

Capítulo 11.- Gestión de imágenes en Sistemas de Información

MARCIAL GARCÍA ROJO

Actualmente, los sistemas de información en anatomía patológica cumplen gran parte de las necesidades del patólogo habitual en cuanto a la elaboración básica de informes y sistemas de explotación de datos como búsquedas de pacientes o explotación con motivos científicos.

Uno de los aspectos menos desarrollados en los sistemas de información de Anatomía Patológica es el tratamiento y utilización de imágenes en los mismos. Este retraso en la implantación de gestión de imágenes en los sistemas de información, creemos puede ser debido a varios motivos:

Motivos económicos: La tecnología evoluciona muy rápidamente, por lo que los equipos quedan obsoletos muy pronto

La incorporación de sistemas de captura, almacenamiento e interpretación necesarios para esta especialidad es un proceso complicado.

Comienza a existir cierto miedo en países desarrollados a que una vez en marcha sistemas eficientes de telepatología, se plantee la subcontratación a terceros países, a un menor coste, la interpretación de imágenes.

Las imágenes microscópicas parecen ser poco importantes para otros médicos. Así como la de radiología con frecuencia es consultada por clínicos, además de los gran biólogos, es excepcional que médicos no especializados en Anatomía Patológica de- seen consultar imágenes microscópicas.

Ante estas dificultades, el patólogo, además debe hacer ver la importancia que el estudio microscópico tiene para el diagnóstico final de muchas enfermedades, debe adoptar una actitud de comprensión de sus necesidades informáticas, acudiendo a un interlocutor válido o aumentando sus conocimientos en informática médica, los suficientes como para poder comunicarse con fabricantes de soluciones de imágenes digitales o fabricantes de sistemas de información para hacerles llegar de forma concreta sus necesidades.

Desde el punto de vista económico, la integración de imágenes en los sistemas de información supondría una reducción de costes significativos. El gasto anual en películas y revelado de diapositivas en un servicio de Anatomía Patológica convencional, actualmente ronda entre 500.000 y 5 millones de pesetas (3.000 - 30.000 €). La instalación y una cámara digital (100.000 Ptas. ó 600 €), complemento de microscopio (100.000 Ptas. ó 600 €), software de archivo de imágenes (10.000 Ptas. ó 60 €), impresora ni de color de inyección (60.000 Ptas. ó 360 €), proyector PC/vídeo para sala de conferencias (600.000 Ptas. ó 3.600 €), grabadora CD-ROM (75.000 Ptas. ó 450 €), unidad ZIP (25.000 Ptas. ó 150 €), supondría un coste mínimo inicial de un millón de pesetas (6.000 €).

La tabla 1 muestra los costes de un sistema de información completo, integrando gestión de imágenes.

TABLA 1. Coste real de sistema de información con imágenes integradas

AP Easy Patología Quirúrgica	360.000 Ptas./ 2.160 €
AP Easy Citología	360.000 Ptas./ 2.160 €
Conversión de datos	180.000 Ptas./ 1.080 €
Módulo de código de barras	250.000 Ptas./ 1.500 €
Librería gestión de imágenes	150.000 Ptas./ 900 €
Impresora láser color	700.000 Ptas./ 4.200 €
Cámara digital con capacidad de múltiples lentes, interfaz con el ordenador y software.....	200.000 Ptas./ 1.200 €
Programas edición de imágenes (Corel Draw, Canvas)	100.000 Ptas. / 600 €
* TOTAL:	2.300.000 Ptas./ 13.800 €

11.1.- Integración del sistema de información y la captura y edición de imágenes

11.1.1.- Captura de imágenes

El primer paso necesario para la integración de imágenes es la captura de las mismas, ya sea desde el puesto de trabajo de macroscopía (generalmente para el estudio de piezas quirúrgicas) como para el trabajo desde el microscopio. En el primer caso, el sistema de captura de imágenes no ha de conectarse a ningún dispositivo especial, por lo que con frecuencia se utilizan las cámaras de fotografía disponibles en el mercado. Para la captura de imágenes microscópicas es necesario conectar la cámara al microscopio, ya sea a través del adaptador para microscopio trinocular (con tubo vídeo/foto y adaptador C-mount), o de forma menos deseable también es posible en algunas cámaras conectar directamente el objetivo de la cámara a uno de los oculares del microscopio.

Centrándonos en los estudios microscópicos, en general, los dispositivos utilizados en anatomía patológica para la digitalización de imágenes son de tres tipos: Cámaras analógicas, cámaras digitales, y dispositivos TWAIN o SCSI.

Las cámaras analógicas CCD han sido las más utilizadas hasta el momento para conectar el microscopio al ordenador. Conviene recordar que la calidad de las imágenes obtenidas en estos casos estará en relación con la resolución y calidad no sólo de la cámara sino también de la tarjeta digitalizadora, que estas cámaras analógicas precisan. Las principales desventajas de las cámaras analógicas son la escasa resolución (generalmente son cámaras PAL o con una resolución máxima de 640 x 400 píxeles). Aquellas que sólo disponen de un chip CCD ofrecen un color de muy mala calidad, obteniéndose con frecuencia un tono verdoso en las imágenes digitalizadas. Por ello, aunque sensiblemente más caras, se ha propuesto la utilización de cámaras con 3 chips CCDs (uno por cada color básico). La principal ventaja de las cámaras analógicas frente a los demás sistemas es la posibilidad de grabar secuencias de vídeo de hasta 30 *frames* por segundos, aunque esta capacidad rara vez es utilizada por el patólogo que en un futuro muy próximo dejará de utilizar estos sistemas analógicos pues la resolución obtenida es pobre y la mala calidad de la luz obtenida a bajos aumentos.

Las cámaras digitales ofrecen múltiples ventajas: son programables, las resoluciones pueden alcanzar actualmente hasta 3072 x 2320 píxeles, con una previsión de aumento significativo de esta resolución a muy corto plazo, y por último, la calidad del resultado obtenido no depende tan directamente de la interfaz con el ordenador, pues al no precisar de conversión analógica-digital, puede utilizar conexiones estándar del ordenador personal (tarjetas PCI, puertos USB, etc.). El principal inconveniente es que estos sistemas de fotografía no permiten capturar secuencias de vídeo con la misma velocidad que los sistemas analógicos, aunque, como se ha mencionado, rara vez el patólogo precisará este tipo de capturas. Las cámaras digitales pueden ser de tipo matriz CCD, como el modelo Roper CoolSnap, cuya principal ventaja es su bajo coste, o de tipo filtro (circular, mosaico, o ajustable), como las cámaras Quantix. Los sistemas con filtro circular son los de mayor calidad de imagen⁽¹⁾.

Un ejemplo de cámaras digitales utilizada en algunos laboratorios es el modelo DC200 de Leica, basada en sensor CCD con filtro en mosaico, y que permite digitalizar en 40 ms con una resolución de hasta 1810(H) x 1024(V) (2,6 Mpíxeles), permitiendo secuencias de hasta 9 imágenes/s.

Por último, los dispositivos TWAIN o SCSI con generalmente el escáner de diapositivas, el escáner fotográfico o de documentos o cámaras compatibles con esta interfaz, como el modelo Fujix HC2000.

11.1.2.- Integración con los sistemas de información

Hemos estudiado 24 sistemas de información para Anatomía Patológica disponibles en EE.UU., 8 en Italia (a través de Sociedad Italiana de Anatomía Patológica y Citología Diagnóstica) y 4 programas desarrollados en España (tabla 2). En este estudio nos hemos centrado en la capacidad de integración de imágenes de estos 36 programas.

Tabla 2. Sistemas de información de Anatomía Patológica analizados

EE.UU.	Italia	España
ANATROL Answers Anatomic Pathology AP Easy Citation Anatomical Pathology Classic DOS CISlab Surgpath CoPath Client/Server CoPathPlus Delphic Palms AP EasyPath LAB/HEX MEDITECH AP system (c/s) MEDITECH AP system PathGem PathNet Anatomic Pathology PathWay Patient1/ULTICARE PLab-Pathology Lab Management Program PowerPath 2000 SoftPath II The Gold Standard Ultra AP WindoPath WinSURGE	APSys Armonia D.P.Informatica PathWin Priamo RiscPat WindoPath Win-SAP	Infopat (Ingenia) Master-pat (CCS) Novopath (Vitro) Patwin (Novasoft)

Los precios de los sistemas de información oscilaban entre 350.000 Ptas./ 2.100 € (AP Easy) y 5 millones de pesetas (30.000 €) por puesto.

Los laboratorios Vitro han desarrollado un sencillo módulo específico para captura y visualización de imágenes desde el sistema de información Novopath. Es el único fabricante de sistemas de información que ha incorporado directamente este módulo, pues en los demás casos se ha optado por enlazar con programas externos. Esto se debe a la gran complejidad necesaria para los ajustes del sistema de captura y la gestión de todas las imágenes capturadas. Algunos ejemplos de programas especializados, cuya integración con sistemas de información sólo está disponible en EE.UU., para este primer proceso de adquisición de imágenes aparecen reflejados en la tabla 3

TABLA 3. Programas externos utilizados por algunos sistemas de información

Programa de Imágenes	Sistema de Información
Image Manager (Leica)	-
Image Explorer (Renaissance Software)	-
Dynamic PICSPlus (Dynamic Healthcare Technologies)	CoPath Plus
AutoCyte Image Management System (TriPath)	CoPath Plus
NovoArchive (Novovision)	NovoPath (Novovision)
WinsIMAGE	WinSURGE

Entre los principales hallazgos del análisis de estos sistemas de información, cabe destacar que casi la mitad de los sistemas en EE.UU. (10/23) no incluyen un sistema de almacenamiento de imágenes. En España, los tres sistemas con clientes disponibles basados en Windows (Infopat, Novopath y Patwin) permiten almacenar imágenes, aunque utilizando módulos externos para su visualización, almacenamiento o clasificación.

Ninguno de los sistemas de información disponibles en los tres países incluyen módulos para la interpretación de imágenes, análisis de imagen o interfaz para sistemas de cribado (*screening*) basados en redes neuronales (como Papnet o AutoCyte).

Con frecuencia, las imágenes no son almacenadas en la misma base de datos que almacena los datos de cada estudio anatomopatológico sino que almacenan la información del ordenador y directorio donde están disponibles las imágenes o un vínculo a éstas.

Uno de los programas específicos de gestión de imágenes más utilizados en nuestro país es Leica Image Manager (Figura 1), programado en Visual C++, que permite un proceso de captura de imágenes completo (con todos los ajustes y calibrado de cámara necesarios). Sus principales ventajas son la utilización de bases de datos estándar (Oracle, MS SQL Server o MS Access), búsquedas y clasificación de imágenes, interfaz de automatización OLE y, la disponibilidad de múltiples módulos adicionales (microscopía electrónica, solapamiento de imágenes, comparación, presentación, etc.)

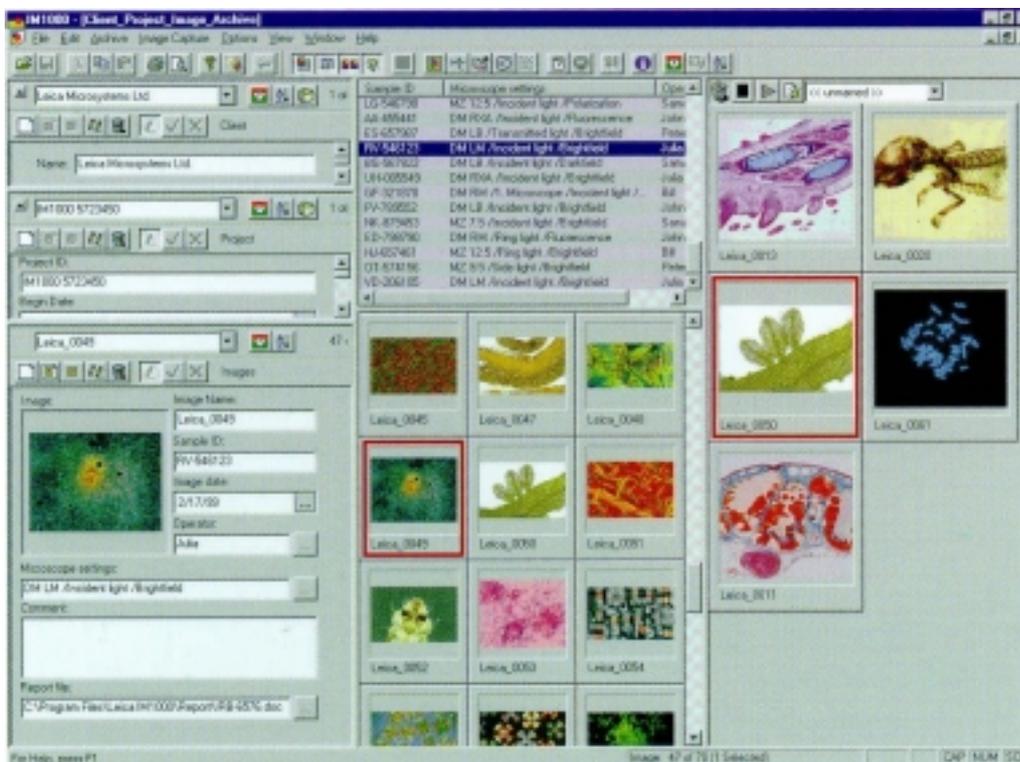


Figura 1. Leica Image Manager

AutoCyte Image Management System (TriPath) es uno de los programas analizados más completos para gestión de imágenes de anatomía patológica, pues integra con una interfaz muy sencilla tanto los datos del paciente (que puede tomar directamente de CoPath), como texto descriptivo, diagnóstico y codificación asociada a las imágenes, así como un visor simultáneo de múltiples imágenes (figura 2). En esta herramienta, los informes que incluyen las imágenes pueden realizarse con herramientas de uso general, como Crystal Reports.

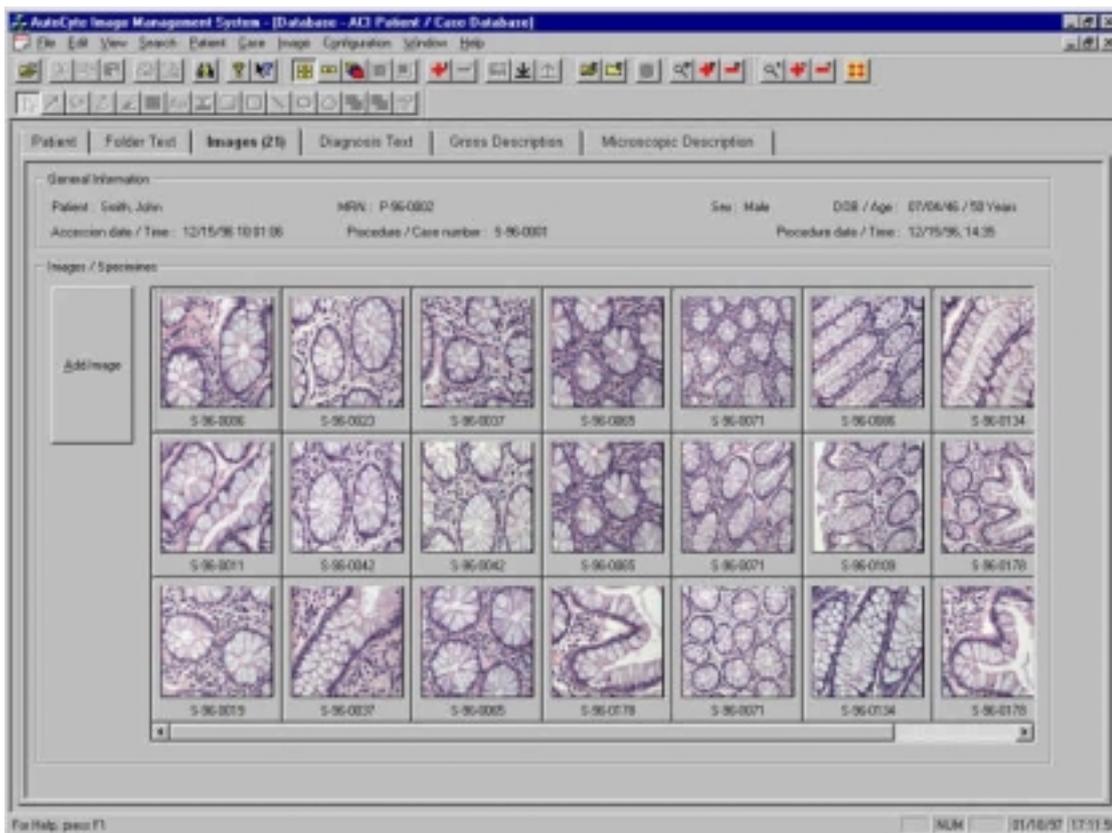


Figura 2. AutoCyte Image Management System

Por otra parte los módulos adicionales de AutoCyte Image Management y Leica Image Manager permiten el análisis de imágenes cuantificar directamente algunas variables, como el número de células positivas para determinados marcadores, un dato esencial hoy en día para establecer el pronóstico e incluso el tratamiento de determinados tumores, como el cáncer de mama, en el que hoy en día se realiza de forma rutinaria el análisis inmunohistoquímico de receptores hormonales y c-erb-2.

11.2.- Almacenamiento de imágenes de informes anatomopatológicos

11.2.1.- El informe de Anatomía Patológica

Uno de los objetivos fundamentales del manejo de imágenes en el sistema de información es completar el informe final que emite el patólogo con todas las imágenes macroscópicas y microscópicas que puedan hacer más claro el diagnóstico al médico que ha de valorar los resultados del estudio anatomopatológico.

Entre los sistemas distribuidos en EE.UU., hemos observado una especial facilidad en la integración de imágenes en el informe final con los programas Dynamic PICSPlus, integrado en algunas instalaciones de CoPath. La figura 3 muestra una propuesta del Centro Médico de la Universidad de Pittsburg para la elaboración de un informe multimedia, en el que no sólo se contempla un enlace a todos los documentos escaneados previamente y relacionados con el informe anatomopatológico (como por ejemplo, cuando sea necesario, la hoja de petición que acompaña a la muestra, o la hoja de trabajo utilizada durante la realización del estudio macroscópico por el patólogo, o un esquema representativo de las localizaciones de las muestras tomadas, etc.), sino que contempla la inserción de imágenes junto con el texto e hipertextos a imágenes ampliadas o hipertexto que explica determinados términos o aclaraciones que el patólogo desea realizar.

FINAL DIAGNOSIS

PARTS 1AND 2: STOMACH, TOTAL GASTRECTOMY -

- A. MENETRIER'S DISEASE (SEE COMMENT).
- B. AREAS OF MULTIFOCAL SUPERFICIAL ACUTE ULCERATION.
- C. THREE LYMPH NODES WITH NO SPECIFIC PATHOLOGICAL DIAGNOSES.
- D. NO MALIGNANCY SEEN.

PART 3: STOMACH, PROXIMAL MARGIN -

- A. GASTRIC MUCOSA WITH SLIGHT CYSTIC DELATATION.
- B. NO MALIGNANCY SEEN.

COMMENT: The histologic features consisting of marked foveolar hyperplasia replacing parts of the fundal and body gastric mucosa are consistent with a diagnosis of Menetrier's disease. Menetrier's disease should also have a clinical correlative component including hypoproduction of gastric acid and protein loss. There is no evidence of lymphoma or carcinoma.

SDF/rsf

Pathologist--Sydney Finkelstein, M.D.
Resident--Gal Deutsch, M.D.
** Report Electronically Signed Out ** By Pathologist--Sydney Finkelstein, M.D. 03/06/95 09:50

My electronic signature above is attestation that I have personally reviewed the gross specimen(s) and/or glass slides of the submitted material(s) and that the above diagnosis reflects this evaluation.

GROSS DESCRIPTION



[Gastric Resection Hyperplastic Folds Polypoid Mucosa Mucosa Clear Up](#)

Figura 3. Ejemplo de informe con Dynamic PICSPPlus y CoPath

Para poder conseguir fácilmente elaborar informes anatomopatológicos es importante, por una parte simplificar la captura de imágenes (como se ha conseguido en Novopath), y por otra parte facilitar la búsqueda de las imágenes ya disponibles para seleccionar las más apropiadas para la elaboración del informe (disponible en Infopat y en Novopath y de forma algo más compleja, también en Patwin). El objetivo deberá ser en todos los casos poder asociar un número ilimitado de imágenes en formatos estándar (jpg, bmp, etc.), como muestra el ejemplo de la figura 4, tomada de Infopat, donde puede apreciarse las facilidades para incluir un texto descriptivo o un diagnóstico asociado a cada imagen.

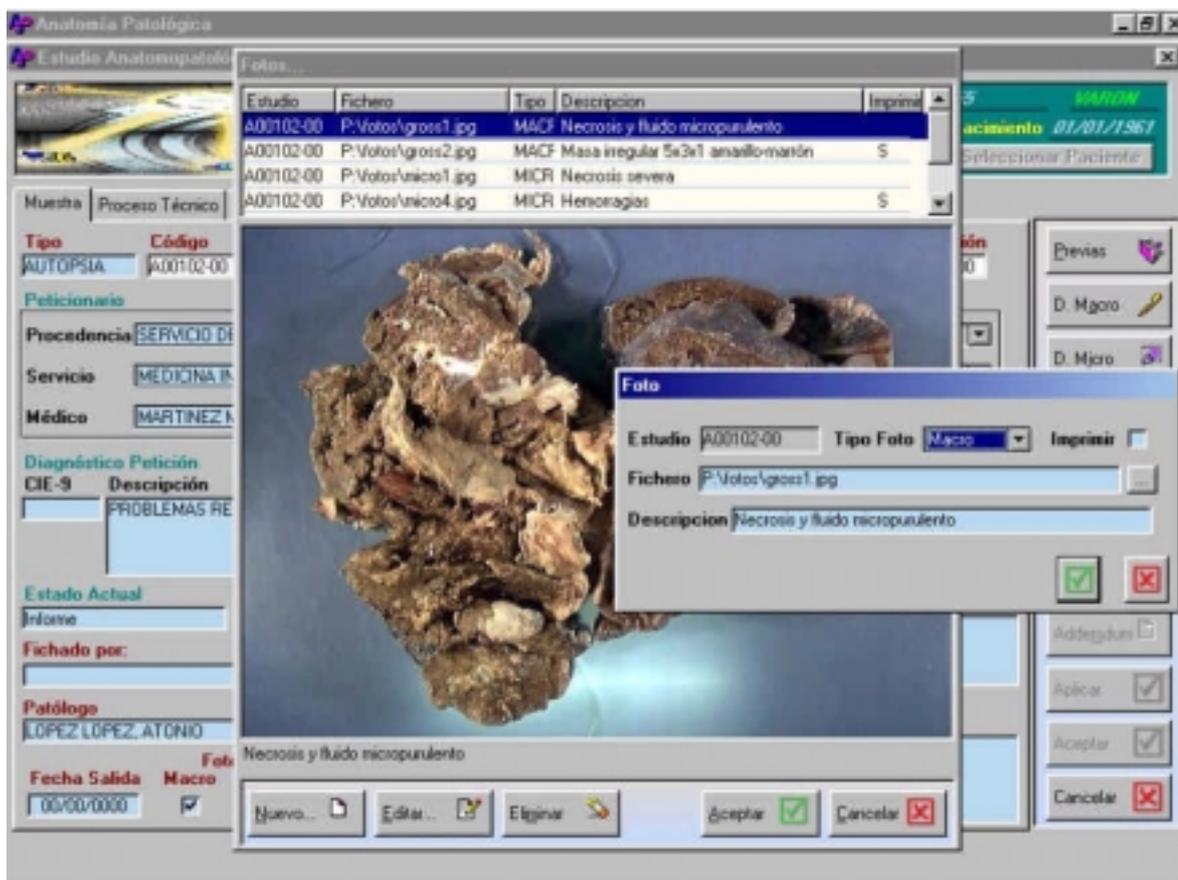


Figura 4. Integración de imágenes en Infopat

11.2.2.- Telepatología y Microscopio Virtual

Los continuos avances en las redes informáticas nacionales e internacionales están permitiendo cada vez un mayor ancho de banda, que si bien en algunos casos, como Internet, es insuficiente para el empleo efectivo de sistemas totalmente automatizados de telepatología, en otros casos (RDSI, ADSL, ATM, etc.) sí se ha conseguido el envío con calidad aceptable de imágenes en tiempo real para permitir la consulta entre especialistas de imágenes macroscópicas y sobre todo microscópicas.

Los sistemas de telepatología con microscopio robotizado o con un microscopio virtual están siendo empleados no sólo para conexiones regionales o nacionales, sino para consultas internacionales, como se ha conseguido en la Universidad de Pensilvania^(2,3).

Un proyecto desarrollado en la Universidad de Maryland y los hospitales Johns Hopkins (EE.UU.) ha puesto de manifiesto que cada preparación histológica supone un espacio de disco de 5-10 GB (comprimidos). Los hospitales generan 100.000 – 500.000 preparaciones histológicas / citológicas cada año. De esta forma, el almacenamiento digital de un 10% de las preparaciones en EE.UU. supondría unos 50 petabytes al año, todo un reto para poder almacenar y consultar de forma efectiva esta cantidad de información. En este proyecto se presenta un modelo de microscopio virtual y contempla otros escenarios, además de Patología, como la generación de volúmenes, la contaminación del agua, el análisis de datos procedentes de satélites o estudios de la superficie terrestre, agrupados bajo el proyecto National Partnership for Advanced Computational Infrastructure (NPACI)⁽⁴⁾

Otros ejemplos prácticos de "preparación virtual", como los adoptados por la Universidad de Pittsburg⁽⁵⁾, la Universidad de Michigan⁽⁶⁾ y la Universidad de Stanford⁽⁷⁾, que también permiten consultar preparaciones histológicas virtuales a través de Internet, con navegadores estándar, son analizados en el capítulo 9.

La digitalización de la preparación histológica o citológica completa es una necesidad creciente, pues hay estudios que consideran que en un 11% de las imágenes digitalizadas no es posible coincidir con el diagnóstico original⁽⁸⁾.

11.3.- Clasificación y codificación de imágenes

11.3.1.- Proyectos basados en el contenido de las imágenes

El siguiente paso para la gestión eficaz de imágenes es poder clasificarlas de forma automatizada según el contenido de las mismas.

Los esfuerzos realizados en el Hospital Johns Hopkins de Baltimore se basaron en la indicación automática de un archivo de más de 5.000 imágenes de patología mediante UMLS (*Unified Medical Language System* de la Biblioteca Nacional de Medicina Estadounidense) a partir del texto descriptivo asociado o próximo a cada imagen. Este sistema, aunque eficaz para la clasificación en grandes grupos o términos genéricos, resultó ser poco específico y no se consiguió organizar jerárquicamente las imágenes⁽⁹⁾.

Otros proyectos de bibliotecas de imágenes desarrollados en la Universidad de Pittsburg (Pensilvania) utilizan sistemas que almacenan, indexan y muestran adecuadamente imágenes de grandes bases de datos de imágenes (más de 100,000 imágenes). En este caso, incluyen mecanismos para indexar texto asociado e indexar las imágenes sobre la base de su propio contenido. El motor de búsqueda de imágenes reside en un superordenador, que realiza el procesamiento de imágenes, extracción de características, comparación, y acceso a la base de datos^(10,11).

Los algoritmos basados en *wavelets* permiten clasificar las imágenes en 4 tipos: fondo, fotografía, texto y gráfico⁽¹²⁾. También el modelo oculto de Markov usando vectores de características se ha utilizado para clasificar automáticamente imágenes⁽¹³⁾.

11.3.2.- Citopatología y diagnóstico automatizado

En la citopatología de linfomas se ha descrito un programa, denominado PathMaster, que mediante rutinas de extracción, indexa y busca imágenes. Encuentra el diagnóstico correcto en un 94%. En el 6% restante el diagnóstico correcto estaba entre los 3 primeros diferenciales⁽¹⁴⁾.

El proceso habitual para la utilización de los sistemas de diagnóstico automatizado está representado en la figura 5:

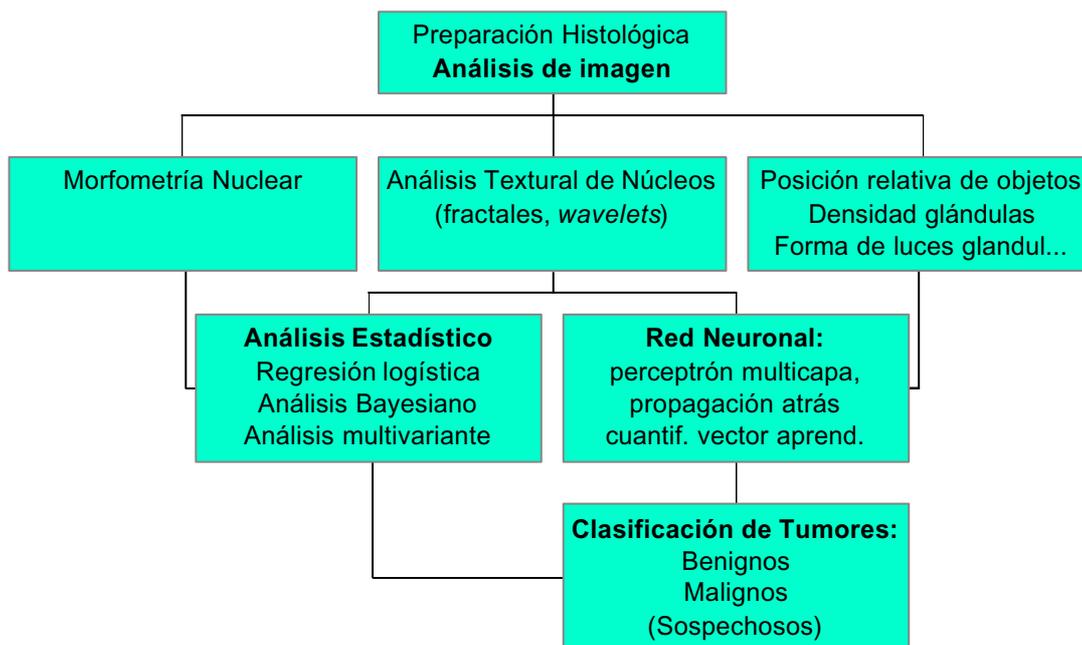


Figura 5. Procesos incluidos en el diagnóstico automatizado en Anatomía Patológica.

Hasta el momento, el mayor éxito conseguido en la interpretación automatizada de imágenes ha sido el cribado (screening) del cáncer de cérvix, en citología cérvico-vaginal, donde se han desarrollado dos sistemas comerciales (AutoPap y Papnet) ampliamente implantados en numerosos centros en todo el mundo. Su utilización permite detectar mayor número de lesiones del cérvix, obteniéndose una reducción de falsos negativos en un 33% - 44%, una reducción de falsos positivos en un 16% y una precisión global de un 99,6%⁽¹⁵⁾.

Citología del cáncer de mama

Mediante la punción aspiración con aguja fina (PAAF) de mama se consigue diagnosticar correctamente, usando métodos de observación tradicionales, el 89% de las lesiones malignas y el 92.6% de las benignas⁽¹⁶⁾, por lo que los sistemas automáticos deben conseguir al menos un porcentaje similar de diagnósticos correctos.

En los estudios citológicos del cáncer de mama se han desarrollado sistemas de redes neuronales para reconocer automáticamente, contar y clasificar algunos tipos de células⁽¹⁷⁾. El número de parámetros estudiados (generalmente nucleares) para la interpretación automática de frotis de punción aspiración con aguja fina (PAAF) de lesiones mamarias oscila entre 3 y 25 o más, consiguiéndose un diagnóstico correcto en un 75% y 87,4% de casos, respectivamente^(18,19). La tabla 4 resume los principales estudios revisados

Tabla 4. Aplicación de redes neuronales en PAAF de mama.

Autor	Nº casos	Exactitud Estadístico	Exactitud Red Neuronal	Comentario
Wolberg et al, 1995⁽²⁰⁾	357 benignos 212 malignos	96.2%	97.5%	10 parám. nuclear. Casos sospechosos
Teague et al, 1997⁽¹⁸⁾	37 benignos 19 malignos		75% 13,5 % falsos neg.	Dg. en PAAF como intermedios
Markopoulos et al, 1997⁽¹⁹⁾	32 benignos 68 malignos		87.41%	25 parám. nuclear.
Cross et al, 1997⁽²¹⁾	158 benignos 204 malignos	85%	85%	9 parám. nuclear. Incl. fractal textura
Einstein et al, 1998⁽²²⁾	19 benignos 22 malignos	95.1%	100%	Fractales dimen. espectral y lacunar.

Citopatología de otros órganos

En la citología de estómago se han estudiado características morfométricas y texturales, consiguiéndose una exactitud del 97,3%^(23,24).

En PAAF de tiroides un estudio recogió 26 parámetros nucleares, que permitieron la clasificación correcta en el 90.61% de los núcleos estudiados y en el 98% de los pacientes⁽²⁵⁾.

Por último, también se han utilizado sistemas de redes neuronales en citología de orina, consiguiéndose una exactitud en un 90.63% de células y en el 97.57% de los pacientes^(26, 27).

La práctica totalidad de los estudios revisados concluyen que la utilización de redes neuronales, asociado a morfometría de imágenes y técnicas estadísticas ayudan a distinguir el potencial maligno de los tumores, sobre todo en los casos sospechosos.

11.3.3.- Diagnóstico automatizado en histopatología

El análisis histológico de las enfermedades generalmente requiere analizar un número significativamente mayor de variables que el estudio citológico, por lo que no es de extrañar que el número de proyectos dedicados a diagnóstico automatizado en histopatología es significativamente menor que en citología. La tabla 5 resume los principales estudios realizados en el diagnóstico histológico del cáncer de mama.

Tabla 5. Redes neuronales y diagnóstico histológico del cáncer de mama

Autor	Nº casos	Exactitud Estadístico	Exactitud Red Neuronal	Comentario
Dawson AE, 1991 ⁽²⁸⁾	35 carcinom.	Bajo grado: 70% Alto grado: 20%	Bajo grado: 70% Alto grado: 20%	
O'Leary TJ, 1992 ⁽²⁹⁾	18 adenosis e. 18 ca. tubular		92 %	Densidad gl. Forma luz gl.
Ozaki, D, 1995 ⁽³⁰⁾	84 pacientes	78,6%		Análisis multivar.
Schnorrenberg F, 1996 ⁽³¹⁾			72%	6 parámetros nucl. <i>feedforward n.n.</i>
Fukushima N, 1997 ⁽³²⁾	46 intraductal		75% 4 falsos negativos	Sin falsos positivos
Anderson NH, 1997 ⁽³³⁾	22 ca. ductal 21 hiperplas		80%	Índice cribiformid. Nº luces
Van de Wouwer G, 2000 ⁽³⁴⁾		82 % núcleos 100% pacientes		Wavelets (imág. multires, cromatina)

11.4.- Conclusiones

A pesar de los resultados aquí mostrados, aún permanece siendo un desafío encontrar un sistema eficaz que permita clasificaciones automáticas basadas en el análisis de imágenes histopatológicas. Quizá los trabajos de la Universidad de Pittsburg, dedicados a estudiar la metodología empleada por el patólogo para el proceso diagnóstico, analizando la búsqueda visual, la representación del conocimiento y el razonamiento médico en el diagnóstico microscópico permitan colaborar en el desarrollo de estos sistemas automáticos en patología⁽³⁵⁾.

Por último, cabe destacar como importante aportación de la Anatomía Patológica al mundo de las imágenes digitales, el acuerdo entre el Colegio Americano de Patólogos y la Asociación Nacional de Fabricantes de Electrónica (NEMA), que es la secretaria del Comité de Estándares DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*), para utilizar conceptos del SNO-MED RT (*reference terminology*) en el estándar DICOM para imágenes biomédicas digitales. El resultado, SNOMED DICOM facilita la codificación de información descriptiva en Informes DICOM sobre imágenes incluyendo TAC, radiografías digitales, angiografías, RNM, ecografías, medicina nuclear, imágenes digitales oftalmológicas, dermatológicas, endoscópicas o microscópicas, así como gráficos fisiológicos^(36, 37).

Referencias

1. *Imaging Research Inc. MCID and AIS Components.* <http://imaging.brocku.ca/>
2. Marcelo AB, Fontelo P, Farolan M, Cualing H. **Effect of Image Compression on Telepathology: a randomized controlled trial.** E-poster presentado en Advancing Pathology Informatics, Imaging, and the Internet, APIII 1999. <http://www.apiii.upmc.edu/apiii1999/>
3. Wang JZ, Nguyen J, Lo KK, Law C, Regula, D. **Multiresolution Browsing of Pathology Imaging Using Wavelets** AMIA'99 Annual Symposium. <http://medicine.ucsd.edu/f99/D005788.htm>
4. Saltz J. **Virtual Microscope: Databases and System Software for Multi-Scale Problems.** Johns Hopkins University. E-poster presentado en Advancing Pathology Informatics, Imaging, and the Internet, APIII 1999. <http://www.apiii.upmc.edu/apiii1999/>
5. Yagi Y, Landman A, Marchevsky AM. **Web-Based "Virtual Microscopy" for Cytopathology Education.** E-poster presentado en Advancing Pathology Informatics, Imaging, and the Internet, APIII 1999. <http://www.apiii.upmc.edu/apiii1999/>
6. Lieberman RW. **Medical Imaging and the Internet.** Presentación invitada en Anatomic Pathology Informatics, Imaging and the Internet, APIII98. <http://www.pathology.pitt.edu/apiii98/talks/lieber/index.htm>
7. Wang JZ. **Wavelet-based Virtual Microscope Demo Page.** 1998-1999. <http://wang.ist.psu.edu/IMAGE/wavezoom/>
8. Cruz, D. **Surgical Pathology image-based documentation: redundancy vs. essential information.** E-poster presentado en Advancing Pathology Informatics, Imaging, and the Internet, APIII 1999. <http://www.apiii.upmc.edu/apiii1999/>
9. Moore GW, Brenner DS, Berman JJ. **Automatic Indexing of a Pathology Image Archive using**

- ULMS.** E-poster presentado en Advancing Pathology Informatics, Imaging, and the Internet, APIII 1999. <http://www.netautopsy.org/apep99im.htm>
10. Wetzel AW, Zheng L, Becich MJ. **A Content-Based Image Retrieval System That Integrates A Three-Tier Structure.** E-poster presentado en Advancing Pathology Informatics, Imaging, and the Internet, APIII 1999. <http://www.apiii.upmc.edu/apiii1999/>
 11. Chung WW. **ImageMed, a WWW-Based Tool for Submitting, Searching, and Indexing Digital Images.** E-poster presentado en Advancing Pathology Informatics, Imaging, and the Internet, APIII 1999. <http://www.apiii.upmc.edu/apiii1999/>
 12. Wang JZ. **Content-based Image Retrieval Project.** 2000. <http://www-db.stanford.edu/IMAGE/>
 13. Li J, Gray RM, Losen RA. **Multiresolution Image Classification by Hierarchical Modeling with Two Dimensional Hidden Markov Models.** IEEE Transactions on Information Theory, August 2000. http://www-db.stanford.edu/~jiali/pub/mhmm_it.pdf
 14. Maite ME, Staib L, Stratmann E, Tagare HD, Duncan J, Miller PL. **PathMaster: Content-based Cell Image Retrieval Using Automated Feature Extraction** J Am Med Inform Assoc. 2000; 7: 404-415. <http://www.jamia.org/>
 15. Doornewaard H, van der Schouw YT, van der Graaf Y, Bos AB, van den Tweel JG. **Observer variation in cytologic grading for cervical dysplasia of Papanicolaou smears with the PAPNET testing system.** Cancer 1999;87:178-83
 16. Kwok D, Chan M, Gwi E, Law D. **Aspiration cytology in the management of breast lesions.** Aust N Z J Surg 1988;58:295-299.
 17. Hasegawa A, Cullen KJ, Mun SK. **Adaptive-sized hybrid neural network for segmentation of breast cancer cells in pathology images.** Proc. SPIE Vol. 2645, p. 164-170, 24th AIPR Workshop on Tools and Techniques for Modeling and Simulation, Donald J. Gerson; Ed. Abstract disponible en: <http://192.149.147.101/cgi-bin/paper.pl?volume=2645&journal=SPIE.&qs=spie>
 18. Teague MW, Wolberg WH, Street WN, Mangasarian OL, Lambremont S, Page DL. **Indeterminate fine-needle aspiration of the breast. Image analysis-assisted diagnosis.** Cancer 1997;81:129-135
 19. Markopoulos C, Karakitsos P, Botsoli-Stergiou E, Pouliakis A, Iokim-Liossi A, Kyrkou K, Gogas J. **Application of the learning vector quantizer to the classification of breast lesions.** Anal Quant Cytol Histol 1997;19:453-460
 20. Wolberg WH, Street WN, Heisey DM, Mangasarian OL. **Computer-derived nuclear features distinguish malignant from benign breast cytology.** Hum Pathol 1995;26:792-796.
 21. Cross SS, Bury JP, Stephenson TJ, Harrison RF. **Image analysis of low magnification images of fine needle aspirates of the breast produces useful discrimination between benign and malignant cases.** Cytopathology 1997;8:265-273.
 22. Einstein AJ, Wu HS, Sanchez M, Gil J. **Fractal characterization of chromatin appearance for diagnosis in breast cytology.** J Pathol 1998;185:366-381
 23. Karakitsos P, Stergiou EB, Pouliakis A, Tzivras M, Archimandritis A, Liossi AI, Kyrkou K. **Potential of the back propagation neural network in the discrimination of benign from malignant gastric cells.** Anal Quant Cytol Histol 1996;18:245-150
 24. Karakitsos P, Stergiou EB, Pouliakis A, Tzivras M, Archimandritis A, Liossi A, Kyrkou K. **Comparative study of artificial neural networks in the discrimination between benign from malignant gastric cells.** Anal Quant Cytol Histol 1997;19:145-152.
 25. Karakitsos P, Cochand-Priollet B, Guillausseau PJ, Pouliakis A. **Potential of the back propagation neural network in the morphologic examination of thyroid lesions.** Anal Quant Cytol Histol 1996;18:494-500.
 26. Pantazopoulos D, Karakitsos P, Pouliakis A, Iokim-Liossi A, Dimopoulos MA. **Static cytometry and neural networks in the discrimination of lower urinary system lesions.** Urology 1998;51:946-950.
 27. Pantazopoulos D, Karakitsos P, Iokim-Liossi A, Pouliakis A, Botsoli-Stergiou E, Dimopoulos C. **Back propagation neural network in the discrimination of benign from malignant lower urinary tract lesions.** J Urol 1998;159:1619-1623.
 28. Dawson AE, Austin RE Jr, Weinberg DS. **Nuclear grading of breast carcinoma by image analysis. Classification by multivariate and neural network analysis.** Am J Clin Pathol 1991;95(4 Suppl 1):S29-37.
 29. O'Leary TJ, Mikel UV, Becker RL. **Computer-assisted image interpretation: use of a neural network to differentiate tubular carcinoma from sclerosing adenosis.** Mod Pathol 1992;5:402-405.
 30. Ozaki D, Kondo Y. **Comparative morphometric studies of benign and malignant intraductal proliferative lesions of the breast by computerized image analysis.** Hum Pathol 1995;26:1109-1113.

31. Schnorrenberg F, Pattichis CS, Schizas CN, Kyriacou K, Vassiliou M. **Computer-aided classification of breast cancer nuclei.** Technol Health Care 1996;4:147-161.
32. Fukushima N, Shinbata H, Hasebe T, Yokose T, Sato A, Mukai K. **Application of image analysis and neural networks to the pathology diagnosis of intraductal proliferative lesions of the breast.** Jpn J Cancer Res 1997;88:328-333.
33. Anderson NH, Hamilton PW, Bartels PH, Thompson D, Montironi R, Sloan JM. **Computerized scene segmentation for the discrimination of architectural features in ductal proliferative lesions of the breast.** J Pathol 1997;181:374-380 .
34. Van De Wouwer G, Weyn B, Scheunders P, Jacob W, Van Marck E, Van Dyck D. **Wavelets as chromatin texture descriptors for the automated identification of neoplastic nuclei.** J Microsc 2000;197 (Pt 1):25-35.
35. Crowley R. **Creating a Diagnostic Trace: A Methodology to Study Visual Search, Knowledge Representation, and Medical Reasoning in Microscopic Diagnosis.** Sesión Científica en Advancing Pathology Informatics, Imaging, and the Internet, APIII 1999. <http://www.apiii.upmc.edu/apiii1999/>
36. Bidgood WD Jr, Horii SC, Prior FW, Van Syckle DE. **Understanding and Using DICOM, the Data Interchange Standard for Biomedical Imaging.** J Am Med Inform Assoc 1997; 4:199-212.
37. Bidgood WD Jr, Bray B, Brown N, Mori AR, Spackman KA, Golichowski A, Jones RH, Korman L, Dove B, Hildebrand L, Berg M. **Image Acquisition Context: Procedure Description Attributes for Clinically Relevant Indexing and Selective Retrieval of Biomedical Images.** J Am Med Inform Assoc 1999; 6: 61-75.