

Plataforma para Repositorios Digitales 3D de Colecciones Biológicas

Nicolás Jofré, Graciela Rodríguez, Yoselie Alvarado,
Jacqueline Fernandez, and Roberto Guerrero

Laboratorio de Computación Gráfica (LCG)
Universidad Nacional de San Luis,
Ejército de los Andes 950
Tel: 02664 420823, San Luis, Argentina
{npasinetti, gbrodriguez, ymalvarado, jmfer, rag}@unsl.edu.ar

Resumen Las colecciones institucionales son repositorios especializados, siendo esenciales para estudios científicos sobre la biodiversidad de una región y su conservación. Estas requieren el desarrollo de un plan a corto y largo plazo para prevenir daños en la colección. Por lo tanto, es necesario proporcionar mecanismos innovadores para salvaguardar la valiosa información proporcionada por las colecciones y, al mismo tiempo, evitar cualquier posible pérdida de información. En este trabajo se presenta una plataforma informática que incluye un marco de trabajo y una arquitectura, donde a través de la combinación de hardware y software, es posible conformar una colección digital estructurada y organizada de muestras científicas. La plataforma propuesta es validada a través de un caso de estudio surgido entre la *Unidad de Herpetología* y el *Laboratorio de Computación Gráfica*, ambas instituciones pertenecientes a la *Universidad Nacional de San Luis*.

Palabras Claves: Digitalización 3D, Repositorio 3D, Colección Biológica.

1. Introducción

Toda colección es una puerta hacia la investigación y la inspiración de nuevas ideas, fundamentada en una continua investigación de las variables que lo hacen diferente y singular.

Las colecciones universitarias son repositorios especializados de fuerte matriz científica, con recursos humanos altamente formados y compuesto por colecciones de objetos patrimoniales producto de prácticas científicas sistemáticas, obtenidas en trabajos de campo y de laboratorio que constituyen un conjunto de materiales de alto valor científico y cultural. Las colecciones biológicas, en particular, conforman un acervo de información valiosa y un recurso indispensable de conservación de la propia biodiversidad [1].

Una colección puede ser pensada como un modelo de museo o un espacio integral, que tiene entre sus prioridades el servicio público y, en consecuencia, la construcción de su carácter educativo, para lo cual es fundamental la nueva

forma de entender el patrimonio que sirve a la construcción del conocimiento en las instituciones.

Dichas colecciones son de gran utilidad para estudiantes, profesores, investigadores y demás profesionales, convirtiéndolas en centros de estudio científico y social. Estas premisas quedan formalizadas en la declaración de los alcances u objetivos establecidos para todo repositorio [2].

La inmediatez de la valoración social encuentra respuesta en nuestra capacidad de comunicar e informar. En consecuencia, no debe establecerse distinción de carácter electivo entre conservación y comunicación, por el contrario, sólo se conserva en cuanto se comunica. El desarrollo de las nuevas tecnologías de la comunicación y la información (TIC), además de las diferentes iniciativas gubernamentales, están creando nuevos modelos de accesibilidad y usos de los diferentes centros de divulgación científica, sean estos museos, colecciones biológicas o cualquier institución dedicada a aumentar el grado de percepción de la ciencia y la tecnología [3,4,5].

En la actualidad, los avances en el campo de adquisición de información tridimensional son capaces de recrear de manera fidedigna, mediante datos informáticos, una representación fiel de un objeto real. De la misma manera, los avances en el campo de la visualización e interacción de la información tridimensional, utilizando técnicas de Realidad Virtual, Realidad Aumentada o prototipado rápido, están reemplazando la manipulación directa de objetos reales, que pueden ser escasos, valiosos o frágiles [6,7]. Dichos avances asisten y enriquecen la información que, los museos en general y las colecciones biológicas en particular, transmiten a las personas, principales consumidoras de las TIC y centro de la experiencia [8].

Es de importancia, entonces, proteger y conservar el patrimonio científico mediante la conformación de una colección digital estructurada y organizada de muestras científicas, desarrollada según un esquema conceptual predefinido, a los fines de ampliar el potencial didáctico-científico de estos recursos. En este trabajo se describe una plataforma informática para crear repositorios digitales 3D de colecciones científicas.

Este documento está organizado de la siguiente forma: en la sección 2 se introduce de forma breve el concepto de colecciones biológicas. En la sección 3 se detalla cómo está conformada la plataforma. Además de explicar en la sección 4 un caso de estudio en el cual fue utilizada. Por último, en la sección 5 concluimos nuestro trabajo y proponemos algunos trabajos futuros.

2. Colecciones Biológicas

Recolectar objetos es una característica natural de la raza humana. Probablemente, también lo es el impulso de organizar colecciones de una manera “sistemática”. En particular, dentro de la biología la sistematización es uno de los procesos que se utilizan principalmente para describir una especie. Los científicos se basan en lo que se conoce como ejemplares tipo, los cuales constituyen un patrón de referencia. Estos son un instrumento esencial para los taxónomos y un

patrimonio de la ciencia, por lo que deben guardarse en instituciones que garanticen su conservación y sean accesibles a la comunidad científica. Sin embargo, en ocasiones resulta difícil reconocer una especie porque no existe material tipo con el que hacer una comparación. En estos casos, lo aconsejable es rastrear los probables tipos en colecciones históricas, anteriores al siglo XX.

En este contexto, existen los curadores y auxiliares cuyas tareas están relacionadas con las acciones de preservar, conocer y difundir el patrimonio integral, natural y cultural (en todas sus manifestaciones especialmente aquellas que, de manera tangible o intangible, identifican a la institución o a la región entre otros) con los parámetros sobre los que se fundamenta la técnica del coleccionismo, intentando convertirlo en un espacio vivo para la acción cultural [9,10].

Es así que se disponen de *colecciones biológicas*, las cuales son repositorios sistematizados (bien identificados, clasificados y ordenados) que funcionan como representación del patrimonio natural de un país o región y constituyen un archivo histórico de utilidad múltiple, donde la preservación de especímenes y su información asociada sirven como base para estudios taxonómicos, sistemáticos, ecológicos, filogenéticos, biogeográficos, de genética de poblaciones y conservación. La mayoría de estos repositorios se encuentran depositados en museos de ciencia, pero también en universidades, centros de investigación e, incluso, total o parcialmente en colecciones privadas.

El manejo de la información biológica en una colección se representa de tres formas según el método de conservación [11]:

1. *Ejemplares en seco*, divididos en cuatro categorías:
 - Categoría 1. Piel de aves, mamíferos y algunos reptiles, pieles montadas en taxidermia, trofeos, invertebrados montados en alfileres, nidos de aves e insectos y la mayoría de los ejemplares botánicos.
 - Categoría 2. Huesos con excepción de fósiles.
 - Categoría 3. Conchas, conchas de cangrejos.
 - Categoría 4. Piedras, fósiles y minerales.
2. *Ejemplares en líquido*: Animales y plantas, organismos enteros o partes, preparaciones histológicas, enteras o partes y piedras, fósiles, minerales.
3. *Documentación*: Archivos en papel, archivos en película y cinta, archivos electrónicos y moldes.

Las colecciones biológicas se dividen en diferentes tipos en base al método de conservación del ejemplar según su naturaleza (ver fig. 1).

Cualquier colección digital que se precie debe considerar las particularidades de cada tipo de colección. Es de interés el definir un soporte lo suficientemente genérico que permita albergar cualquier tipo de colección.

3. Plataforma

Una plataforma consiste en definir una estrategia computacional que sirva de soporte conceptual a nociones teóricas asociando los modelos digitales con información específica relacionada a los objetos de estudio, de manera que puedan

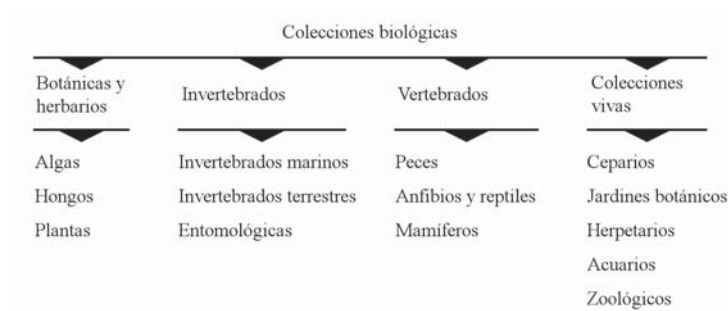


Figura 1: Tipos de colecciones.

ser utilizados para el desarrollo de nuevos trabajos en diferentes ámbitos profesionales. Para tal fin, la plataforma presentada incluye un marco de trabajo, en el cual se basó el software desarrollado. La construcción de una plataforma requiere de una arquitectura de control sobre la cual funcionan las aplicaciones necesarias logrando sistematizar la resolución del problema y su distribución al usuario final. Adicionalmente, como en cualquier plataforma típica, para su funcionamiento se requiere de un sistema operativo, lenguajes de programación, interfaz de usuario, y bibliotecas de uso específico.

3.1. Marco de Trabajo

A partir del dominio problemático planteado en la sección 1, es necesario establecer las directrices para el diseño y desarrollo de la plataforma, permitiendo de esta manera que cumpla con las funciones básicas que hacen al objetivo de la problemática descrita y que pueda reutilizarse para otros dominios.

La plataforma presentada comprende diferentes tareas a tener en cuenta para el desarrollo de una solución las cuales se pueden agrupar en tres grandes etapas. A continuación se presenta una breve descripción de las mismas:

Digitalización 3D del patrimonio. El resultado de esta etapa se verá reflejado en un conjunto de modelos tridimensionales de ejemplares tipo de la colección científica. La misma implica el análisis y definición de parámetros de digitalización de los ejemplares de estudio a partir de sus caracteres particulares.

Las actividades propuestas, de acuerdo a lo definido en trabajos previos [12], implican:

- Adquisición de datos a partir del espécimen, considerando cada región del mismo.
- Procesamiento de datos identificando la información relevante que permita detectar las singularidades de la muestra a digitalizar.
- Generación de modelos 3D construyendo una malla poligonal 3D que representa la superficie del objeto.

- Texturizado del modelo a partir de imágenes de textura de alta resolución.
- Verificación y Corrección manual de los modelos digitales utilizando herramientas de modelado 3D para editar los modelos.

Especificación del esquema conceptual de la colección digital. El resultado de esta etapa será una colección estructurada y organizada de los ejemplares digitales, desarrollada según un esquema conceptual definido para la colección.

Las actividades propuestas implican:

- Una representación simbólica de los ejemplares dentro de un sistema computacional.
- Establecer los ejemplares tipo que reúnen las colecciones analizadas.
- Una solución automática para la organización e interrelación de los datos, así como también, un conjunto de operaciones que se puedan realizar sobre los datos.

Desarrollo de una estrategia para el acceso al contenido de la colección. El resultado de esta etapa es un medio para el acceso y uso de los recursos electrónicos generados en las etapas anteriores, ofreciendo a los usuarios un canal de localización y utilización de los recursos de acuerdo a condiciones preestablecidas.

Las actividades propuestas implican:

- Definición de una licencia que establecerá las condiciones de adquisición mediante un acuerdo de licencia. La licencia debe permitir el uso justo (trato justo, etc.) de toda la información con fines educativos, de enseñanza, no comerciales y de investigación.
- Establecer un punto de acceso a los recursos, de acuerdo a las necesidades de los usuarios, como página web, distribución en DVD, memoria usb, aplicaciones de uso y visualización, entre otros.
- En caso de corresponder, determinar los usuarios autorizados y el método de acceso de los mismos.
- Divulgación del punto de acceso a los usuarios objetivos del recurso electrónico generado.

3.2. Arquitectura

La arquitectura definida para la plataforma presentada fue organizada de acuerdo a lo establecido en [13], donde se consideran tres grandes capas: *Capa de Fuente de Datos*, *Capa de Gestión del Conocimiento*, y finalmente una *Capa de Presentación* que se relaciona con el usuario final.

Considerando las etapas establecidas en el marco de trabajo propuesto y sus correspondientes actividades, en esta subsección se definen tres módulos principales que dan funcionamiento a la plataforma: *Módulo de Digitalización*, *Módulo de Estructuración* y *Módulo de Acceso*.

Debido a que cada uno de los módulos poseen funcionalidades independientes, al momento de procesar una colección científica, es posible paralelizar su ejecución. La Figura 2 ilustra la arquitectura general de la plataforma. A continuación se describirán las principales funcionalidades e interacciones de cada módulo.

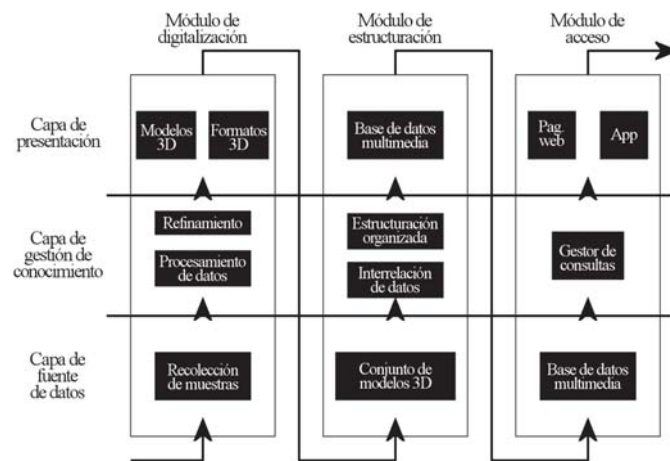


Figura 2: Arquitectura general.

Módulo de Digitalización. Dada una muestra de colección a digitalizar, este módulo inicialmente debe recolectar la información relevante y necesaria para su procesamiento. Una vez procesada toda la información recolectada, en caso de ser necesario, se deben refinar los resultados para lograr una solución lo más aproximada posible a la muestra real. Como tarea final, este módulo proveerá un modelo tridimensional en los formatos indispensables para su correcto uso y portabilidad. La primer columna de la Figura 2 muestra la estructura mencionada para este módulo.

Módulo de Estructuración. A partir del conjunto de modelos 3D obtenidos por el *Módulo de Digitalización*, es necesario procesarlos para definir su interrelación y así determinar una estructuración organizada de los mismos. Para lograrlo se deben tener en cuenta las características relevantes de la colección, el tipo de colección, los ejemplares tipo que la definen, las palabras claves del dominio, entre otros datos. Como se muestra en la segunda columna de la Figura 2 el resultado de este proceso es una *Base de Datos Multimedia*.

Módulo de Acceso. El acceso a la información es un módulo basado en una arquitectura cliente-servidor. Donde la interfaz de usuario será una aplicación cliente (Página Web, App, etc.) que tendrá la tarea de recepcionar las solicitudes del usuario, y gestionar las peticiones necesarias al servidor web (*Gestor de*

Consultas) para dar solución a las necesidades del usuario con el soporte de la *Base de Datos Multimedia*. Para lograrlo el proceso cliente, una vez obtenido el recurso, debe incorporar algún mecanismo que le permita mostrar al usuario el recurso digital solicitado. Dicha visualización deberá tener en cuenta el detalle que se pretende representar para permitir al usuario ocultar o destacar información de los modelos 3D (texturas, polígonos, aristas frontales, aristas traseras, iluminación). La tercera columna de la Figura 2 ilustra el esquema general que debe tener el *Módulo de Acceso* descripto.

4. Caso de estudio

La plataforma propuesta fue validada en un caso de estudio surgido como una labor interdisciplinaria en la cual participaron equipos de trabajo de la *Universidad Nacional de San Luis* pertenecientes a las áreas de la *Unidad de Herpetología* (UH) y el *Laboratorio de Computación Gráfica* (LCG), quienes de manera cooperativa estrecharon lazos de colaboración, para el desarrollo e implementación de nuevas TICs principalmente en Realidad Virtual (RV) y Realidad Aumentada (RA).

En este sentido, el LCG realiza acciones que tienen como objetivo brindar, entre otros, la posibilidad de representar información relevante en forma visual, adaptándola a diferentes problemáticas educativas y de investigación. Por la tanto, la plataforma creada en el LCG, permitirá el **resguardo**, la **visualización** y el **aprovechamiento del potencial pedagógico-didáctico** del patrimonio cultural material e intangible de las distintas áreas, el fomento de la participación de profesionales y finalmente, el desarrollo y utilización de mecanismos computacionales gráficos e innovadores que permitan el acceso a la información en forma funcional y eficiente.

4.1. Unidad de Herpetología

La UH tiene como objetivos: resguardar los ejemplares de anfibios y reptiles, brindar asesoramiento sobre herpetofauna, impulsar la realización de trabajos de investigación en sistemática y biodiversidad, almacenar información digital de los ejemplares y del material bibliográfico, y difundir el conocimiento sobre reptiles y anfibios a través de docencia, capacitación y servicios.

La unidad concentra ejemplares de los especímenes tipo, sitios típicos, material bibliográfico de difícil realización, así como un vasto registro fotográfico, que representa y protege gran parte del patrimonio herpetológico de la región central y patagónica argentina.

Las muestras recolectadas pertenecen a un subconjunto de la colección de ejemplares llamada especímenes tipo, debido a sus características morfológicas (Figura 3).

Una vez determinada la muestra a procesar, se seleccionó la técnica de digitalización a través de fotogrametría, debido a la necesidad de apreciar texturas



Figura 3: Muestras: Especímenes tipo.

en alta calidad, en comparación a los detalles de la malla que es logrado a través del escaneo 3D [12].

Si bien el procesamiento de datos devuelve el modelo tridimensional y texturizado correspondiente al ejemplar de la muestra, fue necesario editar la malla para realizar correcciones particulares como por ejemplo, polígonos aislados, secciones de la malla que no corresponden al espécimen. Por último, se realizó la exportación de los modelos digitales en formatos estándares y portables (.obj y .stl) para ser almacenados en el repositorio online. Las tareas forman parte del **Módulo de Digitalización** descrito anteriormente.

Debido a que el sistema se encuentra en proceso de implementación, cuenta con un **Módulo de Estructuración** base, organizando los modelos digitales respecto a la información básica para su identificación.

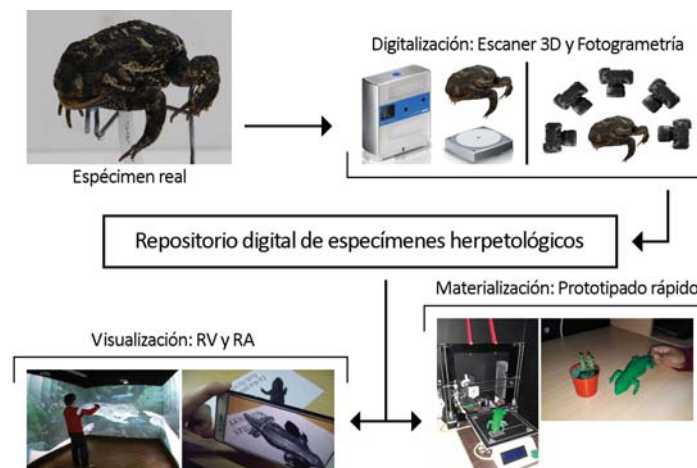


Figura 4: Esquema de creación y divulgación de los modelos tridimensionales de especímenes digitales realizados en este trabajo para la enseñanza y divulgación de la Herpetología.

Finalmente, los especímenes presentes en el repositorio tienen la posibilidad de ser visualizados a través de aplicaciones de RV y RA, como se describió en el **Módulo de Acceso**. Adicionalmente, los modelos pueden ser materializados utilizando impresoras 3D, como se muestra en la figura 4.

5. Conclusiones y Trabajo Futuros

Considerando que la generación de información digital a partir de colecciones tangibles permite preservar los recursos y potenciar su acceso, este trabajo describe una plataforma para crear repositorios digitales 3D de colecciones científicas. El desarrollo hace especial énfasis en las colecciones biológicas.

Con el fin de generalizar los procesos que deben ser llevados a cabo para la creación del repositorio, primeramente se describe un marco de trabajo que define las tareas de la plataforma realizada, para luego detallar los módulos que conforman la arquitectura de la misma. Estos últimos fueron definidos teniendo en cuenta como tareas la *Digitalización* de los recursos tangibles, la *Estructuración* de los datos obtenidos y finalmente la gestión que permite brindar mecanismos de *Acceso* a los recursos digitales. Adicionalmente, se presenta un caso de estudio en proceso, correspondiente a la colección herpetológica de la *Unidad de Herpetología* de la *Universidad Nacional de San Luis*.

La plataforma presentada pretende definir estrategias que permitan replicar lo realizado en otras colecciones y repositorios de valor patrimonial, cultural y social. Para el caso de estudio, el resultado de este trabajo se ve reflejado en un repositorio compuesto por un conjunto de modelos tridimensionales de ejemplares tipo y la disponibilidad de un método sistematizado que será utilizado por el personal de la *Unidad de Herpetología* para la *Digitalización* de futuros recursos. Los modelos fotorrealistas en 3D obtenidos ofrecen nuevas posibilidades para la práctica diaria de la herpetología, protección y conservación de especímenes. Además de ser documentaciones objetivas en 3D, consiguen una conservación fiable del patrimonio herpetológico.

Este trabajo podría ser utilizado como recurso en diversas actividades tales como:

- Actividades de *e-learning*, ya sea en asignaturas curriculares, como cursos de postgrado, brindadas a estudiantes propios o externos.
- Apoyo a asignaturas presenciales, mediante *blended learning*, permitiendo combinar la formación presencial con la formación a través de las TIC, tratando de aprovechar todas las ventajas de éstas en los procesos de aprendizaje presenciales.
- La definición de nuevos instrumentos didácticos a partir de los nuevos recursos disponibles.

Adicionalmente, las configuraciones de acceso permiten romper, por un lado, con las barreras del tiempo, permitiendo acceder mediante visitas online en cualquier momento, y por otro, con la barrera del espacio, brindando el acceso desde cualquier punto del planeta.

Entre los trabajos futuros se encuentran: la definición de herramientas tecnológicas de avanzada que permitan establecer nuevos lineamientos de investigación y estrategias didácticas y la implementación de la metodología con otras colecciones biológicas de la *Universidad Nacional de San Luis*, entre ellas la colección botánica.

Referencias

1. John E Simmons and Yaneth Muñoz-Saba. *Cuidado, manejo y conservación de las colecciones biológicas*. Univesidad Nacional de Colombia, 2005.
2. Marcela Georgina Gómez Zermeño. Bibliotecas digitales: recursos bibliográficos electrónicos en educación básica. *Comunicar: Revista científica iberoamericana de comunicación y educación*, (39):119–128, 2012.
3. David K Yeates, Andreas Zwick, and Alexander S Mikheyev. Museums are biobanks: unlocking the genetic potential of the three billion specimens in the world's biological collections. *Current Opinion in Insect Science*, 18:83 – 88, 2016. Neuroscience * Special Section on Insect phylogenetics.
4. José Saorín, Cecile Meier, Carolina Ruiz Castillo, Jorge Cantero, Dámari Melián Díaz, and Alejandro Bonnet De León. Creación, visualización e impresión 3d de colecciones online de modelos educativos tridimensionales con tecnologías de bajo coste; caso práctico del patrimonio fósil marino de canarias. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 17:89, 12 2016.
5. Guan Wang, Hamid Laga, Ning Xie, Jinyuan Jia, and Hedi Tabia. The shape space of 3d botanical tree models. *ACM Transactions on Graphics*, 37:1–18, 01 2018.
6. Jonathan Lartigue, Tyler Scoville, and Minh Pham. Promoting k-8 learning using oculus rift: Employing virtual reality to increase learning outcomes in elementary biology. In Theo Bastiaens, editor, *Proceedings of E-Learn: World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2014*, pages 1100–1105, New Orleans, LA, USA, October 2014. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
7. S. Keaveney, C. Keogh, L. Gutierrez-Heredia, and E. G. Reynaud. Applications for advanced 3d imaging, modelling, and printing techniques for the biological sciences. In *2016 22nd International Conference on Virtual System Multimedia (VSMM)*, pages 1–8, Oct 2016.
8. Dallen J Timothy. *Cultural heritage and tourism: An introduction*, volume 4. Channel View Publications, 2011.
9. Claude Lavoie. Biological collections in an ever changing world: Herbaria as tools for biogeographical and environmental studies. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 15(1):68 – 76, 2013.
10. D. Bakk and R. Urban. Scientific and social value of biological collections. pages 6–9, 08 2014.
11. Edwin Trujillo Trujillo, A Vargas-Triviño, and Salazar-Fajardo . Clasificación, manejo y conservación de colecciones biológicas: una mirada a su importancia para la biodiversidad. *Momentos de Ciencia*, 11:97–106, 02 2014.
12. Nicolás Jofré, Graciela Rodríguez, Yoselie Alvarado, Jacqueline Fernandez, and Roberto Guerrero. *Evaluating an End-to-End Process for Herpetological Heritage Digital Preservation*. Springer International Publishing, Cham, 2019.
13. Vidalina De Freitas and Guillermo Yáber. Una propuesta de arquitectura para los sistemas informáticos de gestión del conocimiento en instituciones de educación superior. *Espacios*, 36:E2, 03 2015.