
36. <http://www10.activebuyersguide.com/abg/nav/StartGuide.cfm?PID=0X10X137X7697X13268&CatID=2>
37. <http://shopper.cnet.com/shopping/0-11264-301-0-0.html?tag=st.sh.1257.dir.list-11264>
38. <http://shopping.yahoo.com/shop?d=browse&id=20148412>