

# Redes de Telepatología

Juan Ruiz Martín<sup>1</sup>, Francisco Javier Ruiz Martín<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Anatomía Patológica, Htal. Virgen de la Misericordia, Toledo

<sup>2</sup>Ingeniero Informático, Obralia, Madrid.

Definimos *Telepatología* (TP) como la práctica de la Patología a distancia, dentro del marco de la *Telemedicina* (TM), la práctica de la Medicina a distancia. Un concepto cercano pero más amplio es el de *Patología Digital*, la suma de la imagen digital y la informática en Patología (1). Por *Red* se entiende, en informática y *grosso modo*, un conjunto de dispositivos (clientes y servidores) que comparte información.

Desde 1986, año en que Weinstein publica su trabajo seminal (2) hasta mediados de 2012 se han publicado en *PubMed* (3) solamente 778 trabajos con la palabra clave “*Telepathology*”, lo que refleja la juventud y lo novedoso del concepto. En este capítulo nos proponemos implementar una red de TP “ideal”, escogiendo elementos de las siguientes categorías: imagen digital, red de comunicación e integración informática.

## 1. LA IMAGEN DIGITAL

La imagen digital es el ladrillo de la TP (tabla 1). Para solventar las principales cuestiones sobre la imagen digital, como son el tamaño, la compresión, la resolución y el color, les remitimos a los capítulos 4 y 5 del manual de Telepatología de la SEAP (4):

**Tabla1. Sistemas generadores de imagen digital**

| SISTEMA                | TIPO DE TP | UTILIDAD PREFERENTE        |
|------------------------|------------|----------------------------|
| Cámara digital         | Estática   | Consulta                   |
| Cámara de vídeo        | Dinámica   | Intraoperatoria            |
| Microscopio robotizado | Dinámica   | Intraoperatoria            |
| Escáner virtual        | Mixta      | Docencia, calidad, archivo |

## 2. REDES DE COMUNICACIÓN APTAS PARA TELEMEDICINA

Las redes de telecomunicaciones se pueden clasificar de distintas maneras (tabla 2).

**Tabla 2. Clasificación de redes de telecomunicación**

| CRITERIO     | NOMBRE                    | USO PREFERENTE   |
|--------------|---------------------------|------------------|
| Arquitectura | Difusión                  | TV               |
|              | Conmutación por circuitos | Telefonía        |
|              | Conmutación por paquetes  | Computadoras     |
| Cobertura    | LAN (local)               | Edificio         |
|              | MAN (metropolitana)       | Ciudad           |
|              | WAN (amplia)              | Estado           |
| Medio físico | Par de cobre              | Bucle de abonado |
|              | RDSI                      | Banda ancha      |
|              | ADSL                      | Banda ancha      |
|              | Fibra óptica              | Universidad      |
|              | Bucle radioeléctrico      | Rural            |
|              | Satélite                  | Internet         |

### 2.1. Bucle de Abonado

El “*bucle de abonado*” es parte del soporte físico-eléctrico de la tecnología convencional de telefonía (RTB, red de telefonía básica), que transmite datos por el hilo conductor doble (“par de cobre”). Tienen marcada limitación para la transmisión de datos, mediante un modem, en frecuencias que oscilan entre los 300 a 3400 Hz (“banda estrecha”). La TP necesita una velocidad de transmisión a partir de los 4000 Hz (“banda ancha”) (4). Existen dos caminos para ampliar sus funcionalidades.

**RDSI** (Red Digital de Servicios Integrados) constituye una comunicación en formato digital, tipo punto a punto. Con un caudal de tipo sincrónico (igual velocidad de transmisión entre usuario –su central local- y usuario) se posibilitan servicios de voz, datos y los modernos “multimedia”, incluido la videoconferencia (incluso en formato múltiple, en calidad profesional) y el acceso a redes de información tipo Internet, con protocolos TCP/IP. Para TP en tiempo real, con microscopio robotizado, son necesarios 6 canales B (= 384 Kbps) que permiten imágenes dinámicas sin ningún arrastre de imagen en la pantalla, con muy buena calidad y definición. La RDSI tiene una más que aceptable “seguridad”: mediante sistemas de codificación y encriptado basados en “claves simétricas”, generadas aleatoriamente en cada conexión. Se forma así la llamada “barrera de protección”, para redes corporativas (privadas) o generales (públicas) que, como aspecto negativo, retrasan la velocidad de comunicación. Por eso, la red ha de ser muy selectiva y bien dimensionada para el correcto desarrollo de sus aplicaciones.

**DSL** (*Digital Subscriber Line*) se crea a partir del desarrollo de nuevos algoritmos de procesado (“modulación”) de la señal, entre 24 a 1104 KHz, que sin interferir en la señal de voz “clásica” circulan por el par de cobre con distinta velocidad. Son necesarios dos tipos de módem, uno en el domicilio del usuario y otro en la central local de la que depende el usuario, cada uno de ellos con un filtro que discrimina y separa las señales de voz de baja frecuencia de las señales de datos de alta frecuencia. Se han sustituido los módems de central por multiplexores DSLAM que concentran el tráfico y lo dirigen a las redes WAN, garantizando así el despliegue masivo de líneas DSL. Dentro de

estas redes la más popular es la ADSL, asimétrica, con una velocidad habitual de bajada hacia el usuario desde su central local de entre 12-24 Mbit/s y entre 1 y 3,3 Mbit/s de subida. Inconveniente: aunque este tipo de línea es ideal para Internet, dado que la mayoría de información se recibe desde la central al usuario, siendo necesario escaso caudal de subida, todo lo contrario ocurre en TP, pues es el microscopio del usuario el que manda a la central, de la que depende la conexión, un amplio paquete de información. Ventaja: es una tecnología siempre abierta (RTB con módem y RDSI requieren una llamada telefónica para establecer la conexión) (4).

## 2.2. Fibra Óptica

La *fibra óptica* es el tipo de red que pretendió sustituir al cableado con cobre. El insospechado avance tecnológico aplicado a la red de cobre, citados atrás, ha hecho casi innecesario el cableado con fibra óptica. Su aplicación más real y operativa es formando pequeñas redes "locales" corporativas o empresariales tipo universidades, entidades bancarias u hospitales de tipo intranet. Existe un problema añadido y es su "no generalización", incluso en una misma comunidad autónoma, en donde la red depende de más de un operador, con lo cual no siempre pueden garantizarse las condiciones de tráfico de la misma, aspecto fundamental y prioritario para el TP en tiempo real, sobre todo si se piensa utilizar para diagnóstico intraoperatorio (4).

## 2.3. Bucle Radioeléctrico

Se basa en la tecnología LMDS (bucle para acceso local "inalámbrico" en banda ancha) diseñada para constituir una red de acceso, de alta capacidad, para distintos operadores de telecomunicaciones. Una estación central se conecta con otras redes por fibra óptica para garantizar la densidad y continuidad del tráfico. Desde la central hay dos posibilidades de enlaces con las denominadas "estaciones urbanas" (*hub*, equivalente a la central local de la RTB): por microondas (radioeléctrico, por tanto inalámbrico, tipo punto a punto) o mediante fibra óptica. Las estaciones urbanas, se conectan por microondas con la sede del cliente en un radio entre 2 y 4 Km. La red se extiende también a las denominadas estaciones "suburbanas", con menor densidad de población, con estaciones con

**Tabla 3. Ventajas e inconvenientes de las redes de telecomunicación**

| RED      | VENTAJAS   | INCONVENIENTES  |
|----------|--|---|
| RTB      | Base de otras tecnologías  | Banda estrecha  |
| RDSI     | Precio, Banda ancha sobre RTB, Seguridad: encriptado                                       | Llamada para conectar   |
| ADSL     | Siempre abierta, Banda ancha sobre RTB, Internet   | Asimétrica: poca velocidad de subida, Sobredimensionada (salvo agrupación), interferencias, no económico sobre mala infraestructura |
| Fibra    | Velocidad, Calidad y seguridad, No congestión ni interferencias, Transmisión a tiempo real | Solo sobre RTB preinstalada, No generalización, Reparación, Precio  |
| Bucle    | Simétrica, No necesita RTB: rural, Precio: puede ser compartido                            | Cobertura   |
| Satélite | Cobertura, Siempre abierta   | Precio  |

un radio de alcance entre 5 y 10 Km. De este modo, con muy limitado tirado de cable, la cobertura es muy buena, aunque, más lenta de lo esperado y ofrecido (mínimo de 64 Kbps), el caudal excelente, las antenas pequeñas y respetuosas con el medio ambiente.

## 2.4. Satélite

Es una magnífica tecnología. Su gran ventaja es que puede llegar a cualquier zona del país o del mundo, aunque no existan otras redes. Nos posibilita enlaces de TP por servicios bajo líneas RTB, RDSI, ADSL y uso en la práctica diaria de dispositivos móviles. La tecnología satélite es la que permite en última instancia Internet, fundamento de toda la TP actual.

## 3. INTEGRACIÓN INFORMÁTICA

### 3.1. Estandarización en TP

La *estandarización* es la redacción y aprobación de normas que se establecen para garantizar el acoplamiento de elementos construidos independientemente, así como garantizar el repuesto, garantizar la calidad de los elementos fabricados, la seguridad de funcionamiento y trabajar con responsabilidad social (5,6). En el ámbito de la TP destacamos los siguientes estándares.

Tabla 4. Estándares en TP

| IMAGEN   | DICOM     |
|--|-----------|
| Compresión                                       | JPEG 2000 |
| Comunicación datos entre sistemas                | HL7       |
| Normalización semántica                          | SNOMED-CT |
| Cómo usar estándares y definir flujos de trabajo | IHE       |

**DICOM** (*Digital Imaging and Communication in Medicine*) es el estándar reconocido mundialmente para el intercambio de imágenes médicas, ampliamente adoptado por hospitales, pensado para el manejo, almacenamiento, impresión y transmisión de imágenes médicas. Incluye la definición de un formato de fichero y de un protocolo de aplicación que usa TCP/IP para la comunicación entre sistemas. Los ficheros DICOM pueden intercambiarse entre dos entidades que tengan capacidad de recibir imágenes y datos de pacientes en formato DICOM. Permite la integración de escáneres, servidores, estaciones de trabajo, impresoras y hardware de red de múltiples proveedores dentro de un sistema de almacenamiento y comunicación de imágenes. Los diferentes dispositivos, servidores y estaciones de trabajo tienen una declaración de conformidad DICOM que establece claramente las clases DICOM que soportan (7,8).

**JPEG 2000** es un estándar de compresión y codificación digital de imágenes. Fue creado por el Grupo Conjunto de Expertos en Fotografía (JPEG, *Joint Photographic Experts Group*) en el año 2000 basándose en la transformada *wavelet*. La extensión de los archivos es .jp2. Entre las ventajas están un mayor poder de compresión frente a otros estándares y la posibilidad de seleccionar un área de interés, mientras que tiene los inconvenientes del emborronamiento de la imagen y su escasa integración con los navegadores Web debido a su escaso uso (9).

**JPIP** es un protocolo estandarizado de transmisión cliente/servidor, constituida por una sintaxis de transferencia en DICOM (10).

**HL7** (*Health Level Seven*) es un conjunto de estándares para el intercambio electrónico de información clínica. La empresa HL7 International desarrolla especificaciones que posteriormente son usadas por los implementadores para solucionar problemas de integración entre sistemas de información heterogéneos. Estos estándares utilizan una notación formal de modelado (UML) y un metalenguaje extensible de marcado con etiquetas (XML) (11).

**SNOMED-CT** (*Systematized Nomenclature of Medicine – Clinical Terms*) es la terminología clínica integral, multilingüe y codificada de mayor amplitud, precisión e importancia desarrollada en el mundo. Nace de la fusión entre Snomed RT (*Snomed Reference Terminology*), creada por el *College of American Pathologists* (CAP) y el *Clinical Terms Version 3* (CTV3), desarrollada por la *National Health Service* (NHS) del Reino Unido. Esta fusión ha permitido la combinación de los términos en los ámbitos de las ciencias básicas, la bioquímica y las especialidades médicas de SNOMED-RT con los contenidos de la atención primaria del CTV3, dando lugar a una terminología de referencia que permite a los profesionales de la salud de todo el mundo representar la información clínica de forma precisa e inequívoca, en formato multilingüe (12). Actualmente, esta terminología es mantenida y distribuida por la *International Health Terminology Standards Development Organisation* (IHTSDO).

La rama europea de **IHE** (*Integrating the Healthcare Enterprise, 2005-2008*), constituida por la ADICAP, GMSIH, SEAP y SEIS extrajo una serie de conclusiones que nos enseñan cómo debería ser un buen estándar en patología, cómo usar éstos y como definir flujos de trabajo (6,13,14).

### 3.2. Informática en TP

Dentro de la variedad de elementos informáticos necesarios para poner en funcionamiento nuestra red, señalaremos las siguientes categorías, destacando algunas opciones que sobresalen por su calidad.

#### 3.2.1. Lenguajes de programación y desarrollo web

Definimos desarrollo web como el proceso de integración de elementos del conjunto de tecnologías de software con el fin de realizar determinadas tareas o mostrar información. Actualmente, **Java** es el lenguaje de programación más utilizado en el desarrollo de páginas web. Es un lenguaje de alto nivel, orientado a objetos, que toma mucha de su sintaxis de C, Cobol y Visual Basic, pero tiene un modelo de objetos más simple y elimina herramientas de acceso a bajo nivel, que suelen inducir a muchos errores. La memoria es gestionada automáticamente mediante un recolector de basura. Desde 2007 *Sun Microsystems* liberó la mayor parte de sus tecnologías Java bajo la licencia GNU GPL, de manera que ahora prácticamente todo es software libre. También destaca **PHP** (*Personal Home Page Tools Hypertext Pre-processor*) un lenguaje de programación interpretado, diseñado para la creación de páginas web dinámicas. Se usa principalmente para la interpretación del lado del servidor, pero actualmente puede ser utilizado desde una interfaz de línea de comandos o en la creación de otros tipos de programas incluyendo aplicaciones con interfaz gráfica usando las bibliotecas Qt o GTK+. Con estos lenguajes podemos realizar un desarrollo orientado a web, homogéneo y multiplataforma, y, dependiendo de las tecnologías utilizadas, rápido y robusto en sus fases de diseño, implementación y pruebas, como para su uso después de su implantación. Funcionalmente, el desarrollador web es quien realiza esta labor y normalmente sólo se preocupa por el funcionamiento del software; el diseñador web se encarga de la edición y el aspecto de la página y el *webmaster* integra ambas partes, actualizando los contenidos en ocasiones.

### 3.2.2. Bases de datos

MySQL es la base de datos más popular (ORACLE es la mejor base de datos y la más utilizada a nivel empresarial, pero también más cara) y es elemento indispensable junto con el lenguaje de programación en el desarrollo web. Desde 2009 se desarrolla como software libre con licencia dual, patrocinado por una empresa privada que posee el copyright de la mayor parte del código.

### 3.2.3. Bibliotecas

Una *biblioteca* informática es un conjunto de subprogramas utilizados para desarrollar software. Las bibliotecas contienen código y datos, que proporcionan servicios a programas independientes a través de su API (*Application Programming Interface*) pasando a formar parte de estos. Esto permite que el código y los datos se compartan y puedan modificarse de forma modular. La mayoría de los sistemas operativos modernos proporcionan bibliotecas propias que implementan los servicios del sistema. Estos servicios se han convertido en una "*materia prima*" para cualquier aplicación moderna, por lo que las aplicaciones que queramos utilizar y desarrollar estarán determinadas por el sistema operativo que utilicemos.

### 3.2.4. Visores Web

Un *applet* es un componente de una aplicación que se ejecuta en el contexto de otro programa, por ejemplo un navegador web. El *applet* debe ejecutarse en un *contenedor*, que lo proporciona un programa anfitrión, mediante un *plugin* o en aplicaciones como teléfonos móviles que soportan este modelo de programación. Un *applet* lleva a cabo una función específica que normalmente carece de uso independiente, ofrece información gráfica y a veces interactúa con el usuario, típicamente carece de sesión y tiene privilegios de seguridad restringidos. Destacamos los *applet* JAVA, un código JAVA que se utiliza principalmente para el trabajo en el contexto de páginas web, incorporado en una página HTML y representado por una pequeña pantalla gráfica dentro de ésta, que se puede cargar y ejecutar desde cualquier navegador web que soporte Java. Existen múltiples visores web en el ámbito de la TP que utilizan *applet* JAVA, como servidor web de Aperio, servidor de Olympus NetImage, y Aurora mScope.

### 3.2.5. Lenguaje de marcado de hipertexto

HTML (*HyperText Markup Language*) es el lenguaje estándar de marcado predominante para la elaboración de páginas web, que se utiliza para describir y traducir la estructura y la información en forma de texto, así como para complementar el texto con objetos tales como imágenes. Los navegadores web son procesadores de lenguajes de marcado de hipertexto.

### 3.2.6. Protocolos de transmisión

La familia de protocolos de Internet es un conjunto de protocolos de red en los que se basa Internet y que permiten la transmisión de datos entre ordenadores, independientemente del sistema operativo que utilicen (son estándares en cierta manera). En ocasiones se le denomina *conjunto de protocolos TCP/IP*: control de transmisión (TCP) y de internet (IP), los más utilizados de la familia. En este conjunto se encuentra el popular HTTP (*HyperText Transfer Protocol*), el estándar que se utiliza para acceder a las páginas web, el ARP (*Address Resolution Protocol*) para la resolución de direcciones, el FTP (*File Transfer Protocol*) para transferencia de archivos, el SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*) y el POP (*Post Office Protocol*) para envío y recepción de correo electrónico, TELNET para

acceder y manejar equipos remotos, y VoIP (*voice over IP*) que permite la transmisión de voz a través de Internet, entre otros.

Destacamos FTP, basado en una arquitectura de cliente-servidor: desde un equipo cliente se puede conectar a un servidor para descargar archivos desde él o para enviarle archivos, independientemente del sistema operativo utilizado en cada equipo. Utiliza normalmente el puerto de red 20 y el 21, pensado en ofrecer la máxima velocidad. Para mejorar la seguridad en todo el intercambio de información, desde el *login* y contraseña del usuario en el servidor hasta la transferencia de cualquier archivo, es esencial utilizar aplicaciones compatibles con el protocolo sFTP (*Secure File Transfer Protocol*), que cifran todo el tráfico de datos.

### 3.2.7. Edición de imagen digital

Como hemos comentado anteriormente (4), el tratamiento de la imagen digital es un paso importante en TP. Cada sistema de escáner virtual o de cámara digital trae consigo un software de edición de imágenes. Además, destacamos el Adobe Photoshop, por ser el mejor valorado de este tipo de programas, y el GIMP (*GNU Image Manipulation Program*) por estar bien valorado, ser libre y gratuito, y estar disponible para cualquier sistema operativo.

### 3.2.8. Otros elementos

Solo nombrar dos elementos: 1) el estándar Ethernet, que desde su uso original en LAN se está posicionando como el más apto para la WAN con velocidades de hasta 1Gbps, sustituyendo progresivamente al ATM; 2) Computación en la nube, un nuevo paradigma donde el software se ofrece como servicio, con numerosas ventajas. Muchos otros elementos están constantemente en desarrollo, lo que se escapa del ámbito de este capítulo.

## 3.3. Integración en la red informática hospitalaria

Una vez obtenida la imagen digital y garantizados los estándares adecuados, nuestra red tiene que disponer de unos canales por los cuales circule ésta, y un banco o archivo de imágenes, desde el cual podamos disponer de las mismas rápidamente. Además, una red de TP ideal tiene que estar conectada al trabajo diario del Hospital, de manera que tiene que cubrir el flujo de trabajo diario de un Departamento de Patología (15) e integrarse en la Historia Clínica Digital. Para ello, las funcionalidades que el sistema necesita son:

- Integración con el Sistema de Información Hospitalaria (HIS). Esto le permite obtener los datos demográficos del paciente, las citas programadas de los pacientes y todas las solicitudes electrónicas de pedido asociado con el examen patológico realizado en el hospital.
- Integración con todos los dispositivos de adquisición de imágenes, utilizando la lista de trabajo DICOM. Cada modalidad recibirá una lista de trabajo, que contiene la información acerca de las muestras que serán digitalizadas.
- Almacenamiento de todas las imágenes generadas por el servicio de Patología (y cualquier otro servicio o departamento) en el PACS (16) mediante JPIP u otro sistema de transferencia estandarizado. El PACS hace las funciones de copia de seguridad, reemplazando una copia en disco duro de las imágenes, además de proporcionar acceso remoto, hacer de plataforma para la integración electrónica de imágenes y favorecer el manejo del flujo de trabajo (17). Como desventaja, no permite la recuperación parcial de imágenes (18).

- Un visor web único que permite que se muestren, al mismo tiempo, imágenes macroscópicas, microscópicas y las imágenes de diapositivas virtuales.
- Un sistema de información que permite la gestión de los informes de autopsia, biopsia y citología. Además, se puede recuperar de los PACS todas las imágenes asociadas con un informe.

### 3.4. Plataforma Web

Por último, necesitamos un sistema centralizado que aúne varias (sino todas) de las funcionalidades en una única plataforma o portal Web. Internet y la comunicación basada en servidores han inducido el desarrollo de múltiples plataformas de información médica específica (19). En el ámbito de la TP podríamos destacar las siguientes.

**iPath** (20) es una plataforma libre y abierta, con licencia GNU, programada en PHP, para la “colaboración basada en casos”, especialmente diseñada para aplicaciones medicas como la TP. El servidor de iPath proporciona un conjunto de BBS (*Bulletin Board System*) médicas para la discusión o consulta de casos *online*. Esta plataforma ha sido usada como base para la creación de varias redes de TP (21, 22).

**mScope** es un visor universal remoto basado en tecnología web (23), aplicado en algunas redes de TP (24).

**MECES** (*Medical Experts Communication Electronic System*) es un foro específico de acceso abierto con tecnología de diapositiva virtual incorporada. Utiliza lenguaje PHP, base de datos basada en MySQL, infraestructura X / lampp W3C y un navegador de fácil manejo (19). Todas las imágenes y datos clínicos pueden ser estandarizados usando TCP/IP, por ejemplo, mediante el estándar DICOM-3. Los Principales componentes son enlaces e inicios de sesión automatizados a PubMed, EAMUS (*Electronic Automated Measurement User System*) y atlas de preparaciones virtuales, control de calidad automatizado de imágenes, creación de bancos de imágenes personales, así como la creación automatizada de asistentes de diagnóstico.

**COPAT** (*cooperative pathology*) constituye un conjunto de recursos *online* para patólogos, en lengua española, entre los que destaca un foro de consulta/diagnóstico basado en listas de correo electrónico (25).

## 4. RED DE TP IDEAL

Ya estamos preparados para diseñar nuestra red: escogemos de entre los elementos de las tres categorías descritas (sistema de imagen digital, red de telecomunicación y sistema informático) y los integramos, según nuestros objetivos. De esta forma, una red de TP ideal ya construida, debería proporcionar los siguientes servicios:

- Segunda opinión: permite realizar una consulta sobre un caso con otros patólogos para obtener un segundo dictamen del caso.
- Foro de consulta: el foro se compone de varios temas y permite al patólogo realizar una consulta con un grupo de patólogos pertenecientes al mismo y luego tener una discusión sobre el caso.
- Biblioteca pública: se trata de un atlas de patología con estudios que son de gran interés científico o didáctico. Esta herramienta será muy útil para mejorar la formación de médicos estudiantes.
- Formación continuada, congresos virtuales.
- Diagnóstico a tiempo real.



- Mejora en el diagnóstico, intentando alcanzar la excelencia.

Son muchas las redes TP que funcionan en el mundo, siendo la tendencia actual a establecer redes entre áreas de bajos recursos y Hospitales con superespecialistas Patólogos, de entre las que destacamos las siguientes (tabla 5). Nuestra red ideal se basaría en el microscopio virtual, creado desde un escáner digital de preparaciones. Entre las múltiples opciones, elegiríamos una robusta y que necesite poco mantenimiento, pero que nos proporcione la suficiente calidad (49), como puede ser Aperio, aunque cada vez son menos las diferencias entre escáneres. Proponemos una red potente pero barata, basada en Internet, sustentada en una red ADSL, unida por satélite cuando sea necesario, basada en una plataforma web abierta, con software libre de calidad, a la manera de iPath, y estándares internacionales (50). Mediante un dispositivo móvil, tipo tableta, tendríamos acceso a la historia clínica en cualquier momento y lugar, así como a una ingente cantidad de imágenes e información diagnóstica. El ámbito de actuación podría ser España, bajo el auspicio de una organización como la SEAP, dejando puertas abiertas para la integración con otras comunidades y redes, especialmente Europa y la comunidad hispanohablante.

## 5. COMENTARIO LEGAL

Aunque hay autores que afirman que los diagnósticos pueden ser evaluados mediante un microscopio virtual sin problemas legales (51), hay que conocer las principales leyes que regulan el ámbito de actuación de la TP en España.

La **Ley de Propiedad Intelectual** (RD 1/1996 y RD 5/1998) protege las imágenes fotográficas, distinguiendo las creaciones originales de carácter artístico (derechos de autor hasta los 70 años posteriores a la muerte) y las imágenes que reproducen escenas, figuras y acontecimientos de la realidad cotidiana (25 años desde su realización). El hecho de encontrar imágenes en páginas Web, no autoriza a hacer libre uso de las mismas. Como excepción, la Ley dispone que se puedan utilizar fragmentos de obras sujetas a propiedad intelectual, a modo de citas o para su análisis, comentario o juicio crítico, siempre que tal utilización se haga con fines docentes o de investigación, indicándose la fuente y el autor de la obra utilizada. Se pueden introducir *script* en HTML, tal como se indica en el capítulo 13 del manual de TP de la SEAP, para restringir la descarga indiscriminada de imágenes publicadas en páginas Web (4). Sea como fuere, las imágenes de pacientes deben ser tratadas de manera que no permitan la identificación del mismo.

La **Ley sobre Protección de Datos de Carácter Personal** (LO 15/1999 y RD 1720/2007) plantea limitar el uso de la informática para garantizar el honor, la intimidad personal y familiar de los ciudadanos y el legítimo ejercicio de sus derechos, siguiendo el mandato del artículo 18.4 de la Constitución. De no verificarse, se incurriría en responsabilidades administrativas. Se establecen tres niveles de seguridad el más alto formado por los ficheros con datos sobre la ideología, religión, creencias, origen racial, salud o vida sexual, (y los recabados para fines policiales sin consentimiento del afectado), los que forman parte del ámbito de la TP.

Otras leyes a tener en cuenta son la Ley 14/2007 **de Investigación Biomédica** y la Ley 59/2003 **de Firma electrónica**.

## 6. CONCLUSIONES Y FUTURO

Hay autores que se preguntan si está Europa preparada para la patología digital en la práctica quirúrgica diaria (51): “Muchos patólogos europeos pueden ser conservadores cuando se trabaja en un entorno estrictamente regulado por los asuntos financieros...que están estrictamente separados de

Tabla 5. Algunas redes de TP según especificaciones al inicio de su funcionamiento

| RED        | MICRO.        | CÁMARA  | VÍDEO              | PC                                      | TIPO | TELECOM.  | INFORMÁTICA  | CENTRO   | REF. |
|------------|---------------|---|--------------------|---|------|-----------|--|--|------|
| R.U.*      | V             | V   | V                  | V                                       | ND   | ATM       | JANET  | Centros educativos, no hospitales  | 26   |
| Australia* | V             | V   | V                  | V                                       | D    |           | OpenNet  | Universidades australianas   | 27   |
| Telepath   | Olympus Vanox | Sony DKC 5000 3CCD 795 x 598 píxeles                    | ND                 | Pentium 90 MHz                          | H    | RDSI, ATM | Software Telepath  | Universidad de Alabama en Birmingham y Corporación BellSouth                   | 28   |
| California | Olympus BX50  | Sony DKC 5000 3CCD 795 x 598 píxeles                    | SONY DXC-930 3CCD  | ND                                      | H    | RDSI      | SYMANTEC pcANYWHERE32 v.8.0, MeetingPoint v.3.01 Desktop | Centro Médico Davis de la universidad de California                            | 29   |
| CHAOS      | MV, R         | V   | ND                 | IBM SP, múltiples nodos                 | D    | RDSI      | C++ con PACS cliente específico, applet Java, wavelets   | Centros Médicos Johns Hopkins y Universidad de Maryland                        | 30   |
| Pittsburg  | MV            | 20 imágenes 3200 x 2400 píxeles, 24 bits de profundidad | ND                 | ND                                      | H    | ND        | FlashPix, Java, Javascript                               | Universidad Pittsburg  | 31   |
| Michigan   | MV            | Similar Johns Hopkins                                   | ND                 | ND                                      | H    | ND        | FlashPix   | Universidad Michigan   | 32   |
| Stamford   | MV            | ND  | ND                 | ND                                      | H    | PP        | Java   | Universidad Stamford   | 33   |
| HUBS       | MV            | V   | V                  | V                                       | D    | FO, PP    | ND   | Hospital Johns Hopkins, Universidades de Pittsburg, Nueva Jersey y Pensilvania | 34   |
| Iowa       | MV            | 1200 imágenes forman 1 imagen                           | V                  | V                                       | H    | Web       | Software MicroBrightField FlashPix                       | Universidad Iowa, Empresa MicroBrightField                                     | 35   |
| Oxford     | R E1000 Nikon | JVC KY-F58 PC 3CCD                                      | JVC KY-F58 PC 3CCD | Pentium II 128 RAM tarjeta gráfica 8 MB | D    | ND        | Zem, C/C++ cliente específico, Net meeting               | Universidad Oxford   | 36   |
| Stuttgart  | V             | V   | V                  | V                                       | H    | RDSI      | Software Hitskom   | Universidad Stuttgart, Deutsche Telekom  | 37   |

(Continuación) Tabla 5. Algunas redes de TP según especificaciones al inicio de su funcionamiento

| RED                        | MICRO. | CÁMARA       | VÍDEO               | PC         | TIPO | TELECOM.     | INFORMÁTICA                            | CENTRO   | REF. |
|----------------------------|--------|--------------|---------------------|------------|------|--------------|--|--|------|
| UICC-Humboldt              | V      | V            | V                   | V          | E    | ATM          | Applets Java, software específico TPCC | Expertos de la UICC                                  | 38   |
| InterPath                  | MV, R  | Preescaneado | No                  | ND         | H    | ND           | Software InterPath                     | Hospital Norwegian, Empresa Fairfield Imaging        | 39   |
| Missouri-Columbia y Fuzhou | ND     | ND           | ND                  | ND         | D    | RTB          | SQL Server, wavelets, Microsoft ASP    | Universidades de EEUU y China                        | 40   |
| Basilea                    | MV     | V            | V                   | V          | H    | PP           | iPath, Java                            | Universidad Basilea, Hospitales suizos               | 20   |
| Zambia                     | MV     | V            | V                   | V          | H    | PP, ADSL     | Jpeg2000, Software Aperio              | Hospital Mtendere Mission, Patólogos sin fronteras   | 41   |
| RAFT                       | MV     | V            | V                   | V          | H    | PP           | iPath, Java                            | Países de África de habla francesa                   | 42   |
| HOPE                       | MV     | V            | V                   | V          | H    | PP           | iPath, Java                            | Centro Hospitalario de Sihanouk, Phnom Penh, Camboya | 43   |
| MECES                      | MV     | V            | V                   | V          | MV   | TCP/IP       | PHP, MySQL, DICOM3                     | Abierto  | 19   |
| Eastern Québec             | MV     | V            | VC PCS-XG80DS Codec | V          | H    | Privada      | mScope                                 | 17 hospitales de Canadá                              | 24   |
| Cairo                      | MV     | Digital      | VC                  | ND         | H    | ND           | ND                                     | Cairo, Palermo, Venecia, Londres, UPMC               | 44   |
| Georgia                    | ND     | ND           | ND                  | ND         | E    | PP           | SQL                                    | Georgia  | 45   |
| Japón*                     | MV     | V            | VC Alta calidad     | V, Móviles | D    | FO, Satélite | Software específico                    | Hospitales Morioka, Sapporo, Kummamoto, Naha...      | 46   |
| Aletejo                    | V      | V            | VC Alta calidad     | V          | D    | PP           | ND                                     | Portugal: 6 hospitales y 20 centros de salud         |      |
| Serendipia                 | MV, R  | Wifi         | No                  | ND         | H    | V            | DICOM, HL7                             | Hospitales SESCAM                                    | 47   |
| SEAP                       | V      | V            | No                  | V          | H    | V            | mScope                                 | Hospitales España                                    | 48   |

V Variable. ND. No disponible. R.U. Reino Unido. RAFT. Red Francesa de telemedicina de África. PP punto a punto vía Web. H Híbrido. D Dinámico. MV Microscopio Virtual. R Robot o robotizado. VC. Videoconferencia Micro. Microscopio. Telecom. Red de telecomunicaciones. ATM *Asynchronous Transfer Mode*, usado en ADSL. FO. Fibra óptica. \* Conjunto de redes. SESCAM. Servicio de Salud de Castilla la Mancha

los enfoques de investigación y científicos”. La mayoría de las instituciones (alemanas) ya están equipadas con escáneres de cristales virtuales, pero en ninguna de ellas se utilizan en el diagnóstico de rutina. Todos los artículos serios de las experiencias patología virtual muestran una evidencia congruente de que la máquina virtual es por lo menos una herramienta igual si no superior, en comparación con el diagnóstico microscópico convencional. (52,53,54)

Las redes dinámicas o híbridas se están extendiendo, quedando relegada la TP estática a regiones de bajos recursos (45). Las redes basadas en portales cerrados de consulta parecen estar condenadas a la desaparición. Los sistemas abiertos están sustituyendo gradualmente a los antiguos sistemas servidor-cliente, del que la AFIP fue pionera y paradigma. Asimismo, las comunicaciones basadas en RTB y RDSI están empezando a desaparecer, predominando hoy en día la ADSL, añadiéndose progresivamente comunicación por satélite que permite el uso diario de la tecnología móvil y el vídeo de alta calidad en la transmisión de datos y voz por Internet (46). Estos continuos avances en las redes informáticas nacionales e internacionales están permitiendo cada vez un mayor ancho de banda, consiguiéndose el envío con calidad aceptable de imágenes en tiempo real para permitir la consulta, entre especialistas, de imágenes microscópicas. La red ideal está por llegar y parece que será a lomos de una plataforma abierta, con herramientas tipo foro de consulta, teniendo en cuenta que para el éxito de la empresa, hospitales, industria de telecomunicaciones y administración (47) tienen que trabajar en conjunto para dar continuidad y calidad a lo que, de otra manera, se puede quedar en un simple proyecto.

El futuro de la TP está ligado inextricablemente al avance de la tecnología. Permítanos mencionar dos recientes descubrimientos: primero, el Memristor (*memory resistor*) predicho y descrito en 1971 por Leon Chua e implementado físicamente en 2008 por *HP Labs*, es el cuarto elemento de los circuitos pasivos, junto con el condensador, la resistencia y el inductor. En un mismo chip se unirían procesador y memoria, de manera que “podrían ser usados para fabricar computadores verdaderamente parecidos a cerebros”, según palabras de propio Chua (55). Segundo, el Grafeno, láminas bidimensionales de átomos de carbono dispuestas en hexágonos, con propiedades ideales para ser utilizado como componente en circuitos integrados, superando las posibilidades del silicio como material de construcción en electrónica, (56). Sea como fuere, el rápido e implacable avance de la tecnología informática nos hace entrever un futuro alentador. Aunque el software informático cambia constantemente, lo cual dificulta la normalización de estas tecnologías, el aumento del flujo de información hará que el diagnóstico de las patologías sea más eficaz y eficiente, más veraz.

## REFERENCIAS

1. CATAI. Handbook of telemedicine. Olga Ferrer-Roca, Marcelo Sosa-Iudiciss, Editors, 1998.
2. Weinstein RS. *Prospects for telepathology*. Hum Pathol. 1986 May;17(5):433-4.
3. Telepathology. (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=telepathology>)
4. Manual de Patología. Club de informática aplicada de la SEAP. Eds. Alfaro Ferreres, Luis, García Rojo, Marcial y Puras Gil, Ana María. Pamplona, 2001.
5. Normalización. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Normalizaci%C3%B3n>)
6. Le-Bozec CD, et all, Standards in pathology informatics: Why is it so important? Tercer congreso intercontinental de Telepatología, 2008. Barcelona.
7. Singh R, Chubb L, Pantanowitz L, Parwani A. Standardization in digital pathology: Supplement 145 of the DICOM standards. J Pathol Inform 2:23. J Pathol Inform. 2011; 2:23. Epub 2011 May 11.
8. Le Bozec C, Henin D, Fabiani B, Schrader T, Garcia-Rojo M, Beckwith B: Refining DICOM for Pathology – Progress from the IHE and DICOM Pathology working groups. Stud. Health Technol. Inform 2007; 129:434-438.

9. JPEG 2000. ([http://en.wikipedia.org/wiki/JPEG\\_2000](http://en.wikipedia.org/wiki/JPEG_2000))
10. JPIP. (<http://en.wikipedia.org/wiki/JPIP>)
11. HL7. HL7 Spain (<http://www.hl7spain.org/>)
12. SNOMED-CT. (<http://www.msc.es/profesionales/hcdsns/areaRecursosSem/snomed-ct/quees.htm>)
13. IHE. (<http://www.ihe-e.org/>)
14. IHE. ([http://wiki.ihe.net/index.php?title=Anatomic\\_Pathology](http://wiki.ihe.net/index.php?title=Anatomic_Pathology))
15. Peces C, Garcia-Rojo M. Almacenamiento de imágenes microscópicas en un Servicio de Anatomía Patológica. Sociedad Española de Informática y Salud. 2006; 56:23-27.
16. Choplin, R., (1992). Picture archiving and communication systems: an overview. Radiographics January 1992; 12:127-129.
17. PACS ([http://en.wikipedia.org/wiki/Picture\\_Archiving\\_and\\_Communication\\_System#cite\\_note-0](http://en.wikipedia.org/wiki/Picture_Archiving_and_Communication_System#cite_note-0))
18. SATEC y Serendipia: integración. ([http://audienciaexterna.satec.es/asisomos-documentacion/casos-exito/spanish/caso-exito18\\_SERENDIPIA.pdf](http://audienciaexterna.satec.es/asisomos-documentacion/casos-exito/spanish/caso-exito18_SERENDIPIA.pdf))
19. Kayser K et al. History and structures of telecommunication in pathology, focusing on open access platforms. Diagnostic Pathology 2011; 6:110.
20. Brauchli K, O'mahony D, Banach L, Oberholzer M. iPaht – a Telemedicine Platform to Support Health Providers in Low Recourse Settings. Stud Health Technol Inform. 2005; 114:11-7.
21. Brauchli K, Oberholzer M. The iPath telemedicine platform. J Telemed Telecare. 2005; 11 Suppl 2:S3-7.
22. iPATH. (<http://sourceforge.net/apps/trac/ipath/>)
23. Aurora Interactive Ltc. (<http://www.aurorainteractive.com/>)
24. Têtu B, Fortin JP, Gagnon MP, Louahlia S. *The challenges of implementing a "patient-oriented" telepathology network; the Eastern Québec telepathology project experience.* Anal Cell Pathol (Amst). 2012; 35(1):11-8.
25. COPAT. (<http://www.uninet.edu/copat/index.html>)
26. Joint Academic Network, JANET. (<http://www.ja.net/>)
27. Nanoworld. The Centre for Microscopy and Microanalysis. The University of Queensland. Brisbane, Queensland 4072 Australia. Web: (<http://www.uq.edu.au/nanoworld>)
28. Grimes GJ, McClellan SA, Goldman J, Vaughn GL, Conner DA, Kujawski E, McDonald J, Winokur T, Fleming W. Applications of virtual reality technology in pathology. Stud Health Technol Inform 1997;39:319-27.
29. Zhou J, Hogarth MA, Walters RF, Green R, Nesbitt TS. Dual camera telepathology system. Fifth Annual Meeting of the American Telemedicine Association. American Telemedicine Association. 1 -5 Nov. 2000, St. Louis, MO.
30. 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.
31. 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.
32. Lieberman RW. Medical Imaging and the Internet. Presentación invitada en Anatomic Pathology Informatics, Imaging and the Internet, APIII98.
33. Wang JZ. Wavelet-based Virtual Microscope Demo Page. 1998 -1999. (<http://wang.ist.psu.edu/IMAGE/wavezoom/>)
34. Collaborative Telemicroscopy Initiative for Hospitals Universities Business Schools. (<http://www.pathology.pitt.edu/hubs/index.htm>)
35. Harris T, Leaven T, Heidger P, Kreiter C, Duncan J, Dick F. Comparison of a virtual microscope laboratory to a regular microscope laboratory for teaching histology. Anat Rec (New Anat) 2001; 265:10-14.

36. Leong FJW-M, Graham AK, McGee J O'D. Virtual Histological Imaging Utilising Next Generation Telepathology Technology. Poster presented at the 180th meeting of the Pathological Society of Great Britain and Ireland. Queen Elizabeth II Conference Centre, Westminster, London. 18th -21st January 2000.
37. Schwarzmann P, Binder B, Käser M, Klose R. Histkom -an integrated solution for telepathology. Abstract A123. 6th European Society for Analytical Cellular Pathology Congress, Heidelberg, April 7 -11, 1999. (<http://www.biochem.mpg.de/valet/6tha123.html>)
38. Dietel M, Nguyen-Dobinsky TN, Hufnagl P: The UICC Telepathology Consultation Center. International Union Against Cancer. A global approach to improving consultation for pathologists in cancer diagnosis. *Cancer* 2000, 89(1):187-91.
39. Knudsen PL, Clinch N, Maddison J, Daniels en HE. Interpath : providing a high quality, low cost and ease of use second opinion telepathology solution on the Internet. Abstract A084. 6th European Society for Analytical Cellular Pathology Congress, Heidelberg, April 7 -11, 1999. (<http://www.biochem.mpg.de/valet/6tha084.html>)
40. Chen CW, Jiang J, Zheng Z, Wu XG, Yu L. Wavelet -based compression of Pathological Images for Telemedicine Applications. Proceedings of SPIE Medical Imaging 2000: PACS Design and Evaluation: Engineering and Clinical Issues, February 2000, San Diego, CA.
41. Pagni F, Bono F, Di Bella C, Faravelli A, Cappellini A. Virtual surgical pathology in underdeveloped countries: The Zambia Project. *Arch Pathol Lab Med*. 2011 Feb;135(2):215-9.
42. RAFT. (<http://www.ipath-network.com/raft/>)
43. Microscopios virtuales. (<http://micro.magnet.fsu.edu/primer/resources/virtuallinks.html>)
44. Ayad E, Yagi Y. *Virtual microscopy beyond the pyramids, applications of WSI in Cairo University for E-education & telepathology*. *Anal Cell Pathol (Amst)*. 2012;35(2):93-5.
45. Kldiashvili E, Schrader T, Burduli A, Ghortlishvili G. *Application of medical information system for telepathology—Georgian experience*. *Telemed J E Health*. 2010 Jul-Aug;16(6):699-704.
46. Sawai T, Uzuki M, Kamataki A, Tofukuji I. *The state of telepathology in Japan*. *J Pathol Inform*. 2010 Aug 10;1. pii: 13.
47. Peces C, García-Rojo M, Sacristán J, Gallardo AJ, Rodríguez A. Serendipia: Castilla-La Mancha telepathology network. *Diagn Pathol*. 2008 Jul 15;3 Suppl 1:S5.
48. SEAP. ([www.seap.es](http://www.seap.es))
49. Rojo MG, García GB, Mateos CP, García JG, Vicente MC. *Critical comparison of 31 commercially available digital slide systems in pathology*. *Int J Surg Pathol*. 2006 Oct;14(4):285-305.
50. Rojo MG, Daniel C, Schrader T. Standardization efforts of digital pathology in Europe. *Anal Cell Pathol (Amst)*. 2012;35(1):19-23.
51. Kayser K. *Introduction of virtual microscopy in routine surgical pathology - a hypothesis and personal view from Europe*. *Diagn Pathol*. 2012 Apr 30;7(1):48.
52. Jara-Lazaro AR, et al: Digital pathology: exploring its applications in diagnostic surgical pathology practice. *Pathology* 2010, 42(6):512–518.
53. Kayser K, Molnar B, Weinstein RS: *Virtual Microscopy-Fundamentals-Applications-Perspectives of Electronic Tissue-based Diagnosis*. Berlin: VSV Interdisciplinary Medical Publishing; 2006.
54. Nap M, Teunissen R, Pieters M: A travel report of the implementation of virtual whole slide images in routine surgical pathology. *APMIS* 2012, 120(4):290–297.
55. James T; Tao H. Electronics: The fourth element. *Nature* 2008, 453: 42-43.
56. Grafeno. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Grafeno>)