

Repositorio digital de microfografías electrónicas: Una herramienta para la exploración y divulgación de micromundos ocultos

Cecilia Aymar  Gallardo¹, Luciano José Mart nez², Manuel Si neriz³, Virginia Helena Albarrac n⁴

¹ Técnica Universitaria en Fotografía por la Facultad de Artes de la Universidad Nacional de Tucumán. Abogada por la Facultad de Derecho de la Universidad Nacional de Tucumán. Técnica asociada de la Carrera del Personal de Apoyo a la Investigación del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), con lugar de trabajo en el Centro de Investigaciones y Servicios en Microscopía Electrónica (CISME) CONICET UNT. Coordinadora de ReD-CISME. Correo: cime.com@tucuman-conicet.gov.ar

² Farmacéutico y Bioquímico por la Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia de la Universidad Nacional de Tucumán. Profesional adjunto de la Carrera del Personal de Apoyo a la Investigación de CONICET, con lugar de trabajo en CISME. Responsable técnico CISME. Correo: cime.meb@tucuman-conicet.gov.ar

³ Biólogo y Doctor en Bioquímica por la Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Profesional adjunto de la Carrera del Personal de Apoyo a la Investigación de CONICET, con lugar de trabajo en CISME. Correo: cime.met@tucuman-conicet.gov.ar

⁴ Bióloga, Doctora en Bioquímica, Microbióloga Molecular, Investigadora Independiente CONICET, Directora Centro de Investigaciones y Servicios Microscopía Electrónica (UNT-CONICET), JTP Catedra de Biología Molecular Fac. De Ciencias Naturales e IML, UNT. Profesora Titular Catedra de Biología Molecular e Ingeniería Genética, Instituto de Salud y Calidad de Vida, Universidad de San Pablo-T. Correo: cime@tucuman-conicet.gov.ar

Resumen

Introducción: Con el fin de realizar una descripción sistemática se propone digitalizar y curar el acervo de microfografías obtenidas por microscopía electrónica que conserva la institución a fin de constituir un catálogo de datos micrográficos para la educación y divulgación científicas. **Metodología:** Consiste en organizar y realizar la conversión analógica-digital de la colección de acuerdo a lo siguiente: i) desarrollo de protocolos para la digitalización; ii) descripción de la colección conforme estándares internacionales; iii) diseño de sistema de almacenamiento; iv) maquetado, diseño y puesta en línea de una plataforma virtual; v) descripción de las microfografías en dicha plataforma. **Resultados:** El principal producto que genera la institución son microfografías obtenidas con microscopios electrónicos de transmisión y barrido y, reunido el acervo, se contabilizan 40.000 microfografías nativas analógicas y 27.700 digitales, habiéndose digitalizado, al momento, el 30,5% del

mismo. El material a catalogar es totalmente diverso dentro de las ciencias donde un 20 % corresponde a biopsias renales y de piel, 57,6% a material biológico en general y el resto a muestras no biológicas. Se encuentra en desarrollo y diagramación la plataforma web con diferentes sistemas de acceso. **Conclusiones:** La concreción de este repositorio se erige como pionero en el área ya que es el primero especializado en micrografías dentro de la región. Su puesta a disposición en línea permitirá un acceso programado a un recurso valioso para la educación y divulgación científica.

Abstract

Introduction: In order to carry out a systematic description, it is proposed to digitize and cure the collection of micrographs obtained by electronic microscopy that the institution conserves in order to constitute a catalog of micrographic data for scientific education and divulgation. **Methodology:** Consists of organizing and carrying out the analog-digital conversion of the collection according to the following: i) development of protocols for digitization; ii) description of the collection according to international standards; iii) storage system design; iv) layout, design and putting online a virtual platform; v) description of the micrographs in this platform. **Results:** The main product generated by the institution are micrographs obtained with transmission and scanning electron microscopes and, gathering the collection, 40,000 native analog micrographs and 27,700 digital micrographs were recorded, 30.5% of which were digitized at the time. The material to be catalogued is totally diverse within the sciences where 20% corresponds to kidney and skin biopsies, 57.6% to other type of biological material and the rest to non-biological samples. The web platform with different access systems is under construction. **Conclusions:** The concretion of this repository stands as a pioneer in the area since it is the first specialized in micrographs within the region. Its availability online will allow scheduled access to a valuable resource for education and scientific dissemination.

Palabras clave: Repositorio – micrografías – microscopía electrónica

Objetivos

El proyecto de repositorio digital del Centro de Investigaciones y Servicios en Microscopía Electrónica (CISME) se propone organizar, digitalizar y catalogar el acervo de micrografías obtenidas por microscopía electrónica, tanto de transmisión como de barrido para generar un catálogo de datos microscópicos para su uso con fines educativos, de investigación y divulgación científica.

Los objetivos específicos son:

- Reunir, preservar y difundir la producción micrográfica de la institución.

- Aumentar la visibilidad de la producción científica y datos recolectados de las instituciones implicadas.
- Poner a disposición recursos científicos y educativos de alto valor a toda la comunidad interesada.
- Conectar el repositorio digital institucional en bases de datos regionales, nacionales y latinoamericanos.

Fundamentación

El Centro de Investigaciones y Servicios en Microscopía Electrónica (CISME) –dependiente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas y la Universidad Nacional de Tucumán- presta servicios consistentes en la visualización y análisis de muestras a elevadas magnificaciones y altas resoluciones con microscopios electrónicos de transmisión y barrido y sus principales resultados, las imágenes registro de ese análisis, son denominadas micrografías.

La microscopía electrónica permite observar especímenes a altos aumentos, superando ampliamente la capacidad visual del ojo humano y de los microscopios ópticos. Para la formación de la imagen utiliza un haz de electrones, con longitud de onda más pequeña que un haz de fotones, por lo cual puede llegar a grandes resoluciones. En la microscopía electrónica de barrido (MEB), ese haz de electrones, al hacer un recorrido por la superficie de la muestra brinda una señal que permitirá visualizarla con un gran nivel de detalle y profundidad de campo. Las imágenes obtenidas por microscopía electrónica de transmisión, en cambio, muestran la estructura interna de la muestra, es decir, la ultraestructura. Estas tecnologías permiten magnificaciones de entre 1.000.000 a 10.000.000X.

El Centro cuenta con cuatro microscopios electrónicos, de los cuales dos obtienen imágenes de manera analógica: el microscopio electrónico de barrido Jeol 35CF y el microscopio electrónico de transmisión Zeiss EM109. En los últimos años se han incorporado dos microscopios de última generación -el microscopio electrónico de barrido Zeiss SUPRA 55VP y el microscopio electrónico de transmisión Zeiss Libra 120, único en el país-, que han posibilitado un gran salto de calidad tecnológica en cuanto a calidad de imagen, resolución y aumentos alcanzados.

Este archivo de imágenes, que denominamos micrografías por ser las que se obtienen de objetos no visibles a simple vista mediante la ayuda de instrumentos ópticos o electrónicos como lupas y microscopios (Langford, 1977), conforman un patrimonio científico y educativo que requiere de su conservación y custodia. Para ello, se requiere, el diseño de estrategias de gestión de imágenes y difusión que permitan su perdurabilidad en el tiempo, su reutilización por las nuevas generaciones y, en su caso, la generación de valor agregado.

Es reconocida la importancia que revisten los repositorios digitales institucionales en tópicos como unidad, libre acceso de contenidos, preservación, divulgación de la obra, interoperatividad, etc. En Argentina, dicha importancia ha

sido consagrada legislativamente, a través de la sanción de la Ley 26899 del año 2013 que establece que las instituciones del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, que reciban financiamiento del Estado Nacional, deben crear repositorios digitales institucionales de acceso abierto y gratuito en los que se depositará la producción científico-tecnológica nacional.

En ese contexto, es que nuestro grupo lleva adelante una serie de tareas y procedimientos dirigidos a instrumentar el Repositorio Digital de Micrográficas de nuestro Centro de Investigaciones y Servicios (ReD-CISME). La creación del mismo fue aprobada por decisión del Consejo Directivo del Centro Científico Tecnológico CONICET Tucumán en fecha 23 de febrero de 2016, quedando a cargo de la coordinación del mismo la encargada del área Fotografía y Comunicación del Centro, gestora del proyecto, la Técnica en Fotografía Cecilia Gallardo, bajo la dirección de la responsable científica del centro e investigadora Dra. Virginia Helena Albarracín.

Metodología

Para la conformación del repositorio digital de micrográficas electrónicas se organizó y digitalizó la colección fotomicrográfica del Centro consistente en ca. 60.000 imágenes que constituyen el repositorio que llamamos ReD-CISME obtenidas por el uso de microscopios electrónicos propios: MEB Jeol 35CF y Zeiss SUPRA 55VP y MET Zeiss EM109 y Zeiss Libra 120, siguiendo protocolos estandarizados para la preparación de muestras (Albarracín et al., 2008; Rasuk et al., 2017; Zannier et al.2019).



Fig. 1 MET Zeiss EM109



Fig. 2 MEB Jeol 35CF



Fig. 3 MEB Zeiss SUPRA



Fig. 4 MET Zeiss LIBRA 120

Se utilizaron las siguientes metodologías:

i) Descripción de la colección conforme estándares de descripción archivística. Para ello fue necesario, en primer lugar, reunir la colección que, si bien pertenecía a una misma institución alojada en un mismo espacio físico, por la división tareas, el tipo de microscopía utilizada para la recolección de los datos, etc. se encontraba dispersa. Por otro lado, se hizo un relevo de la cantidad exacta de elementos con los que cuenta el archivo ya que esto determina las estrategias de resguardo a implementar, las posibilidades reales en cuanto a recursos, personal y equipo con el que se cuenta. Para ello, es preciso realizar un inventario de la totalidad del acervo, estableciéndose la cantidad de piezas que se deberán procesar en las diferentes áreas: Digitalización, catalogación, archivo y catálogo online.

Cada elemento digital (nativo y digitalizado con posterioridad a la captura) recibe un número de inventario único y progresivo al que se antepondrá la sigla CISME. Se prevé el posible crecimiento del acervo, asignándose un número de dígitos acorde a ello. Se consideran siete dígitos.

ReD-CISME adhiere a las Directrices del Sistema Nacional de Repositorios Digitales, por lo tanto, para el manejo de metadatos, utiliza las características y semántica del esquema Dublin Core Simple, con los campos básicos recomendados y algunos específicos para el repositorio (LA Referencia, 2018).

Así, los campos establecidos son los siguientes:

- Número de inventario
- Ubicación. Se consigna si el archivo se encuentra en el repositorio general o forma parte de algún catálogo especial como CATMED, por ejemplo.
- Tipo de microscopio. Se señala si corresponde a MET, MEB u otro.
- Título de la imagen. A través de la denominación de la imagen se deberá expresar una idea sintética de lo que se observa en la imagen que será útil al usuario al momento de la búsqueda y recuperación del archivo.
- Resolución
- Autor.
- Descripción
- Licencia.
- Materia. Se establece a qué categoría científica pertenece el objeto digital. Así, hasta el momento, la categorización se ha establecido en las siguientes grandes áreas: Ciencias de la vida, ciencias de la tierra, ciencia de los materiales, nanopartículas/nanotubos y aleaciones. A su vez, cada una contempla subcategorías. Por ejemplo, dentro de ciencias de la vida encontramos virus y procariontas, las cuales a su vez absorben otras subcategorías.
- Fecha de captura, es decir de recolección del dato.
- Tipo. Se establece si el dato pertenece a algún tipo de trabajo en particular: tesis doctoral, trabajo de investigación, artículo, capítulo de libro, libro, etc.
- Editor, en el caso que correspondiera.
- Colaborador.
- Formato.
- Identificador o DOI (Digital Object Identifier)
- Fuente. Se utiliza para relacionar un objeto que es parte de un recurso mayor. Por ejemplo, cuando varias imágenes pertenecen a una misma muestra.
- Leguaje
- Relación. Utilizada para relacionar a distintas versiones de un mismo objeto.

ii) Desarrollo de protocolos de digitalización de calidad de los originales físicos y nativos digitales. Para el primer caso, el Centro cuenta con escáneres planos de negativos de última generación –Epson Perfection V600 photo- que permiten positivar imágenes en el formato de origen -120mm- rescatando escala tonal y contraste de las micrografías blanco y negro características de la microscopía

electrónica. Optamos por digitalizar las microfografías en formato TIFF, a 16 bits, en una resolución de 300 pixeles por pulgada, con un tamaño estándar de 2000 x 3000 pixeles. Igual protocolo se emplea para la digitalización en el segundo caso, es decir, para las microfografías nativas digitales.

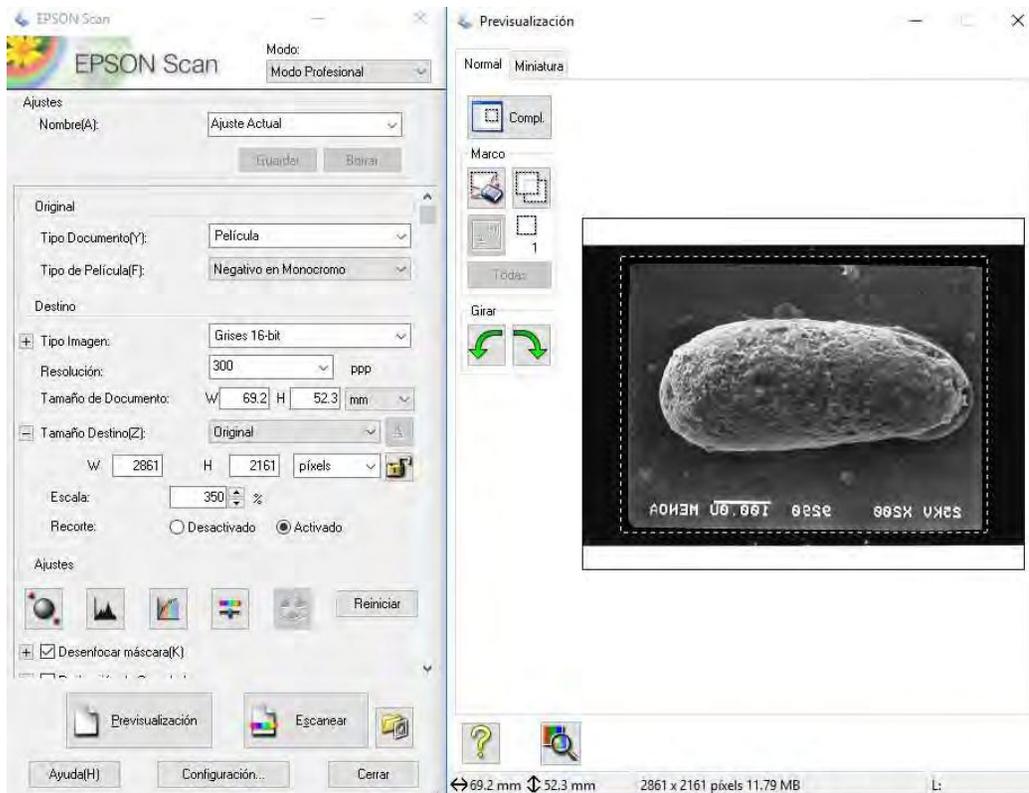


Fig. 5. Vista del software Epson Scan utilizado para el escaneo de películas negativas.

iii) Diseño de sistema de almacenamiento eficaz. Por el volumen de datos que se espera manejar, se ha desarrollado un sistema de almacenamiento que permita, por un lado, repartir las cargas en diferentes equipos, y por otro que facilite la protección de los datos almacenados, evitando sobre todo el almacenamiento en “equipo de trabajo”. Se dispone de doble *back up* en discos rígidos externos, clasificados por materia y fecha, con diferentes localizaciones. Asimismo, se prevé la contratación de un servidor propio con servicio de *back up*.

v) Diseño y puesta en línea de una plataforma web que permitirá el libre acceso de la información según las normas vigentes de propiedad intelectual: Se encuentra en

desarrollo OPEM (*Online Platform for Electron Microscopy Services and Micrographs*) que prevé la puesta en línea del repositorio institucional pero además permitirá ofrecer los servicios de microscopía electrónica del Centro en todo el mundo mediante una plataforma en línea que procesará los pedidos, ayudará a entregar las muestras y proporcionará las micrografías al usuario. Como servicio adicional, la plataforma funcionará como banco de micrografías a demanda para entregar diferentes tipos de productos al usuario solo interesado en la imagen, sin la posibilidad de enviar la muestra.

vi) Generación de catálogos temáticos y descripción de las micrografías con información científica-técnica. En este sentido, se ha desarrollado “CADMED, Catálogo de micrografías electrónicas como recurso para la educación médica”. En este catálogo, se describe un sub-set de microfotografías que pueden ser de interés biomédico (microfotografías de biopsias principalmente). Su puesta a disposición en la plataforma web permitirá un acceso programado a un recurso valioso para la educación médica y capacitación continua, especialmente para anatomo-patólogos. La descripción de toda la colección permitirá ir generando nuevos catálogos acorde a la relevancia y caudal.

Resultados

Al momento se cuenta con 40.000 fotografías en soporte flexible y 27700 nativas digitales.



Fig. 5. Micrografía de cabeza de hormiga obtenida por MEB. Microscopio Zeiss EM109 CISME CONICET UNT. Esta es la primera captura de una imagen por MEB realizada en el Centro en fecha 29 de agosto de 1983

Del total, un 20 % corresponde a biopsias renales y de piel, 57,6% a material biológico en general y el resto a muestras no biológicas. Dentro de las muestras biológicas se describen virus, procariotas: bacterias y arqueas, eucariotas: mamíferos, aves, peces, reptiles, anfibios, Cnidarios/Poríferos, hongos, levaduras, protozoos, plantas, algas, organelas, macromoléculas, cabellos, piezas dentarias, cálculos y alimentos. Las no biológicas se corresponden con elementos arqueológicos, minerales, rocas, suelos, sedimentos, nanopartículas, etc.

Fig. 6. Micrografía de biopsia de piel obtenida por MET Microscopio **Zeiss EM109- CISME CONICET UNT.** Fecha de captura 26 de abril 1994.

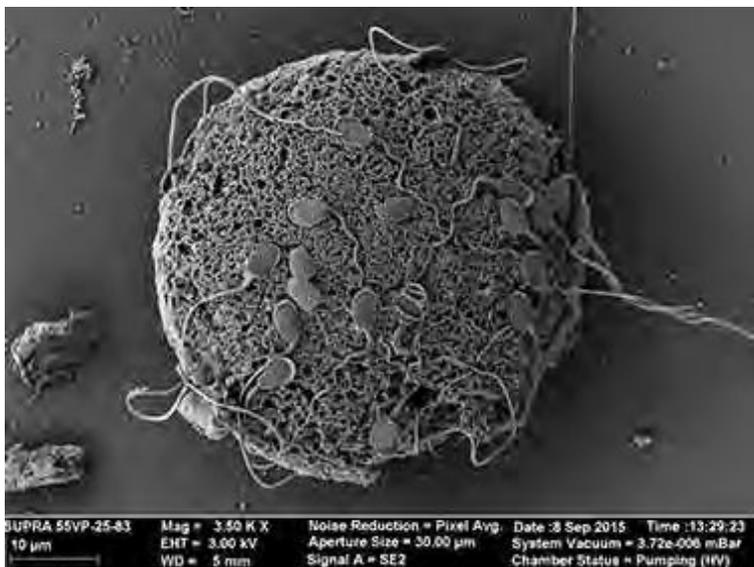
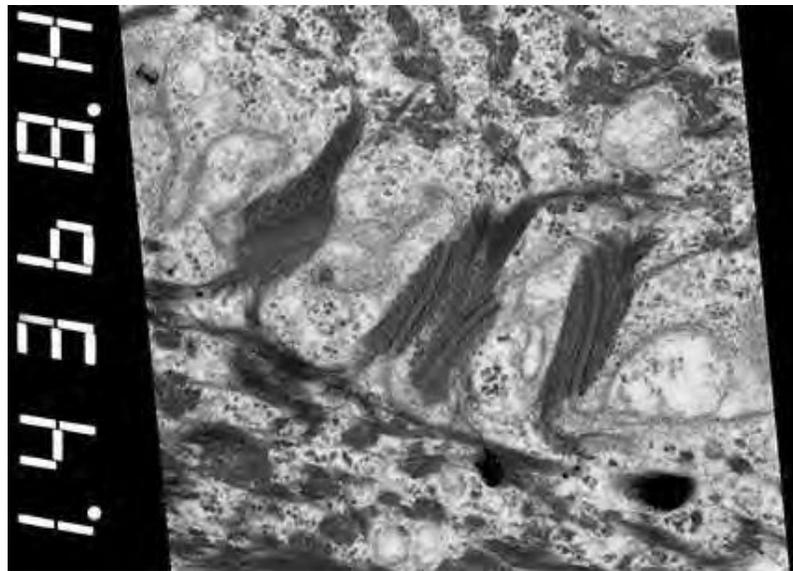


Fig. 7. Imagen de óvulo con espermatozoides de rata obtenida por MEB. Microscopio **ZEISS SUPRA 55VP - CISME CONICET UNT.** Fecha de captura: 8 de septiembre de 2015

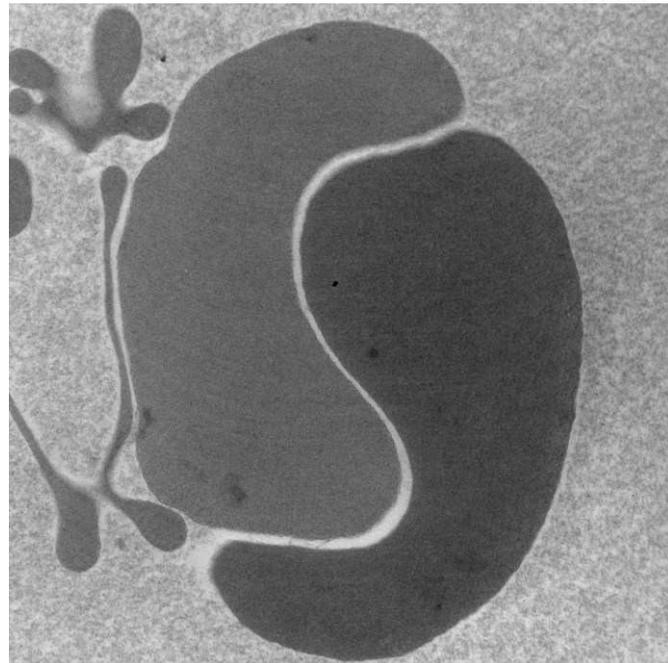


Fig. 8. Micrografía de glóbulos rojos obtenida por MET. Microscopio **Zeiss LIBRA 120 - CISME CONICET UNT.** Fecha captura 17 de septiembre /2018.

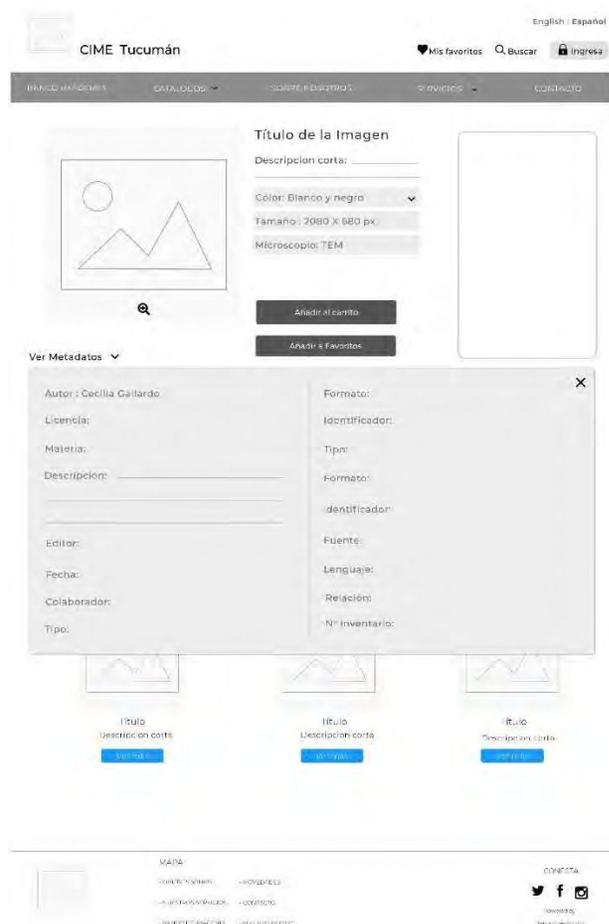
Se digitalizaron y catalogaron 12.200 imágenes en alta calidad (30,5 % del total).



Fig. 9. Vista de película negativa montada en carrete de escaneo.

Para su utilización y visualización se diseñó y desarrolló una plataforma *web responsive* con diferentes sistemas de acceso. La misma es capaz de adaptarse para su visualización en cualquier dispositivo. Presenta un panel *web admin* desde donde se podrán importar en lote las imágenes y administrar los servicios del Centro. Todos aquellos que quieran utilizarla deberán registrarse como usuarios. La página web introduce distintas secciones: a) Un banco de imágenes general, donde se encuentran depositadas las micrografías curadas y algunas catalogadas de forma temática por ejemplo CATMED (Catálogo Micrográfico de Interés Biomédico), b) descripción de servicios disponibles. Se encontrará un despegable que permitirá al usuario elegir qué tipo de servicio requerirá tales como entre los ofrecidos por el centro. (Observación en microscopía electrónica de transmisión y de barrido, preparación de muestras, control pericial, procesamiento de imágenes, etc.) c) información y noticias del Centro

Fig. 10. Captura de pantalla de primera entrega de maquetado de página web.



El banco de imágenes cuenta con un buscador y filtros según especificidad tales como rama del conocimiento (ciencias biológicas y de la salud, ciencias de la tierra y minería, ciencia de los materiales, industria farmacéutica, textil, metalmeccánica, control pericial y ambiental) y origen de la muestra (virus, bacteria, hongos, etc). Para el depósito de las imágenes en el Repositorio se establece autorización previa del titular de la muestra mediante acuerdo firmado o el transcurso del tiempo legal desde la recolección del dato -5 años-, bajo una licencia no exclusiva, irrevocable y universal, que no incluye derechos de explotación comercial. El usuario del Repositorio Digital podrá descargar las imágenes de manera gratuita, previo *login* como usuario. El registro de los usuarios permitirá realizar análisis estadísticos a posteriori.

El CISME es un centro de investigación y servicios que depende administrativa y financieramente de la Universidad Nacional de Tucumán y del CONICET. Para la concreción del proyecto ReD-CISME se cuenta con subsidios especiales otorgados por: i) el Superior Gobierno de la Provincia de Tucumán, para el diseño, maquetado y puesta en línea de la página web; ii) la Fundación Bunge &

Born y CONICET, para la realización de las actividades de conservación, digitalización, catalogación y la compra de equipamiento y iii) el Consejo Federal de Cultura en el Programa Formación, para llevar a cabo una capacitación en conservación de patrimonio fotográfico y digitalización para el personal involucrado.

Conclusiones

ReD-CISME constituye el primer y más completo repositorio digital de micrografías de la región, siendo un recurso único en su tipo. Su puesta a disposición en línea permitirá, a la comunidad científica, universitaria y al público en general disponer de un valioso recurso para acceder a micromundos ocultos e inadvertidos para el ojo humano.

Referências

Barra Moulain, P. A.; Normas Catalográficas Conaculta; INAH; México; 2005.
Suber P.; Acceso abierto, UAEM, México 2015.

Valdez Marín, J. C.; Conservación de Fotografía histórica y contemporánea. Fundamentos y procedimientos; INAH – CONACULTA; México; 2008.

Valdez Marín, J. C.; Manual ¿Cómo cuidar mis negativos?; INAH – CONACULTA; México; 2000.

Valdez Marín, J. C.; Glosario de términos empleados en conservación fotográfica; INAH – CONACULTA; México; 2001.

Ward, P. La conservación del patrimonio: carrera contra reloj; The Getty Conservation Institute; 2010.

Csillag Pimstein I.; Conservación de Fotografía Patrimonial; Chile; 2000.

Casellas i Serra, L. E.; La gestión archivística de los fondos y colecciones fotográficas, Las Palmas; 2005.

Langford, M.; Manual de técnica fotográfica. Madrid: Hermann Blume ediciones. pp. 335, 330, 1977.

Directrices de LA Referencia, 05 de abril de 2018.

Gallardo, C.A., Martínez LJ, Mazzuco Cánepa M.P.M, Albarracín, V.H. Repositorio del Centro Integral de Microscopía Electrónica. 20° Reunion de Investigadores en Ciencias de la Salud, 2018.



Albarracín, V. H., Winik, B., Kothe, E., Amoroso, M. J., & Abate, C. M. (2008). Copper bioaccumulation by the actinobacterium *Amycolatopsis* sp. AB0. *Journal of basic microbiology*, 48(5), 323-330.

Rasuk, M. C., Ferrer, G. M., Kurth, D., Portero, L. R., Farías, M. E., & Albarracín, V. H. (2017). UV-Resistant Actinobacteria from High-Altitude Andean Lakes: Isolation, Characterization and Antagonistic Activities. *Photochemistry and photobiology*, 93(3), 865-880.

Zannier, F., Portero, L. R., Ordoñez, O. F., Martinez, L. J., Farías, M. E., & Albarracin, V. H. (2019). Polyextremophilic Bacteria from High Altitude Andean Lakes: Arsenic Resistance Profiles and Biofilm Production. *BioMed research international*, 2019.