

# Microscopios Virtuales: Estudio y Comparación

Lic. Martorelli Sabrina Lorena

Directora: Lic. Pesado Patricia Mabel

Codirectora: Dra. Sanz Cecilia Verónica



**Trabajo Final presentado para obtener el grado de Especialista en  
"Tecnología Informática Aplicada en Educación"**

Facultad de Informática – Universidad Nacional de La Plata

La Plata, Buenos Aires, Argentina

Marzo 2016

# Índice

---

1.1	Motivación .....	6
1.2	Objetivo General.....	8
1.3	Objetivos Específicos .....	8
1.4	Estructura del Trabajo .....	8
1.5	Conclusiones del capítulo .....	9
2.1	Introducción.....	12
2.2	Definición.....	12
2.3	Historia de los Microscopios.....	14
2.4	Tipos de Microscopios.....	16
2.5	Importancia de los microscopios en el ámbito educativo.....	25
2.6	Conclusiones del capítulo .....	26
3.1	Introducción.....	28
3.2	Microscopía virtual .....	28
3.3	Preparados virtuales.....	29
3.4	Combinando microscopía virtual con preparados virtuales.....	33
3.5	Microscopios virtuales .....	35
3.6	Conclusiones del capítulo .....	38
4.1	Introducción.....	40
4.2	Aspectos considerados para el Estudio de Microscopios Virtuales .....	40
4.3	Sistemas Elegidos para el Estudio .....	42
4.3.1	Microscopio Virtual de la Universidad de Loyola.....	43
4.3.2	Virtual Microscope 2.0 de la Universidad Médica de Graz.....	45
4.3.3	Virtual Slidebox de la Universidad de IOWA.....	46
4.3.4	Atlas Histológico Interactivo de la Universidad de Jaén .....	48
4.3.5	UK Virtual Microscope de la Open University, el Open Sience Laboratory y Jisc ..	50
4.3.6	Microscopio Virtual de Generalidad de Catalunya.....	51
4.3.7	Microscopio Virtual del Departamento de Sanidad de IES Santo Domingo .....	53

4.3.8	UD Virtual Compound Microscope de la Universidad de Delaware.....	54
4.3.9	Atlas Fotográfico Interactivo de la Universidad de Buenos Aires.....	55
4.3.10	Microscopes of Molecular Expressions de la Universidad del Estado de Florida..	56
4.3.11	Virtual Microscope of Histology de la Universidade Estadual do Oeste do Paraná Brasil	57
4.3.12	Microscopy: Internet-enabled high-resolution brain mapping de la Universidad de California Davis.....	59
4.3.13	ePathViewer .....	61
4.3.14	iScan Image Viewer .....	62
4.3.15	NDP. VIEW2 .....	63
4.3.16	Coolscope VS 'WebSlide .....	65
4.3.17	Virtual Microscopy Interactive Tutorials .....	66
4.3.18	OlyVIA Image Viewer.....	67
4.3.19	Panoramic Viewer / Mobile Pathology Tool .....	68
4.3.20	IntelliSite Pathologist Suite .....	70
4.3.21	Microscopios virtuales posibles de ser creados con Google Earth / Map API .....	71
4.4	Tablas comparativas.....	72
4.5	Conclusiones del capítulo .....	75
5.1	Introducción.....	78
5.2	Análisis estadístico de los resultados .....	78
5.3	Análisis de posibilidades educativas.....	84
5.4	Análisis descriptivo que incluye a los criterios General y Tecnológico.....	86
5.5	Conclusiones del capítulo .....	87
6.1	Introducción.....	90
6.2	Conclusiones.....	90
6.3	Líneas de Trabajo Futuras.....	92
Anexo	.....	96
A.1	Historia de los Microscopios.....	96
A.2	Microscopio Óptico: Variantes .....	97
A.3	Microscopio Electrónico: Variantes .....	101
A.4	Microscopio Confocal: Variantes .....	104
Bibliografía	.....	108



# Capítulo 1

---

## Introducción



## 1.1 Motivación

La constante evolución de las tecnologías digitales pone a disposición una gran variedad de recursos idóneos para ser utilizados en contextos educativos y de investigación. De este modo, se encuentran cada vez más propuestas educativas en las que las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) intervienen como mediadoras del proceso de enseñanza y aprendizaje.

En los últimos años, dentro de las disciplinas tradicionales en las que se utilizan microscopios como equipamiento elemental, se ha comenzado a trabajar cada vez más con aplicaciones llamadas microscopios virtuales que simulan, y hasta pueden complementar, el uso de microscopios convencionales. Estas aplicaciones permiten la visualización de imágenes digitales que han sido obtenidas a través de microscopios robotizados, scanner de preparados o cámaras digitales, y han sido sometidas a un proceso de reconstrucción (*stitching* o *mosaicing*) que les permite su posterior recorrido. Este último proceso se realiza debido a que los preparados son muy grandes como para ser adquiridos en una sola imagen por lo que se capturan diversas imágenes con máxima calidad, y luego se combinan en una imagen única (Appleton, Bradley y Wildermoth, 2005).

La tecnología que comenzó a posibilitar la obtención de imágenes que pudieran captar el total de un preparado microscópico se desarrolló a partir de los años 80 (Dee, 2006). Su efectividad en emular la visión de un preparado al microscopio, comenzó a perfeccionarse en los 90 con el aumento de la velocidad de procesamiento de datos de las computadoras personales. A partir de allí, las posibilidades de aplicar estas metodologías fueron cada vez más amplias.

Los microscopios virtuales tienen varias ventajas sobre los microscopios convencionales, entre ellas: una diapositiva virtual o *slide* puede ser consultada de forma remota; los especímenes no se degradan con el tiempo; y las diapositivas no se pueden romper ni perderse e incluso se pueden copiar (Appleton et al., 2005). Son muchos los autores que han escrito sobre las ventajas y desventajas de los microscopios virtuales (Treanor, 2009; Treanor, Waterhouse, Lewis y Quirke, 2007; Treanor y Quierke, 2007; Conde Martin, 2006; García Rojo, Bueno García, González García, Carbajo Vicente, 2005), pero en general todos coinciden en la importancia de su utilización en la educación. Su uso permite preservar el material original, y al mismo tiempo, multiplicar los elementos disponibles en el aula para la realización de trabajos prácticos en cursos. Ese material también podría ser reutilizado en futuros cursos dado que una vez que ha sido correctamente diseñado resulta sencilla su posterior aplicación, incrementando además las posibilidades del mismo. (Martorelli, Sanz, Giacomantone y Martorelli, 2013; Martorelli, Sanz, Giacomantone y Martorelli, 2012; Martorelli y Martorelli, 2010).

Por otra parte, hoy en día es sabido que los docentes cuentan con la ventaja de poseer una infinita oferta de herramientas y aplicaciones que los convierten en diseñadores y desarrolladores de sus propios materiales educativos.

No es necesario contar con el conocimiento de un experto en tecnología para poder construir recursos educativos y ha pasado a ser un ejercicio que puedo involucrar a cualquier docente que ha encontrado la aplicación adecuada para el fin educativo que persigue. Las imágenes de los microscopios virtuales pueden enriquecer el desarrollo de los materiales educativos en las disciplinas pertinentes.

Por otro lado, los sistemas colaborativos constituyen uno de los siete paradigmas de Interacción Persona-Ordenador según la clasificación de Heim (Heim, 2007). En estos sistemas se crea un espacio virtual donde los usuarios pueden colaborar y trabajar de manera grupal.

El trabajo colaborativo es ampliamente utilizado para fomentar el aprendizaje colaborativo.

Por su parte, el aprendizaje colaborativo, busca aprovechar las ventajas de la interacción entre pares propiciando espacios en los cuales se dé el desarrollo de habilidades individuales y grupales. En el aprendizaje colaborativo se entrelazan elementos básicos como la interacción, la contribución individual, y las habilidades personales y de grupo. El trabajo colaborativo apunta a compartir la autoridad, a aceptar la responsabilidad y el punto de vista del otro, y a construir consenso con los demás (Zañartu Correa, 2003).

Es sabido que para trabajar en colaboración es necesario compartir experiencias y conocimientos los cuales deberían ser aportados por docente, investigadores y estudiantes.

Integrar los microscopios virtuales con las posibilidades de los sistemas colaborativos, constituye un aporte ya que se permitiría la posibilidad de resolver tareas y ejercicios, a partir de la visualización de las imágenes digitales. A su vez, para alcanzar esta meta la retroalimentación es fundamental, por lo que la misma debería ser lograda mediante la interacción entre los diversos participantes.

Resulta de interés entonces explorar la existencia o no de microscopios virtuales que incluyan posibilidades de colaboración, estudiar cuáles son estas posibilidades y repensar qué otras alternativas serían provechosas para incorporar en estos sistemas para su provecho tanto en el escenario educativo como en el de investigación.

Si los microscopios virtuales parecen haber revolucionado la enseñanza y la investigación en disciplinas donde el uso de microscopios es esencial, resulta motivador pensar que la incorporación a los mismos de aspectos relacionados a la creación de actividades educativas como así también al trabajo y aprendizaje colaborativo constituiría un aporte significativo.

Este es el motivo principal por el que se pretende investigar sobre los diferentes microscopios virtuales que se encuentran actualmente disponibles, realizando una comparación entre las diferentes características que los mismos ofrecen y analizando sus posibilidades para la colaboración.

## **1.2 Objetivo General**

Investigar el estado del arte de microscopios virtuales utilizados en el ámbito educativo/académico y privado, en general, poniendo especial énfasis en sus características pertinentes para fines educativos y que faciliten el trabajo colaborativo.

## **1.3 Objetivos Específicos**

- Revisar la definición de microscopio virtual y sus potencialidades tanto para el área educativa como para la investigación.
- Recopilar y estudiar diversos microscopios virtuales y sus características distintivas.
- Analizar si los fines con los cuales han sido creados los microscopios virtuales, con foco en sus posibilidades educativas, por ejemplo, funcionalidades que permitan la creación de actividades educativas.
- Indagar sobre las posibilidades de trabajo colaborativo ofrecidas para de alumnos e investigadores usuarios de los microscopios virtuales.
- Realizar un análisis comparativo, a partir de la definición de criterios específicos, de las aplicaciones de microscopía virtual recopiladas.
- Elaborar conclusiones considerando los resultados obtenidos en el análisis y las posibilidades de los sistemas colaborativos.

## **1.4 Estructura del Trabajo**

En el capítulo 2 se abordan las definiciones y bases conceptuales necesarias para la presentación tanto del siguiente capítulo como del resto del trabajo. Se comienza con una revisión sobre la definición de microscopios, haciendo referencia a autores reconocidos para referirse a tal término. También, se presentan la historia de los microscopios. Luego se describe una clasificación de los diversos tipos de microscopios existentes. El objetivo de esta clasificación es profundizar en el tema y dar una introducción apropiada para la presentación del tipo de microscopio que interesa en particular para este trabajo: el microscopio virtual.

En el capítulo 3 se presenta la definición de microscopio virtual. Se comienza con una revisión sobre el concepto de microscopía virtual seguido de la definición de los preparados virtuales. Luego se continúa con la exposición de algunas posibles combinaciones de estos conceptos que son ampliamente utilizados en la actualidad.

En el capítulo 4 se presenta la selección de un amplio conjunto de aplicaciones y sitios que son presentadas y ofrecidas por sus creadores como microscopios virtuales. Se establece además una serie de criterios de interés en relación al ámbito educativo y la colaboración para considerar en los

microscopios virtuales. De cada microscopio virtual analizado se presentan sus funcionalidades y características principales y se exploran los criterios que han sido previamente definidos. Este análisis constituye un aporte en sí mismo para los docentes e investigadores que trabajan cotidianamente con este tipo de herramientas.

En el capítulo 5 se realiza un análisis exhaustivo de los resultados obtenidos. Estos constituyen los fundamentos para plantear las bases de lo que será una futura implementación de un microscopio virtual colaborativo, que dará continuidad a este trabajo, en la tesis de maestría en Tecnología Informática Aplicada en Educación de esta autora. El objetivo a largo plazo es el diseño de un microscopio virtual colaborativo que ofrezca todas las funcionalidades y características requeridas para poder ser aprovechado en su totalidad por profesionales, docentes y alumnos de diversas ramas de las ciencias y el cual será creado con fines puramente educativos.

Finalmente, en el capítulo 6, se presentan las conclusiones en relación al trabajo desarrollado, así como también algunas líneas de investigación y desarrollo que se abren a partir de lo realizado en este trabajo y se vinculan con la temática abordada, poniendo especial énfasis en la continuación de este trabajo.

### **1.5 Conclusiones del capítulo**

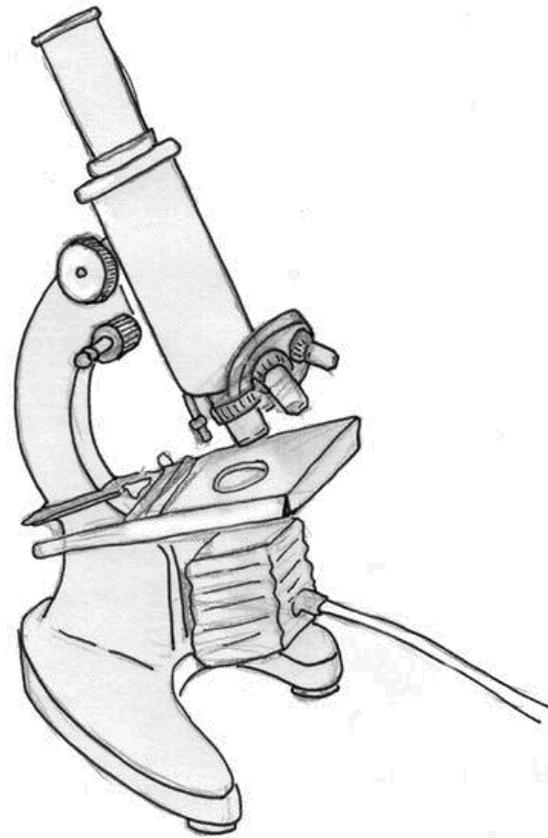
Se ha presentado en este capítulo, una breve introducción a la temática subyacente, los objetivos propuestos para este trabajo y la forma en que se estructurará. Esto constituye el paso inicial para alcanzar el estudio y comparación de los microscopios virtuales que se encuentran actualmente disponibles en el mercado y en la comunidad académica.



## Capítulo 2

---

### Definiciones y características de los microscopios convencionales



## 2.1 Introducción

En este capítulo se abordan las definiciones y las bases conceptuales necesarias para la presentación tanto capítulo 3, como del resto del trabajo. Se comienza con una revisión sobre la definición de microscopios, haciendo referencia a las definiciones ampliamente utilizadas para referirse a tal término. También, se presentan la historia de los microscopios. Luego se presenta una clasificación detallada de los diversos tipos de microscopios existentes. El objetivo de esta clasificación es profundizar en el tema y dar una introducción apropiada para la presentación del tipo de microscopio que nos interesa en particular: el microscopio virtual, el cual será analizado más acabadamente en el siguiente capítulo.

## 2.2 Definición

Según la definición de la Real Academia Española, 23ª edición, el microscopio es un instrumento óptico destinado a observar objetos extremadamente diminutos, haciendo perceptible lo que no lo es a simple vista. El nombre deriva etimológicamente de dos raíces griegas: *mikrós*, que significa pequeño y *skopéoo*, que significa ver u observar.

En el mismo diccionario se define también a un microscopio electrónico como aquel que utiliza radiación electrónica en vez de luz, y con el que se consiguen aumentos miles de veces superiores a los del microscopio ordinario.

El ojo humano solo tiene un poder de resolución de aproximadamente 1/10 milímetros (100 micrómetros). El poder de resolución es la medida de la capacidad para distinguir un objeto de otro, es la distancia mínima que debe haber entre dos objetos para que sean percibidos como objetos separados. Por ejemplo, tal como se muestra en la Figura 2.1, si se miran dos puntos separados por menos de 100 micrómetros se verán como un único punto borroso, mientras que si están a más de ese valor, los puntos se podrán distinguir fácilmente (Curtis y Barnes, 1995).



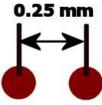
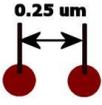
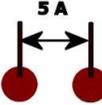
**Figura 2.1. Poder de Resolución del ojo humano. Modificado de: <http://www.euita.upv.es>**

A modo de referencia, es importante conocer la relación entre las medidas que son utilizadas comúnmente en microscopía: 1 metro = 100 centímetros = 1000 milímetros = 1000000 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) = 1000000000 nanómetros (nm) = 10000000000000 agnstroms ( $\text{\AA}$ ) (Curtis y Barnes, 1995).

Los mejores microscopio ópticos tienen un poder de resolución de  $0,2 \mu\text{m}$  y así superan al ojo en aproximadamente 500 veces. Con esta resolución se podría observar, por ejemplo, una célula puesto que las mismas miden entre  $5 \mu\text{m}$  y  $120 \mu\text{m}$ , y son imposibles de observar con el ojo humano.

Si a su vez se deseara estudiar detalles celulares, como por ejemplo, los ribosomas que se encuentran dentro del núcleo de la célula, ( $15\text{-}20 \text{ nm}$ ), es necesaria una resolución mayor. El microscopio electrónico de transmisión, por ejemplo, posee un poder de resolución de  $0,002 \mu\text{m}$  y sería el indicado para utilizar en este último caso.

En la tabla 2.1 se puede apreciar una comparación del poder de resolución del ojo humano, del microscopio óptico y del microscopio electrónico (Solomon, Berg, Martín y Villee, 1996).

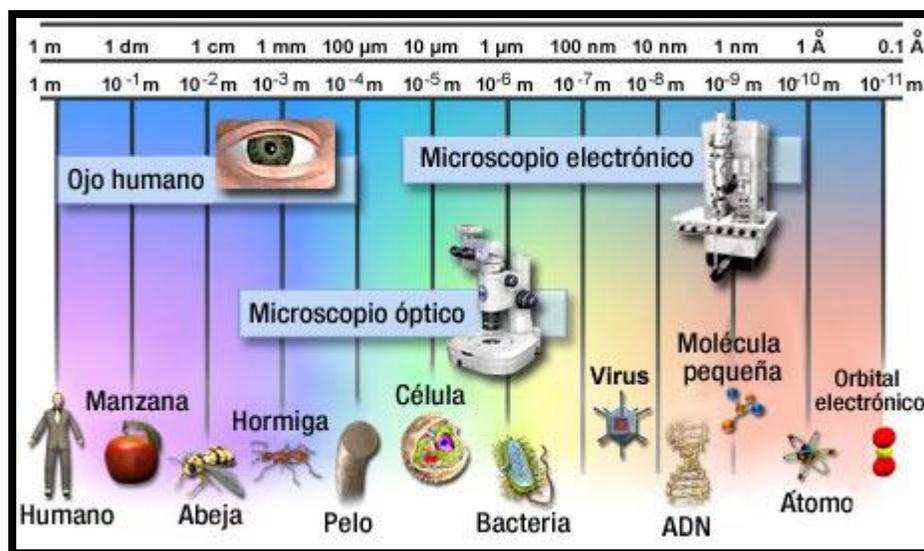
<p><b>Ojo Humano</b></p>	 <p>puntos distantes a <math>0.25 \text{ mm}</math></p>
<p><b>Microscopio óptico</b></p>	 <p>puntos distantes a <math>0.25 \mu\text{m}</math></p>
<p><b>Microscopio electrónico</b></p>	 <p>puntos distantes a una distancia inferior a <math>5 \text{ \AA}</math></p>

**Tabla 2.1: Comparación de poder de Resolución. Modificado de: <http://www.euita.upv.es/>**

El poder de resolución de  $0,2 \mu\text{m}$  para un microscopio óptico es imposible de superar debido al factor limitante de la longitud de onda de la luz, que va desde  $0,4$  micrómetros para la luz violeta a  $0,7$  micrómetros para la luz roja.

Con los microscopios electrónicos de transmisión, el poder de resolución aumentó unas 1000 veces más, es decir aproximadamente unos  $0.2$  nanómetros (500 mil veces más que el ojo humano) Esto es logrado utilizando una longitud de onda más corta para iluminar, con electrones en lugar de luz (Curtis y Barnes, 1995).

En la Figura 2.2 se muestra la comparación de límites de resolución entre microscopios ópticos, electrónicos y el ojo humano.



**Figura 2.2: Tamaños relativos de distintos objetos. Imagen obtenida en <http://coleccion.educ.ar/>**

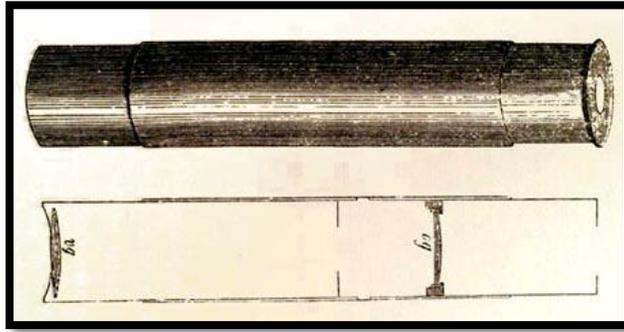
Es importante señalar que el poder de resolución y el aumento son dos conceptos diferentes. Por ejemplo, si se toma una fotografía de dos puntos que estén separados por menos de 0,2 micrómetros usando un microscopio óptico, la fotografía podrá ampliarse indefinidamente pero los dos puntos seguirán confundándose. Usando lentes más potentes, se logra mejorar el aumento pero esto no mejorará la resolución.

Un microscopio convencional es entonces es un instrumento óptico u electrónico, que permite la ampliación de la imagen para la observación de muestras (objetos, organismos, sistemas, etc.) que sean de tamaño muy pequeños.

La ciencia que investiga los objetos pequeños utilizando un microscopio se denomina microscopía. Si bien el microscopio es el elemento central de la microscopía existe un conjunto de métodos y técnicas de preparación, manejo de objetos, de procesamiento, etc. que intervienen.

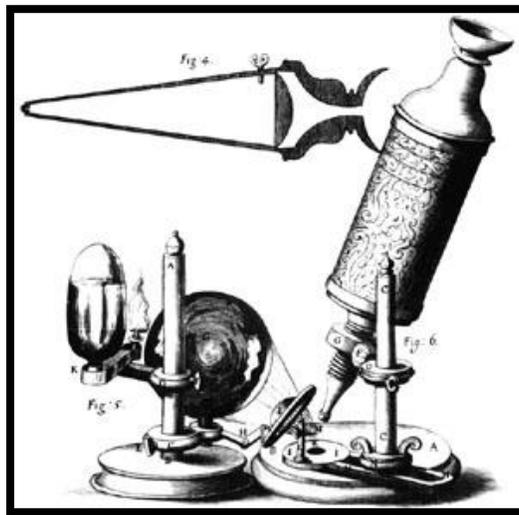
### 2.3 Historia de los Microscopios

El microscopio fue inventado, alrededor del año 1590, por Zaccharias Janssen, un fabricante de anteojos de origen holandés. En la Figura 2.3, se puede ver una imagen del microscopio.



**Figura 2.3: Microscopio de Zaccharias Janssen (1590). Imagen obtenida de: <http://www.ranm.es/>**

En 1665 Robert Hooke creó el primer microscopio compuesto, en el cual se utilizaban dos sistemas de lentes: las lentes oculares y las lentes objetivos. Con este microscopio realizó la primera observación de células muertas mirando un corte de corcho. Hooke publicó *Micrographia*, que fue el primer libro en el que se describían las observaciones de varios organismos, realizadas a través de su microscopio. En este libro, Hooke llamó “*células*” a los numerosos compartimientos o celdas, divididos por paredes que encontraba en los objetos observados. En la Figura 2.4 puede verse una imagen de este microscopio (Olympus, 2014).

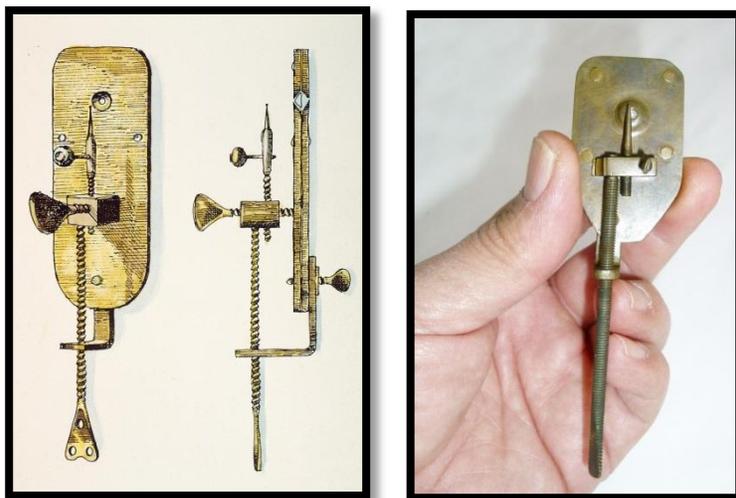


**Figura 2.4: Microscopio de Robert Hooke (1665). Imagen obtenida de: <http://commons.wikimedia.org/>**

El descubrimiento de las células provocó el rápido avance del microscopio.

Unos años más tarde, Marcello Malpighi, anatomista y biólogo italiano, observó células vivas. Fue el primero en estudiar tejidos vivos al microscopio (Asimov, 1997; Lozano y Morales, 1996; Radl, 1988).

Anton van Leeuwenhoek, utilizando microscopios simples de fabricación propia con distancia focales que alcanzaba los 275 aumentos, describió por primera vez, a mediados del siglo XVII, protozoos, bacterias, espermatozoides y, en 1673, los glóbulos rojos. Leeuwenhoek, es considerado el fundador de la bacteriología (Parker, 1933). En la Figura 2.5 puede verse una imagen y una fotografía de este microscopio.



**Figura 2. 5: Microscopio de Anton van Leeuwenhoek (1673). Imágenes obtenidas de: <http://www.happycampus.com/> y <http://becre-esct.blogspot.com.ar/>**

En los siglos XVIII y XIX, se hicieron esfuerzos para mejorar el microscopio, principalmente en Inglaterra. Los microscopios desarrollados por las empresas alemanas, Leitz y Zeiss, se popularizaron a partir de la segunda mitad del siglo XIX.

En el Anexo 1 de este trabajo puede encontrarse una lista con los descubrimientos más importantes referidos a la microscopia de luz y una lista con los acontecimientos más importantes en el desarrollo del microscopio electrónico.

## **2.4 Tipos de Microscopios**

Los microscopios suelen clasificarse de acuerdo al tipo de fuente luminosa que utilicen aunque el principio por el que se enfocan los objetos es similar: un haz de luz o electrones se dirige por medio de la lente condensadora a la muestra y se amplifica. El microscopio óptico es el que utiliza un haz de luz, siendo el electrónico el que utiliza electrones en su haz.

Es decir, un haz de luz o electrones se dirige por medio de la lente condensadora a la muestra y se amplifica con la lente del objetivo y la del proyector en un microscopio electrónico de transmisión o con la lente del objetivo y el ocular en el microscopio de luz. Las lentes de los microscopios electrónicos son en realidad imanes que desvían los haces de electrones.

En la Figura 2.6 se presentan los tipos de microscopios ampliamente utilizados.

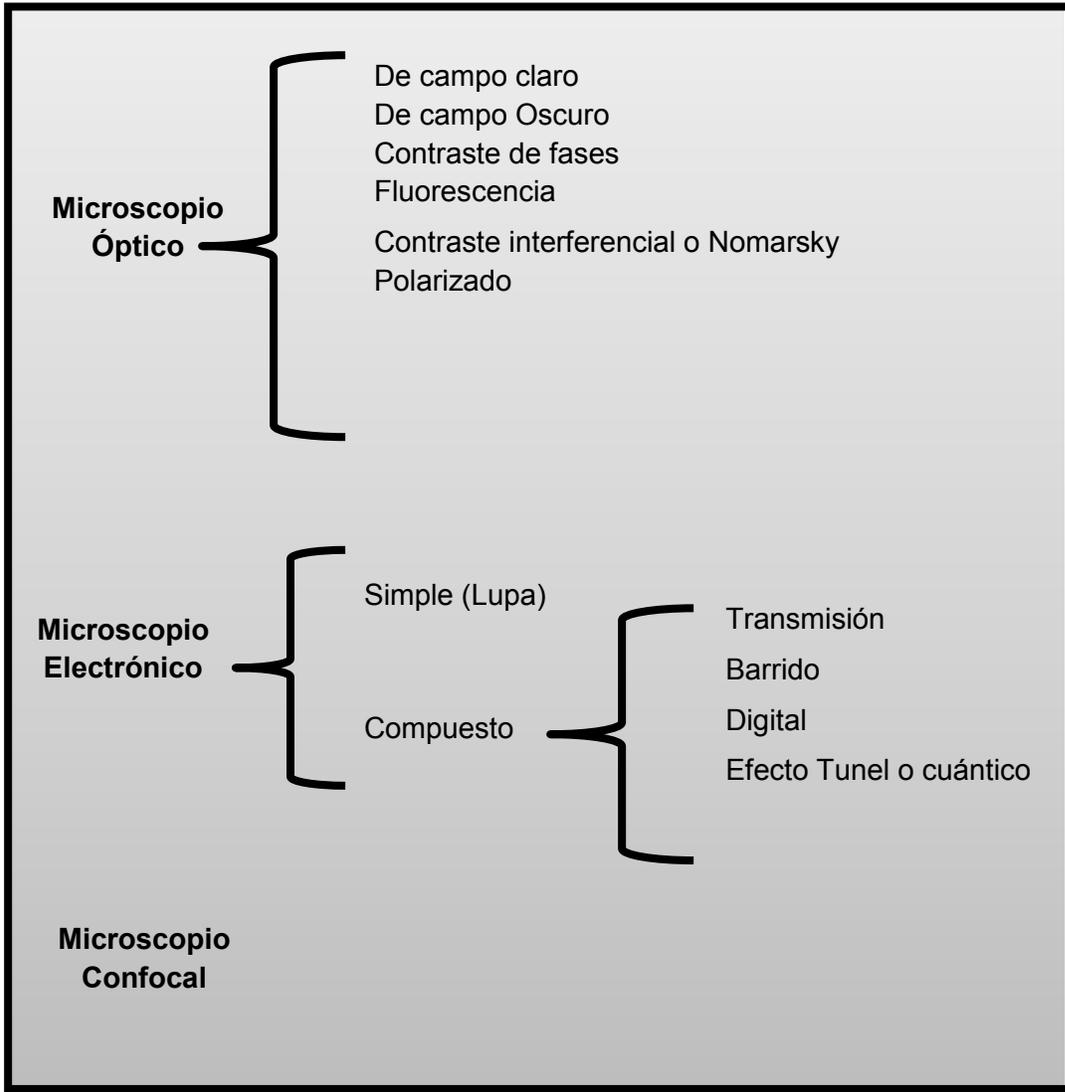


Figura 2.6: Tipos de Microscopios. Imagen propia.

### 2.4.1 Microscopio Óptico

El microscopio óptico simple, también llamado lupa o microscopio binocular estereoscópico, es un instrumento de amplificación de imágenes que consiste en la utilización de una o más lentes convergentes en un solo sistema óptico. Dependiendo de la curvatura de la superficie de la(s) lente(s), las lupas pueden ampliar las imágenes de los objetos desde 5, 8,10, 12, 20 y hasta 50 veces. Forman una imagen de mayor tamaño, derecha y virtual (Montalvo Arenas, 2010).

En la Figura 2.7 se presenta la imagen del Caparazón de cefalotórax de un camarón, obtenida utilizando una lupa.



Figura 2.7: Caparazón de cefalotórax de un camarón. Fotografía propia.

Los **microscopios ópticos compuestos (normales o de campo claro)** consisten en dos sistemas de lentes, el objetivo y el ocular, que se encuentran montados en extremos opuestos de un tubo cerrado (el objetivo se encuentra en el punto focal del ocular).

El objetivo recoge la luz que atraviesa la muestra, mientras que el ocular es el que forma la imagen que se observa.

El aumento de la imagen depende de las longitudes focales de estos lentes. El aumento total se calcula multiplicando la magnificación que producen el objetivo por la que producen los oculares. (Megías Pacheco, Molist García y Pombal, 2011).

A continuación se describen las partes que componen un microscopio óptico básico las cuales pueden verse en la Figura 2.8.

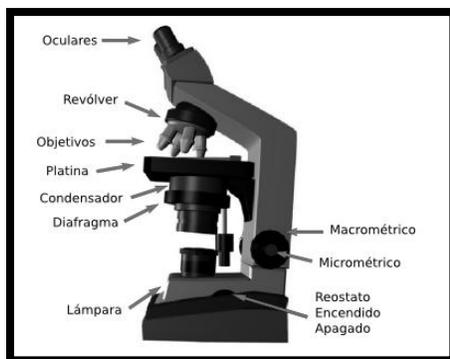
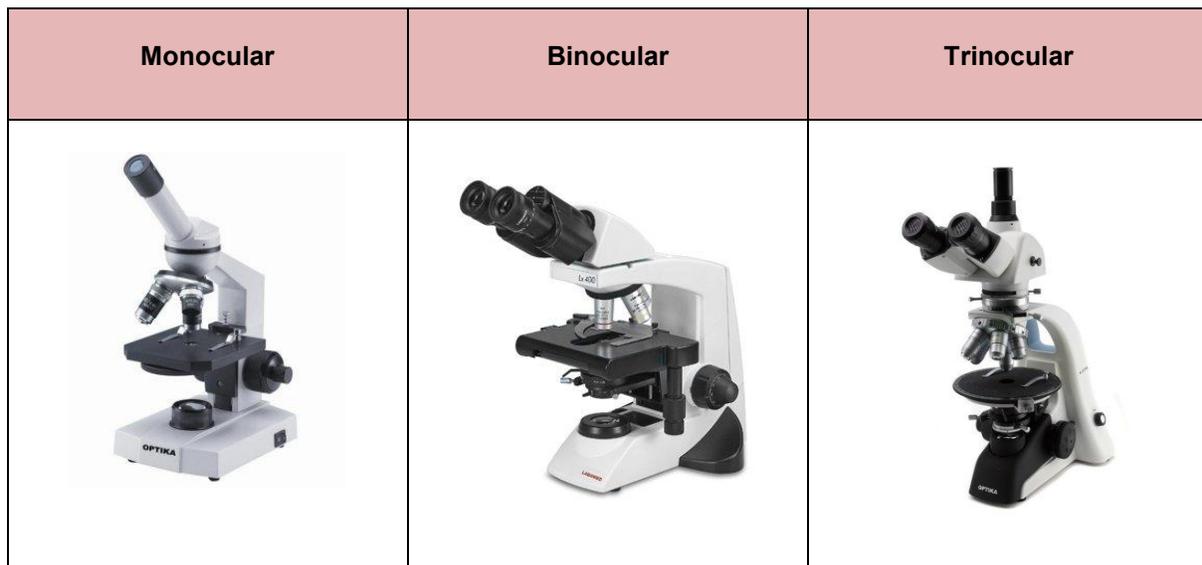


Figura 2.8: Partes de un microscopio simple. Imagen obtenida de: <http://webs.uvigo.es/>

Los oculares son las lentes que forman la imagen que se observan con los ojos. En los microscopios más avanzados tanto el objetivo como el ocular suelen estar compuestos por varias lentes. Los microscopios puede ser monoculares, binoculares, trinoculares (utilizados para para microfotografía). En los microscopios binoculares la observación es más cómoda, pues se utilizan ambos ojos, y se percibe una mayor nitidez de los detalles en la imagen (Narvéez Armas, 2015; Megías Pacheco et al., 2011).

En la Figura 2.9 puede verse una imagen de cada uno de los tipos de oculares que puede tener un microscopio.



**Figura 2.9: Tipos de oculares de microscopios. Imágenes obtenidas de <http://es.slideshare.net/silviatr/practica-de-laboratorio-7642450>**

En los microscopios más básicos al menos uno de los oculares puede regularse, alejarse o acercarse al objetivo. Esto permite ajustar el enfoque a las condiciones de visión, dioptrías, de cada observador.

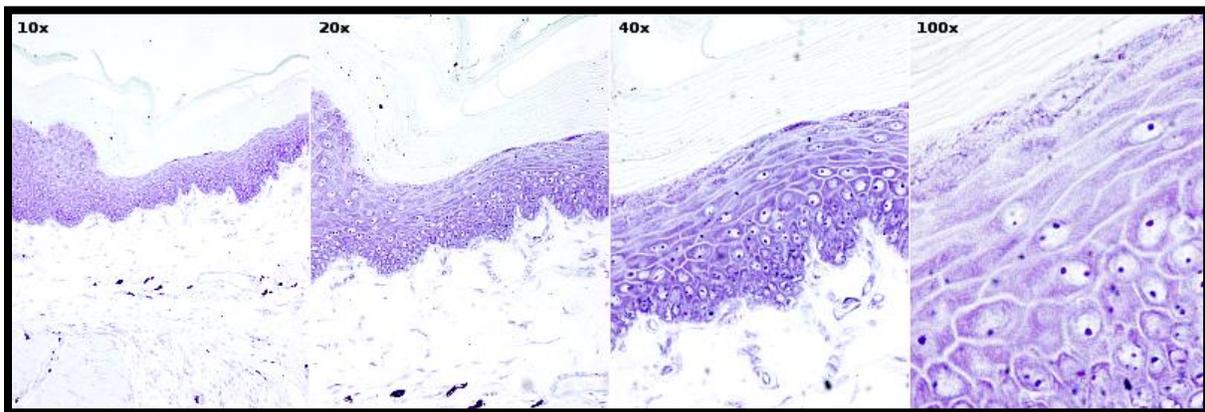
Los objetivos son las lentes que reciben la imagen. Los microscopios ópticos actuales poseen un tambor o revólver donde se encuentran varios objetivos con lentes que permiten diferentes aumentos. Rotando el tambor se puede seleccionar el objetivo a ser utilizado (Megías Pacheco et al., 2011).

En la Figura 2.10 puede verse un tambor de microscopio con cuatro objetivos.



**Figura 2.10: Tambor de un microscopio. Imagen obtenida de <http://hnnbiol.blogspot.com.ar>**

Las magnificaciones de los objetivos más usados suelen ser de 10x, 20x, 40x y 100x. En la Figura 2.11 puede verse el uso de objetivos con diferentes aumentos sobre una misma muestra.



**Figura 2.11: Imágenes epitelio estratificado plano queratinizado en 10x, 20x, 40x y 100x de aumento. Imagen obtenida de <http://www.euita.upv.es/>**

La ampliación y la apertura numérica son dos medidas relacionadas a los objetivos y los oculares.

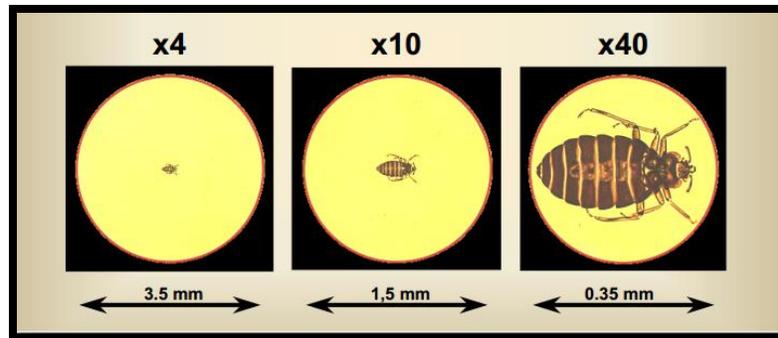
La amplificación se define como el producto de número de aumentos del objetivo por los del ocular. Por ejemplo, si estamos usando un objetivo de 40x que aumenta 40 veces y un ocular de 10x que aumenta 10 veces, el resultado final será de 400x, lo que significa que la muestra se verá aumentada 400 veces.

Algunos microscopios ópticos tienen lentes internas que producen aumentos adicionales que deben ser tenidas en cuenta para calcular la magnificación de la imagen que se observa.

La apertura numérica es una expresión matemática que describe la forma en que la luz es concentrada por el condensador y captada por el objetivo.

Otros conceptos relacionados son el área de campo y la profundidad de campo.

El área de campo es el diámetro de la parte de la preparación que se está viendo al microscopio. A medida que la amplificación aumenta el área de campo disminuye. En la Figura 2.12 se encuentra un ejemplo de este efecto (Megías Pacheco et al., 2011).



**Figura 2.12: Ejemplo de variación de área de campo. Imagen obtenida de <http://www.euita.upv.es/>**

La profundidad de campo es el espesor de la preparación enfocada en cualquier momento.

La distancia focal y la distancia de trabajo son otras medidas tenidas en cuenta a la hora de seleccionar los objetivos con los que se trabaja en un microscopio.

La distancia focal es la relación existente entre la longitud del tubo del microscopio empleado y la amplificación usada, en un momento dado; mientras que el espacio de trabajo es el espacio existente entre el punto más bajo del objetivo y el objeto enfocado.

Cuando se utilizan objetivos de 100x es necesario emplear un líquido denominado aceite de inmersión entre el objetivo y la muestra puesto que la refracción de la luz es alta en el aire y provoca alteraciones en la imagen que se ponen de manifiesto con objetivos con esta capacidad de aumento.

Aparte de los aumentos, los objetivos tienen una serie de características para mejorar la imagen. Así, pueden ser acromáticos, de fluorita o apocromáticos, los cuales corrigen alteraciones cromáticas, de campo plano que eliminan la curvatura del campo de observación, etcétera (Megías Pacheco et al., 2011).

A continuación, en la tabla 2.2, se presenta una relación entre todos los conceptos introducidos en relación a los objetivos.

	Objetivo seco de poco aumento (10X)	Objetivo seco de mucho aumento (40x)	Objetivo de inmersión (100X)
<b>Amplificación (ocular de 10x)</b>	100 aumentos	400 aumentos	1000 aumentos
<b>Distancia Focal</b>	16 mm	4 mm	1.8mm
<b>Distancia de Trabajo</b>	4-8 mm	0.2-0.6 mm	0.11-0.16mm
<b>Apertura Numérica</b>	0.25	0.85	1.25
<b>Límite de Resolución</b>	1.10um	0.32um	0.22um
<b>Profundidad de Campo</b>	7.0um	1.3um	0.5um
<b>Área de Campo</b>	1.5mm	0.35mm	0.17mm

**Tabla 2.2: Ejemplo de relaciones entre diversos objetivos Datos obtenidos de <http://www.euita.upv.es/>**

La platina es la plataforma que posee un dispositivo para sujetar el vidrio, llamado portaobjetos, donde se coloca la muestra que se desea observar.

El condensador es un dispositivo que contiene una lente que concentra y focaliza la luz proveniente de la fuente sobre la sección de la muestra que se observa.

El diafragma permite aumentar el contraste de la muestra y la profundidad de campo. Se sitúa entre la fuente luminosa y el condensador.

La lámpara luminosa es una lámpara cuyo haz de luz, atraviesa el diafragma, el condensador, la muestra, y penetra por el objetivo. La intensidad de la fuente luminosa se puede regular mediante un reóstato.

El enfoque de la muestra se consigue variando la distancia de la muestra a la lente del objetivo. Esta distancia depende de los aumentos y del tipo de objetivo, y se controla mediante dos ruedas denominadas macrométrico (movimientos ascendentes y descendentes) y micrométrico (ajustes finos) (Megías Pacheco et al., 2011).

En la Figura 2.13 puede observarse el recorrido de la luz y la amplificación resultante en un sistema de dos lentes.

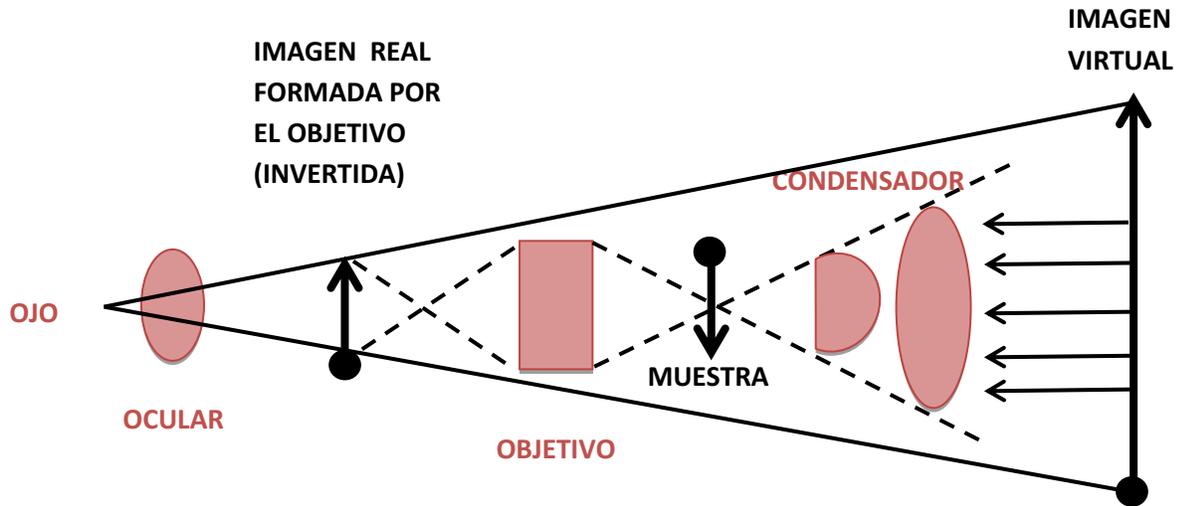


Figura 2.13: Recorrido de la luz en un microscopio básico. Imagen propia

En la Figura 2.14 se presenta la imagen de una *Trichodina* (protozoo parásito de peces) mientras que en la Figura 2.15 puede observarse una *Metacercaria de Digeneo*. Ambas fotografías fueron obtenidas con el uso de un microscopio de campo claro.

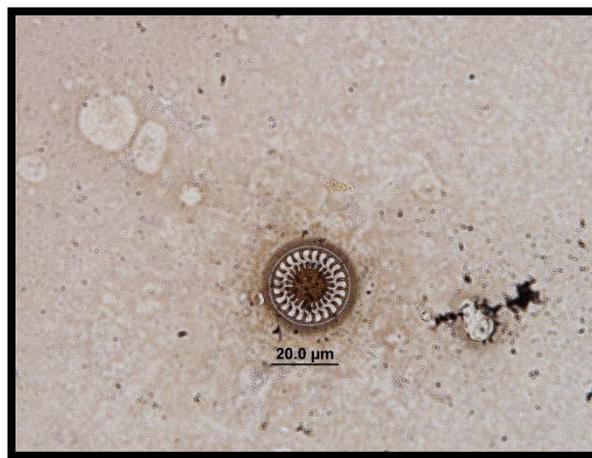
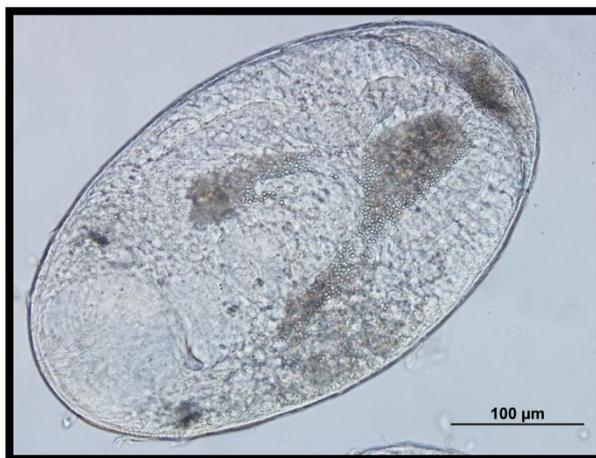


Figura 2.14: Fotografía de *Trichodina* (protozoo parásito de peces) obtenida con microscopio de campo claro. Fotografía propia.



**Figura 2.15: Fotografía de *Metacercaria de Digeneo* (parasito de peces) obtenida con microscopio de campo claro. Fotografía propia.**

Los microscopios de campo oscuro, de contraste de fases, de contraste interferencial o Nomarsky, de fluorescencia y el microscopio petrográfico, polarizador o de luz polarizada son todas variante del microscopio óptico compuesto normal. Sin embargo, cada uno de ellos presenta características distintivas y pueden ser utilizados en diferentes áreas de las ciencias. Una descripción completa de estos microscopios puede encontrarse en el Anexo I de este trabajo.

#### **2.4.2 Microscopio Electrónico**

Cuando se quieren observar estructuras celulares que están por debajo del límite de resolución del microscopio óptico como podrían ser orgánulos, membranas, complejos moleculares o virus, se recurre al microscopio electrónico.

Los Microscopios electrónicos tienen un aumento mucho mayor que todos los ópticos, como se ha descrito anteriormente, pudiendo llegar a aumentar el tamaño de un objeto hasta un millón de veces con una resolución de 0.1 nanómetros. Esto último se logra gracias a que no usan la radiación electromagnética de la luz visible sino la alta frecuencia de un haz de electrones que incide sobre la muestra, y permiten aumentos de varios millones de veces.

En los microscopios electrónicos no se usan lentes sino imanes que concentran los haces de electrones emitidos por un filamento.

Existen subtipos de microscopios electrónicos como el microscopio electrónico de transmisión, el microscopio electrónico de barrido, el digital, el de efecto túnel y el de contraste interferencial.

La descripción completa de este tipo de microscopios puede encontrarse en el Anexo I de este informe.

En la tabla 2.3, y a modo de resumen, se presenta una comparación entre las principales características de microscopios ópticos y electrónicos.

	<b>Microscopio óptico</b>	<b>Microscopio Electrónico</b>
<b>Fuente de iluminación</b>	Luz	Rayo de electrones
<b>Lentes</b>	Cristal	Electromagnéticos
<b>Resolución</b>	0,1 um	10 A (0,1 nm)
<b>Magnificación</b>	Hasta 2000x	Hasta 1000000x
<b>Tipo de muestra</b>	Viva o muerta	Muerta y deshidratada
<b>Observación de la muestra</b>	Directamente	Mediante pantalla

**Tabla 2.3: Comparación entre las principales características de microscopios ópticos y electrónicos**

### 2.4.3 Microscopio Confocal

La Microscopía Confocal (CARS: *Coherent Anti-Stokes Raman Scattering o Raman*) es una tecnología que permite observaciones a una resolución mayor que la que se puede lograr con la microscopía óptica, y permite obtener imágenes de alta resolución en tejidos vivos o recientemente extraídos.

Una de las ventajas de esta técnica es que, al contrario de la microscopía convencional, con esta técnica no se requieren cortes finos, coloración u otro medio de contraste fluorescente, evitando así la toxicidad de dichas sustancias químicas. Es posible estudiar muestras gruesas de tejidos u órganos obteniendo imágenes 3D, incluso de los tejidos profundos de los mismos.

La descripción completa de este tipo de microscopio puede encontrarse en el Anexo I de este trabajo.

### 2.5 Importancia de los microscopios en el ámbito educativo

Oliva, Matos, Bueno, Bonat, Domínguez, Vázquez y Acevedo (2004) aseguran que “cuando los alumnos tienen una motivación intrínseca por el contenido del aprendizaje, es más probable que éstos se involucren más profundamente en la tarea y, con ello, en estrategias metacognitivas de autorregulación”.

En toda disciplina científica no solo es esencial el método científico aplicado sino también el instrumento científico empleado pues constituye un elemento fundamental para realizar tareas, prácticas y ensayos que podrían ser repetidos por otros expertos del área.

El microscopio es uno de estos elementos fundamentales.

El uso del microscopio en prácticas de laboratorio son actividades de enseñanza durante las cuales los alumnos no sólo manipulan y observan materiales haciendo uso del mismo sino que también se involucran intelectualmente, usando y aplicando conceptos teóricos (Vilches, Arguto, Cavazza, Díaz Cuenca, Legarralde y Darrigran, 2009; Caferatta, 2004).

Bueno Garese (2004) señala que los estudiantes aprenden mejor ciencia y comprenden mejor las ideas científicas si se les deja experimentar. Este aprendizaje práctico también les puede ayudar a pensar críticamente y a obtener confianza en su habilidad de resolver problemas (Pozo y Gómez-Crespo, 1998).

Son los docentes de estas disciplinas científicas los que deben ser capaces de seleccionar estrategias de enseñanza capaces de facilitar el aprendizaje de conceptos y sus interrelaciones (Leite y Esteves, 2005).

En la actualidad varias necesidades como la preservación de muestras, el evitar riesgos en algunas experimentaciones, el contar con mayor cantidad de microscopios debido a la cantidad de alumnos, han provocado que el microscopio virtual sea una alternativa de interés para la enseñanza en varias disciplinas. En el siguiente capítulo se hará una revisión bibliográfica sobre los microscopios virtuales foco de este trabajo.

## **2.6 Conclusiones del capítulo**

La microscopia es una disciplina de evolución constante. Los microscopios han ido modificando y mejorando sus funcionalidades a la par de las tecnologías influyentes.

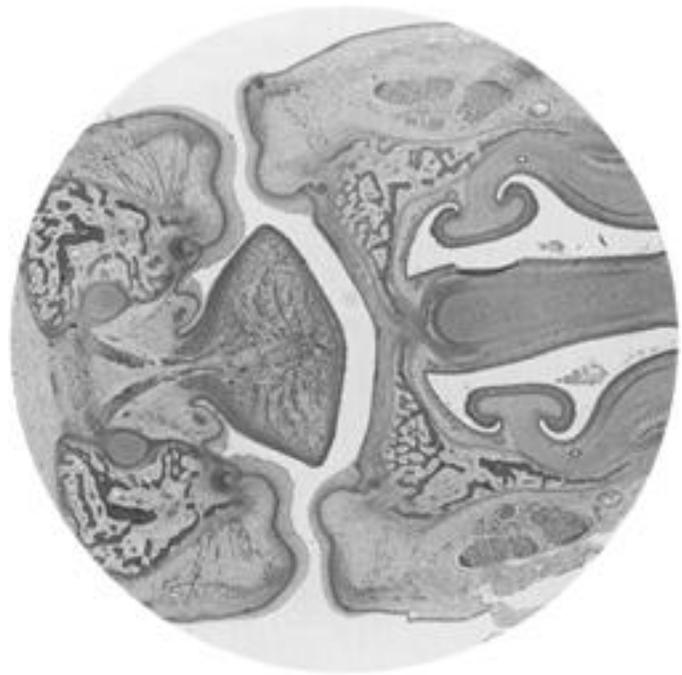
Son numerosas las disciplinas que requieren del uso de microscopios para su desarrollo diario.

Conocer y entender las diversas posibilidades que los microscopios convencionales ofrecen es una tarea fundamental a la hora de conocer los microscopios virtuales que son objeto de nuestro estudio. Es por ello que este capítulo ha centrado la atención en las posibilidades de los microscopios y en su importancia en la enseñanza de determinadas disciplinas.

# Capítulo 3

---

## Microscopios Virtuales



### 3.1 Introducción

En este capítulo se abordan la definición, posibilidades, ventajas y desventajas de un tipo de microscopio, foco de este trabajo: el microscopio virtual. Se comienza con una revisión sobre el concepto de microscopía virtual, seguido de la definición de los preparados virtuales. Luego se continúa con la explicación de algunas posibles combinaciones de estos conceptos que son ampliamente utilizados en la actualidad.

Las tecnologías de la información y la comunicación han revolucionado la manera en que se accede y se comparte la información (Martone, Gupta y Ellisman, 2004). En los últimos años, la combinación de las tecnologías digitales e internet con la microscopía convencional han creado nuevas funcionalidades que permiten la visualización, y navegación en tiempo real, de preparados virtuales digitalizados en alta resolución (Romer y Suster, 2003; Felten, Strauss, Okada y Marchevsky, 1999; Afework, 1998; Ferreira, Moon, Humphries, Sussman, Miller y Demarzo, 1997).

Estas nuevas capacidades digitales se denominan comúnmente como "microscopía virtual".

### 3.2 Microscopía virtual

La microscopía virtual implica la conversión de secciones histológicas, las cuales se encuentran montadas comúnmente entre portaobjeto y cubre objeto de vidrio, en imágenes digitales de alta resolución (Mikula, Trotts, Stone y Jones, 2007). A estas imágenes digitales se las conoce como preparados virtuales o *virtual slides*. En la figura 3.1 puede verse la fotografía de un portaobjetos y un cubreobjetos de vidrio. En la figura 3.2 puede verse un preparado convencional montado entre porta y cubre objeto.

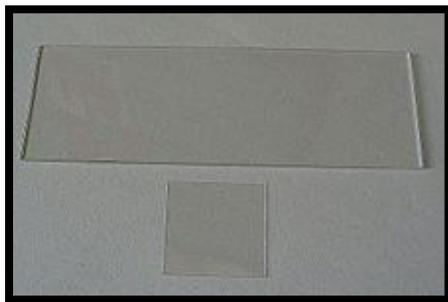
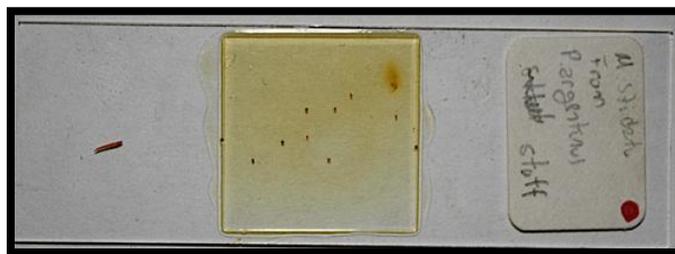


Figura 3.1: fotografía de un portaobjetos (arriba) y un cubreobjetos (abajo) de vidrio. Fotografía propia.



**Figura 3.2: Preparado convencional montado. Fotografía propia.**

Profundizando en la definición, la microscopía virtual se define como un sistema que contempla las siguientes características:

- Observación microscópica de un preparado que puede ser del tipo histológico, citológico u otro.
- Adquisición y digitalización de la imagen microscópica del preparado de manera parcial o total. La captura suele realizarse a diferentes aumentos y se obtienen varias imágenes de alta resolución que luego deben ser ensambladas mediante la utilización de un software específico para tal fin (montaje o *stitching*).
- Almacenamiento de las imágenes de preparados en servidores y repositorios con gran capacidad de almacenamiento y que faciliten la posterior búsqueda y recuperación de las imágenes.
- Software específico que simula un microscopio convencional y permite observar las imágenes de los preparados.

Dentro de los principales hechos que ha conducido al desarrollo de la microscopía virtual, se puede mencionar a la tecnología que comenzó a posibilitar la obtención de imágenes que pudieran captar el total de un preparado microscópico de vidrio, y que se desarrolló a partir de los años 80 (Dee, 2006).

En la década de los 90, los avances tecnológicos permitieron el uso de cámaras de video acopladas a los microscopios como herramientas indispensables para la captura y digitalización de imágenes.

Más tarde la aparición y perfeccionamiento de programas para la captura, edición y análisis de imágenes amplió la aplicación, no solo abarcando el ámbito docente, sino también el científico.

Luego el uso de internet permitió el intercambio de imágenes con mayor facilidad favoreciendo las discusiones entre expertos.

### **3.3 Preparados virtuales**

Los preparados virtuales juegan un papel fundamental en esta temática. Como toda imagen digital, estos están formados por un número finito de píxeles dispuestos en una estructura rectangular.

Los criterios de calidad de la imagen aplicados a los preparados virtuales son los mismos que se aplican a una imagen convencional tales como: dimensiones de la imagen y resolución.

Es importante destacar, que el preparado virtual debe ser considerado una copia digital de la preparación convencional de vidrio y nunca un sustituto de éstas.

Existen diversas soluciones comerciales, provenientes de las principales marcas de microscopia y fotografía, para crear preparados virtuales. En la actualidad las soluciones ofrecidas no son intercambiables entre si y aún no se han estandarizado.

Dentro de las soluciones ofrecidas podemos mencionar las del tipo escaneo 2D, en las que se utiliza una cámara digital convencional. Esta solución, si bien genera preparados de buena calidad, es una solución lenta debido al tiempo que insume el desplazamiento de la platina del microscopio y el tiempo de exposición de la fotografía. A esto se agregan algunos problemas de montaje de la imagen que pueden surgir posteriormente.

Otras soluciones son las ofrecidas por los escáneres de preparados del tipo *Line scanning* (escaneo lineal). Estos escáneres utilizan ópticas especiales, una platina de microscopio robotizada y un sensor lineal para la obtención de las imágenes que componen el preparado virtual. Las ventajas de esta implementación tienen que ver con que se logra un movimiento lineal de velocidad alta y constante, y que se reducen los errores de montaje de la imagen generando un resultado más preciso. En este caso, como desventaja, el rápido movimiento de la platina puede provocar una reducción en la calidad de imagen (García Bailen, 2012).

Un nuevo método de escaneo ofrecido por algunas empresas es el utiliza sensores del tipo TDI (*Time Delay Integration* - Tiempo de retardo de Integración). Con este nuevo método se puede conseguir una velocidad más alta de escaneo. Por ejemplo se tarda aproximadamente 1 minuto para el escaneo de una porción de 15 x 15 mm a 20x. Las imágenes obtenidas son de alta calidad y resolución debido a un amplio rango dinámico utilizado. Además se evitan los errores de montaje del método 2D. Se presenta como un mecanismo robusto y fiable (García Bailen, 2012). En la figura 3.3 puede verse el escaner *NanoZoomer HT* de la marca Hamamatsu, que utiliza sensores TDI.



**Figura 3.3: Escaner NanoZoomer HT (Hamamatsu). Fotografía tomada de [www.hamamatsu.com](http://www.hamamatsu.com)**

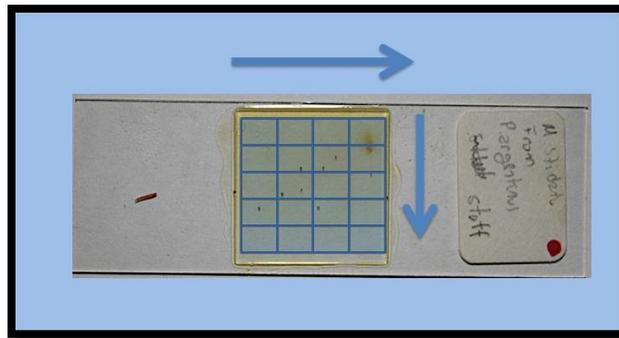
Los últimos dos métodos presentan como desventaja el alto coste de adquisición de los escáneres. Una solución intermedia, que brindan algunos de los fabricantes de estos sistemas, es ofrecer el escaneo de preparados a un costo accesible. Es posible enviar los preparados de vidrio a las empresas, quienes realizan el escaneo y envían los preparados virtuales, devolviendo luego los preparados de vidrios.

A modo de ejemplo se describe a continuación la creación de un preparado virtual utilizando el método de escaneo 2D. Para tal procedimiento es necesario contar con un microscopio convencional y una cámara digital. Para este ejemplo se utiliza un microscopio Olympus BX51 con una cámara digital Olympus DP71 de 12.5 mega píxel. En la figura 3.4 puede verse una fotografía de este equipo (Martorelli y Martorelli, 2010).



**Figura 3.4: Microscopio Olympus BX51 y cámara digital Olympus DP71. Fotografía tomada de [www.olympus-ims.com](http://www.olympus-ims.com)**

Mediante la utilización del equipo presentado es posible digitalizar el preparado microscópico fotografiando secuencialmente los ejes X e Y. El campo visual depende del objetivo del microscopio, su apertura numérica y el tipo de procesador fotográfico que posea la cámara digital utilizada. De esta manera se calcula la cantidad de fotografías necesarias para cubrir todo un preparado completo o las zonas que se desean digitalizar. En la figura 3.5 se presenta un diagrama del recorrido que se puede realizar sobre un preparado para la toma de fotografías.



**Figura 3.5: Diagrama del recorrido que se puede realizar sobre un preparado. Fotografía Propia**

Si se trabaja con un objetivo Nikon 10X con AN 0,25 cada fotograma ocuparía un rectángulo de 1,8 mm X 1,3 mm. Para cubrir la superficie completa de un cubreobjetos de 24 X 24 mm se deberían realizar, teniendo en cuenta una pequeña zona de superposición, un total de 13 exposiciones horizontales y 19 verticales lo que da un total de 256 fotografías.

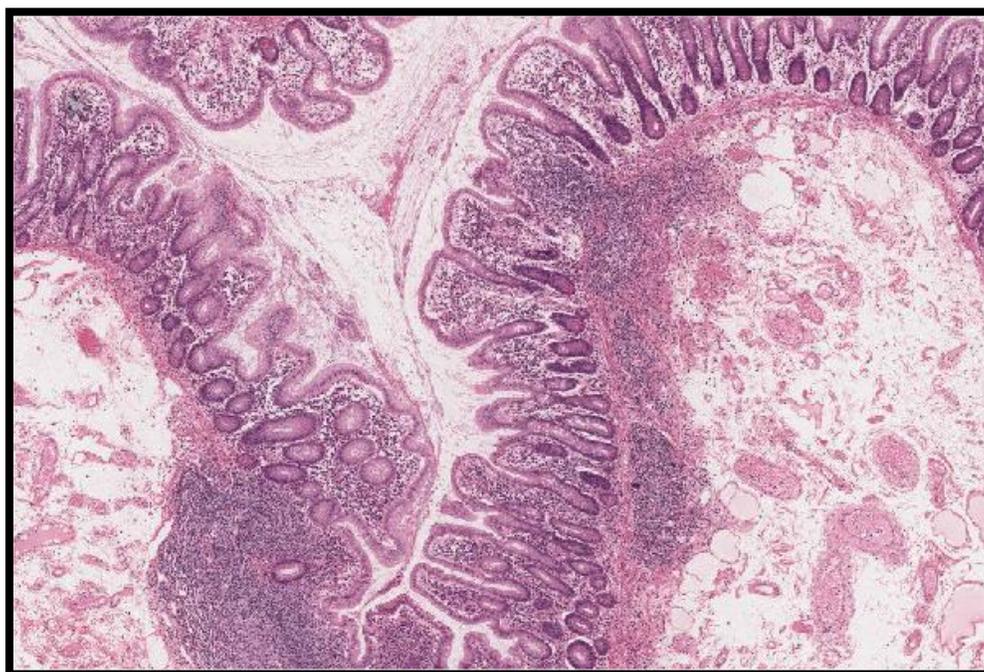
De la misma manera para un objetivo de 20X con una AN de 0,5 cada fotograma ocuparía un espacio de 877 $\mu$ m X 660  $\mu$ m. En este caso para el mismo cubreobjetos (24 X 24 mm) se deberían realizar 36 exposiciones verticales y 27 horizontales lo que da un total de 993 fotografías. (Martorelli y Martorelli, 2010).

En el libro *Virtual Microscopy and Virtual Slides in Teaching, Diagnosis, and Research* (Gu and Ogilvie, 2005), los editores escriben sobre las características ideales que un preparado virtual debe poseer:

- El preparado virtual debería ser un reflejo fiel del preparado real de vidrio sin perder ninguna información y sin agregar ningún dato adicional artificial a la imagen.
- La resolución y la claridad de la imagen de un preparado virtual, debería ser lo suficientemente alta de manera de permitir la observación de detalles.
- Un preparado virtual debe ser rápido y fácil de preparar, ver, examinar y almacenar.
- La manipulación de preparados virtuales debería ser auto explicativa y fácilmente dominada por cualquier microscopista con un mínimo entrenamiento.
- Los archivos digitales de preparados virtuales deberían ser lo suficientemente pequeños para permitir la rápida transmisión a través de internet o cualquier áreas de red local.
- Los preparados virtuales deben ser fáciles de comentar, fáciles de comparar entre ellos y capaces de ser analizados con algún software de análisis de imágenes.
- Debería ser posible almacena los preparados virtuales con el resto de la información que puede poseerse de cierto paciente dado.

En resumen, los autores exponen que, un preparado virtual debe poseer todas las características de un preparado de vidrio convencional y agregar además todas las ventajas que un conjunto de datos digitales pueden ofrecer.

En la figura 3.6 puede observarse la imagen de un corte de tejido muscular liso de intestino a 20x visualizada utilizando un microscopio virtual.



**Figura 3.6: Corte de tejido muscular liso de intestino a 20x visualizada utilizando un microscopio virtual. Imagen obtenida de: <http://virtuallides.med.umich.edu/>**

### **3.4 Combinando microscopía virtual con preparados virtuales**

Definidos los conceptos de microscopía virtual y preparados virtuales, es posible ahora presentar algunas combinaciones de estos que son utilizados.

Según lo publicado en *Virtual Microscopy and Virtual Slides in Teaching, Diagnosis, and Research* (Gu y Ogilvie, 2005) existen cuatro formas de combinar la microscopía virtual con los preparados virtuales.

En la primera forma se presenta el uso de imágenes estáticas tomadas de ciertas áreas de un preparado de vidrio convencional, utilizando un microscopio de luz convencional y una cámara digital. Esta constituye, para los autores, una forma sencilla y efectiva de transmitir, a través de internet partes de imágenes microscópicas. Esta propuesta no requiere equipamiento adicional o software específico, más allá de un programa de procesamiento de imágenes, y puede ser utilizada por cualquier persona que sepa realizar el envío de imágenes a través de internet. Los autores coinciden en que sirve para resolver

problemas en diagnósticos y en educación de una forma sencilla. Las limitaciones de esta aproximación son obvias. La estética y el aislamiento de las imágenes y, en particular, las limitadas áreas de las imágenes que son transmitidas, plantea preocupaciones sobre el sesgo de la muestra y limitan la usabilidad de este primer enfoque planteado por los autores.

En una segunda aproximación se emplea el uso de microscopios controlados remotamente para ver los preparados reales a través de internet u de otras redes de computadoras. Estos sistemas emplean microscopios especiales los cuales pueden ser controlados a distancia. Los mejores sistemas de este tipo permiten la operación remota de todas las partes móviles de un microscopio de luz incluyendo el foco, los ejes x e y, cambio de luz, apertura y objetivos. Las imágenes en vivo son transmitidas dinámicamente a la pc del receptor. La ventaja de estos sistemas radica en que virtualmente es posible operar un microscopio convencional: El preparado completo puede ser visto con diferentes objetivos y las imágenes mostradas en la pantalla suelen ser una representación en tiempo real y confiable de los preparados de vidrio reales. Las limitaciones de esta aproximación pueden verse en la transmisión de una enorme cantidad de datos que debe realizarse por internet, u otras redes, durante el tiempo que se emplee para realizar la transmisión en tiempo real. Durante este tipo de transmisiones suelen generarse retrasos que pueden dificultar el recorrido de un preparado.

La tercera forma presentada es la que utiliza preparados virtuales. Independientemente de la forma de escaneo y adquisición del preparado virtual, la completa digitalización de la imagen requiere usualmente un gran tamaño para su almacenamiento. Este tamaño puede variar según el tamaño de la muestra y la magnificación del objetivo utilizado. Las colecciones de preparados virtuales suelen estar almacenadas en algún servidor dedicado. La visualización de las imágenes se realiza a través de los llamados microscopios virtuales. Dentro de las desventajas de esta aproximación encontramos que el espacio requerido para almacenar los preparados virtuales debe ser elevado y los servidores, utilizados para su almacenamiento, deben cumplir algunas características especiales. Además, por más que se compriman las imágenes, el tamaño de las mismas sigue siendo muy grande para el uso en las computadoras de usuarios convencionales. Otro de los inconvenientes de esta aproximación reside en el costo de escaneo para la obtención de los preparados virtuales.

La cuarta aproximación es una combinación de las dos formas presentadas previamente y puede ser llamado un sistema híbrido. Consiste en un microscopio controlado remotamente y una imagen de fondo lógicamente vinculada donde se muestran las imágenes de áreas seleccionadas de la muestra para hacer una diapositiva virtual. Esta aproximación es útil para el diagnóstico, si se tiene en cuenta que no es necesario tener la mejor resolución para todo el preparado de la muestra en todo momento. Solo las partes de la muestra esenciales son las que, de manera remota y en tiempo real, son visualizadas en alta resolución.

Por su parte los autores Martínez, Ferreres, Martín, y Reyes Casado (2003) definen a la telepatología como la transmisión de imágenes digitales de anatomía patológica, por medio de la utilización de sistemas de telecomunicación, con fines de consulta, diagnóstico, foros de casos, congresos virtuales, investigación, o docencia. La telepatología se puede clasificar en estática o dinámica (Alfaro Ferreres, García Rojo y Puras Gil ,2002; Comaniciu, Chen, Meer y Foran, 1999; Wang, Nguyen, Lo, Law y Regula, 1999; Weinstein y Epstein, 1997; Weinstein, Bhattacharyya, Graham y Davis, 1997; Olsson y Busch, 1995).

En la telepatología estática las imágenes fijas, o fotografías, son seleccionadas por un experto y digitalizadas teniendo en cuenta áreas de interés.

Por su parte, la telepatología dinámica se puede clasificar en dos tipos: activa en tiempo real y activa en tiempo virtual. En la primera se utilizan imágenes en vivo y en directo en la cual los preparados son movidos a distancia con sistemas robóticos instalados en el microscopio. En la telepatología activa en tiempo virtual, se utilizan imágenes previamente digitalizadas en todos los aumentos posibles, y posteriormente almacenadas en un servidor. Estos preparados virtuales pueden ser movidos y magnificados a distancia desde cualquier computadora conectada a internet.

Andrew P. Bradley, Michael Wildermoth y Paul Mills en el trabajo *Virtual Microscopy with Extended Depth of Field* afirman que un sistema de microscopia virtual está compuesto de dos partes: un sistema de escaneo por intermedio del cual se digitalizan los especímenes, y un browser de cliente que se utiliza para navegar y ver (microscopio virtual) las imágenes digitales (Bradley, Wildermoth y Mills, 2005).

Glatz-Krieger, Glatz y Mihatsch (2003) describen que se requiere de un sistema digital de adquisición de imágenes, un servidor para almacenamiento de imágenes y un software que permita la exploración, para hacer disponible un microscopio virtual y sus contenidos a través de la web.

### **3.5 Microscopios virtuales**

Como se ha expuesto con anterioridad los microscopios virtuales constituyen una de las herramientas fundamentales dentro de la microscopia virtual posibilitando la visualización y manipulación de preparados virtuales que han sido digitalizados a partir de preparados convencionales.

Un microscopio virtual puede ser definido como un entorno artificial de microscopía que cuando es presentado a un usuario tiene el *look-and-feel* de un verdadero microscopio (Bradley, Wildermoth y Mills, 2005).

Un microscopio virtual es un tipo de software, web o de escritorio, que imita las características y funcionalidades principales que un microscopio convencional ofrece. A través del uso de un microscopio virtual es posible manipular y visualizar preparados virtuales utilizando funcionalidades que simulan el

aumento, foco y el movimiento en ejes x e y de las muestras. Los microscopios virtuales más avanzados posibilitan la reconstrucción tridimensional de imágenes a partir de datos observados en múltiples planos focales, y en múltiples preparaciones microscópicas. Es posible realizar con ellos, el registro y composición de imágenes a partir de los datos obtenidos utilizando varias tinciones o técnicas especiales de microscopía (Çatalyürek, Beynon, Chang, Kurc, Sussman, y Saltz, 2003; Foran, Comaniciu, Meer y Goodell, 2000; Wetzel, Andrews, Becich y Gilbertson, 1997).

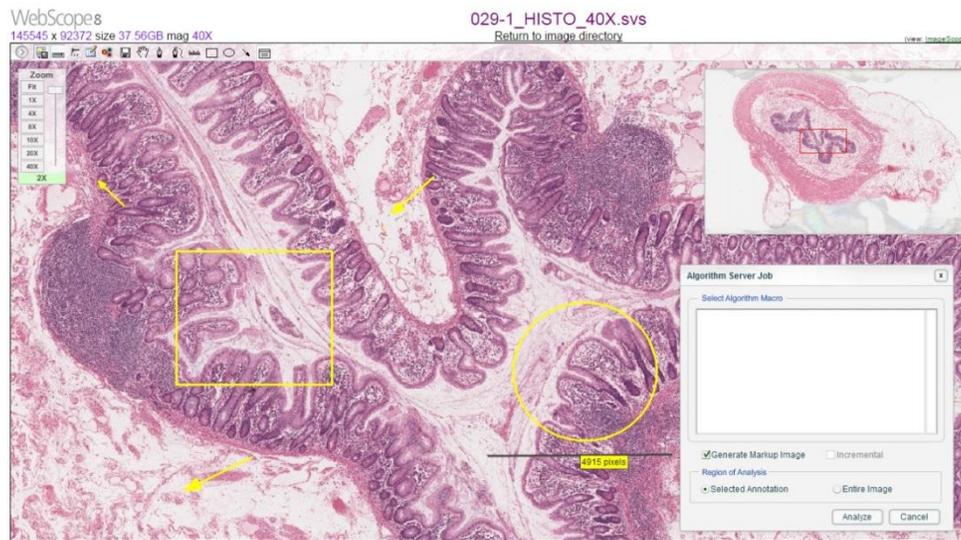
El concepto de microscopio virtual no es equivalente al de telepatología en tiempo real. Un microscopio virtual no supone necesariamente el control de un microscopio robotizado de forma remota y, en cambio se trabaja con los preparados virtuales que ya han sido previamente digitalizados (García Rojo, 2001).

Las imágenes que comúnmente utilizan este tipo de microscopios son almacenadas en servidores, bases de datos y repositorios de imágenes. Diferentes universidades e institutos alrededor del mundo, y diversas empresas particulares, poseen colecciones de imágenes digitalizadas que pueden ser accedidas de manera pública o privada y de forma gratuita o con algún coste de acceso.

Los diversos microscopios virtuales son diseñados e implementados utilizando diversas plataformas y tecnologías informáticas que se han ido modificando y evolucionando con el correr de los años. En el capítulo 5 de este trabajo se realizará un estudio y comparación detallado de una serie de microscopios virtuales de amplia utilización realizando una exploración detallada de las características de diseño e implementación que los diferencian.

Hoy en día es cada vez más común pensar que este tipo de microscopios constituyen una fuente alternativa de información sobre la construcción del conocimiento científico.

En la siguiente figura 3.7, puede verse, a modo de ejemplo, el microscopio virtual *WebScope 8* de la empresa Aperio.



**Figura 3.7: Ejemplo de microscopio virtual WebScope 8 (Aperio). Fotografía tomada de <http://141.214.65.171/Histology/view.apml>.**

Las principales ventajas, ampliamente difundidas, en relación al uso de microscopios virtuales tienen que ver con el coste de adquisición y uso (reducción del costo de adquisición microscopios convencionales), la preservación de muestras originales, y la incorporación de funciones adicionales ofrecidas por las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (Rehatschek y Hye, 2011). Estas nuevas funcionalidades facilitan la búsqueda, navegación y anotación de las muestras visualizadas (Kumar, Velan, Korell, Kandara, Dee y Wakefield, 2004).

Las muestras digitales, además, no se degradan con el tiempo. Una misma muestra digitalizada puede ser distribuida a múltiples destinatarios de forma instantánea y no hay riesgo de rotura, pérdida o contaminación de los preparados durante el transporte, como sucede con los preparados convencionales (Leong y McGee, 2001).

Si profundizamos en las ventajas que los microscopios virtuales ofrecen en el ámbito educativo podemos señalar (González Cámpora, 2012):

1. Por intermedio del uso de los microscopios virtuales es posible que varios alumnos vean simultáneamente la misma imagen que muestra un profesor.
2. El aprendizaje de los alumnos puede llegar a ser más uniforme con iguales oportunidades para todos de acceder a los preparados.
3. Es posible realizar un número ilimitado de accesos simultáneos a la misma imagen.
4. No hay limitaciones de tiempo o espacio físico para la visualización.
5. Existe la posibilidad de creación de bases de imágenes específicas para cierto curso.
6. El profesor puede realizar anotaciones y comparaciones en tiempo real.
7. Está permitido realizar comparaciones y análisis de imágenes al mismo tiempo.

La principal dificultad, en el suministro de la funcionalidad básica que un microscopio virtual debe ofrecer, radica en el almacenamiento y procesamiento de las grandes cantidades de datos necesarios para representar una gran colección de imágenes de preparados (Çatalyürek et. al, 2003).

El remplazo del microscopio convencional, práctica que un estudiante deberá realizar indefectiblemente, puede verse como otra de las dificultades del uso de esta tecnología. Existe un temor en relación a que el alumno deje de realizar su experiencia en el microscopio convencional.

La dependencia de la infraestructura de las tecnologías para el normal funcionamiento del microscopio virtual es otra de las desventajas que aparecen en relación a ellos.

Por último, para quienes quieran montar un sistema de microscopia virtual, el coste excesivo en adquisición de equipos y servidores propietarios es otra dificultad; junto a que el escaneo de muestras es todavía un proceso caro (Romer, Yearsley y Ayers, 2003) y que consume mucho tiempo (Soenksen, 2004; Steinberg y Ali, 2001).

### **3.6 Conclusiones del capítulo**

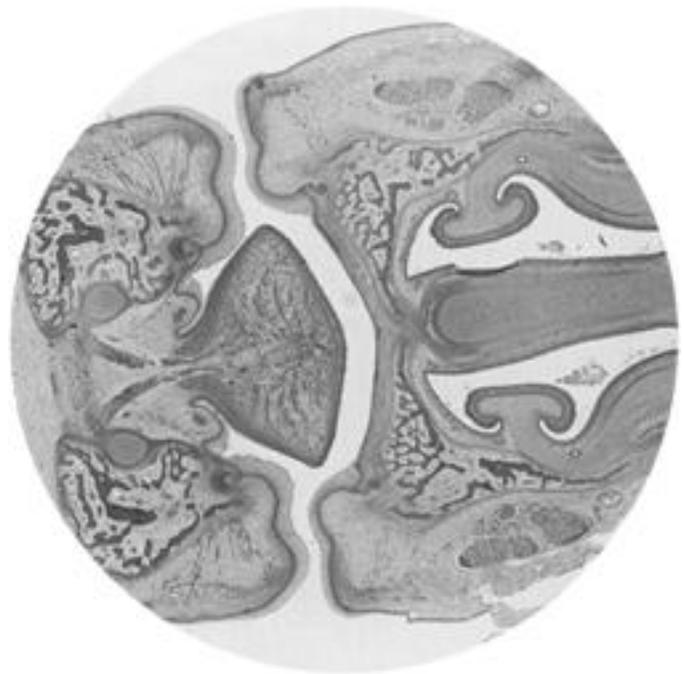
En este capítulo se han definido los conceptos de microscopia virtual y preparados virtuales como introducción para la presentación y definición de los microscopios virtuales, objeto de estudio de este trabajo. Las definiciones encontradas en relación a los microscopios virtuales resultan amplias y pueden llevar a tener diversidad de herramientas que puedan ser consideradas microscopios virtuales. Esto se verá más adelante a partir del estudio de diferentes aplicaciones de microscopios virtuales.

Conocer sus principales funcionalidades, características, ventajas y desventajas es fundamental a la hora de realizar la selección de los microscopios que se analizarán en el capítulo 4 de este trabajo. Por esto este capítulo resulta fundamental para dar el contexto para la definición de criterios de análisis que se abordarán en el capítulo 5 para la comparación de microscopios virtuales.

# Capítulo 4

---

## Estudio de Microscopios Virtuales



## 4.1 Introducción

En este capítulo se presenta en primer término la definición de un conjunto de criterios para el análisis de microscopios virtuales, y una explicación de cada uno. Estos criterios han sido definidos con el objetivo de analizar posibilidades ofrecidas por diferentes microscopios virtuales disponibles y que permitirán además realizar una posterior comparación de los microscopios.

En segundo término, se presenta la revisión de cada uno de los microscopios seleccionados y se concluye con la comparación mencionada.

## 4.2 Aspectos considerados para el Estudio de Microscopios Virtuales

Tanto para la revisión como para la posterior comparación de los MV se han definido tres criterios principales propuestos por la autora de este trabajo. Estos criterios posibilitan organizar y agrupar ciertos aspectos que los microscopios virtuales podrían presentar y que serían de interés para el ámbito educativo. Estos criterios son: Educativo, General y Tecnológico.

Desde la perspectiva del criterio **Educativo** un microscopio virtual debe ser considerado como un medio para la enseñanza y el aprendizaje. Puesto que no se conoce a priori el objetivo por el cual han sido diseñados los microscopios que analizarán, interesa conocer las posibilidades que los mismos ofrecen en términos educativos.

Dentro de este criterio se ubican los aspectos *Colaborativo*, *Fines educativos* y *Construcción de actividades*.

El aspecto *Colaborativo* se refiere a considerar aquellos microscopios virtuales que posean componentes que puedan favorecer el trabajo colaborativo. Se exploran entonces características y funcionalidades que puedan facilitar y promover la colaboración.

Como segundo aspecto interesa indagar en la posibilidad de vinculación específica de estos microscopios con *Fines educativos*. Se busca conocer si los microscopios ya han sido utilizados con alguna finalidad educativa, para diferenciarlos de aquellos que sólo se han utilizado para otros fines como ser investigación o desarrollo.

El tercer aspecto dentro del criterio educativo tiene que ver con la posibilidad de construir para los usuarios, nuevas actividades educativas.

Dentro del criterio **General** el aspecto fundamental tenido en cuenta, y que ha servido como orientador de la búsqueda bibliográfica, tiene que ver con quién es el proveedor del microscopio virtual. Existen dos grandes grupos de proveedores. Por un lado los relacionados con el ámbito educativo y académico, por

lo general universidades alrededor del mundo que poseen carreras en las que se utilizan microscopios para sus prácticas habituales. Por otro lado, el grupo de empresas que ofrecen productos de microscopía, escáneres y cámaras fotográficas.

Los otros aspectos considerados dentro del criterio **General** son los aspectos de Tipo de Uso y Área o disciplina los cuales se relacionan con la libertad o no de uso y la especificidad de los microscopios, es decir si se orientan específicamente a alguna disciplina.

Por último, desde la perspectiva del criterio **Tecnológico**, un MV es considerado como un producto de software por lo que interesa explorar los aspectos de Tipo de Licencia, Tipo de Aplicación, Formato de imágenes aceptadas y Tecnología o Lenguaje de desarrollo.

Todos los criterios y sus aspectos constitutivos son presentados en la Tabla 4.1. Cada uno se detalla junto a una breve explicación y los valores prestablecidos como vocabulario para la caracterización.

<b>Criterio</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Vocabulario</b>
<b>Educativo</b>	Colaborativo	Aspectos de colaboración: ofrece herramientas para la comunicación, tipos de <i>awareness</i> disponibles, formas de coordinación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se detallan descriptivamente</li> <li>• No Tiene</li> </ul>
	Fines Educativos	Posibilita la realización de algún tipo de actividad educativa del tipo específica de área de aplicación o general; o es un MV que puede ser utilizado para otros fines como ser investigación o desarrollo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se detallan descriptivamente</li> <li>• No explícitos</li> </ul>
	Construcción de actividades	Posibilita la creación de nuevas actividades educativas de algún tipo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se detallan descriptivamente</li> <li>• No</li> </ul>
<b>General</b>	Proveedor	Proveedor del MV	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Educativo-Académico</li> <li>• Privado</li> </ul>
	Área o disciplina	A qué disciplina o área está dirigido el MV si es que corresponde	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Múltiples disciplinas</li> <li>• Se detallan descriptivamente</li> </ul>
	Tipo de Uso	Uso libre o restringido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Libre</li> <li>• Restringido</li> </ul>

Criterio	Aspecto	Descripción	Vocabulario
<b>Tecnológico</b>	Tipo de Licencia	Licencia del sistema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Código Abierto</li> <li>• Propietaria</li> <li>• No se obtuvieron datos</li> </ul>
	Tipo de Aplicación	Ámbito de ejecución de la aplicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Web</li> <li>• Escritorio</li> <li>• Móvil</li> </ul>
	Formato de imagen	Formatos de imágenes que soportadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formato propietario</li> <li>• Se detallan los tipos de formatos soportados</li> <li>• No se obtuvieron datos</li> </ul>
	Tecnología/ Lenguaje	Tecnología subyacente al desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se describe la tecnología subyacentes</li> <li>• No se obtuvieron datos</li> </ul>

**Tabla 4.1: Criterios y sus aspectos constitutivos**

### 4.3 Sistemas Elegidos para el Estudio

A continuación se presentan, en la tabla 4.2, los sistemas que se han seleccionado para ser analizados y comparados. Para la selección se ha tenido en cuenta fundamentalmente la posibilidad de acceso a los mismos y/o a su documentación, de manera tal de poder llevar adelante de la forma más completa posible su descripción y comparación.

	Descripción	Valores
4.3.1	Microscopio Virtual de la Universidad de Loyola	Universidad de Loyola Chicago
4.3.2	Virtual Microscope 2.0 de la Universidad Médica de Graz	Universidad Médica de Graz
4.3.3	Virtual Slidebox de la Universidad de IOWA	Universidad de IOWA
4.3.4	Atlas Histológico Interactivo de la Universidad de Jaén	Universidad de Jaén
4.3.5	UK Virtual Microscopes de la Open University, el Open Science Laboratory y Jisc	The Open University, The Open Science Laboratory y Jisc
4.3.6	Microscopio Virtual de Generalidad de Catalunya	Enseñanza de la Generalidad de Catalunya

	Descripción	Valores
4.3.7	Microscopio Virtual del Departamento de Sanidad IES Santo Domingo	Departamento de Sanidad IES Santo Domingo
4.3.8	UD Virtual Compound Microscope de la Universidad de Delaware	Universidad de Delaware
4.3.9	Atlas Fotográfico interactivo de la Universidad de Buenos Aires	Universidad de Buenos Aires
4.3.10	Microscopes of Molecular Expressions de la Universidad del Estado de Florida	Universidad del Estado de Florida
4.3.11	Virtual Microscope of Histology de la Universidad Estatal de Oeste del Paraná Brazil	Universidad Estatal de Oeste del Paraná Brazil
4.3.12	Microscopy: Internet-enabled high-resolution brain mapping de la Universidad de California Davis	Universidad of California Davis
4.3.13	ePathViewer	Aperio/Leica
4.3.14	iScan Image Viewer	Roche
4.3.15	NDP. VIEW2	Hamamatsu
4.3.16	Coolscope VS 'WebSlide	Bacus Laboratories
4.3.17	Virtual Microscopy Interactive Tutorials	Olympus Microscopy Resource Center
4.3.18	OlyVIA Image Viewer	Olympus
4.3.19	Pannoramic Viewer / Mobile Pathology Tool	3DHistech Panoramic
4.3.20	Pathologist Suite	Philips
4.3.21	Microscopios Virtuales posibles de ser creados con Google Earth/ Map API	Google

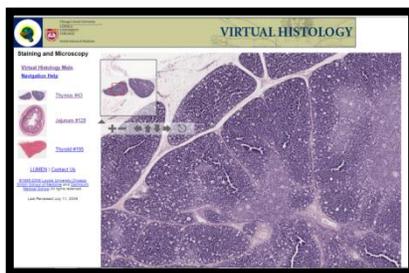
**Tabla 4.2: Sistemas seleccionados para el estudio y comparación**

En las subsecciones siguientes se presenta una descripción de cada uno de los 21 microscopios virtuales seleccionados para su estudio, de cada uno se presenta un texto descriptivo, un análisis general de los criterios definidos con anterioridad y un cuadro resumen de aplicación de los criterios al microscopio en cuestión.

#### **4.3.1 Microscopio Virtual de la Universidad de Loyola**

La Universidad Loyola de Chicago (Loyola University Chicago, 2016) ofrece en un sitio web una colección de imágenes microscópicas llamada *Virtual Histology* (Virtual Histology, 2016). Dentro de esta colección las imágenes se encuentran organizadas en categorías o lecciones. Para poder visualizar

estas imágenes se utiliza un MV que ha sido desarrollado utilizando un software panorámico o complemento web llamado *Zoomify* (*Zoomify*, 2016). La combinación de estas aplicaciones funciona como un MV.



**Figura 4.1: Vista de Microscopio Virtual. Fotografía tomada de (Virtual Histology, 2016)**

*Zoomify* permite realizar *zoom* y *paneo* sobre imágenes de alta calidad utilizando cualquier navegador, cualquier plataforma y cualquier dispositivo. El complemento incluye un visualizador que posee una barra de herramientas y un navegador que permiten moverse dentro de la imagen. *Zoomify* ofrece una licencia gratuita: *Zoomify HTML5 express*, y otras propietarias (*Pro* y *Enterprise*).

La Universidad utiliza para *Virtual Histology* la versión *express* de *Zoomify*. Esta versión *Express* implementa: visualización, *zoom* y *paneo*, navegación utilizando mouse o teclado, modo de pantalla completa, función de ayuda y opción de almacenamiento *ZIF* de un archivo. Con esta versión no hay restricciones de la cantidad de implementaciones que se pueden realizar adquiriendo este tipo de licencia, y se entrega un convertidor de imágenes, un visualizador, una guía de uso y ejemplos. La versión *Pro* ofrece todas características de la versión *Express* más el agregado de parámetros *HTML* y soporte *XML*, que permiten incorporar las funcionalidades de *copyrighting*, marca de agua, mediciones, protectores de pantalla, rotaciones, *tours*, *slide shows*, *hotspots*, herramientas de *debug* y animaciones. Además con esta versión es posible realizar visualización de imágenes sin convertir y se puede acceder al código fuente del visualizador escrito en lenguaje JavaScript. Por último, la versión *Enterprise* ofrece todas las características de las otras más las funcionalidades que permiten aplicar filtros, realizar anotaciones, visualización de imágenes sincronizadas (*slidestack*) y la posibilidad de almacenar lo realizado en la imagen, por ejemplo, anotaciones.

En relación a los criterios educativos no se han encontrado aspectos de colaboración y el único indicador relacionado a los fines educativos se relaciona con la organización en lecciones de los preparados. Estas lecciones podrían estar relacionadas con actividades educativas que se realizan en los cursos en los que se utiliza este microscopio. Por otro lado, se observa que no existe la posibilidad de crear nuevas actividades o incluso lecciones desde la aplicación por parte del docente.

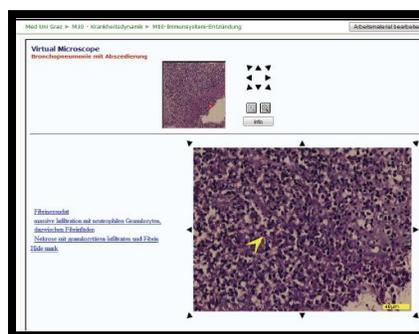
A continuación se presenta en la tabla 4.3 la información sobre criterios y aspectos que se han analizado para este microscopio.

Critério	Aspecto	Valores
Educativo	Colaboración	No tiene
	Fines Educativos	Posible relación de Lecciones con actividades educativas
General	Construcción de actividades	No
	Proveedor	Educativo Académico
	Área o disciplina	Medicina , Histología
Tecnológico	Tipo de Uso	Libre
	Tipo de Licencia	Propietaria
	Tipo de Aplicación	Web
	Formato de imágenes	No se obtuvieron datos
	Tecnología / lenguaje de la aplicación	Web, Zoomify

**Tabla 4.3: Criterios y aspectos obtenidos en el análisis para el Microscopio virtual de la Universidad de Loyola**

### 4.3.2 Virtual Microscope 2.0 de la Universidad Médica de Graz

La Universidad Médica de Graz (Med Uni Graz, 2016) comenzó a utilizar un MV llamado, *Virtual Microscope 1.0*, en el año 2002 dentro de un Entorno Virtual de Enseñanza y Aprendizaje propio. Luego de algunos años decidieron mejorar la implementación de esta primera versión puesto que consideran entre sus virtudes, un ahorro en el coste debido a que se logró la sustitución de cientos de microscopios físicos y un aporte de flexibilidad para sus estudiantes, dado que pueden acceder al microscopio desde cualquier navegador conectado a internet.



**Figura 4.2: Vista de Virtual Microscope 2.0. Fotografía tomada de (Rehatschek, 2011)**

Para la nueva versión, *Virtual Microscope 2.0* (Rehatschek, 2011) se ha utilizado el complemento web *Zoomify* (*Zoomify, 2016*) Los creadores analizaron otros complementos, *VM of FHJoanneum* (FH-Joanneum, 2015) y *WebMic* (*WebMic, 2016*), pero finalmente optaron *Zoomify* pues cubre todos los requerimientos deseados. El MV desarrollado es una aplicación web estándar que no requiere instalación de software adicional para su normal funcionamiento. Entre las funcionalidades que provee se

encuentran: mini mapa para visualización de imagen completa, y la realización de *zoom* sobre la porción de la imagen que es seleccionada con un rectángulo dentro del mapa. Además es posible ajustar los diferentes marcadores disponibles (flecha, círculo, rectángulo, polígono) junto con un texto explicativo. Una novedad que este microscopio ofrece es la posibilidad de agregar un audio explicativo en lugar de texto. También dentro de las diapositivas virtuales pueden aparecer los llamados Puntos de Interés. Estos puntos han sido seleccionados por docentes y son especialmente confeccionados para que puedan ser seguidos de cerca por los estudiantes.

En relación a los criterios *educativos* no se ha encontrado ninguna característica que favorezca al trabajo colaborativo dentro de este MV, sin embargo teniendo en cuenta algunas de las funcionalidades específicas que este microscopio ofrece, queda en evidencia que el mismo ha sido desarrollado con fines educativos. La posibilidad de agregar audio explicativos y puntos de interés en las imágenes pueden ser las funcionalidades disparadoras de nuevas actividades educativas e incluso para ofrecer más posibilidades para la colaboración.

A continuación se presenta en la tabla 4.4 la información sobre criterios y aspectos que se ha obtenido para este microscopio analizado.

<b>Criterio</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Valores</b>
<b>Educativo</b>	Colaboración	No tiene, pero podría tener un potencial a partir del uso de los audios y puntos de interés
	Fines Educativos	Funcionalidades específicamente desarrolladas con fines educativos.
	Construcción de actividades	Posibilidad de agregar audio y puntos de interés.
<b>General</b>	Proveedor	Educativo/ Académico
	Área o disciplina	Medicina
	Tipo de Uso	Restringido
<b>Tecnológico</b>	Tipo de Licencia	Propietaria
	Tipo de Aplicación	Web
	Formato de imágenes	No se obtuvieron datos
	Tecnología / lenguaje de la aplicación	Web , Zoomify

**Tabla 4.4: Criterios y aspectos obtenidos en el análisis para el Virtual Microscope 2.0 de la Universidad Médica de Graz**

### **4.3.3 Virtual Slidebox de la Universidad de IOWA**

La Universidad de IOWA (The University of IOWA, 2016) ofrece un Atlas de Histología e Histopatología, llamado *Iowa Virtual Slidebox* (Iowa Virtual Slidebox, 2016) de acceso abierto al cual se puede ingresar utilizando el visualizador de imágenes *Biolucida* (Biolucida, 2016). La colección posee más de 1000 preparados virtuales de alta resolución que pueden ser utilizados libremente.



**Figura 4.3: Vista de Virtual Slidebox Fotografía tomada de (Iowa Virtual Slidebox, 2016)**

Por su parte *Biolucida* se presenta como una herramienta de la empresa *mbf BIOCIENCE* (*mbf BIOCIENCE*, 2016) para la enseñanza de la Histología y Patología con diapositivas virtuales, que puede ser adquirida en tres ediciones: *Educación Médica*, *Investigación* y *Publicaciones*. *Biolucida* está compuesta por un servidor, un software del lado del servidor y un visor para el cliente o MV. Este último es una aplicación gratuita que sirve para distintos formatos de imágenes adquiridas con diversos escáneres y microscopios pero, de todas maneras, es necesario adquirir el sistema completo de *Biolucida* para cargar y organizar las diapositivas en el servidor. Entre sus funcionalidades se mencionan que posibilita el uso simultáneo de cientos de usuarios y que posee complementos para la integración con los principales entornos de enseñanza y aprendizaje disponibles. Además es compatible con imágenes generadas por otras compañías como *Zeiss* (*Zeiss*, 2016), *Leica Aperio* (*Leica*, 2016) y *Hamamatsu* (*Hamamatsu*, 2016), entre otros. Los formatos de imágenes soportados son: *.jp2*, *.jpf*, *.jpx*, *.svs*, *.ndpi*, *.tif*, *.oib*, *.oif*, *.tif*, y *.lsm*. Cada imagen puede ser recorrida en su totalidad y es posible realizar *zoom* a distintos aumentos. También se puede realizar capturas de las imágenes, o de porciones de las mismas y realizar ajustes de colores, brillo, contraste y gama. Existe la posibilidad de realizar anotaciones y agregar comentarios y enlaces en las mismas.

El sistema posee una sección de *bookmarks* donde se pueden encontrar las imágenes más utilizadas. Las imágenes pueden ser organizadas en grupos y es posible agregar *tags* a las mismas, lo que facilita su búsqueda y recuperación posterior.

Un aspecto interesante es que se puede realizar análisis automatizado sobre las imágenes. El sistema se integra con otros sistemas de análisis ofrecidos por la compañía, llamados *NeuroLucida* y *Stereo Investigator*, los cuales permiten rastrear neuronas o realizar estereología. El sistema ofrece versiones tanto para plataformas Windows como Mac.

En relación a los criterios educativos y el aspecto de colaboración este sistema permite compartir imágenes y resultados de análisis entre quienes sean usuarios registrados del sistema *Biolucida*, que se encuentre hospedando a las imágenes.

El Atlas parece haber sido creado con fines educativos relacionados a alguna cátedra de la Universidad en cuestión. Por su parte, el sistema *Biolucida* en cambio no ha sido creado solo con fines educativos, ya que el MV podría ser utilizado con fines de desarrollo o investigación.

No existe ninguna funcionalidad del MV específicamente creada para favorecer la creación de actividades educativas. Sin embargo, más allá de que el mismo sistema no permite introducir consignas para una actividad, y otros aspectos de interés educativo, varias de sus funcionalidades potencialmente podrían ser significativas para su utilización en algún proceso educativo.

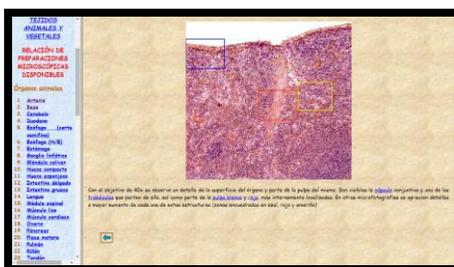
A continuación se presenta en la tabla 4.5 la información sobre criterios y aspectos que se han analizado para este microscopio.

<b>Criterio</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Valores</b>
<b>Educativo</b>	Colaboración	Admite compartir imágenes con modificaciones hechas por otros usuarios
	Fines Educativos	Atlas: Si. No se especifica puntualmente, pero se evidencia su fin educativo
	Construcción de actividades	No
<b>General</b>	Proveedor	Atlas: Educativo Académico MV: Privado
	Área o disciplina	Medicina , Histología , Histopatología
	Tipo de Uso	Atlas: Libre MV: Restringido
	Tipo de Licencia	MV: Propietaria
<b>Tecnológico</b>	Tipo de Aplicación	Atlas: Web MV: Escritorio
	Formato de imágenes	<i>jp2, .jpf, .jpx, .svs, .ndpi, .tif, .oib, .oif, .tif, y .lsm.</i>
	Tecnología / lenguaje de la aplicación	Cloud, Biolucida (Windows/ Mac)

**Tabla 4.5: Criterios y aspectos obtenidos en el análisis para Virtual Slidebox de la Universidad de IOWA**

#### **4.3.4 Atlas Histológico Interactivo de la Universidad de Jaén**

Dentro del Departamento de Biología Experimental de la Universidad de Jaén (Universidad de Jaén, 2016) han desarrollado un sitio web para los estudiantes de histología y organografía animal y vegetal, el cual pretende aportar al aprendizaje del contenido práctico de estas disciplinas y servir como complemento a las observaciones realizadas en microscopios convencionales. (Atlas Histológico Interactivo, 2016).



**Figura 4.4: Vista de Atlas Histológico Interactivo Fotografía tomada de (Atlas Histológico Interactivo, 2016).**

El sitio presenta un menú en donde se encuentran las imágenes organizadas en categorías: Órganos animales, Órganos vegetales y Microscopía Virtual. Dentro de las dos primeras, se encuentran las imágenes descritas detalladamente, y sobre las cuales se puede realizar un *zoom* manual comenzando desde el aumento menor. Para lograr este efecto de *zoom* se debe hacer clic sobre las imágenes, y se determina la navegación de las mismas. Sobre algunas zonas de las imágenes aparecen rectángulos de colores a los cuales se les puede hacer clic para acceder a esa porción aumentada. Para lograr este efecto de *zoom* se ha trabajado haciendo clic sobre las imágenes y organizando la navegación de las mismas.

Para algunas imágenes es posible ver cómo sería su visualización en un microscopio de luz polarizada. Resultó interesante el análisis de lo ofrecido por esta Universidad ya que incluye, en estas dos primeras categorías, un MV más “artesanal”. Sin embargo en la categoría Microscopía Virtual se encuentran unas series de imágenes en las cuales se utiliza el complemento *Zoomify* en su versión *Express* para ser recorridas y constituyen otra forma de simular un microscopio.

En relación a los criterios *educativos*, se ve claramente que se persigue un fin educativo específico para los alumnos de las cátedras de histología y organografía animal y vegetal de la Universidad. Por otra parte, no se han encontrado características específicas que favorezca el trabajo colaborativo.

Tampoco existe ninguna funcionalidad del sitio específicamente desarrollada para favorecer la creación de nuevas actividades educativas.

La tabla 4.6 presenta la información sobre criterios y aspectos que fueron analizados para este microscopio.

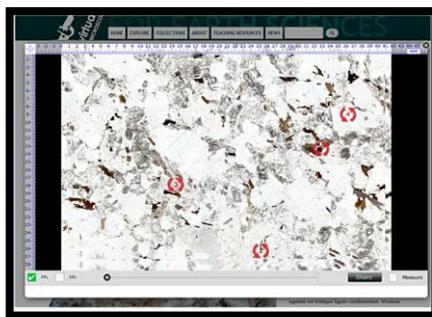
Criterio	Aspecto	Valores
Educativo	Colaboración	No Tiene
	Fines Educativos	Específico para los alumnos de las cátedras de histología y organografía animal de la Universidad
	Construcción de actividades	No

Criterio	Aspecto	Valores
General	Proveedor	Educativo/ Académico
	Área o disciplina	Histología y organografía animal y vegetal
	Tipo de Uso	Libre
Tecnológico	Tipo de Licencia	Propietaria
	Tipo de Aplicación	Web
	Formato de imágenes	No se obtuvieron datos
	Tecnología / lenguaje de la aplicación	Web , Zoomify

**Tabla 4.6: Criterios y aspectos obtenidos en el análisis del Atlas Histológico Interactivo de la Universidad de Jaén**

#### 4.3.5 UK Virtual Microscope de la Open University, el Open Science Laboratory y Jisc

El Proyecto *Microscopio Virtual para Ciencias de la Tierra* (Virtual Microscope for Earth Sciences Project, 2016) financiado por la *Universidad Abierta de UK* (The Open University, 2016), el *laboratorio abierto de Ciencias* (The Open Science Laboratory, 2016) y la organización Jisc (Jisc, 2016), tiene como objetivo realizar un cambio en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra, proporcionando el acceso a las colecciones de rocas que se encuentran actualmente en museos, universidades y otras instituciones de todo el mundo. Para esto se utiliza un MV con características de polarización, que permite a los usuarios examinar y explorar los minerales y las características microscópicas de rocas, que pueden ayudar a desarrollar habilidades de clasificación e identificación.



**Figura 4.5: Vista de UK Virtual Microscope Fotografía tomada de (The Open Science Laboratory, 2016)**

El proyecto presenta diversas colecciones como la colección *UKVM* que consta de más de 100 rocas procedentes del Reino Unido e Irlanda, la colección de rocas recogidas por Charles Darwin durante su viaje en el *Beagle*, la colección de meteoritos que llegaron desde el espacio exterior, o la de rocas lunares recogidas por los astronautas de la *NASA*.

Al seleccionar una muestra, el microscopio se abre en una nueva ventana y se puede realizar *zoom* sobre la imagen. Cada muestra se puede ver bajo diferentes condiciones de luz polarizada. Un aspecto

importante de la identificación de minerales es la capacidad de rotar la muestra, por lo que esta es otra de las funcionalidades ofrecidas por el microscopio.

Existe una escala milimétrica que es posible mover sobre la pantalla para realizar mediciones dentro de la imagen. Además, se pueden determinar dimensiones utilizando la herramienta de medida.

El microscopio proporciona una funcionalidad que permite compartir la imagen que se está viendo junto con las condiciones de visualización y nivel de *zoom* que han sido aplicadas. Esto se realiza mediante la copia de la URL de la imagen la cual posee ciertos parámetros de configuración que indican las condiciones aplicadas.

En relación a los criterios *educativos* no se ha encontrado ninguna característica específica que favorezca al trabajo colaborativo (salvo el compartir las imágenes) ni la posibilidad de crear actividades educativas específicas. Sin embargo todo el proyecto en su conjunto fue pensado con fines educativos puesto que precisamente el objetivo es generar un cambio en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra mediante las posibilidades que surgen al disponer de este microscopio y los diversos preparados

A continuación se presenta en la tabla 4.7 la información sobre criterios y aspectos analizados para este microscopio.

<b>Criterio</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Valores</b>
<b>Educativo</b>	Colaboración	No tiene. El compartir las imágenes podría ser potencialmente una funcionalidad de interés para un MV colaborativo
	Fines Educativos	Objetivo : generar un cambio en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra
<b>General</b>	Construcción de actividades	No
	Proveedor	Educativo Académico y Privado
	Área o disciplina	Ciencias de la Tierra
<b>Tecnológico</b>	Tipo de Uso	Libre
	Tipo de Licencia	Propietaria
	Tipo de Aplicación	Web
	Formato de imágenes	So se obtuvieron datos
	Tecnología / lenguaje de la aplicación	No se obtuvieron datos

**Tabla 4.7: Criterios y aspectos obtenidos en el análisis de UK Virtual Microscope de la Open University, el Open Science Laboratory y JISC**

#### **4.3.6 Microscopio Virtual de Generalidad de Catalunya**

*GenMagic* (GenMagic, 2016) es un sitio web que se presenta como un entorno de investigación y creación de aplicaciones multimedia dinámicas para su integración en entornos virtuales de aprendizaje. Nace en el año 2004 en el Departamento de Enseñanza de la Generalidad de Catalunya. (Generalitat de Catalunya, 2016).

El microscopio virtual que ofrecen (Prácticas de laboratorio 1, 2016) se presenta como una simulación dentro de una de las secciones del sitio que permite experimentar, de manera muy simple, el funcionamiento de un microscopio convencional.



**Figura 4.6: Vista de Microscopio Virtual. Fotografía tomada de (GenMagic, 2016)**

La simulación permite seleccionar entre cinco preparados diferentes los cuales se muestran de manera ampliada. Una vez seleccionado el preparado a ser visualizado es posible interactuar con los diferentes componentes del microscopio para ajustar la visualización de la imagen y realizar el recorrido.

Si bien las imágenes que se presentan no son nítidas, las funcionalidades presentadas en el microscopio dan una idea general y básica del funcionamiento del mismo.

En relación a los criterios *educativos* no se ha encontrado ninguna característica que favorezca al trabajo colaborativo ni la posibilidad de crear nuevas actividades educativas. Puesto que este MV simple es una de las aplicaciones ofrecidas por *GenMagic*, sitio que ofrece aplicaciones para la integración en entornos virtuales de aprendizaje, es posible inferir que el mismo ha sido desarrollado con fines educativos, pero no específicos de un área particular.

A continuación se presenta en la tabla 4.8 la información sobre criterios y aspectos analizados para este microscopio.

Criterio	Aspecto	Valores
<b>Educativo</b>	Colaboración	No tiene
	Fines Educativos	Parte de un sitio que ofrece aplicaciones educativas para la integración en entornos virtuales de aprendizaje. Fin no específico
<b>General</b>	Construcción de actividades	No
	Proveedor	Educativo/ Académico
	Área o disciplina	Múltiples disciplinas
	Tipo de Uso	Libre

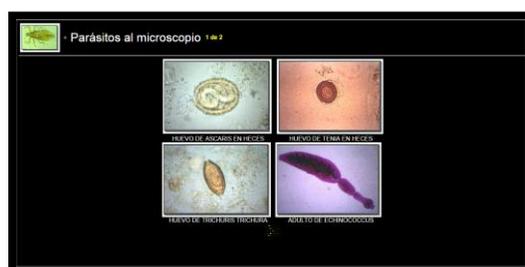
Criterio	Aspecto	Valores
<b>Tecnológico</b>	Tipo de Licencia	Propietaria
	Tipo de Aplicación	Web
	Formato de imágenes	No se obtuvieron datos
	Tecnología / lenguaje de la aplicación	Web

**Tabla 4.8:**

**Criterios y aspectos obtenidos en el análisis del Microscopio Virtual de Generalidad de Catalunya**

#### 4.3.7 Microscopio Virtual del Departamento de Sanidad de IES Santo Domingo

El Departamento de Sanidad de IES Santo Domingo (El Departamento de Sanidad de IES Santo Domingo, 2016) posee un sitio web al que titula *Microscopio Virtual*. (Microscopio virtual, 2016) Dentro del sitio se puede encontrar la historia de la microscopía, los componentes de un microscopio y una galería de imágenes microscópicas. Las imágenes se dividen en cuatro categorías: Frotis sanguíneos teñidos, Parásitos, Bacterias y hongos microscópicos y Sedimento de orina.



**Figura 4.7: Vista de Microscopio Virtual**

Dentro de una categoría, las imágenes se visualizan en un tamaño fijo y no es posible realizar ninguna modificación ni ampliación sobre las mismas.

En relación a los criterios *educativos*, se podría suponer, puesto que el proveedor es un Departamento de Sanidad, que este pequeño atlas de imágenes microscópicas persigue ciertos fines educativos pero los mismos no son explicitados dentro de la aplicación. No se ha encontrado ninguna característica que favorezca al trabajo colaborativo ni la posibilidad de crear nuevas actividades educativas.

A continuación se presenta en la tabla 4.9 un resumen de la información sobre criterios y aspectos para este microscopio analizado.

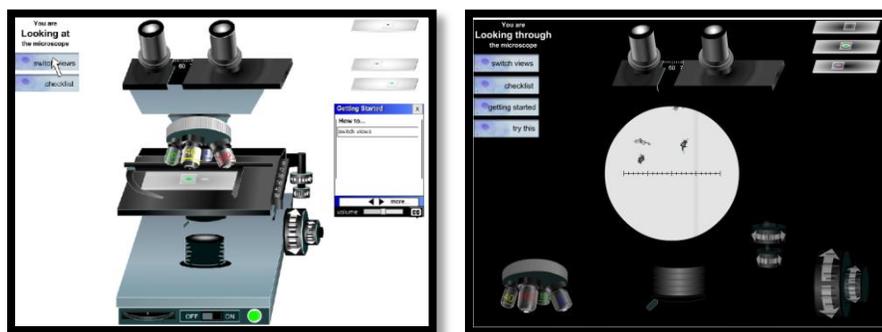
Criterio	Aspecto	Valores
<b>Educativo</b>	Colaboración	No tiene
	Fines Educativos	No explícitos
	Construcción de actividades	No
<b>General</b>	Proveedor	Educativo Académico
	Área o disciplina	Medicina

Criterio	Tipo de Uso Aspecto	Libre Valores
Tecnológico	Tipo de Licencia	No se obtuvieron datos
	Tipo de Aplicación	Web
	Formato de imágenes	No se obtuvieron datos
	Tecnología / lenguaje de la aplicación	Web

**Tabla 4.9: Criterios y aspectos obtenidos en el análisis Microscopio Virtual del Departamento de Sanidad de IES Santo Domingo**

#### 4.3.8 UD Virtual Compound Microscope de la Universidad de Delaware

La Universidad de Delaware (University of Delaware, 2016) posee, en un sitio web, una simulación interactiva de un microscopio compuesto llamada *UD Virtual Compound Microscope* (UD Virtual Compound Microscope, 2016). El usuario del sitio puede seguir una completa animación que lo guía en el recorrido que debe realizar para poder manipular correctamente un microscopio compuesto.



**Figura 4.8: Vista de UD Virtual Compound Microscope. Fotografía tomada de (UD Virtual Compound Microscope, 2016)**

Dentro de los controles y funcionalidades que la simulación posee se puede encontrar: movimiento de interruptores, perillas y botones, selección de lentes, ajuste de oculares y selección de preparados a ser visualizados. Solo en el caso de haber preparado el microscopio en la forma correcta es posible realizar la visualización de la muestra elegida.

Al igual que es el caso del microscopio anterior se podría suponer que este desarrollo persigue algún fin educativo puesto que el proveedor del mismo es una universidad. En relación a los otros criterios *educativos* no se ha encontrado ninguna característica que favorezca al trabajo colaborativo ni la posibilidad de crear nuevas actividades educativas.

A continuación se presenta en la tabla 4.10 un resumen con la información sobre criterios y aspectos recopilados para este microscopio.

Criterio	Aspecto	Valores
<b>Educativo</b>	Colaboración	No tiene
	Fines Educativos	No explícitos
	Construcción de actividades	No
<b>General</b>	Proveedor	Educativo/ Académico
	Área o disciplina	Múltiples disciplinas
	Tipo de Uso	Libre
<b>Tecnológico</b>	Tipo de Licencia	Código abierto
	Tipo de Aplicación	Web
	Formato de imágenes	No se obtuvieron datos
	Tecnología / lenguaje de la aplicación	Web

**Tabla 4.10: Criterios y aspectos obtenidos en el análisis UD Virtual Compound Microscope de la Universidad de Delaware**

### 4.3.9 Atlas Fotográfico Interactivo de la Universidad de Buenos Aires

La cátedra de Histología de la Universidad de Buenos Aires (UBA, 2016) posee un sitio web al que denomina Atlas de Histología (Atlas de Histología , 2016). A través de él se puede acceder a una serie de imágenes microscópicas organizadas en diferentes categorías.



**Figura 4.9: Vista de Atlas Fotográfico Interactivo. Fotografía tomada de (Atlas de Histología , 2016)**

Al ser seleccionada una imagen, la misma presenta una descripción y es visualizada en un tamaño fijo. Solo es posible realizar la ampliación de las imágenes a un tamaño mayor también fijo la cual se muestra en una nueva ventana del navegador.

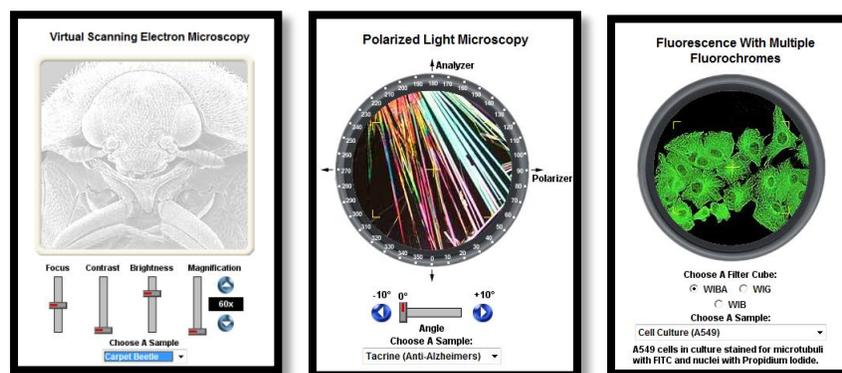
En relación a los criterios *educativos* no se ha encontrado ninguna característica que favorezca al trabajo colaborativo ni la posibilidad de crear nuevas actividades educativas. Al igual que en el caso del microscopio anterior, se podría suponer que persigue algún fin educativo puesto que el proveedor del mismo es una cátedra de una universidad, sin embargo no se encontró información explícita al respecto. A continuación se presenta en la tabla 4.11, se resume la información sobre criterios y aspectos analizados para este microscopio.

criterio	Aspecto	Valores
Educativo	Colaboración	No tiene
	Fines Educativos	No explícitos
	Construcción de actividades	No
General	Proveedor	Educativo/ Académico
	Área o disciplina	Medicina
	Tipo de Uso	Libre
Tecnológico	Tipo de Licencia	No se obtuvieron datos
	Tipo de Aplicación	Web
	Formato de imágenes	No se obtuvieron datos
	Tecnología / lenguaje de la aplicación	Web

**Tabla 4.11: Criterios y aspectos obtenidos en el análisis del Atlas de la cátedra de Histología de la Universidad de Buenos Aires**

#### 4.3.10 Microscopes of Molecular Expressions de la Universidad del Estado de Florida

La Universidad del Estado de Florida, Estados Unidos (Florida State University, 2016), ofrece en el sitio web *Molecular Expressions* (Molecular Expressions, 2016), una serie de aplicaciones de imágenes microscópicas que imitan las funcionalidades y la visualización de diversos tipos de microscopios. Estos microscopios virtuales permiten explorar el enfoque del espécimen, la intensidad de iluminación, la ampliación, y la traslación.



**Figura 4.10: Vista de Microscopes of Molecular Expressions. Fotografía tomada de (Molecular Expressions, 2016)**

Cada uno de los microscopios del sitio ofrece diversas posibilidades de configuración de visualización dependiendo del tipo. Por ejemplo, en el microscopio electrónico de barrido es posible elegir el espécimen a ser visualizado y modificar el foco, contraste, luminosidad y tamaño de magnificación de la imagen que se está visualizando. En cambio para el microscopio de luz polarizada es posible seleccionar el ángulo de polarización con el que se visualizara la imagen elegida, mientras que para el microscopio de fluorescencia se pueden seleccionar entre tres filtros diferentes a ser aplicados a la imagen mostrada.

Todos los microscopios son muy simples y ninguno ofrece posibilidades de interacción más allá de las preestablecidas.

En relación a los criterios *educativos* se asume que los microscopios pueden perseguir algún fin educativo puesto que el proveedor del mismo es una universidad. En ninguno de ellos se han encontrado características ni posibilidades de colaboración, ni la posibilidad de crear nuevas actividades educativas.

La tabla 4.12 resumen la información previamente detallada.

<b>Criterio</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Valores</b>
<b>Educativo</b>	Colaboración	No tiene
	Fines Educativos	No explícitos
	Construcción de actividades	No
<b>General</b>	Proveedor	Educativo/ Académico
	Área o disciplina	Múltiples disciplinas
	Tipo de Uso	Libre
<b>Tecnológico</b>	Tipo de Licencia	Propietaria
	Tipo de Aplicación	Web
	Formato de imágenes	No se obtuvieron datos
	Tecnología / lenguaje de la aplicación	Web

**Tabla 4.12: Criterios y aspectos obtenidos en el análisis Microscopes of Molecular Expressions de la Universidad del Estado de Florida**

#### **4.3.11 Virtual Microscope of Histology de la Universidade Estadual do Oeste do Paraná Brasil**

El Centro de Ciencias Exactas y Tecnológicas de la Universidade Estadual del Oeste del Paraná, Brasil (Unioeste, 2016) ha creado un Atlas Virtual de Histología (Programa Microscopio Virtual, 2016; Olguín, Schmitt, Brancalhão y de Lima, 2013) al cual presenta como fuente alternativa de información sobre la construcción del conocimiento científico.

El Atlas es un sistema web para la visualización de imágenes microscópicas de histología humana en aumentos que van de 40X a 1.000X (el usuario no puede manipular los aumentos, las imágenes se presentan inicialmente en un cierto aumento fijo).



**Figura 4.11: Vista de *Virtual Microscope*. Fotografía tomada de (Programa Microscopio Virtual, 2016)**

Al momento de la presentación de este Atlas, él mismo contenía alrededor de 300 imágenes microscópicas de tejidos junto a la descripción específica que se ha hecho de cada una de ellas, utilizando bibliografía apropiada. Para completar esta descripción se han realizado marcas y anotaciones sobre las imágenes para señalar y marcar secciones destacadas.

Los creadores han utilizado para el desarrollo de este proyecto el sistema de gestión de contenidos(CMS) Joomla!, (Joomla!, 2016; North, 2008) por ser una herramienta gratuita que proporciona funcionalidad para el desarrollo de nuevos componentes, además de cumplir la necesidades técnicas del proyecto. Al igual que otros CMSs, Joomla! ayuda a minimizar el costo de producir y mantener un sitio web. Joomla además utiliza MySQL (MySQL, 2016) como base de datos y es uno de los CMS más utilizados en Brasil.

Para la visualización de las imágenes se ha utilizado *Phoca Gallery* que es una galería de imágenes gratuita desarrollada para Joomla!. Para la interfaz del microscopio se ha utilizado un *template* o plantilla gratuita desarrollada por *Themza*.(Themza, 2016). Este *template* ha sido seleccionado principalmente por su estilo que coincide con el logotipo de la universidad. La diferencia que los creadores de este MV proponen se relaciona con el enfoque didáctico que se ha dado al presentar junto a cada imagen información asociada. Esta información extra pretende facilitar el estudio y así posiblemente podrá ayudar a los graduados universitarios y estudiantes, profesores y profesionales de Ciencias de la Salud. En relación a los criterios *educativos* los desarrolladores del Atlas dejan en claro que pretenden realizar una contribución facilitando el estudio de tejidos través de la información extra que se presenta. Por otro lado, no se ha encontrado ninguna característica que favorezca al trabajo colaborativo ni la posibilidad de crear nuevas actividades educativas. Por ejemplo en este MV se podría permitir compartir nuevas imágenes con anotaciones específicas y generar debates en relación a los contenidos de cada imagen. Estos aspectos no han sido desarrollados.

La tabla 4.13 resumen la información antes detallada.

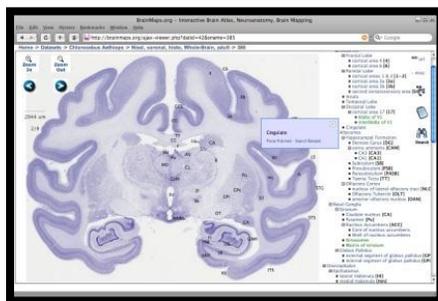
criterio	Aspecto	Valores
Educativo	Colaboración	No tiene
	Fines Educativos	Aporta información extra y demarcaciones específicas en

		las imágenes persiguiendo un objetivo didáctico y educativo.
	Construcción de actividades	No
Criterio	Aspecto	Valores
General	Proveedor	Educativo Académico
	Área o disciplina	Ciencias de la Salud, Histología
	Tipo de Uso	Libre
Tecnológico	Tipo de Licencia	No se obtuvieron datos
	Tipo de Aplicación	Web
	Formato de imágenes	No se obtuvieron datos
	Tecnología / lenguaje de la aplicación	Web

**Tabla 4.13: Criterios y aspectos obtenidos en el análisis del Virtual Microscope de la Universidade Estadual do Oeste do Paraná Brasil**

#### 4.3.12 Microscopy: Internet-enabled high-resolution brain mapping de la Universidad de California Davis

El Centro de Neurociencia de la Universidad de California (University of California Davis, 2016) ha creado *BrainMaps.org* (BrainMaps, 2016) que es un atlas de alta resolución interactivo del cerebro que se basa en más de 20 millones de megapíxeles de imágenes escaneadas que facilitan su visualización y exploración. Estas imágenes se encuentran en una base de datos de alta velocidad, que favorece las consultas y recuperación de datos sobre la estructura y función del cerebro. Actualmente, son accesibles conjuntos de datos cerebrales completos de diversas especies, incluyendo el *Homo sapiens*, *Macaca mulata*, *Chlorocebus aethiops*, *Felis catus*, *Mus musculus*, *Rattus norvegicus*, y *Tyto alba*.



**Figura 4.12: Vista de *Microscopy: Internet-enabled high-resolution brain mapping*. Fotografía tomada de (BrainMaps, 2016)**

Los métodos y herramientas que se presentan en este sitio tienen como objetivo ser útiles tanto para la investigación como para la enseñanza, y pueden ser replicados por laboratorios que buscan aumentar la accesibilidad y el intercambio de datos.

La navegación a través de las imágenes está pensada para ser lo más intuitiva posible: se puede arrastrar y soltar la imagen en la sección de paneo. Se puede ampliar y reducir la imagen usando los

botones 'zoom in/out' o utilizando la rueda del mouse. Las teclas de flecha izquierda y derecha permiten cargar las secciones anterior o siguiente. El icono 'url' permite obtener la URL actual de la sección que se está viendo, incluyendo la posición y el zoom. El botón 'misc' en la parte superior derecha contiene funciones auxiliares, entre ellos la posibilidad de ver la sección actual en *flash* o *Java*.

Muchas imágenes contienen etiquetas. Al hacer clic en estas se abrirá un cuadro de diálogo con el nombre completo de la etiqueta, así como opciones adicionales. Mediante la opción "*parse pubmed*" se puede obtener información adicional sobre un área u objeto del cerebro. También el icono de árbol permite acceder a una jerarquía de etiquetado que posibilita realizar mejores búsquedas.

Las diapositivas virtuales de las imágenes que se utilizan en el sitio son extremadamente grandes y están compuestas por una jerarquía de imágenes. No existe un archivo único, sino una colección de muchos archivos pequeños en diferentes resoluciones. El sitio proporciona una herramienta que permite obtener parte de una imagen visualizada de hasta 6000x4800 píxeles. La imagen obtenida será un JPEG comprimido adecuado para la edición, impresión, o la inclusión en una publicación.

Existe la posibilidad de realizar la descarga de diapositivas virtuales, que han sido disminuidas en su calidad (formato JPG). Estas imágenes descargables pueden ser útiles a fines de referencia o para la reconstrucción 3D posible de realizar con una herramienta ofrecida por el sitio.

Además de las herramientas basadas en la web, *BrainMaps* tiene varias aplicaciones de escritorio de gran alcance. *StackVis* es una aplicación basado en *OpenGL* para *Windows* y *Linux*, para la visualización del cerebro en 3D. *BrainMaps Analyze*, permite aplicar análisis de imágenes y rutinas de procesamiento a las imágenes obtenidas desde el servidor. *BrainMaps B3D* presenta los datos de imágenes 2D, obtenidas del servidor remoto en un marco 3D. *Nodes 3D* permite la visualización interactiva 3D de la conectividad del cerebro.

Es posible colaborar con la colección que *BrainMaps* ofrece, a partir del envío de imágenes propias, las cuales serán consideradas para su incorporación.

En relación a los criterios educativos, los creadores del sitio tienen como objetivo mantener este sitio, pretendiendo ser útil tanto para la enseñanza como para la investigación. La única funcionalidad que podría relacionarse con la colaboración es la que permite exportar imágenes, las cuales pueden ser posteriormente compartidas entre colegas. En cuanto a la creación de actividades educativas podría pensarse que las herramientas de reconstrucción 3D ofrecidas podrían colaborar con este objetivo.

A continuación se presenta en la tabla 4.14 la información sobre criterios y aspectos que se ha obtenido para este microscopio analizado.

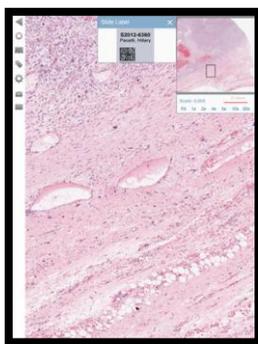
Criterio	Aspecto	Valores
Educativo	Colaboración	Exportación de imágenes. Cargar de nuevas imágenes por parte de otros usuarios
	Fines Educativos	Ser útil para la enseñanza y la investigación es uno de los objetivos explicitados en el

	Construcción de actividades	sitio. Herramientas que permiten construir y manipular imágenes 3D a medida.
<b>Criterio</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Valores</b>
<b>General</b>	Proveedor	Educativo/ Académico
	Área o disciplina	Medicina
	Tipo de Uso	Libre
<b>Tecnológico</b>	Tipo de Licencia	Propietaria
	Tipo de Aplicación	Web , Escritorio
	Formato de imágenes	Formato propietario
	Tecnología / lenguaje de la aplicación	Web , Java, Flash

**Tabla 4.14: Criterios y aspectos obtenidos en el análisis del MV de la Universidad de California**

#### 4.3.13 ePathViewer

*ePathViewer* (*ePathViewer*, 2016) es una de las aplicación ofrecidas por *Aperio Digital Pathology Solutions* (*Aperio Digital Pathology Solutions*, 2016). Fue diseñada exclusivamente para los dispositivos móviles *Apple iPad* y *iPhone*, y permite realizar un paneo rápido y *zoom* de diapositivas.



**Figura 4.13: Vista de ePathViewer. Fotografía tomada de (Aperio Digital Pathology Solutions, 2016).**

Esta aplicación posibilita trabajar con magnificaciones entre 1x y el máximo aumento de la imagen original escaneada. Para cada diapositiva es posible ajustar metadatos, contraste, brillo y balance de color. *ePathViewer* permite realizar capturas de imágenes y enviarlas por correo electrónico. También posee una regla para realizar mediciones sobre las imágenes. La aplicación está disponible para su descarga en la tienda *iTunes* (*iTunes*, 2016) de *Apple* de forma gratuita. Una funcionalidad innovadora que ofrece esta aplicación es que realizando la compra de un agregado de la aplicación (*In-Application*) es posible acceder a colecciones de diapositivas virtuales alojadas en cualquier *URL*, y no solo a las que se encuentran en las colecciones disponibles por defecto.

En relación a los criterios *educativos* no se ha encontrado ninguna característica que favorezca el trabajo colaborativo ni ninguna funcionalidad que permita la construcción de actividades educativas a medida. En cuanto al fin que persigue, y a diferencia de cuando se trata de proveedores Educativos o Académicos, no queda explícito que el mismo se relacione exclusivamente con la enseñanza y la educación. Sin embargo, se considera que el uso de un dispositivo móvil podría ser interesante para incluir en prácticas de laboratorio.

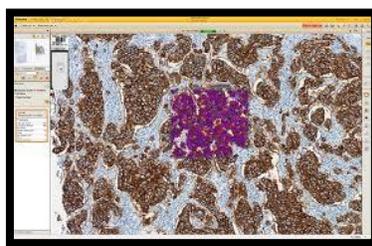
A continuación se presenta en la tabla 4.15 un resumen con la información sobre criterios y aspectos recopilados para este microscopio.

Criterio	Aspecto	Valores
<b>Educativo</b>	Colaboración	No tiene
	Fines Educativos	No explícitos
	Construcción de actividades	No
<b>General</b>	Proveedor	Privado
	Área o disciplina	Múltiples disciplinas
	Tipo de Uso	Restringido
<b>Tecnológico</b>	Tipo de Licencia	Propietaria
	Tipo de Aplicación	Móvil
	Formato de imágenes	No se obtuvieron datos
	Tecnología / lenguaje de la aplicación	App para IOS

**Tabla 4.15: Criterios y aspectos obtenidos en el análisis de *PathViewer***

#### 4.3.14 iScan Image Viewer

*iScan Image Viewer* (iScan Image Viewer, 2016) es un software de visualización de imágenes ofrecido por la empresa *Roche* (Roche, 2016) que permite ver preparados escaneados con *Ventana iScan Coreo Au* (Ventana iScan Coreo Au, 2016).



**Figura 4.14: Vista de *iScan Imagen Viewer*. Fotografía tomada de (iScan Image Viewer, 2016)**

Este microscopio es una aplicación para SO *Windows* que permite abrir imágenes almacenadas localmente o en forma remota.

El microscopio cuenta la posibilidad de realizar anotaciones, medición y conteo celular. Además es posible visualizar más de una imagen simultáneamente, trabajar con magnificaciones entre 1x a 80x,

rotar imágenes en 90° y 180°, y ver imágenes escaneadas con volumen, en múltiples planos. Los formatos de imágenes reconocidos por el microscopio son *tif*, *jp2*, y *bif*. Este microscopio posibilita, además, la incorporación de dos complementos llamados *pathologists* e *histotechnologist* los cuales proporcionan una gama completa de herramientas digitales para la revisión de las imágenes.

La única funcionalidad que podría relacionarse con la colaboración dentro de este MV es la que posibilita exportar imágenes y áreas.

Como sucede con la mayoría de los MV que provienen de ámbitos privados, este microscopio no ha sido pensado con fines puramente educativos, y no presenta ninguna funcionalidad que permita construir actividades específicas para estos fines.

A continuación se presenta en la tabla 4.16 la información sobre criterios y aspectos que se han recopilado para este microscopio analizado.

Criterio	Aspecto	Valores
Educativo	Colaboración	Exportación de imágenes y áreas de interés.
	Fines Educativos	No explícitos
	Construcción de actividades	No
General	Proveedor	Privado
	Área o disciplina	Patología, Histopatología
	Tipo de Uso	Restringido
	Tipo de Licencia	Propietaria
Tecnológico	Tipo de Aplicación	Escritorio
	Formato de imágenes	TIF, JP2, BIF
	Tecnología / lenguaje de la aplicación	No se obtuvieron datos

Tabla 4.16: Criterios y aspectos obtenidos en el análisis para iScan Image Viewer

#### 4.3.15 NDP. VIEW2

*NDP.VIEW2* (NDP. VIEW2, 2016) es un software de visualización de imágenes digitales creado por la empresa *HAMAMATSU* (Hamamatsu, 2016) y desarrollado para preparados obtenidos con escáneres de la serie *NanoZooner* (NanoZooner, 2016).

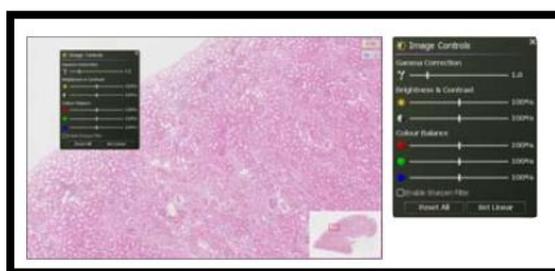


Figura 4.15: Vista de *NDP.VIEW2*. Fotografía tomada de (NDP. VIEW2, 2016)

Entre las funcionalidades disponibles se encuentran la posibilidad de realizar *zoom* y rotar imágenes en 90° o más con el ratón.

También es posible realizar correcciones de color tales como *gamma*, brillo y contraste, y mejorar secciones con mala definición dentro de la imagen, realizando un ajuste de color.

En cuanto a las anotaciones, permite insertar flechas, dibujos, comentarios, medidas de longitud y superficie en ciertos puntos específicos.

Existe un menú de diapositivas *thumbnails* que muestra la imagen global de cada diapositiva lo que acelera y simplifica la tarea de selección de las mismas.

Se permite la visualización simultánea de varias imágenes y se utilizan solapas para trabajar con más de una imagen a la vez. Esto permite examinar detalles en las imágenes manteniendo una perspectiva más amplia. Por ejemplo es posible comparar diferentes manchas en la misma ubicación dentro de diferentes imágenes puesto que los lugares de presentación y ampliaciones de las diapositivas que se muestran pueden ser sincronizados.

Cualquier área dentro de la imagen puede ser exportada y es éste el único rasgo de colaboración que podría mencionarse para este microscopio.

Como es el caso del microscopio anterior y como sucede con la mayoría de los MV que provienen de proveedores privados, este microscopio no ha sido pensado con fines educativos y no presenta ninguna funcionalidad que permita construir actividades acordes.

A continuación se presenta en la tabla 4.17 la información sobre criterios y aspectos canalizados para este microscopio.

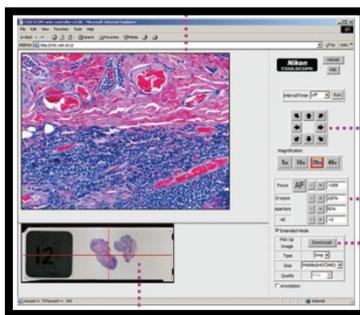
<b>Criterio</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Valores</b>
<b>Educativo</b>	Colaboración	Exportación de imágenes para compartir con otros usuarios del sistema.
	Fines Educativos	No explícitos
<b>General</b>	Construcción de actividades	No
	Proveedor	Privado
	Área o disciplina	Múltiples disciplinas
<b>Tecnológico</b>	Tipo de Uso	Restringido
	Tipo de Licencia	Propietaria
	Tipo de Aplicación	Escritorio
	Formato de imágenes	Formato propietario
	Tecnología / lenguaje de la aplicación	No se obtuvieron datos

**Tabla 4.17: Criterios y aspectos obtenidos en el análisis de NDP. VIEW2**

#### 4.3.16 Coolscope VS 'WebSlide

*Coolscope VS 'WebSlide* (*Coolscope VS 'WebSlide*, 2016) es un MV ofrecido por *Bacus Laboratories* (*Bacus Laboratories*, 2016) y es parte de una *suite* llamada *COOLSCOPE VS Software Suite*, la cual permite producir, archivar y compartir las imágenes a través de intranet o Internet.

El MV es del tipo campo claro y permite las exploraciones de especímenes completos en 40x. Todas las herramientas que posee el microscopio y todos los ajustes que pueden realizarse sobre las imágenes, pueden ser realizadas con el ratón: apertura, ajuste de brillo, movimiento escénico, enfoque, y ampliación.



**Figura 4.16: Vista de *Coolscope VS 'WebSlide*. Fotografía tomada de (*Coolscope VS 'WebSlide*, 2016)**

Existe la posibilidad de almacenar las imágenes con las que se trabaja dentro de un servidor que es otro de los componentes de la suite (*WebSlide VS Server LE®*). Esto es ofrecido para los casos en los que se requiera visualizaciones simultáneas de los preparados virtuales.

En relación a la colaboración, y haciendo uso de otra de las herramientas de la *suite*, es posible compartir diapositivas virtuales a través de intranet o Internet. Se permite el control remoto de las diapositivas a través de un navegador web estándar y es posible guardar imágenes localmente.

Como es el caso del microscopio anterior y como sucede con la mayoría de los MV que provienen del ámbito privado, este microscopio no ha sido pensado con fines educativos y no presenta ninguna funcionalidad que permita construir actividades educativas.

La tabla 4.18 resume la información analizada para este microscopio.

criterio	Aspecto	Valores
<b>Educativo</b>	Colaboración	Permite compartir diapositivas, y guardarlas localmente.
	Fines Educativos	No explícitos
	Construcción de actividades	No
<b>General</b>	Proveedor	Privado
	Área o disciplina	Múltiples disciplinas
	Tipo de Uso	Restringido

criterio	Aspecto	Valores
Tecnológico	Tipo de Licencia	Propietaria
	Tipo de Aplicación	Web
	Formato de imágenes	Formato propietario
	Tecnología / lenguaje de la aplicación	No se obtuvieron datos

Tabla 4.18: Criterios y aspectos obtenidos en el análisis para Coolscope VS 'WebSlide

#### 4.3.17 Virtual Microscopy Interactive Tutorials

Olympus (Olympus America, 2016) ofrece en su Centro de Recursos para Microscopía (Microscopy resource center, 2016) los llamados *tutoriales Interactivos de Microscopía* (Virtual microscopy interactive tutorials, 2016). Estos tutoriales han sido diseñados con el objetivo de simplificar y explicar temas complejos en la microscopía, la óptica, la imagen digital, y la microfotografía.

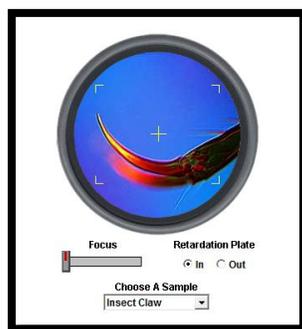


Figura 4.17: Vista de *Virtual Microscopy Interactive Tutorials*. Fotografía tomada de (Virtual microscopy interactive tutorials, 2016)

Microscopía virtual es uno de los tutoriales interactivos ofrecido presentando técnicas de microscopía de luz polarizada, contraste de fases y contraste de interferencia diferencial entre otros. En total se presentan quince microscopios virtuales interactivos los cuales son utilizados en distintas disciplinas científicas.

Los microscopios ofrecen las funcionalidades de enfoque, configuración de intensidad de iluminación, ampliación, y la traslación. Operan de una manera similar a los microscopios convencionales.

Las imágenes que se muestran en los microscopios son fijas y no existe la posibilidad de cambiarlas.

En relación a los criterios educativos no existe ninguna indicación de que posea fines educativos más allá de su presentación que indica que los tutoriales han sido desarrollados “con el objetivo de simplificar y explicar temas complejos”. No se ha encontrado ninguna característica que favorezca al trabajo colaborativo ni la posibilidad de crear nuevas actividades educativas.

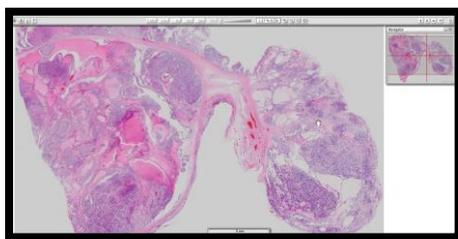
En la tabla 4.19 se resume la información sobre criterios y aspectos analizados para este microscopio.

Criterio	Aspecto	Valores
Educativo	Colaboración	No tiene
	Fines Educativos	Tutoriales creados con el objetivo de “ simplificar y explicar temas complejos”
	Construcción de actividades	No
General	Proveedor	Privado
	Área o disciplina	Múltiples disciplinas
	Tipo de Uso	Libre
Tecnológico	Tipo de Licencia	Propietaria
	Tipo de Aplicación	Web
	Formato de imágenes	No se obtuvieron datos
	Tecnología / lenguaje de la aplicación	Web, Java

**Tabla 4.19: Criterios y aspectos obtenidos en el análisis del Virtual Microscopy Interactive Tutorials**

#### 4.3.18 OlyVIA Image Viewer

*Olympus* (*Olympus America*, 2016) posee a *Net Image Server SQL Virtual Slide Microscopy* (*Net Image Server SQL Virtual Slide Microscopy*, 2016), que es un sistema versátil de almacenamiento y visualización de imágenes microscópicas que asegura la comunicación eficiente y segura de imágenes y datos a través de un navegador web o un visualizador de escritorio gratuito llamado *OlyVIA image viewer* (*OlyVIA image viewer*, 2016).



**Figura 4.18: Vista de Olyvia. Fotografía tomada de (OlyVIA image viewer, 2016)**

Haciendo uso de la base de datos especializada y alguno de los visualizadores disponibles, cada investigador puede revisar la misma muestra y controlar la posición y la ampliación de forma individual, como si se tratara de una diapositiva real.

Una novedad que presenta este sistema es proporcionar un medio seguro de compartir imágenes al incorporar códigos de acceso. Aquí los usuarios deben introducir una contraseña para poder acceder a ciertas imágenes. Esta funcionalidad es ofrecida para, por ejemplo, institutos educativos donde se podría

permitir que estudiantes realicen un acceso controlado a colecciones de imágenes y datos relacionados, los cuales han sido configurados por sus tutores.

El software de visualización de imágenes *OlyVIA*, disponible para 32 y 64 bits, permite manipular, medir y realizar diversos análisis sobre las imágenes digitales con formatos *vsi* o *multi-tiff*.

En relación a los criterios educativos no existe ninguna indicación de que posea fines educativos más allá del ejemplo presentado sobre el uso de códigos de acceso que hacen los creadores.

No se ha encontrado ninguna característica que favorezca posibilidad de crear nuevas actividades educativas.

En cuanto a la colaboración la exportación de imágenes es la única característica que podría asociarse a este aspecto, y que podría ser de interés para considerar en el desarrollo de un MV con fines educativos y colaborativo.

La tabla 4.20 presenta el resumen del microscopio analizado.

Criterio	Aspecto	Valores
Educativo	Colaboración	Exportación de imágenes
	Fines Educativos	No explícito, pero con algunos indicios de uso educativo
General	Construcción de actividades	No
	Proveedor	Privado
	Área o disciplina	Medicina
Tecnológico	Tipo de Uso	Restringido
	Tipo de Licencia	Propietaria
	Tipo de Aplicación	Web y de escritorio
	Formato de imágenes	No se obtuvieron datos
	Tecnología / lenguaje de la aplicación	No se obtuvieron datos

**Tabla 4.20: Criterios y aspectos obtenidos en el análisis para OlyVIA**

#### 4.3.19 Panoramic Viewer / Mobile Pathology Tool

*Pannoramic Viewer* (Pannoramic Viewer, 2016) es un visualizador de imágenes microscópicas gratuito presentado por *3DHISTECH* (3dhistech, 2016) que ofrece, además de las funcionalidades comunes que permiten realizar anotaciones y mediciones, la posibilidad de ampliar funcionalidades a través de la incorporación de diferentes módulos de software.



**Figura 4.19: Vista de Panoramic Viewer. Fotografía tomada de (Pannoramic Viewer, 2016)**

Al abrir el visor se verán todas las preparaciones virtuales, y será posible seleccionar uno (o hasta 10 a la vez) para ser visualizado en el objetivo virtual del microscopio. Desde allí, se puede mover y cambiar la ampliación de la diapositiva, de una manera muy fácil y rápida, utilizando el ratón.

Es posible realizar anotaciones y mediciones sobre las imágenes y, en tiempo real, ajustar brillo, contraste y sesgo de color. Además es posible manejar diapositivas fluorescentes, realizar una vista de canal separado de color y trabajar con pseudo-coloración.

Una funcionalidad interesante ofrecida es la que posibilita la sincronización de visualización en movimiento y *zoom* de varias diapositivas con fines comparativos.

Es posible capturar imágenes de calidad en áreas de la diapositiva en formatos *.jpg*, *.bmp*, *.tiff* siendo esta una posible característica de colaboración ofrecida.

Otra de las características de colaboración tiene que ver con la posibilidad de exportar en formatos *tiff*, *miramax slide* y *meta-XML* compatibles con el sistema *Carl Zeiss AxioVision* (Axio Vision, 2016).

En relación al resto de los criterios educativos no existe ninguna indicación explícita de que posea fines educativos y no existe la posibilidad de crear actividades educativas de ningún tipo.

Recientemente *3DHISTECH* ha pensado una versión móvil de Panoramic Viewer para iPad *Mobile Pathology Tool*, (Mobile Pathology Tool, 2016) que está disponible en la iTunes Apps Store (iTunes, 2016). Este se presenta como visor de imágenes de alta resolución, que es capaz de abrir y visualizar diapositivas digitales que se encuentren alojadas en el servidor de diapositivas *Pathonet Digital* (Pathonet Digital Slide Server, 2016) o en *Case Center* (CaseCenter, 2016) y que está dirigido a profesionales médicos y biológicos.

A continuación se presenta en la tabla 4.21 el resumen del análisis del microscopio presentado.

Criterio	Aspecto	Valores
Educativo	Colaboración	Exportación de imágenes en formatos de imágenes populares y en formatos compatibles con otros sistemas

	Fines Educativos	propietarios
	Construcción de actividades	No explícitos
		No
criterio	Aspecto	Valores
<b>General</b>	Proveedor	Privado
	Área o disciplina	Múltiples disciplinas
	Tipo de Uso	Restringido
	Tipo de Licencia	Propietaria
<b>Tecnológico</b>	Tipo de Aplicación	Web, Móvil
	Formato de imágenes	No se obtuvieron datos
	Tecnología / lenguaje de la aplicación	No se obtuvieron datos

**Tabla 4.21: Criterios y aspectos obtenidos en el análisis para *Panoramic Viewer***

#### 4.3.20 IntelliSite Pathologist Suite

*IntelliSite Pathologist Suite* (IntelliSite Pathologist Suite, 2016) es un portal de acceso ofrecido por *Philips* (Philips, 2016) para revisar y analizar imágenes microscópicas digitalizadas.



**Figura 4.20: Vista de *IntelliSite Pathologist Suite*. Fotografía tomada de (IntelliSite Pathologist Suite, 2016)**

Este sistema ofrece herramientas de flujo de trabajo que pretenden dar una ventaja sobre los métodos tradicionales de asignación y distribución de casos de estudio. Además incluye herramientas de medición, anotación, alineación de imágenes, detección y presentación de tejidos, navegación mediante *zoom* y lupa, paneo de imágenes, colaboración, presentación de informes y gestión de archivos. Estas ofrecen la posibilidad de realizar revisiones de casos utilizando “slide to slide transitions”.

Ofrece además poderosas herramientas de intercambio de diapositivas permiten la colaboración en tiempo real entre colegas con acceso basado en roles pudiendo proporcionar privacidad cuando sea necesario.

En relación los criterios educativos no existe ninguna indicación explícita de que posea fines educativos específicos y no existe la posibilidad de crear actividades de ningún tipo. En cuanto a la colaboración el sistema ofrece una serie de herramientas de colaboración pero no se han obtenido datos detallados sobre las mismas.

La tabla 4.22 resume la información en relación a los criterios analizados para este microscopio.

Criterio	Aspecto	Valores
<b>Educativo</b>	Colaboración	No Tiene
	Fines Educativos	No explícitos
	Construcción de actividades	No
<b>General</b>	Proveedor	Privado
	Área o disciplina	Múltiples disciplinas
	Tipo de Uso	Libre con Licencia
<b>Tecnológico</b>	Tipo de Licencia	Propietaria
	Tipo de Aplicación	Web
	Formato de imágenes	Formato propietario
	Tecnología / lenguaje de la aplicación	Web

**Tabla 4.22: Criterios y aspectos obtenidos en el análisis del IntelliSite Pathologist Suite**

#### 4.3.21 Microscopios virtuales posibles de ser creados con Google Earth / Map API

Una solución que ha surgido en cuanto al desarrollo de MV tiene que ver con el uso de *Google Earth API* (Earth API, 2016) o *Google Map API* (Google Map API).



**Figura 4.21: Vista de Microscopios Virtuales con Google Earth. Fotografía tomada de (Earth API, 2016)**

Estas APIs son orientadas a sistemas de información geográfica y trabajan en su esencia de una manera similar a la microscopía virtual realizando *zoom* y *paneo* de imágenes y movimientos a lo largo de

archivos de gran tamaño (NYU School of Medicine, Virtual Microscope, 2016). Muchos autores coinciden que las soluciones comerciales para la microscopía virtual tienden a ser rígidas y difíciles de personalizar, probablemente para proteger los desarrollos, lo que dificulta el uso para el usuario final.

Para que una fotografía sea vista por el API de *Google Maps*, se debe segmentar en pequeñas imágenes que conforman un mosaico para cada nivel de visualización. Esta segmentación se logra utilizando software como *MapTiler* (MapTiler, 2016).

En este caso las funcionalidades que el MV posea serán las mismas que la API ofrezca y deberán ser adaptadas de la mejor manera posible para ser útiles para el microscopio. Entre las ventajas de trabajar con estas APIs se puede mencionar la frecuente actualización de las mismas, lo cual introduce mejoras constantemente y el uso libre para propósitos académicos. Si bien no se trata de un MV, es posible utilizar estas APIs para lograr la funcionalidad de un MV. Este es un camino a explorar. (Mattmiller, 2014; Alfaro, Roca y Catala, 2013 ; Rockefeller University Press, 2012; J. Cell Biol., 2012; Armstrong Moore, 2012).

En este caso el criterio educativo no es aplicable ya que de por si las APIs por si solas no presentan ninguna característica posible de analizar. Se las introduce en este estudio ya que las APIs facilitarían a futuro la posibilidades de desarrollo de un MV.

A continuación se presenta en la tabla 4.23 la información sobre criterios y aspectos que se ha obtenido para este microscopio analizado.

Criterio	Aspecto	Valores
<b>Educativo</b>	Colaboración	No tiene
	Fines Educativos	No explícitos
	Construcción de actividades	No
<b>General</b>	Proveedor	Privado
	Área o disciplina	Múltiples disciplinas
	Tipo de Uso	Libre
<b>Tecnológico</b>	Tipo de Licencia	Código abierto
	Tipo de Aplicación	Web, Escritorio, Móvil
	Formato de imágenes	No se obtuvieron datos
	Tecnología / lenguaje de la aplicación	No se obtuvieron datos

**Tabla 4.23: Criterios y aspectos obtenidos en el análisis para Google Earth API o Google Map API**

#### 4.4 Tablas comparativas

A modo de resumen de los microscopios virtuales analizados se presentan las siguientes tablas comparativas. Cada una de las tablas presenta toda la información obtenida para cada uno de los subcriterios asociados a cada criterio.

La siguiente Tabla 4.24 presenta la información comparada obtenida para el criterio Educativo y sus subcriterios.

EDUCATIVO			
Referencia del microscopio	Colaboración	Fines Educativos	Construcción de actividades
4.3.1	No tiene	Posible relación de Lecciones con actividades educativas	No
4.3.2	No tiene, pero podría tener potencial a partir del uso de audios y puntos de interés	Funcionalidades específicamente desarrolladas con fines educativos	Posibilidad de agregar audio y puntos de interés.
4.3.3	Admite compartir imágenes con modificaciones hechas por otros usuarios	Atlas: Si aunque no se especifica puntualmente	No
4.3.4	No tiene	Específico para los alumnos de las histología y organografía	No
4.3.5	No tiene	Específico para generar un cambio en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra	No
4.3.6	No tiene	Parte de un sitio que ofrece aplicaciones educativas para la integración en entornos virtuales de aprendizaje. Fin no específico.	No
4.3.7	No tiene	No explícitos	No
4.3.8	No tiene	No explícitos	No
4.3.9	No tiene	No explícitos	No
4.3.10	No tiene	No explícitos	No
4.3.11	No tiene	Aporta información extra y demarcaciones específicas en las imágenes persiguiendo un objetivo didáctico y educativo.	No
4.3.12	Exportación de imágenes	Ser útil para la enseñanza y la investigación es uno de los objetivos explicitados en el sitio.	Herramientas que permiten construir y manipular imágenes 3D a medida.
4.3.13	No tiene	No explícitos	No
4.3.14	Exportación de imágenes y áreas de interés.	No explícitos	No
4.3.15	Exportación de imágenes para compartir con otros usuarios del sistema.	No explícitos	No
4.3.16	Permite compartir diapositivas, y guardarlas localmente.	No explícitos	No
4.3.17	No tiene	Tutoriales creados con el objetivo de “simplificar y explicar temas complejos”	No

Referencia del microscopio	Colaboración	Fines Educativos	Construcción de actividades
4.3.18	Exportación de imágenes	No explícitos	No
4.3.19	Exportación de imágenes en formatos populares y en formatos compatibles con otros sistemas propietarios	No explícitos	No
4.3.20	No Tiene	No explícitos	No
4.3.21	No tiene	No explícitos	No

**Tabla 4.24: Tabla comparativa para el criterio *Educativo***

La Tabla 4.25 es la información sintetizada para el criterio General y los subcriterios que lo componen.

GENERAL			
	Proveedor	Área o disciplina	Tipo de Uso
4.3.1	Educativo Académico	Medicina , Histología	Libre
4.3.2	Educativo Académico	Medicina	Restringido
4.3.3	Atlas: Educativo Académico MV: Privado	Medicina , Histología , Histopatología	Libre
4.3.4	Educativo Académico	Histología y organografía animal y vegetal	Libre
4.3.5	Educativo Académico y Privado	Ciencias de la Tierra	Libre
4.3.6	Educativo Académico	Múltiples disciplinas	Libre
4.3.7	Educativo Académico	Medicina	Libre
4.3.8	Educativo Académico	Múltiples disciplinas	Libre
4.3.9	Educativo Académico	Medicina	Libre
4.3.10	Educativo Académico	Múltiples disciplinas	Libre
4.3.11	Educativo Académico	Ciencias de la Salud, Histología	Libre
4.3.12	Educativo Académico	Medicina	Libre
4.3.13	Privado	Múltiples disciplinas	Restringido
4.3.14	Privado	Patología , Histopatología	Restringido
4.3.15	Privado	Múltiples disciplinas	Restringido
4.3.16	Privado	Múltiples disciplinas	Restringido
4.3.17	Privado	Múltiples disciplinas	Libre
4.3.18	Privado	Medicina	Restringido
4.3.19	Privado	Múltiples disciplinas	Restringido
4.3.20	Privado	Múltiples disciplinas	Restringido
4.3.21	Privado	Múltiples disciplinas	Libre

**Tabla 4.25: Tabla comparativa para el criterio *General***

La siguiente Tabla 4.26 posee la información para el criterio Tecnológico y sus subcriterios.

TECNOLOGICO				
	Tipo de Licencia	Tipo de Aplicación	Formato de imágenes	Tecnología / lenguaje de la aplicación
4.3.1	Propietaria	Web	No se obtuvieron datos	Web, Zoomify
4.3.2	Propietaria	Web	No se obtuvieron datos	Web , Zoomify
4.3.3	MV: Propietaria	Atlas: Web MV: Escritorio	jp2, .jpf, .jpx, .svs, .ndpi, .tif, .oib, .oif, .tif, y.lsm.	Web, Biolucida
4.3.4	Propietaria	Web	No se obtuvieron datos	Web, Zoomify
4.3.5	Propietaria	Web	No se obtuvieron datos	No se obtuvieron datos
4.3.6	Propietaria	Web	No se obtuvieron datos	Web
4.3.7	No se obtuvieron datos	Web	No se obtuvieron datos	Web
4.3.8	Código abierto	Web	No se obtuvieron datos	Web
4.3.9	No se obtuvieron datos	Web	No se obtuvieron datos	Web
4.3.10	Propietaria	Web	No se obtuvieron datos	Web
4.3.11	No se obtuvieron datos	Web	No se obtuvieron datos	Web
4.3.12	Propietaria	Web , Escritorio	Formato propietario	Web , Java, Flash
4.3.13	Propietaria	Móvil	No se obtuvieron datos	App para IOS
4.3.14	Propietaria	Escritorio	Tif, jp2 y bif	No se obtuvieron datos
4.3.15	Propietaria	Escritorio	Formato propietario	No se obtuvieron datos
4.3.16	Propietaria	Web	Formato propietario	No se obtuvieron datos
4.3.17	Propietaria	Web	No se obtuvieron datos	Web, Java
4.3.18	Propietaria	Web , Escritorio	No se obtuvieron datos	No se obtuvieron datos
4.3.19	Propietaria	Web , Móvil	No se obtuvieron datos	No se obtuvieron datos
4.3.20	Propietaria	Web	Formato propietario	Web
4.3.21	Código abierto	Web, Escritorio, Móvil	No se obtuvieron datos	No se obtuvieron datos

**Tabla 4.26: Tabla comparativa para el criterio *Tecnológico***

## 4.5 Conclusiones del capítulo

En este capítulo se ha presentado primeramente una serie de criterios definidos por la autora de este trabajo y sus subcriterios para ser utilizados para el análisis y comparación de los microscopios que se han estudiado, junto a la exhaustiva revisión de los mismos. En forma posterior se presenta el análisis de los MV a partir de los criterios definidos, y por último unas tablas que sintetizan y permiten una visión comparativa de los MV seleccionados.

En el siguiente capítulo de este trabajo se presentaran los resultados obtenidos a partir de este análisis y comparación.

# Capítulo 5

---

## Análisis de Resultados



## 5.1 Introducción

Se presentan en este capítulo los principales resultados del análisis realizado, de manera tal de ofrecer un panorama sobre algunas de las posibilidades disponibles encontradas en los MV estudiados.

En total se han analizado 20 aplicaciones o sistemas de microscopia virtual, y las API de Google como potenciales herramientas de desarrollo de un MV, lo que se considera una muestra representativa de este tipo de sistemas.

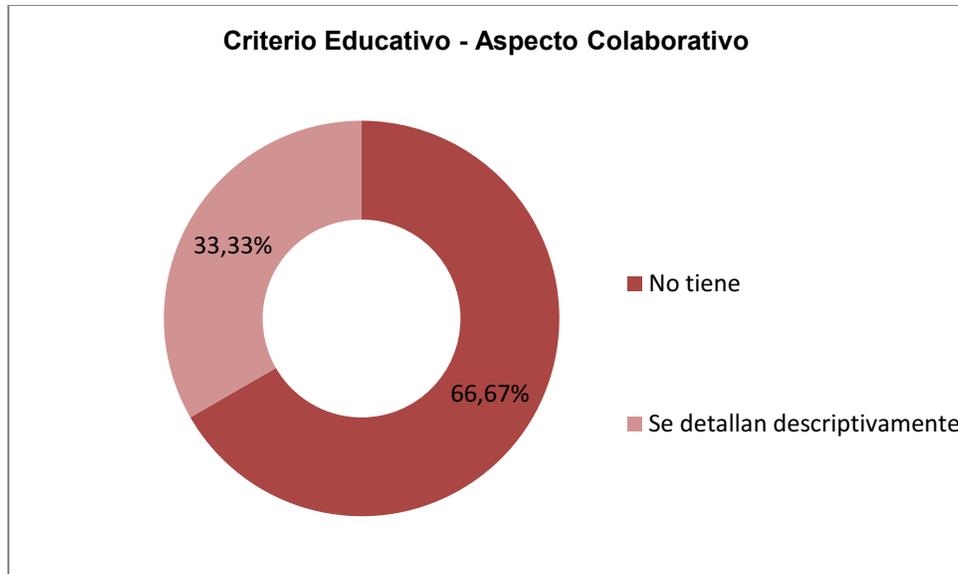
A partir del análisis y comparación de los microscopios virtuales es que se ha podido obtener una serie de resultados de interés para el desarrollo de esta área. Se presenta en este capítulo entonces un análisis estadístico, un análisis más específico relacionado a las posibilidades educativas que se han observado y de qué manera podrían potenciarse, y por último análisis descriptivo del resto de los criterios y aspectos analizados.

## 5.2 Análisis estadístico de los resultados

Debido a que se han utilizado valores preestablecidos como vocabulario para la caracterización de cada uno de los aspectos que componen los criterios analizados en los microscopios virtuales, es posible realizar un análisis estadístico sobre los resultados obtenidos. A continuación se presentan los valores obtenidos para cada uno de los aspectos estudiados.

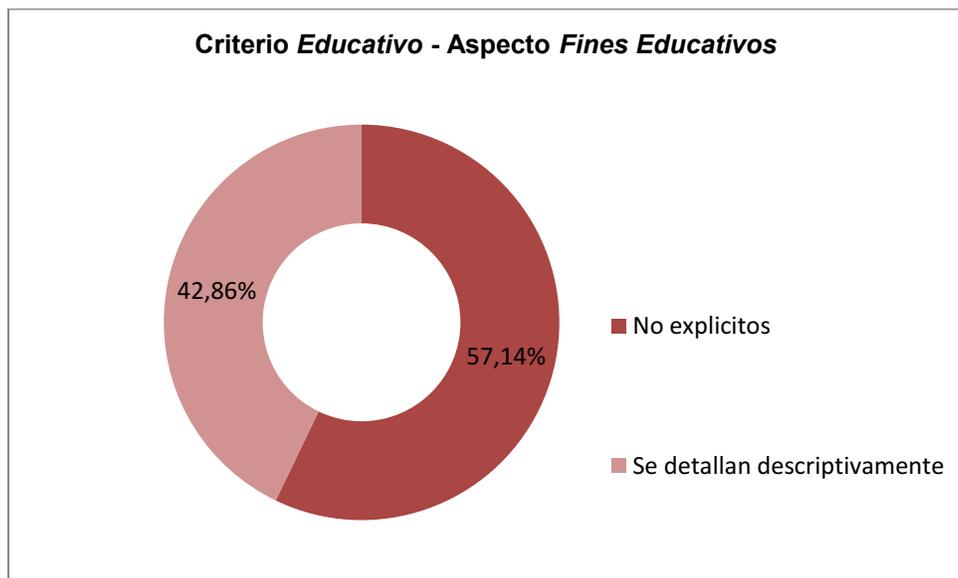
- En relación al criterio *Educativo* se obtuvieron los siguientes resultados:

El 33,33% de los microscopios analizados (7 MV) presentan alguna relación con el aspecto **colaborativo** mientras que el 66,67% restante (14 MV) no ofrece ningún aspecto de colaboración. Sin embargo, es posible que algunas de sus funcionalidades posteriormente pueda resultar de interés para un sistema de MV colaborativo, como el caso de compartir notas de audio sobre un preparado. Al mismo tiempo, para que esto resulte parte de un MV colaborativo, sería necesario tener un reconocimiento (o *awareness*) sobre quién ha realizado cada publicación, contar con herramientas de comunicación adicionales, y otros aspectos del sistema que se vinculen con las características de un sistema colaborativo.



**Figura 5.1: Resultados para aspecto Colaborativo**

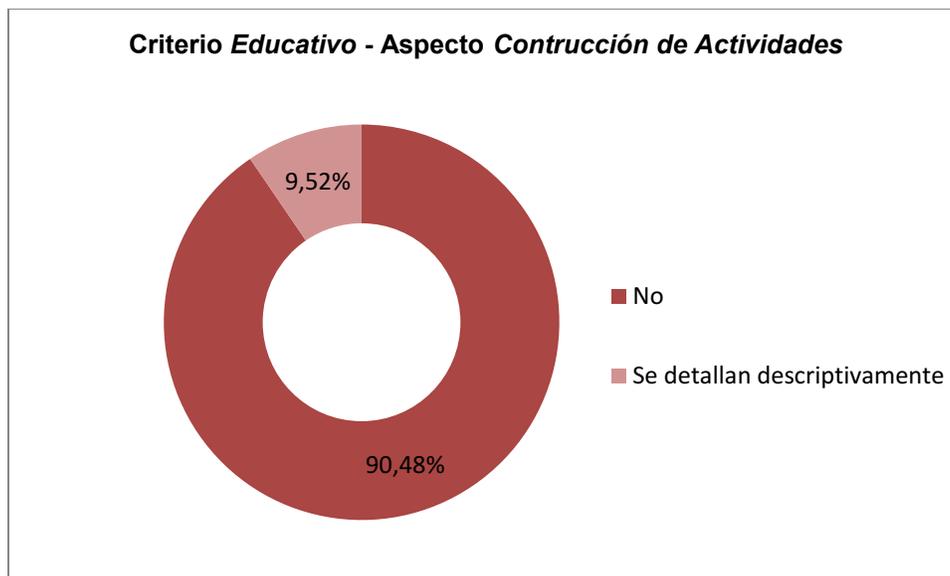
Se obtuvo que el 57,14% de los microscopios analizados (12 MV) no explicita ningún **fin educativo** mientras que el 42,86% (9 MV) presentan alguna relación con este fin, y se explicita esta intención a partir de la documentación o su aplicación en áreas disciplinares concretas. Esto da cuenta del uso que está teniendo este tipo de sistemas en el ámbito educativo.



**Figura 5.2: Resultados para aspecto Fines Educativos**

Solo el 9,52% de los microscopios analizados (2 MV) posibilita la **construcción de actividades** educativas mientras que el 90,48% restante (19 MV) no lo hace. Esto se considera un aspecto a ser

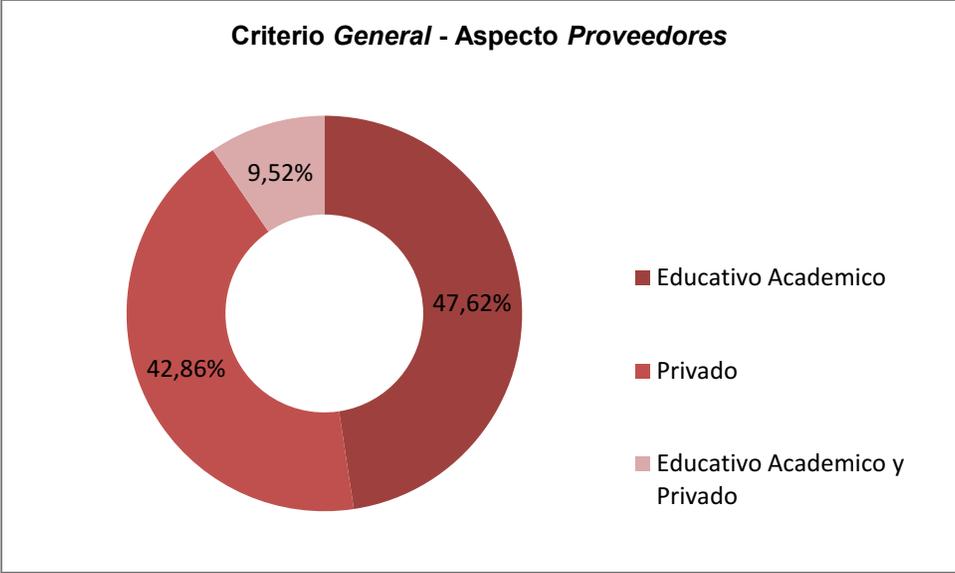
mejorado a futuro, ya que el hecho de contar con este tipo de sistema para las disciplinas que hacen uso de microscopios, tal como se mencionó en el capítulo 1, permitiría a los alumnos complementar lo que se realiza con los microscopios tradicionales. La posibilidad a su vez que el docente pueda crear actividades permitiría a los alumnos, realizar prácticas con algún tipo de *feedback* y mejorar sus habilidades, por ejemplo en la identificación de componentes de las imágenes.



**Figura 5.3: Resultados para Construcción de Actividades**

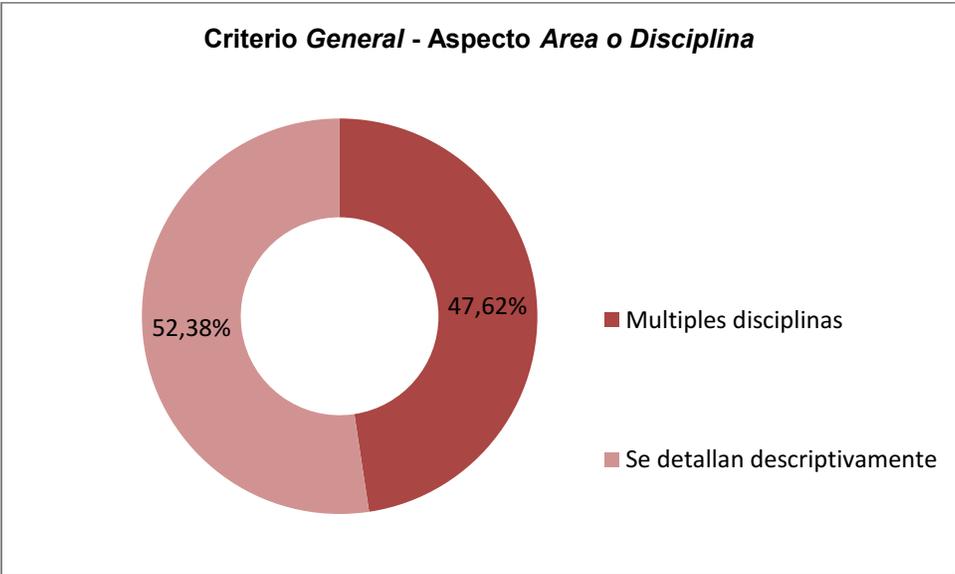
- En relación al criterio *General* se obtuvieron los siguientes datos:

10 de los microscopios virtuales (47,62%) poseen como **proveedores** alguna institución Educativa o Académica, 9 (42,86%) son ofrecidos por proveedores privados y 2 (9,52%) resultan de una combinación de herramientas de ambos tipos de proveedores.



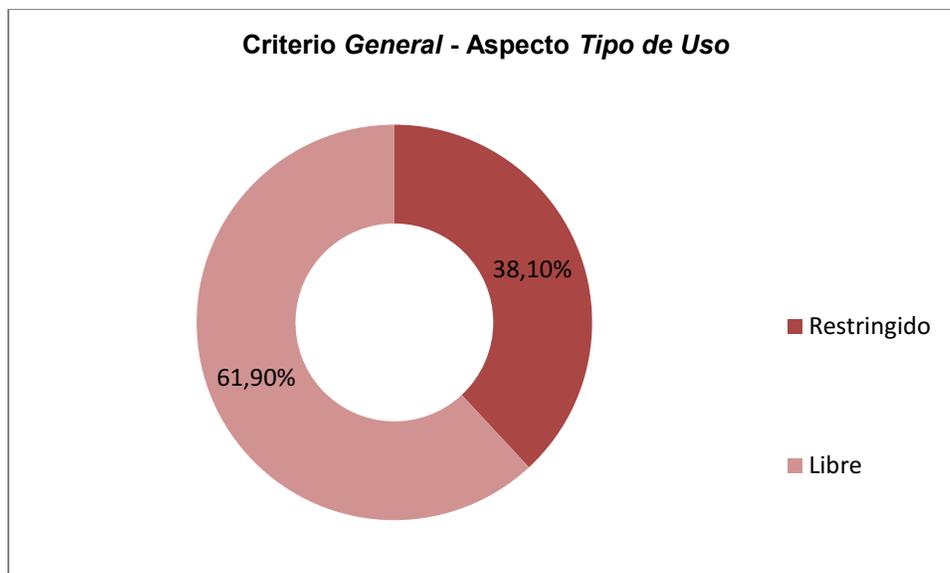
**Figura 5.4: Resultados para el subcriterio Proveedor**

El 47,62 % (10 MV) de los microscopios analizados en relación al **área o disciplina** pueden ser utilizados por múltiples disciplinas, mientras que el 52,38% (11 MV) de los restantes son específicos de algún área, la cual se ha detallado en el análisis. Algunas de las funcionalidades, que se utilizan en un MV específico de un área pueden resultar de interés para las diferentes áreas. Por ejemplo, la posibilidad de descargarse parte de las imágenes, áreas de interés, el marcado y anotaciones sobre los preparados, son funcionalidades que se consideran interesantes para cualquier disciplina. Todos estos aspectos serán tenidos en cuenta para futuras investigaciones y desarrollos a partir de este trabajo.



**Figura 5.5: Resultados para Área o Disciplina**

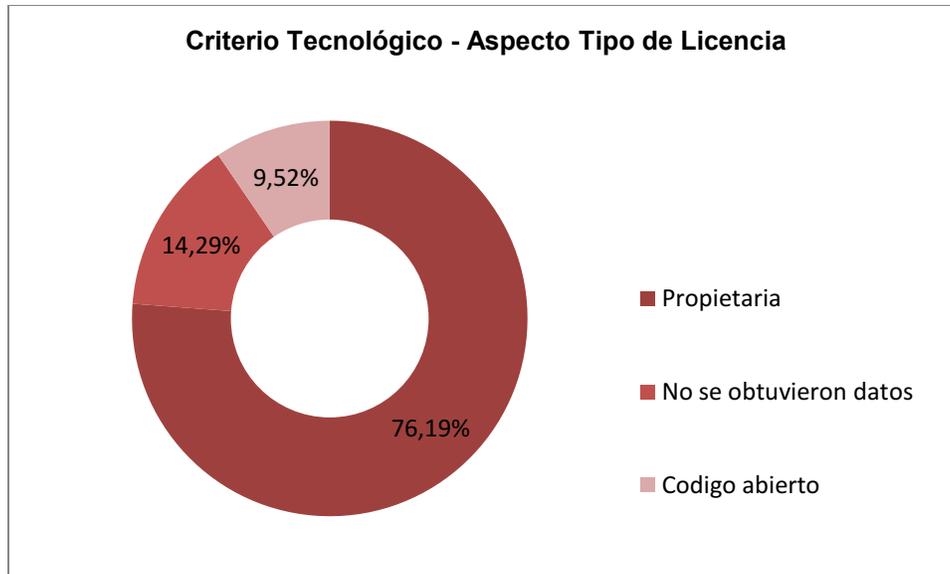
Se obtuvo que el 61,90% (13 MV) de los microscopios analizados son de uso Libre mientras que el 38,10% restante (8 MV) presenta un tipo de uso Restringido en algún aspecto en relación al aspecto de **tipo de uso**. Esto ha permitido realizar pruebas con las diferentes herramientas analizadas y es un punto de interés para docentes que deseen incluir el uso de estas herramientas en sus prácticas educativas.



**Figura 5.6: Resultados para Tipo de Uso**

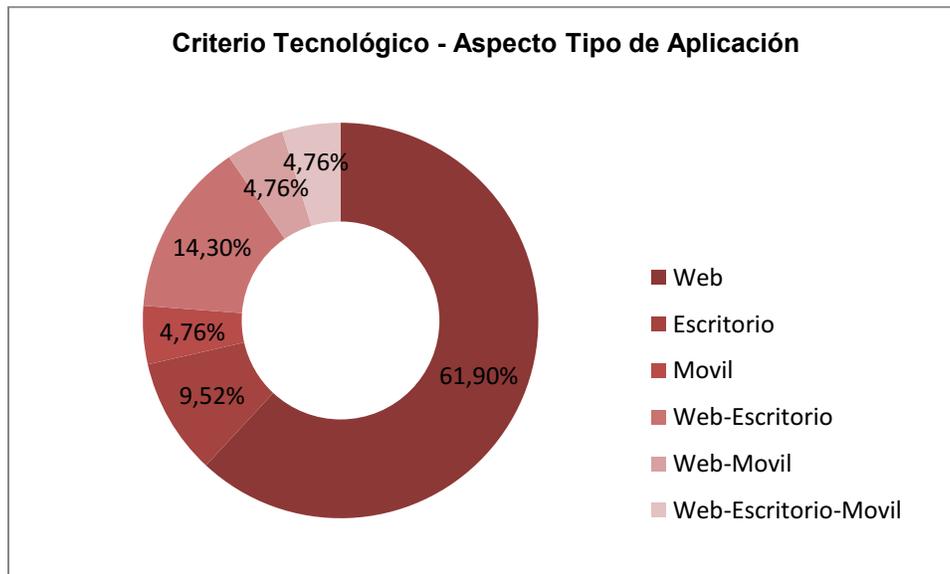
- En relación al criterio *Tecnológico* se obtuvieron los siguientes resultados:

Se observa que es muy baja la cantidad de microscopios que son de código abierto 9,52% (2 MV) en comparación con los 76,19%(16MV) que poseen licencia propietaria. Del 14,29% restante (3MV) no se obtuvieron datos en relación al **tipo de licencia** que poseen. En este sentido resulta difícil realizar modificaciones a los microscopios ya existentes y evolucionarlos, por lo que en caso de querer realizar un MV con más características orientadas al ámbito educativo, se requerirá trabajar o bien con las API analizadas y a partir de allí completar los desarrollos o bien abordar un desarrollo a partir de los MV que son de código abierto.



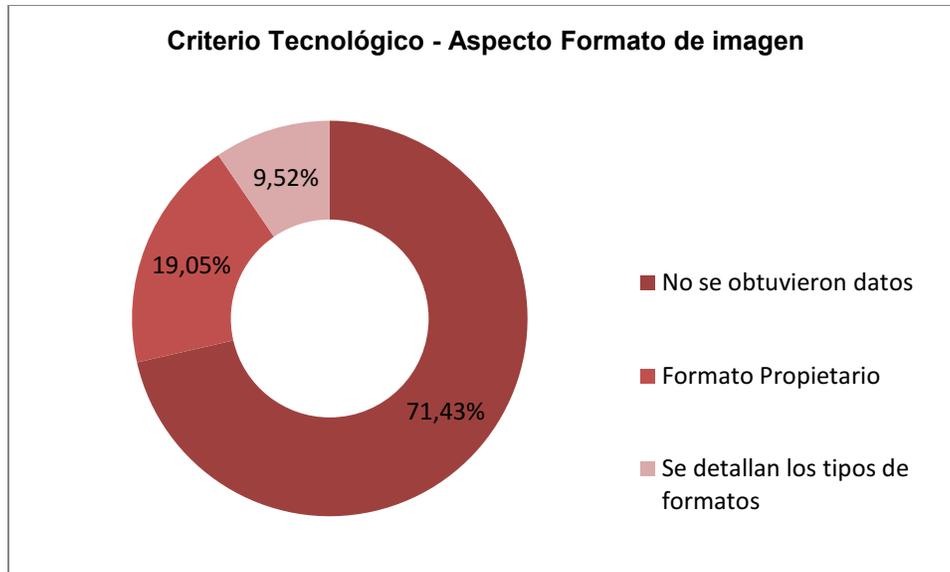
**Figura 5.7: Resultados para Tipo de Licencia**

Los porcentajes para el **tipo de aplicación** son 61,90% (13 MV) para aplicaciones del tipo Web, 9,52% (2 MV) aplicaciones de Escritorio y 4,76% (1MV) para Móviles. El resto son combinaciones para Web-Escritorio 14,30% (3 MV), 4,76% (1MV) para Web-Móvil y, 4,76% (1MV) para Web-Escritorio-Movil.



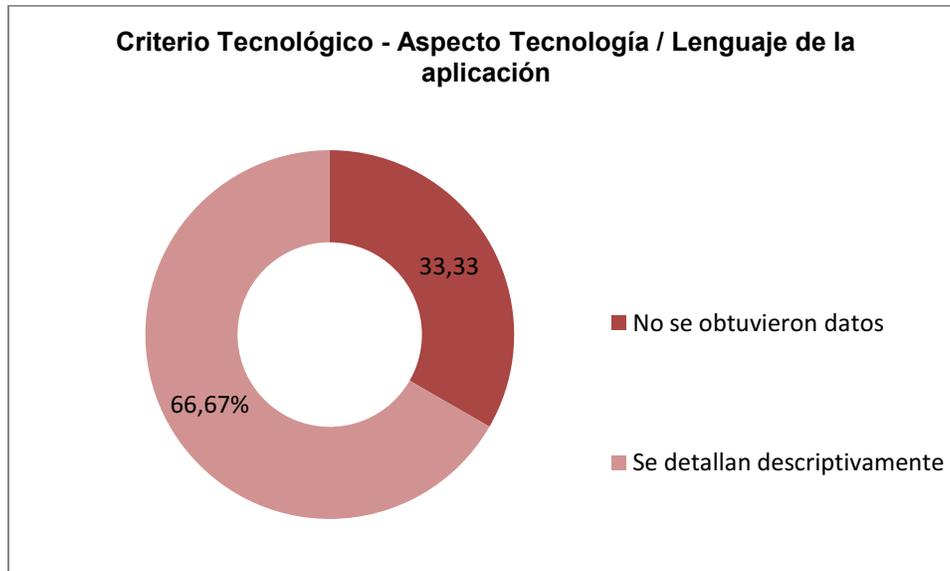
**Figura 5.8: Resultados para Tipo de Aplicación**

Del 71,43% (15 MV) de los microscopios analizados no se obtuvieron datos en relación al **tipo de formato** soportado mientras que se sabe que el 19,05% (4 MV) utilizan formatos propietarios de empresas proveedoras de microscopios o escáneres y solo el 9,52% (2 MV) utiliza formatos libres como TIF o JP2.



**Figura 5.9: Resultados para Formato de imagen**

Del 33,33% (7MV) de los microscopios analizados no se obtuvieron datos en relación al **tipo de lenguaje o tecnología** que se utiliza para el desarrollo de la aplicación, mientras que del 66,67% (14MV) restante se han detallado los distintos tipos. Existe una tendencia a ser desarrollos basados en tecnología web.



**Figura 5.10: Resultados para Tecnología / Lenguaje de la aplicación**

### 5.3 Análisis de posibilidades educativas

Uno de los objetivos principales de este análisis fue detectar características y funcionalidades que favorezcan la utilización de los MV en el ámbito educativo y que posibiliten el trabajo colaborativo. Se ha

observado que de los microscopios analizados son muy pocos los que incorporan algún rasgo para la colaboración. La única funcionalidad que ofrecen es la posibilidad de trabajar sobre ciertas imágenes realizando ajustes y anotaciones, y luego compartir lo realizado. En este sentido son los microscopios virtuales pertenecientes al grupo de las empresas los que ofrecen más posibilidades para esta característica, a la que por lo general denominan *Share* (compartir).

En cambio, para algunos de los microscopios ofrecidos por las universidades, la única funcionalidad que podría asociarse de manera indirecta con la colaboración es la posibilidad de obtener capturas de pantallas, las cuales podrían ser compartidas posteriormente. De todas maneras, cualquier actividad colaborativa que pueda surgir a partir de estas capturas se resolvería fuera de la aplicación del microscopio. Es decir, sería de interés que los mismos sistemas de MV incorporaran posibilidades de colaboración, tales como conocimiento de quién realiza cada acción sobre los preparados, en qué momento fue realizada la acción, y poder establecer comunicación a medida que se trabaja con un preparado.

En relación a los fines educativos perseguidos se observa que la mayoría de los microscopios que son provistos por instituciones educativas o académicas, tienen en cuenta este aspecto desde diversas perspectivas. Por lo general, los fines detectados se encuentra asociados a alguna cátedra o asignatura dentro de una institución educativa, y se relacionan con los programas de las mismas. Es interesante destacar al microscopio 4.3.5, que explicita como objetivo el generar un cambio en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra, al microscopio 4.3.12 que indica que pretende “Ser útil para la enseñanza y la investigación”, y la serie de tutoriales ofrecidos en 4.3.17 los cuales tienen como objetivo “simplificar y explicar temas complejos”. De todas maneras, si bien estos microscopios expresan tener fines educativos, no se explica de qué manera se están utilizando y en qué prácticas educativas específicas.

Por otro lado, los microscopios virtuales ofrecidos por organismos privados tienden a no ser específicos en el fin que persiguen. Esto se relaciona con que los mismos, por lo general, son parte de sistemas mucho más complejos que incluyen diversas herramientas que permiten realizar investigación, transferencia y hasta teleconferencias para análisis de casos. Estos sistemas, por lo general, son utilizados en las áreas de medicina, patología e histología.

Es notorio el resultado obtenido en relación a la posibilidad de crear nuevas actividades educativas. Solo 2 de los microscopios virtuales analizados ofrecen algún tipo de relación con esta característica. El microscopio 4.3.2 posibilita agregar audios y puntos de interés en ciertos puntos de una imagen con lo que pretenden darle la posibilidad a los docentes de crear preparados que agregan diferentes tipos de información. Por su parte el microscopio 4.3.12 ofrece herramientas que permiten construir y manipular imágenes 3D a medida haciendo uso de las imágenes provistas por el sitio web. Estas características podrían formar parte de una consigna de una actividad educativa. Sin embargo, la aplicación no da

posibilidades para la inclusión de una consigna, ni tampoco ofrece posibilidades de retroalimentación para el alumno.

#### **5.4 Análisis descriptivo que incluye a los criterios General y Tecnológico**

Todas las empresas privadas proveedoras de dispositivos y servicios relacionados con la microscopía virtual poseen algún software de visualización de imágenes, que por lo general puede ser descargado de manera gratuita, pero sólo funciona con las imágenes obtenidas de los productos que la misma empresa ofrece. De todas maneras, muchas veces estas empresas ofrecen colecciones de imágenes de acceso gratuito que pueden ser consultadas y utilizadas haciendo uso del MV, pero si se desea trabajar con imágenes propias es necesario adquirir los servicios de almacenamiento o escaneo. Se observa además estos MV ofrecidos por empresas son los que poseen mejores funcionalidades y actualizaciones poseen. Esto, en contraste con los ofrecidos por universidades, de los cuales es posible encontrar solo algunas versiones no siempre completamente actualizadas, y que por lo general, responden a necesidades específicas de la misma universidad.

En relación al área o disciplina de aplicación se ha observado que por lo general los microscopios virtuales pueden ser utilizados por múltiples disciplinas, disciplinas todas que utilizan a un microscopio en sus prácticas habituales y que pueden llegar a complementarlas y verse favorecidas por el uso de estas nuevas tecnologías.

Además en relación a este aspecto, otra cuestión que se ha observado tiene que ver con que el tipo de disciplina que utiliza el microscopio puede determinar ciertas características o funcionalidades distintivas del mismo. Por ejemplo, se ha presentado el caso del microscopio 4.3.5, exclusivamente usado con muestras de minerales y rocas, y por ello posee funcionalidades que permiten trabajar con luz polarizada, y rotar las muestras. Estas funcionalidades no se observan en otros microscopios utilizados por otras disciplinas como la medicina o la histología.

El tipo de licencia de los microscopios estudiados es en su mayoría propietaria, diferenciándose solamente los casos del microscopio 4.3.8 y de la API 4.3.21, los cuales poseen licencias del tipo *open source*.

Los casos de 4.3.13, 4.3.19 y las posibilidades ofrecidas por la API 4.3.21 son buenos ejemplos de cómo todas las aplicaciones tienden a adaptarse a los nuevos dispositivos disponibles en el mercado, en este caso móviles. Vale señalar que estas adaptaciones algunas veces pierden funcionalidades, como es el caso de realizar anotaciones, debido a las limitaciones de los dispositivos.

Además algunos microscopios ofrecen versiones de escritorio como complementos de las versiones web ofrecidas con el objetivo de ofrecer otras posibilidades de uso a los usuarios finales.

Es notorio señalar en relación al tipo formato de imagen permitido que, por lo general, no se han obtenido datos en relación a este aspecto. Sin embargo, se sabe que para algunos microscopios solo son permitidos los formatos de imágenes generados por los escáneres, cámaras y sistemas ofrecidos por los propietarios de los mismos. Este es el caso de los microscopios 4.3.12, 4.3.15, 4.3.16 y 4.3.20.

A excepción de 4.3.5, del cual no se obtuvieron datos, todos los microscopios que son ofrecidos por proveedores educativos o académicos han sido desarrollados utilizando tecnologías web. Dentro de estos cuatro, 4.3.1 a 4.3.4, han sido desarrollados utilizando complementos web para la manipulación de imágenes. *Zoomify* aparece como un ejemplo de estos complementos web disponibles que permiten realizar *zoom* y *paneo* sobre imágenes de alta calidad, y que están tendiendo a ser las tecnologías más utilizadas para la construcción de MV.

## **5.5 Conclusiones del capítulo**

A partir del estudio y análisis realizado, se observa que son muy pocos los microscopios virtuales disponibles y de libre uso que han sido diseñados específicamente para el ámbito educativo y de allí la ausencia en la posibilidad de crear nuevas actividades o realizar tareas colaborativas más allá de la posibilidad de compartir imágenes anotadas.

En el capítulo siguiente se ahondará en esta reflexión y se presentarán las líneas de trabajo futuro que abren el camino para el desarrollo de una tesis de maestría en el área.



# Capítulo 6

---

## Conclusiones y Líneas de Trabajo Futuras



## 6.1 Introducción

En este capítulo se presentan las conclusiones en relación al trabajo llevado a cabo, así como también algunas líneas de investigación y desarrollo futuros que se abren a partir de lo realizado.

## 6.2 Conclusiones

Resulta esencial seguir contribuyendo con el conjunto de propuestas educativas en las que las TIC intervienen como mediadoras de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Contar con herramientas informáticas que puedan aportar y potenciar el desarrollo de estos procesos resulta de sumo interés en la actualidad.

La recopilación, análisis y comparación realizada para este trabajo puede ser visto como una nueva aproximación al conocimiento y valoración de este tipo de aplicaciones que en los últimos años han revolucionado la manera de enseñar e investigar en disciplinas donde el uso del microscopio es fundamental. Este estudio se cree de interés para el ámbito de las disciplinas que hacen uso de este tipo de instrumentos como parte de sus procesos educativos y de investigación.

Una de las primeras observaciones realizadas tiene que ver con el concepto que se tiene sobre microscopio virtual es. Si bien existen una serie de definiciones, las cuales han sido presentadas en el capítulo 3, es notoria la necesidad de contar con una definición única, y consensuada, de lo que un microscopio virtual significa y contiene como funcionalidades principales constitutivas. A partir del análisis realizado para este trabajo se ha observado que por ejemplo puede ser denominado como microscopio virtual a una aplicación que explica el funcionamiento de un microscopio convencional, a una colección de imágenes histológicas o a un sistema complejo de telepatología.

Por otro lado, se ha realizado una observación que resulta interesante en relación a las funciones básicas ofrecidas por los microscopios virtuales. Del subconjunto de microscopios analizados, y que cumplen con la definición que ha sido presentada en este trabajo, se puede concluir en que por lo general, presentan un mismo conjunto de funciones que permiten manipular las imágenes que están siendo observadas en ellos. Así, recorrer una imagen, hacer *zoom*, realizar ajustes de color, brillo, contraste, realizar mediciones y anotaciones sobre las imágenes observadas son las más comunes y esenciales presentes.

Los complementos web como *Zoomify* o *Biolucida* han sido otro de los descubrimientos interesantes realizados a partir de este trabajo. Hoy en día estos complementos aparecen como una opción interesante puesto que resuelven de una manera transparente para el desarrollador la realización de las funcionalidades de *zoom* y paneo sobre imágenes de alta calidad. Poder contar con este tipo de complementos facilita y reduce considerablemente el tiempo de desarrollo de un microscopio virtual.

Ha resultado un descubrimiento interesante el conocer que de los microscopios analizados son pocos los que han sido diseñados para perseguir fines educativos generales y adaptables a cualquier práctica educativa más allá de la disciplina. Como se mencionó con anterioridad, si bien los microscopios ofrecidos por instituciones académicas/ educativas ofrecen una orientación a fines educativos los mismos son exclusivos para asignaturas puntuales y presentan solo algunas guías de uso o visualización. Se ha encontrado una vacancia en las posibilidades de estos sistemas para permitir la creación de actividades educativas, donde el docente pueda indicarle una consigna a los alumnos y donde se pueda ofrecer alguna retroalimentación, que permita complementar las actividades tradicionales con un microscopio convencional, como la identificación de partes constitutivas de una imagen, el reconocimiento de especímenes dentro de un preparado, o la clasificación de un preparado en una taxonomía específica para la disciplina. Estas características se considera que ayudarían a mejorar situaciones actuales como la falta de suficientes microscopios en las instituciones educativas, y por tanto, esto acarrea a un menor tiempo de trabajo de los alumnos en este tipo de actividades, también ayudaría en la mejora de temas vinculados a la protección de las muestras, y la posibilidad de los alumnos de revisar fuera de la institución educativa, los preparados para profundizar su aprendizaje.

En relación a la colaboración, esta resulta otra de las características fundamentales interesantes a indagar, ya que no se han encontrado resultados significativos en este sentido, lo que abre las puertas a comenzar a abordar la incorporación de este tipo de posibilidades a las ya existentes en las aplicaciones analizadas. Esto se vuelve importante para que los alumnos puedan realizar análisis conjuntos en los MV, a partir de la identificación de elementos de interés en los preparados virtuales observados, por ejemplo.

Si los microscopios virtuales parecen haber revolucionado la enseñanza y la investigación en disciplinas donde el uso de microscopios es esencial, resulta motivador pensar que la incorporación a los mismos de aspectos relacionados a la creación de actividades educativas como así también al trabajo y aprendizaje colaborativo constituiría un aporte significativo para los mismos.

Se abre así un camino de mejoras para los actuales microscopios virtuales, con nuevas oportunidades para el escenario educativo y académico. Se considera que este trabajo resulta un aporte para iniciar desarrollos que permitan dar lugar a estas características.

Es importante destacar que se ha realizado una publicación en relación a este trabajo en los anales del XXI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación CACIC 2015 realizado en Junín, en la Escuela de Tecnología de la UNNOBA del 5 al 9 de Octubre de 2015.

### 6.3 Líneas de Trabajo Futuras

Como línea de trabajo futura, se propone la realización de un microscopio virtual colaborativo con fines educativos, que facilite la creación de actividades y contribuya al conjunto de aplicaciones de este tipo disponibles.

Como parte de mi tesis de magister en Tecnología Informática Aplicada en Educación, bajo la dirección de la Dra. Cecilia Sanz y la Lic. Patricia Pesado, con el asesoramiento científico de la Dra Sandra Baldassarri, se empezó a trabajar en el desarrollo de MVCol, un microscopio virtual colaborativo en concordancia con las conclusiones arribadas en este trabajo.

MVCol articula ciertas funcionalidades fundamentales de un microscopio virtual con la posibilidad de realizar prácticas colaborativas guiadas.

Hacer *zoom* y paneo sobre una imagen, corregir el brillo y contraste o realizar anotaciones y mediciones son algunas de las funciones que el microscopio virtual implementa. Todas las funcionalidades pueden ser utilizadas por un usuario de manera individual y en cualquier momento (de forma asincrónica) o pueden ser manipuladas colaborativamente en una sesión de práctica guiada por un docente.

Los usuarios del sistema son los docentes, moderadores de sesiones, los alumnos, que pueden tener los estados de colaborador activo u observador activo en una sesión y los administradores del sistema.

El microscopio virtual puede ser utilizado de manera individual y asincrónica o en una sesión de práctica moderada y organizada por los docentes.

Mediante el uso de una funcionalidad particular del microscopio llamada *Tour*, los docentes podrán implementar prácticas semi-guiadas las cuales apuntan a reforzar conocimientos previamente trabajados. Estas prácticas podrán ser accedidas asincrónicamente por los alumnos y la comunicación en estas instancias se dará a través de la utilización de foros exclusivos.

Dentro de una sesión, un usuario con perfil de Docente será el encargado de guiar las prácticas colaborativas pudiendo hacer uso de las funcionalidades del microscopio virtual. Para llevar adelante la práctica es fundamental la utilización de una herramienta de comunicación sincrónica integrada (chat), la cual puede ser accedida por todos los participantes al mismo tiempo y mientras dure una sesión activa.

Los docentes pueden en un cualquier momento otorgar turnos de participación a un alumno determinado. Al recibir un turno un alumno tendrá un estado temporario de colaborador activo y podrá realizar la manipulación de la imagen con la que se esté trabajando en ese momento dentro del microscopio virtual.

Los alumnos sin turno participan de las sesiones como observadores activos. En este estado les es posible solamente utilizar el chat y una herramienta de snapshot que permite obtener instantáneas de imágenes y almacenarlas en el repositorio compartido o en su computadora.

Todos los eventos ocurridos en una sesión de trabajo colaborativo serán almacenados en un historial de sesión el cual podrá ser recuperado y visualizado posteriormente. Las imágenes de la sesión se pueden almacenar en un repositorio colaborativo.

En dicho repositorio además se almacenaran capturas de imágenes que se hayan adquirido durante una sesión.

Con el fin de que los usuarios puedan tener una percepción completa de lo que está ocurriendo dentro del sistema durante una sesión, se han definido una serie de estrategias de *awareness*.

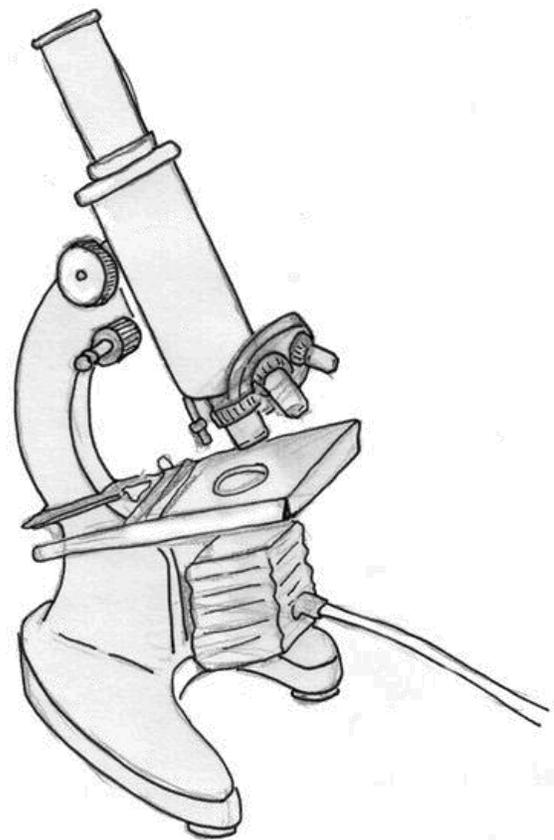
Con la definición de estas estrategias de *awareness* y junto a la coordinación representada por el otorgamiento de turnos, la colaboración dada en la realización del trabajo planteado en la sesión y la Comunicación posible mediante la utilización del chat integrado, se busca completar el conjunto de características deseables para un sistema colaborativo.

Actualmente MVCol se encuentra en la fase de diseño y será presentado a la brevedad en algún congreso de ámbito nacional o internacional.



# Anexo

---



## Anexo

### A.1 Historia de los Microscopios

A continuación se presenta una lista con los descubrimientos más importantes referidos a la microscopia de luz (Alberts, Bray, Lewis, Raff, Roberts y Watson, 1989):

- 1611** Kepler sugiera la manera de hacer un microscopio compuesto.
- 1655** Hooke Utiliza un microscopio compuesto para describir poros pequeños de un corcho a los que llama células.
- 1674** Leeuwenhoek reporta sus descubrimientos de protozoos. Luego de 9 años él vio bacterias por primera vez.
- 1833** Brown publica sus observaciones microscópicas sobre orquídeas, describiendo claramente el núcleo de la célula.
- 1876** Abbé analiza el efecto de difracción de imágenes formadas en el microscopio y muestra como optimizar el diseño de los microscopios.
- 1881** Retzius, Cajal y otros histólogos desarrollan métodos de tinción que son ampliamente utilizados en los años siguientes.
- 1882** Koch una tintura de anilina para teñir microorganismos.
- 1886** Zeiss crea una serie de lentes para el diseño realizado por Abbé que habilita a los microscopistas a trabajar en los límites teóricos de la luz visible.
- 1930** Lebedeff diseña y construye el primer microscopio de interferencia. En 1932 Zernicke inventa el microscopio de contraste de fases. Ambos microscopios, posibilitan ver células vivas sin teñir por primera vez.
- 1941** Coons usa colorante fluorescente para detectar células antígenas.
- 1952** Nomarski idea y patentó el sistema de interferencia diferencial.
- 1981** Allen y Inoué perfeccionan el microscopio de contraste de luz con video mejorado.

A continuación se presenta una lista con los acontecimientos más importantes en el desarrollo del microscopio electrónico (Alberts et al., 1989):

- 1897** J.J. Thomson anuncia la existencia de partículas de carga negativa llamadas electrones.
- 1924** de Broglie propone que los electrones tienen propiedades ondulatorias.
- 1926** Busch prueba que es posible enfocar un haz de electrones con un lente magnético cilíndrico.
- 1931** Ruska junto a otros colegas construyen el primer microscopio electrónico de transmisión.
- 1935** Knoll demuestra la viabilidad del microscopio electrónico de barrido y 3 años más tarde Von Ardenne construye un prototipo.
- 1939** Siemens produce el primer microscopio electrónico de transmisión comercial.

**1965** Cambrige Instruments produce el primer microscopio de barrido comercial.

**1968** de Rosier y Klug describen técnicas para la reconstrucción de estructuras tridimensionales a partir de micrografías electrónicas.

## **A.2 Microscopio Óptico: Variantes**

El microscopio de campo oscuro es una variante del microscopio óptico compuesto normal.

En este tipo de microscopio la luz no incide directamente en el objetivo, sino que incide con una apertura numérica mayor. Utiliza un haz enfocado de luz muy intensa, en forma de un cono hueco, concentrado sobre la muestra. El objeto iluminado dispersa la luz y se hace así visible contra el fondo oscuro que tiene detrás.

Los condensadores que se emplean en microscopía de campo oscuro son de dos tipos: del tipo paraboloides que tiene una superficie espejada), y los del tipo cardioide que poseen dos superficies espejadas (Megías Pacheco et al., 2011).

En la figura A.1 se presenta la foto de un camarón obtenida con el uso de un microscopio de campo oscuro.



**Figura A.1: Fotografía de Camarón obtenida con microscopio de campo oscuro. Imagen obtenida de:**  
<http://commons.wikimedia.org/>

El microscopio de Contraste de Fases es una modificación del microscopio óptico de campo claro que mediante la utilización de objetivos especiales y basándose en un ligero retraso que sufre la luz cuando pasa por unas estructuras tisulares en función de la densidad, consigue diferentes luminosidades para distintas estructuras. (Megías Pacheco et al., 2011).

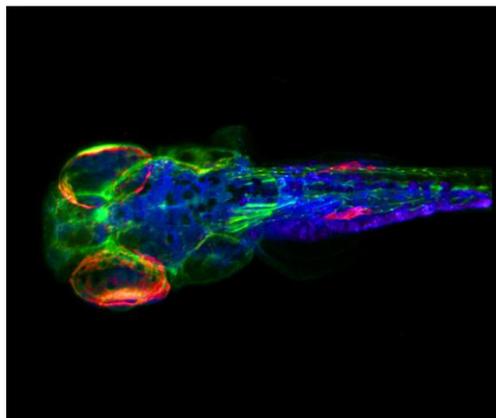
En la figura A. 2 se presenta la imagen de un *Microsporidio* (parasito de crustáceo) obtenida con el uso de un microscopio de contraste de fases.



**Figura A.2: Fotografía de *Microsporidio* (parasito de crustáceo) obtenida con microscopio de contraste de fases. Fotografía propia.**

En el microscopio de fluorescencia los objetos son iluminados por rayos de una determinada longitud de onda. La imagen observada es el resultado de la radiación electromagnética emitida por las moléculas que han absorbido la excitación primaria y reemitido una luz con mayor longitud de onda. Para dejar pasar sólo la emisión secundaria deseada, se deben colocar filtros apropiados debajo del condensador y encima del objetivo (Megías Pacheco et al., 2011).

En la figura A.3 se presenta un embrión de vertebrado (pez) obtenido con un microscopio de fluorescencia.



**Figura A.3: Fotografía de embrión de vertebrado (pez) obtenida con un microscopio de fluorescencia. Imagen obtenida de <http://deltaoptics.es/>**

Otro microscopio del tipo compuesto, y uno de los más avanzados, es el microscopio de Contraste interferencial o Nomarsky.

En estos microscopios, que utilizan objetivos especiales para dar a las muestras un aspecto tridimensional aumentando la profundidad de campo. Se basa en el uso de filtros que polarizan la luz y pasa por un prisma que reagrupa esta luz en elementos separados por una distancia que es similar al poder de resolución del objetivo que se está usando. Existe un prisma para cada objetivo entonces la luz pasa por la muestra y las diferencias de densidad de tejido de las muestras , como por ejemplo los bordes de las células, provocan alteraciones en la luz que se dirige hacia los objetivos, los cuales transformarán esas diferencias en cambios en la luminosidad.

Existe además una lente adicional entre el objetivo y los oculares que permiten modular más la luminosidad (Megías Pacheco et al., 2011).

En la figura A. 4 se presenta la imagen de una *Metacercaria Microphallus szidati* (parasito de camarón) y en la figura A.5 la de un *Bacciger sp.* (Parasito de medusa). Ambas fotografías fueron obtenidas utilizando un microscopio de Contraste interferencial.



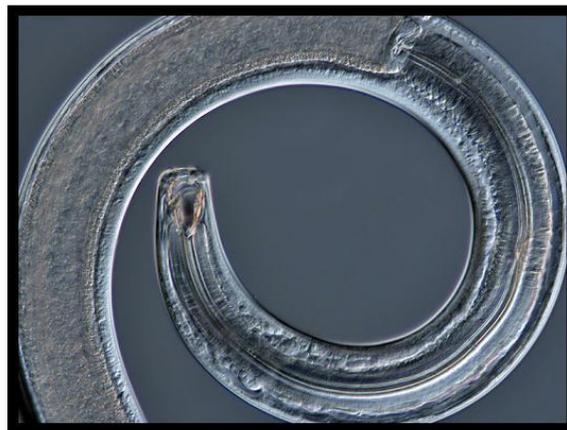
**Figura A.4: Fotografía de *Metacercaria Microphallus szidati* (parasito de camaron) obtenida con un microscopio de Contraste interferencial. Fotografía propia.**



**Figura A.5: Fotografía de *Bacciger sp.* (Parasito de medusa) obtenida con un microscopio de Contraste interferencial. Fotografía propia.**

El microscopio petrográfico, polarizador o de luz polarizada es un microscopio óptico al que se le han añadido dos polarizadores (uno entre el condensador y la muestra y el otro entre la muestra y el observador). El material que se usa para los polarizadores son prismas de Nicol o prismas de Glan-Thompson, que dejan pasar únicamente la luz que vibra en un único plano (luz polarizada). Esta luz produce en el campo del microscopio claridad u oscuridad, según que los dos prismas estén paralelos o cruzados.

En la figura A.6 se presenta la imagen de una larva de *Nematode* parasito obtenida utilizando un microscopio de luz polarizada.



**Figura A.6: Fotografía de Larva de *Nematode* parasito obtenida con un microscopio de luz polarizada. Fotografía propia.**

### A.3 Microscopio Electrónico: Variantes

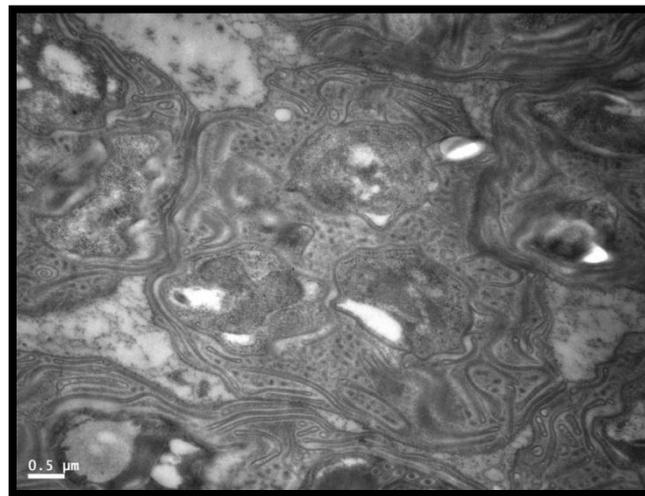
El microscopio electrónico de transmisión (TEM) es uno de los microscopios electrónicos más difundidos. En este tipo de microscopio se produce el haz de electrones en un filamento de tungsteno, que funciona como cátodo. Los electrones se condensan mediante electroimanes y se focalizan sobre una sección de la muestra que se esté observando.

Las secciones de las muestras deben ser muy finas (nanómetros) para permitir que sean atravesadas por los electrones y para conseguir imágenes nítidas.

Previamente las secciones deben ser tratadas con metales pesados como el osmio, el plomo y el uranio. La función de estos metales es similar a las tinciones usadas en el microscopio óptico, dar color a las estructuras celulares de las muestras. Los electrones que chocan con estos metales rebotarán y no cruzarán el tejido. Aquellos que consigan atravesar el tejido chocarán contra una pantalla fluorescente que emitirá un destello luminoso tras cada choque. Esa imagen emitida por la pantalla fluorescente es la que finalmente es posible observar.

Es por este fenómeno es que las imágenes son siempre en blanco y negro. Posteriormente pueden ser coloreadas digitalmente. (Megías Pacheco et al., 2011)

En la figura A.7 se presenta la imagen de un *Microsporidio* (parasito de crustáceo) obtenida utilizando un microscopio TEM.



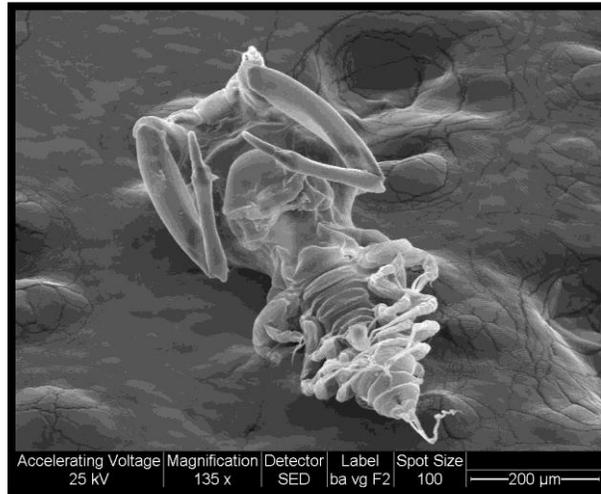
**Figura A.7: Fotografía de un Microsporidio (parasito de crustaceos) obtenida con un microscopio TEM.**  
Fotografía propia.

En los **microscopios electrónicos de barrido (SEM)** los electrones no atraviesan la muestra sino que interactúan con su superficie.

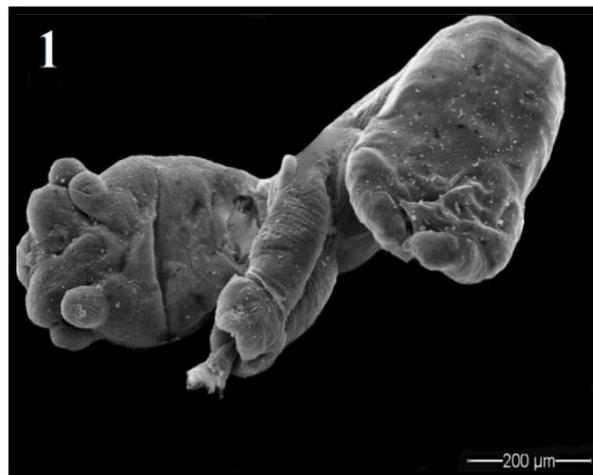
La muestra se debe cubrir con una máscara de metales que se adapta perfectamente al relieve de la misma y luego se barre con un haz de electrones. Los electrones reflejados por ese punto de la superficie son captados por una pantalla receptora que creará un punto de una imagen en una pantalla digital. La imagen completa se formará cuando el haz recorre o escanea, toda la superficie de la muestra y consigue información de cada uno de los puntos.

Este tipo de microscopios sirven para observar superficies tisulares (Megías Pacheco et al., 2011).

En las figuras A.8 y A.9 se presentan las imágenes de dos Copépodo (parásito de peces) obtenido utilizando un microscopio SEM.

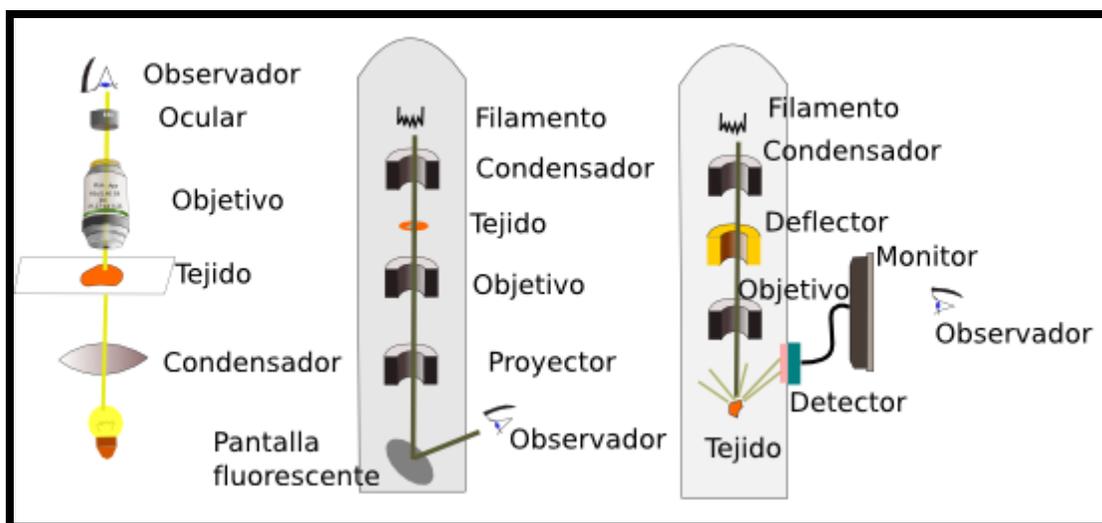


**Figura A.8: Fotografía de un Copépodo (parásito de peces) obtenida con un microscopio SEM. Fotografía propia.**



**Figura A.9: Fotografía de un Copépodo (parásito peces) obtenida con un microscopio SEM. Fotografía propia.**

En la figura A.10 se presenta una comparación de la composición básica de un microscopio óptico, uno electrónico de transmisión y uno de barrido.



**Figura A.10: Composición básica de un microscopio óptico (izquierda), uno electrónico de transmisión (centro) y uno de barrido (derecha). Imagen obtenida de: <http://gophoto.us/>**

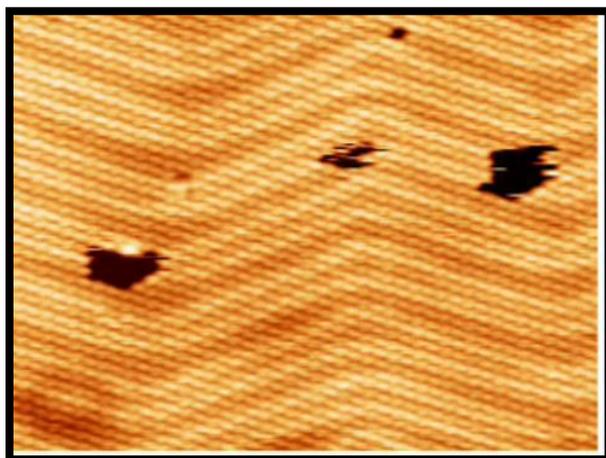
Entre los microscopios electrónicos modernos, se encuentran los llamados microscopios digitales. En este tipo de microscopios se utiliza una cámara la cual se conecta a una pantalla del tipo LCD o a una computadora. Estos microscopios carecen de ocular para ver los objetos de manera directa puesto que se utiliza la pantalla para su visualización.

Otro tipo de microscopio electrónico son los microscopios de efecto túnel. Son utilizados para tomar imágenes de superficies a nivel atómico y están basados en el concepto de efecto túnel. Cuando una punta conductora es colocada muy cerca de la superficie a ser examinada, una corriente de polarización (diferencia de voltaje) aplicada entre las dos puede permitir a los electrones pasar al otro lado mediante efecto túnel a través del vacío entre ellas. La resultante corriente de tunelización es una función de la posición de la punta, el voltaje aplicado y la densidad local de estados de la muestra (Chen,1993).

La información es adquirida monitoreando la corriente conforme la posición de la punta escanea a través de la superficie, y es usualmente desplegada en forma de imagen.

Considerándose una buena resolución 0.1 nm lateral y 0.01 nm de profundidad los átomos individuales dentro de los materiales son visualizados y manipulados.

En la figura A.11 se pueden observar una serie de Agujeros en una capa de moléculas orgánicas obtenidas con un microscopio de efecto túnel.



**Figura A.11: Fotografía de agujeros en una capa de moléculas orgánicas. Imagen obtenida de:**  
<http://pepascientificas.blogspot.com.ar/>

#### **A.4 Microscopio Confocal: Variantes**

Es una técnica fotónica de alta resolución que permite obtener información sobre la temperatura, composición química y estructural de casi todo tipo de material, orgánico o inorgánico.

El microscopio emplea un sistema láser que aplica el haz de luz en forma de barrido, en una pequeña parte de la muestra. El láser aplicado a una longitud de onda determinada, hace que moléculas excitadas de la misma, emitan fluorescencia a una longitud de onda mayor a la aplicada. Es decir la luz que entra en un material sufre cambios de su frecuencia, que se traducen en cambios de color. Estos cambios son característicos de cada material, lo que facilita su identificación.

Esta técnica puede ser realizada sin ningún tipo de preparación y no produce daños sobre el tejido que se estudia, es una técnica no invasiva puesto que en condiciones de uso normal, hay absorción escasa o nula de los dos rayos láser empleados, lo cual reduce el daño del tejido producido por las radiaciones utilizadas.

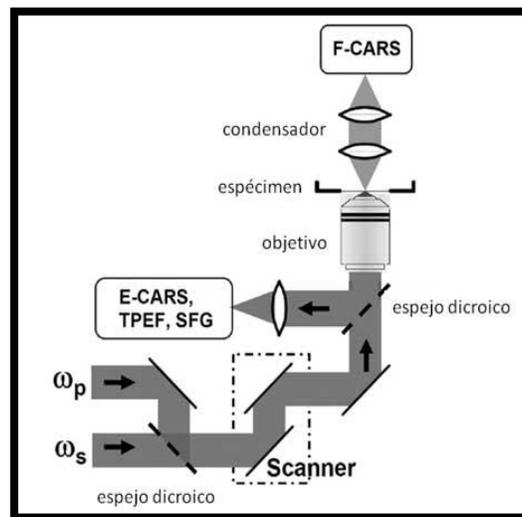
Debido a que es posible penetrar fácilmente en la muestra, el microscopio confocal logra imágenes en diferentes planos focales que luego pueden ser procesados digitalmente para reproducir una imagen tridimensional del material observado. Mediante el empleo de longitudes de onda cercanas al espectro infra-rojo, se tiene un mayor poder de penetración en la muestra de alrededor 0.3mm, permitiendo la obtención de imágenes en muestras gruesas de tejidos.

Los primeros experimentos en microscopía con el método CARS se iniciaron en la década de 1980 por Duncan y colaboradores (Duncan, Reintjes, y Manuccia, 1982). En el año 1999 Xie y colaboradores

revivieron esta técnica microscópica (Zumbusch, Holtom, Xie, 1999) y desde entonces numerosos avances se han logrado combinando varias técnicas.

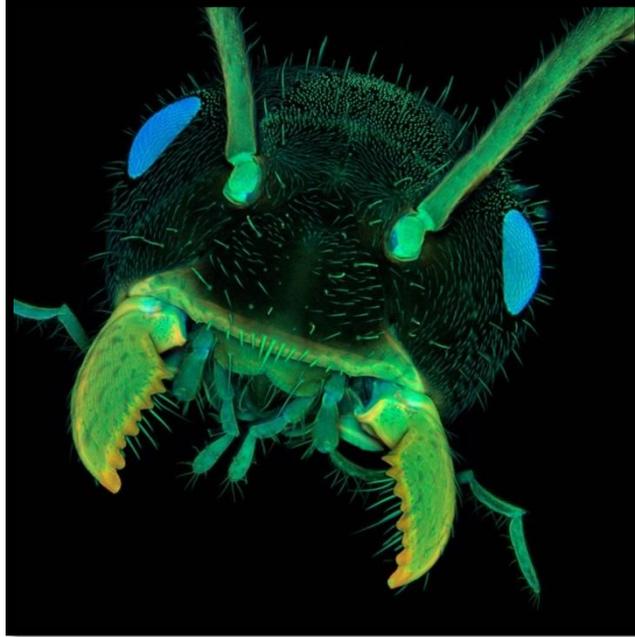
De manera simplificada se puede decir que se trata de un microscopio de barrido que emplea rayos láser y está diseñado con la combinación de tres técnicas: Fluorescencia con iluminación de dos fotones. Frecuencia de suma (SFG: Sum Frequency Generation): Generación de una luz cuya frecuencia es la suma de otras dos frecuencias. Y Óptica no lineal (NLO) basada en CARS (Coherent Anti-Stokes Raman Scattering): Se logra con láser de alta intensidad y emitido en pulsaciones de alta frecuencia el cual al pasar por un medio transparente produce cambios en la frecuencia de la luz.

En la figura A.12 puede verse un esquema simplificado del microscopio de barrido láser CARS que permite la formación de imágenes mediante la combinación de CARS, fluorescencia de dos fotones (TPEF) y generación de frecuencia de suma (SFG). Se emplean dos rayos láser de pulso sincronizado ( $\omega_p - \omega_s$ ). (Cheng, 2007; Zumbusch, Holtom, y Xie, 1999; Boyde, 1985; Duncan, Reintjes, y Manuccia, 1982).



**Figura A.12: Esquema simplificado del microscopio de barrido láser CARS Fotografía obtenida de (Cheng J., 2007)**

En la figura A.13 se pueden observar una cabeza de artrópodo obtenida con un microscopio confocal.



**Figura A.13: Fotografía de cabeza de artrópodo obtenida con un microscopio Con focal. Fotografía obtenida de <https://microscopyu.com>**

# Bibliografía

---

B

## Bibliografía

Alberts B., Bray D., Lewis J., Raff M., Roberts K., Watson J.D. (1989). *Molecular Biology of the Cell*, Second edition. New York, USA: Garland Publishing.

Alfaro Ferreres, L., García Rojo, M., Puras Gil, A. (2002). *Manual de Telepatología*. Pamplona: Society of Pathology, 205(16). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.conganat.org/seap/telepatologia/manual.htm>

Alfaro L., Roca M. J., Catala P. (2013). Virtual microscopy with Google-Earth: a step in the way for compatibility *Diagn Pathol*. 2013; 8(Suppl 1): S11. Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3849394/>

Aperio Digital Pathology Solutions (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.leicabiosystems.com>

Appleton, B., Bradley, A. P. y Wildermoth M. (2005). Towards Optimal Image Stitching for Virtual Microscopy. *Proceedings of the Digital Imaging Computing: Techniques and Applications (DICTA 2005)*

Armstrong Moor E. (2012) A 'Google Earth' approach to researching cells. Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.cnet.com/uk/news/a-google-earth-approach-to-researching-cells/>

Asimov, I. (1997). *Historia de la Ciencia II*. Argentina: Ed. Salvat.

Atlas de Histología (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.atlasdehistologia.com.ar/fotografias.html>

Atlas Histológico Interactivo (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.ujaen.es/investiga/atlas/>

AxioVision. (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: [http://www.zeiss.com/microscopy/en\\_us/products/microscope-software/axiovision-for-biology.html](http://www.zeiss.com/microscopy/en_us/products/microscope-software/axiovision-for-biology.html)

Bacus Laboratories (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: [www.bloomberg.com/](http://www.bloomberg.com/)

Biolucida (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.mbfbioscience.com/biolucida>

Boyde, A. (1985). Stereoscopic Images in Confocal (Tandem Scanning) Microscopy. *Science*, 230(4731), 1270-1272.

Bradley, A.P., Wildermoth, M., Mills, P. (2005). Virtual Microscopy with Extended Depth of Field. *Proceedings of the Digital Imaging Computing: Techniques and Applications (DICTA 2005)*.

Brian Mattmiller (2014). Med tech: New imaging invention a „Google Earth for microscopy” Recuperado en Febrero 2016 de: <https://morgridge.org/newsarticle/med-tech-new-imaging-invention-a-google-earth-for-microscopy/>

BrainMaps. (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: [BrainMaps.org](http://BrainMaps.org)

Bueno Garese, E. (2004). Aprendiendo Química en casa. *Revista Eureka sobre Enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 1(1), 45-51.

Case Center (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.3dhistech.com/CaseCenter>

Cafferata, M. T. (2004). Una investigación sobre prácticas de laboratorio de biología en la escuela media. Memorias de VI Jornadas Nacionales I Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología, ADBiA, 260-263.

Çatalyürek, Ü, Beynon, M.D., Chang, C., Kurc, T., Sussman, A., Saltz, J. (2003). The Virtual Microscope. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, 7(4).

Cheng, J. X. (2007). Coherent anti-Stokes Raman scattering microscopy. Appl. Spectrosc., 61, 197-208.

Comaniciu, D., Chen, W., Meer, P., Foran, D. J. (1999). Multiuser workspaces for remote microscopy in telepathology. IEEE. Computer-Based Medical Systems, 2, 150–155.

Conde, M. AF. (2006). Microscopia virtual: ¿Un cambio en la forma de hacer telepatología? <http://conganat.cs.urjc.es/index.php/conganat/article/viewFile/121/247>

Coolscope VS 'WebSlide (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.nikoninstruments.com/>

Curtis, E., Barnes, N.S. (1995). Biología. Quinta Edición. Madrid, España: Editorial Panamericana.

Dee, FR. (2006). Virtual Microscopy for Comparative Pathology. Toxicologic Pathology, 34:966–967.

Departamento de Sanidad de IES Santo Domingo (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://personales.mundivia.es/mggalvez/>

Deltaoptics. <http://deltaoptics.es/techniques/advanced-fluorescence-microscopy/>

Duncan, M. D., Reintjes, J., Manuccia, T. J. (1982). Scanning coherent anti-Stokes Raman microscope. Opt. Lett. 7(8), 350-352.

Earth API. (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <https://developers.google.com/earth/?hl=en>

ePathViewer (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.leicabiosystems.com>

Felten C., Strauss J., Okada D., Marchevsky A. (1999). Virtual microscopy: High resolution digital photomicrography as a tool for light microscopy simulation. Human Pathology, 30(4), 477–483.

Ferreira, R., Moon, B., Humphries, J., Sussman, A., Saltz, J., Miller, R., Demarzo, A. (1997) The Virtual Microscope. Proceedings of the AMIA Annual Fall Symposium. University of Maryland;

FH-Joanneum, homepage. (s.f). Recuperado en Diciembre 2015 de: <http://www.fhjoanneum>.

Foran, D. J., Comaniciu, D., Meer, P., Goodell, L. A. (2000). Computer-assisted discrimination among malignant lymphomas and leukemia using immunophenotyping, intelligent image repositories, and telemicroscopy. IEEE Trans. Inform. Technol. Biomed., 4, 265–273.

Florida State University (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.fsu.edu/>

García Balién, J. (2012). Digitalización de preparaciones: el primer paso hacia la microscopía virtual. II Curso de Patología Digital Ciudad Real.

García Rojo, M. (2001). Microscopios Virtuales. Aspectos actuales y futuros de la digitalización de preparaciones histológicas y citológicas. IV congreso Virtual Hispanoamericano de Anatomía Patológica.

García Rojo, M., Bueno García, G., González García, J. y Carbajo Vicente, M. (2005). Preparaciones digitales en los servicios de Anatomía Patológica (I). Aspectos básicos de imagen digital. Revista Española de Patología. 38(2): 69-77

Generalitat de Catalunya. (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://web.gencat.cat/es/temes/educacio/>

GenMagic (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.genmagic.net>

Glatz-Krieger, K., Glatz, D., Mihatsch, M.J. (2003). Virtual slides: high-quality demand, physical limitations, and affordability. Hum Pathol. 34(10), 968-74.

González Cámpora, R. (2012). Patología digital en la enseñanza y en la SEAP. Facultad de Medicina de Sevilla Presidente SEAP-IAP.

Google Map API. (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <https://developers.google.com/maps>

Gu, J., Ogilvie, R.W. (2005). Virtual Microscopy and Virtual Slides in Teaching, Diagnosis, and Research. CRC Press 2005. Print ISBN: 978-0-8493-2067-5. eBook ISBN: 978-1-4200-3930-6

Hamamatsu (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.hamamatsu.com/>

Heim, S. (2007). The Resonant Interface: HCI Foundations for Interaction Design. ISBN-13: 978-0321375964.

IScan Image Viewer (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.ventana.com/product/page?view=iscan>

IntelliSite Pathologist Suite (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.philips.co.uk/healthcare/solutions/pathology>

Iowa Virtual Slidebox (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.path.uiowa.edu/virtualslidebox/>

iTunes (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.apple.com/itunes/>

J. Cell Biol. (2012). Virtual Nanoscopy: Like “Google Earth” for Cell Biologists.

Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.newswise.com/articles/virtual-nanoscopy-like-google-earth-for-cell-biologists>

Jisc (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <https://www.jisc.ac.uk/>

Joomla (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <https://www.joomla.org/>

Julian Chen, C. (1993). Introduction to Scanning Tunneling Microscopy. Oxford, UK: Oxford University Press. ISBN 0195071506.

Kumar, R.K., Velan, G.M., Korell, S.O., Kandara, M., de, F.R., Wakefield, D. (2004). Virtual Microscopy for Learning and Assessment in Pathology. Journal of Pathology, 204(5), 613-618.

Leica Aperio (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: [www.leicabiosystems.com/](http://www.leicabiosystems.com/)

Leite, L. y Esteves, E. (2005). Análise crítica de actividades laboratoriais: Um estudo envolvendo estudantes de graduação. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 4(1), 1-19.

Leong, F.J. and McGee, O.D. (2001). Automated Complete Slide Digitization: a medium for simultaneous viewing by multiple pathologists. *Journal of Pathology*, 195(4), 508-514.

Lozano, V. y Morales, A. (1996). *Introducción a la microscopía electrónica*. CONICET: Argentina.

Loyola University Chicago (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.luc.edu/>.

MapTiler. (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.maptiler.com/>

Martone, M.E., Gupta, A., Ellisman, M.H. (2004). E-neuroscience: challenges and triumphs in integrating distributed data from molecules to brains. *Nat Neurosci*, 7, 467–472.

Martorelli, S., Sanz, C.V., Giacomantone, J. y Martorelli, S.R. (2013). *ParasitePics: An Animal Parasitology Image Repository Prototype for Teaching and Learning*. Computer Science & Technology Series. XVIII Argentine Congress of Computer Science Selected Papers, 2013(1), 103-112. ISBN 978-987-1985-20-3.

Martorelli, S. L., Sanz, C. V., Giacomantone, J. y Martorelli, S.R. (2012). *ParasitePics: un prototipo de repositorio de imágenes de Parasitología Animal para la enseñanza y aprendizaje de esta disciplina*. Proceedings del XVIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2012) Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Buenos aires, Argentina. 34-4. ISBN 978-987-1648.

Martorelli, S.R. y Martorelli, S. L. (2010). *Experiencia en el uso de microscopía virtual en la implementación de un curso no presencial sobre patología de crustáceos*. II Jornadas de Intercambio de Experiencias en Educación a Distancia Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Mbf BIOCIENCE (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.mbfbioscience.com/>

Med Uni Graz (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <https://www.uni-graz.at>

Megías Pacheco M., Molist García P. , Pombal, D. (2014) *M.A. Atlas de Histología Vegetal y Animal*. Vigo, España: Departamento de Biología Funcional y Ciencias de la Salud. Facultad de Biología. <http://webs.uvigo.es/mmegias/inicio.html>

Microscopio Virtual (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://personales.mundivia.es/mggalvez/micro1.htm>

Microscopy resource center (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de:

<http://olympus.magnet.fsu.edu/index.html>

Mikula, S., Trotts, I., Stone, J., Jones, E. (2007). Internet-enabled high-resolution brain mapping and virtual microscopy. *NeuroImage*, 35, 9-15.

Mobile Pathology Tool [http://www.3dhistech.com/ipad\\_viewer](http://www.3dhistech.com/ipad_viewer)

Molecular Expressions (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://micro.magnet.fsu.edu/primer/virtual/virtual.html>.

Montalvo Arenas C. E. (2010). Microscopía. [http://www.facmed.unam.mx/deptos/biocetis/PDF/Portal%20de%20Recursos%20en%20Linea/Apuntes/2\\_microscopia.pdf](http://www.facmed.unam.mx/deptos/biocetis/PDF/Portal%20de%20Recursos%20en%20Linea/Apuntes/2_microscopia.pdf)

MySQL (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <https://www.mysql.com/>

NanoZooner (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.hamamatsu.com/us/en/community/nanozoomer/index.html>.

Narváez Armas, D. (s.f). La microscopía: Herramienta para estudiar células y tejidos. Recuperado en Febrero 2016 de: [http://www.medic.ula.ve/histologia/anexos/microscopweb/MONOWEB/capitulo4\\_8.htm](http://www.medic.ula.ve/histologia/anexos/microscopweb/MONOWEB/capitulo4_8.htm)

NDP. VIEW2 (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.hamamatsu.com/jp/en/U12388-01.html>

Net Image Server SQL Virtual Slide Microscopy (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de:

<http://www.olympus-lifescience.com/en/microscopes/virtual/vs120/net-image-server-sql/>

North B. M. (2008). Joomla! - Guia do Operador - Construindo um bem sucedido site Joomla! Alta Books, Rio de Janeiro.

NYU School of Medicine, Virtual Microscope. (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: [education.med.nyu.edu/virtualmicroscope/](http://education.med.nyu.edu/virtualmicroscope/)

Oliva, J. M., Matos, J., Bueno, E., Bonat, M., Domínguez, J, Vázquez, A., Acevedo, J. (2004). Las Exposiciones científicas escolares y su contribución en el ámbito afectivo de los alumnos participantes. Enseñanza de las Ciencias, 22(3), 425–440.

Olguín C. J. M., Schmitt M. F., Brancalhão R. M. C y de Lima B. (2013). Virtual Microscope of histology. Development of a Web System for display of Microscopic Images: Initial Results.

Recuperado en Febrero 2016 de <http://projetos.unioeste.br/projetos/microscopio/>

Olsson, S., Busch, C. (1995). A national telepathology trial in Sweden: Feasibility and assessment. Arch. Anat. Cytol. Pathol., 43, 234–241, 1995.

Olympus America (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.olympusamerica.com/>

Olyvia (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de:

<http://www.olympuslifescience.com/en/support/downloads/#!dlOpen=%23detail847249644>

Panoramic Viewer (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: [http://www.3dhitech.com/panoramic\\_viewer](http://www.3dhitech.com/panoramic_viewer)

3dhitech (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.3dhitech.com/>

Parker, G. H., Anthony Van Leeuwenhoek and his Microscopes. The Scientific Monthly, 37(5) 434-441.

Prácticas de laboratorio 1 (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.genmagic.net/fisica/pl1c.swf>

Pathonet Digital Slide Server (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: [http://www.pathonet.org/exam module](http://www.pathonet.org/exam_module).

Philips (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.philips.co.uk/>

Poblet Martínez, E., Alfaro Ferreres, L., Pascual Martín, A., Reyes Casado, Y. (2003). Telepatología estática revista española de patología, 36(3).

Pozo, J.I. y Gómez Crespo, M.A. (1998). Aprender y enseñar Ciencia. Madrid: Ediciones Morata

Radl, E.M. (1988). Historia de las teorías biológicas (II) Hasta el Siglo XIX. Alianza Universidad.

Rehatschek, H., Hye, F. (2011). The introduction of a new virtual microscope into the eLearning platform of the Medical University of Graz. International Journal of Online Engineering (iJoe), 7(4), 36-41.

Roche (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.roche.com/index.htm>

Rockefeller University Press. (2012). "Virtual nanoscopy: Like 'Google Earth' for cell biologists." Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.newswise.com/articles/virtual-nanoscopy-like-google-earth-for-cell-biologists>

ScienceDaily. ScienceDaily". Recuperado en Febrero 2016 de: [www.sciencedaily.com/releases/2012/08/120806125921.htm](http://www.sciencedaily.com/releases/2012/08/120806125921.htm).

Romer D., Suster S. (2003). Use of virtual microscopy for didactic live-audience presentation in anatomic pathology. Annals of Diagnostic Pathology, 7(1), 67–72.

Romer, D.J., Yearsley, K.H. and Ayers, L.W. (2003). Using a Modified Standard Microscope to Generate Virtual Slides. The Anatomical Record, 272B, 91-97.

Soenksen, D.G. (2004), Fully Automatic Rapid Microscope Slide Scanning. US Patent 6,711,283.

Solomon, E.P.; Berg, L.R.; Martín, D.W.; Vilee, C.. (1996). Biología de Vilee. 3ª Edición. McGraw-Interamericana-Hill.

Steinberg, D.M., Ali, S.Z. (2001). Application of Virtual Microscopy in Clinical Cytopathology. Diagnostic Cytopathology, 25(6), 389-396.

Themza, (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: [themza.com](http://themza.com)

The Open University (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.open.ac.uk/>

The Open Science Laboratory (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.open.ac.uk/researchprojects/open-science/>

The University of IOWA (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.uiowa.edu/>

Treanor, D. (2009). Virtual slides: an introduction. Diagnostic Histopathology 15(2) 99-103

Treanor, D., Waterhouse, M., Lewis F., y Quirke, P. (2007). A virtual slide library for histopathology. J Pathol. 213 (S1): S33

Treanor, D. y Quirke, P. (2007). The virtual slide and conventional microscope - a direct comparison of their diagnostic efficiency. J Pathol. 213(S1):7A

UD Virtual Compound Microscope (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.udel.edu/biology/ketcham/microscope/scope.html>

Unioeste (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.unioeste.br/portal/>

Universidad de Buenos Aires (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.uba.ar/>

Universidad de Jaén (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www10.ujaen.es/>

University of California Davis (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <https://www.ucdavis.edu/>

University of Delaware (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.udel.edu/>

Ventana iScan Coreo Au (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.ventana.com/product/page?view=iscan>

Vilches, A., Arguto, T. , Cavazza, C. , Díaz Cuenca, D. , Legarralde, T. ,Darrigran, G. (2009). Taller de microscopía y laboratorio: experiencia de intercambio entre tres instituciones educativas. II

Virtual Histology (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.meddean.luc.edu/lumen/MedEd/Histo/virtualhistology.htm>

Virtual Microscope for Earth Sciences Project (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.virtualmicroscope.org/>

Virtual microcopy interactive tutorials. (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://olympus.magnet.fsu.edu/primer/virtual/virtual.html>

Wang, J. Z., Nguyen, J., Lo, K.-K., Law, C., Regula, D. (1999). Multiresolution browsing of pathology images using wavelets. AMIA Annual Fall Symposium, 1999, 340–344.

WebMic (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://artsandsciences.sc.edu/technology/webmic>

Weinstein, M., Epstein, J. I. (1997). Telepathology diagnosis of prostate needle biopsies. *Human Pathol.*, 28(1), 22–29.

Weinstein, R. S., Bhattacharyya, A., Graham, A. R., Davis, J. R. (1997). Telepathology: A ten-year progress report. *Human Pathol.*, 28(1), 1–7.

Wetzel, A. W., Andrews, P. L., Becich, M. J., Gilbertson, J. (1997). Computational aspects of pathology image classification and retrieval. *J. Supercomput.*, 11, 279–293.

Zañartu Correa, L. M. (2003). Aprendizaje colaborativo: una nueva forma de Diálogo Interpersonal y en Red. *Revista Digital De Educación Y Nuevas Tecnologías – Contexto Educativo*. <http://contexto-educativo.com.ar>.

Zeiss (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.zeiss.com/>

Zoomify (s.f). Recuperado en Febrero 2016 de: <http://www.zoomify.com/>

Zumbusch, A., Holtom, G. R., Xie, X. S. (1999). Three-dimensional vibrational imaging by coherent anti-Stokes Raman scattering. *Phys. Rev. Lett.*, 82, 4142-4145.