



Estudio de la Microscopía Virtual en el Mundo

Um Estudo da Microscopia Virtual no Mundo

An analysis about Virtual Microscopy in the World

Jenny Alexandra Pedroza Pedraza¹, Yesid Freija Paternina¹, Lina María Garcés Rodríguez²,
Andrés Eduardo Gómez Hernández²

RESUMEN

Descriptores:

Telemedicina; Microscopía

La microscopía virtual (MV) es un método de adquisición y transmisión de imágenes, que se basa en la digitalización de muestras de láminas de cristal adquiridas por medio de un microscopio con la ayuda de dispositivos tecnológicos. La MV tiene diversos campos de aplicación: en medicina, docencia e investigación científica. De acuerdo a su funcionamiento se divide en: estática, dinámica robotizada, dinámica no robotizada y microscopio de campo amplio. El objetivo del artículo es realizar un estudio para conocer el estado actual de la microscopía virtual en el mundo y los aspectos funcionales y técnicos de los métodos presentados. Para esto se llevó a cabo una revisión de la literatura, en donde se analizó el dominio de aplicación de cada método a nivel mundial, concluyendo que la MV es más aplicada para diagnóstico, siendo el método estático el más empleado.

RESUMO

Descritores:

Telemedicina; Microscopia

Microscopia Virtual (MV) é um método para a digitalização e transmissão de imagens de amostras de células obtidas através de um microscópio com auxílio de recursos tecnológicos. A MV tem se tornado cada vez mais importante para os domínios de aplicação de medicina, ensino, e pesquisa científica. Adicionalmente, a MV pode ser categorizada como: estática, dinâmica robotizada, dinâmica não robotizada, e microscópio de campo amplo. Nessa perspectiva, o principal objetivo deste artigo é realizar um estudo para estabelecer o estado atual da microscopia virtual no mundo. Além disso, são apresentados os aspectos funcionais e técnicos dos métodos de microscopia virtual encontrados no estado da arte. Com essa finalidade, realizou-se uma revisão da literatura. Assim mesmo, analisou-se o domínio de aplicação onde cada método é utilizado, e concluiu-se que a MV estática é a técnica mais usada principalmente para diagnóstico médico.

ABSTRACT

Keywords: Telemedicine;
Microscopy

Virtual Microscopy (VM) is a method to digitize and transmit cell samples obtained from a microscope and technological resources. VM have been more and more important for medicine, teaching, and scientific research. Moreover, the VM can be classified as: static, dynamic-robotic, dynamic-non-robotic, and wide field microscopy. In this perspective, the main objective of this work is to establish the current state of the VM in the world. Additionally, functional and technical aspects of VM, that were found in the state of the art, are also presented. For this, it was conducted a literature review. Furthermore, it was analyzed the application domains where each VM technique has been used. In this context, it was concluded that static VM is the most used technique, principally for medical diagnosis.

¹ Estudiante de Ingeniería de Sistemas, Universidad Industrial de Santander-UIS, Santander, Colombia.

² Estudiante de doctorado en el Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação- ICMC, Universidade de São Paulo-USP, São Paulo (SP) Brasil.

INTRODUCCIÓN

La creciente necesidad de diagnósticos más acertados, dio lugar a la utilización de tecnologías de información y comunicación logrando la interacción entre especialistas que se encuentran en diferentes áreas geográficas y el intercambio de muestras de manera rápida, consiguiendo que sea posible hacer un diagnóstico en conjunto con el único requisito de poder acceder a una conexión a internet⁽¹⁾. En este sentido, la MV se ha convertido en una herramienta de apoyo al diagnóstico médico, a la educación o entrenamiento, y para la investigación. La MV se puede definir como un método de adquisición y transmisión de imágenes, que se basa en la digitalización de muestras de láminas de cristal adquiridas por medio de un microscopio con la ayuda de dispositivos tecnológicos. Estas imágenes pueden ser visualizadas y estudiadas de manera independiente desde cualquier lugar.

Considerando la importancia que ha obtenido la MV en el mundo, se considera importante tener un panorama detallado sobre su estado actual. Por eso, en el presente artículo se describen características importantes de cada una de las técnicas utilizadas para la obtención de imágenes en MV (e.g., estática, dinámica robotizada, dinámica no robotizada, y microscopio de campo amplio). Además se realiza una comparación de los aspectos funcionales, y aspectos técnicos (e.g., costo, ancho de banda requerido para la transmisión, entre otros) de estas técnicas. Igualmente se presenta un análisis sobre: i) el nivel de uso de cada técnica de MV, ii) el dominio de aplicación donde cada técnica ha sido adoptada, iii) los países que han implementado técnicas de MV, y iv) el nivel de adopción de técnicas de MV dependiendo del nivel de desarrollo de los países. Con este fin, fue realizada una revisión de la literatura. Para esto se utilizaron las siguientes bases de datos científicas: IEEE, SpringerLink, Scielo, y Scopus. Adicionalmente, se utilizó el motor de búsqueda "Google scholar". La búsqueda se realizó utilizando los términos "Virtual Microscopy" y "Microscopía Virtual". Como resultado se seleccionaron 22 estudios para el análisis de resultados.

Los resultados presentados en este artículo sirven como guía para futuros desarrollos (o para analizar la adquisición) de sistemas de MV por parte de centros de salud, centros de formación de especialistas, o centros de investigación, ya que pueden evaluar las opciones existentes dependiendo del nivel de desarrollo del país y del tipo de aplicación que requieren (e.g., considerando costos, características funcionales, y técnicas).

TÉCNICAS DE MICROSCOPIA VIRTUAL

En términos generales, la MV involucra⁽²⁾: **i)** Un computador local para enviar la información, **ii)** Un computador receptor, ubicado en el lugar de trabajo del especialista, **iii)** Un medio de comunicación y **iv)** un microscopio con una cámara digital de alta resolución. Adicionalmente, la MV involucra los siguientes pasos⁽³⁾: **i)** Adquisición o digitalización de la totalidad de la muestra o una zona determinada; **ii)** Procesamiento y Almacenamiento de las imágenes en servidores de gran

capacidad; y **iii)** Visualización de las imágenes a través de un computador.

Microscopio virtual estático

Esta técnica se basa en obtener por medio de una cámara digital una cantidad determinada de campos microscópicos. El Usuario inicial (persona que opera el microscopio), captura un conjunto pequeño de imágenes digitales fijas que considera representativas y las transmite al especialista por una red de comunicación, donde este último estudia la muestra y puede emitir un diagnóstico basado en la información proporcionada. Este método requiere la participación de expertos en ambos lados de las vías de transmisión, tanto en el proceso de adquisición de las imágenes en el lugar de envío, para poder seleccionarlas apropiadamente, como para la interpretación y diagnóstico de las mismas en el sitio de recepción⁽⁴⁾. Para cumplir con estas especificaciones se deben tener en cuenta que el microscopio sea trinocular para hacer posible el acople de la cámara digital; ya que al tiempo que la cámara captura la imagen, el operador local debe poder observarla⁽⁵⁾.

El microscopio virtual estático puede ser implementado con una baja inversión económica, además, estos sistemas tienen un bajo costo de mantenimiento asociados, puesto que sólo presentan una visión limitada de la muestra y pueden tener una menor precisión diagnóstica.

Microscopio virtual dinámico

Este método de adquisición se divide en dos: **i)** Microscopio dinámico no robotizado, el cual permite ser controlado desde la ubicación local y **ii)** Microscopio dinámico robotizado, donde este consta del hardware necesario para que el especialista pueda controlar el campo de selección, amplificación y enfoque de la muestra desde cualquier lugar. Ambos mecanismos requieren de un ancho de banda de transmisión alto.

Microscopio dinámico no robotizado

Este método puede llevarse a cabo con la ayuda de un microscopio controlado por un experto que es capaz de manipular la platina del mismo y seleccionar la imagen a visualizar. Esto permite la visualización simultánea de una muestra por múltiples especialistas, trayendo grandes beneficios en áreas geográficamente apartadas⁽⁶⁾.

El microscopio se encuentra conectado a una cámara digital que proyecta la imagen del portaobjeto a un monitor local y de inmediato esta es proyectada al monitor del especialista a través de internet⁽⁷⁾. El experto comienza exponiendo una vista panorámica de la muestra y luego va movilizándolo buscando diversos campos y cambiando los aumentos. Si el especialista necesita un mayor aumento o regresar a un campo específico de la muestra, le pide al experto a través del medio de comunicación (e.g., teléfono), que mueva la lámina al campo solicitado o coloque el aumento requerido. El aumento del microscopio y la resolución de la cámara dependen del tipo de diagnóstico realizado.

Microscopio dinámico robotizado

En este método el especialista, desde su lugar de trabajo, tiene el control del microscopio desde una

ubicación geográfica diferente a la del mismo⁽⁸⁾, de manera que él puede observar desde su computador las áreas de la lámina necesarias. Esta forma de microscopía requiere de un sistema de control que permita al especialista manipular el microscopio de forma remota y herramientas software de visualización.

Para la adquisición de las imágenes de la muestra es necesario el acople de tres motores paso a paso⁽⁹⁾ que permitan controlar el enfoque de la platina⁽¹⁰⁾. La platina deslizante posee tres grados de libertad⁽¹¹⁾. Con estos motores, y por medio de un una aplicación software que permita el manejo y la captura de la imagen a través de la cámara se hace el barrido de la muestra con las especificaciones necesarias. Al acoplar los motores paso a paso se debe tener en cuenta los grados de libertad de la perilla y la resolución en grados/paso que posee el motor⁽¹²⁾ ya que con ellos se determina la resolución de giro. La disposición del motor para el movimiento en el eje Z se detalla en⁽¹³⁾. La configuración de los motores para el movimiento en los ejes X-Y es descrita en⁽¹¹⁾.

Microscopio de campo amplio

En este método, la muestra es capturada previamente con una alta resolución, cabe aclarar que debido a la gran resolución que tiene la imagen, es necesario contar con una gran capacidad de memoria para almacenarla. Esta imagen está disponible en un servidor especializado que puede entregar partes de la imagen, conforme a lo solicitado, a un ordenador remoto conectado a internet⁽¹⁴⁾. En la ubicación remota, el especialista puede ver esta imagen pre-capturada como si estuviera observando el portaobjetos original, así como mover la muestra para seleccionar un campo de visión deseado⁽¹⁵⁾. A medida que el especialista mueve la imagen, esta petición es enviada al servidor el cual selecciona la imagen en alta resolución, de ese punto de referencia de la muestra y en cuestión de segundos es visualizada por el especialista. El resultado final es una interfaz que se aproxima más a la práctica actual de microscopía y por lo tanto tiene una mayor aceptación. La interface de visualización a menudo proporciona una vista con pocos aumentos de todo el portaobjeto, y un simple clic permite al usuario saltar a una gran ampliación de la imagen, con alta resolución de la parte correspondiente del conjunto de datos⁽¹⁶⁾.

Esta tecnología requiere un alto costo que varía dependiendo de los equipos utilizados para capturar el

conjunto de datos de la imagen, y el equipo adicional, para visualizar las imágenes a través del internet. El tiempo de adquisición está determinado por la cantidad de campos de vistas⁽¹⁷⁾ que sean necesarios tomar, para obtener una resolución alta. Actualmente la digitalización de la imagen se logra por medio de dos métodos: microscopios robotizados y escáneres. Los microscopios robotizados recorren la imagen progresivamente y la imagen final se reconstruye cuadro por cuadro⁽¹⁸⁾. Los Escáneres de placas incluyen componentes similares a los que se utilizan en los microscopios automatizados, pero con algunas modificaciones, como la ausencia de oculares y la ausencia de control de posición y el foco⁽¹⁹⁾.

Durante el proceso de digitalización es necesario crear un mapa de la imagen completa donde se pueda detectar las partes de esta que se deben digitalizar y no incluir regiones vacías, para lo cual existen algunos algoritmos de escaneo de la imagen⁽¹⁷⁾, luego se enfoca el mecanismo de captura en la región que se ha escogido y se inicia el proceso de captura, que generalmente se realizan de la esquina superior izquierda hasta el borde inferior de la preparación. El proceso de ensamble puede hacerse por medio de ajuste mecánico o por medio de ajuste por software. En el primero se deben alinear los bordes de cada imagen y en el segundo se deben tomar imágenes adyacentes con una ligera superposición entre sus bordes y posteriormente ajustar las imágenes mediante software. Es el método empleado por Aperio ScanScope y LifeSpan Alias⁽²⁰⁾. Los campos individuales son puntos cercanos que conforman una imagen de alta resolución, en la mayoría de los sistemas, esta alta resolución se utiliza de base para crear otra serie de menor resolución. La nueva imagen que tiene una resolución cuatro veces y media menor, en comparación con la imagen de base, es ahora usada para generar otra imagen de menor resolución. Este proceso se repite hasta que se tiene una pirámide de imágenes relacionadas, la imagen de base es la de más alta resolución, y la imagen vértice es lo suficientemente pequeña para mostrar todo el portaobjetos en una parte conveniente del monitor de la computadora⁽²¹⁾.

Comparación entre las diferentes técnicas

Pueden surgir dudas a la hora de seleccionar entre un microscopio virtual estático, dinámico o de campo amplio. El estático se considera como la opción más económica y recomendable cuando se necesita una segunda opinión, aunque requiere de miles de imágenes para servir de base

Funcionalidad	Técnica Estática	Técnica Dinámica no robótica	Técnica Dinámica robótica	Técnica de campo amplio
Permite el análisis de toda la información celular presente en la lámina	NO	SI	SI	SI
Se requiere gran capacidad de hardware para almacenar las muestra digitales	NO	NO	NO	SI
Es posible almacenar la muestra para posteriores análisis	SI	NO	NO	SI
El tiempo de adquisición de la información celular es menos de 10 minutos	SI	NO	NO	NO
Necesaria la presencia de dos o más especialistas	NO	SI	NO	NO
Alta resolución de la muestra	NO	NO	NO	SI

Figura 1 - Aspectos funcionales de las técnicas de MV.

	Costo	Imagen	Plano e enfoque	Selección de la imagen	Experiencia en el sitio remoto	Ancho de banda
Estática	Baja	Estática	Fija	Local	Alta	Baja
Dinámica no Robótica	Media	Tiempo Real	Variable	Local	Moderada	Media
Dinámica Robótica	Alta	Tiempo Real	Variable	Remota	Baja	Media-Alta
Campo Amplio	Muy Alta	Almacenada	Variable	Remota	Baja	Media-Alta

Figura 2 - Aspectos técnicos de los sistemas de MV⁽²⁴⁾.

para un diagnóstico. Se ha demostrado que el dinámico es más beneficioso cuando se utiliza para fines de diagnóstico⁽²²⁾ y por eso, se ha visto que este modo es manejado en su mayoría por dos o más especialistas que se encuentran en ubicaciones distantes. El especialista que desea obtener una segunda opinión debe proporcionar las especificaciones necesarias para que los otros profesionales puedan entender claramente cuál es el objetivo del análisis. En este caso, el mayor problema del dinámico robotizado es el alto costo de implementación a diferencia del no robotizado que presenta un costo no tan elevado aunque, se requiere de una infraestructura de comunicación para que el especialista remoto transmita las especificaciones al especialista encargado de la manipulación del microscopio óptico. El microscopio virtual de campo amplio le permite al especialista tener mayor flexibilidad en comparación con los otros dos métodos, ofrece mayor facilidad para el análisis de la imagen debido a su alta resolución, y mejora la forma de acceso. Sin embargo, requiere gran capacidad de memoria en el servidor debido a que necesita guardar imágenes con todas las características de la muestra original⁽²³⁾. En las Figuras 1 y 2 se establece un análisis comparativo de cada una de las técnicas, teniendo en cuenta aspectos de funcionalidad y aspectos técnicos⁽²⁴⁾.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó un análisis basado en 22 estudios⁽²⁵⁻⁴⁷⁾ encontrados en la literatura, y que son considerados en la columna “referencias” de la Figura 3. Para cada uno de los estudios, se tuvo en cuenta la siguiente información: (i) tipo de técnica utilizada (estática, dinámica robotizada, dinámica no robotizada, y campo amplio), (ii) dominio de aplicación (educación (E), investigación (I), y diagnóstico (D)), (iii) el país en el cual se implementó la técnica, y (iv) El nivel de desarrollo del país (desarrollado o en vía de desarrollo).

Un análisis de la evidencia encontrada, permitió identificar los siguientes resultados:

1. De los estudios analizados, el 55% de los países presentó evidencia del uso de la MV con fines de diagnósticos. El 34% ha utilizado la MV como apoyo a la educación, y un 11% la ha aplicado en investigación.

2. Con base en los estudios analizados, el 55% de los países han utilizado técnicas de MV para el diagnóstico médico, específicamente porque permite el acceso a zonas lejanas que presentan escases de servicios de salud y equipos médicos. Algunos países que están utilizando la MV para ayuda diagnóstica son: islas Salomón (25), Egipto (25), Inglaterra (25), Etiopía (25) Paraguay (26), Sudáfrica (27),

Japón (28), Georgia (30), USA (32), Congo (33), África (34), Australia (35), Sur este de Asia (37), India (37), África (37), Suiza (38), Italia (25)(41), España (42), Reino Unido (44), Perú (45) y Colombia (46) (47). Igualmente se pudo establecer que en el área de salud, la MV es usada como herramienta para apoyar el intercambio de opiniones entre especialistas, especialmente en países como Egipto (25), Italia (25), Georgia (30) y Australia (35).

3. Con fines de investigación, las técnicas de MV han sido usadas en el 11% de los países reportados. Así, la MV está siendo usada en Argentina (31), Australia (35) y USA (40)(43), por científicos que buscan compartir las láminas virtuales e información referente a ellas con colegas, ya sea para estudio de casos, o para tener a disposición de ellos, material con el cual puedan adelantar sus propias investigaciones.

4. Igualmente, en el 34% de los países encontrados, la MV está siendo aplicada para producir un nuevo método de enseñanza, permitiendo así que estudiantes y profesores creen conjuntamente contenido y anotaciones en las muestras digitales, de tal forma que los estudiantes puedan tener material patológico disponible para sus estudios. Países como Argentina (25), Sudáfrica (25), España (25), Etiopía (25), Suiza (25), Camboya (25), Paraguay (26), Egipto (29), Georgia (30), USA (36)(39)(43), Reino Unido (44) y Colombia (47), han establecido la MV como herramienta de apoyo a estudios en el área de patología.

5. La MV estática presenta el mayor porcentaje de uso con respecto a la MV dinámica y de campo amplio, con el 43% de participación a nivel mundial. La MV dinámica presenta un significativo porcentaje de uso, siendo implementada en un 30% de los países, en donde dicho porcentaje se encuentra distribuido en la técnica dinámica robótica (18%) y la no robótica (12%). En cuanto a la MV de campo amplio, se encontró que ha sido implementada en un 27% de los países, presentando la menor participación en este estudio.

6. La Figura 4 presenta una comparación de cada técnica de MV en tres dominios de aplicación (Educación, Investigación y Diagnóstico). En esta figura se puede observar que: (i) la MV estática presenta un mayor uso en el área de diagnóstico (con 13 estudios), medianamente en educación (con 6 estudios) y no se encontró evidencia de su aplicación en el área de la investigación; (ii) la MV dinámica robotizada presenta mayor adopción en las áreas de diagnóstico e investigación (las dos áreas con 3 estudios), mientras que para la educación su uso es menor (con 2 estudios); (iii) la MV dinámica no robótica presenta mayor uso en el área de diagnóstico (con 3 estudios),

Referencia	Técnica Utilizada	Dominio de aplicación			Técnica Utilizada	Dominio de aplicación			Técnica Utilizada	Dominio de aplicación			Técnica Utilizada	Dominio de aplicación			País Desarrollado
	Estática	E	I	D	Dinámica Robótica	E	I	D	Dinámica no Robótica	E	I	D	Campo amplio	E	I	D	
(25)	Italia			1													SI
(25)	Egipto			1													NO
(25)	Inglaterra			1													SI
(25)					Sudáfrica	1											NO
(25)	España	1															SI
(25)	Argentina	1										Argentina	1				SI
(25)	Etiopía	1		1													NO
(25)	Suiza	1															SI
(25)	Camboya	1															NO
(25)	Isla Salomon			1													NO
(26)									Paraguay	1		1					NO
(27)					Sudáfrica			1									SI
(28)												Japón			1		SI
(29)												Egipto	1				NO
(30)	Georgia	1		1													NO
(31)					Argentina			1									SI
(32)	USA			1													SI
(33)	Congo			1													NO
(34)	África			1													NA
(35)					Australia		1	1	Australia		1	1					SI
(36)												USA	1				SI
(37)	India			1													NO
(37)	Southwest Asia			1													NA
(37)	África			1													NA
(38)	Suiza			1													SI
(39)					USA			1									SI
(40)					USA			1									SI
(41)												Italia				1	SI
(42)	España			1					España			1					SI
(43)												USA	1	1			SI
(44)												Reino Unido	1		1		SI
(45)												Perú			1		NO
(46)					Colombia			1									NO
(47)												Colombia	1		1		NO

Figura 3 - Aplicaciones en el mundo.

mientras que en educación e investigación se encontró una frecuencia de uso menor (las dos con 1 estudio; iv) la MV de campo amplio presenta mayor uso en la educación y en el diagnóstico (con 6 y 5 estudios respectivamente), mientras que para el área de investigación su frecuencia de uso es más baja (con 1 estudio).

7. En la Figura 5 se presenta la participación de cada técnica de MV dependiendo el nivel de desarrollo del

país. Igualmente se puede observar un importante grado de adopción de las técnicas estática y de campo amplio en los países desarrollados (8 estudios), seguidas por la Robotizada (con 5 estudios) y finalmente la no robotizada (con 3 estudios). En los países no desarrollados la MV estática y de campo amplio también son las más usadas sin embargo el nivel de uso entre estas no es el mismo estando la estática (9 estudios) en un nivel de uso superior

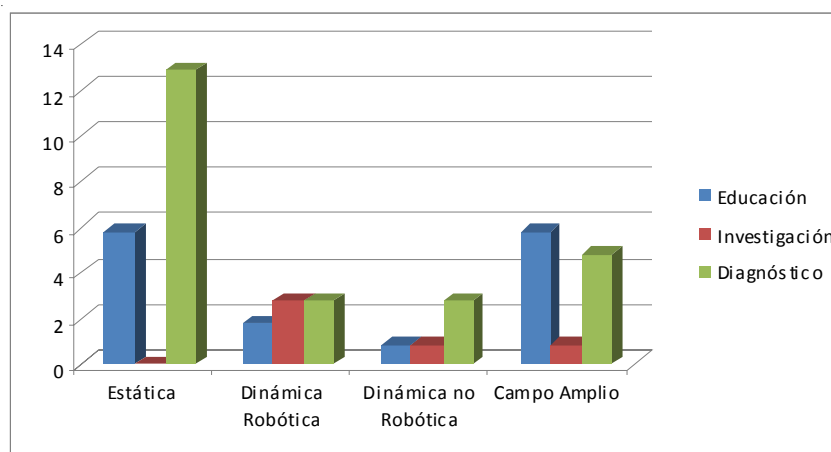


Figura 4 - Técnicas de MV vs dominio de Aplicación.

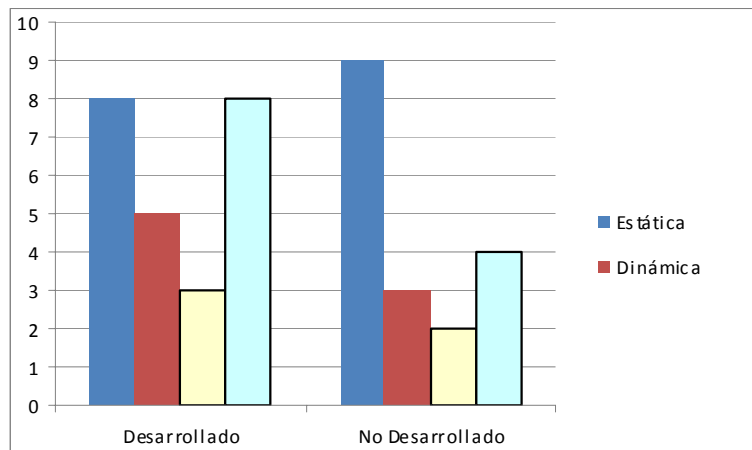


Figura 5 - Nivel de desarrollo de los países vs Técnica de MV.

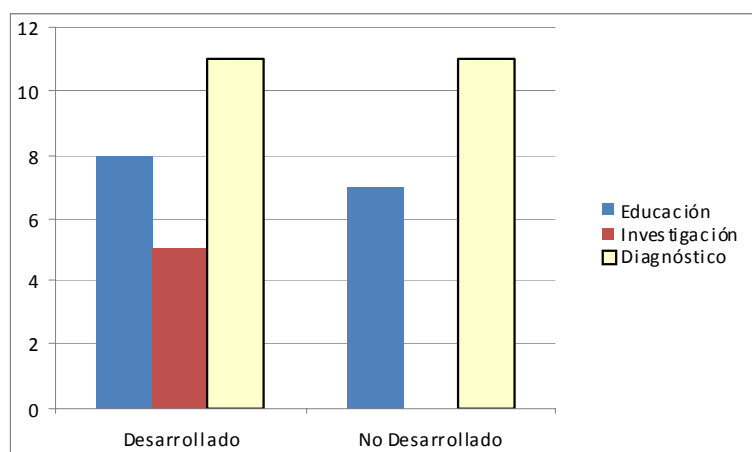


Figura 6 - Nivel de desarrollo de los países vs Dominio de Aplicación.

al de campo amplio (4 estudios), seguida de estas también se encuentra la robotizada (3 estudios) y por último con menor grado de utilización la no robotizada (2 estudios).

8. En la figura 6 se expone que la MV está orientada en gran proporción hacia el área de diagnóstico para los dos niveles de desarrollo (con 11 estudios para cada nivel de desarrollo). Sin embargo, la MV es usada de forma significativa en el área de educación, presentando un nivel de uso similar en países desarrollados (con 8 estudios) y no desarrollados (con 7 estudios). Finalmente, se puede apreciar que solamente se encontró evidencia del uso de la MV en el área de investigación en los países desarrollados (con 5 estudios).

CONCLUSIONES

En este artículo se realizó un estudio detallado de los diversos componentes necesarios en cada una de las técnicas de MV, sus características y sus respectivas aplicaciones. También se presentó una visión general del estado de la MV a nivel mundial con el fin de conocer el nivel de adopción que la misma ha tenido en el mundo. Igualmente, con los resultados de este trabajo se puede establecer una guía para futuras implementaciones de las técnicas de MV, tomando en consideración las necesidades, el tipo de aplicación, el nivel de infraestructura y los recursos económicos disponibles con los que cuenta cada país.

Cada una de las técnicas de MV presenta ventajas y

desventajas dependiendo del tipo de aplicación para el cual van a ser destinadas. De igual forma, se debe tener en cuenta que la precisión del resultado depende de la técnica escogida. Por ejemplo, (i) la MV estática necesita de una baja inversión económica, tiene bajo costo de mantenimiento asociado, aunque presenta una visión limitada de la muestra y puede tener una menor precisión diagnóstica; (ii) La MV dinámica presenta un mayor nivel de precisión que la estática, su costo de implementación es alto si se usa la técnica robotizada. Sin embargo, si se escoge la técnica no robotizada el costo es bajo. Esta permite la visualización simultánea de una muestra por múltiples especialistas, trayendo grandes beneficios en áreas geográficamente apartadas, aunque ambos mecanismos requieren de un ancho de banda de transmisión alto; (iii) la MV de campo amplio permite mayor flexibilidad en comparación con las otras dos técnicas y ofrece una mayor facilidad para el análisis de la imagen debido a su alta resolución. Sin embargo, además de su alto costo de implementación, esta requiere de una gran capacidad de almacenamiento.

En la mayoría de los países las técnicas que presentan un mayor grado de utilización son la MV estática y MV de campo amplio, dichas técnicas son seguidas por la MV dinámica robotizada y finalmente la MV dinámica no robotizada con un nivel de uso inferior a las anteriores.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Industrial de Santander,

nuestra alma mater, por la colaboración en la adquisición de información necesaria para realizar el presente artículo,

por medio de las bases de datos privadas que la universidad facilita para el uso de sus estudiantes.

REFERÊNCIAS

1. Fuentes I. veo, veo... un mundo microscópico en una gota de agua: Microscopia virtual. Microscopios virtuales en educación [internet]. California: Isabel Florez. 2012 Ene - [citado 2013 Mar 28] Disponible en: <http://unmundomicroscopico.blogspot.com/2012/01/microscopia-virtual-microscopios.html>
2. Sinard JH. Video microscopy and telemicroscopy. In: Sinard JH. Practical pathology informatics: demystifying informatics for the practicing anatomic pathologist. New York: Springer; 2006. p. 265-86.
3. Catalyurek U, Beynon MD, Chialin C, Kurc T, Sussman A, Saltz J. The virtual microscope. *IEEE Trans Inf Technol Biomed.* 2003;7(4): 230-48.
4. Barr M, McClellan S, Winokur T, Vaughn G. An automated tissue preclassification approach for telepathology: implementation and performance analysis. *IEEE Trans Inf Technol Biomed.* 2004;8(2):97-102.
5. PCE Instruments [internet]. Albacete: PCE Instruments [cited 2013 Mar 28]. Microscopios. Available from: <http://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/medidores/microscopios.htm>
6. Wamala D, Katamba A, Dworak O. Feasibility and diagnostic accuracy of Internet-based dynamic telepathology between Uganda and Germany. *J Telemed Telecare.* 2011; 17(5):222-5.
7. Pantanowitz L, Wiley CA, Demetris A, Lesniak A, Ahmed I, Cable W, Contis L, Parwani AV. Experience with multimodality telepathology at the University of Pittsburgh Medical Center. *J Pathol Inform.* 2012; 3:45.
8. Conde AF. Microscopia virtual: un cambio en la forma de hacer telepatología? In: VIII Congreso Virtual Hispanoamericano de Anatomía Patológica; 2006 Oct 1-31; Badajoz, España. Alcorcón: Universidad Rey Juan Carlos; 2006.
9. Parra A, Puentes J, Herrera A. Remote microscope control for cervical cancer teleradiology. *Engineering in Medicine and Biology Society, 2003. Proceedings of the 25th Annual International Conference of the IEEE ; 2003 Sept 17-21; Ciudad de Mexico, Mexico: IEEE; 2003. v 2. p. 1358-9.*
10. Arango B, Soori PK, Talukder P. Stepper motor drives for robotic applications. *Proceedings of the Power Engineering and Optimization Conference (PEDCO) Melaka, Malaysia, 2012 IEEE International; 2012 Jun 6 -7; Melaka: IEEE; 2012. p. 361-6.*
11. Yunda L, Rodriguez S, Gomez LF, Maya OJ, Barrera OA. Sistema de microscopia robotizada para el diagnóstico y confirmación de diagnóstico a distancia. *Rev Ingenium.* 2011; 5(10): 39-46.
12. Omega [internet]. United State: OMEGA Engineering inc. c2003-2013 [cited 2013 Apr 2]. Introduction to stepper motors. Available from: http://www.omega.com/prodinfo/stepper_motors.html
13. Ibañez HR, Pertuz SD. Sistemas de adquisición automática de imágenes para microscopio óptico [Internet]. Bucaramanga (BM): repositorio Universidad Industrial de Santander (Colombia); [Citado 2013 Jun 12]. Disponible en: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/3235/2/122541.pdf>
14. Iregui M, Gómez F, Romero E. Strategies for efficient virtual microscopy in pathological samples using JPEG2000. *Micron.* 2007;38(7):700-13.
15. Bradley A, Wildermoth M, Mills P. Virtual microscopy with extended depth of field. *Digital image computing: techniques and applications. Proceedings of the International Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA) 2005; 6-8 December 2005, Cairns, Australia; 2005. p. 235-42.*
16. Roulier V, Ta v, Lezoray O, Elmoataz A. Graph-based multi-resolution segmentation of histological whole slide images. In: *Biomedical Imaging: from Nano to Macro, IEEE International Symposium on; 2010 Apr 14 -7. Rotterdam: IEEE; 2010. p. 153-6.*
17. Altinay D, Bradley AP. An evaluation of multi-resolution microscope slide scanning algorithms. *Proceedings of the International Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA); 2011 Dec 6 - 8; Noosa, Sunshine Coast, Queensland, Australia: IEEE; 2011. p. 319-24.*
18. Appleton B, Bradley AP, Wildermoth M. Towards optimal image stitching for virtual microscopy. In: *Digital image computing: techniques and applications (DICTA); 2005 Dec 6 - 8; Queensland, Australia: IEEE Computer Society; 2005. p. 44.*
19. Rojo MG, Bueno G, Peces C, González J, Carbajo M. Critical comparison of 31 commercially available digital slide systems in pathology. *Int J Surg Pathol.* 2006; 14(4): 285-305.
20. García M, Bueno G, Peces C, Gonzales J, Carbajo M. Preparaciones digitales en los servicios de Anatomía Patológica (II). Análisis de soluciones existentes. *Rev Esp Patol.* 2005; 38 (4):207-20.
21. Gilbertson J, Patel AA, Yagi Y. Clinical slide digitization: whole slide imaging in clinical Practice experience from the University of Pittsburgh. In: Gu J, Ogilvie RW, editors. *Virtual microscopy and virtual slides in teaching, diagnosis and research.* Boca Raton, FLA: Francis; 2005. p. 225-40.
22. Sociedad de Lucha Contra el Cáncer [Internet]. Ecuador: Instituto del Cáncer Solca-Cuenca; 2010 [citado 2013 Jun 16]. Patología Virtual. Disponible en: http://www.institutodelcancer.med.ec/index_archivos/pvirtual.htm
23. Ifitkhar M, Masood K, Song TT. A model proposal for telepathology labs (TelePol). In: *Proceedings of the 1st Kuwait Conference on e-Services and e-Systems, eConf '09 ; 2009 Nov 17-19; Kuwait: ACM; 2009. p. 1-7.*
24. Madory JE. Telepathology [tesis]. Charleston (SC): Medical University of South California, Department of Pathology and Laboratory Medicine.
25. Malami SA. Recent advances in telepathology in the developing world. In: *Graschew G, Roelofs TA, editores. Advances in telemedicine: applications in various medical disciplines and geographical regions. Nigeria: IntechOpen; 2011. p. 279-96.*
26. Giorda F. El diario [Internet]. Paraná [Argentina]: Urquiza y Buenos Aires; 2012 [citado 2013 Jun 20]. Telemedicina, de Paraná a Paraguay. Disponible en: <http://www.eldiario.com.ar/diario/interes-general/nota.php?id=33185>
27. Banach L, Stepień A, Schneider J, Wichrzycka-Lancaster E. Dynamic active telepathology over National Health Laboratory service network, South Africa: feasibility study using Nikon Coolscope. 2008 [cited 2013 Jun 26]; 3(1) Suppl 1. Available from: <http://www.diagnosticpathology.org/content/3/S1/S3>
28. Tsuchihashi Y, Takamatsu T, Hashimoto Y, Takashima T, Nakano K, Fujita S. Use of virtual slide system for quick frozen intra-operative telepathology diagnosis in Kyoto, Japan. *Diagnostic pathology [Internet].* 2011 [citado 2013 Jun 28]; 6(Suppl 1):S19. Available from: <http://www.diagnosticpathology.org/content/6/S1/S19>
29. Ayad E, Sicurello F. Telepathology in emerging countries pilot project between Italy and Egypt. *Diagnostic pathology [Internet].* 2008 [cited 2013 Jun 30]; 3(Suppl 1): S2. Available from: <http://www.diagnosticpathology.org/content/3/S1/S2>
30. Schrader T, Kldiashvili E. Virtual health care center in Georgia. *Diagnostic pathology [Internet].* 2008 [cited 2013 Aug 3]; 3(Suppl 1): S4. Available from: <http://www.diagnosticpathology.org/content/3/S1/S4>

31. Capani F, Rey M, Coirini H. Telemicroscopía, acceso remoto a microscopios altamente especializados. Rev ciencia hoy en línea [Internet] 2005-2006 [citado 2013 Ago 5]; 15(90): Disponible en: <http://www.cienciahoy.org.ar/ln/hoy90/telemicroscopia.htm>
32. Dark daily [Internet]. 2011 [citado 2013 Aug 8]. Innovative telemicroscopy solution can allow city-based pathologists to diagnose specimens from remote regions. Disponible en: <http://www.darkdaily.com/innovative-telemicroscopy-solution-can-allow-city-based-pathologists-to-diagnose-specimens-from-remote-regions-0112#axzz2RICNtvKw>
33. Fletcher D. CallScope: telemicroscopy for disease diagnosis. Health Care Initiative [Internet]. [citado 2013 Aug 13]. Available from: <http://citris-uc.org/telehealth/project/cellscope-telemicroscopy-disease-diagnosis/>
34. Bellina L, Missoni E. Mobile cell-phones (M-phones) in telemicroscopy: increasing connectivity of isolated laboratories. Diagn Pathol. 2009; 4:19.
35. Australian Centre for Microscopy and Microanalysis [internet]. Sidney: The University of Sydney. c2002-13 [cited 2013 Aug 13] Telemicroscopy. Available from: <http://sydney.edu.au/acmm/facilities/telemicroscopy/index.shtml>
36. Triola MM, Holloway WJ. Enhanced virtual microscopy for collaborative education. BMC Med Educ. 2011; 11:4.
37. Simagis Live [internet]. Houston: Smart imaging technologies Co. [cited 2013 Aug 15] Mobile telemicroscopy. Available from: http://live.simagis.com/cases/-/asset_publisher/A3Ey/content/
38. Shashidhar VM, Brauchli K, Oberholzer M, Pryor J, Kishore K, Krishna R. Pacific telepathology service at Fiji school of medicine. Pac Health Dialog. 2003;10(2):178-81.
39. Imaging Technology Group [internet]. Urbana, Illinois: The Imaging Technology Group. [cited 2013 Aug 20]. Remote Microscopy. Available from: http://itg.beckman.illinois.edu/technology_development/remote_microscopy/
40. Callyam P, Howes N, Kalash A, Haffner M. User and network interplay in internet telemicroscopy [internet; 2007 [cited 2013 Aug 21]. Available from: https://www.osc.edu/files/staff_files/p_callyam/telemicroscopy_immerscom07_slides.pdf
41. Rizzo A, Mencarelli R, Gasparetto A, Cogo C, Colombari R. Telepathology in breast cancer screening programme. Diag Pat. 2013; 8(Suppl 1):S28.
42. Citopat Veterinaria. Servicio nacional de diagnóstico anatomopatológico [internet]. Barcelona: Citopat Veterinaria; 2011 [citado 2013 Ago 30]. Telepatología. Disponible en: <http://www.citopatveterinaria.com/telepatologia>
43. Academic [internet]. Academic; c2000-2013. [citado 2013 May 10] Microscopía virtual. Disponible en: <http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/1378387#sel=>
44. Randell R, Ruddle R, Thomas R, Treanor D. A virtual reality microscope for diagnostic pathology - the Powerwall project. 2012 [cited 2013 Sep 2]. Available from: http://www.virtualpathology.leeds.ac.uk/research/HCI/Powerwall/virtual_reality_microscope.php#contactus
45. Arias-Stella J, Valdés-Gómez J, Yance-Chávez T, Arias-Stella Javier. Primera experiencia de telepatología robótica en el Perú. Rev Peru Med Exp Salud Publica. 2009;26(1): 129-30.
46. Agencias de noticias un [internet]. Bogotá: Unimedios de la Universidad Nacional de Colombia; 2009 [citada 2013 Sep 5]. Microscopio robotizado: un especialista a distancia. Disponible en: <http://www.agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/microscopio-robotizado-un-especialista-a-distancia/>
47. Agencias de noticias un [internet]. Bogotá: Unimedios de la Universidad Nacional de Colombia; 2009 [citado 2013 Sep 5]. Nuevo sistema de microscopía virtual. Disponible en: <http://www.agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/nuevo-sistema-de-microscopia-virtual/>