

Encuentro
Latinoamericano
eCiencia
2018

Transformación Digital en Instituciones
de Educación Superior,
Ciencia y Cultura

3 al 5
de septiembre de 2018
Cartagena de Indias,
Colombia.

**LIBRO
DE
ACTAS**

LIBRO DE ACTAS
2º ENCUENTRO LATINOAMERICANO
DE
e-CIENCIA

LIBRO DE ACTAS
2º ENCUENTRO LATINOAMERICANO
DE
e-CIENCIA

Centro de Convenciones Las Américas, Cartagena de Indias, Colombia
3 al 5 de septiembre de 2018

Comité de Programa Integrado:

ERNESTO CHINKES

Presidente Honorario, Argentina

LEANDRO GUIMARÃES

Director Adjunto Escuela Superior de Redes, RNP, Brasil

ALONSO CASTRO

Director del Centro de Informática, Universidad de Costa Rica, Costa Rica

FABIÁN LEOTTEAU

Presidente del Comité

Investigador en Artes Visuales, Colombia

LUIS A. NÚÑEZ

Físico, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga - Colombia

ROBERTO FERRO

Decano Facultad de Ingeniería, Universidad Distrital Francisco José Caldas, Colombia

LUIS ALBERTO GUTIÉRREZ DÍAZ DE LEÓN

Coordinador General de Tecnologías de Información

Universidad de Guadalajara, México

Compiladora y Coordinadora General de la publicación:
Marcela Larenas Clerc, RedCLARA.

Edición y Diseño: María José López Pourailly, RedCLARA.

RedCLARA (<http://www.redclara.net>)

Fecha en que se terminó la presente edición: 15-02-2019

ISBN: 978-956-9390-10-4

Copyright de la presente edición:



ACTAS TICAL2018 – Centro de Convenciones Las Américas,
Cartagena de Indias, Colombia

3 al 5 de septiembre de 2018

por [RedCLARA](http://www.redclara.net), se encuentra bajo una Licencia Creative Commons

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0 Unported.

ACTAS

2º ENCUENTRO LATINOAMERICANO DE e-CIENCIA

Centro de Convenciones Las Américas, Cartagena de Indias, Colombia
3 al 5 de septiembre de 2018

Índice

PRESENTACIÓN	11
SESIÓN E-SALUD	15
Experiencias en la implementación y uso de un Sistema e-salud en el CAISE de la ESPOCH	17
Uso de sistemas inteligentes para la predicción de la falla renal aguda	30
SESIÓN IoT Y ECiencia.....	41
OpenSoils: e-Science em Segurança de Solos	42
Plataforma de gestión para MicroGrids	53
Legado digital da viagem de Spix e Martius pelo Brasil: e-ciência, arte e cultura.....	59
SESIÓN CIENCIA CIUDADANA.....	67
AppEAR: una aplicación móvil de ciencia ciudadana para mapear la calidad de los hábitats acuáticos continentales.....	69
Tecnologías de la Información y las Comunicaciones para el Monitoreo Colaborativo, el Análisis y la Coordinación de Acciones para la Restauración de la Calidad de las Aguas Superficiales	84
Cientópolis: Desafíos en la Construcción de Ciencia Abierta y Ciudadana.....	96
Estrategia de educación para la prevención y control del dengue mediante tecnologías móviles	113
SESIÓN APOYO A LA INVESTIGACIÓN II	129
La infraestructura de RICAP en la nube para realizar e-Ciencia en Latinoamérica.....	131
Desarrollo de sistemas de adquisición de datos dentro de la Colaboración LAGO	141
LIneA: Produtos e Interfaces de acesso a dados astronômicos.....	151
Refinamiento de órbitas de Objetos Transnetunianos observados pelo levantamento Dark Energy Survey	158
SESIÓN INFRAESTRUCTURA - APOYO A LA INVESTIGACIÓN	172
Mapeamento de serviços de suporte à e-Ciência	174
SESIÓN CREACIÓN EN LÍNEA.....	184
El documental expandido como estrategia de difusión digital del patrimonio cultural colombiano. Saberes y quehaceres, una experiencia de arte y cultura en red.....	186
Pensar en red: improvisación y providencia en un cuerpo	194
Integración tecnológica en las artes escénicas mediante el uso del software Qlab. Caso; Lucrecia & Judith un espectáculo de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad del Atlántico	207
Modelo de Interacción Recíproca Rastreando y Observando la Red (MirroR).....	214

PRESENTACIÓN

Agradecemos a las directivas de RedCLARA, a RENATA, como red anfitriona del evento en Cartagena de Indias, al proyecto BELLA-T, a todas las redes de tecnologías en América Latina y el Caribe, a los rectores que permiten a sus investigadores desarrollar procesos y procedimientos metodológicos en Ciencias, a todos los investigadores y científicos, a los artistas participantes y a los miembros del Comité de Programa de TICAL2018 y del 2º Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia, quienes contribuyen a la generación de nuevo conocimiento para el beneficio de la región de América Latina y el Caribe.

La importancia del ejercicio colaborativo, a partir del desarrollo de actividades sociales, científicas, de tecnologías avanzadas, del uso de las redes de Internet y redes culturales, apoyadas y de la mano de los procesos de la vida en comunidad, hacen de éste un énfasis muy importante dentro del mundo tecnológico y científico, en la búsqueda de nuevos retos, donde todos reconocen su rol y ejecutan actividades interdisciplinarias de manera incondicional.

Estas acciones de colaboración, donde el talento humano se pone de manifiesto ante su experticia, son las que RedCLARA promueve usando las redes de tecnología de alto rendimiento para el bien de la comunidad.

Cuando las personas trabajan de manera independiente, se fragmentan, pero cuando comienzan a trabajar juntas, descubren la importancia de la colaboración y la gestión en comunidad, del aporte que hace cada uno y de la manera en que todos ganan. Las redes de tecnologías avanzadas son esa autopista de alta velocidad donde trabajamos de manera colaborativa e interdisciplinaria. He ahí el gran reto para todos nosotros.

Los expertos en tecnologías y los científicos de América Latina y el Caribe, desarrollan y contribuyen a las Ciencias de manera significativa. Podemos decir que quienes integramos ese grupo tenemos mucho que aprehender de nuestro pasado y presente para proyectarnos al futuro. Tenemos mucho trabajo por hacer.

La evaluación de los *papers* presentados para TICAL2018 y el 2º Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia, generaron un replanteamiento científico con un valor curricular agregado más amplio, a partir de los resultados de la producción tecnológica y científica en la región. Se pueden medir los índices de valor de la cooperación de cada país y de las redes de tecnología en dicho contexto. En la región debe incrementarse el uso y la transferencia de conocimiento en todas las áreas o líneas de investigación presentadas.

Los trabajos enviados a las convocatorias de la Conferencia TICAL2018 y del 2º Encuentro Latinoamericana de e-Ciencia, presentaban un alto nivel; fue un gran desafío para los Comités Evaluador y de Programa, el seleccionar los mejores *papers* en los ámbitos tecnológico y científico. La región se beneficia con estos dos eventos que, generando un gran aporte, se enfocan en el saber y conocer sobre lo que se está diseñando y ejecutando en cuanto a las nuevas tecnologías y al mundo científico. Sobre todo, debemos resaltar el tema central de ambos eventos: “La transformación digital en las IES de América Latina y el Caribe”, el que buscaba integrar y fomentar el uso de nuevas tecnologías y herramientas en las distintas áreas del conocimiento. Fue, además, un espacio para el acercamiento a las nuevas maneras de observar el mundo de la tecnología y de la ciencia.

Cabe señalar que los proyectos de investigación presentados en las distintas áreas del conocimiento, con su experiencia en el mundo de las ciencias y en las tecnologías, contribuyen al desarrollo de la región; además, debemos reconocer la labor que desarrollan muchos científicos y expertos en tecnologías, todos muy bien capacitados. En nuestra región hay mucho talento generando nuevo conocimiento. Estos eventos permiten medir los avances científicos en cada país, y dilucidar cómo

RedCLARA puede generar y fomentar aún más las ciencias y las tecnologías en América Latina y el Caribe.

Los expertos en tecnologías y los científicos, envían sus *papers* pues desean compartir lo que están desarrollando y construyendo, pero además, encuentran en estas actividades espacio para el reconocimiento, el intercambio y el conocimiento de lo que los colegas están investigando en los temas de actualidad.

Si bien TICAL2018 y el 2º Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia, buscaban reunir a un grupo de expertos en tecnologías y científicos, para identificar la importancia del uso de redes y herramientas tecnológicas, y escuchar y participar de nuevas propuestas, deberíamos preguntarnos ¿cuáles son los aportes de nuevo conocimiento para la región? La respuesta está en los *papers* seleccionados y presentados en las páginas siguientes.

Para TICAL2018 y para el 2º Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia, el fin de intercambiar nuevos conocimientos sobre procesos y procedimientos, el uso de herramientas tecnológicas que se aplican en la ejecución de proyectos de investigación es para aprehender y aplicar los nuevos recursos; es decir, se trata de generar aportes para el bien común de la región. El Comité Científico de Programa está interesado en compartir las metodologías de cómo se llega a la información a través de los sentidos, esto es, por medio de procesos y procedimientos, para que en cualquier oportunidad esa visión se pueda replicar, teniendo en cuenta el derecho de autor y la transferencia de nuevo conocimiento.

De igual manera, el ejercicio científico y artístico articulado con otras disciplinas promueven y fomentan la búsqueda de la generación de nuevas experiencias de conocimiento. Debemos llevar estos nuevos conocimientos hacia una nueva mirada; debemos ser visionarios y reconocer que en América Latina y el Caribe tenemos mucho trabajo por hacer, ese es el gran reto de la transformación en las IES. Deberíamos trabajar mancomunadamente en proyectos de investigación, repensando nuestra región, donde todos aporten y todos ganen.

Por último, y como resultado de lo vivido en Cartagena de Indias en septiembre de 2018, debemos mencionar la creación de la comunidad de eCiencias + eArtes, la que desarrolló su Primer Coloquio para debatir temas en su línea, presentar lo que estamos trabajando en nuestros laboratorios para el beneficio de la región, y para la estructuración de un Plan Estratégico a 2026, buscando la generación de nuevo conocimiento.

En las páginas siguientes los invito a disfrutar de los *papers* seleccionados y presentados en la Conferencia TICAL2018 y el 2º Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia, y así conocer sus contribuciones.

Muchas gracias.

Fabián Leotteau
Presidente Comité Científico

SESIÓN | E-SALUD

Experiencias en la implementación y uso de un Sistema e-salud en el CAISE de la ESPOCH

Byron Ernesto Vaca Barahona^a, Angela Verónica Granizo Rodríguez^b, Alex Alberto Tacuri Uquillas^c,

^a Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Rectorado de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km 1 y ½, 060155 Riobamba, Ecuador
bvaca@epoch.edu.ec

^b Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Salud Pública, Panamericana Sur Km 1 y ½, 060155 Riobamba, Ecuador
agranizo@epoch.edu.ec

^c Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Dirección de Tecnologías de la Información, Panamericana Sur Km 1 y ½, 060155 Riobamba, Ecuador
atacuri@epoch.edu.ec

Resumen. Este trabajo pretende mostrar las experiencias, ventajas y desventajas que se han obtenido en la implantación y uso de un sistema e-salud desarrollado por los autores desde el año 2005 con el objetivo de agilizar la gestión médica - administrativa del Centro de Atención Integral en salud (CAISE) de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). Los materiales que se utilizaron fueron: las historias clínicas y estándares, documentación de trámites, junto con las herramientas de desarrollo Visual Studio .NET, SQL Server 2016 y Sistema Operativo Windows Server. Los resultados obtenidos mostraron que el tiempo que lleva la búsqueda de información dentro de la historia clínica se redujo en un 80%, en la reservación de citas médica disminuyó en un 93.33%, en la localización de información sobre el manejo de enfermedades se mejoró en un 80%, en la obtención de informes de pacientes atendidos se minimizó en un 95%. La reducción en cuanto a la papelería se hizo notable, la disponibilidad del historial clínico se da en cualquier momento, la reducción del espacio físico para su almacenamiento es considerable y la movilización de la misma desaparece. Además se presenta los inconvenientes a los cuales se hicieron frente para lograr tener éxito en la implementación y uso del sistema y futuras soluciones que se harán al sistema.

Palabras Clave: e-Salud, Experiencias en Salud Electrónica.

Eje temático: e-Salud.

1 Introducción

La integración de las ciencias médicas con el desarrollo de las telecomunicaciones y la informática y su aplicación en las diferentes actividades del sector de la salud, hace posible conceptualizar el término de e-Salud. Además, se puede dar cuenta el desarrollo de las telecomunicaciones es muy rápido y naturalmente desaprovechado en extremo, especialmente en salud, donde traería grandes beneficios y ahorraría muchísimo dinero.

La OPS (Organización Panamericana de la Salud) promueve y apoya el uso de Internet como herramienta de comunicación y de acceso a información, ya que permite tener comunicaciones más rápidas y más baratas. Además tener acceso a fuentes locales, o internacionales de información.

En nuestro país existe una falta de cultura informática por parte de los profesionales de la Salud, poca utilización de las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación) y en especial de la herramienta Internet. Esto unido a las barreras de acceso a las TIC identificadas en nuestro país; y a una falta de iniciativa concreta a nivel nacional de integración en los servicios de salud han determinado, entre otros factores, que no puedan llevarse a cabo un desarrollo significativo de la e-Salud en nuestro país.

Las nuevas tecnologías, las reformas casi permanentes, los pacientes y usuarios cada vez más exigentes están cambiando la forma de prestar y recibir la atención de salud, es ahí donde se hace presente la e-salud o salud electrónica con el uso del Internet y la Historia Clínica Electrónica como elementos esenciales para su desarrollo.

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) – Ecuador, a través del Centro de atención integral en salud (CAISE), desea resolver los problemas que impiden brindar a sus pacientes una gestión médica y administrativa de calidad, aplicando conceptos de e-salud.

La finalidad del Centro de atención integral en salud de la ESPOCH, es proporcionar servicios en Medicina General, Ginecología y Odontología a estudiantes, empleados, docentes y trabajadores, además trabaja conjuntamente con el IESS (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social), en caso de necesitar los servicios de esta institución para los pacientes afiliados.

1.1 Problematización

El Centro de atención integral en salud de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo está conformado por Farmacia y Consultorios para la atención en Medicina General, Ginecología y Odontología. Este centro trabaja conjuntamente con el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS). El mismo tuvo como meta en el año 2005 el mejorar su administración junto con la atención médica a sus pacientes y los procesos que realiza como: manejo de la Historia Clínica (creación, consultas, exámenes médicos), reservación de citas, certificados de atención médica, de admisión, pedidos de exámenes, información acerca de los horarios de atención de los médicos, se dan totalmente en forma manual, lo que conlleva a la demora en la atención a los pacientes y una gran pérdida de tiempo y calidad en los servicios.

La ESPOCH poseer una infraestructura tecnológica apropiada, capaz de soportar aplicaciones web que funcionen en la nube, sin embargo no contaba en su momento con una herramienta de apoyo a la Gestión Médica y Administrativa del Centro de atención integral en salud de esta Institución. Es por ello que se realizó un estudio de la Salud Electrónica y el desarrollo de un Sistema e-Salud como vía de solución.

Se identificaron los siguientes síntomas del problema, no se hallaban automatizados los procesos que realiza el CAISE, no existía facilidad de acceso a la información clínica del paciente, no existía una atención ágil para trámites administrativos (certificados de reposo médico, de consulta y de admisión, solicitudes de exámenes, solicitudes de interconsulta, solicitud de exámenes de rayos x y ecsonografía, solicitud de aviso de enfermedad, informe de atención de los pacientes) de los usuarios del Centro de atención integral en salud de la ESPOCH. Además, no existía un servicio de apoyo al ciudadano en el Internet, para orientarle sobre el diagnóstico de enfermedades de acuerdo a cierta sintomatología, no existía un fácil acceso a la información por parte de los usuarios, sobre los servicios de esta dependencia.

Se identificaron las siguientes causas del problema, la falta de equipamiento computacional en este centro, la falta de gestión para actualizar y modernizar los servicios médicos y la falta de financiamiento para realizar las respectivas actualizaciones.

Se identificaron las consecuencias del problema, la atención y seguimiento de los pacientes no era eficiente, la propagación de las enfermedades por falta de prevención era eminente y la demora en la atención a los pacientes y una gran pérdida de tiempo y calidad en los servicios.

2 Sistema e-Salud

Primeramente se realizó una investigación de lo que es una solución e-salud y por tal motivo vamos a analizar que es el término e-salud. El término e-Salud, Salud Electrónica o e-Health, el cual hace referencia a toda la información relacionada con la salud que se transmite de forma electrónica; este concepto define de forma clara a los pacientes del nuevo milenio.

El término e-Salud tiene que ver con la amplia difusión del binomio Internet / Salud. Probablemente se acuñó en 1999 por líderes de la industria y el marketing. Ellos concibieron términos como e-commerce, e-business, e-solution, etc, que hoy día son de uso frecuente. La expresión e-Salud no sólo se refiere a medicina en Internet sino a cualquier aspecto virtual relacionado con ordenadores y medicina.

E-Salud, se puede definir como un “término que nace para describir el uso combinado de las comunicaciones electrónicas y de las tecnologías de la información en el sector de la salud, es decir: es el uso en el sector de la salud de datos digitales, transmitidos, almacenados y recuperados electrónicamente, para propósitos clínicos, educacionales o administrativos, tanto a nivel local como a distancia”.

Algunos de los beneficios que ofrece la e-Salud se presentan a continuación:

Tabla 1. Principales beneficios que brinda la e-salud a pacientes, profesionales de salud y público en general.

PRINCIPIO	DESCRIPCIÓN
Se acortan distancias	No se viajará para la reservación de citas para la atención con el Médico.
Reducción de tiempo de trámites	Los trámites que se realizan en forma manual se lo podrán hacer de forma electrónica.
Informatización de las Consultas	Creación de la Historia Clínica Electrónica y Receta Electrónica para el acceso rápido a la información clínica del paciente y favorecer el intercambio de la información.
Cambio de modelo de relación médico-paciente	Puede o no exigir la presencia física del paciente.
Mejor diagnóstico médico	Discutir con otros especialistas temas de interés mediante consultas vía e-mail.

2.1. Cambios en el rol Médico-Paciente

Un gran número de pacientes está buscando información médica en Internet. El Internet es el que permite la revolución del paciente, cambia la relación de este con el médico (u otro profesional de la salud) de muchas maneras. Primero, ellos están buscando sobre síntomas y otros datos en la red antes de visitar al médico, hay tentativas de los pacientes a ordenar sus propios exámenes de laboratorio, por ejemplo, colesterol. Solo cuando el resultado lleva a una interferencia con el doctor es que se ve involucrado el sistema de salud tradicional.

En algunos sistemas de salud se están viendo cambios en el patrón de cómo escogen los pacientes a sus médicos, se están poniendo al tanto de cual es facultativo más adecuado (por sus estudios) de acuerdo a una enfermedad específica, que puede no estar muy cerca, pero si a medio camino alrededor del mundo.

Segundo, los pacientes son orientados por algunos médicos a buscar información médica desde sus casas. Se entiende que los pacientes retengan solo un porcentaje de la información que se les da en la consulta. Entonces, es beneficioso para pacientes, médicos y para el sistema de salud cuando el tratante da una orientación al final de la consulta sobre donde puede el paciente buscar detalles acerca del medicamento prescrito, síntomas de un diagnóstico específico y otros pormenores respecto al tratamiento, etc.

2.2 Criterios de calidad para sitios web de salud

Los criterios de calidad para sitios web relacionados con la salud han sido elaborados en amplia consulta con representantes de los sitios web y proveedores de información sobre salud públicos y privados, organizaciones internacionales y organizaciones no gubernamentales. El código de ética e-Health adoptado por la Internet Health Coalition¹ quizás sea el más conocido de estos “códigos de conducta”. El objeto de este código, es brindar un proceso de auto evaluación a los proveedores de sitios sobre salud. El siguiente paso en la aplicación de un código de conducta es lo que puede denominarse la etiqueta de calidad autoaplicada. En este caso, un tercero elabora un código de conducta y permite, a quienes se comprometan a ajustarse a él, exhibir una etiqueta, sello o logotipo que certifica el cumplimiento del código. La más antigua, y quizás la más conocida, de estas etiquetas es la de la Health on the Net Foundation (HON) cuyos criterios de calidad son utilizados actualmente por más de 3000 sitios de Internet en todo el mundo [1].

A continuación se presentan los ocho principios que conforman su código de conducta:

Tabla 2. Código de conducta *HONCODE* que sirve como base para obtener un portal de salud de calidad.

PRINCIPIO	DESCRIPCION
Autoría	Cualquier consejo médico o de salud sugerido en el sitio Web solo será proporcionado por médicos o profesionales de la salud especializados y cualificados a menos que una clara declaración exprese que una parte de la sugerencia ofrecida no es de un profesional de la salud cualificado u organización no médica.
Complementariedad	La información proporcionada en el sitio está dirigida a complementar, no a reemplazar, la relación que existe entre un paciente o visitante y su médico actual.
Confidencialidad	El sitio Web respeta la confidencialidad de los datos relativos a pacientes y visitantes, incluyendo su identidad personal.
Atribución, Referencias y Actualización	Cuando sea apropiado, la información contenida en el sitio será apoyada con referencias claras a las fuentes de los datos y, si es posible, se establecerán hipervínculos. La fecha en que una página clínica fue modificada por última vez estará claramente identificada (ej. al final de la página).
Garantía	Cualquier requerimiento relativo a los beneficios o

¹ Internet Health Coalition es la organización que elaboró el Código de ética e-Health.

	rendimiento de un tratamiento específico, producto comercial o servicio será respaldado con las evidencias adecuadas y objetivas.
--	---

2.3 Servicios que ofrece el sistema E-salud

Los servicios que ofrece pueden presentarse en función del grupo de usuarios a los que vayan destinados siendo estos:

Servicios dirigidos a profesionales, a los cuales se ofrece Información científica, con acceso a bases de datos bibliográficas², revistas y libros electrónicos, alertas bibliográficas. Además se ofrece enlaces o hipervínculos evaluados por los responsables del portal, que proporcionan información adicional relevante a recursos valiosos con un esfuerzo mínimo. Incluye también novedades y formación continuada.

Servicios dirigidos al paciente, a los cuales se ofrece información sobre el bienestar, la prevención y manejo de enfermedades, y la toma de decisiones relacionadas con la salud y su cuidado, direcciones y teléfonos de hospitales y servicios de urgencia, Primeros auxilios, Guía de medicamentos, Cita previa, Consultas vía e-mail, promoción y venta de medicamentos.

2.4 Soluciones tecnológicas e-salud implementadas en el sistema

Una vez realizado un análisis previo sobre las posibles soluciones e-salud que se podían aplicar de determinaron las siguientes soluciones, mismas que están distribuidas en tres bloques de soluciones tecnológicas.

Tabla 3. Soluciones tecnológicas implantadas en el sistema e-salud para el CAISE de la ESPOCH.

SOLUCIÓN TECNOLÓGICA	SOLUCIONES IMPLANTADAS EN EL SISTEMA
Informatización de las consultas	1. Historia clínica electrónica e Intranet 2. Receta electrónica
Soluciones basadas en e-mail	3. Interconsultas entre médicos 4. Consultas vía mail entre médicos y pacientes
Soluciones basadas en aplicaciones web	4. Portal de Salud para Profesionales 5. Portal de Salud para ciudadanos 6. Cita Previa
Sistemas Expertos.	7. Sistema Experto básico en diagnóstico clínico

Se presenta en la figura 1, una captura de pantalla del sistema e-salud que actualmente está en producción.

² Bases de Datos bibliográficas, contienen *referencias* de documentos. Para más información puede visitar: http://www.semergen.es/semergen2/microsites/manuales/internet/manual_15.pdf

ESPOCH ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

Sistema e - Salud ESPOCH

Historia Clínica Electrónica Trámites Administrativos Información y Servicios Diagnóstico Inteligente Administración

Riobamba - miércoles, 02 de mayo de 2018

Bienvenido al Sitio Web del "Sistema e-Salud de la ESPOCH"

Mapa del Sitio

- Historia Clínica Electrónica
- Trámites Administrativos
- Información y Servicios
- Diagnóstico Inteligente
- Administración
- Sistema Web Psicología Clínica

El Sistema e-Salud ESPOCH (SESE) acerca la sanidad al usuario.

Este sistema pertenece al Centro de Atención Integral en Salud de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (CAISE) - Ecuador ; es una unidad moderna y bien equipada que presta servicios profesionales a través de médicos, odontólogos y especialistas experimentados que laboran para garantizar la salud de todos los politécnicos.

Este sitio presta valiosos servicios a la Comunidad Politécnica y al público en general:

- Público en General:** obtenga información sobre prevención y manejo de enfermedades, noticias, enlaces a otros sitios de salud, diagnóstico de una enfermedad mediante su sintomatología con la sección Diagnóstico Inteligente.
- Comunidad Politécnica:** puede reservar su cita médica con un profesional del CAISE, realizar consultas vía e-mail al mismo, a través de la opción Pacientes en la sección Información y Servicios.
- Personal del CAISE:** Gestión Médica Administrativa del CAISE.

NOTICIAS

CAMPAÑA DE ATENCION ODONTOLÓGICA	23/04/2018 10:20:52
COMUNICADO IMPORTANTE A LOS PACIENTES AFILIADOS AL IESS	19/03/2018 17:24:13
ATENCION MEDICA	06/02/2018 15:38:37
ACTUALIZACIÓN DE INFORMACION SOBRE ATENCION A LOS USUARIOS DE CASI	07/12/2016 9:20:18

La información sobre pacientes es confidencial y reservada exclusivamente a profesionales del CAISE. No recopilamos información personal acerca de usted cuando visita nuestro sitio web. Además proporciona enlaces a otras páginas de Internet que proveen información de salud, una vez que usted accede a otro portal, usted está sujeto a la política de privacidad del portal nuevo.

Historia Clínica Electrónica Trámites Administrativos Información y Servicios Diagnóstico Inteligente Administrar Reservas con Citas Médicas Noticias Contactenos

Usted es el visitante N° : 558466

Derechos Reservados © 2005. [Ver Créditos del Sitio](#)

Fig. 1. Captura de pantalla del Sistema e-salud implementado en el Centro de atención integral en salud (CAISE) en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) – Ecuador.

A continuación se detallan algunas experiencias sobre la implementación de estas soluciones:

Ventajas en la informatización de las consultas (Historia Clínica Electrónica, HCE), la mejor experiencia en esta solución fue la mejora en la eficiencia de la Consulta, pues se maneja la HCE de forma más eficaz; el personal autorizado puede visualizar en todo momento durante la consulta los resultados de procedimientos, exploraciones o consultas previas, antecedentes u otros datos de interés. Además permite la entrada de datos por parte de los distintos profesionales que atienden al mismo paciente en el Centro (médico, psicólogo, enfermera) lo que permite una historia única para cada paciente con todos sus registros centralizados a nivel de Centro.

Al poseer el historial clínico de un paciente de forma automatizada se puede analizar toda esta información con fines asistenciales, de evaluación de calidad asistencial, de investigación, docencia y de autoformación y extraer datos poblacionales para estudios de salud pública (estudios epidemiológicos) [2].

La Historia Clínica Electrónica se convierte en un elemento indispensable para establecer la *Receta Electrónica*, pues el paciente, no tendría que acudir a la consulta cada vez que precisa la renovación de recetas, disminuye la presión burocrática de la consulta médica y asigna al farmacéutico un papel más activo como proveedor de salud [3].

Ventajas en soluciones basadas en e-mail, se puede mencionar que la *comunicación administrativo-paciente* facilita ciertos trámites administrativos desde su casa o lugar de trabajo evitando en algunos casos el desplazamientos al centro de salud. En la *comunicación médico-paciente* se establece un nuevo canal de comunicación vía correo electrónico, entre el paciente y su médico. Además se debe mencionar que en la *comunicación médico-médico* se alcanza el tan anhelado intercambio de información sanitaria, para pedir alguna opinión a un colega o profesional en salud, incluso el intercambio de información sobre pacientes comunes llegando a desarrollar una especie de consulta virtual

Ventajas en soluciones basadas en aplicaciones web, podemos mencionar que se tiene acceso a información médica específica y de calidad pues son profesionales de salud quienes generan la información.

A través de esta aplicación web se puede acceder a información sanitaria, tanto de contenidos de salud como organizativos, de funcionamiento de los servicios y de vías de participación en la mejora de servicios.

El éxito más grande que se ha tenido para la comunidad que hace uso de este sistema es la tan anhelada cita previa puesto que el paciente puede reservar y cancelar una cita médica con 5 días de anterioridad y el centro le garantiza la atención, a continuación se muestra en la figura 2 una captura de pantalla de la reservación de una cita.

Experiencia en sistemas expertos, el uso de Sistemas Expertos es especialmente recomendado cuando los expertos humanos en una determinada materia son escasos o cuando es muy elevado el volumen de datos que ha de considerarse para obtener una conclusión; al trabajar en esta solución muchos de los doctores no confían todavía en este tipo de soluciones y solamente algunos médicos ayudaban en la creación de la base de conocimientos para que la máquina de inferencia del sistema pueda obtener diagnostico a partir de una sintomatología ingresada, es por tal motivo que se optó por una solución básica de sistema experto. En la figura 3 se presenta un ejemplo de una conclusión a la cual llegó la máquina de inferencia con Mycin [4].



Fig. 2. Captura de pantalla del módulo información y servicios que permite obtener una cita médica a la comunidad politécnica.



Fig. 3. Captura de pantalla del módulo del sistema experto del sistema e-salud que determina una conclusión a partir del ingreso de la sintomatología de un paciente con un porcentaje de certeza.

2.5 Problemas para informatizar la historia clínica

Podemos destacar como problemas más relevantes en relación con el diseño, desarrollo, e implantación de una historia clínica electrónica, los siguientes:

Rechazo del Soporte, Existen hoy en día profesionales sanitarios que no se encuentran cómodos ante esta situación al no estar familiarizados con la informática, por lo cual se tuvo que dar curso de TICs para que logaran utilizar de forma correcta el sistema.

El acceso a la HCE y su control, cuando el Historial clínico se mantenía en papal todo el personal que tenía acceso al mismo podía revisar absolutamente todo, lo cual no es correcto y al establecer los límites racionales de acceso a la HCE por medio de filtros según su categoría profesional y actividad asistencial esto causo gran rechazo a la implementación de la misma.

Adaptación a estándares, la visión de este trabajo ha sido facilitar que sistemas clínicos diversos puedan intercambiar la totalidad o partes de la HCE de un paciente de forma estandarizada, y al existir esta estandarización los procesos cambiaron y por ende el CAISE tuvo que cambiar sus procesos, para que la información pueda ser representada de forma rigurosa, genérica e intercambiable. En la actualidad existen tres aproximaciones principales que están compitiendo por ser la plataforma para la interoperabilidad para la HCE. Estas son HL7, openEHR y CEN ENV 13606" y el desarrollo del HCE en este sistema se basó en "CEN ENV 13606" [5].

Recursos Hardware y Software, en cuanto a recursos hardware se debe tomar en cuenta que se hizo necesario un gran tamaño de disco duro para almacenar las imágenes y videos de pruebas médicas de los pacientes.

2.6 Arquitectura del sistema

El sistema está diseñado y construido con una arquitectura orientada a servicios (SOA), con servicios web basados en SOAP, puesto que este sistema interopera con otros sistemas, Sistema Académico OASIS, Sistema de Recursos Humanos y posee un módulo de servicios web para que otros sistemas puedan consumir datos del mismo, como por ejemplo consumir el HCE de un paciente.

El sistema posee los siguientes módulos HCE, Trámites Administrativos, Información y Servicios, Administración, Diagnostico Inteligente y Servicios Web. El sistema está actualmente montado sobre una base de datos SQL server 2016 y servidores de aplicaciones Internet Information server 7 mismos que cuentan con 2 nodos dentro de un clúster de balanceo de carga por medio de un Citrix NetScaler

(5650) con método de balaceo *Round Robin* y método de persistencia *Cookie Insert* como se muestran en las figuras 4 y 5 [6].

Para el módulo de Diagnostico Inteligente se lo realizo en una solución diferente para que no afecte a los demás módulos del sistema puesto que necesita consumo de recursos por la máquina de inferencia.

Actualmente esta solución funciona en el Centro de Datos de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo sobre una infraestructura de Alta Disponibilidad sobre una infraestructura virtualizada con VMware Vsphere.

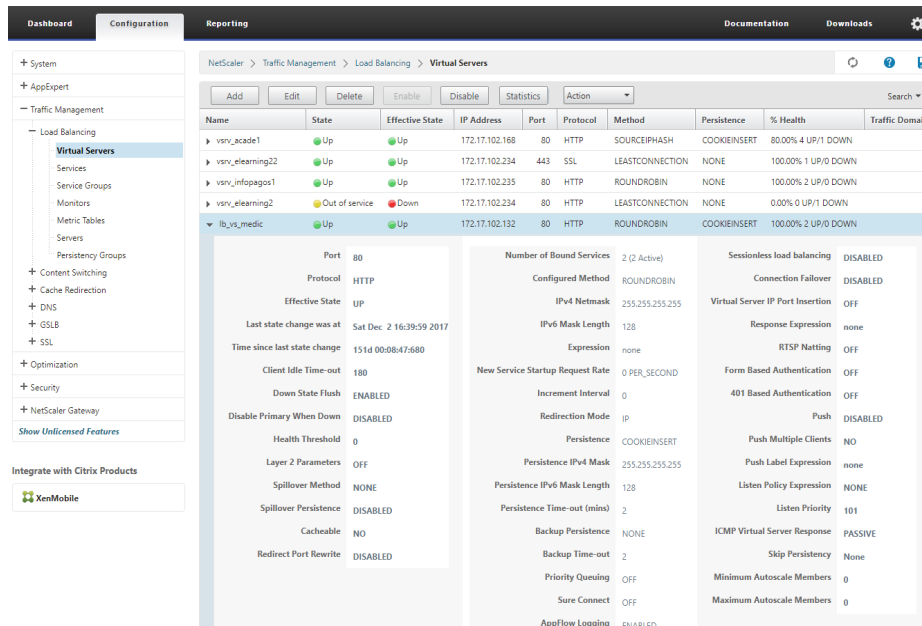


Fig. 4. Configuración del Balanceador de carga Citrix NetScaler (5650) con método de balaceo Round Robin y método de persistencia *Cookie Insert*

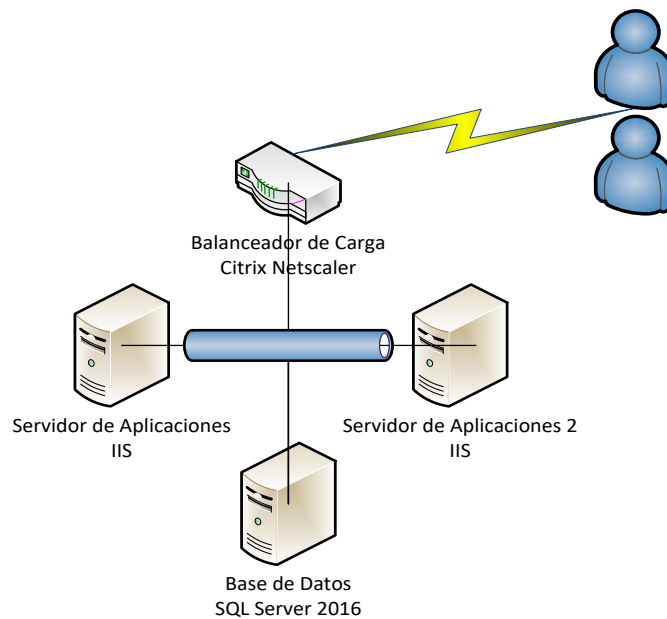


Fig. 5. Diagrama físico de los servidores en la implementación del Sistema e-salud en la infraestructura de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

3. Análisis de Resultados

Para analizar los resultados obtenidos, se hace referencia la mejora de la gestión médica y administrativa del CAISE de la ESPOCH mediante el uso del sistema e-Salud de la Institución, para lo cual se han descrito tres categorías de indicadores que pueden ayudar a medirla y se relacionan con el ahorro de tiempo o agilización del proceso asistencial, aumento de la calidad en la atención médica que brinda el Departamento Médico y la reducción de costos de material y espacio físico en el almacenamiento de la información clínica de los pacientes. Además de lo dicho anteriormente mejora la imagen institucional ante la sociedad al brindar información y otros servicios relacionados con la salud.

Para medir los objetivos planteados, primeramente, se realizó la operacionalización de las variables y se identificaron las técnicas de recolección de información como se muestra en la Tabla 4. A continuación se identificaron indicadores cualitativos como son: Nivel de satisfacción, Imagen Institucional; e indicadores cuantitativos como lo son: tiempos de movilización, tiempos de acceso a la información, ahorro de material, ahorro de espacio físico. Con esta operacionalización se recolectaron datos antes de la implantación del sistema e-salud y posteriormente de su implantación. Además, se aplicaron encuestas antes y después de la puesta en marcha del sistema. Posteriormente se calculó el coeficiente r de Pearson para saber el grado de correlación entre la implementación del sistema e-salud y la mejora de la gestión médica y administrativa del CAISE, el cual tuvo un valor de 0.9 lo que significa que existe un grado apreciable de correlación entre el sistema e-salud y la mejora de la atención, y esto resulta ser positivo.

Tabla 4. Operacionalización de variables para identificar indicadores y técnicas de recolección de información.

VARIABLES	CATEGORIA	INDICADOR	TECNICAS	FUENTES DE VERIFICACION
Sistema e-Salud		<ul style="list-style-type: none"> • Criterios de Calidad • Soluciones Tecnológicas • Estándares de Historia Clínica Electrónica (HCE) 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigación • Revisión de documentos 	<ul style="list-style-type: none"> • Internet • Libros
Mejora de la Gestión Médica y Administrativa	Tiempo	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de movilización • Tiempo de acceso a la información 	<ul style="list-style-type: none"> • Encuestas • Entrevistas • Observación 	<ul style="list-style-type: none"> • Comunidad Politécnica • Médicos
	Calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de satisfacción • Imagen Institucional 	<ul style="list-style-type: none"> • Encuestas • Entrevistas • Observación 	<ul style="list-style-type: none"> • Comunidad Politécnica • Sociedad
	Costos	<ul style="list-style-type: none"> • Ahorro de material • Ahorro de espacio físico 	<ul style="list-style-type: none"> • Encuestas • Entrevistas • Observación 	<ul style="list-style-type: none"> • Secretaria • Guardalmacén

Con la aplicación de las encuestas para la validación de la información, mismas que han sido aplicadas a una muestra aleatoria de la comunidad politécnica y de la sociedad donde se pudo medir los tiempos de respuesta entre el sistema manual y el sistema e-salud dando como consecuencia los siguientes resultados:

En cuanto al ahorro de tiempo o agilización del proceso asistencial, se evidencio que la localización del Historial Clínico de un paciente se redujo en un 99%. El tiempo que lleva la búsqueda de información dentro de la historia clínica se redujo en un 80%. La obtención de informes de pacientes atendidos se minimizó en un 95% y el tiempo que demora los trámites administrativos se reduce en un 95%.

En cuanto al Aumento de la calidad en la atención médica, podemos afirmar que el profesional de salud posee acceso más rápido a todo el historial del paciente y muchos más insumos para mejorar su diagnóstico. La calidad en la reservación de citas médica aumento en un 93.33% y la localización de información sobre el manejo de enfermedades se mejoró en un 80%.

En el tema relacionado a la reducción de costos de material y espacio físico los gastos en recursos de oficina y papelería se redujo realiza en un 30% y el espacio físico para el almacenamiento del Historial Clínico se redujo en un 99%.

Dentro de los beneficios intangibles se encuentran; la disponibilidad del historial clínico se da en cualquier momento, la movilización del Historial Clínico desaparece, la eficiencia de la atención aumenta. Además, la imagen institucional mejora al brindar información de salud y ofrecer una herramienta de ayuda para el diagnóstico de enfermedades.

La mayor parte de los encuestados consideran muy beneficioso al Internet como fuente de información en salud, ya que al no disponer todo el tiempo de un profesional que les informe, esta herramienta se hace muy útil y accesible; con esto el paciente estaría informado (activo) y cuando visite al médico entendería mucho mejor las explicaciones que le brinda.

Uno de los principales inconvenientes que actualmente se tiene es la privacidad que se debe tener al momento de manejar el historial clínico, pues no toda la información debe ser accesible a todas las personas incluyendo el paciente pues existe información que se debe manejada exclusivamente por el personal sanitario y otra para el propio paciente, y en muchos países no está claro que información sanitaria es pública y privada [9].

Actualmente existen algunos proyectos donde proponen nuevos modelos de relación entre el ciudadano y el sistema sanitario, donde el eje central es el paciente, uno de estos proyectos se encuentra en el "Plan de Salud de Cataluña 2016-2020", en el cual el paciente posee un ingreso al sistema de salud a través de un usuario y contraseña y ofrece información generada por los centros asistenciales públicos de Cataluña [7] [8].

5. Conclusiones y recomendaciones

Las TIC constituyen la pieza central de las estrategias de modernización de los sistemas sanitarios, el Internet está dentro de ellas como red electrónica y de comunicación y es utilizada en la Salud Electrónica por su acceso fácil y globalizado, además está cambiando la perspectiva del cuidado de la salud en muchos países al disponer información médica instantánea y cambiar el rol médico-paciente.

Los grandes beneficios que ofrece la Salud Electrónica hacen hincapié en la reducción de tiempo en trámites, informatización de las consultas a través de la historia clínica electrónica, acortar distancias al no viajar para la reservación de citas, mejor diagnóstico médico al consultar con otros especialistas temas de interés vía e-mail, evitar gastos y pérdida de recursos como los gastos de movilización, entre otros.

Con la Informatización de la Historia Clínica se mejora la continuidad asistencial pues se cuenta con una sola Historia por paciente, donde toda la información se encuentra ordenada, uniforme y sin problemas de legibilidad, asegurando una mejor gestión médica administrativa.

La calidad de los sitios de salud se la puede comprobar a través de códigos de conducta simple, etiquetas de calidad, guías de comprobación por el usuario y herramientas de filtrado, siendo las más utilizadas las etiquetas de calidad.

La principal ventaja de normar la Historia Clínica Electrónica es que permita la interoperabilidad entre aplicaciones heterogéneas en el ámbito de la salud, logrando así normar los documentos que se encuentran en la misma.

El estándar que mejor norma a la Historia Clínica Electrónica es el “CEN ENV 13606”, presentado por el Comité Europeo de Normalización, porque estandariza de la mejor forma todos los aspectos que debe contener la HCE, es decir norma la arquitectura, la terminología que se debe utilizar, la forma de distribuir la información y la forma de comunicarse con otros sistemas es por tal motivo que se la utilizó para la realización de la informatización de la Historia Clínica del CAISE en la ESPOCH.

Con el Sistema de Diagnostico Inteligente se brinda un valor agregado a los servicios que presta la ESPOCH a la ciudadanía, puesto que en base a una sintomatología, se puede establecer un diagnóstico presuntoso sobre la enfermedad que sufre algún ciudadano.

Luego de finalizar el estudio de la Salud Electrónica junto con todos los componentes que forman parte del proyecto y analizando las expectativas que tiene la comunidad politécnica y el público en general frente a los beneficios que brindan las aplicaciones web en el sector de la salud, se puede afirmar que el sistema obtenido mejora la gestión médica y administrativa del Departamento Médico y Odontológico de la ESPOCH.

Incentivar el uso del sistema e-salud de la ESPOCH por parte de los estudiantes, docentes, empleados, trabajadores y público en general para el debido aprovechamiento de las utilidades que ofrece el sistema.

Se recomienda que en el país se tome más atención en cuanto a presupuesto en el sector salud para equipamiento, capacitación y desarrollo de herramientas informáticas como se da en otros países, donde estos sistemas permiten el mejoramiento de la salud de los ciudadanos al traer la atención médica a los lugares más lejanos a través de una simple conexión a Internet.

Se recomienda el uso del Internet como fuente de información en salud para médicos y pacientes, pues tener una población educada en salud ayuda a la prevención y manejo de enfermedades, logrando una sociedad más sana y activa en el cuidado de su salud.

Agradecimientos

Agradecimientos al PhD. Byron Vaca que en su momento fue director del Departamento de Sistemas y telemática que nos brindó todas las facilidades para el desarrollo de este sistema y a la Dra. Sonia Fonseca que nos aportó con su colaboración en la parte de Salud.

Perspectivas para mejorar el sistema

Actualmente se está trabajando en primeramente mejorar la portabilidad del sistema es decir que podamos ingresar desde cualquier dispositivo móvil; incluyendo nuevos paradigmas de m-health, es decir trabajar directamente con los dispositivos móviles por ejemplo alarmas y recordatorios de citas y pruebas de laboratorios, geolocalización en casos de emergencias y continuar en el procesos de teleeducación al paciente en salud [10].

Referencias

1. Criterios de calidad para los sitios web relacionados con la Salud, http://viaclinica.com/article.php?pmc_id=1761945
2. Saldías, JA, Curioso, WH, Zambrano RJ: Historias Clínicas Electrónicas. Experiencia en un hospital nacional. Satisfacción por parte del personal de salud y pacientes comunes. Revista Sociedad Peruana de Medicina Interna. pp 3 a 15 (2002).
3. Receta electrónica en Cataluña (Rec@t): Una herramienta de salud, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025775310700105>.
4. Díez, RP, Gómez AG, Martínez, N.: Introducción a la inteligencia artificial: sistemas expertos, redes neuronales artificiales y computación evolutiva. Universidad de Oviedo (2001).

5. Historia clínica electrónica federada basada en la norma europea cen/tc251 en13606, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=18972>
6. Load balancing algorithms and methods, <https://lac.citrix.com/glossary/load-balancing.html>.
7. Solans, O., Olmos, C., Burjons A.: Formación Médica Continuada en Atención Primaria: Acceso de los pacientes a su historia clínica electrónica, vol 24, pp 425 a 427 (2017).
8. Perez, S., Gómez, P., Alvarez, S., Cabello, L.: SEMERGEN: Medicina de Familia: Historia clínica electrónica: Evolución de la relación médico-paciente en la consulta de Atención Primaria, vol 43, pp 175 a181(2016).
9. Blodel, B., Berler, A.: Re-shaping Healthcare Systems, vol 13 (2017)
10. Istepanian R., Laxminarayan, S., Pattichis, C.: M-Health. Emerging Mobile Health Systems. Springer, Boston, MA (2006).

Uso de sistemas inteligentes para la predicción de la falla renal aguda

Christian Orlando Benavides^a

^a Corporación Universitaria UNITEC, Facultad de Ingeniería,
Bogotá, Colombia
christianbenavides@unitec.edu.co

Resumen. La falla renal aguda³ es una entidad clínica que puede llevar al aumento de la mortalidad de los individuos hospitalizados, en especial aquellos en condición crítica. Acarrea además un aumento de los costos y prolongación de los tiempos de hospitalización. La identificación temprana de los pacientes en riesgo permite instaurar una serie de medidas que pueden llegar a prevenir su desarrollo y sus consecuencias. Por consiguiente, el objetivo del presente proyecto es lograr modelar el proceso de pronóstico de esta entidad mediante el uso de sistemas inteligentes que puedan ser llevados a un sistema de soporte de las decisiones clínicas. Los datos proceden de una base de datos con 380 pacientes de dos hospitales de tercer nivel en Bogotá.

Palabras Clave: Redes neuronales, MSV, Falla Renal Aguda.

Eje temático: Salud y medicina personalizada

1. Introducción

La FRA que requiere terapia de reemplazo renal ocurre en el 5-6% de los pacientes de la UCI, con una tasa de mortalidad hospitalaria extremadamente alta, llegando hasta el 60%[15]. Se estima que alrededor de 2 millones de personas mueren en el mundo de FRA cada año[15,13]. Aquellos que sobreviven a la FRA tienen un mayor riesgo de desarrollar posteriormente la enfermedad renal crónica (ERC). Por otro lado, los pacientes con FRA utilizan más recursos y tienen una duración hospitalaria más prolongada debido en parte a la falla renal aguda (FRA) es una entidad que se produce principalmente secundaria a otras afecciones (con mayor frecuencia sepsis e hipovolemia) y suele ser uno de los muchos problemas presentes en un paciente agudo[11]. Recientes estudios hospitalarios en los países desarrollados informan que la FRA es del 3,2 al 9,6% de los ingresos, con una mortalidad general en el hospital de alrededor del 20% y hasta el 50% en los pacientes de la unidad de cuidados intensivos (UCI)[6]. Un estudio realizado en un hospital de tercer nivel en Bogotá documenta una incidencia del 16% de FRA entre pacientes hospitalizados en un piso de medicina interna[2].

Por efecto de la FRA en otras funciones orgánicas; son más propensos a la sobrecarga de fluidos, con el consiguiente aumento de la mortalidad y la disminución de la recuperación renal[1]. Cuando los pacientes abandonan el hospital, por lo general requieren una recuperación prolongada a menudo en enfermería especializada[7]. En conjunto, estos datos demuestran los altos costos personales y comunitarios de un episodio de FRA y subrayan la urgente necesidad de abordar este problema en una manera efectiva[10].

En el ámbito hospitalario, las medidas preventivas de la FRA siguen siendo un adecuado control hemodinámico, hidratación, hematocrito y perfiles de oxígeno, y la evitación de fármacos nefrotóxicos. Se deben implementar otras maniobras preventivas para determinadas enfermedades o afecciones que causan FRA como la conciencia de los organismos infecciosos o venenosos específicos en ciertas áreas. El diagnóstico rápido de la FRA es la clave para minimizar sus posibles consecuencias adversas[10].

Por tanto, la prevención de la FRA es claramente la clave para evitar la pesada carga de mortalidad y morbilidad asociada con este síndrome, y esto sólo se conseguirá a través de una mayor conciencia de la verdadera incidencia e impacto clínico de la FRA entre los gobiernos, y los

³ Una entidad clínica es sinónimo de cuadro clínico, es decir las manifestaciones propias de una enfermedad

profesionales de la salud. La mayoría de las etiologías de la FRA pueden prevenirse mediante intervenciones a nivel individual, comunitario, regional y hospitalario. Las medidas eficaces deben incluir esfuerzos a nivel comunitario para aumentar la conciencia de los efectos devastadores de esta enfermedad y proporcionar orientación sobre estrategias preventivas y para el reconocimiento y la gestión temprana. Los esfuerzos deben centrarse en reducir al mínimo las causas de la FRA, aumentar la conciencia de la importancia de las mediciones seriadas de la creatinina sérica en pacientes de alto riesgo y observar el volumen urinario para lograr un diagnóstico previo de la enfermedad. Es necesario desarrollar protocolos para gestionar sistemáticamente las afecciones pre-renales y las infecciones específicas[10].

Un punto de referencia y partida para el diagnóstico temprano es la Guía de Práctica Clínica para la FRA de la KDIGO (Kidney Disease Improving Global Outcome) que define: el aumento de la creatinina sérica $\geq 0,3$ mg/dl y el aumento de la creatinina sérica $\geq 1,5$ veces en la línea de base en 48 horas, como variables que se sabe o se supone que ha ocurrido dentro de los 7 días previos, así mismo el volumen de orina $<0,5$ ml/kg/h durante 6 h[9].

En compañía de la tecnología y su creciente adopción de registros médicos electrónicos se ofrece varias oportunidades para la gestión de los pacientes a través de un continuo seguimiento de atención ambulatoria y hospitalaria. Varios estudios han demostrado que la vigilancia activa de los cambios en la creatinina puede automatizar las alertas para guiar la dosificación de fármacos y reducir la incidencia de lesiones renales inducidas por fármacos[5,3]. Un "sistema de sniffer AKI (Sistema de alertas electrónico en tiempo real)" incluido en el registro médico electrónico para advertir a los médicos de cambios ha demostrado que la función renal aumenta el número y la oportunidad de las intervenciones terapéuticas tempranas[4]. Dado los avances en la informática médica, el desarrollo e interpretación de bio-marcadores y las intervenciones terapéuticas, ahora es imprescindible aprovechar estos avances para educar a los médicos y proveedores sobre la FRA, proporcionándoles las herramientas (sobre diferentes entradas) para manejar a estos pacientes de manera oportuna y efectiva[10].

El objetivo del presente trabajo es exponer los resultados del entrenamiento y validación interna de un sistema inteligente basado en redes neuronales artificiales para el diagnóstico en 48h para pacientes hospitalizados por falla renal aguda, se realiza un análisis de comparación de los resultados con respecto al uso de máquina de soporte de vectores y se presenta un análisis inicial de comparación de resultados frente a mecanismos de ensamble por votación simple, para lo cual se selecciona un grupo de redes neuronales con los mejores resultados.

El siguiente artículo está distribuido de la siguiente forma: inicialmente se expone la metodología, a continuación, los resultados, acto seguido se discuten los hallazgos, luego el trabajo futuro y finalmente las conclusiones.

El siguiente artículo está distribuido de la siguiente forma: inicialmente se expone la metodología, a continuación, los resultados, acto seguido se discuten los hallazgos, luego el trabajo futuro y finalmente las conclusiones.

2. Metodología

2.1 Tipo de Estudio

Se realizó un estudio de cohorte trasversal para pronóstico mediante un modelo de redes neuronales, para lo cual se utilizó una base de datos que contiene pacientes procedentes de un estudio de cohorte prospectivo realizado en un hospital universitario de la ciudad de Bogotá, Colombia, durante el periodo de septiembre de 2015 a abril de 2016.

uyen pacientes con diálisis crónica o que cumplieran los criterios de diálisis urgente en el ingreso, embarazo, an

2.2 Criterios de Inclusión y Exclusión

Se incluyen pacientes adultos ingresados para atención de emergencia y hospitalizados en el departamento de medicina interna por más de 48 horas entre septiembre de 2015 y abril de 2016.

Se excluyeron antecedentes de trasplante renal, (CA-AKI) adquirida o transferida a la UCI dentro de las 48 horas. Los niveles de creatinina se midieron en el momento del ingreso, a las 48 horas y al día 5 de la estancia hospitalaria para establecer la presencia de la FRA.

2.3 Procedimiento de desarrollo

Reconocimiento de variables: Sobre recomendaciones del estado del arte y trabajos previos desarrollados[14] los datos iniciales debe responder a la siguiente clasificación:

- Susceptibilidad: da involucran la edad (debe ser avanzada), historial familiar (antecedentes enfermedad renal, cardiaca o diabetes)
- Indicadores: el desarrollo o padecimiento de enfermedades que predisponen la aparición de FRA como Hipertensión, diabetes e historial de infecciones de tipo urinario.
- Progresión de la enfermedad: en esta se verifica el estado actual de biomarcadores donde se denotarán las muestras de ingreso y trascurridas 48 h los niveles de creatinina y BUN.

Con estas referencias se recolectaron los datos sociodemográficos, clínicos, de comorbilidad, de hospitalizaciones y examen físico. Se determinaron los niveles de nitrógeno ureico, creatinina, NT-proBNP, hemoglobina, sodio, troponina I de alta sensibilidad. Sobre estos se concluye un número de parámetros mínimos para los sistemas inteligentes a desplegar.

Un total de 1.208 pacientes fueron evaluados durante el período de recolección, se seleccionan 380 que cumplieron con los criterios de inclusión. Un total de 55% (n = 209) fueron mujeres, la mediana de edad fue de 65 años (IQR 49-77) y la creatinina media al ingreso fue de 0,9 mg / dL (IQR 0,7-1).

Una vez obtenidos los datos iniciales, se valida la información por 2 médicos especialista quienes definen como valores de riesgo 11 variables iniciales que se describen en la tabla 1.

Tabla 1. Variables clínicas y funcionales evaluadas

Variable	Definición concepto
Edad>65	Año de vida del paciente
BUN ingreso>43	Examen de laboratorio nitrógeno ureico mayor a 43 mg/Dl
Nefro TX Hosp	Historia de usos Nefrotóxicos en la hospitalización
Ant Nefro Hosp	Uso de fármacos nefrotóxicos antes de la hospitalización
Ant ERC	Historia de enfermedad renal crónica
ANT HTA	Historia de hipertensión arterial
Ant DM	Historia de diabetes
ANT Falla Card	Historia de falla cardíaca
Deshidratación	Deshidratación
Sepsis	Diagnóstico de sepsis
LRAAH	Desarrollo de FRA hospitalaria

Desarrollo de Redes Neuronales, MSV y Sistema de Ensamble: Para el análisis de las variables reconocidas 2 se implementa en lenguaje Java algoritmos de RN, MSV y una aproximación a un sistema de ensamble (mecanismos muy usados en el estado del arte para problemas similares), para su funcionamiento la población se dividió en dos partes: el 70% (266 pacientes) para entrenamiento y pruebas de las diferentes redes neuronales y el 30% restante (114 pacientes) para la validación del mecanismo de ensamble.

3. Metodología

3.1 Redes Neuronales

Como primer mecanismo inteligente se toma el desarrollo de una red neuronal, bajo un modelo 3 niveles de capas: entrada, oculta y salida, en la cual, el entrenamiento consiste en la asignación de pesos definitivos a cada una de las sinapsis (conexiones) de las neuronas. El método de aprendizaje que se usó en el entrenamiento de la red es de Retro Propagación o BackPropagation.

En busca de obtener una estructura viable de red neuronal, se automatiza el proceso de creación de redes neuronales, diseñando redes con diferentes señales de activación: Sigmoidea, Gaussiana, BiPolar y Tangente Hiperbólica, y diferente número de capas ocultas.

Las redes neuronales desarrollada tiene en la capa de entrada las 11 variables seleccionadas de los datos recolectados, con este conjunto de entrada cada red se prueba como una combinación de un número de neuronas en la capa oculta y una señales de activación; el número de neuronas en la capa de salida es sola una, la cual consiste en el resultado afirmativo o negativo del padecimiento de la falla renal aguda por cada paciente.

² Los datos de los pacientes involucrados se convirtieron en datos numéricos (binarios), beneficiando el análisis y el desarrollo utilizado redes neuronales.

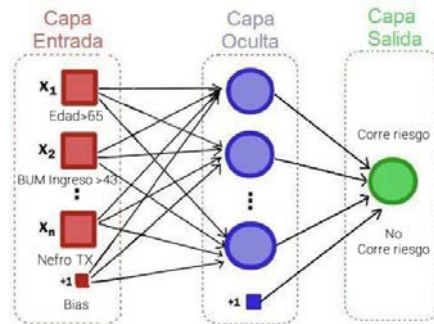


Fig. 1. Estructura Red Neuronal Artificial.

En la Figura 1 se describe la estructura general de la red neuronal, la cual cuenta con una neurona llamada Bias en la capa de entrada y oculta, está permite que la red neuronal aprenda patrones más eficazmente[8].

La población total se dividió aleatoriamente en un 70% (186 pacientes) para el entrenamiento y el 30% (80 pacientes) restante para las pruebas. A cada una de las combinaciones inteligentes desarrolladas se les calculó las características operativas (sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo, valor predictivo negativo y precisión). Estas características operativas se obtienen calculando previamente los valores: verdadero positivo, falso positivo, falso negativo y verdadero negativo; en la Figura 2 se indica cómo se obtiene cada uno.

		Diagnóstico	
		+	-
Resultado Red Neuronal	+	VP	FP
	-	FN	VN

Fig.2. Calculo de las Características Operativas de las Pruebas Diagnosticas

Se obtiene un valor de verdadero positivo (VP) cuando su conclusión indica que el paciente padece de falla renal aguda, y se confirma que el paciente realmente lo padece.

Un valor de verdadero negativo (VN) se da cuando su conclusión indica que el paciente no padece la falla renal aguda, y se confirma que el paciente realmente la está sufriendo.

El valor Falso Positivo (FP) es el error por el cual, al realizar la prueba, se indica padecimiento de la enfermedad, cuando en realidad no la hay.

Se obtiene un valor de Falso Negativo (FN) si el resultado es normal o no se detecta la enfermedad, cuando en realidad hay una enfermedad en el paciente.

Con estos valores presentes, se calcula:

Sensibilidad: Indica la capacidad de dar como casos positivos a los que realmente padecen de FRA; proporción de enfermos correctamente identificados. Es decir, la sensibilidad es la capacidad de detectar la enfermedad en sujetos enfermos. Se define en la ecuación 1.

$$\text{Sensibilidad} = \frac{VP}{VP + FN} \quad (1)$$

Donde VP es verdaderos positivos y FN falsos negativos. En muchas de las técnicas realizadas, cuando este valor supera el 80%, se toma como aceptable.

\ Especificidad: Indica la capacidad de dar como casos negativos los casos realmente sanos; proporción de sanos correctamente identificados. Es decir, la especificidad caracteriza la capacidad de la prueba para detectar la ausencia de la enfermedad en sujetos sanos. Se define en la ecuación 2.

$$\text{Especificidad} = \frac{VN}{VN + FP} \quad (2)$$

Donde VN, serían los verdaderos negativos; y FP los falsos positivos. En diagnóstico clínico, cuando el valor de especificidad supera el 80%, se considera como aceptable.

Valores predictivos (positivo y negativo): miden la eficacia real de una prueba diagnóstica. Dan la probabilidad de padecer o no una enfermedad una vez conocido el resultado de la prueba diagnóstica.

Valor predictivo positivo (VPP): probabilidad de tener la enfermedad si el resultado de la prueba diagnóstica es positivo (ecuación 3).

$$VPP = \frac{VP}{FP + VP} \quad (3)$$

Valor predictivo negativo (VPN): probabilidad de no tener la enfermedad si el resultado de la prueba diagnóstica es negativo (ecuación 4).

$$VPN = \frac{VN}{VN + FN} \quad (4)$$

Precisión: Se denomina precisión a la capacidad de dar el resultado deseado con exactitud. Esta expresada como se observa en la ecuación 5.

$$P = \frac{VP + VN}{VP + VN + FP + FN} \quad (5)$$

Cuando este valor supera el 70% en las pruebas, se toma como aceptable[12].

Teniendo en cuenta el anterior referente se entrenó y probó las diferentes combinaciones inteligentes, arrojando los resultados expuestos en la tabla 2. En el que se descubren los resultados de las características operativas para cada red.

Tabla 2. Resultado de las Pruebas Evaluando las 11 variables.

Señal de Activación	Neuronas Ocultas	Sensibilidad	Especificidad	VPP	VPN	Precisión
Sigmoidea	3	34	27	29	35	38
Gaussiana	3	22	15	18	31	31
Bipolar	3	18	16	13	11	27
Tangente H	3	41	13	22	32	33
Sigmoidea	6	77	49	60	68	63
Gaussiana	6	48	11	39	23	45
Bipolar	6	36	0	27	42	31
Tangente H	6	49	65	34	51	51
Sigmoidea	9	67	42	50	39	59
Gaussiana	9	67	86	60	63	61
Bipolar	9	26	18	35	24	40
Tangente H	9	72	45	62	53	63
Sigmoidea	12	78	67	61	82	71
Gaussiana	12	35	24	28	32	53
Bipolar	12	0	87	16	44	36
Tangente H	12	65	42	51	37	55
Sigmoidea	15	67	84	81	72	76
Gaussiana	15	68	27	35	56	36
Bipolar	15	43	0	20	30	32
Tangente H	15	35	44	39	52	66
Sigmoidea	18	49	35	57	63	53
Gaussiana	18	48	35	41	54	42
Bipolar	18	0	78	23	52	31
Tangente H	18	25	67	15	56	55
Sigmoidea	21	64	33	55	48	63
Gaussiana	21	97	11	26	15	57
Bipolar	21	35	43	46	23	39
Tangente H	21	56	29	31	72	46

Una temprana conclusión muestra que una función de activación sigmoidea se comporta mejor en las diferentes pruebas, una gráfica del comportamiento del nivel de error a medida que las épocas van aumentando se lo puede ver en la figura 3. El resultado ideal es una gráfica suave en la que el error es inversamente proporcional a las épocas.

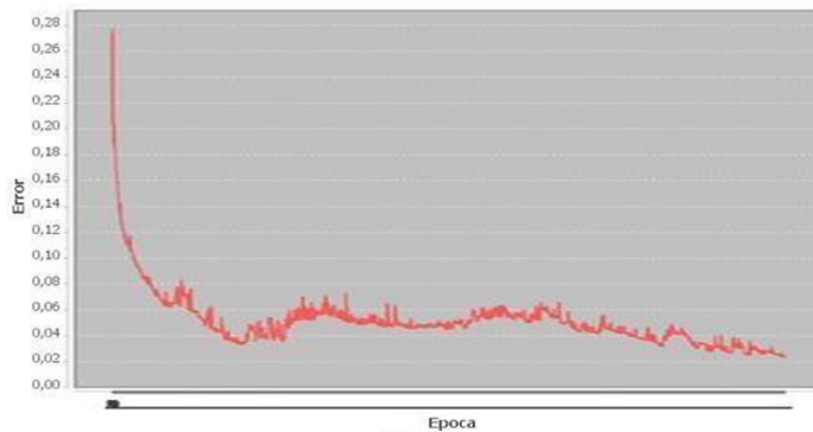


Fig. 3. Nivel de Error V/S Epoca, 11 variables de entrada, 15 Neuronas en la capa oculta y función Sigmoidea

3.2 Máquina de Vectores de Soporte.

El sistema inteligente alternativo desarrollado es el de máquina de vectores de soporte, perteneciente a la categoría de los modelos de aprendizaje supervisado, donde dado un conjunto de

datos se clasifican separándolos en categorías. Esta clasificación se realizó con las funciones: kernel, lineal, Polinomial y Radial Basis function.

La función núcleo lineal genera un hiperplano para clasificar los pacientes que sufren o no de Falla Renal Aguda; la polinomial lo hace por medio de polinomios y la función Radial Basis Function separa en circunferencias el espacio.

Los resultados obtenidos de las pruebas para las 11 variables se detallan en la tabla

Tabla 3. Resultado de las Pruebas Evaluando las 11 variables principales

Funció Kernel	Sensibilidad	Especificidad	VPP	VPN	Precisió
Radial Basis Function	62	21	16	89	52
Lineal	50	50	13	86	50
Polinomial	25	45	6	79	42

3.3 Ensamble.

Se seleccionan las mejores 10 redes neuronales y se ensamblan por votación simple, sin embargo, los resultados obtenidos no presentaron mejora alguna en comparación de la red neuronal sin el método de ensamble.

En vista que la primera opción no genero mejores resultados, se implementa como mecanismo de ensamble el algoritmo de Boosting (AdaBoost) que entrena iterativamente una serie de clasificadores base, para que cada nuevo clasificador preste mayor atención a los datos clasificados erradamente por los clasificadores anteriores, y los combina de tal modo que se obtenga un clasificador con elevadas prestaciones.

El análisis de este algoritmo en la predicción de la falla renal aguda mediante el ensamble de redes neuronales artificiales permitió descomponer las redes, con sus respectivos pesos y generalizar un resultado positivo para la falla renal, así como se observa en la figura 4.

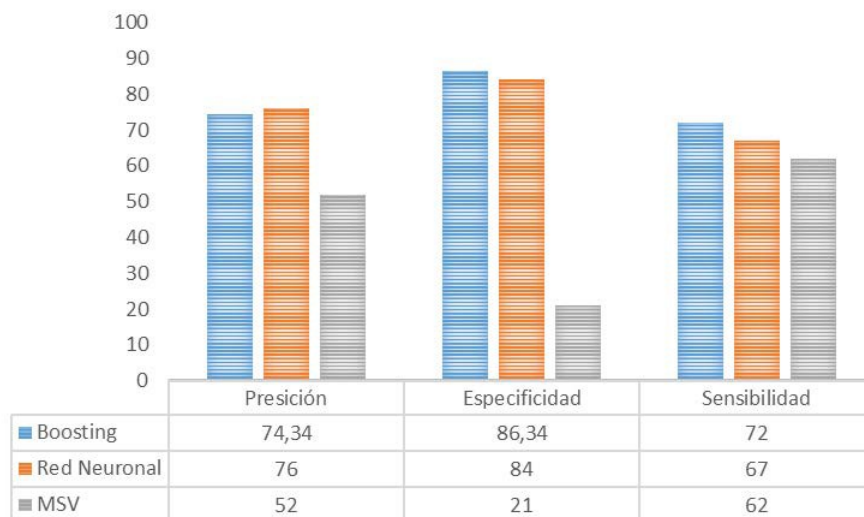


Fig. 4. Comparación de mecanismos inteligentes

El método de Boosting en forma detallada, presenta un importante resultado que mejora levemente a las conclusiones obtenidas por una red neuronal, coloca sus resultados sobre los límites

operativos, lo que demuestra que es una buena opción para abordar este tipo de información. Su principal ventaja se encuentra sobre la especificidad y sensibilidad de sus resultados.

4. Conclusiones previas y trabajo futuro

En la mayoría de aplicaciones y así como quedó demostrado en este trabajo, las redes neuronales son una fuerte herramienta en problemas de difícil solución, sin embargo, cuando se requiere cumplir con límites aceptables de operación una única red resulta insuficiente. Para solucionar este problema, así como se planteó en este proyecto, los métodos de ensamble plantean combinar distintas redes de manera que se forme un conjunto capaz de resolver mejor el problema en asunto, suministrando, además, un esquema más sencillo y más comprensible.

Cumplido así el objetivo de este proyecto, aún se considera este trabajo de resultados previos, con este primer paso se vislumbra un mecanismo posible de pronóstico del FRA, sin embargo, aún se requiere integrar más datos y otros métodos de ensamble y sistemas inteligentes, con el objetivo de validar y producir una herramienta confiable de apoyo al personal médico al momento de tomar decisiones de diagnóstico. Además, se está en la búsqueda de resultados comparativos del estado del arte ya que son muy pocos los incompletos.

Entre algunas conclusiones previas se pueden resumir en:

- La función de activación que mostró mejores resultados para las 11 variables de entrada, es la sigmoidea, esto debido a su naturaleza de entregar valores entre 0 y 1, ajustándose a las necesidades del problema en cuestión. Además, se validan entre 12 y 15 capas ocultas para obtener los mejores resultados.
- La función kernel que presentó mejores resultados para la máquina de vectores de soporte, es radial basis function, esto es debido a su naturaleza de base radial, que realiza una categorización a base de circunferencias.
- En comparación entre sistemas inteligentes, el que obtuvo mejores resultados es la red neuronal artificial.
- El análisis de los datos hacia una predicción de FRA mediante el ensamble de redes neuronales artificiales ha permitido descomponer las redes, con sus respectivos pesos y generalizar un resultado positivo en la falla renal.

5. Referencias

1. J. Bouchard, S. B. Soroko, G. M. Chertow, J. Himmelfarb, T. A. Ikizler, E. P. Paganini, and R. L. Mehta. Fluid accumulation, survival and recovery of kidney function in critically ill patients with acute kidney injury. *Kidney international*, 76(4):422–427, 2009.
2. J. E. Cely, E. J. Mendoza, C. R. Olivares, O. J. Sepúlveda, J. S. Acosta, R. A. Baron, and J. J. Diaztagle. Incidence and risk factors for early acute kidney injury in nonsurgical patients: a cohort study. *International journal of nephrology*, 2017, 2017.
3. Cho, J. E. Lee, J. Y. Yoon, H. R. Jang, W. Huh, Y.-G. Kim, D. J. Kim, and H. Y. Oh. Effect of an electronic alert on risk of contrast-induced acute kidney injury in hospitalized patients undergoing computed tomography. *American Journal of Kidney Diseases*, 60(1):74–81, 2012.
4. K. Colpaert, E. A. Hoste, K. Steurbaut, D. Benoit, S. Van Hoecke, F. De Turck, and J. Decruyenaere. Impact of real-time electronic alerting of acute kidney injury on therapeutic intervention and progression of RIFLE class. *Critical care medicine*, 40(4):1164–1170, 2012.
5. Z. L. Cox, C. L. Nelsen, L. R. Waitman, J. A. McCoy, and J. F. Peterson. Effects of clinical decision support on initial dosing and monitoring of tobramycin and amikacin. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 68(7):624–632, 2011.
6. Y. Fang, X. Ding, Y. Zhong, J. Zou, J. Teng, Y. Tang, J. Lin, and P. Lin. Acute kidney injury in a Chinese hospitalized population. *Blood purification*, 30(2):120–126, 2010.

7. M. J. Fischer, B. B. Brimhall, and C. R. Parikh. Uncomplicated acute renal failure and post-hospital care: a not so uncomplicated illness. *American journal of nephrology*, 28(3):523–530, 2008.
8. Y. Hayashi and R. Setiono. Combining neural network predictions for medical diagnosis. *Computers in biology and medicine*, 32(4):237–246, 2002.
9. J. A. Kellum, N. Lameire, P. Aspelin, R. S. Barsoum, E. A. Burdmann, S. L. Goldstein, C. A. Herzog, M. Joannidis, A. Kribben, A. S. Levey, and Others. Kidney disease: improving global outcomes (KDIGO) acute kidney injury work group. KDIGO clinical practice guideline for acute kidney injury. *Kidney international supplements*, 2(1):1–138, 2012.
10. P. K. T. Li, E. A. Burdmann, and R. L. Mehta. Acute kidney injury: global health alert. *Kidney international*, 83(3):372–376, 2013.
- A. MacLeod. NCEPOD report on acute kidney injury must do better. *The Lancet*, 374(9699):1405–1406, 2009.
11. M. Molina Arias. Características de las pruebas diagnósticas. *Pediatría Atención Primaria*, 15(58):169–173, 2013.
12. R. Murugan and J. A. Kellum. Acute kidney injury: what’s the prognosis? *Nature Reviews Nephrology*, 7(4):209, 2011.
13. J. J. Sprockel, J. J. Diaztagle, W. Alzate, and E. González. Redes neuronales en el diagnóstico del infarto agudo de miocardio. *Revista Colombiana de Cardiología*, 21(4):215–223, 2014.
14. S. Uchino, J. A. Kellum, R. Bellomo, G. S. Doig, H. Morimatsu, S. Morgera,
15. M. Schetz, I. Tan, C. Bouman, E. Macedo, and Others. Acute renal failure in critically ill patients: a multinational, multicenter study. *Jama*, 294(7):813–818, 2005.

SESIÓN | IoT Y ECIENCIA

OpenSoils: e-Science em Segurança de Solos

Sérgio Manuel Serra da Cruz^{1,2,3}, Marcos Bacis Ceddia¹, Pedro Vieira Cruz¹,
Gabriel S. Rizzo², Renan C. T. Miranda², Sabrina O. Cruz², Ana Clara Correa²,
Felipe Klinger², Élton C. Marinho³, Eber Assis Schmitz³

¹Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – PPGMMC/UFRRJ
Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil
Departamento de Computação - serra@ufrj.br,
Departamento de Solos - ceddia@ufrj.br, pedroveira.br@gmail.com

²Programa de Educação Tutorial - PET-SI/UFRRJ
Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil
renan, gabriel, anaclara, sabrina, filipeklinger {pet-si.ufrj.br}

³Universidade Federal do Rio de Janeiro – PPGI/UFRRJ
Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, Brasil
elton.marinho@ppgi.ufrj.br, eber@nce.ufrj.br

Resumo. A segurança dos solos é um problema global, crescente e crítico que afeta a todos os países do mundo. O objetivo do OpenSoils é conectar e compartilhar grandes quantidades de dados curados de solos nos níveis brasileiro e sul-americano. OpenSoils é um framework leve, aberto, elástico, multiusuário que armazena, descreve, organiza, harmoniza grandes conjuntos de dados de perfis de solos. Também oferece dados abertos e mapas permitem que os usuários naveguem pelos principais dados de solo da região. O OpenSoils é uma das primeiras infraestruturas voltados para segurança de solos baseada em conceitos de *e-Science* e *Open Science*.

Abstract. Soils security is a global, growing and critical problem that affects every country in the world. The goal of OpenSoils is to connect and share large amounts of cured soil data at the Brazilian and South American levels aiding researchers to developed soils researchers. OpenSoils is a lightweight, open, elastic, provenance-oriented framework that collects, stores, describes, organizes, and harmonizes large data sets of soil profiles and boreholes. It also offers open data and maps allowing users to navigate through the data. OpenSoils is one of the first soils security-based infrastructures based on e-Science and Open Science concepts.

Palavras Chave: *Open Data*, *Open Science*, Proveniência de Dados, Workflows Científicos.

Eixo Temático: Melhora de Processos

1 Introdução

A agricultura é um domínio complexo tanto do ponto de vista científico como também da integração e gestão de grandes volumes de dados. Ela incorpora em suas práticas disciplinas que variam desde a genômica às ciências do solo e atua em diferentes escalas que vão desde os genes à geolocalização apoiada por satélites. A capacidade de integrar e explorar seus *datasets* é uma questão crucial para enfrentar as novas demandas agrícolas, ambientais e sociais vivenciados pela sociedade atual, como por exemplo as questões de sustentabilidade, segurança alimentar e de solos [1].

Segundo Koch et al. [2], os solos são provavelmente o recurso natural mais importantes que sustentam a vida terrestre e humana e a segurança de solos está relacionada com a manutenção e melhoria global dos recursos do solo para produção de alimentos, fibras e água. Ela contribui para a saúde humana, o sequestro de carbono, a agricultura de precisão, a sustentabilidade energética e climática além de ajudar a manter a biodiversidade e a proteção global do ecossistema [1,2]. A segurança dos solos, assim como a segurança alimentar, tem várias dimensões (por exemplo, capacidade, condições, meios financeiros, conectividade e codificação) que interagem com componentes ambientais, sociais e econômicos e que podem ser explorados do ponto de vista da computação científica [3].

A segurança de solos é um domínio de pesquisa que pode ser classificado como intensivo em processamento e dados e que requer a adoção de técnicas de computação comuns as áreas de big data, ciência de dados, processamento distribuído, gestão do conhecimento e governança de dados.

O ciclo de vida da pesquisa em segurança de solos começa com a coleta de dados no campo, perpassa por diferentes tipos de procedimentos experimentais em campo ou laboratórios e termina na estação de trabalho de manipulação e visualização de dados do pesquisador do tomador de decisões (Figura 1). Uma das limitações das ferramentas atuais, é a ausência de suporte e correlação entre os *datasets* utilizados na geração dos resultados e publicações e tomada de decisões por parte de cientistas e gestores ambientais ou políticos (seta vermelha).

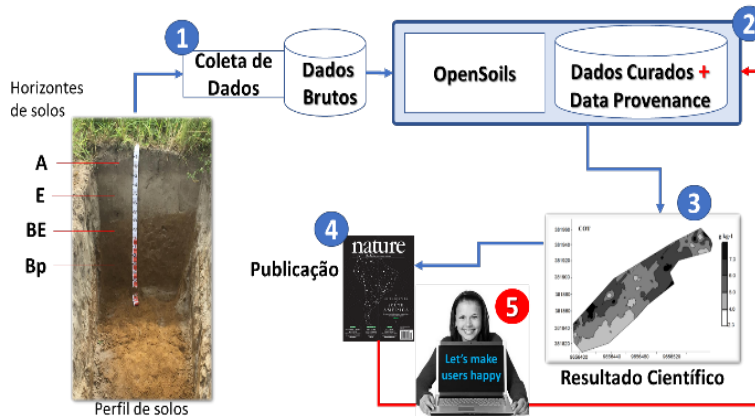


Fig. 1. Exemplo dos horizontes em um perfil de solos e as principais fases do ciclo de vida de investigações de solos (mapas adaptados de MELO et al., [4]).

Ressaltamos que as investigações em segurança de solos (e da própria agricultura) estão em rápida transformação. Essa área possui uma série de desafios e oportunidades que ainda estão em aberto e que foram pouco explorados pela comunidade de pesquisa em *e-Science*. Além disso, destacamos que esse domínio do conhecimento ainda não atraiu o mesmo grau de atenção que outras áreas tradicionais da *e-Science*, tais como bioinformática, engenharia, química computacional.

1.1 Motivação e objetivo

Uma das motivações para o desenvolvimento da plataforma foi oferecer soluções para os problemas descritos no relatório 011.713/2015-1 do Tribunal de Conta da União (TCU). OpenSoils foi concebido para ser um ativo computacional colaborativo, de acesso público voltado para a organização, sistematização e operacionalização de dados decorrentes de levantamentos de solos do Brasil. Através deste texto, defendemos a necessidade de conduzir pesquisas interdisciplinares em segurança de solos considerando os papéis da ciência da computação, governança de dados, ciência de dados e modelagem matemática para enfrentar os desafios supracitados. Vislumbramos que várias abordagens computacionais tradicionais da *e-science* podem ser incorporadas ao domínio, dentre elas: *workflows* científicos, proveniência de dados, dados abertos, *open science*, *big data*, ciência de dados, aprendizado de máquina, entre outros. Tais abordagens podem ajudar a comunidade de solos a realizar investigações mais amplas e oferecer novos conhecimentos para a sociedade.

O objetivo deste trabalho é divulgar o OpenSoils nas comunidades latino-americanas [38]. Ele foi concebido para contribuir com as políticas brasileiras de proteção e mapeamento de solos, projetando e estabelecendo as bases para um esforço de longo prazo, sendo baseado nos fundamentos de *open science* e *e-science* para a área de segurança de solos. Acreditamos que posicionará o Brasil como um dos principais atores mundiais no que tange a pesquisa e inovação nesta área. Este artigo está organizado da seguinte maneira. Na seção 2 apresenta a fundamentação teórica. Na seção 3 estão os trabalhos relacionados. Na seção 4 é apresentada a arquitetura do OpenSoils, seus usos, primeiros artefatos. Por fim, na Seção 5 as lições aprendidas, observações finais e sugestões de trabalhos futuros.

2. Solos, dados de solos e ciência aberta

O desenvolvimento dos solos é um processo natural e complexo que se dá a partir de materiais inorgânicos e orgânicos. O solo é definido como a(s) camada(s) de material mineral e/ou orgânico geralmente frouxo, ou solto, que é afetado por processos físicos, químicos e/ou biológicos na superfície planetária ou próximo a ela e geralmente contém líquidos, gases, biota e plantas. [5].

O solo é considerado um sistema aberto que interage com outros componentes do ciclo geológico e biológico. As características de um solo são uma função do material parental, clima, relevo, organismos, clima e tempo. [6]. Os solos são avaliados no campo através de seus perfis ou tradagens, os quais são definidos como seções bidimensionais compostas por uma sucessão vertical de horizontes, comumente denominados O, A, B, C (começando na superfície), que foram submetidos ao processo de conformação do solo. Cada perfil de solo possui propriedades mineralógicas, morfológicas, químicas, hidrológicas, físicas, biológicas e ambientais muito específicas. A figura 2 ilustra um exemplo de uma estratégia utilizada nas investigações de solos. A natureza das investigações exige que as ações desempenhadas pelos pesquisadores ocorram em três ambientes distintos e complementares: no campo (*in situ*), nos laboratórios (*in vitro*) e nos ambientes computacionais (*in silico*); os dados primários de solos são coletados diretamente no campo com equipamentos/técnicas/experimentos específicos.

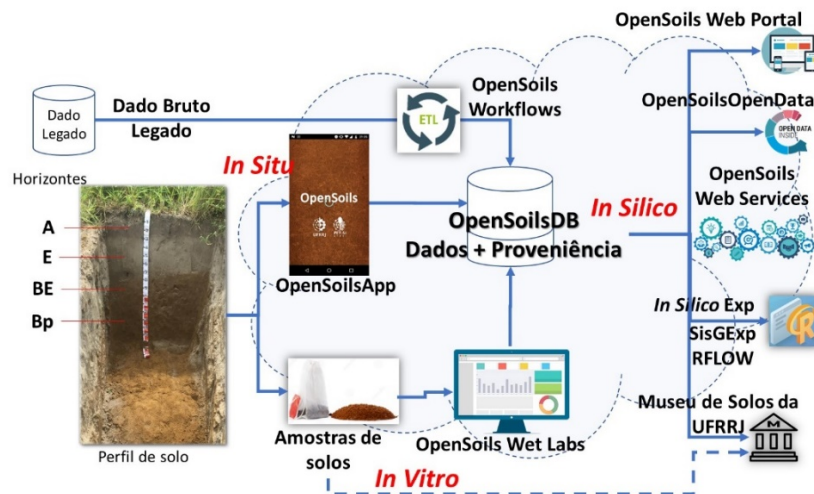


Fig. 2. Representação conceitual dos três ambientes de coleta de dados (in situ, in vitro e in silico) e fluxos de dados entre os experimentos de segurança de solos. A figura também apresenta exemplos da abordagem computacional adotada pelo OpenSoils [38].

Devido as peculiaridades da área, os dados primários de solos são difíceis de coletar, mapear, analisar, harmonizar e compartilhar sob a forma de bancos de dados. As investigações de segurança de solos, como qualquer outro domínio científico, possuem um ciclo de vida e requerem esforços para melhorar o gerenciamento de dados em longo prazo [7], [8].

Os dados primários dos solos têm algumas características chave, são: heterogêneos em seus valores, semiestruturados em seus formatos e não convencionais em sua semântica. Além disso, são catalogados segundo sistemas de classificação de solos que variam entre os países. Atualmente, existem vários sistemas de classificação de solos, por exemplo, Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS, 2006), sistema estadunidense, entre outros.

Geralmente, cada sistema adota um conjunto de propriedades mineralógicas, morfológicas, químicas e físicas. Porém, algumas dessas propriedades são peculiares de cada sistema de classificação. Os valores das propriedades e suas unidades podem variar tanto de acordo com o sistema de unidades utilizado quanto na língua dos países ou mesmo nos valores das propriedades morfológicas de cada sistema de classificação. Essas características tornam a harmonização, reuso e compartilhamento de dados um grande desafio computacional. Por exemplo, o Brasil utiliza o SiBCS, essa classificação de solos é parcialmente compatível com os demais sistemas, possui *gaps* semânticos que ainda são pouco explorados do ponto de vista computacional.

No Brasil, existe uma gama de instituições governamentais dispersas e sem clara delimitação de funções que coletam dados de solos, ocasionando o problema da geração de “silos isolados” de dados de solos. Os silos são repositórios de dados legados que foram coletados por ao longo de décadas (por exemplo, levantamentos pedológicos, artigos científicos, teses, planilhas, textos, arquivos nos formatos pdf, csv ou HTML). Os silos, em geral, não possuem estruturas de dados logicamente definidas e se caracterizam pela ausência de descritores de metadados. Adicionalmente, existem vários repositórios de dados de solos que são inacessíveis a consultas estruturadas, muitos são apresentados como planilhas ou arquivos de texto; dificilmente são compartilhados ou reutilizados por agricultores, pesquisadores, extensionistas, estudantes ou formuladores de políticas públicas [8]. Conseqüentemente, reproduzir os resultados de vários experimentos em segurança de solos é, ao mesmo tempo, custoso e muito demorado, além de ser propenso a erros é, às vezes, impossível repetir tais experimentos. Logo, a gestão de dados nessa área é um problema em aberto.

Evidências recentes de estudos do tipo meta-pesquisa sugerem problemas de integridade e reprodutibilidade de experimentos científicos em vários domínios do conhecimento [9]–[13]. Pesquisadores, periódicos, órgãos de fomento e governos estão cada vez mais preocupados com os achados científicos tendenciosos, pouco reprodutíveis e/ou irreprodutíveis. Uma das abordagens que pode servir para expandir a confiabilidade e robustez das investigações é a adoção de técnicas de *open science* [14], *e-science* [15] e proveniência de dados [16][17] e governança de dados científicos [18].

A *open science* é um termo abrangente que engloba um amplo arcabouço de saberes aplicados a geração do conhecimento [19]. É um movimento global para tornar a pesquisa científica e a disseminação de dados e aplicação dos conhecimentos acessíveis em todos os níveis da sociedade. Atualmente, existem algumas infraestruturas científicas abertas (por exemplo, OpenAIRE, OSF, EOSC), no entanto, ainda não têm contemplam os desafios de segurança dos solos.

3. Trabalhos relacionados

As investigações sobre segurança de solos no Brasil e na América Latina ainda estão começando. A gestão, curadoria, governança de dados e educação em solos ainda são questões bastante subestimadas. Dados de solos são analisados por aplicações isoladas, sendo compartilhados por pequenos grupos de pesquisadores que trabalham em computadores pessoais [20]. Até o momento, não se verificou na literatura plataformas abertas de software científico voltadas para apoiar todo o ciclo de vida de pesquisas em segurança de solos.

Dentre os trabalhos existentes na área de ciências de solos no Brasil, podemos citar o BDSolos [21], ele é um banco de dados relacional que armazena cerca de 9.000 perfis de solos. Embora importante para pesquisadores de ciência do solo, o banco de dados é pouco eficiente para fazer armazenamento e recuperação de dados, a interface disponível não permite a entrada de dados novos por parte dos pesquisadores.

Outra proposta nacional é o Fe.BR [22]. Consiste de um site HTML que armazena centenas de planilhas com dados de solos do Brasil. Fe.BR é apresentado como um conjunto de arquivos que não compartilham uma mesma estrutura e são armazenados em um disco virtual na Web. Apesar de se considerar aberto, o repositório não adota integralmente os princípios do *Open Knowledge Foundation* (OKFN). Similar ao BDSolos, o FeBR também não permite buscas avançadas de dados, limitando o usuário a baixar planilhas para que este desenvolva estratégias para encontrar informações específicas, o que se torna também um processo lento e sujeito a erros metodológicos.

Assim, para suprir essas lacunas e oferecer uma ferramenta moderna para a comunidade de pesquisas e usuários, concebemos o OpenSoils como um *framework* aberto que, diferentemente dos trabalhos relacionados, pode ser utilizada por diversos tipos de perfis, tais como, pesquisadores, professores, tomadores de decisões, curadores de dados, planejadores da cidades, agricultores e estudantes. OpenSoils adota *open science*, dados abertos, proveniência de dados e os princípios FAIR [23] (*Findable, Accessible, Interoperable e Reusable*) para a gestão e o compartilhamento de dados, sendo uma infraestrutura multidisciplinar e integradora de dados de solos novos e legados.

A figura 2 ilustra, de modo resumido, o fluxo de dados na infraestrutura. Ela permite que os experimentos científicos em segurança de solos se tornem mais reprodutíveis, pode trabalhar com grandes quantidades de dados, é distribuída, baseada em serviços web e dispositivos móveis e em workflows científicos executados em ambiente de nuvens de computadores e pode provisionar recursos sob demanda.

4. OpenSoils

Do ponto de vista técnico, OpenSoils é uma infraestrutura eletrônica de *open science*, aberta, elástica, distribuída, multiusuário, multicamada e orientada para armazenar dados primários, secundários de solos e sua proveniência. A plataforma é um conjunto de serviço (PASS) concebido para ser distribuído, ter alta disponibilidade e operar em nuvens híbridas de computadores. A Figura 3 ilustra, de modo simplificado a arquitetura proposta, suas camadas e resume o ciclo de vida dos dados do solo (representado como setas) [24]–[26].

Camada I - É a camada dos usuários finais (por exemplo, especialistas em solos, pesquisadores, formuladores de políticas, agricultores, profissionais da extensão rural, assistência técnica e estudantes) que utilizam o portal da Web e/ou aplicativos móveis para se conectar e acessar os dados ou serviços. Além disso, essa camada possui as funcionalidades de governança oferecidas através da central de controle de projetos e operações que são utilizados por curadores, administradores de dados e gestores de tecnologia da informação. Os usuários dessa camada para inserir, consultar ou administrar serviços e dados no banco de dados OpenSoilsDB. Podem usar aplicativos móveis, APIs, serviços web e aplicações web (por exemplo, os aplicativos OpenSoils e/ou ferramentas da OpenSoilsLab) para coletar os dados diretamente no campo, rastrear a rota de cada amostra enviada aos laboratórios de química e física para serem posteriormente analisadas. Normalmente, cada amostra de solo tem sua análise morfológica realizada *in situ* pelos especialistas, estas podem ser complementadas posteriormente em laboratórios (*in vitro*). Assim, o aplicativo OpenSpoilsApp submete, através de conexão segura, dados de solos brutos para o sistema gerenciador de banco de dados na nuvem (Figura 4). Depois disso, cada amostra de solo coletada dos horizontes é etiquetada e enviada para laboratórios onde os pesquisadores fazem experimentos úmidos ou executam experimentos científicos de natureza computacional (*in silico*) através de ferramentas digitais, tais como o SisGExp [27]. Dependendo da natureza da amostra ela é encaminhada poderá ser encaminhada para solotecas ou museus de solos do Brasil e Américas.

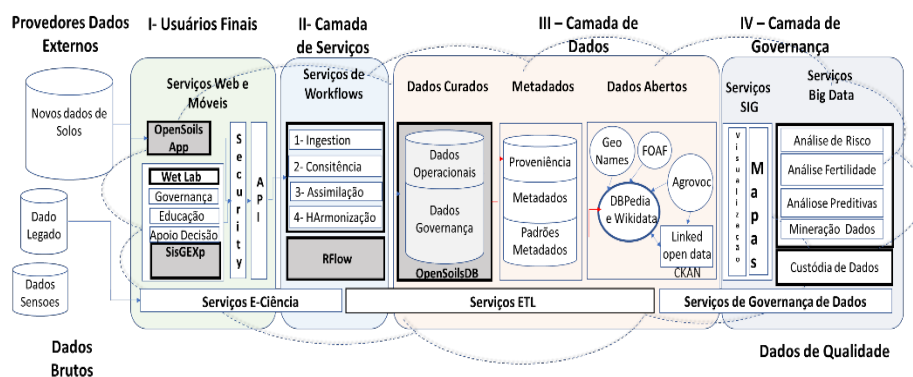


Fig. 3. Visão geral da arquitetura do OpenSoils. Adaptada de Cruz et al. [38].

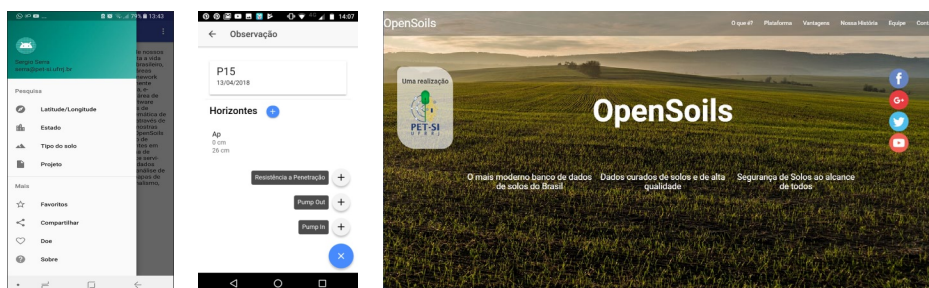


Fig. 4. Exemplos de telas do Portal da infraestrutura OpenSoils dos aplicativos móveis.

Camada II – É uma camada de serviços internos, trata-se do *backend* da arquitetura que oferece as APIs utilizadas pelos demais componentes. Utiliza modelos científicos e matemáticos que são representados por workflows científicos centrados em dados (eles analisam a consistência dos dados recebidos da camada I e inserem metadados de proveniência segundo a especificação PROV-DM da W3C). Também pode utilizar a ferramenta RFlow [28] que gerencia, compartilha e encapsula workflows científicos baseados em scripts estatísticos legados descritos em linguagem R, permitindo a captura, de forma transparente, da proveniência retrospectiva dos scripts R associados aos experimentos *in silico*. A camada II também permite a ingestão de dados legados de solos armazenados em silos de dados dispersos na Internet. Estes podem ser incorporados por meio de workflows de ETL (Extração-Transformação-Carga) desenvolvidos em ferramentas de manipulação de dados (por exemplo, Pentaho/Kettle, R, entre outros).

Camada III - É a camada mais interna do OpenSoils, armazena e organiza os dados primários e secundários de solos e seus metadados. A estrutura interna suporta um grau diversificado de granularidade de dados e se apoia em banco de dados denominado OpenSoilsDB [29]. Esta camada pode armazenar tanto os novos dados recém coletados no campo quanto os dados legados incorporados a partir dos silos de dados pré-existentes. Ambos são anotados com proveniência.

Resumidamente o banco de dados é capaz de armazenar grandes volumes de dados científicos (operacionais) e de governança. Os operacionais representam os perfis e tradagens de solos, são dados de alta qualidade e são voltados para as comunidades brasileira e internacional interessadas em padronização e harmonização de dados de solos. Cada descrição de perfil de solo possui mais 250 atributos para registrar as propriedades mineralógicas, morfológicas, químicas, físicas, sensores proximais, fertilidade, contaminações por metais pesados e ambientais do solo, entre outros. Além disso, o banco suporta o versionamento de dados, proveniência e armazena dados georreferenciados do solo, imagens de perfis e dados analíticos físico-químicos de cada horizonte de cada perfil/tradagem e de cada amostra de solo analisada em laboratórios úmidos ou secos.

Os dados de governança, são os dados de projetos, experimentos, protocolos de pesquisa/trabalho, usuários, grupos de trabalho, *compliance*, permissões e demais descritores, eles são tão importantes quanto os operacionais e serão principalmente utilizados na Camada IV. Grande parte das ações necessárias para garantir a qualidade dos dados se apoiam na capacidade de permitir que pesquisadores executem e gerenciem dados e experimentos de segurança do solo com captura sistemática de metadados de proveniência de dados. Proveniência refere-se à trilha de registros que explicam a origem de um item de dado [17]. A proveniência dos dados dos workflows da camada II consiste no registro da derivação de um resultado por um processo computacional (por exemplo, um perfil do solo, uma imagem, um mapa). O OpenSoilsDB adota integralmente a recomendação PROV-DM para armazenar a proveniência retrospectiva das execuções dos workflows científicos e scripts [30]. Além disso, o OpenSoilsDB suporta as diretrizes FAIR para a gestão e compartilhamento de dados científicos abertos.

O banco de dados também permite a ingestão de grandes volumes de dados legados de solos que podem ser importados por meio de workflows ETL da camada II. Além disso, para suportar dados abertos, conectamo-nos com plataformas abertas (por exemplo, CKAN, DSPACE) que compartilham *datasets* de dados abertos, harmonizados e curados para toda a comunidade de usuários da plataforma. Por ser um padrão internacional, as plataformas abertas facilitam a publicação de dados curados, adoção de identificadores persistentes de dados e autores (por exemplo, URI, DOI, ORCID) tornando-os facilmente reutilizáveis, gerenciáveis e referenciáveis por terceiros. Além disso, as plataformas de dados abertos suportam anotação de dados com *thesaurus* e/ou ontologias, assegurando a interoperabilidade semântica entre sistemas computacionais distintos ou mesmo entre taxonomias de classificação de solos de países distintos.

Thesaurus e ontologias ainda em estudo para serem incorporados na plataforma e para anotar semanticamente os dados curados de solos, permitindo transformá-los triplas de RDF e ligá-los com a Web de dados (por exemplo, WikiData e DBpedia [31]). O *thesaurus* para a infraestrutura é o Agrovoc [32]. O Agrovoc é um esquema conceitual descrito em SKOS-XL e publicado como *Linked Open Data*, ele abrange todas as áreas de interesse da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO). Ou seja, além de solos, inclui alimentos, agricultura e meio ambiente. O *thesaurus* é publicado e mantido pela FAO, editado por uma comunidade de especialistas possuindo mais de 34.000 conceitos disponíveis em 29 idiomas. Esse *thesaurus* é muito utilizado por pesquisadores, bibliotecários e gestores de dados para ações de indexação, recuperação e organização em sistemas de informação agrícola.

Camada IV – A camada de governança de dados do OpenSoils permite desenvolver estratégias de governança de dados nos níveis estratégico, tático e operacional. A camada amplia a acessibilidade, compartilhamento e reutilização de dados e permite difundir os conhecimentos sobre a segurança de solos tanto para a comunidade científica quanto para cidadãos, agricultores e gestores públicos e privados.

Adotar os princípios de governança no OpenSoils é vantajoso porque não só alinha nossa plataforma com as principais demandas dos órgãos nacionais internacionais de gestão de dados agrícolas (por exemplo, Infraestrutura Nacional de Dados Abertos (INDA), a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), GODAN (Global Open Data for Agriculture and Nutrition) [33], CGIAR (Consultative Group for International Agricultural Research) [34], Research Data Alliance (RDA)[35], World Data System (ICSU-WDS) [36], entre outros). Além disso, oferecemos serviços baseado em processos padronizados e projetados para assegurar a transparência de dados/processos na coleta e distribuição de dados. A camada incorpora regras, políticas, padrões, segurança, direitos e responsabilidades de usos de dados. Adicionalmente, permite o gerenciamento e licenciamento de dados, uso de ferramentas analíticas e serviços de visualização e geração de mapas que podem ser conectados a outros softwares (por exemplo, QGIS, ArcGIS, R, Tableau ou sci-kit-learn) para produzir relatórios analíticos, mapas raster, entre outros.

Embora a governança, preservação de longo prazo e a curadoria de dados de solos tenham recebido pouca atenção dos governos e das comunidades de pesquisa em segurança de solos, essa camada é fundamental e visa contribuir com as políticas de gestão de dados científicos. Sua função principal é melhorar e manter a qualidade dos *datasets* e das pesquisas em solos. Assim, para ter sucesso na governança, a qualidade deve ser constantemente avaliada e os resultados devem continuamente realimentar as camadas II e III da arquitetura. Além disso, para alcançar um público mais amplo, nossos *datasets* poderão ser compartilhados em redes de dados científicos tais como a RDA, ICSU-WDS, entre outras.

Por fim, destacamos que além do perfil científico, a infraestrutura também possui um perfil social e educacional, as principais amostras de solos coletadas durante as pesquisas de campo podem ser direcionadas para solotecas e museus; essa faceta é inovadora e socialmente inclusiva e permite que estudantes e visitantes sejam conscientizadas sobre as importâncias da segurança de solos e funções e usos dos solos.

4.1 Cenários de uso do OpenSoils

O OpenSoils foi concebido como uma infraestrutura que combina e interopera tecnologias, recursos computacionais (dados, serviços, sensores, nuvens e repositórios digitais) e de comunicações (aplicativos, protocolos e políticas de acesso a dados), para apoiar estruturas organizacionais e pessoas necessárias para conduzir pesquisas em segurança de solos, de forma moderna, colaborativa, inclusiva e cidadã,

Atualmente, o OpenSoils possui três usos principais: (i) oferecer aos pesquisadores e gestores um repositório digital diversificado, integrado e confiável de dados de solos do Brasil. (ii) oferecer ferramentas computacionais e mapas digitais de solos para planejadores de cidades, agrônomos e agricultores para que possam tomar decisões usando dados de solos harmonizados e de alta qualidade. (iii) auxiliar estudantes e o público em geral a melhorar seus conhecimentos sobre os usos dos solos.

Mais especificamente, OpenSoils pode auxiliar em projetos de naturezas diversas, dentre os quais podemos citar: coletas e consultas de dados no campo, busca de dados de solos para estudos estatísticos/preditivos; avaliações da aptidão, conservação, qualidade e de fertilidade dos solos; desenvolvimento de estudos de riscos de erosão, movimentos de massa, alagamento, investigações do potencial de uso agrícola; zoneamento ambiental, econômico e/ou ecológico; avaliação de seguro para empreendimentos agrícolas e não agrícolas; classificação de terras para irrigação; suporte na recomendação de usos de adubos, calagem e gessagem do solo; avaliação de contaminação por metais pesados; apoio a programas educacionais em ciências do solo; apoio na definição de novos critérios taxonômico do SiBCS; geração de mapas digitais de atributos de solos de alta resolução espacial; de procedimentos metodológicos para mapeamentos de solos e suas interpretações técnicas.

5. Considerações finais

Os estudos sistemáticos dos solos têm um papel importantes nos desafios globais de sustentabilidade ambiental, gestão das cidades e principalmente na agricultura. No entanto, ainda existem poucos trabalhos de cunho computacional para apoiar o desenvolvimento das pesquisas em segurança de solos que utilizem grandes volumes de dados de solos. *Open Science*, *e-science* e de dados abertos são conceitos que podem auxiliar os pesquisadores a ampliar a confiabilidade, robustez e reprodutibilidade dos experimentos de segurança do solo e oferecer soluções para uma grande gama de usuários.

5.1 Lições aprendidas

A plataforma OpenSoils é fruto de um esforço coletivo e colaborativo que uniu atividades de ensino, pesquisa e extensão desenvolvidos em regime de parceria entre o PET-SI/UFRRJ (r1.ufrrj.br/petsi) e os departamentos de Computação e de Solos da UFRRJ. No Brasil já existem vários arcabouços legais que servem de fundamentação para a modelagem de plataformas de gestão de dados públicos de natureza científica. Destacamos: (i) o relatório 011.713/2015-1 do TCU que apontou para a insuficiência de informações, plataformas computacionais e a dificuldade de acesso a dados de solos do Brasil; (ii) o conjunto de padrões, tecnologias, procedimentos e mecanismos de controle necessários para disseminar e compartilhar de dados e informações públicas no modelo de dados abertos elencados pela instrução normativa SLTI/MP nº 4/2012 da INDA e; (iii) o decreto 6.666 de

27/11/2008 que instituiu a INDE cuja missão é catalogar, integrar e harmonizar dados geoespaciais existentes nas instituições do governo brasileiro, produtoras e mantenedoras desse tipo de dado.

5.2 Conclusão

Neste artigo, apresentamos o OpenSoils [38], uma nova infraestrutura eletrônica multiusuário que fornece apoio ao ciclo de vida de estudos e projetos em segurança de solos. A infraestrutura armazena e compartilha *datasets* curados e permite a coleta de dados *in situ*, *in vitro* e *in silico* e elaboração de mapas digitais de solos de alta qualidade com base nesses dados curados. O OpenSoils é uma plataforma que já se encontra operacional; seus aplicativos móveis e Web podem ser encontrados na loja do PET-SI no Google Play e no sítio www.opensoils.org.

Como trabalhos futuros, planejamos concluir a implementação da infraestrutura e investigar a ligação semântica entre solos e domínios relacionados para melhorar as políticas de compartilhamento de dados, curadoria de dados e administração de dados. Além disso, planejamos adotar o modelo de ciência cidadã [37] e envolver uma rede de voluntários para auxiliar na coleta de novos dados de solos a serem utilizados nas pesquisas em pedologia e segurança de solos. Também se vislumbra oferecer uma estrutura de treinamento e capacitação baseado em técnicas de educação a distância para ampliar a formação de profissionais em pedologia e áreas afins.

Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido em parte graças as bolsas das agências brasileiras FNDCE e PIBIC/CNPq. Agradecimento dos autores para Renan Toyoyama e ao programa PET-SI/UFRRJ, ao MEC/SESu. S.M.S da Cruz também agradece as redes de pesquisas iberoamericas CYTED BigDSSAgro e SmartLogists@IB.

Referências

- [1] S. Wolfert, L. Ge, C. Verdouw, and M. J. Bogaardt, "Big Data in Smart Farming – A review," *Agric. Syst.*, vol. 153, pp. 69–80, 2017.
- [2] A. Koch *et al.*, "Soil Security: Solving the Global Soil Crisis," *Glob. Policy*, vol. 4, no. 4, pp. 434–441, Nov. 2013.
- [3] A. McBratney, D. J. Field, and A. Koch, "The dimensions of soil security," *Geoderma*, vol. 213, pp. 203–213, 2014.
- [4] A. A. B. de Melo, G. S. Valladares, M. B. Ceddia, M. G. Pereira, and I. Soares, "Spatial distribution of organic carbon and humic substances in irrigated soils under different management systems in a semi-arid zone in Ceará, Brazil," *Semin. Ciências Agrárias*, vol. 37, no. 4, p. 1845, 2016.
- [5] H. van Es, "A New Definition of Soil," *CSA News*, vol. 62, no. 10, p. 20, 2017.
- [6] M. Pansu and J. Gautheyrou, *Handbook of soil analysis: Mineralogical, organic and inorganic methods*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2006.
- [7] D. Yawson, M. Adu, B. Ason, F. Armah, and G. Yengoh, "Putting Soil Security on the Policy Agenda: Need for a Familiar Framework," *Challenges*, vol. 7, no. 2, p. 15, 2016.
- [8] D. Arrouays *et al.*, "Soil legacy data rescue via GlobalSoilMap and other international and national initiatives," *GeoResJ*, vol. 14, pp. 1–19, 2017.
- [9] M. Baker and D. Penny, "Is there a reproducibility crisis?," *Nature*, vol. 533, no. 7604, pp. 452–454, 2016.
- [10] V. C. Neves, D. De Oliveira, K. A. C. S. Ocaña, V. Braganholo, and L. Murta, "Managing Provenance of Implicit Data Flows in Scientific Experiments," *ACM Trans. Internet Technol.*, vol. 17, no. 4, pp. 1–22, 2017.
- [11] D. Fanelli, "Opinion: Is science really facing a reproducibility crisis, and do we need it to?," *Proc. Natl. Acad. Sci.*, vol. 115, no. 11, pp. 2628–2631, 2018.

- [12] M. Hutson, "Artificial intelligence faces reproducibility crisis," *Science* (80-.), vol. 359, no. 6377, pp. 725–726, Feb. 2018.
- [13] J. Freire and F. Chirigati, "Provenance and the Different Flavors of Computational Reproducibility," *Bull. Tech. Comm. Data Eng.*, vol. 41, no. 1, pp. 15–26, 2018.
- [14] M. Munafò, "Open Science and Research Reproducibility," *Ecancermedalscience*, vol. 10, Jun. 2016.
- [15] T. Hey, S. Tansley, and K. Tolle, *The Fourth Paradigm: Data-Intensive Scientific Discovery*. 2009.
- [16] P. Buneman, S. Khanna, and W.-C. Tan, "Data Provenance: Some Basic Issues," *Lect. Notes Comput. Sci. Found. Softw. Technol. Theor. Comput. Sci.*, vol. 1974, pp. 87–93, 2000.
- [17] J. Freire, D. Koop, E. Santos, and C. T. Silva, "Provenance for computational tasks: A survey," *Comput. Sci. Eng.*, vol. 10, no. 3, pp. 11–21, 2008.
- [18] M. C. Visoli, A. R. Silva, and L. E. Gonzales, "Acesso Aberto na Embrapa : breve histórico , avanços recentes e desafios Open Access at Embrapa : brief history , recent advances and challenges Acceso abierto en Embrapa : breve historia , avances recientes y desafíos," vol. 11, pp. 1–6, 2017.
- [19] B. Fecher and S. Friesike, "Open Science: One Term, Five Schools of Thought," *Open. Sci.*, pp. 17–47, 2014.
- [20] R. Lokers, R. Knapen, S. Janssen, Y. van Randen, and J. Jansen, "Analysis of Big Data technologies for use in agro-environmental science," *Environ. Model. Softw.*, vol. 84, pp. 494–504, Oct. 2016.
- [21] EMBRAPA, "BDSOLOS: Banco de dados de solos." [Online]. Available: https://www.bdsolos.cnptia.embrapa.br/consulta_publica.html. [Accessed: 09-Mar-2018].
- [22] "FeBR: Repositório de dados de solos." [Online]. Available: <http://coral.ufsm.br/febr/>. [Accessed: 09-Mar-2018].
- [23] M. D. Wilkinson *et al.*, "The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship," *Sci. Data*, vol. 3, p. 160018, Mar. 2016.
- [24] E. Deelman, D. Gannon, M. Shields, and I. Taylor, "Workflows and e-Science: An overview of workflow system features and capabilities," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 25, no. 5, pp. 528–540, 2009.
- [25] S. M. S. da Cruz, M. L. M. Campos, and M. Mattoso, "Towards a Taxonomy of Provenance in Scientific Workflow Management Systems," *2009 Congr. Serv. - I*, pp. 259–266, 2009.
- [26] M. Mattoso *et al.*, "Towards supporting the life cycle of large scale scientific experiments," *Int. J. Bus. Process Integr. Manag.*, vol. 5, no. 1, p. 79, 2010.
- [27] S. M. S. da Cruz and J. A. P. do Nascimento, "SisGExp: Rethinking long-tail agronomic experiments," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 9672, pp. 214–217, 2016.
- [28] J. A. P. do Nascimento, "RFlow: uma arquitetura para execução e coleta de proveniência de workflows estatísticos," 2015.
- [29] G. S. C. Rizzo, M. B. Ceddia, and S. M. S. da Cruz, "Banco De Dados Pedológico : Primeiros Estudos," p. 2017, 2017.
- [30] L. Moreau and P. Missier, "PROV-DM: The PROV Data Model," *W3C Recommendation*, 2013. [Online]. Available: <http://www.w3.org/TR/prov-dm/>. [Accessed: 24-Mar-2018].
- [31] "DBPedia." [Online]. Available: <http://wiki.dbpedia.org/>. [Accessed: 24-Mar-2018].
- [32] C. Caracciolo *et al.*, "The AGROVOC linked dataset," *Semant. Web*, vol. 4, no. 3, pp. 341–348, 2013.
- [33] GODAN, "Global Open Data for Agriculture and Nutrition". [Online]. Available: <https://www.godan.info/>
- [34] CGIAR, " Consultative Group for International Agricultural Research "[Online]. Available: <https://www.cgiar.org/>
- [35] RDA, "Research Data Sharing Without Barriers." [Online]. Available: <https://www.rd-alliance.org/>. [Accessed: 25-Mar-2018].
- [36] ICSU-WDS, "ICSU - World Data System." [Online]. Available: <http://www.icsu-wds.org/>. [Accessed: 24-Mar-2018].
- [37] C. B. Cooper, J. Dickinson, T. Phillips and R. Bonney, "Citizen Science as a Tool for Conservation in Residential Ecosystems" *Ecology and Society*, vol. 12, no. 2, # 11, 2007.
- [38] Cruz, S. M. S., Ceddia, M. B., Cruz, P. V C. et al. "Towards an e-infrastructure for Open Science in Soils Security" XII Brazilian Workshop o E-Science. XXXVIII Congresso Sociedade Brasileira da Computação, 2018.

Plataforma de gestión para MicroGrids

Raúl Moralejo^{a,b}, Luis Antonio Storni^b,

^aEscuela de Tecnología de la Información y las Comunicaciones
Departamento de Básicas y Tecnológicas
UNdeC - Universidad Nacional de Chilecito
romoralejo@gmail.com

^bGridTICs – Grupo en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
Facultad Regional Mendoza
Universidad Tecnológica Nacional
romoralejo@gmail.com, antoniostorni@gmail.com

Resúmen. Se está produciendo un cambio de paradigma en la forma en que se genera la energía eléctrica desde el concepto tradicional de generadores centralizados de gran tamaño hacia pequeños generadores conectados al sistema de distribución impulsado por fuentes no convencionales y renovables. Los pequeños generadores antiguamente se utilizaban sólo para casos de emergencia y no estaban conectados con la red. La tendencia actual tiende a cambiar el papel de estas generaciones distribuidas, que se convertirán en la fuente de energía primaria en forma de Microgrid. El objetivo de este proyecto fue generar una herramienta para entender, analizar y facilitar el control y orquestamiento de microgrids, así como también hacer visible su valor económico y ambiental.

Palabras clave: Microgrids, generación de energía, generación distribuida, fuentes renovables.

Eje temático: Internet de las Cosas (IoT) / sensores.

1. Problemática y contexto en que se propuso el proyecto

Una Microgrid es un grupo localizado de fuentes y cargas de electricidad que normalmente opera conectada en forma sincrónica con la red eléctrica tradicional (macrogrid), pero que también puede desconectarse y funcionar en “modo isla”, de forma autónoma si las condiciones físicas o económicas lo requieren [1].

Las mismas pueden integrar distintas fuentes de generación eléctricas, principalmente fuentes de energía renovable, y pueden suministrar energía, cambiando entre los modos “isla” y conectado a la red tradicional.

La producción de electricidad descentralizada puede permitir una forma más óptima de dar acceso a una energía sustentable.

Un reto a tener en cuenta es que el consumo eléctrico promedio sigue creciendo a nivel mundial a [2] y a su vez, las emisiones de CO2 provenientes de la generación de energía también aumentan.

En el mismo contexto, según el informe de la Agencia Internacional de Energía (AIE), mil millones de personas en el mundo no tienen acceso a la electricidad, y se espera que para el año 2030 aún 675 millones de personas sigan sin acceso a la misma [3].

El objetivo principal del proyecto fue crear una plataforma de IoT (Internet of Things) capaz de controlar y monitorear múltiples dispositivos eléctricos “inteligentes”, logrando así una solución de controlador de Microgrid de uso fácil para los usuarios.

2. Resultados obtenidos e impacto de la investigación

Los ejes principales de la investigación son IoT (Internet of Things), software de base libre (lenguaje de programación, framework, base de datos, sistema operativo) para el desarrollo de plataforma, estándares de la industria como [4] CIM (Modelo de Información Común) e [5] IEC (International Electrotechnical Commission) 61850, y dispositivos smart (medidores inteligentes, actuadores, etc.).

La interfaz de la plataforma desarrollada es web, y el proyecto hace uso de los estándares de la industria, como el CIM (Modelo de Información Común) e IEC (International Electrotechnical Commission) 61850, y es extensible a interfaces con otros protocolos.

Los dispositivos “smart”, como medidores inteligentes y actuadores de interconexión, que tienen la capacidad de comunicarse con la plataforma, juegan un rol fundamental en el proyecto. Se realizaron adaptadores para lectura de registros MODBUS RTU de medidores genéricos.

La plataforma se encuentra en funcionamiento a modo de prueba en la UNdeC (Universidad Nacional de Chilecito) y en la UTN-FRM (Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Mendoza).

2.1 Beneficios de uso

Los beneficios del uso eficiente de microgrids podrían dividirse en 3 categorías:

Medioambientales

Facilitar el uso de energías renovables para poder así reducir la huella de carbono (CO2 principalmente) [6]. De esta forma también generamos un sistema eléctrico respetuoso con el Medio Ambiente y sostenible en el tiempo.

Reducir la dependencia de las energías más contaminantes (petróleo, carbón y gas)[7].

Reducir las pérdidas de transmisión y distribución [8]. Al generar la energía en el mismo sitio donde se consume no es necesario transportarla. Eso permite ahorrar debido a que no se producen

pérdidas por transporte. Además hace posible un sistema eléctrico más liviano y distribuido que tiene muchas ventajas.

Reducción del costo de las infraestructuras. Al no tener que transportar energía la infraestructura puede ser más pequeña, más distribuida y por lo tanto más tolerante a fallos.

Sociales

Permite el suministro eléctrico de pequeños núcleos de población aislados.

Contribuyen a la concienciación y la importancia del ahorro energético.

Permiten la autogestión energética de un colectivo y por lo tanto su independencia.

Transferencia de conocimientos efectiva de la Universidad a la sociedad.

Técnicos

Contribuye a la estabilidad de la red de distribución al crear pequeñas subredes que pueden trabajar tanto de forma aislada como conectadas a la red. Esto permite detectar fallos en la red y aislar el microgrid de la red.

Reduce las pérdidas de las redes de transporte y distribución.

Minimiza las consecuencias negativas de los cortes y fallos en el suministro eléctrico frente a posibles desastres naturales. [9]

Permite el funcionamiento tanto aislado como interconectado, incluso conexión y desconexión en el tiempo dependiendo del comportamiento de la red.

Mayor facilidad para modificaciones o ampliaciones. Al tratarse de pequeñas subredes conectadas ofrecen mucha versatilidad para hacer una ampliación de la red sin afectar al resto de la red.

3. Aspectos críticos y relevantes a resaltar y detallar

La investigación nos permitió detectar los siguientes casos de uso, los cuales sirvieron como base para el desarrollo de la plataforma.

3.1 MicroGrid solar

- Si la energía solar está disponible y es suficiente, esta alimenta los consumos, carga las baterías y el excedente se inyecta en la red eléctrica externa.
- Si la energía solar está disponible pero no es suficiente, esta alimenta los consumos junto con la energía de la batería hasta llegar al valor configurado de carga mínima de batería para pasar a red eléctrica externa.
- Si la energía solar no está disponible, la energía de batería alimenta los consumos hasta llegar al valor configurado de carga mínima de batería para pasar a red eléctrica externa.
- Si las baterías llegan al valor de carga mínima para pasar a red externa, la red junto con la energía solar disponible alimentan los consumos y cargan las baterías.

3.2 Gestión de recursos

- Gestión de dispositivos.
- Control inteligente de iluminación.
- Smart Metering, mediciones de consumo por sectores.
- Gráficos, alertas de consumo, predicciones.

- Monitoreo de calidad de servicio.

4. Descripción de la solución tecnológica

4.1 Funcionamiento de la plataforma

Un operador utiliza una aplicación web que monitorea y controla dispositivos, a través de la plataforma, los cuales podrán estar divididos en distintos dominios, como por ejemplo, “Iluminación”, “Smart Metering”, “Calidad de Servicio eléctrico”, “Generación”, etc.

La plataforma utiliza estándares de comunicación que garantizan la autorización y autenticación de los usuarios, usando protocolos seguros y abiertos, para evitar generar una dependencia hacia una marca o modelo específico, o “vendor lock-in”.

A su vez, el compromiso del proyecto es usar software libre. El código abierto nos ayudó a lograr el desarrollo en menor tiempo, logrando una mayor colaboración de la comunidad, reduciendo costos y a su vez, así como en el caso del hardware, evitamos el “vendor lock-in”.

4.2 Software de base utilizado

Lenguaje de programación Python [10].

Para la plataforma de administración web, el framework Django/Python [11].

Base de datos PostgreSQL [12].

Sistema operativo Linux, Ubuntu Server [13].

4.3 Principales pantallas de la plataforma

Fig. 1. Tablero de control con indicadores

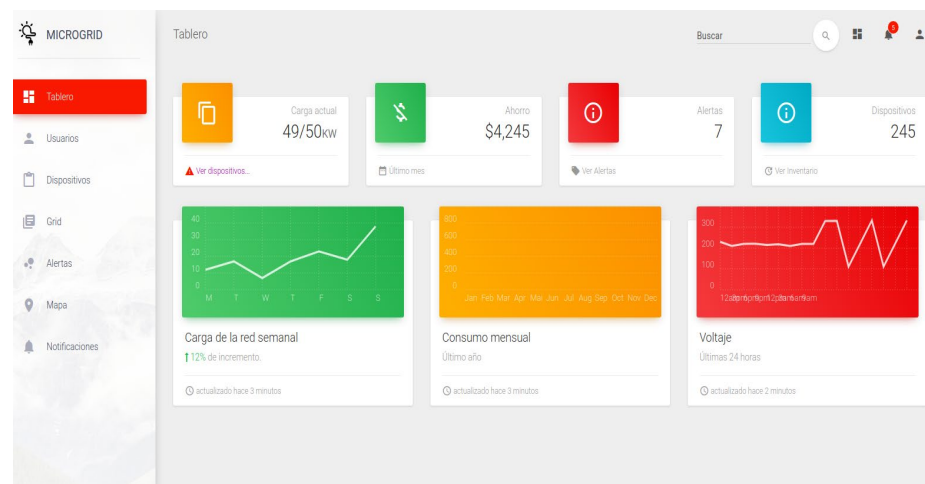


Fig. 2. Sistema de alertas desplegable

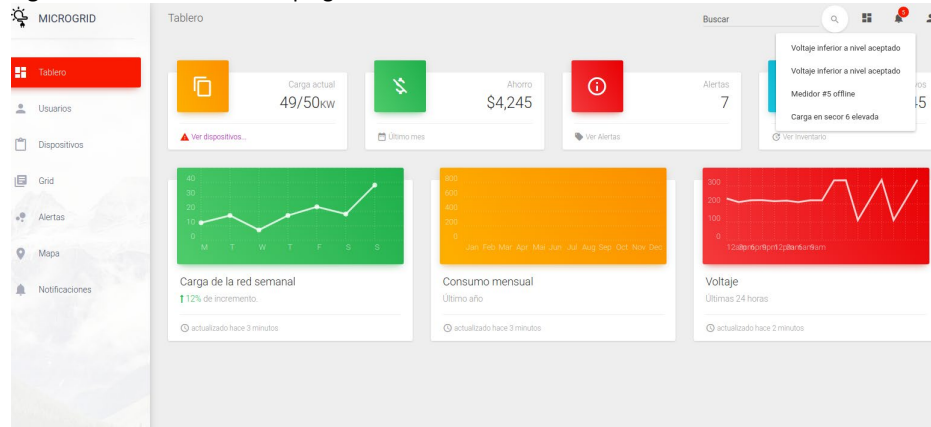


Fig. 3. Gestión de dispositivos

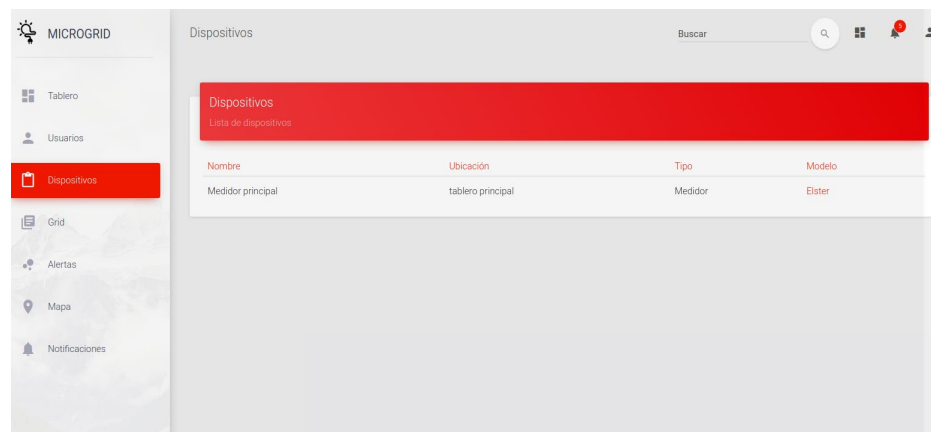


Fig. 4. Esquema de microgrid (figura indicativa)

En la figura 4, se puede ver como se conectaría el inversor híbrido tanto a los paneles solares como a la red eléctrica externa. En la topología figuran también las distintas cargas a conectar (luces, motores, equipamiento en general), así como también indicadores de consumo, voltaje y estado general de la red.



5. Descripción de la experiencia adquirida - Aprendizaje

Uno de los principales objetivos del proyecto fué la formación de los recursos humanos. La meta como investigadores es la capacidad para realizar investigación científica, generar conocimiento y facilitar la transferencia de tecnología a la sociedad. Este proyecto de investigación posibilita la colaboración inter-institucional y la ejecución entre grupos de I+D.

Para lograr estos objetivos se dispuso del siguiente personal: 1 Investigador formado y 2 Investigadores de apoyo.

El proyecto nos ha permitido iniciar la investigación en IoT (Internet of Things), software de base libre (lenguaje de programación, framework, base de datos, sistema operativo) para el desarrollo de plataforma, estándares de la industria como [2] CIM (Modelo de Información Común) e [4] IEC (International Electrotechnical Commission) 61850, y dispositivos smart (medidores inteligentes, actuadores, etc.).

Logramos desarrollar y tener en funcionamiento la plataforma a modo de prueba en la UNdeC (Universidad Nacional de Chilecito) y en la UTN-FRM (Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Mendoza).

Los próximos pasos consisten en seguir con la investigación de los temas iniciados, elaborar cursos, seminarios y conferencias.

6. Descripción de la red de colaboración que participa en el proyecto

Participa la UNdeC (Universidad Nacional de Chilecito) Escuela de Tecnología de la Información y las Comunicaciones Departamento de Básicas y Tecnológicas y la UTN-FRM (Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Mendoza) GridTICs - Grupo en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

7. Bibliografía

1. The Microgrids Group at Berkeley Lab <https://building-microgrid.lbl.gov/about-microgrids>
2. BP: Statistical Review of World Energy, Workbook (xlsx), London, 2016 <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
3. IEA - Energy Access Outlook 2017 <https://www.iea.org/access2017/>
4. Interoperabilidad para la red eléctrica inteligente Modelo CIM https://www.researchgate.net/publication/274711910_Interoperabilidad_para_la_red_electrica_inteligente_Modelo_CIM_y_su_proceso_de_adopcion
5. IEC 61850 <https://webstore.iec.ch/publication/6028>
6. Quantitative Evaluations of CO2 Reduction by Microgrid with PV and Battery <http://ieeexplore.ieee.org/document/4918633/>
7. Hybrid renewable energy system integration in the micro-grid: Indian context <https://ieeexplore.ieee.org/document/7918245/>
8. Minimizing Transmission Loss in Smart Microgrids by Sharing Renewable Energy https://www.researchgate.net/publication/313329550_Minimizing_Transmission_Loss_in_Smart_Microgrids_by_Sharing_Renewable_Energy
9. Microgrids Sustain Power During Natural Disasters <http://www.govtech.com/dc/articles/Microgrids-Sustain-Power-During-Natural-Disasters.html>
10. Python <https://www.python.org/>
11. Django Project <https://www.djangoproject.com/>
12. PostgreSQL <https://www.postgresql.org/>
13. Ubuntu <https://www.ubuntu.com/>

Legado digital da viagem de Spix e Martius pelo Brasil: e-ciência, arte e cultura

Vanderlei Perez Canhos^a, Sidnei de Sousa^a, Ingrid Koch^b, Dora Ann Lange Canhos^a

^a Centro de Referência em Informação Ambiental (CRIA), Av. Romeu Tórtima 388, 13084-791, Campinas, São Paulo, Brasil. vcanhos@cria.org.br, sidnei@cria.org.br, dora@cria.org.br

^b Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Botânica, Caixa Postal 6109, 13083-970 Campinas - São Paulo, Brasil. ikoch@unicamp.br

Resumo: A apresentação tem como meta mostrar a estratégia de consolidação da plataforma digital do legado da expedição Spix e Martius pelo Brasil (1817-1820), integrando dados de ocorrência, imagens e sons de espécies biológicas com publicações on-line. O esforço prevê também a integração de imagens de obras de arte e cultura mantidas em acervos no país e exterior, sempre que associadas a expedição dos naturalistas bávaros pelo Brasil. Visando ampliar a interoperabilidade dos sistemas de informação desenvolvidos em parcerias com redes colaborativas e gerenciados pelo Centro de Referência em Informação Ambiental (CRIA), serão mapeadas iniciativas complementares com foco no uso, reuso e permanência dos dados e imagens através da plataforma digital do legado da obra de Spix e Martius,

Palavras Chave: Biodiversidade, infraestrutura de dados abertos, e-ciência, arte e cultura em redes colaborativas, tecnologia de informação e comunicação, gestão de dados e sons e visualização de imagens.

Eixo temático: biodiversidade; arte e cultura em rede

1. Introdução

Um dos mais importantes legados de ciência, arte e cultura no Brasil é derivado da viagem de Spix e Martius pelo Brasil entre 1817 e 1820. Ao longo de quase duas décadas de existência, o Centro de Referência em Informação Ambiental (CRIA) vem cumprindo a sua missão institucional de ampliar o acesso livre e aberto a dados e informação relevante para o conhecimento, conservação e uso sustentável da biodiversidade brasileira. O ícone deste esforço é sintetizado na ampliação e consolidação da rede *speciesLink*, uma infraestrutura de dados com mais de nove milhões de registros de amostras em coleções biológicas e dois milhões de imagens associadas. Através dessa rede foram repatriados dados e imagens associadas ao material coletado por Spix e Martius depositadas em coleções biológicas no Brasil e no exterior. As ferramentas e aplicativos desenvolvidos para facilitar o acesso, visualização de dados e imagens e indicadores de uso, são componentes fundamentais da infraestrutura. Um desafio importante é ampliar o uso desta infraestrutura de dado por diferentes audiências, além da comunidade científica. O trabalho para ampliar apropriação legado digital de Martius e Spix pela comunidade associada à produção de arte e cultura é o foco deste esforço. Esta iniciativa deverá ser acompanhado pelo desenvolvimento de novas estratégias de colaboração com redes de especialistas envolvidos com a difusão inovadora em arte e cultura.

2. A viagem pelo Brasil e o legado científico e cultural

A viagem de Spix e Martius pelo Brasil

A expedição de Spix e Martius pelo interior do Brasil, foi uma viagem de exploração e documentação científica e cultural quando foram percorridos 10.000 km. Partindo do Rio de Janeiro, seguiram para São Paulo e Minas Gerais, embrenhando-se pelo sertão e subindo o rio São Francisco até os limites de Goiás. Passaram pela Bahia e Pernambuco, transpondo a Serra Dois Irmãos, visitaram as províncias do Piauí e Maranhão. De lá, seguiram para Belém do Pará, chegando ao rio Amazonas, terminando a viagem em Santarém. As amostras biológicas e artefatos coletados na expedição foram enviados para Munique e hoje fazem parte dos acervos do Jardim Botânico de Munique⁴, das Coleções Zoológicas da Baviera⁵ e do Museu dos Cinco Continentes⁶. Os diários de campo, mapas e material bibliográfico estão depositados no acervo da Biblioteca do Estado da Baviera. As amostras coletadas e as anotações de campo constituem a base do trabalho de inventário de espécies da flora e da fauna brasileira, e da produção de mapas da biogeografia do Brasil, mostrando a riqueza e diferença da Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga e Floresta Amazônica. O relato da viagem publicado por J.B Spix em parceria com Carl P. von Martius - *Reise in Brasilien* (Viagem pelo Brasil, 1823, 1828 e 1831)⁷ é a pedra fundamental na estruturação da plataforma digital do legado da expedição.

3. Legado da expedição

A viagem ao Brasil foi decisiva na obra de Martius e Spix. A expedição resultou em dezenas de publicações focadas em botânica, zoologia, etnografia, linguística, além da própria narrativa da viagem. Johann B. von Spix foi o primeiro zoólogo a pesquisar a região amazônica brasileira e o seu trabalho tornou-se fundamental para estudiosos de todos os tempos, merecendo destaque suas pesquisas sobre os animais vertebrados. Quando retornou à Europa desenvolveu um inventário pormenorizado e amplo sobre a natureza brasileira. Com a saúde fragilizada após o retorno da viagem, em apenas seis anos Spix publicou tratados completos descrevendo cerca de quinhentos moluscos e vertebrados. Obras de destaque do trabalho de Spix incluem as seguintes publicações: *Simiarum et vespertilionum Brasiliensium species novae ou Historie Naturelle* (1823), com a descrição de novas espécies de macacos e morcegos, *Animalia Nova seve species novae Lacertarum* (1824), sobre lagartos, cobras, tartarugas e sapos, e dois volumes sobre aves *Avium species novae, quas in itinere per Brasiliam* (1824-1825), publicados com a contribuição de Johann G. Wagler. Após a morte de Spix foram publicados outros tratados taxonômicos incluindo o *Selecta genera et species Piscium quos in itinere per Brasiliam* (1829), descrevendo diversas espécies de peixes em co-autoria com Louis Agassiz, e a obra *Delectus animalium articulorum, quae in itinere per Brasiliam* (1830), que traz a descrição insetos, com a apresentação do entomologista Maximilian Perty. O legado de Martius é muito expressivo, pois ele passou os quarenta e oito anos restantes da sua vida, trabalhando nas publicações associadas à flora do Brasil e outros documentos derivados de anotações da viagem. Além do destaque à Flora brasiliensis, um clássico de todas as floras, Martius publicou várias obras de grande relevância para o desenvolvimento científico e cultural do Brasil, incluindo a *Historia Naturalis Palmarum-nova genere et species plantarum*, O Estado de Direito entre os autoctones do Brasil (1832), O passado e o futuro dos seres americanos (1839) Natureza, doenças, medicina e remédios dos índios brasileiros (1844), a listagem de nomes de plantas na língua tupi (1858) além do *Glossaria*

⁴ <http://www.botmuc.de>

⁵ <http://www.zsm.mwn.de>

⁶ <https://www.museum-fuenf-kontinente.de>

⁷ <https://www.bbm.usp.br/node/326>

Linguarum Brasiliensium (1863). Merece também destaque o trabalho "Como se deve escrever a História do Brasil" publicado na revista de Trimestral de História e Geographia, número 24, janeiro de 1845, pgs 389-411.

4. Ampliação e consolidação da plataforma digital do legado de Spix e Martius

Flora Brasiliensis online

*Flora brasiliensis online*⁸ é um sistema de informação desenvolvido pelo CRIA em 2005 e disponibiliza, online, a magnífica obra publicada entre 1840 e 1906 pelos editores Carl Friedrich Philipp von Martius, August Wilhelm Eichler e Ignatz Urban. A obra que contou com a contribuição de 65 especialistas de vários países, esta disponível de forma livre e aberta na internet a qualquer interessado. Contém tratamentos taxonômicos de 22.767 espécies, a maioria de angiospermas brasileiras, reunidos em 15 volumes, divididos em 40 partes, com um total de 10.367 páginas. Além das descrições taxonômicas em latim, a *Flora brasiliensis* contém 3.811 litografias de altíssima qualidade, muito ricas em detalhes, muito utilizadas em aulas de botânica e na identificação de espécies (fig1). O sistema é fruto da parceria entre a Universidade de Campinas, Unicamp, o Jardim Botânico de Missouri e o CRIA. O seu desenvolvimento contou com o apoio da Fapesp, Fundação Vitae e Natura, e após o lançamento *online* em 2006, o sistema de informação tem sido mantido com recursos do CRIA.

Vol. IV, Part II, Fasc. 108 Prancha 42 Publicado em 01-Set-1890
Familia Cactaceae SubFamilia Cereoideae Seção Echinocactaeae Gênero Cereus Haw. Seção Eucereus K.Schum. Cereus triangularis Haw.



Figura 1. Prancha da obra *Flora brasiliensis*

Essa obra ainda é a única Flora do Brasil completa, incluindo a descrição e imagens das espécies descritas. Em 2010 foi publicado o Catálogo de Plantas e Fungos do Brasil⁹, listando os nomes aceitos e a sua ocorrência em diferentes regiões, estados e domínios fitogeográficos, complementada pelos números de vouchers e referências bibliográficas. O livro impresso foi produzido a partir do sistema online desenvolvido pelo CRIA, sob a coordenação do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. O esforço contou com a colaboração em rede de mais de 400 taxonomistas do Brasil e do

⁸ <http://fb.cria.org.br>

⁹ <http://dspace.ibri.gov.br/jspui/handle/doc/35>

exterior. A lista on-line da flora do Brasil foi encerrada em 2015 e a partir dela foi desenvolvido um novo sistema pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE) para apoiar o desenvolvimento da Flora 2020 sob a coordenação do jardim Botânico do Rio de Janeiro.

5. Rede speciesLink: dados, ferramentas, aplicativos e uso

A rede speciesLink é um dos mais importantes sistemas de disseminação de dados, imagens e conhecimento sobre a biodiversidade brasileira e uma das mais inovadoras do mundo. É fruto do trabalho de colaboração em rede, com o envolvimento do Centro de Referência em Informação Ambiental – CRIA e da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa – RNP, que viabiliza a integração de um grande número de provedores e usuários de dados da rede (fig2).

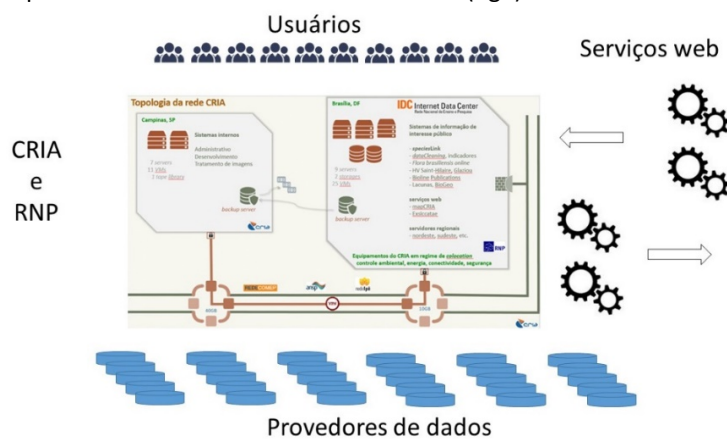


Figura 2. Atores da rede speciesLink

O CRIA é responsável pelo desenvolvimento e manutenção do sistema de informação, servindo dados através da interface de busca e serviços web. Através do Integrated Publishing Toolkit (IPT) o sistema compartilha dados com a rede global GBIF, SIBBr e iDigBio. A e-infraestrutura também se beneficia com a integração de dados de outros sistemas de informação estruturados como o iDigBio, CNCFlora, Biodiversity Heritage Library, Flora 2020 e o Catálogo da Vida, entre outros. Estes mecanismos de integração e interoperabilidade permitem agregar valor aos dados disponibilizados na rede. Os sistemas desenvolvidos pelo CRIA estão hospedados no Internet Data Center (IDC) da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) que provê o acesso do CRIA à Internet através da Redecomep de Campinas. Esta conexão de alta capacidade possibilita a gestão remota dos sistemas hospedados no IDC da RNP, que também é responsável pelo acesso internet da maioria das instituições públicas de pesquisa do país via Rede Ipê (fig. 3).

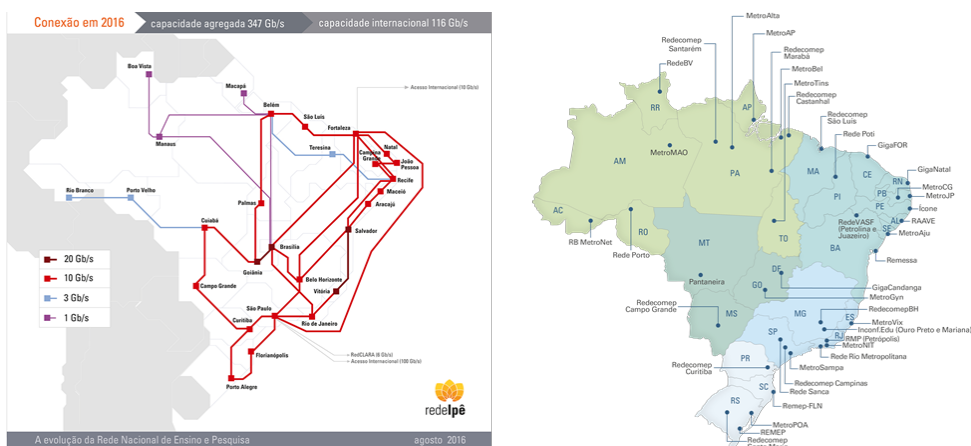


Figura 3 Diagrama das redes Ipê e Redecomep

A rede speciesLink integra 477 conjuntos de dados provenientes de 143 instituições nacionais, 31 instituições do exterior e 4 fototecas. Há pelo menos uma coleção biológica em cada unidade da federação, compartilhando seus dados com a rede (fig 4). É importante destacar a participação expressiva das universidades na ampliação e uso da infraestrutura de dados em programas de formação de recursos humanos. Cerca de 95% dos herbários que compartilham dados através o INCT – Herbário Virtual da Flora e dos Fungos¹⁰ estão associados a programas de pós-graduação.

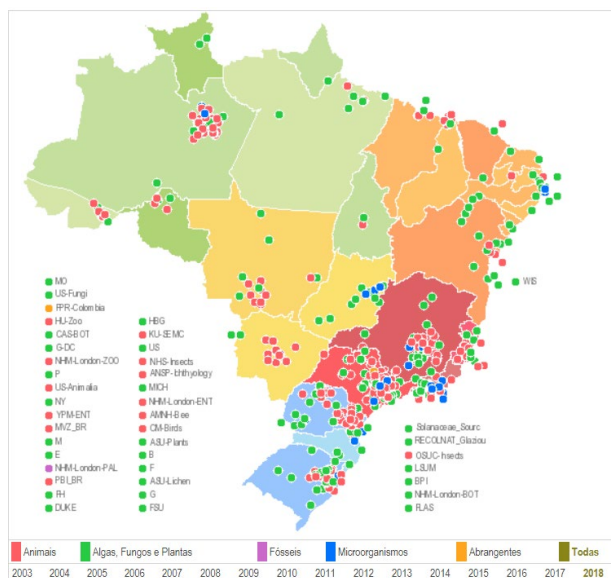


Figura 4. Distribuição geográfica dos 477 provedores de dados do país associados à rede speciesLink e listagem dos provedores do exterior

A rede speciesLink mantém um indicador dinâmico on-line sobre o uso dos dados da rede. Esse indicador contabiliza apenas os dados que, após serem recuperados em uma busca, são utilizados pelos usuários na produção de gráficos, mapas, listas, catálogos, fichas ou download através da interface web. A figura 5 mostra a evolução anual do uso dos dados da rede e compara o acervo médio on-line com a quantidade de registros efetivamente utilizados.

¹⁰ <http://inct.splink.org.br>



A integração de dados científicos e uso das ferramentas da rede speciesLink com dados, imagens do legado histórico e artístico da expedição de Spix e Martius pelo Brasil está em curso. Visando atingir um público amplo, o estudo e discussão do uso da plataforma digital na organização de exposição em museu de ciências que tem como público alvo crianças e jovens em idade escolar, está em fase de detalhamento e captação de recursos.

6. Conclusão

No cenário internacional as instituições científicas e culturais estão experimentando transformações importantes na forma de produção e reprodução do uso do conhecimento na difusão de arte e cultura. Museus tradicionalmente estabelecidos para coletar, organizar e arquivar objetos e conhecimento de interesse científico e cultural estão enfrentando novos desafios que demandam a apropriação de avanços em Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs). A utilização distribuída e colaborativa de ferramentas digitais permite novos avanços e uma nova cartografia de centros culturais que não possuem valiosos acervos históricos, abrindo novas caminhos para a difusão do conhecimento e cultura. Neste sentido a esforço da consolidação da plataforma digital do legado de Spix e Martius, permitirá a avaliação e desenvolvimento de novos mecanismos para aliviar as assimetrias existentes entre instituições de países ricos e países em desenvolvimento.

Referências

1. Fittkau, Ernst Josef. Johann Baptist Ritter von Spix: primeiro zoólogo de Munique e pesquisador no Brasil. História, Ciências, Saúde-Manguinhos, Rio de Janeiro, vol.08, supl.0 (2001).
2. Lisboa, Karen Macknow A nova Atlântida de Spix e Martius: natureza e civilização na viagem pelo Brasil (1817-1820). São Paulo, Hucitec/Fapesp. (1997)
3. SPIX e MARTIUS. Viagem pelo Brasil. 3 volumes. Tradução de Lúcia Furquim Lahmeyer. 3ª edição. São Paulo: Edições Melhoramentos, 1976.
4. Spix, J. B. 1823 Simiarum et vespertilionum Brasiliensium species novae ou histoire naturelle des espèces nouvelles des singes et de chauves-souris observées et recueillies pendant le voyage dans l'intérieur du Brésil. Monachii, Typis Francisci Seraphi Hybschmanni, I-VIII, pp. 1-72, 28 Taf.
5. Spix, J. B. 1824a Animalia nova sive species novae testudinum et ranarum, quas in itinere per Brasiliam annis MDCCCXVII-MDCCCXX jussu et auspiciis Maximiliani Josephi I Bavariae Regis suscepto collegit et descripsit. Monachii, Typis Francisci Seraphi Hybschmanni, pp. 1-29, 22 Taf.
6. Spix, J. B. 1824b Avium species novae, quas in itinere per Brasiliam annis MDCCCXVII- MDCCCXX jussu et auspiciis Maximiliani Josephi I Bavariae Regis suscepto collegit et descripsit. Monachii, Typis Francisci Seraphi Hybschmanni, I, pp. 1-90, 91 Taf.; tom. II, pp. 1-85, 109 Taf.

7. Spix, J. B. 1825 *Animalia nova sive species novae lacertarum, quas in itinere per Brasiliam annis MDCCCXVII-MDCCCXX jussu et auspiciis Maximiliani Josephi I Bavariae Regis suscepto collegit et descripsit*. Monachii, Typis Francisci Seraphi Hyschmanni, pp. 1-26, 28 Taf.
8. Spix, J. B. e 1824c *Serpentum Brasiliensium species novae ou histoire naturelle des espèces Wagler, J. G. nouvelles de serpens recueillies et observées pendant le voyage dans l'intérieur du Brésil dans les années 1817, 1818, 1819, 1820*. Monachii, Typis Francisci Seraphi Hybschmanni, pp. 1-75, 26 Taf.
9. Spix, J. B. e 1829-1831 *Selecta genera et species piscium quos in itinere per Brasiliam annis Agassiz, L. R. MDCCCXVII-MDCCCXX jussu et auspiciis Maximiliani Josephi I. Bavariae regis augustissimi peracto colleget et pingendos curavit dr. J. B. de Spix, ... digessit, descripit et observationibus anatomicus illustravit dr. L. Agassiz, praefatus est et edidit itineris socius dr. F. C. Ph. de Martius*. Monachii, I-xvii + i-ii + 138 pp., 101 pls.
10. Spix, J. B. e Wagner, J. A. 1827 *Testacea fluviatilia Brasiliensia*. Munique, Herausgeber Dr. F. A Paul von Schrank und Dr. C. F. P. von Martius. 36 S., 29 Tafeln.
11. Vessuri, Hebe: *Museos en la transición digital ? Nuevas asimetrías?* Fuente; Goebel, Barbara y Gloria Chicote(eds). *Movilidad digital de objetos. tecnologías recientes e intercambio transatlántico de conocimientos*. Berlín, IAI-INLP. (2017)

SESIÓN | CIENCIA CIUDADANA

AppEAR: una aplicación móvil de ciencia ciudadana para mapear la calidad de los hábitats acuáticos continentales

Joaquín Cochero¹

^a Instituto de Limnología “Dr. Raúl A. Ringuelet” – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina, Boulevard 120 e/ 61 y 62 S/N,
1900 La Plata, Argentina
jcochero@ilpla.edu.ar

Resumen. La ciencia ciudadana, o ciencia participativa, es el proceso a través del cual el público en general contribuye activamente a proyectos científicos. Los proyectos de ciencia ciudadana han proliferado en las últimas décadas gracias a internet, y están demostrando ser de gran utilidad para complementar los monitoreos ambientales “tradicionales”. AppEAR (“app” para la Evaluación de Ambientes Ribereños) tiene como objetivo contribuir al mapeo del estado de los ambientes acuáticos continentales, con principal énfasis en el hábitat de sus riberas y costas, dentro de un marco de ciencia ciudadana colaborativa. Consiste de una aplicación móvil gratuita que permite a los usuarios evaluar el hábitat de ríos, arroyos, lagos y estuarios desde dispositivos móviles, empleando cuestionarios y fotografías. La aplicación también incluye material educativo y lúdico para diversas edades, todas relacionadas con las características y el cuidado de los ecosistemas acuáticos de aguas continentales. En su primer año, el proyecto AppEAR ha incorporado unos 460 usuarios, que han aportado información sobre 131 sitios muestreados en todo el país. A través de sus aportes, los ciudadanos científicos reconocieron las problemáticas ambientales más comunes percibidas, que incluyen el uso del suelo que rodea el sitio, la calidad de la vegetación de ribera y la presencia de basura. Aunque es importante conocer y reconocer las limitaciones de la utilización de herramientas digitales masivas para la recolección de datos con fines científicos, las mismas deben ser entendidas como un complemento a las técnicas utilizadas en monitoreos tradicionales, que pueden enriquecer las distintas etapas de los estudios de investigación.

Palabras Clave: Android, app, ciudadano científico, ciencia ciudadana, educación ambiental.

Eje temático: Medio Ambiente (Ciencia Ciudadana)

Introducción

La ciencia ciudadana, o ciencia participativa, es el proceso a través del cual el público en general contribuye activamente a proyectos científicos, sin necesariamente ser científicos profesionales [1]. Esta metodología está demostrando ser de gran utilidad para complementar las posibles limitaciones de los monitoreos ambientales más “tradicionales”, es decir, aquellos generalmente llevados a cabo por esfuerzos coordinados entre científicos y agencias gubernamentales empleando herramientas estandarizadas [2] [3] [4]. Dependiendo de las características del proyecto, estas limitaciones pueden incluir complicaciones en la colecta de grandes volúmenes de datos, a escalas espaciales generalmente pequeñas, y a veces a grandes costos económicos [5] [6] [7].

A pesar de que las observaciones de los naturalistas amateurs ha sido de importancia por siglos, los proyectos de ciencia ciudadana han proliferado en las últimas décadas, con la habilidad de seguir los cambios en impactos sociales y ecológicos a grandes escalas espaciales y temporales a través de internet [8]. Aplicaciones sofisticadas en línea emplean de manera efectiva el concepto de colaboración abierta distribuida (“crowdsourcing”) para recolectar datos a través de grandes regiones geográficas, ofreciendo la oportunidad a los participantes de proveer, tener acceso, e interpretar los datos de manera colectiva [6]. Tecnologías asociadas a los dispositivos móviles a través de aplicaciones (apps), redes de sensores inalámbricos, y computación y juegos en línea, se muestran como una gran promesa para avanzar en lo que es llamado “ciencia ciudadana digital” [9]. La incorporación a los proyectos de ciencia ciudadana digital conceptos de “gamificación” (del inglés “gamification”, el uso de las mecánicas del juego, su estética y el pensamiento para involucrar a la gente, motivar la acción, promover el aprendizaje y resolver problemas; [10]), puede tener la capacidad de motivar a los participantes de los proyectos de ciencia ciudadana y atraer nuevos [11].

Los datos producidos por “ciudadanos científicos” (también llamados científicos amateurs o voluntarios) no sólo pueden contribuir enormemente a los programas de monitoreo ecológico, sino también integrar a los usuarios en el proceso de generación de conocimiento científico [12] [13]. Los participantes de los proyectos acceden así a materiales y protocolos de enseñanza, recolectan datos, los ingresan a bases de datos centralizadas, e incluso contribuyen con su validación y análisis. De manera abierta, a su vez, pueden ver los resultados de los demás participantes a través de gráficos y mapas interactivos. La ciencia ciudadana participa además en la educación de nuevos actores, acompañando una concienciación social sobre los componentes ambientales, el empoderamiento de las acciones individuales ante el fenómeno, y la demanda del accionar político-económico para incluir conceptos ambientales en agendas gubernamentales [2].

Los retos asociados con la ciencia ciudadana se pueden resumir en tres categorías: de organización, de recolección de datos y de uso de datos [2]. Entre las problemáticas de organización se mencionan el financiamiento [14], el reclutamiento de ciudadanos científicos [15], el acceso a la información [16] y la generación de redes de trabajo [16]. En el caso de la recolección de datos los problemas más comunes incluyen la fragmentación de datos, su falta de precisión y la falta de objetividad de los participantes [14], principales consecuencias de la variabilidad en la habilidad, experiencia y entrenamiento de los participantes [6] [17]. Por ello la validación tanto de los datos individuales como del conjunto de datos debe incluir en alguna etapa a personal entrenado o profesional. Por último, el uso de los datos obtenidos en proyectos de ciencia ciudadana no siempre alcanzan a ser utilizados en instancias de tomas de decisiones o en artículos científicos [15] [16], y es común que los investigadores no realicen intentos de corregir los errores de muestreo [2] [18].

Cabe también considerar que en proyectos digitales requieren que la usabilidad y el diseño sean efectivos, y que la cantidad de información que se le requiere al usuario sea limitada, generalmente basada en íconos y gráficos más que en la entrada de texto. Esto puede limitar su utilización, pero obliga también a los investigadores a pensar muy críticamente sobre qué información es esencial y

cuál es suplementaria u opcional; para ello, los objetivos del proyecto deben ser concretos y bien definidos.

El proyecto “AppEAR”

El proyecto AppEAR (“app” para la Evaluación de Ambientes Ribereños) tiene como objetivo principal contribuir al mapeo del estado de los ambientes acuáticos continentales, con énfasis en el hábitat de sus riberas y costas, dentro de un marco de ciencia ciudadana. Para alcanzarlo, se propuso el desarrollo de una aplicación móvil gratuita que permita a sus usuarios evaluar el hábitat de dichos ecosistemas (ríos, arroyos, lagos, estuarios) empleando un simple cuestionario y a través de la observación del ambiente que los rodea, sin necesidad de dispositivos de muestreo u observación sofisticados. La aplicación también incluye material educativo y lúdico para diversas edades, todas relacionadas con las características y el cuidado de los ecosistemas acuáticos de aguas continentales.

Como resultados esperados del proyecto se buscará recaudar información sobre cuatro categorías principales: 1) usos del suelo de la zona circundante al cuerpo de agua; 2) características de la vegetación arbórea y acuática; 3) características del agua: color, olor, transparencia, velocidad y 4) características físicas de los márgenes: pendiente, residuos, canalizaciones, etc. Esta información permitirá ir generando, de manera colectiva y colaborativa, una línea de base del estado de los ecosistemas acuáticos continentales. Aunque este

La información recaudada a través de la plataforma es dispuesta en formato abierto y de libre acceso en el sitio web del proyecto. Estos datos podrán ser utilizados sin restricciones por otros científicos, organismos de gestión y educativos para diversos propósitos, como para la generación de índices ecológicos o estudios de líneas de base de ecosistemas acuáticos.

La aplicación móvil “AppEAR”

La aplicación consiste de dos secciones básicas: un cuestionario y la toma de fotografías. Resumidamente, los datos recaudados desde un dispositivo móvil son enviados a un servidor vía internet, que los expone en un mapa virtual de libre acceso. Además de poseer una finalidad científica, la aplicación tiene un componente educativo (con textos, figuras, infografías sobre los ecosistemas acuáticos y juegos) y un componente lúdico, a través de un sistema de puntos y recompensas virtuales.

Construcción de la aplicación

La aplicación fue generada para dispositivos con sistema operativo Android® utilizando el software Anywhere Software B4A Enterprise Edition (Licencia B4X170716-9984-49115). Este software permite la codificación en lenguaje Basic (Visual Basic .NET) y exporta la compilación en lenguaje Java para ser utilizado en dispositivos con sistema operativo Android®.

El flujo de la aplicación (Figura 1) comienza con la solicitud al usuario de sus credenciales (nombre de usuario y clave). Si el usuario no posee dichas credenciales, puede registrarse desde la pantalla inicial completando un formulario, siempre y cuando el dispositivo posea de conexión a internet. También dispone de la opción de seleccionar entre idioma español e inglés, permitiendo captar un público objetivo más amplio al subir la aplicación a diversos catálogos de proyectos de ciencia ciudadana online (ej.: scistarter.com).



Fig. 1. Diagrama de bloques del funcionamiento de la aplicación móvil AppEAR. Los bloques en azul indican la trayectoria desde el inicio de la aplicación hasta el envío de un reporte completo. Los bloques de color rojo demarcan las características educativas de la aplicación, mientras que los de color verde indican las funciones accesorias al funcionamiento.

Menú principal

Desde el menú principal, el usuario tiene cinco opciones:

1. Evaluar un sitio: el comienzo de la evaluación de un sitio.
2. Mi mapa: el usuario puede ver los sitios que envió anteriormente en un mapa.
3. Mi perfil: el usuario puede acceder y modificar su información, así como enviar al servidor las encuestas que no envió anteriormente.
4. Aprender jugando: contiene textos informativos y juegos educativos de dificultad intermedia, referidos a la contaminación, el ciclo hidrológico, las redes tróficas y las comunidades acuáticas.
5. Mini-juegos: este ítem comprende juegos sencillos para niños (juego de memoria, juego de palabras).

La evaluación de un sitio

La evaluación de un sitio requiere de manera obligatoria tres aspectos: a) establecer la localización geográfica del sitio a evaluar; b) tomar al menos una fotografía del sitio; y c) completar una encuesta. Además, se permite la adición de información opcional, en forma de notas y comentarios.

Para establecer la localización geográfica del sitio a evaluar, se muestra un mapa virtual en la pantalla adonde el usuario puede seleccionar manualmente su posición, o automáticamente utilizando el GPS incorporado en el dispositivo.

La toma de fotografías se realiza directamente desde la cámara del dispositivo, o se adjuntan fotografías guardadas en el mismo. Por cada sitio evaluado, la aplicación permite el envío de hasta cinco fotografías. Para cada foto, un texto en la aplicación orienta al usuario en cómo tomar la fotografía para que la revisión del dato sea más sencilla (tomar dos fotos del sitio en general de distintos ángulos, y las restantes tres de características distintivas, como la cantidad de residuos, o la vegetación).

La encuesta varía dependiendo el tipo de ambiente a evaluar en cuatro categorías: ríos de montaña, ríos de llanura, lagunas y estuarios, aunque posee la capacidad de incorporar otros ambientes en actualizaciones posteriores. Para cada ambiente se utilizó un cuestionario que incluye unas preguntas generales a todos y preguntas particulares para cada ambiente. Las preguntas generales de las encuestas fueron redactadas utilizando como referencia los formularios propuestos en el manual de monitoreo rápido de cursos de agua [19], de los cuales se seleccionaron aquellas preguntas de sencilla evaluación visual que no requiriesen de una capacitación adicional de los ciudadanos científicos. Para determinar cuáles preguntas resultaban más fáciles para los usuarios, en una primera instancia se realizaron talleres entre profesionales, y en una segunda etapa se utilizaron los grupos de prueba descriptos más adelante.

El usuario tiene además la opción de agregar comentarios y notas adicionales, así como completar un "check-list" para indicar la presencia de los organismos más frecuentes en los ambientes acuáticos (aves, peces, anfibios, etc.).

Las encuestas

Las preguntas de la encuesta se disponen de manera secuencial, mediante una interfaz gráfica que simula el ambiente acuático elegido y que se modifica expresando las respuestas del usuario.

Las preguntas se clasifican en cuatro categorías: usos del suelo, vegetación, características del agua y modificaciones de la morfología del tramo. Para cada ambiente se ideó un sitio de buena calidad del hábitat y se consideró que las desviaciones de esta situación ideal disminuirían el valor de calidad del hábitat en mayor o menor medida

Con respecto a los usos del suelo, se consideraron como de mejor calidad aquellas zonas de reserva o zonas naturales poco alteradas, con ausencia de feedlots ganaderos o con poco ganado disperso, ya que su presencia puede favorecer la eutrofización [20]. Se consideraron también como elementos que disminuyen la calidad del hábitat la presencia de basura (los plásticos actúan como contaminantes, [21] [22]) y de escombros en las riberas [23] [10]. Asimismo, se consideraron como perjudiciales para la calidad del hábitat la presencia de murallas bordeando los cuerpos de agua, ya que reducen la continuidad natural entre estos ambientes y promueven cambios en el desarrollo de comunidades acuáticas [24]. La presencia de muelles y edificaciones en la ribera también reducen el valor de calidad, ya que los motores de botes y automóviles generan contaminantes que pueden infiltran hacia los cuerpos de agua [25].

Con respecto a la vegetación de ribera, se consideraron como indicadores de mejor calidad la presencia de vegetación de algún tipo (favoreciendo el “efecto filtro”, [26] [27] [28], y particularmente otorgando un mayor valor de calidad si la vegetación presente no es exótica. Asimismo, la cobertura parcial por sombreado de la vegetación ribereña genera parches (luz-sombra) que aumentan la heterogeneidad del hábitat acuático, y sombreados intermedios han demostrado incrementar la diversidad del cauce [29] [30]. La presencia de plantas acuáticas, juncos o pajonales también es considerada en la encuesta, ya que además de proveer una mayor diversidad de hábitats para los organismos acuáticos, pueden actuar absorbiendo nutrientes y metales pesados [31] [32].

Con respecto a las preguntas relacionadas a las características del agua, se incluyeron preguntas relacionadas al olor, a la transparencia y al color. Aguas transparentes son normales en ambientes de montaña o lagunas, mientras que aguas amarronadas por sedimentos en suspensión son comunes en ríos de llanura. El agua con colores oscuros pueden implicar alto contenido de materia orgánica y sustancias húmicas [33] [34] [35].

Entre las modificaciones de la morfología natural del tramo, el usuario puede indicar si el sitio se encuentra desbordado o en su cauce natural, si se encuentra canalizado o entubado, si sus márgenes son muy inclinadas y estimar la heterogeneidad del fondo. El desborde de los cursos de agua que naturalmente no incorporan esa dinámica es generalmente un indicador de impedimentos hidráulicos que entorpecen el flujo normal, y su canalización o entubamiento reduce tanto la diversidad de hábitats acuáticos como la conexión del curso con el ambiente hiporréico [36] [37] [38]. Particularmente en arroyos de llanura, márgenes muy empinadas pueden ser producto de su dragado [39], procedimiento de manejo que impacta fuertemente sobre la biodiversidad acuática [40]. La cantidad de sustratos diferentes en el fondo de los cuerpos de agua también es considerada como una medida de heterogeneidad de ambientes [41], y el usuario puede indicar si visualiza arcillas, arenas, piedras o gravas, guijarros o si es un fondo artificial (ej.: cemento).

Calidad del hábitat y envío de información

Una vez finalizada la encuesta, se expone un mensaje informativo del estado general del hábitat del sitio (muy bueno, bueno, moderado, malo, muy malo), así como un listado de las posibles variables que resultan en la degradación de ese ambiente acuático. El valor de calidad del hábitat es calculado como el promedio de los valores asociados a cada pregunta para cada tipo de cuerpo de agua.

Si el dispositivo móvil tiene conexión a internet, el usuario puede enviar los resultados al servidor; si no hay disponibilidad de conexión a internet en ese momento, la evaluación queda guardada en el dispositivo para su posterior envío.

Calidad de los datos colectados

Los datos enviados por los ciudadanos científicos son inicialmente considerados como “no validados”; es decir, son aquellos datos crudos que no han pasado por un proceso de revisión por

personal entrenado o científico. La revisión de calidad es realizada desde una interfaz dorsal (o “back-end”) desde un sitio web, la cual es accedida de manera restringida por los revisores. Desde el back-end los revisores pueden ver las respuestas a los cuestionarios junto con las fotografías enviadas, y revisar cada dato individual. Si la fotografía coincide con lo expresado en el cuestionario en todas sus variables, el revisor cambia de estado a “validado”.

Validación de los datos

Se realizaron dos validaciones de los datos enviados por los usuarios. La primera comprendió una validación entre lo que enviado por ciudadanos científicos y lo enviado por profesionales entrenados en el estudio de los ecosistemas acuáticos, ambos utilizando la aplicación. El objetivo de esta validación fue comprobar la claridad en la utilización del aplicativo y de las encuestas, evaluando así las posibles diferencias entre un usuario con entrenamiento científico formal y el público en general. Para ello se seleccionaron 30 sitios que fueron evaluados tanto por profesionales científicos como por usuarios amateurs, y con los valores obtenidos de calidad del hábitat para cada sitio se realizó un test de t de pares.

La segunda etapa de validación tuvo como objetivo evaluar si los valores de calidad de hábitat obtenidos a través de las encuestas en la aplicación correlacionaban significativamente con índices ecológicos del hábitat ya establecidos. Para ello se seleccionaron 18 datos de arroyos de la provincia de Buenos Aires (Argentina) y 18 datos del estuario del Río de la Plata comparándolos con los valores obtenidos para esos mismos sitios a través de dos índices ecológicos del hábitat (índice USHI [42]; e índice IHRPlata [43]). Estos índices utilizan parámetros similares a los medidos en la aplicación para calcular un valor único de calidad del hábitat de ribera en arroyos urbanos y periurbanos (USHI) y del hábitat de la costa del estuario del Río de la Plata (IHRPlata), y fueron desarrollados como herramientas sencillas para evaluar el hábitat de ambientes ribereños y estuariales, ya que correlacionan significativamente con diversos parámetros químicos y biológicos de la calidad del agua (concentraciones de nutrientes, de oxígeno disuelto, turbidez, conductividad). Para establecer las relaciones entre los valores de calidad del hábitat obtenidos por los índices bióticos y los obtenidos en la aplicación, se realizaron correlaciones de Pearson. La validación de los datos obtenidos en ambientes de montaña y lagunares, etapa en proceso actualmente, aún no se ha realizado por faltante de datos para contrastar aquellos obtenidos por los usuarios desde la aplicación.

Disposición y visualización de la información

El proyecto dispone de la información de manera libre y abierta. Para ello se generó un sitio web (<http://www.app-ear.com.ar>) que contiene todos los datos enviados por los ciudadanos científicos que se pueden visualizar mediante un mapa actualizado en tiempo real. También permite filtrar aquellos reportes “validados” de los “no validados” por profesionales científicos, y descargar las bases de datos de los datos del proyecto. En el sitio web también se puede ver un listado de los ciudadanos científicos que más contribuyeron con el proyecto.

Gamificación

La aplicación móvil aquí presentada incluye una mecánica de puntos y recompensas, en un entorno de gamificación [52]. Al finalizar el envío de cada evaluación, los usuarios ganan puntos y medallas virtuales que pueden ser compartidas en las redes sociales. La acumulación de puntos por los ciudadanos científicos puede ser visualizada desde el sitio web del proyecto, y podrá ser utilizada en eventos específicos, tales como competencias o eventos educativos masivos.

Privacidad de los usuarios

Durante el registro de usuarios se le solicita el ingreso obligatorio de un nombre de usuario y una clave, junto con sus nombres, lugar de origen, fecha de nacimiento y el tipo de perfil de usuario (profesional científico, amateur, docente, alumno de escuela). Toda la información es asegurada en una base de datos MySQL con clave de doce dígitos, y las claves de los usuarios son encriptadas por el sistema MD5 para que no sean visibles por los administradores del sitio web. La única información expuesta en el sitio web de manera pública es el nombre de usuario.

Grupos de prueba y lanzamiento

Previo a su lanzamiento masivo, se conformaron grupos de prueba de la aplicación para revisar que su funcionamiento fuera adecuado, y que las preguntas de los cuestionarios fueran comprensibles y no requirieran de una mayor capacitación de los usuarios. Un grupo de prueba fue conformado por profesionales científicos del Instituto de Limnología “Dr. Raúl A. Ringuelet”; otro por niños entre cinco y quince años de edad relacionados al Club “El Retiro” (partido de La Plata, Buenos Aires, Argentina). La aplicación fue lanzada a través del sistema Google Play en junio del 2016.

Resultados

Los usuarios de AppEAR

En su primer año, la aplicación AppEAR ha incorporado 460 usuarios, que han enviado información sobre 131 sitios muestreados. De los usuarios registrados, el 50.7% lo hicieron indicando un perfil de “profesional científico”; un 31.8% indicó un perfil relacionado a la educación (docentes, alumnos) y el restante 17.5% indicó un perfil “amateur”, no vinculado a las otras dos categorías.

De los 131 datos enviados hasta la fecha, el 41.2% correspondieron a datos de arroyos de llanura, 23.6% a arroyos de montaña, el 16.0% a datos de estuarios, y el restante 19% a lagunas.

Mapa del hábitat

En el mapa virtual disponible en el sitio web del proyecto se muestran todos los puntos enviados, con la posibilidad de filtrar aquellos datos validados (Figura 2). En el mapa se indica el estado general del hábitat en los distintos colores de los marcadores (Azul = Muy buena; Verde= Buena; Amarillo=Regular; Rojo=Malo), y si se selecciona un punto se muestran los detalles sobre el reporte, así como el nombre del usuario que contribuyó con el envío.

Dentro de Argentina, la mayor cantidad de datos pertenecieron a sitios dentro de la Provincia de Buenos Aires (69.2%), seguido por Río Negro (7.1%) y Tierra del Fuego (5.8%). Otras provincias como Córdoba, Neuquén, Santa Cruz, Corrientes, Jujuy y Salta contribuyeron con porcentajes menores al 2% de los datos. Los registros de otros países alcanzaron el 7.7% de los datos.

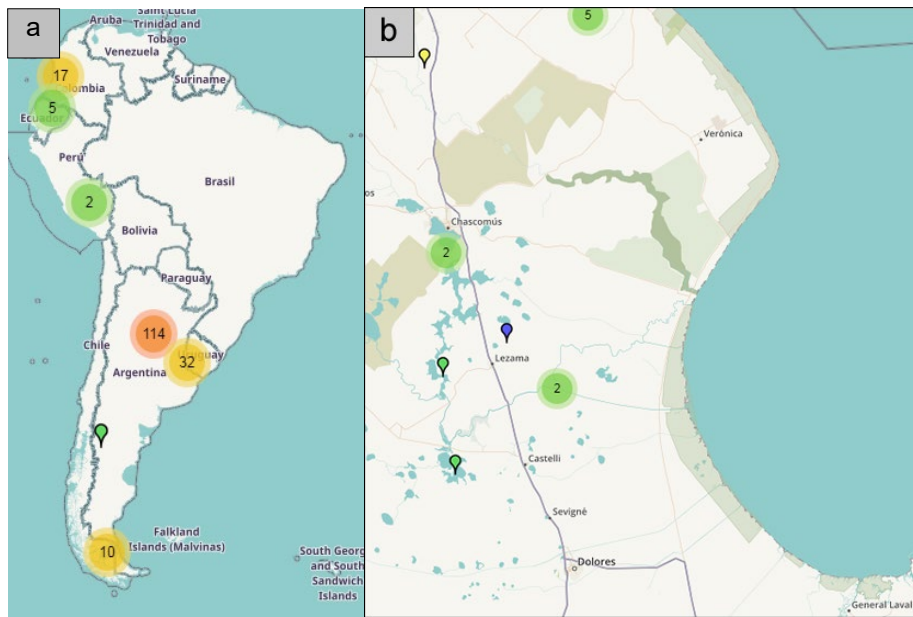


Fig. 2. a) Mapa de la sudamérica con los reportes enviados por los ciudadanos científicos en el primer año de proyecto. b) Ejemplo de detalle de la zona cercana a la Bahía de Samborombón (Buenos Aires, Argentina). Los colores de los marcadores indican la calidad general del hábitat del punto evaluado (azul = muy buena; verde= buena; amarillo=regular; rojo=malo).

Validación de los datos

Los resultados de la prueba comparativa entre los datos obtenidos por ciudadanos científicos y profesionales para los mismos sitios de muestreo no demostró diferencias significativas entre los valores de calidad del hábitat obtenidos por ambos grupos (test de t a pares, $t = 0.634$; $p=0.52$; $n=30$).

En los arroyos de llanura periurbanos, se encontró una correlación significativa entre los valores de calidad del hábitat obtenidos por ciudadanos científicos desde la aplicación y los calculados a través del índice de calidad del hábitat (USHI, Pearson $R= 0.668$, $p<0.01$, $n=18$).

En el caso de los datos de calidad del hábitat obtenidos en ambientes de estuarios, se encontró una correlación significativa entre los medidos a través de la aplicación y los calculados con el índice de calidad del hábitat (IHRPlata, Pearson $R= 0.603$, $p<0.01$, $n=18$).

Problemáticas ambientales más comunes

Con los resultados de las encuestas de las preguntas generales a los cuatro ambientes, se pudo reconocer las problemáticas del hábitat más comunes percibidas por los ciudadanos científicos. Entre los descriptores del hábitat con mayor cantidad de casos malos y regulares se destacan el uso del suelo que rodea al sitio, la calidad de la vegetación de ribera y la presencia de basura (Figura 3).

Entre los arroyos de montaña y llanura, los resultados evidencian una baja heterogeneidad del fondo y una alta degradación de los márgenes en aquellos sitios de llanuras (Figura 4). En los estuarios, las variables con más casos con estado malo incluyen la presencia de escombros, de muelles y murallas, de degradación de los pajonales costeros y de basura (Figura 4). En las lagunas, las variables más afectadas implican la presencia de muelles y murallas.

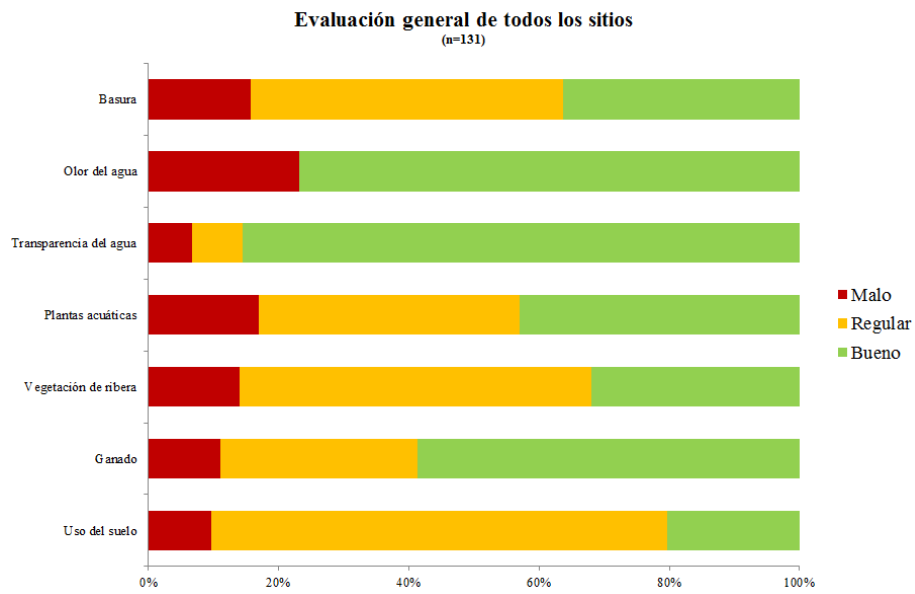


Fig. 3. Variables comunes a todos los ambientes evaluados por los ciudadanos científicos, y su porcentaje de reportes malos, regulares y buenos.

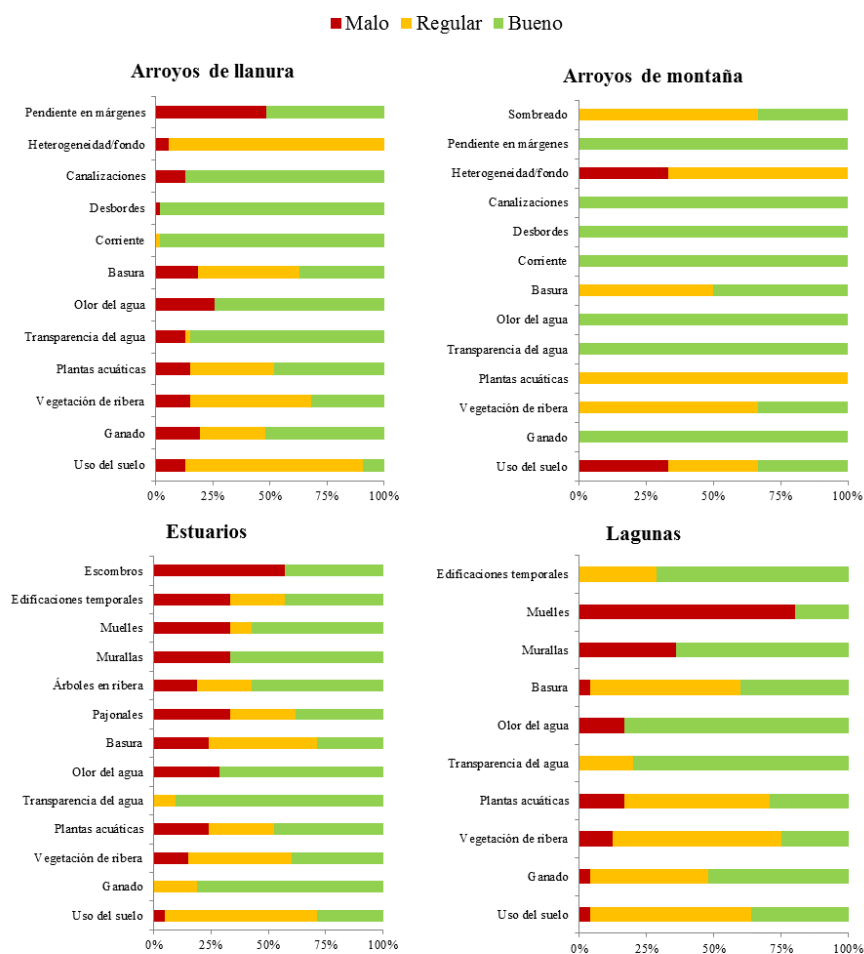


Fig. 4. Variables evaluadas en los cuatro tipos de ambientes, y su porcentaje de reportes malos, regulares y buenos según la apreciación de los ciudadanos científicos.

Conclusiones

Los monitoreos realizados por ciudadanos científicos contribuyen a generar y reconocer patrones a gran escala espacial, y sus resultados son útiles para influenciar políticas a niveles nacionales e internacionales. A escalas de manejo locales el monitoreo realizado por organismos científicos suele ser incorporado más lentamente en las políticas de manejo que aquellas llevadas a cabo por líderes comunitarios en conjunto con la comunidad local; es a estas escalas que puede ser muy beneficioso el desarrollo de programas de monitoreo participativo, ya que las comunidades se reconocen inmersos en la problemática ambiental [44].

El desarrollo y difusión de AppEAR ha permitido explorar su potencialidad de obtener gran cantidad de datos, a grandes escalas geográficas, en relativamente poco tiempo. Durante el primer año de su funcionamiento se han sumado 131 reportes del estado del hábitat de diversos ambientes de todo el país, tarea poco factible de ser realizada en ese tiempo con muestreos “tradicionales”. Un tercio de los usuarios que descargó la aplicación se adjudicó un rol en la educación (docentes y alumnos). Esto introduce temáticas tales como las características y el cuidado del hábitat acuático en

el ambiente educativo en diversas etapas, aunque el posible impacto del proyecto en dicho ambiente no puede ser cuantificado tan directamente como el aspecto científico.

Ciertamente los desafíos de la ciencia ciudadana son varios, no sólo su etapa de organización, sino también de calidad de los datos y de utilización de los mismos [2]. En las pruebas comparativas realizadas, los datos obtenidos por ciudadanos científicos y por científicos profesionales no difirieron significativamente entre sí. La primera validación confirmó que las preguntas en las encuestas, y la utilización de la aplicación en general, son entendidas con la misma facilidad por aquellos usuarios con y sin formación científica. Este resultado es coherente si se considera que el desarrollo de la aplicación fue realizado aceptando las críticas y sugerencias de grupos de prueba con distinta formación académica y edad. Resultados similares comparando lo obtenido por profesionales del estudio del medioambiente y el público en general ha sido reportados anteriormente en diversos tipos de estudios, y representan una de los argumentos fundamentales a favor de la utilización de herramientas de ciencia ciudadana en estudios científicos [5] [45] [46].

La validación de los resultados obtenidos por medio de la aplicación con datos ambientales tomados por métodos estandarizados y por personal técnico es una etapa fundamental para asegurar la calidad de los datos del proyecto. La segunda validación, realizada hasta el momento con los datos de ambientes de llanura y de estuario, muestra una correlación entre los valores de calidad del hábitat evaluados desde la aplicación por usuarios de distintos perfiles y los valores calculados para los mismos sitios a través de índices ecológicos de calidad del hábitat. Para ríos de llanura periurbanos, el índice del hábitat acuático USHI [42] está correlacionado negativamente con las concentraciones de nitrógeno inorgánico disuelto, y positivamente con las de oxígeno disuelto y con diversas variables biológicas (diversidad de diatomeas, concentración de clorofila-a, diversidad de macroinvertebrados, etc.). Los datos obtenidos a través de AppEAR indican una correlación con dicho índice, sugiriendo que las medidas obtenidas por los usuarios de la aplicación son consistentes en demostrar los deterioros en la calidad ecológica del hábitat. Una similar interpretación se puede realizar con los datos obtenidos para ambientes estuariales, que correlacionaron positivamente con el índice IHRPlata [43], índice especialmente diseñado para indicar posibles deterioros de la costa del Río de la Plata.

El panorama de la ciencia ciudadana en Argentina se muestra optimista. Proyectos de desarrollo nacional, como Flood Chasers [53], Caza Mosquitos (www.ilpla.edu.ar/cazamosquitos) y los llevados a cabo por el grupo Cientópolis (www.cientopolis.org) demuestran un creciente interés por parte de científicos en el desarrollo y utilización de aplicaciones digitales de ciencia ciudadana para complementar sus proyectos. A nivel mundial, el éxito de proyectos tales como Ebird (con >300.000 usuarios y más de 370 millones de datos) o iNaturalist (con >780.000 usuarios y más de 9 millones de datos) lideran la vanguardia de las iniciativas de biomonitorio gracias a la ciencia ciudadana, y sus datos son cada vez más utilizados en la toma de decisiones y planes de manejo [48] [49] [50] [51], y ayudan a alimentar bases de datos centralizadas de biodiversidad (como GBif, www.gbif.org). Todos estos proyectos han planteado problemáticas similares en su ejecución, inherentes a los proyectos de ciencia ciudadana (ejs.: la verificación de la calidad de los datos, mantener el interés de los participantes, vincular los resultados a organismos oficiales, etc.), aunque se han incorporado cada vez más mecanismos para subsanarlos. Por ejemplo, se han incorporado sistemas de validación de dos etapas: en una primera instancia la validación de las fotografías por otros usuarios, y en una segunda instancia la validación final la realiza un profesional (o “curador”, como es llamado en iNaturalist). Esto permite el involucramiento de los ciudadanos científicos en la etapa de validación de datos del proyecto, no sólo en la etapa de recolección de datos, dando más continuidad al proyecto y calidad en sus datos.

En el caso de AppEAR, el principal enfoque del desarrollo actual del proyecto incluye comprobar y validar los datos obtenidos por los ciudadanos científicos con herramientas estandarizadas de monitoreo de la calidad del agua, particularmente en lagunas y arroyos de montaña, adonde no se han realizado dichas validaciones hasta el momento. También se planea adicionar la función de doble validación (por usuarios y por expertos). Esto ayudará a considerar a los datos obtenidos por

ciudadanos científicos con rigurosidad para su utilización en estudios científicos a gran escala y por organismos de gestión.

Futuras versiones del proyecto planean la incorporación de bioindicadores de fácil reconocimiento a las evaluaciones (macroinvertebrados, aves, peces), la ampliación de los ambientes a evaluar (lagos, costas marinas, etc.), y la adecuación de los datos recolectados con bases de datos abiertas internacionales de biodiversidad (Ej.: GBIF).

La aplicación AppEAR continua disponible para su descarga de manera libre y gratuita desde la plataforma de distribución digital de aplicaciones móviles Google Play. La cantidad de ciudadanos científicos que contribuyen con el proyecto y la cantidad de reportes que se envían sigue incrementando. Aunque es importante conocer y reconocer las limitaciones de la utilización de herramientas digitales masivas para la recolección de datos con fines científicos, las mismas deben ser entendidas como un complemento a las técnicas utilizadas monitoreos tradicionales, que pueden enriquecer las distintas etapas de los estudios de investigación.

Agradecimientos

A cada ciudadano científico que ha participado de este proyecto, que con su entusiasmo y con sus aportes han hecho que este proyecto prolifere, colocando las palabras “ciencia ciudadana” en escuelas, laboratorios y medios de comunicación. Particularmente a Belén Sathicq por su incondicional ayuda y apoyo siete días a la semana; a Mercedes Nicolosi Gelis, Rocío Pazos, Santiago Tarda, Javier García de Souza y a todos los que acompañaron la realización de este proyecto desde el comienzo

Referencias

1. Haklay, M. 2015. Citizen Science and Policy: A European Perspective. *Common Labs. Case Study Series*. 4:76.
2. Conrad, C. C., and K. G. Hilchey. 2011. A review of citizen science and community-based environmental monitoring: Issues and opportunities. *Environmental Monitoring and Assessment* 176:273–291.
3. Klemann-Junior, L., M. A. Villegas Vallejos, P. Scherer-Neto, and J. R. S. Vitule. 2017. Traditional scientific data vs. uncoordinated citizen science effort: A review of the current status and comparison of data on avifauna in Southern Brazil. *PLoS one* 12:e0188819.
4. Kruger, L. E., and M. A. Shannon. 2000. Getting to Know Ourselves and Our Places Through Participation in Civic Social Assessment. *Society & Natural Resources* 13:461–478.
5. Cohn, J. P. 2008. Citizen Science: Can Volunteers Do Real Research? *BioScience* 58:192–197.
6. Dickinson, J. L., B. Zuckerberg, and D. N. Bonter. 2010. Citizen Science as an Ecological
7. Tulloch, A. I. T., H. P. Possingham, L. N. Joseph, J. Szabo, and T. G. Martin. 2013. Realising the full potential of citizen science monitoring programs. *Biological Conservation* 165:128–138.
8. Lepczyk, C. A., O. D. Boyle, T. L. Vargo, P. Gould, R. Jordan, L. Liebenberg, S. Masi, W. P. Mueller, M. D. Prysby, and H. Vaughan. 2009. Symposium 18: Citizen Science in Ecology: the Intersection of Research and Education. *Bulletin of the Ecological Society of America* 90:308–317.
9. Burke, J., D. Estrin, M. Hansen, A. Parker, N. Ramanathan, S. Reddy, and M. B. Srivastava.
10. González, M., and D. Tánago. 2011. Riparian Quality Index (RQI): A methodology for characterising and assessing the environmental conditions of riparian zones 29:235–254.
11. Bowser, A., D. Hansen, J. Preece, Y. He, C. Boston, and J. Hammock. 2014. Gamifying citizen science. *Proceedings of the companion publication of the 17th ACM conference on Computer supported cooperative work & social computing - CSCW Companion* '14:137–140.
12. Irwin, A. 1995. *Citizen science: A study of people, expertise and sustainable development*. Page Routledge.
13. Cooper, C. B., J. Dickinson, T. Phillips, and R. Bonney. 2007. Citizen science as a tool for conservation in residential ecosystems. *Ecology and Society* 12.
14. Whitelaw, G., H. Vaughan, B. Craig, and D. Atkinson. 2003. Establishing the Canadian Community Monitoring Network. *Environmental Monitoring and Assessment* 88:409–418.

15. Conrad, C. T., and T. Daoust. 2008. Community-Based Monitoring Frameworks: Increasing the Effectiveness of Environmental Stewardship. *Environmental Management* 41:358–366.
16. Milne, R., S. Rosolen, G. Whitelaw, L. B.- Environments, and U. 2006. 2006. Multi-party monitoring in Ontario: Challenges and emerging solutions. *Environments* 34:11–23.
17. Fitzpatrick, M. C., E. L. Preisser, A. M. Ellison, and J. S. Elkinton. 2009. Observer bias and the detection of low-density populations. *Ecological Applications* 19:1673–1679.
18. Lavado Contador, J. F. 2005. Adaptive management, monitoring, and the ecological sustainability of a thermal-polluted water ecosystem: a case in SW Spain. *Environmental monitoring and assessment* 104:19–35.
19. US EPA. 1997. Volunteer Stream Monitoring: A Methods Manual. Page (US EPA, Ed.).
20. Carpenter, S. R., V. H. S. N. F. Caraco, D. L. Correll, R. W. Howarth, A. N. Sharpley, N. F. Caracco, D. L. Correll, R. W. Howarth, A. N. Sharpley, and V. H. Smith. 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications* 8:559–568.
21. Wagner, M., C. Scherer, D. Alvarez-Muñoz, N. Brennholt, X. Bourrain, S. Buchinger, E. Fries, C. Grosbois, J. Klasmeier, T. Marti, S. Rodriguez-Mozaz, R. Urbatzka, A. D. Vethaak, M. Winther-Nielsen, and G. Reifferscheid. 2014. Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know. *Environmental Sciences Europe* 26:12.
22. Dris, R., H. Imhof, W. Sanchez, J. Gasperi, F. Galgani, B. Tassin, and C. Laforsch. 2015. Beyond the ocean: contamination of freshwater ecosystems with (micro-)plastic particles. *Environmental Chemistry* 12:539.
23. Belmar, O., D. Bruno, F. Martínez-Capel, J. Barquín, and J. Velasco. 2013. Effects of flow regime alteration on fluvial habitats and riparian quality in a semiarid Mediterranean basin. *Ecological Indicators* 30:52–64.
24. Francis, R. A., and S. P. G. Hoggart. 2009. Urban river wall habitat and vegetation: observations from the River Thames through central London. *Urban Ecosystems* 12:465–485.
25. Liddle, M. J., and H. R. A. Scorgie. 1980. The effects of recreation on freshwater plants and animals: A review. *Biological Conservation* 17:183–206.
26. Anbumozhi, V., J. Radhakrishnan, and E. Yamaji. 2005. Impact of riparian buffer zones on water quality and associated management considerations. *Ecological Engineering* 24:517–523.
27. Daniels, R. B., and J. W. Gilliam. 1996. Sediment and Chemical Load Reduction by Grass and Riparian Filters. *Soil Science Society of America Journal* 60:246.
28. Tabacchi, E., L. Lambs, H. Guilloy, A.-M. Planty-Tabacchi, E. Muller, and H. Décamps. 2000b. Impacts of riparian vegetation on hydrological processes. *Hydrological Processes* 14:2959–2976.
29. Dawson, F. H., and U. Kern-Hansen. 1979. The Effect of Natural and Artificial Shade on the Macrophytes of Lowland Streams and the Use of Shade as a Management Technique. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 64:437–455.
30. Tabacchi, E., L. Lambs, H. Guilloy, A.-M. Planty-Tabacchi, E. Muller, and H. Décamps. 2000a. Impacts of riparian vegetation on hydrological processes. *Hydrological Processes* 14:2959–2976.
31. Miretzky, P., A. Saralegui, and A. F. Cirelli. 2004. Aquatic macrophytes potential for the simultaneous removal of heavy metals (Buenos Aires, Argentina). *Chemosphere* 57:997–1005.
32. Mishra, V. K., and B. D. Tripathi. 2008. Concurrent removal and accumulation of heavy metals by the three aquatic macrophytes. *Bioresource Technology* 99:7091–7097.
33. Nürnberg, G. K. 1996. Trophic State of Clear and Colored, Soft- and Hardwater Lakes with Special Consideration of Nutrients, Anoxia, Phytoplankton and Fish. *Lake and Reservoir Management* 12:432–447.
34. Steelink, C. 1977. Humates and Other Natural Organic Substances in the Aquatic Environment. *Journal of Chemical Education* 54:599–603.
35. Steinberg, C. 2013. Ecology of humic substances in freshwaters: determinants from geochemistry to ecological niches. Springer Science & Business Media.
36. Lake, P. S., M. a. Palmer, P. Biro, J. Cole, A. P. Covich, C. Dahm, J. Gibert, W. Goedkoop, K. Martens, and J. Verhoeven. 2000. Global change and the biodiversity of freshwater ecosystems: Impacts on linkages between above-sediment and sediment biota. *BioScience* 50:1099–1107.
37. Malmqvist, B., and S. Rundle. 2002. Threats to the running water ecosystems of the world. *Environmental Conservation* 29:134–153.
38. Langhans, S. D., S. D. Tiegs, M. O. Gessner, and K. Tockner. 2008. Leaf-decomposition heterogeneity across a riverine floodplain mosaic. *Aquatic Sciences* 70:337–346.
39. Hupp, C. R. 1992. Riparian Vegetation Recovery Patterns Following Stream Channelization: A Geomorphic Perspective. *Ecology* 73:1209–1226.
40. Strayer, D. L. 2006. Challenges for freshwater invertebrate conservation. *Journal of the North American Benthological Society* 25:271–287.
41. Cardinale, B. J., M. a. Palmer, C. M. Swan, S. Brooks, and L. Poff. 2010. The Influence of Substrate Heterogeneity on Biofilm Metabolism in a Stream. *America* 83:412–422.
42. Cocheró, J., A. Cortezzi, A. S. Tarda, and N. Gómez. 2016. An index to evaluate the fluvial habitat degradation in lowland urban streams. *Ecological Indicators* 71.

43. Gómez, N., and J. Cochero. 2013. An index to assess the habitat quality in Southern Coastal Fringe of the Río de la Plata and its relations with other environmental indicators. *Ecologia Austral* 23.
44. Danielsen, F., N. D. Burgess, P. M. Jensen, and K. Pirhofer-Walzl. 2010. Environmental monitoring: The scale and speed of implementation varies according to the degree of peoples involvement. *Journal of Applied Ecology* 47:1166–1168.
45. Irwin, A. 2001. Constructing the scientific citizen: science and democracy in the biosciences. *Public Understand. Sci* 10.
46. Theobald, E. J., A. K. Ettinger, H. K. Burgess, L. B. DeBey, N. R. Schmidt, H. E. Froehlich, C. Wagner, J. HilleRisLambers, J. Tewksbury, M. A. Harsch, and J. K. Parrish. 2015. Global change and local solutions: Tapping the unrealized potential of citizen science for biodiversity research. *Biological Conservation* 181:236–244.
48. Ceccaroni, L., and J. Piera. 2017. Analyzing the Role of Citizen Science in Modern Research.
49. NABCI Canada. 2016. State of North America's birds.
50. Sullivan, B. L., T. Phillips, A. A. Dayer, C. L. Wood, A. Farnsworth, M. J. Iliff, I. J. Davies, A. Wiggins, D. Fink, W. M. Hochachka, A. D. Rodewald, K. V. Rosenberg, R. Bonney, and S. Kelling. 2017. Using open access observational data for conservation action: A case study for birds. *Biological Conservation* 208:5–14.
51. Sullivan, B. L., C. L. Wood, M. J. Iliff, R. E. Bonney, D. Fink, and S. Kelling. 2009. eBird: A citizen-based bird observation network in the biological sciences. *Biological Conservation* 142:2282–2292.
52. Kapp, K. M. 2012. The gamification of learning and instruction : game-based methods and strategies for training and education. Pfeiffer.
Research Tool: Challenges and Benefits. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 41:149–172.2006. Participatory Sensing.
53. Le Coz, J., A. Patalano, D. Collins, N. F. Guillén, C. M. García, G. M. Smart, J. Bind, A. Chiaverini, R. Le Boursicaud, G. Dramais, and I. Braud. 2016. Crowdsourced data for flood hydrology: Feedback from recent citizen science projects in Argentina, France and New Zealand. *Journal of Hydrology* 541:766–777.

Tecnologías de la Información y las Comunicaciones para el Monitoreo Colaborativo, el Análisis y la Coordinación de Acciones para la Restauración de la Calidad de las Aguas Superficiales

Javier Vásquez^a, Johan Durán^b, Daniel González^c, Juan Carazo^d, Christian Birkel^e, Kenneth Calvo^f

Escuela Ciencias de la Computación e Informática, Universidad de Costa Rica

(^ajavier.vasquez@ucr.ac.cr ,

^bjohan.durancerdas@ucr.ac.cr,

^cdaa.gonzalez@gmail.com ,

^fkenca23@gmail.com)

^d Escuela de Salud Pública, Universidad de Costa Rica
juan.carazosalas@ucr.ac.cr

^e Escuela de Geografía, Universidad de Costa Rica
christian.birkel@ucr.ac.cr

Resumen. Se presenta en este trabajo una herramienta digital, creada para apoyar a expertos y a aficionados, en la realización de labores para el monitoreo de las aguas superficiales, así como para ayudarles en la coordinación de acciones orientadas a restaurar la calidad de dichas aguas.

Esta herramienta se basa en el uso de la ciencia ciudadana y se rige por el principio del acceso público a los datos, la colaboración de grandes grupos de voluntarios y la trazabilidad de los datos.

La herramienta propuesta, ideada para ser usada en distintas naciones, incorpora un módulo móvil para el ingreso y la divulgación de los datos, un módulo web para la carga masiva y el análisis de los datos, así como distintas innovaciones sobre otros programas de software, usados internacionalmente para el monitoreo de las aguas superficiales.

Palabras Clave: ciencia abierta, ciencia ciudadana, calidad de agua, monitoreo del agua, empoderamiento ciudadano

Eje temático: Colaboración

Introducción

El reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales de la República de Costa Rica (decreto Nº 33903 de 2007), determina como un imperativo social para el país, mejorar la calidad de las aguas superficiales, de manera tal que ésta pueda ser usada con diferentes fines, sean sociales, económicos o ambientales, alcanzando el país un desarrollo sostenible que no comprometa la salud de las personas, ni de los ecosistemas (MINAE, 2007). La misma preocupación han externado diversos organismos internacionales e investigadores preocupados por la reducción de las fuentes de agua dulce en el planeta (UN, 1977; WHO, 2003; Vörosmary et al, 2010a), el incremento de las enfermedades asociadas con la calidad del agua (UNEP, 2016 b; Vörosmary et al, 2010b) o con la generación de riqueza (World Bank, 2013).

La alteración de la calidad de vida de las personas que viven alrededor de fuentes contaminadas, es un problema complejo, en cuya solución deben actuar no solo ciudadanos y políticos locales, sino

todos aquellos otros entes geopolíticos que son depositarios de estos cuerpos de agua, lo que debe obligarnos a tener propuestas de solución transfronterizas de las divisiones administrativas. Lamentablemente la experiencia evidencia gran dificultad para coordinar o aunar esfuerzos orientados a mejorar la calidad de dichas aguas. La atomización que se da en el análisis de esta problemática, así como el trabajo individual de algunas dependencias públicas o privadas, responsables de la evaluación de la calidad de las aguas, hacen poco probable que aisladamente se le pueda dar solución al problema de la contaminación de estos cuerpos de agua. Ostrom (1990) planteó que los ríos son activos comunes y que, para resolver los problemas del agua, se debe trabajar de forma colaborativa, porque los individuos, en busca de su mayor bienestar personal, pueden recurrir a 3 niveles diferentes de justificación para la toma de decisiones. A nivel constitucional y legal en general, hay una serie de normas que determinan los derechos y obligaciones para con el agua de los diferentes actores del sistema, cuyo grado de incumplimiento puede ser sancionado. A nivel colectivo o comunal, también se cuenta con un conjunto de normas y reglas de uso, que podrían cambiar según el interés de las personas que tengan momentáneamente el poder, y por último, a nivel operacional o individual están las reglas que afectan la toma de decisiones en el día a día de las personas.

Así, la degradación de la calidad observada en múltiples cuerpos de agua a lo largo del tiempo, podrían deberse entonces a una combinación de factores, entre otros, la independencia administrativa, la falta de visión holística, la deficiente planificación intersectorial, la carencia de presupuesto, la mala cultura popular acerca de la calidad del agua y muy probablemente la falta de apoyo tecnológico para el monitoreo, el análisis y la propuesta de soluciones. Otro factor de confusión que podría darse, es que, para un mismo cuerpo de agua, podrían tenerse simultáneamente distintas normativas acordes con el uso deseado, aun cuando se trate del mismo sitio.

Si al panorama anterior acerca de la atomización de las propuestas de solución a un problema, que por su naturaleza es interdisciplinario, se le agregan las predicciones de Lenzner (2011) respecto a que se va a dar un incremento de un 500% en la demanda del agua de aquí al año 2050, se tiene que el control y las acciones de restauración de la calidad del agua no deben aislarse, espacial ni temporalmente.

En razón de lo expuesto, un equipo interdisciplinario de investigadores de la UCR se dio a la tarea de proponer e implementar herramientas tecnológicas de punta, que permitieran la colaboración entre personas con distinta formación, para ayudar a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos en aquellas áreas piloto donde se pongan en uso estas herramientas.

Parte de esta investigación se apoya en la inclusión de grandes grupos de voluntarios, gestores de la aún inmadura ciencia ciudadana. A estos voluntarios se les brindan herramientas que facilitan el monitoreo de la calidad de las aguas superficiales, así como el proponer soluciones a dicha problemática, para alcanzar un mayor disfrute ecológico, paisajístico y de relajación. Estas herramientas también buscan incidir en una mejor calidad de vida para los vecinos de tales fuentes de agua (Scientific American, 2013).

La presente investigación se ha orientado hacia la planeación, implementación y puesta en marcha de las herramientas tecnológicas, que conduzcan a la gestación, divulgación y aprovechamiento de datos públicos, lo anterior aun cuando, algunos profesionales consultados, se han mostrado reticentes a compartir sus datos y más bien han solicitado ser ellos quienes decidan, el grado de apertura con que sus datos se puedan ofrecer.

Como parte de esta experiencia interinstitucional e interdisciplinaria, se ha logrado la colaboración entre universitarios de diversas facultades, así como colegiales, miembros de una asociación ambientalista y de gestores municipales. Durante el año 2017 se realizó un plan piloto que incluyó a 16 estudiantes de colegio, 2 profesores de secundaria y 2 empleados municipales, a quienes se les impartieron 7 talleres, en los que se presentaron las herramientas desarrolladas, se capacitó a los voluntarios, se les llevó a realizar trabajo de campo, se digitalizaron los datos recolectados por estudiantes o por profesionales en gestión ambiental, se hizo un análisis tanto de las herramientas, los instructivos y las plataformas, así como de los datos y los resultados.

A nivel de TICs se ha usado software libre, servidores virtuales, el manejador de base de datos NoSQL MongoDB, diversos lenguajes de programación que condujeron a la materialización de una aplicación móvil para la recolección de datos individuales y varias aplicaciones web para la carga masiva de datos, el análisis de datos, la planeación y ejecución de medidas de mitigación, entre otras.

El proyecto “TICs para el Monitoreo Colaborativo, el Análisis y la Coordinación de Acciones para la Restauración de la Calidad de las Aguas Superficiales” impulsado desde la Universidad de Costa Rica, tiene como **objetivo principal** “Diseñar, implementar y ensayar un sistema computacional que permita el monitoreo del estado de los cuerpos superficiales del agua fresca en Costa Rica mediante el desarrollo de una red de colaboración que contemple la ciencia ciudadana”. A pesar del objetivo principal, los alcances de este proyecto no se circunscriben solo a Costa Rica, sino que se apoya su uso en otros países. En este proyecto, se busca una transformación de la sociedad respecto al uso y manejo de las aguas superficiales, evitando el abuso de éstas. Tal transformación se visualiza en tres etapas: en la primera se deben monitorear los cuerpos de agua¹¹, en la segunda se deben planificar y ejecutar medidas para restaurar la calidad de estas y en la tercera se debe estabilizar este proceso.

Metodología

En el contexto de la primera etapa, se ha incorporado al ciudadano común en el proceso de medir la calidad de las aguas superficiales en su localidad. A los voluntarios se les han dado herramientas, que van a ayudar a mejorar la salud de las comunidades, lo que a mediano plazo va a evidenciarse en:

1. Un mayor disfrute del recurso hídrico superficial, sin comprometer la calidad del mismo.
2. Una integración de los ríos en la vida de la sociedad, no como un vertedero de desechos, sino como un recurso natural vivo, con una calidad de sus aguas cada vez menos comprometida por el uso y abuso convencional.
3. Un desarrollo integrado alrededor de un recurso hídrico monitoreado y en proceso de depuración.
4. El fortalecimiento de la cultura ambiental de la ciudadanía respecto al manejo del agua como un activo ecológico.
5. Una reducción de las enfermedades originadas en el agua en esta sociedad.
6. Una participación más activa de la ciudadanía en la toma de decisiones de un recurso compartido (las aguas superficiales).
7. Un mayor auge de otros proyectos basados en la ciencia ciudadana como un recurso a disposición.

Para concretar el objetivo principal de la primera etapa de este proyecto, se hizo un desarrollo por fases:

1. revisión bibliográfica,
2. evaluación y selección de un estándar para la comparación de resultados,
3. implementación y prueba de las aplicaciones,
4. divulgación y consolidación de programas de monitoreo de las aguas superficiales que se apoyen en las herramientas TICs generadas.

La primera fase de esta investigación consistió en una revisión bibliográfica sobre proyectos de ciencia ciudadana para el monitoreo del agua, descubriéndose varias carencias en la forma de abordar esta problemática. Para el año 2014, Buytaert et al (Buytaert et al, 2014) reportaron que solo en USA se daba la existencia de más de 1400 programas para el monitoreo del agua, pero según estos investigadores, solo 1 contemplaba alguna forma de retroalimentación para los voluntarios.

Como parte de esta primera fase, se evaluaron y seleccionaron diversos índices para describir la calidad del agua (Thukral et al, 2005; Abassi, 2011; Abbasi, 2012), paralelamente se trató y adoptó una solución al problema de la trazabilidad de los datos y la sensibilidad de las pruebas. Al pensar en

¹¹ A la fecha solo se ha realizado la primera de estas 3 etapas.

la inclusión de estudiantes de secundaria, se ponderó el costo de las pruebas como de especial relevancia, de ahí que, para esta población se haya optado por el uso de un tipo de kit de bajo costo.

La segunda fase consistió en evaluación y selección de un estándar para la comparación de resultados, lo que condujo a la revisión de la legislación costarricense para categorizar aguas, y a la definición del estándar de comparación de las muestras o “Gold standard” como se le denomina en epidemiología. La legislación costarricense establece la necesidad de usar el Índice Holandés (IH), que combina solo 3 parámetros¹² para determinar el nivel de calidad de las aguas, lo que comparado con los 8 y más parámetros usados con otros índices, ofrece un menor costo recurrente. Comparaciones de Calvo (2015) establecen que, este índice brinda criterios de mayor calidad que el otro índice usado con igual propósito. Para efectos prácticos, el IH se calcula acorde con la siguiente fórmula:

Donde el puntaje se define mediante la tabla1. Paralelo a la tabla1, el nivel omiso de PSO entre 101 y 110 se asoció con 2 puntos.

Tabla 1. Transformación del valor de parámetros químicos para el cálculo de Índice Holandés

PUNTOS	PSO (%)	DBO (mg/L)	N-NH ⁴⁺ (mg/L)*
1	91 - 100	<= 3	< 0.50
2	71 - 90 111 - 120	3.1 – 6.0	0.50 – 1.0
3	51 - 70 121 - 130	6.1 – 9.0	1.1 – 2.0
4	31 - 50	9.1 – 15	2.1 – 5.0
5	<= 30 y > 130	> 15	> 5.0

* Nitrógeno amoniacal

Tabla 2. Interpretación colorimétrica del Índice Holandés

Clase	Puntos	Color	Interpretación
1	3	Azul	Sin contaminación
2	4-6	Verde	Contaminación incipiente
3	7-9	Amarillo	Contaminación moderada
4	10-12	Anaranjado	Contaminación severa
5	13-15	Rojo	Contaminación muy severa

Luego de seleccionar los índices a usar, se creó una aplicación móvil que permite ingresar datos. También se coordinó con el gobierno local de una comunidad de alrededor unos 72 mil habitantes y un colegio para realizar un plan piloto en el cual evaluar los materiales producidos. Se motivó y capacitó a un grupo de alrededor de 20 voluntarios -entre estudiantes, docentes y empleados municipales-.

¹² PSO= Porcentaje del nivel de saturación del Oxígeno disuelto
DBO = Demanda bioquímica de oxígeno
N-NH⁴⁺ = Nitrógeno amoniacal

Una labor de la tercera fase fue la realización una aplicación para la carga masiva de datos, que permitió registrar las mediciones mensuales realizadas a nivel municipal por más de 2 años en unos 20 sitios, estos datos depurados y formateados de la manera requerida se ingresaron en el repositorio, que poco a poco fue incluyendo datos de los estudiantes. Con ambos tipos de datos se hizo un análisis sobre el comportamiento espacial e histórico, que permitió identificar criterios para mejorar el proceso de muestreo y de análisis de las aguas superficiales en este municipio.

Haciendo uso de la metodología scrum, se fueron evaluando y mejorando las herramientas creadas de manera incremental. Esto permitió agilizar su desarrollo y adecuarlas a las necesidades de los usuarios.

Entre los principios de diseño usados para la creación de estas aplicaciones, se hallan:

1. Orientación hacia los datos abiertos (open data), de manera tal, que los datos oficiales y aquellos obtenidos con el apoyo de la ciencia ciudadana, se ponen al servicio de la sociedad.
2. Uso selectivo de 2 índices de calidad de aguas superficiales (Índice Holandés, NSFQI), así como la posibilidad de analizar parámetros individuales.
3. Garantía de la calidad de los datos mediante la trazabilidad de estos y la inclusión de formas para filtrar datos ajenos.
4. Restricción de algunos datos, sea por espurios, por no tener derechos de publicación de estos o por alguna otra razón.
5. Uso de dispositivos móviles para operaciones que requieran bajo costo de procesamiento o una pequeña pantalla de despliegue
6. Uso de aplicaciones web para el análisis de los datos.
7. Soporte del análisis de datos en series de tiempo.
8. Compartimiento de datos generados por grupos de investigación entre sus miembros, pero restricción del acceso total a los datos que otros “no miembros” deseen realizar.
9. Soporte de las labores básicas de monitoreo o de análisis de la calidad del agua que hacen diversos especialistas: químicos, gestores ambientales, geógrafos, ambientalistas, políticos, formadores de voluntarios en programas de monitoreo de la calidad del agua. La figura 1 muestra de manera resumida los componentes contemplados en esta investigación.

De la figura 1 se desprende, que además de la creación de herramientas de software, se dio apoyo para:

- a) capacitar voluntarios.
- a) hacer carga masiva de datos, incluyendo la transformación del formato de los datos, su depuración y eventualmente completar los valores faltantes, por ejemplo, nombre de la institución, nombre de los miembros de equipo de trabajo o sitios de muestreo, que podrían no haber sido incluidos en los archivos base.
- b) realizar un plan piloto. Se llevaron a cabo 7 talleres, se incluyeron unas 20 personas como ya se ha mencionado y se duró poco más de 3 meses en estas labores.
- c) evaluar resultados y proponer mejoras.
- d) realizar mejoras a los artefactos generados.
- e) apoyar la planificación y realización de acciones de mitigación

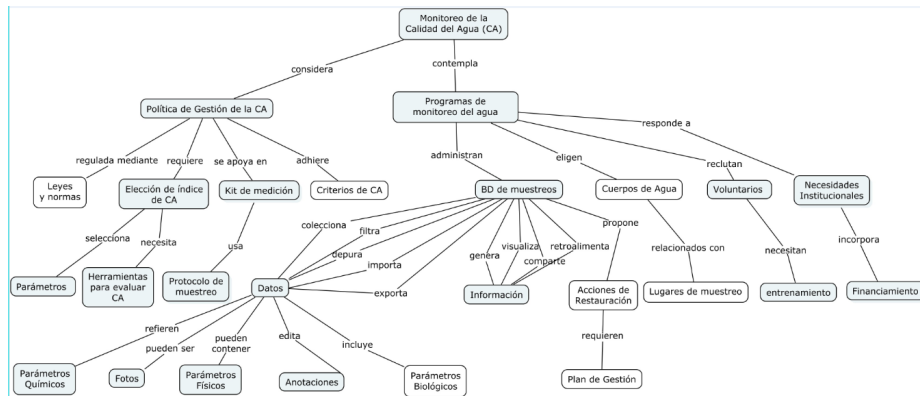


Fig 1. Componentes del programa para el monitoreo de aguas

Resultados

Como parte de este proyecto de TIC, que se ha ideado, implementado y ensayado en una comunidad urbana; se combinan saberes de diversas disciplinas, se ha tenido participación de diversos actores, se han alcanzado logros en al menos 7 categorías:

- i. Sobre el producto de software.
- ii. Sobre la interpretación de datos.
- iii. Sobre la calidad de datos.
- iv. sobre la participación ciudadana.
- v. Sobre herramientas didácticas.
- vi. Sobre el trabajo en equipos de colaboradores.
- vii. Como pivote para otros proyectos.

A nivel de software se logró el diseño, la creación y el ensayo de una aplicación móvil y otra web.

Aplicación móvil (basada en android)

Esta se creó para el ingreso de datos de mediciones individuales y para la visualización de un atlas digital de la calidad de las aguas. Se siguieron estándares para tener sus interfaces en inglés, francés, alemán, portugués o castellano, según sea el idioma en que se halle el sistema operativo. Se reconoce automáticamente la geolocalización, así como el nombre de la comunidad en donde se active el ingreso de datos. En la figura 2 se muestra la interfaz básica de esta aplicación móvil.

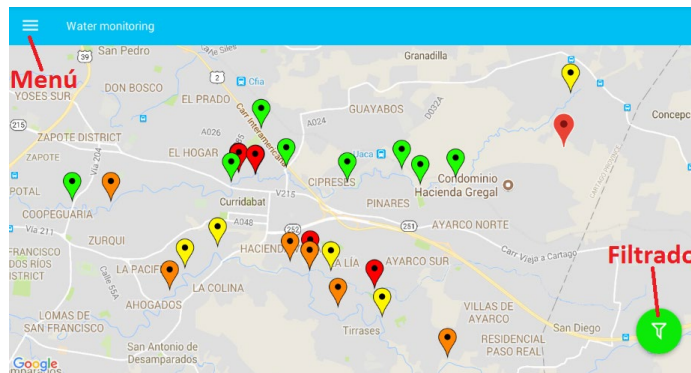


Fig 2. Evaluación de la calidad de muestras de aguas superficiales

Aplicación web,

Esta aplicación ayuda a generar información a partir de datos acerca de la calidad de las aguas superficiales. También ayuda a coordinar la realización de tareas para la mitigación de la contaminación en los cauces de agua. Soporta la labor de voluntarios ajenos al campo hidrológico, facilitando la observación, análisis de series de tiempo o la coordinación de acciones, y simplifica también las tareas de aquellos que hacen aforos de agua. En la fig 3 se muestra la interfaz inicial y se señalan algunas de las funciones desarrolladas.

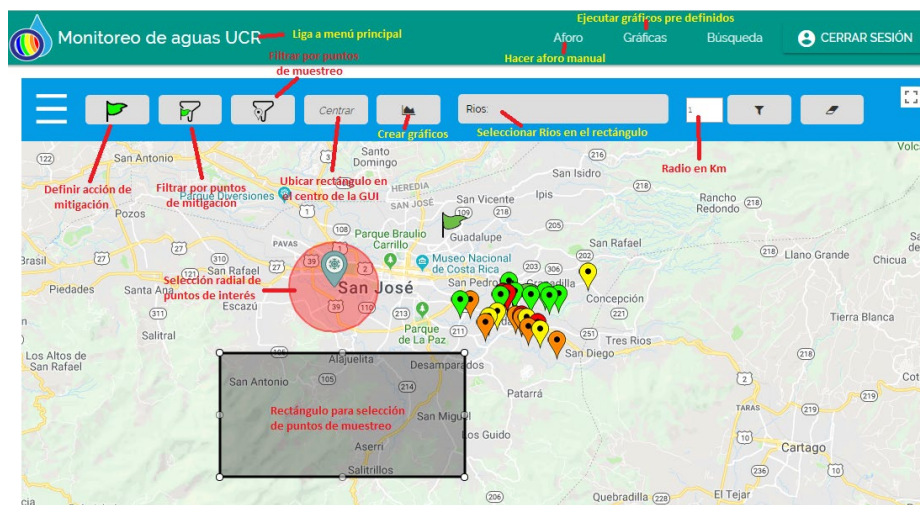


Fig 3. Aplicación para el análisis de la calidad de las aguas superficiales

La fig 4 muestra la herramienta para generar series de tiempo con los datos de interés, a partir de cuyas gráficas se posibilita un análisis más detallado del comportamiento evidenciado. Por ejemplo, nótese como el porcentaje de oxígeno disuelto presenta una disminución en todos los puntos de muestreo en junio del 2015. Al respecto cabe aclarar que, aunque la época seca en Costa Rica suele terminar a inicios del mes de mayo y que por ende el oxígeno debía no haber decrecido, el gráfico refleja una reducción inusual en la calidad del oxígeno disuelto en agua para dicho mes (lo que evidencia algún tipo de contaminación puntual a lo largo del río en ese momento), un control

oportuno podría haber permitido indagar con mayor precisión, ¿cuáles podrían ser las razones de tal contaminación?

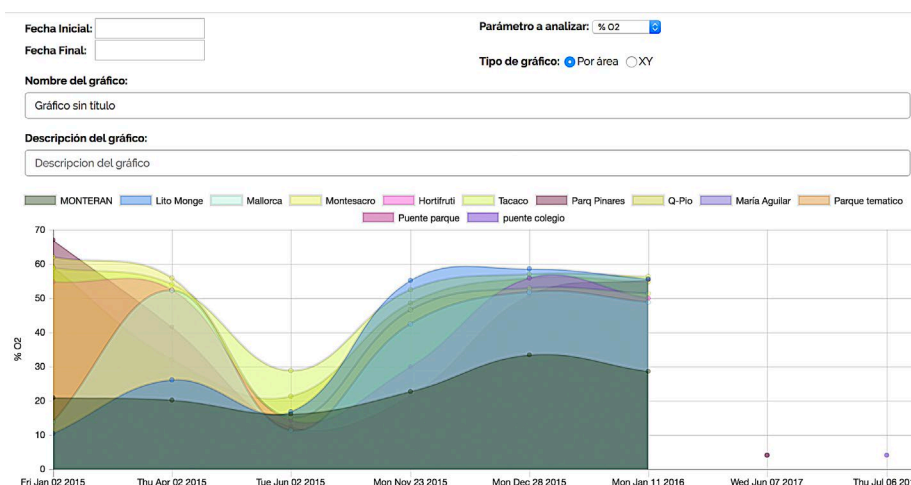


Fig 4. Generador de gráficas (series de tiempo según puntos de muestreo)

A nivel de participación ciudadana, se crearon diversos artefactos para motivar a las personas a usar esta aplicación. Mientras que la ciencia cambia hacia nuevas áreas de descubrimiento, la ciencia ciudadana empodera a las personas a incorporar nuevas competencias en el campo científico. Trabajando en un plan piloto, se hizo una alianza con la administración comunal y se invitó a participar a un colegio para realizar un plan piloto. Con los 16 estudiantes, 2 profesores y 2 ambientalistas, se realizaron 3 sesiones de muestreo en 2 sitios distintos cada una, lo que permitió evaluar las herramientas, los instructivos, ensayar la forma para procesar datos y hacer dinámicas para la interpretación de tales resultados. Finalmente se llegaron a proponer medidas correctivas, pero la implementación de estas no se pudo llevar a cabo por aspectos relativos a la inflexibilidad del calendario escolar de la población participante. Cabe destacar que el total de las 20 personas que ingresaron al inicio del plan piloto se mantuvieron de inicio a fin, así como se atendieron solicitudes de grupos ambientalistas para divulgar parte de la información obtenida.

Acorde con Edelstein (Edelstein, 1998) “la Ciencia Ciudadana traza correctamente la dirección que la experimentación de campo, la práctica innovadora y la investigación de la acción medioambiental deben perseguir con urgencia.”

La interpretación de los datos se facilitó mediante la evaluación automática de la calidad del agua, acorde con los parámetros medidos. El aporte de contaminantes en el río se calcula y se posibilita su comparación en los sitios elegidos por el usuario. El comportamiento histórico de la calidad de las aguas, se analiza mediante gráficas que muestran series de tiempo mostrando en tiempo real el parámetro de interés para el usuario, que previamente ha podido ser filtrado a voluntad del usuario en un rango de tiempo, en un conjunto de sitios de interés, acorde con un parámetro físico-químico a observar. Producto de este análisis se obtuvo una valoración de cada punto de muestreo (de los 20 sitios muestreados por la municipalidad, se observaron similitudes entre dos sitios, que podrían conducir a desechar algunos de estos y a ahorrar recursos de esa manera, esta conclusión es de carácter administrativo y corresponde a la administración municipal descartar el muestreo en alguno de dichos sitios). De los 4 sitios muestreados con los estudiantes, no puede indicarse el haber hallado alguno que revele información importante, pero sí, que la labor de muestreo permitió incrementar los conocimientos ambientales de este grupo de estudiantes. Otro resultado de interés ha sido la

identificación de “puntos calientes”, llamados de esta manera por observarse ahí un incremento en el nivel de la contaminación de las aguas. La capacidad de identificar estos puntos calientes, permite la realización de estudios más intensos en estos lugares; requiere eso si la definición de nuevos sitios de muestreo o la intensificación de la frecuencia de muestreo alrededor de dichos puntos calientes.

Para **no comprometer la calidad de la información** al tener datos generados con distinto nivel de rigurosidad científica, empleando técnicas heterogéneas, equipos y reactivos de diferente nivel de sensibilidad, así como personas con distinto nivel de afinidad por el tema, se llevó a la práctica un mecanismo que permite el trazado de los datos y con ello, se posibilita su filtrado temporal.

Como **herramienta didáctica**, el software desarrollado evidencia que la colaboración interdisciplinaria ofrece mayores posibilidades a la investigación. Además, pone a los estudiantes al tanto con la ciencia ciudadana como instrumento de investigación y soporte didáctico.

Los datos recolectados permiten su uso como parte del programa formativo en biología, ciencias sociales e inclusive en matemáticas. En biología también se ha considerado la necesidad de complementar el análisis físico y químico de la calidad de las aguas, con un análisis biológico, considerando las aguas superficiales como un activo ecológico, para cuyo estudio se requiere la inclusión de herramientas que apoyen el biomonitoreo de insectos acuáticos o el biomonitoreo de macro invertebrados.

Sobre el trabajo en equipos de colaboradores. La formación de una red de investigadores con participación de docentes, autoridades municipales, estudiantes y ambientalistas, vio la aparición de un taller colaborativo denominado "Territorio sensible al agua", organizado por la Municipalidad de Curridabat, que contó con la participación de investigadores internacionales, quienes propusieron cambios en la gestión de las aguas superficiales en el municipio, la construcción de zonas de protección que reduzcan inundaciones, el ensanchamiento o derribo de obras civiles que restringen el cauce de las aguas, así como también, se vio la posibilidad de realizar cambios en las normativas municipales para modificar el cobro de impuestos a las propiedades vecinas de los ríos. Aun cuando sería presuntuoso asumir incidencia sobre dicho taller, es un hecho que el mismo ocurrió un año después del primero.

El hecho de desplegar datos sobre un mapa, así como el de incorporar un generador de gráficos en tiempo real, ha servido para idear otros proyectos parecidos, que manejarán datos de ambiente y salud como, por ejemplo, sistemas de alerta temprana sobre eventos hídricos y otros. Puede decirse entonces que este proyecto sirve como **pivote para la realización de otros proyectos**

Aprendizajes (aciertos y errores)

En esta experiencia de investigación, se logró la conformación de un equipo interdisciplinario e interinstitucional de investigadores, que administra y ejecuta acciones en una comunidad, donde se crean y ponen a disposición de los ciudadanos herramientas TICs, encargadas de apoyar acciones distribuidas, basadas en equipos móviles y coordinadas entre sí para el almacenamiento y la generación centralizada de información, donde para vigilar la calidad de los datos se han incorporado mecanismos de trazabilidad y de filtrado de los mismos.

En definitiva, la presente investigación cumple los siguientes aspectos:

1. Es eficaz al trasladar conocimientos desde la academia hacia la ciudadanía.
2. Incorpora a la ciudadanía en acciones tanto de vigilancia, como de planificación y ejecución de acciones tendientes a reducir la contaminación de las aguas superficiales de su comunidad.
3. Dota a los municipios con información que mejora la toma de decisiones con respecto al manejo de las aguas superficiales en su comunidad.
4. Brinda el soporte tecnológico para compartir datos abiertos sin temor a perder los derechos de propiedad intelectual sobre los mismos.

5. Ejemplifica la trazabilidad de los datos abiertos como una estrategia para garantizar la calidad de la información que se genera y la protección de los mismos.
6. Evidencia el trabajo de un equipo interdisciplinario de profesionales que, apoyados en TICs modernas de software libre, así como en un servidor virtual y en la disposición administrativa, coadyuva en emprendimientos sociales internacionalizables.

En razón de todo lo expuesto, se puede decir que el objetivo de la primera etapa se ha logrado con creces. A continuación, se presentan las conclusiones desglosadas en áreas de interés.

i. **Sobre el uso de TICs en asocio de ciencia ciudadana.** Existe gran interés de parte de la ciudadanía en participar en procesos de toma local de decisiones, lo que al respecto permite concluir, que su incorporación en redes de investigación ciudadana basadas en TICs, los acerca tanto a los datos como a los tomadores de decisiones y ocasionalmente ayuda a catapultarlos como gestores de innovación en el dominio donde se han involucrado. Un problema vigente tiene que ver con el grado de apertura de los datos, lo que implica que se requiere un tipo de consentimiento informado, que indique el nivel de apertura con que se pueden ofrecer los datos, por ejemplo (total o parcial sobre un conjunto de atributos; así como total o parcial sobre un conjunto de datos)

ii. **Sobre la incorporación de estudiantes en la investigación.** Para impulsar la ciencia ciudadana, se puede aprovechar la participación activa de los centros educativos, mediante la designación de al menos un docente responsable del programa educativo, ya que debe coordinarse la capacitación, la planificación y la ejecución de las actividades, particularmente de aquellas asociadas con recolección de datos de muestreo y su posterior análisis. El ligamen entre la municipalidad y el colegio que participó en el plan piloto, fue vital no solo por el acceso a recursos municipales, sino también por establecer la importancia de estos datos para la toma de decisiones. Aunque el programa capacita a los voluntarios en la medición de calidad de las aguas superficiales, falta brindarles mayor capacitación ambiental que tenga un efecto multiplicador en la comunidad.

iii. **Sobre la sensibilidad de las pruebas rápidas para generar información precisa.** Al comparar los resultados obtenidos por pruebas de laboratorio, con los resultados obtenidos de las pruebas rápidas, se evidencia una gran pérdida de precisión con los segundos, lo que indica que, las pruebas rápidas aún no deben manejarse con idénticos propósitos que las pruebas de laboratorio.

Posibles trabajos a generar

Al haberse mostrado espacialmente un evento cuyo comportamiento ha cambiado con el tiempo, se han visualizado distintas opciones, tales como:

1. sistemas de alerta temprana sobre eventos hídricos (por ejemplo: avalanchas, cabezas de agua, bloqueo, derrame de sustancia peligrosa).
2. sistemas de análisis epidemiológico de enfermedades.
3. clasificación de las comunidades acorde con su índice de contaminación hídrica, es decir, la contribución que hace la comunidad a la contaminación de las aguas superficiales, lo que a su vez posibilitaría la orientación de los recursos hacia el saneamiento de las comunidades más afectadas por la contaminación de las aguas superficiales.
4. dadas las deficiencias que presentan las pruebas rápidas, se debe mejorar el conocimiento sobre estas, tal que se gesten nuevas pruebas que incrementen la sensibilidad al medir la calidad de las aguas superficiales.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Municipalidad de Curridabat por su apoyo, así como al personal del Liceo San Antonio de Padua en Curridabat por su activa participación durante la realización del plan piloto, a la Universidad de Costa Rica, que a través del Centro de Informática proveyó los servicios de almacenamiento, de procesamiento y web necesarios, que permiten ofrecer esta aplicación, al Espacio de Estudios Avanzados de la UCR (UCREA) por brindar fondos para la continuación de esta investigación, así como a los asistentes y estudiantes de la Escuela de Ciencias

de la Computación e Informática de la UCR por la colaboración brindada durante el análisis o el desarrollo de diversos módulos de esta aplicación.

Referencias

1. Abbasi, T. & Abbasi, S. (2011) Water quality indices based on bioassessment: The biotic indices. Journal of Water and Health. IWA Publishing 09.2. Disponible en el sitio: <http://jwh.iwaponline.com/content/ppiwajwh/9/2/330.full.pdf>
2. Abbasi, T. & Abbasi, S. (2012) Water Quality Indices. Elsevier.
3. Buytaert, W., Zulkafli, Z., Acosta, L., Alemic, Tilashwork, Bastiaensen, J, De Bievre, B: Bhusal, J., Clark, J., Dewulf, A., Foggin, M., Hannah, D., Hergarten, C., Isaeva, A., Karpouzoglou, T., Pandeya, B., Paudel, D., Sharma, K., Steenhuis, T., Tilahun, S., Van Hecken, G., Zhumanova, M. (2014) Citizen Science in Hydrology and Water Resources: opportunities for knowledge generation, ecosystem service management, and sustainable development. *Frontiers in Earth Science. Hydrosphere*. Disponible en el sitio: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/feart.2014.00026/full>
4. Calvo, G. (2015) Ríos – Fundamentos sobre su calidad y la relación con el entorno socioambiental. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
5. Lenzner, R. (2011). The Demand for Water Will Increase Five Times By 2050 - Forbes. Disponible en el sitio: <https://www.forbes.com/sites/robertlenzner/2011/07/23/the-demand-for-water-will-increase-five-times-by-2050/#482e5679706d>
6. Edelstein, Michael R. (1998) "Citizen Science: A Study of People, Expertise and Sustainable Development," *Clinical Sociology Review*: Vol. 16: Iss. 1, Article 15. Available at: <http://digitalcommons.wayne.edu/csr/vol16/iss1/15>
7. MINAE (2007) Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales. N° 33903-MINAE-S. Gaceta #178 Disponible en el sitio: http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/de-33903reglamento_evaluacion_clasificacion_cuerpos_de_agua_0.pdf
8. Ostrom, E. (1990). *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge [England]; New York: Cambridge University Press
9. Scientific American (2013) World Water Monitoring Challenge. Citizen scientists can join the World Water Monitoring Challenge to test the quality of their waterways, share their findings and protect our most precious resource. Disponible en el sitio: <http://www.scientificamerican.com/citizen-science/world-water-monitoring-challenge/>
10. Thukral, A.K.; Bhardwaj, Renu & Rupinder Kaur. (2005) Water Quality Indices. Disponible en el sitio: www.researchgate.net/profile/Ashwani_Thukral/publication/257650627_Water_Quality_Indices/links/0deec5258ff55850ad000000/Water-Quality-Indices&usq=AOvVaw0iitvixpfbgtTjrvvuUtjU
11. United Nations UN (1977) Report of the United Nations Water Conference: Mar del Plata, 14-25 March 1977
12. UNEP (2016) Global Drinking Water Quality Index Development and Sensitivity Analysis Report. United Nations Environment Programme Global Environment Monitoring System (GEMS)/Water Program. Disponible en el sitio: http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/global_drinking_water_quality_index.pdf
13. UNEP (2016) Water Quality Outlook. United Nations Environment Programme Global Environment Monitoring System (GEMS)/Water Programme. Disponible en el sitio: https://esa.un.org/iys/docs/san_lib_docs/water_quality_outlook.pdf
14. Vörösmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S. E., Sullivan, C. A., Reidy Liermann, C., Davies, P. M. (2010) Rivers in Crisis-Global Water Insecurity for Humans and Biodiversity. Southern Cross University. Disponible en el sitio: http://epubs.scu.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=2066&context=esm_pubs
15. Vörösmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S. E., Sullivan, C. A., Reidy Liermann, C., Davies, P. M. (2010) Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* 467 Vol 467. McMillan Publishers Limited. Disponible en el sitio: http://www.gwsp.org/fileadmin/documents_news/nature09440.pdf
16. World Bank (2013). Why is Water Critical for Ending Poverty?. Disponible en el sitio: <http://www.worldbank.org/en/news/video/2013/03/20/why-water-critical-ending-poverty>
17. World Health Organization/United Nations (2003). The Right to Water. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. Disponible en el sitio: http://www.who.int/water_sanitation_health/en/righttowater.pdf
18. World Health Organization/United Nations Children's Fund (WHO/UNICEF) Joint Monitoring Program (JMP) for Water Supply and Sanitation. (2015). Data Updates. Disponible en el sitio:

<http://www.wssinfo.org/country-collaborations/data-updates/>

Cientópolis: Desafíos en la Construcción de Ciencia Abierta y Ciudadana

Diego Torres^{1,2,3}, Julieta Lombardelli¹, Alejandro Fernandez^{1,2},

¹ LIFIA, Facultad de Informática, UNLP, La Plata, 1900, Argentina

² CICIPBA Comisión de Investigaciones Científicas, Prov. De Buenos Aires, Argentina

³ Departamento de Ciencia y Tecnología, UNQ, Bernal, Argentina

Resumen. En ciertas situaciones, como la toma, clasificación y etiquetado de muestras, el científico realiza un gran número de tareas simples, repetitivas, que no pueden ser automatizadas, y que podrían ser ejecutadas por personas sin formación en la materia si se las entrena y asiste con herramientas. En el pasado se han delegado este tipo de tareas a voluntarios, de manera efectiva, en proyectos de conservación, astronomía, y biología, entre otros. Cuando se convoca a ciudadanos voluntarios para colaborar con los científicos profesionales se habla de “ciencia ciudadana”. Encontrar, involucrar, coordinar y reconocer el trabajo de esos voluntarios es una tarea compleja. Definir y conducir proyectos de ciencia ciudadana presenta desafíos en tres áreas críticas: metodologías, tecnologías, y construcción de comunidades de voluntarios. El proyecto Cientópolis tiene como objetivo producir avances en estas tres áreas y abrirlos a la comunidad. En la actualidad, Cientópolis brinda espacios para compartir conocimiento y experiencias, ofrece herramientas para la construcción de proyectos de toma de muestras con dispositivos móviles y construcción colaborativa de conocimiento, da acceso a una comunidad creciente de ciudadanos científicos, genera ámbitos de formación y discusión, y explora estrategias de ludificación para consolidar y sostener dicha comunidad.

Palabras Clave: Citizen Science, Open Science, Gamification.

Eje temático: Arte y Cultura en Red. Ciencia Ciudadana.

1 Introducción

La Ciencia Abierta consiste en producir conocimiento científico de manera abierta y colaborativa [5] dejando en libre disponibilidad tanto los instrumentos de trabajo como los resultados intermedios y finales que se obtienen a lo largo de ese proceso. Esta forma de hacer ciencia promete revolucionar la producción de conocimiento científico porque es más eficiente, democrática y tiene el potencial de atender mejor a las demandas sociales.

Hacer ciencia abierta implica poner a libre disposición los datos, resultados y protocolos obtenidos en las diferentes etapas del proceso de investigación y permitir que otros contribuyan y colaboren con el esfuerzo de investigación. La apertura y la colaboración puede realizarse en diversas instancias de los procesos de producción científica. A su vez la apertura puede hacer en mayor o menor grado, y fomentando un mayor o menor diversidad de participantes. Existen restricciones formales, como las suscripciones pagas o las licencias para el uso o reutilización de materiales o información, o informales, como la necesidades de disponer de ciertas habilidades o recursos complementarios para poder aprovechar al máximo el conocimiento compartido. Una de las formas de ciencia abierta con mayor crecimiento en Argentina es la Ciencia Ciudadana.

La ciencia ciudadana es una actividad científica en la cual científicos no profesionales participan voluntariamente en la recolección, el análisis y la diseminación de datos de proyectos científicos [12]. A estos voluntarios, los cuales llegan a ser cientos de miles [9] se los denomina “ciudadanos y

ciudadanas científicas". Se trata de personas diseminadas a lo largo del planeta, que no poseen (necesariamente) una formación específica en ciencia y que donan voluntariamente parte de su tiempo para participar en el proceso científico. Existen varios proyectos de ciencia ciudadana exitosos como el estudio de aves de Cornell [1] o la clasificación de galaxias en GalaxyZoo (<https://www.galaxyzoo.org>), como así también plataformas Web para la implantación de proyectos de ciencia ciudadana como CitSci.org (<http://citsci.org>). El uso de plataformas de ciencia ciudadana accesibles por la Web es una de las alternativas de mayor uso viables para estas plataformas.

Un proyecto de ciencia ciudadana puede surgir de la necesidad de un grupo de científicos, que define tareas a ser resueltas por voluntarios y las delega. También puede originarse en la iniciativa auto-gestionada de los voluntarios. De acuerdo a la forma en que participan los ciudadanos, los proyectos de investigación pueden agruparse en cuatro categorías definidas por Wiggins y Crowston [12]: Acción (motivan la intervención en preocupaciones locales, utilizando la investigación científica para dar soporte a las agendas civiles), Conservación (conservación de custodia y gestión de los recursos naturales), Recolección (se centran en los lineamientos de un protocolo de investigación científica académica que requieren la recolección de datos del medio físico), Virtuales (todas las actividades del proyecto son mediadas por las TIC, usando fotos, videos, audios) o de Docencia (aprovechan el proceso científico con un objetivo pedagógico).

En este contexto surge el proyecto Cientópolis (<http://www.cientopolis.org>), un proyecto de investigación en ciencia abierta y ciudadana que propone articular diferentes problemáticas relacionadas en diferentes aspectos: Desafíos metodológicos, desafíos tecnológicos y desafíos en el desarrollo de la comunidad. Desde el año 2014, el proyecto Cientópolis ha ido creciendo en la investigación en ciencia abierta y ciudadana, consolidándose como proyecto de referencia en el estudio, la discusión y definición de lineamientos en ciencia abierta y ciudadana de Argentina.

El resto de este artículo se organiza de la siguiente manera, en la Sección 2 se enuncian los desafíos en los que enfrentan los proyectos de ciencia abierta y ciudadana. Los mismos se desglosan en desafíos metodológicos, desafíos tecnológicos y aquellos relacionados al desarrollo de comunidades de voluntarios. Con el contexto y los desafíos presentes, la Sección 3 desarrolla el enfoque de la propuesta del proyecto Cientópolis. En esta sección se describe en forma general la metodología de trabajo que el proyecto Cientópolis propone para estudiar y desarrollar la ciencia abierta y la ciencia ciudadana. Se discuten diferentes herramientas informáticas para facilitar la creación de proyectos de ciencia ciudadana y para motivar la participación en los mismos bajo una propuesta de ludificación. En la Sección 4 se presentan diferentes proyectos específicos definidos dentro de Cientópolis. Luego, la Sección 5 detalla diferentes secciones aprendidas durante este proceso de crecimiento del proyecto. Para finalizar, se incluyen las conclusiones y enumeran diferentes líneas de trabajos futuros.

2. Los desafíos de la ciencia abierta y ciudadana

Desde el inicio del proyecto Cientópolis, en 2014, se han identificado en la práctica y en la revisión de la literatura existente, desafíos en tres áreas: metodologías, tecnologías, y desarrollo de la comunidad de voluntarios y profesionales.

2.1. Desafíos metodológicos

Los proyectos de ciencia ciudadana son multidisciplinarios por definición. Por un lado, encontramos al científico a cargo, un experto en la temática que trata el proyecto por ejemplo, un astrónomo. Es quien tiene claro qué pregunta debe responder, y qué tareas debe realizar para responderlas. Es quien hasta ahora realizaba por sí mismo esas tareas, y contaba con ayuda de otros expertos en el dominio (otros investigadores o estudiantes avanzados). Ahora se encuentra frente a un volumen de

tareas que no puede resolver con los recursos que cuenta y que no puede automatizar. Entonces se le presenta la oportunidad de redefinir esas tareas y delegarlas, con ayuda de tecnología, a una multitud de voluntarios a los que primero debe atraer, formar, y sostener.

Formar asistentes y definir tareas claras que puedan resolver de manera efectiva es desafiante, aun cuando dichos asistentes cuentan con una formación en la temática. Los voluntarios en un proyecto de ciencia ciudadana tienen formaciones muy variadas incluso en los aspectos más básicos de la ciencia. Consecuentemente, prepararlos, asistirlos y definir tareas adecuadamente para que ellos puedan contribuir de manera efectiva al proyecto científico y disfrutarlo, es todo un reto. Esta faceta de los proyectos de ciencia ciudadana requiere desarrollo e involucra no solo a los expertos del dominio sino a también a educadores y sociólogos, entre otros. Complementariamente, es clave identificar estrategias para atraer, motivar, y retribuir la participación de los voluntarios. Desde esta perspectiva, la ciencia ciudadana es en sí un objeto de estudio. ¿Que motiva a los voluntarios a participar? La literatura [10] describe cómo algunas de las motivaciones de los ciudadanos científicos la curiosidad, la búsqueda de reconocimiento, la búsqueda de desafíos, el entretenimiento y la búsqueda de aprendizaje y desarrollo personal. ¿Cómo cambia la relación entre el ciudadano y la comunidad científica a partir de esta relación y qué métodos potencian ese cambio en una dirección positiva?

Aún en los proyectos más simples, la ciencia ciudadana ofrece oportunidades de aprendizaje a distintos niveles. Ya sea aprender de la problemática del científico lo mínimo requerido para resolver la tarea (por ejemplo, entender qué motiva al científico a resolver ese problema y porque el mismo es relevante), hasta involucrarse en discusiones con otros voluntarios y con científicos para entender más en profundidad el objeto de estudio. Proyectos exitosos como los que constituyen la iniciativa Zooniverse tienen como característica común ofrecer recursos adicionales para que el voluntario pueda acercarse a la temática de la investigación y espacios de interacción con otros voluntarios y con científicos. Transformar la ciencia ciudadana en una herramienta pedagógica efectiva es todavía un desafío. El rol del educador, o pedagogo en el equipo de ciencia ciudadana es fundamental.

2.2. Desafíos Tecnológicos

La participación de ciudadanos en la ciencia no es un fenómeno nuevo. Sin embargo ha visto un renacimiento y explosión en su popularidad motivado por el rol de las tecnologías. Aplicaciones como FoldIt [7] transforman en un juego de rompecabezas on-line a problemas científicos complejos, en este caso el plegado de proteínas. Portales on-line como Zooniverse permiten que millones de voluntarios en todo el mundo, contribuyan clasificando o anotando muestras en una amplia variedad de proyectos científicos. Aplicaciones móviles como Mosquito Alert (www.mosquitoalert.com) rompen barreras de espacio y tiempo permitiendo que el proyecto científico reciba contribuciones desde cualquier lugar del mundo, todo el día, todos los días.

La herramienta tecnológica es el nuevo motor de la ciencia ciudadana y es al mismo tiempo una barrera. El científico, salvo algunos casos, no cuenta con los recursos o el tiempo para construir la herramienta. El desarrollo de este tipo de aplicaciones que combinan hardware y software es complejo y costoso.

En la actualidad son pocas las herramientas de ciencia ciudadana pensadas para permitir ser adaptadas a distintos proyectos sin contar con conocimiento de informática. Zooniverse, además de ser un portal de proyectos de ciencia ciudadana, es un editor de proyectos. Permite que el científico suba sus muestras (por lo general imágenes), defina un protocolo de clasificación y etiquetado de las mismas, y publique el proyecto on-line. Es uno de los pocos ejemplos.

El desafío de eliminar la barrera tecnológica requiere construir un ecosistema de herramientas y servicios reutilizables y combinables que el científico pueda componer sin requerir formación específica en desarrollo de software y sin la necesidad de contratar personal especializado. Ese ecosistema debe al menos ofrecer: a) herramientas de muestreo que permitan tomar y enviar

muestras siguiendo protocolos claros y combinando sensores y; b) herramientas de clasificación y etiquetado que permitan distribuir grandes volúmenes de muestras a multitudes de voluntarios asegurando que cada una de ellas es clasificada múltiples veces para reducir la posibilidad de error.

Cuando se involucra a desconocidos en el proceso de toma, clasificación y etiquetado o procesamiento de muestras, hay que extremar y documentar las medidas para asegurar la calidad del resultado. A este fin, la estrategia más frecuentemente utilizada en la actualidad es la redundancia. La misma tarea se delega a muchos voluntarios y en base a la variabilidad en las respuestas se determina el potencial error y/o se repite la tarea. Sin embargo, esta no es la estrategia que mejor aprovecha el esfuerzo de los participantes. Combinar a voluntarios con sistemas inteligentes podría ser un camino factible, por ejemplo en la detección de errores involuntarios o vandalismo.

Para contribuir efectivamente, además de entender la tarea que debe resolver, el ciudadano necesita aprender a utilizar la tecnología. Desarrollar aplicaciones con buenos niveles de usabilidad y accesibles para un público variado y potencialmente desconocido plantea importantes desafíos de diseño.

2.3. Desafíos en el desarrollo de la comunidad de voluntarios

La mayoría de los proyectos de ciencia ciudadana actuales se caracterizan por delegar tareas que por su número (en los miles o decenas de miles) no pueden ser resueltas por el investigador y su equipo. No es posible automatizar su resolución (por ejemplo, construyendo un robot, o un software) y sin embargo, su resolución requiere habilidades que la mayoría de las personas tienen, y pueden aplicar luego de ser entrenados por un breve tiempo (por ejemplo, reconocer patrones en imágenes). Se basan en la disponibilidad e interés de voluntarios que, dependiendo del caso, resolverán algunas decenas de tareas. Esto implica que incluso los más simples proyectos de ciencia ciudadana requerirán de cientos de voluntarios. Atraer y mantener motivados a un número suficiente de voluntarios es un desafío que requiere una combinación de estrategias. Desde diseminación en redes sociales hasta eventos cara a cara son mecanismos para poner en marcha la construcción de la comunidad. Sin embargo, para sostener la comunidad en el tiempo se hace necesaria la implementación de otras estrategias. Este desafío es en sí mismo un tema de investigación. Se requiere atraer continuamente a nuevos voluntarios no solo para incrementar el "poder de cómputo" de la comunidad sino también para reemplazar a quienes indefectiblemente dejarán de participar. Es importante ofrecer oportunidades de desarrollo personal para que el voluntario pueda emprender tareas cada vez más complejas y reconozca su propio crecimiento. Que cuente con variedad de tareas y temas de proyectos hace que pueda construir su propio camino de desarrollo como científico ciudadano (especializándose por tipo de tarea o tema, o construyendo una visión generalista).

Las plataformas tecnológicas que den soporte a la construcción de la comunidad deben ofrecer al ciudadano un mapa de sus posibilidades de desarrollo y de exploración. Deben ofrecer retroalimentación en función de los resultados alcanzados para que el voluntario vea que es parte de una iniciativa más grande y que sus contribuciones aportan a un resultado mayor. De la misma manera, deben ofrecer al científico que define proyectos, una visión general de la comunidad de voluntarios en términos de volumen, características, intereses, capacidades, vitalidad. Debe ofrecer canales de comunicación que permitan a los científicos adecuar y orientar los proyectos que ofrecen, para así contribuir al desarrollo de la comunidad.

Cada nuevo proyecto de ciencia ciudadana que se inicia, debe afrontar estos desafíos. Si bien el número de voluntarios a los que puede alcanzar por medios electrónicos es potencialmente todo el mundo, quienes alguna vez han intentado construir una comunidad en red saben lo difícil que es la tarea. La única estrategia viable para que cada nuevo proyecto tenga voluntarios, es enfocarse en construir y conectar comunidades que trasciendan los proyectos individuales.

3. El enfoque Cientópolis

En la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata, se gestó el proyecto Cientópolis. Cientópolis busca construir una plataforma de Ciencia Ciudadana y Ciencia Abierta que aproveche prácticas modernas de desarrollo de software adaptable, y estrategias de Ludificación. La Ludificación incorpora lógicas de juegos en actividades que no fueron pensadas para ser un juego, y así poder hacerlas más entretenidas e interesantes. De esta forma, desde Cientópolis se busca que los voluntarios participen en las actividades de ciencia ciudadana jugando.

En el proyecto Cientópolis participan activamente investigadores del laboratorio LIFIA de la Facultad de Informática (UNLP) e investigadores del Centro de Investigaciones para la Transformación (CENIT). El trabajo conjunto de estos dos grupos combina las competencias relacionadas a la ciencia ciudadana y la ludificación del grupo de LIFIA, con las competencias en el estudio de la ciencia abierta con una visión más general e integral.

Durante el año 2018, Cientópolis comenzó a trabajar también en conjunto con la Dirección Nacional de Programas y Proyectos en Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, y con CENIT nuevamente en el diseño y organización del Ciclo de talleres y Conversatorios sobre Ciencia Abierta y Ciudadana”, con varios encuentros y la participación de numerosos científicos y gestores de la ciencia de Argentina.

Cientópolis posee los siguientes objetivos:

- Proporcionar al científico una plataforma para implementar y estudiar sus proyectos de ciencia ciudadana y ciencia abierta.
Formar una red de ciudadanos que colaboran en proyectos propuestos por científicos.
- Estrechar el lazo entre las instituciones científicas y la comunidad que la circunda.
- Motivar la participación en ciencia de los ciudadanos.

Por otra parte, se presentan como problemática una brecha de conocimiento y pertenencia de los organismos científicos con la sociedad. La sociedad en general no visualiza la presencia de las organizaciones científicas así como tampoco la capacidad de las instituciones en solucionar los problemas cotidianos. El ideario de la que la ciencia es una actividad que requiere una gran formación y solamente está destinada a “mentes superiores” o personas calificadas agranda esta brecha y se visualiza desde las dos perspectivas: las personas de a pie no creen poder realizar una actividad científica y los científicos académicos no encuentran herramientas para invitar a las personas de a pie a participar. La ciencia ciudadana y las herramientas tecnológicas para la ciencia ciudadana brindan estos espacios para que la brecha sea menor.

La estrategia para perseguir los objetivos planteados se centra en articular la plataforma con diferentes líneas de trabajo. Algunas de esas líneas de trabajo están vinculadas a la conformación de líneas de investigación y grupos de estudio, y otras son articuladas en proyectos de producción de software específico.

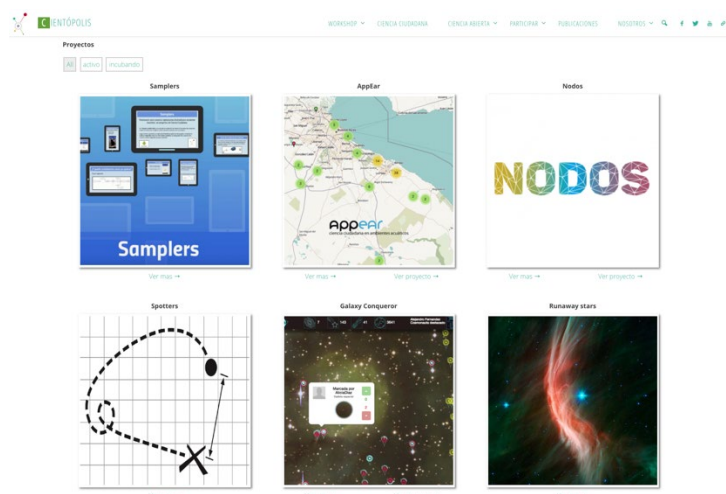


Figura 1. Portfolio de proyectos en el portal de Cientópolis.

La primera de estas líneas es el “Laboratorio de Ciencia Abierta y Ciencia Ciudadana” el cual vincula al grupo de investigación sobre Ciencia Abierta (CENIT CONICET) dirigido por Mariano Fressoli y Valeria Arza con el grupo de investigación sobre Ciencia Ciudadana perteneciente a LIFIA. En este laboratorio se busca estudiar los vínculos y lineamientos generales de la ciencia abierta y la ciencia ciudadana como prácticas generales y compartidas por las diferentes áreas del conocimiento científico.

En forma complementaria, otra línea busca consolidar una red de ciudadanos y académicos que compartan intereses en ciencia abierta y ciudadana. Las diferentes estrategias ligadas a esta línea se basan en encontrar espacios comunes de comunicación. Una de ellas es mediante el uso de redes sociales como herramienta para establecer estos vínculos es un comienzo. En este sentido, además del portal en <https://www.cientopolis.org> es posible sumarse a la comunidad de Cientópolis en Facebook (<http://www.facebook.com/cientopolis>) con 910 seguidores y también mediante la cuenta de Twitter @cientopolis que cuenta con 365 seguidores¹³. También es importante el vínculo y la participación en eventos de divulgación científica, revistas y medios de alcance popular. Y por último, también se incluyen actividades de vinculación presencial a modo de talleres como la realización de editathones. La Figura 1 detalla el portfolio de proyectos de Cientópolis a los que la comunidad puede sumarse.

A fin de atacar los desafíos tecnológicos, el proyecto Cientópolis desarrolla componentes de software adaptables, que se publican bajo licencias de código abierto. Todos los proyectos de código se encuentran en repositorios públicos, por el momento alojados en el sitio GitHub en <https://github.com/cientopolis>. La Figura 2 resume en una línea temporal la historia de crecimiento del proyecto Cientópolis. Los comienzos en el año 2014 se producen a partir de un proyecto conjunto con el Nuevo Observatorio Virtual Argentino (NOVA) y el Laboratorio en la construcción de un juego serio de ciencia ciudadana sobre la detección de galaxias en el espacio. De este trabajo conjunto surge la idea de formar, a mediados de 2014, un proyecto de investigación al que llamamos Cientópolis. A comienzos de 2015 aparece la primera versión del proyecto iniciado con NOVA llamado GalaxyConqueror [3] que consistía en encontrar en una imagen del espacio galaxias que aún no habían sido descubiertas. Luego de la divulgación y éxito de esta primera aproximación se generan dos proyectos nuevos: NODOS como plataforma para registrar el patrimonio cultural intangible en artes escénicas y Runaway stars, proyecto para clasificar fotos de estrellas. En 2016 se realiza la alianza

¹³ Accedidos el 11 de junio de 2018

con CENIT y se incorpora como tema de investigación a la ciencia abierta. En 2017 se pone a disposición del público el portal de NODOS y se comienza a trabajar en dos proyectos de recolección de muestras: Samplers como herramienta multipropósito para recolectar muestras con los móviles y Spotters para realizar geo-posicionamiento. Ese mismo año somos invitados a ser expositores en el 11 Congreso Colombiano de Computación, allí el artículo sobre el proyecto Nodos obtiene el premio al mejor artículo largo [11]. Hacia fines del 2017 se generan un semillero en la Universidad San Buenaventura de Cali con el proyecto Amapearte (para la generación de recorridos turísticos con ciencia ciudadana) Luego, en noviembre de ese año se realiza el primer Workshop de Ciencia Abierta y Ciudadana de Argentina llamado Ciaciar 2017 (luego se convertirá en congreso). También finalizamos el año dictando el primer curso de doctorado sobre Ciencia Ciudadana de la región. En 2018 se comienza con el proyecto de protección de tiburones en Argentina, el seminario de ciencia abierta y ciudadana con el Ministerio de Ciencia e Innovación productiva de Argentina y el lanzamiento del 2do Congreso Argentino de Ciencia Abierta y Ciudadana de Argentina a realizarse en noviembre de 2018.

4. Proyectos dentro de Cientópolis

En esta sección se describirán diferentes proyectos que se encuentran dentro de las líneas de organización de Cientópolis. Algunos de ellos persiguen líneas de investigación que se aplican a otros proyectos como es el caso de Ludiciencia, mientras que otros son soluciones tecnológicas informáticas específicas.

4.1. Nodos

NODOS es un proyecto concreto de ciencia ciudadana destinado al estudio y preservación del patrimonio cultural intangible en las artes escénicas. Además, por el tiempo desde la creación y la actividad cotidiana, es el proyecto activo de ciencia ciudadana más importante que se desarrolla desde Cientópolis. A diferencia de las herramientas para asistir a la generación de proyectos de ciencia ciudadana descritas en la Sección anterior, NODOS es un caso concreto de ciencia ciudadana en el que los científicos ciudadanos y académicos comparten las actividades.

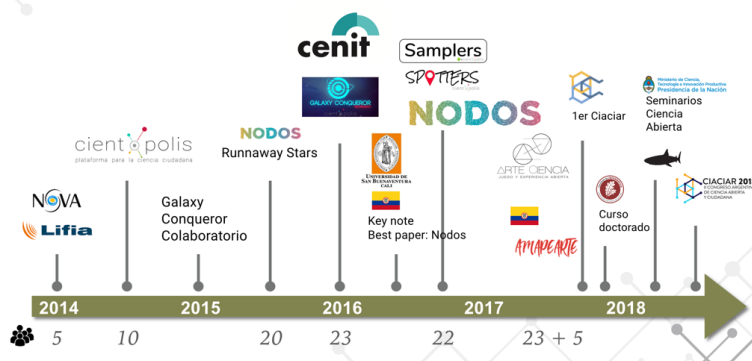


Figura 2. Línea temporal del proyecto Cientópolis.

Nodos (<http://plataformanodos.org>) es un trabajo colaborativo multidisciplinar entre el LIFIA (Laboratorio de Investigación y Formación en Informática Avanzada) de la Facultad de Informática de la UNLP y el Grupo del Estudio del Cuerpo (GEC) quienes presentaron la idea original de desarrollar un

Catálogo para las Artes Escénicas con el objetivo de registrar, catalogar, difundir e investigar la actividad artística en la ciudad de La Plata.

El catálogo consistía de una publicación impresa, en la que el GEC comenzó a trabajar enviando formularios a la comunidad artística, las cuales debían ser completadas y devueltas con la información de interés. Este enfoque pronto reveló algunos inconvenientes. La información no siempre volvía en tiempo y forma, y requería un trabajo extra de curado de la información que resultó ser lento y engorroso. A pesar de que se había planeado que el catálogo sea editado anualmente, la recopilación de información de esta manera era lenta y el catálogo estaría desactualizado antes de su publicación.

En este punto se sumó el Cientópolis, y en conjunto con el GEC se desarrolló un proyecto de ciencia ciudadana en el que se conjuga una ontología para representar el dominio de las artes escénicas, a la que se le da soporte mediante una wiki. La Plataforma Nodos cumple en forma informatizada el objetivo del catálogo de las artes escénicas.

El proyecto NODOS combina tres elementos importantes: una ontología para describir el conocimiento relacionado a las artes escénicas, una wiki semántica donde se puede registrar la información utilizando la ontología, y un proyecto de ciencia ciudadana donde permite a la comunidad de las artes escénicas (artistas, espacios y público) completar y consultar la información de NODOS [11].

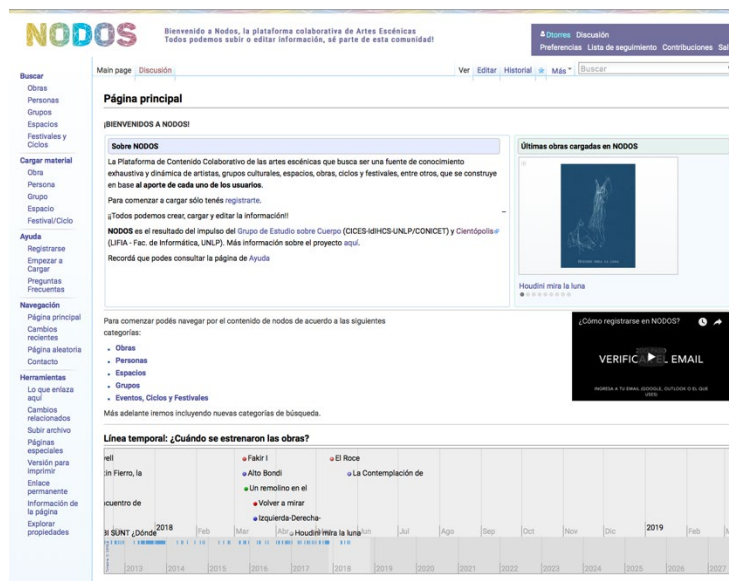


Figura 3. Portada de NODOS.

La wiki semántica es una herramienta de edición y participación colaborativa que además permite incorporar elementos que facilitan el procesamiento de la información. Una wiki es una herramienta para crear y editar los contenidos de una página web. La información contenida en una wiki puede ser accedida y editada por muchas personas en simultáneo, por lo que son una herramienta potente para el trabajo colaborativo.

La principal utilidad de un wiki es que permite crear y mejorar las páginas de forma inmediata, dando una gran libertad al usuario, y por medio de una interfaz muy simple. Esto es vital para poder involucrar en el trabajo a gente que no necesariamente posee conocimientos técnicos para editar contenido en la web. Se eligió implementar la Plataforma Nodos para aprovechar estas ventajas, buscando que sea la misma comunidad artística la que se encargue de cargar la información. Los artistas pueden difundir su trabajo y contactarse con otros artistas en forma muy sencilla. De esta manera se tiene además un alcance mucho mayor que el enfoque manual descrito anteriormente que centralizaba en el GEC el trabajo de carga de información.

La wiki de nodos está implementada con el framework MediaWiki, un soporte para wikis muy conocido por ser el mismo que utiliza Wikipedia, tal vez la wiki más famosa de la web.

Al momento de la escritura de este artículo¹⁴, la plataforma NODOS cuenta con 260 obras cargadas, 487 páginas sobre personas, 51 artículos sobre grupos, 44 espacios, y 18 festivales y grupos. Día a día la información va creciendo y actualizando. La Figura 3 muestra la página de inicio de la plataforma Nodos.

4.2. Ludiciencia

A través de este espacio se busca analizar desde un contexto latinoamericano la ludificación como nodo articular entre el arte y la ciencia abierta, en tanto concepto que permite enriquecer las capacidades perceptivas a fin de generar un conocimiento crítico y reflexivo sobre las problemáticas sociales actuales.

Ludiciencia es el proyecto de doctorado de Julieta Lombardelli. La particularidad de este proyecto doctoral es que, a pesar que el proyecto de investigación Cientópolis tiene residencia en la facultad de Informática de la UNLP, el doctorado y la formación de Lombardelli son en Bellas Artes y no en una formación del campo de la informática. Este proyecto consolida las características de múltiples campos del saber que requiere la ciencia abierta y la ciencia ciudadana.

La ludificación se presenta como un concepto de creciente desarrollo en diferentes ámbitos entre otros la educación, el marketing, las dinámicas empresariales, el arte y la ciencia. El término ludificación fue acuñado desde la industria de los medios digitales y responde a la aplicación de estrategias de juegos en espacios o ámbitos cuya naturaleza no es lúdica [6].

Su implementación en las diferentes situaciones tiene el claro objetivo de estimular y facilitar al usuario la incorporación de saberes específicos y de incrementar el compromiso con aquello que se busca estimular, lo que en inglés responde al término engagement. Un elemento que es un eje conductor en la ludificación es precisamente la experiencia de usuario, es decir la relación de la interacción humana con el dispositivo en el cual se está produciendo dicha experiencia.

La incorporación de la ludificación en las ciencias se enlaza íntimamente con el desarrollo de un nuevo movimiento que se manifiesta desde la comunidad científica: la Ciencia Abierta.

El arte con sus propuestas críticas y reflexivas y sus motivaciones internas que observan al hombre en sus facetas relacionales, se presenta diferente quizás al modelo de producción científica tradicional, pero es a través de propuestas trans-disciplinarias que comparten métodos de abordaje y producción en donde es posible captar este entrelazamiento del conocimiento.

La creatividad como un concepto que articula el arte, el diseño y la ciencia, es parte intrínseca de las propuestas que incorporan la ludificación, y atiende problemáticas de incidencia actual con un alcance abierto más efectivo, potenciadas por el uso de la red internet, considerando el desarrollo de las sociedades en el presente. En recientes estudios como el que se despliega desde el Banco Interamericano de Desarrollo, se describe el crecimiento exponencial de las Industrias Creativas que generan propuestas innovadoras en investigación, educación y divulgación desde Latinoamérica observando las problemáticas propias de su contexto, con proyección de desarrollo a nivel mundial.

¹⁴ Accedido el 10 de junio de 2018

4.3. Metagame

Metajuego es un componente de software, que ofrece la posibilidad de agregar elementos de ludificación a cualquier proyecto de ciencia ciudadana con cambios mínimos a la tecnología que le da soporte. Además, actuó como un puente entre distintos proyectos conectándolos bajo la idea de un único juego.

Uno de los objetivos a los que apunta el metajuego es consolidar una comunidad de ciudadanos activos, con perfiles y expectativas variadas. Para Cientópolis (y en general para todo proyecto de Ciencia Ciudadana) es clave la participación activa e inclusión de nuevos miembros, para así obtener resultados variados, los cuales serán materia prima para los proyectos que los científicos necesitan estudiar. En el ecosistema de Cientópolis se encuentran diversos proyectos (de artes escénicas, astronomía, bellas artes, arquitectura) por lo que es parte de este desafío tener en cuenta a todos los proyectos. Se busca una estrategia que permita obtener contribuciones (en cantidad y calidad) efectivas para la ciencia. Que permita difundir metas alcanzadas, logros, y reconocer la participación de sus voluntarios. Metajuego busca fortalecer la motivación intrínseca de los voluntarios con cada proyecto.

Se entiende por Ludificación (del inglés Gamificación) al uso de elementos y técnicas de diseño de juegos en contextos serios [6], en este caso Ciencia Ciudadana. Diversos experimentos han analizado la posibilidad de ludificar proyectos de Ciencia Ciudadana en diversas áreas, ya sea para obtener mejores resultados o para solucionar aquellos problemas que conllevan toda iniciativa de Ciencia Ciudadana, tal como lo es FoldIt en el área de la Bioquímica [4], la cual es una plataforma donde los distintos participantes colaboran y compiten para plegar estructuras de proteínas utilizando elementos de juegos. Los resultados de FoldIt fueron prometedores, incluyendo nuevos descubrimientos y aportes a la Ciencia. Otro ejemplo es el de EyeWire [8] en el campo de la neurociencia, donde los participantes buscan y clasifican conexiones entre neuronas sobre un trozo de tejido, coloreando (elemento de juego) las diferentes secciones en las imágenes que proporciona la plataforma.

En el marco de Cientópolis, a nivel de proyectos individuales, la gamificación ha demostrado resultados prometedores, como por ejemplo en Galaxy Conqueror [3], que ha logrado interesar a voluntarios en tareas de identificación de galaxias definidas por investigadores del CONICET.

Metagame (Meta: Más allá del/Junto al Juego) es un juego en el cual cada participante tomará el rol de un Científico perteneciente a la ciudad ficticia de Cientópolis, donde cada acción que realice contribuye a ser parte o historia de la misma, convirtiéndose así en Científicos visionarios o leyenda.

Para jugar Metagame, es necesario participar en alguno de los proyectos vinculados Cientópolis. En todos los proyectos de Cientópolis hay principalmente, tres tipos de acciones que se pueden realizar:

Contribuciones (Contribution): Son las acciones principales que el jugador realiza en los distintos proyectos de Cientópolis. Por ejemplo: En el proyecto de Galaxy Conqueror, “Marcar una galaxia”.

Refuerzos (Reinforcement): Son las acciones, actividades secundarias, o de refuerzo que el jugador puede realizar. Este tipo de acción generalmente corresponden a la interacción o apoyo con otros usuarios de los distintos juegos. Por ejemplo: Una acción de refuerzo es votar una galaxia marcada por otro jugador en Galaxy Conqueror.

Diseminación (Dissemination): Son aquellas acciones sociales, de propagación o diseminación de los distintos juegos disponibles en Cientópolis. Por ejemplo: Compartir en Facebook un resultado.

A medida que el jugador vaya realizando las acciones previamente mencionadas, irá obteniendo un Logro. El “logro” es la principal mecánica de Metagame, y a su vez, es la forma en la cual el jugador irá avanzando a lo largo del juego.

Finalmente, el jugador irá acumulando diversos logros o insignias especiales y únicos que le permitirán convertirse en un mejor Científico, representando este avance en forma de Rangos. Un jugador comenzará teniendo un rango de “Visitante (Visitor)”, y a medida que vaya cumpliendo con los objetivos puestos por Metagame, llegará a mejores rangos tales como Ciudadano Científico, hasta

alcanzar la maestría y convertirse en “Ciudadano Científico Visionario”, ilustre para la ciudad de Cientópolis (Introduciremos el concepto de rangos en profundidad en las siguientes subsecciones).

Más información sobre Metagame, links descarga, instala y configura, se encuentra disponible on-line en <https://www.cientopolis.org/metagame>.

4.4. Samplers

El foco del proyecto Samplers está dado en los proyectos de ciencia ciudadana que se dedican a la recolección de muestras de datos primarios. Estos proyectos son los que se describen como de Recolección y fueron descritos en la Sección 1.3. Una forma de asistir a estos proyectos es por medio de sistemas informáticos que posibiliten la recolección de datos usando móviles

Un ejemplo de este tipo de proyectos es AppEAR (<http://www.app-ear.com.ar>) un sistema de ciencia ciudadana para cuidar y aprender de los ambientes acuáticos en Argentina, realizado por Joaquín Cochero, investigador del CONICET en el Instituto Platense de Limnología. El objetivo final de AppEAR es tener un relevamiento completo y detallado de aguas continentales de todo el territorio nacional para conocer los lugares en riesgo en los que urge trabajar. Los voluntarios de este proyecto descargan una aplicación para su dispositivo móvil y toman muestras para el proyecto. La aplicación guía a los usuarios, a través de preguntas, la posibilidad de tomar fotografías y registrar la posición geográfica por medio del GPS.

La mayoría de los proyectos de ciencia ciudadana de recolección cuentan con aplicaciones desarrolladas específicamente para cada proyecto, en donde el principal problema a resolver es la secuencia de pasos que conforman el protocolo para la toma de la muestra y la combinación en este protocolo de las herramientas del dispositivo móvil que se desean utilizar (cámara, GPS, etc). Proveer un framework que resuelva esta problemática sería muy útil para la creciente comunidad de científicos que incluyen ciencia ciudadana en sus proyectos. Samplers es un framework para crear aplicaciones de ciencia ciudadana que permitan recolectar muestras de datos primarios utilizando smartphones Android sin necesidad de programar. En samplers el científico de cualquier disciplina describe de forma sencilla los pasos que debe llevar a cabo una persona cuando realice la toma de la muestra. Esto puede ser:

- capturar una foto, un video, un audio o un recorrido hecho con el dispositivo móvil,
- contestar una pregunta con respecto a la muestra. Esta pregunta puede tener una o múltiples respuestas posibles.
- introducir anotaciones (texto)
mostrar información georeferencial para la toma de la muestra.

Una vez que se determine el protocolo para tomar las muestras, Samplers genera una aplicación que se instala en cualquier dispositivo Android y le permite a cualquier persona seguir los pasos definidos por el científico. Cuando se finaliza la etapa de muestra, los datos son enviados a un servidor donde se recolectan para el posterior análisis. Más información sobre Samplers, links descarga, instala y configura, se encuentra disponible on-line en <https://www.cientopolis.org/samplers>.

4.5. Spotters

Spotters nace a partir de la necesidad de enriquecer el ecosistema de aplicaciones de Ciencia Ciudadana, ofreciendo la posibilidad de generar múltiples aplicaciones de distintas áreas de la ciencia pero con ciertas características en común, sin requerir conocimientos sobre programación ni extensos tiempos de desarrollo.

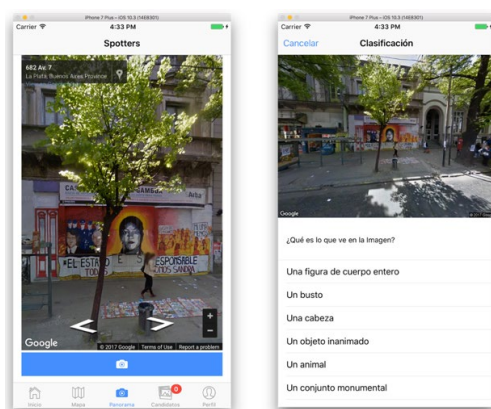


Figura 4. Spotters.

Las aplicaciones generadas con Spotters permiten a los usuarios marcar, en un mapa, distintos puntos de interés para el científico científicos (por ejemplo, monumentos en la vía pública), clasificarlos a través de una serie de preguntas presentadas en el momento del marcado de dichos puntos, y finalmente, poder filtrar y descartar los puntos no deseados, para que la labor de un científico sea más precisa. De este modo, la Ciencia Ciudadana está presente en el hecho de que son las personas mismas quienes buscan las muestras y las catalogan para participar en la labor del científico. Debido a la creciente utilización de dispositivos móviles, Spotters está diseñado con una filosofía Mobile First y utiliza las últimas tecnologías disponibles para que las aplicaciones resultantes puedan ser utilizadas desde una computadora, una tablet o un celular sin pérdida de funcionalidad y con una estética uniforme.

Las aplicaciones generadas mediante Spotters poseen un conjunto de funcionalidades en común relacionadas a la geolocalización y que son posibles gracias a herramientas como Google Maps y Google Street View. Sirviéndose de estos dos proyectos, el usuario puede navegar desde la aplicación por distintas zonas de la vía pública y acceder a una vista panorámica de distintas áreas sin la necesidad de desplazarse físicamente hasta la zona que se desea explorar. Figura 4 presenta dos capturas de pantalla de una aplicación construida con Spotters. Los científicos ciudadanos recorren virtualmente la ciudad para identificar y catalogar expresiones de arte plástico en la vía pública.

Para promover la utilización de la plataforma, que el tiempo de permanencia de los usuarios sea el más largo posible y que realicen la mayor cantidad posible de contribuciones, Spotters incorpora elementos sociales y de debate y, además, incluye elementos de ludificación. Gracias a esto último, cuando un usuario cumple con una tarea o realiza una acción determinada, puede subir de nivel y obtener medallas de reconocimiento por los logros alcanzados. Más información en <https://www.cientopolis.org/spotters/>.

4.6. Conservación de tiburones

El objetivo del proyecto es relevar la presencia y tipos de especies de tiburones y rayas en la costa atlántica argentina. Este proyecto se lleva a cabo en cooperación con el grupo especializado en preservación y estudio de condrictios de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la UNLP dirigido por la Dra. Mirta García. Particularmente se encuadra en dos proyectos acreditados: "Análisis poblacional y migratorio del cazón (*Galeorhinus galeus*) en el Atlántico Sudoccidental", No735(2014-2018) y "Filogeografía aplicada a la conservación del gatopardo (*Notorhynchus pectorosus*, Chondrichthyes) en el Mar Argentino". Adicionalmente, dentro de los objetivos del proyecto también se encuentra en divulgar la importancia de concientizar a las nuevas generaciones (en particular

desde las aulas), de la vulnerabilidad de dichas especies y de la necesidad de su protección. Este proyecto es incipiente y se encuentra en etapa de diseño.

4.7. Congreso Argentino de Ciencia Abierta y Ciudadana

El Congreso de Ciencia Abierta y Ciudadana en Argentina es un espacio de encuentro para científicos, investigadores, entusiastas de la ciencia, programadores, funcionarios de Ciencia y Tecnología y áreas afines, estudiantes universitarios y divulgadores de la ciencia y la tecnología. Este congreso se encuentra organizado por Cientópolis y CENIT. Se realizó la primera edición bajo el nombre de “I Workshop de Ciencia Abierta y Ciudadana - Argentina” con una concurrencia de más de 200 personas de todo el país. Debido al éxito de la primera edición, se realizará en el 2018 la segunda edición pero con nombre de “Congreso Argentino de Ciencia Abierta y Ciudadana”, en esta oportunidad será realizado en la Universidad Nacional de San Martín el 2 de Noviembre (<http://ciaciar.lifia.info.unlp.edu.ar>). Este congreso no tiene precedentes en el ámbito local. El objetivo de la edición 2018 de CIACIAR es conectar y dar cuenta de las diferentes experiencias, prácticas y actores que hacen ciencia abierta y ciudadana con el fin de desarrollar iniciativas que permitan consolidar el proceso de apertura del conocimiento científico.

4.8. Seminario de Ciencia Abierta y Ciudadana

Este proyecto se propone visibilizar y conectar las iniciativas y capacidades existentes en ciencia abierta y ciudadana en el país. Se busca contribuir a la construcción de una comunidad de prácticas que permita intercambiar experiencias y desarrollar herramientas que faciliten la transición hacia formas abiertas y colaborativas de producción de conocimiento científico. El objetivo general es sensibilizar a investigadores, estudiantes y hacedores de políticas en ciencia y tecnología en el uso y desarrollo de herramientas, prácticas y políticas de prácticas de ciencia abierta y ciudadana. El mismo se encuentra organizado por Cientópolis, CENIT y la Dirección Nacional de Programas y Proyectos de la Subsecretaría de Evaluación Institucional del Ministerio y de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva de la Nación.

Los talleres son realizados en el Centro Cultural de la Ciencia, dependencia del Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva de Argentina. El cronograma de talleres y conversatorios incluye lo siguiente:

- Taller de Ciencia Ciudadana (Realizado).
- Conversatorio sobre Ciencia Abierta e Innovación (Realizado).
- Taller de gestión de datos - A realizarse.
- Taller de hardware libre para la ciencia – A realizarse
- Conversatorio sobre Ciencia abierta y Desarrollo – A realizarse

4.9. Runaway Stars

Las estrellas de alta velocidad, conocidas como runaway stars por su nombre en inglés, son estrellas que se mueven con una velocidad espacial alta respecto a la velocidad de rotación media de la galaxia [2]. En algunas ocasiones estas estrellas generan una estructura a su alrededor conocida como bow shock.

Los bow shocks obtienen su nombre por poseer una forma de arco ,muy sencilla de identificar, similar a la forma que tiene una onda en el agua adelante de un barco moviéndose por ella. La Figura 5 muestra una captura de pantalla del momento de selección de la imagen adecuada.

La búsqueda visual de bow shocks o estructuras similares, alrededor de estrellas runaway, es simple y puede realizarla cualquiera, con un mínimo entrenamiento visual. El problema es, la enorme cantidad de trabajo que representa poder aportar un mínimo resultado a la la estadística general en el tópic. Por este motivo un proyecto de Ciencia Ciudadana resulta vital. ‘Runaway stars’, tiene como objetivo encontrar bow shocks estelares alrededor de estrellas de alta velocidad, en imágenes infrarrojas.

En Runaway Stars los voluntarios observan una estrella a la vez e indican si al rededor de la estrella observan o no un bow-shock, nos referiremos a esta observación y análisis de una estrella como "pregunta". Los objetivos durante el desarrollo de este proyecto son buscar que los participantes respondan la mayor cantidad de preguntas posibles manteniendo un nivel aceptable de respuestas correctas.



Figura 5. Selección de imagen en Runaway Stars.

4.10. Cursos de Doctorado

Bajo el nombre de “Ciencia ciudadana: Tecnologías, Métodos, Comunidades”: El objetivo de la asignatura es explorar la ciencia ciudadana como un fenómeno particular de inteligencia colectiva y un área de investigación desde la perspectiva de las tecnologías de soporte a la colaboración. La misma ya se ha dictado en dos oportunidades en el marco del Doctorado en Informática.

4.11. Transcriptor

Transcriptor es una aplicación web que permitirá a la comunidad subir y transcribir manuscritos digitalizados. Dentro de la aplicación existen distintos roles de usuarios que colaborarán entre sí para alcanzar el objetivo que propone el sistema. Esto se logra disponiendo los trabajos en proyectos los cuales un moderador supervisará los distintos aportes realizados por todos los usuarios definiendo un esquema de trabajo dinámico el cual hace más ameno el proceso de transcripción.

El proyecto es una extensión de la aplicación web “From The Page”¹⁵, un sitio web de transcripciones crowdsourcing de código abierto, en el cual se mejorará el proceso de transcripción, facilitando al usuario herramientas que permitan simplificar esta tarea, además, se agregarán nuevas características al proyecto y se procederá a integrarlo a Cientopolis.

¹⁵ <https://fromthepage.com> accedido el 11 de junio de 2018.

5. Lecciones aprendidas

El recorrido del proyecto Cientópolis nos ha permitido apreciar una serie de desafíos importantes en la realización y articulación de prácticas de ciencia abierta y ciudadana en Argentina. Esto nos lleva a organizar las lecciones aprendidas en aquellas relacionadas al funcionamiento del proyecto, aquellas relacionadas a la práctica de la ciencia ciudadana y la ciencia abierta, y por último aquellas ligadas a las cuestiones tecnológicas y de soporte.

El proyecto surge como generador de proyectos específicos de ciencia ciudadana a partir de las experiencias propias. En esta búsqueda y ampliación de lo que significa la ciencia ciudadana vemos que discutirla fuera del contexto de la ciencia abierta genera contradicciones. Es por ello que hemos decidido incorporar a la ciencia abierta como marco para que pueda desarrollarse la ciencia ciudadana. Sin embargo, las formas de articular la ciencia abierta más fácil de reconocer son por medio de la ciencia ciudadana.

La ciencia ciudadana muestra una complejidad en su concepción, diversidad y articulación. Desde las ciencias informáticas encontramos que el trabajo para la construcción de proyecto de ciencia ciudadana requiere la participación de diferentes disciplinas y esto conlleva a una complejidad del lenguaje, de la comunicación, y de la visión de los objetivos. Los proyectos de ciencia ciudadana pueden ser concebidos de formas diversas y hay mucho trabajo andado ya en diferentes latitudes del mundo. Es por ello, que para poder incorporar mejor las diferentes formas de diseño y creación de proyectos de ciencia ciudadana hemos diseñado un curso el cual nos ha obligado a estar actualizados en el estado de la situación sobre ciencia abierta y ciudadana.

No menos destacable es la dificultad de incorporar este tipo de proyectos en las actividades de los investigadores profesionales de Argentina, donde los sistemas de valuación no incluyen las prácticas abiertas como relevantes. De esta forma, hay cuestiones estructurales en la matriz científica argentina que deben mitigarse no solo a través de formación y apertura de los investigadores, sino también a partir de un esquema de evaluación e infraestructura que permite llevar a cabo estas prácticas de una manera más fácil.

El soporte económico del proyecto es otro de los desafíos que conlleva a la realización. Principalmente porque al mismo se encuentran abocados solamente dos investigadores formados y el resto de los miembros son estudiantes de doctorado o alumnos de grado. Es decir, en el equipo no hay personal de apoyo que pueda llevar a cabo el desarrollo y mantenimiento de las aplicaciones. La forma de articular estos trabajos es mediante la producción de trabajos finales de grado en la carrera de Informática de la UNLP. Esta forma permite la realización del software pero con tiempos mucho más largos que las de un proyecto con financiación. El hecho de articular la producción con trabajos finales de grado, también genera que la conformación del equipo no sea estable y, a medida que los y las alumnas finalizan sus grados dejan el equipo.

Por su parte, hemos comenzado a conformar la red de grupos e investigadores que generan proyectos de ciencia abierta y ciudadana. En la práctica hemos notado principalmente dos cosas: la mayoría de los grupos que realizan ciencia ciudadana no saben que están realizando esta práctica, y aquellos que lo saben piensan que esa es la única forma de hacer ciencia ciudadana. A esto se suma, que muchos de estos grupos realizan sus actividades en forma aislada sin compartir experiencias con pares, dificultando la visibilidad de la actividad, teniendo que resolver problemáticas similares sin tener lecciones aprendidas, y obteniendo dificultades en encuadrar la actividad de la ciencia ciudadana en las convocatorias a subsidios o como actividad en las evaluaciones recibidas.

Esta necesidad de formar una red nos ha llevado a pensar el proyecto como articulador de proyectos específicos de ciencia abierta y ciudadana. Desde allí que muchas de las actividades y herramientas que hemos desarrollado se orientan a la asistencia a realizar proyectos de este tipo, a formar formadores con los cursos, y a continuar formando las comunidades con los encuentros y congresos.

6. Conclusiones

En este artículo se presenta el proyecto de ciencia abierta y ciudadana Cientópolis. El proyecto es pionero en Argentina y se centra en articular actividades y proyectos de ciencia abierta y de ciencia ciudadana.

En este artículo se presenta el proyecto de ciencia abierta y ciudadana Cientópolis. El proyecto es pionero en Argentina y se centra en articular actividades y proyectos de ciencia abierta y de ciencia ciudadana.

Como describimos en las secciones anteriores, el proyecto es un proyecto joven que se ha enfrentando y sigue enfrentándose a una serie de desafíos de diferentes índoles.

Tal vez, uno de los desafíos mas importantes a la que nos vamos enfrentando es la poca información dentro de la comunidad científica que posee la ciencia abierta y la ciencia ciudadana como prácticas a incorporar dentro de su actividad científica. Los científicos ya formados no poseen, en general, ninguna práctica de transferencia de sus conocimientos que se aleje de las publicaciones tradicionales de artículos o de las clases en los cursos de grado o postgrado universitario. En ambos casos, la transferencia de conocimiento se realiza para pares y en los medios y lenguajes que solamente pueden interpretar estos pares. De las publicaciones se desprenden solo los trabajos exitosos y el acceso a las mismas es después de mucho tiempo de realizada la investigación. Es decir, aquellas personas que acceden y comprenden lo que se encuentra publicado en los artículos de este tipo de investigadores verán el trabajo realizado en el año anterior y de muy difícil forma sabrán cual es el trabajo actual. Al compartir la ciencia abierta y ciudadana con estos profesionales, las primeras reacciones presumen un trabajo extra al realizado, el cual además aun no se encuentra nombrado en los criterios de evaluación. En síntesis, es trabajo extra que no es reconocido. Es por ello que gran parte del trabajo impulsando la ciencia abierta y ciudadana de este proyecto consiste en llevar estas nuevas formas a los científicos, tratar de cambiar actitudes en aquellos formado y permitir a los que estén en formación de que las naturalicen. Por otro lado, trabajar en los criterios de evaluación para que incluyan estas practicas es otra de las tareas que requiere energías e inversión con desafíos similares.

Por otro lado, la territorialidad de la actividad también es un gran desafío para el trabajo del proyecto. Muchas de las nuevas corrientes de ciencia abierta y ciudadana se encuentran discutidas en algunos centros de investigación cercanos a la ciudad capital pero no están diseminadas en otras ciudades al interior de Argentina. El proyecto busca, con alianzas con otros centros que incorporan a la ciencia abierta y ciudadana en sus prácticas y temas de estudio, poder llevar actividades formativas para continuar formando a los grupos de investigación mas alejados. En este sentido, detectar aquellos nodos que poseen intereses o actividades incipientes en ciencia abierta y ciudadana es una de las actividades principales para fortalecer los vínculos y las etapas formativas.

Finalmente, un desafío importante que posee el proyecto Cientópolis como proyecto radicado en un laboratorio de investigación en Ciencias de la Computación es la complejidad de incluir a la ciencia ciudadana como espacio específico de investigación en computación. Las líneas de investigación en informática incluyen aspectos específicos que pueden aplicarse a la ciencia ciudadana, pero no como una línea clara referida a la práctica específica de la ciencia ciudadana..

Referencias

1. Bhattacharjee, Y.: Citizen scientists supplement work of cornell researchers: a half- century of interaction with bird watchers has evolved into a robust and growing collaboration between volunteers and a leading ornithology lab. *Science* 308(5727), 1402–1404 (2005)
2. Blaauw, A.: On the origin of the o-and b-type stars with high velocities (therunaway”stars), and some related problems. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* 15, 265 (1961)

3. Celasco, M., Yañez, J.I., Gamen, R., Fernandez, A., Díaz, A., Torres, D.: Galaxy conqueror: Astronomy, citizen science and gamification. In: Learning Objects and Technology (LACLO), Latin American Conference on. pp. 1–10. IEEE (2016)
4. Cooper, S., Khatib, F., Treuille, A., Barbero, J., Lee, J., Beenen, M., Leaver-Fay, A., Baker, D., Popović, Z., et al.: Predicting protein structures with a multiplayer online game. *Nature* 466(7307), 756 (2010)
5. David, P.A.: Understanding the emergence of ‘open science’ institutions: functionalist economics in historical context. *Industrial and corporate change* 13(4), 571–589 (2004)
6. Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., Nacke, L.: From game design elements to gamefulness: Defining gamification. In: Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments. pp. 9–15. MindTrek '11, ACM, New York, NY, USA (2011). <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>, <http://doi.acm.org/10.1145/2181037.2181040>
7. Eiben, C.B., Siegel, J.B., Bale, J.B., Cooper, S., Khatib, F., Shen, B.W., Stoddard, B.L., Popovic, Z., Baker, D.: Increased diels-alderase activity through backbone remodeling guided by foldit players. *Nature biotechnology* 30(2), 190 (2012)
8. Kim, J.S., Greene, M.J., Zlateski, A., Lee, K., Richardson, M., Turaga, S.C., Purcaro, M., Balkam, M., Robinson, A., Behabadi, B.F., et al.: Space–time wiring specificity supports direction selectivity in the retina. *Nature* 509(7500), 331 (2014)
9. Louv, R., Fitzpatrick, J.W., Dickinson, J.L., Bonney, R.: Citizen science: Public participation in environmental research. Cornell University Press (2012)
10. Rotman, D., Preece, J., Hammock, J., Procita, K., Hansen, D., Parr, C., Lewis, D., Jacobs, D.: Dynamic changes in motivation in collaborative citizen-science projects. In: Proceedings of the ACM 2012 conference on computer supported cooperative work. pp. 217–226. ACM (2012)
11. Torres, D., Díaz, A., Cepeda, V., Correa, F.: Nodos: Semantic content on performing arts. In: Computing Conference (CCC), 2016 IEEE 11th Colombian. pp. 1–8. IEEE (2016)
12. Wiggins, A., Crowston, K.: From conservation to crowdsourcing: A typology of citizen science. In: System Sciences (HICSS), 2011 44th Hawaii international conference on. pp. 1–10. IEEE (2011)

Estrategia de educación para la prevención y control del dengue mediante tecnologías móviles

Diana Alexandra González Chacón^a, Ángel Francisco Betanzos Reyes^a, Hilda Flores Rangel^a, René Santos Luna^b

^a Instituto Nacional de Salud Pública, Centro de Investigación sobre Enfermedades Infecciosas (CISEI), Av. Universidad 655, col. Santa María Ahuacatitlán, C.P. 62100, Cuernavaca, Morelos, México
diana.gonzalezch@gmail.com, abetanzos@insp.mx, hrangel@insp.mx

^b Instituto Nacional de Salud Pública, Centro de Información para Decisiones en Salud Pública (CENIDSP), Av. Universidad 655, col. Santa María Ahuacatitlán, C.P. 62100, Cuernavaca, Morelos, México
rsantos@insp.mx

Resumen. El dengue es una enfermedad de importancia en salud pública que requiere un abordaje integral sustentado en estrategias innovadoras que vinculen a la población con la finalidad de responder a las necesidades actuales de información y generar cambios de prácticas en la prevención y control del dengue a nivel domiciliario y escolar. El objetivo de la investigación fue diseñar una estrategia integral de comunicación para la prevención y control del dengue mediante Tecnologías de la Información y Comunicaciones con alumnos de educación media en la región de Jojutla, Morelos, México. Así se diseñó una aplicación móvil para Android direccionada en educación, riesgos de transmisión, vigilancia epidemiológica y control entomológico del dengue. Mediante un diseño cuasi experimental de enfoque mixto en una cohorte de estudiantes del Colegio de Bachilleres del Estado de Morelos se realizó una intervención educativa, encuesta entomológica y observación fotográfica antes y después de las condiciones de las viviendas. De la cohorte (n=23) el 91% de los participantes tenían conexión a internet en su hogar, el 100% contaba con celular propio y el 36,4% con tableta. En la evaluación de la intervención educativa se obtuvo el 73.7% de respuestas acertadas en el test basal y 96.9% en el posterior. En el autodiagnóstico de la situación entomológica los estudiantes reportaron en total 333 recipientes con un Índice de Recipiente Positivo de 6.9%. Mediante el envío de fotografías y comentarios se evidenciaron las acciones de prevención realizadas en el hogar antes y después del uso de la aplicación móvil. La estrategia basada en e-salud pública contribuyó al desarrollo de competencias conceptuales y procedimentales, a la promoción de la salud y a la formación práctica en la prevención y control del riesgo vectorial para dengue en viviendas de alumnos de bachiller.

Palabras Clave: TIC, dengue, educación, vigilancia epidemiológica, entomología

Eje temático: e-salud, ciencia ciudadana

1 Introducción

El dengue es una enfermedad febril ocasionada por un virus perteneciente a la familia Flaviviridae que se transmite a las personas mediante la picadura de un mosquito hembra del género *Aedes* [1]. Las manifestaciones clínicas de la enfermedad son sistémicas y pueden cursar de leves a complicadas. Hasta el momento no existe un tratamiento específico y la implementación de la vacuna se limita a ciertos países y a condiciones específicas de la población. Por tal razón, las medidas más efectivas frente al dengue siguen siendo las que involucran el control del *Aedes* en cualquiera de sus estadios y la participación activa de los diversos sectores sociales (comunidad, escuelas, municipalidades, centros de investigación, organismos nacionales e internacionales) [2]. Se estima que en un periodo de un año en el mundo se infectan con dengue cerca de 50 millones de personas, de las cuales alrededor de 12.000 fallecen debido a complicaciones hemorrágicas [3].

Las medidas adoptadas por los programas para disminuir el número de personas infectadas por dengue incluyen el control físico, químico y ocasionalmente el biológico, acompañado de un seguimiento clínico y epidemiológico continuo de los casos confirmados. Pese a la trayectoria y los esfuerzos no se ha logrado una disminución sostenida de los casos, por el contrario el vector ha logrado dispersarse a otras áreas geográficas y transmitir nuevos virus en las Américas como el Zika y chikungunya.

Uno de los retos de la salud pública es diseñar mecanismos de prevención y control de las enfermedades transmitidas por *Aedes* haciendo uso de estrategias innovadoras y socialmente mediadas. Para el fortalecimiento de la salud con un enfoque de atención primaria, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) ha puesto en marcha la estrategia de e-salud [4] y [5], mediante la incorporación de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC); incluir las TIC en el sector salud no se enfoca únicamente al ingreso de tecnología en los establecimientos sanitarios, sino también al diseño de estrategias comunicativas para que la población disponga de información suficiente y de calidad para que tome decisiones adecuadas para el cuidado de su salud y del ambiente; y así mismo los gobiernos y entidades de salud pública focalicen sus esfuerzos con base a los datos recolectados [4].

En este contexto el objetivo del proyecto de investigación fue establecer una estrategia integral de comunicación para la prevención del dengue mediante las TIC para fomentar la participación comunitaria, educación, control entomológico y epidemiológico en la región de Apatlaco, Morelos. Para tal propósito se diseñó, implementó y evaluó una aplicación móvil.

El diseño de aplicaciones móviles orientadas a las enfermedades transmitidas por *Aedes* contribuyen en la identificación de la situación entomológica y epidemiológica en una zona geográfica y al desarrollo de competencias educativas en la población para hacer frente al dengue.

La pertinencia del proyecto de investigación consistió en comunicar y educar a los jóvenes acerca de la importancia de la participación social en el control de las enfermedades transmitidas por *Aedes* además, permitió recolectar información relevante para la medición del riesgo entomológico y la identificación de la situación epidemiológica de la región, todo esto mediante el uso de tecnologías móviles. De esta manera se le confirió al proyecto un alto grado de innovación, accesibilidad y costo efectividad. En general, las TIC son herramientas útiles para mejorar las condiciones sanitarias de una población mediante las estrategias de promoción de la salud y educación [4].

Desde una perspectiva de la salud pública se considera que es pertinente la realización de soluciones tecnológicas sencillas y de aplicación local que procuren el avance de la promoción de la salud y la instauración de soluciones acordes a las posibilidades comunitarias donde primen las tecnologías con desarrollos tecnológicos abiertos y gratuitos.

2 Problemática y contexto

La distribución de la enfermedad a nivel mundial tiene un crecimiento sostenido, con la presencia de brotes irregulares. Se calcula que para el control de la enfermedad en la región de las Américas se gasta en promedio 2.1 billones de dólares [6]. En los últimos años han aumentado las acciones dirigidas a la promoción, diagnóstico y vigilancia de las enfermedades transmitidas por vector; sin embargo y a pesar de los esfuerzos, se consideran todavía como un problema prioritario en la salud pública mundial.

Las acciones se han dirigido principalmente al control vectorial mediante el uso de sustancias químicas, lo que ha desencadenado que los insectos presenten resistencia a estos productos. Así mismo, se reportan limitaciones en la supervisión de las casas y los recipientes, en las acciones comunitarias en torno al saneamiento y ordenamiento del patio y la vivienda, el bajo número de reportes de caso en los sistemas de vigilancia epidemiológica y en la comunicación intersectorial [7].

Para abordar de manera integral el problema del dengue en las comunidades es necesaria la integración de estrategias innovadoras a los sistemas tradicionales que respondan a las necesidades actuales de información, formación y que aporten cambios de actitud y prácticas en el control del dengue a nivel intradomiciliario y escolar [8].

El presente proyecto se llevó a cabo en Tehuixtla, una localidad del municipio de Jojutla y perteneciente a la zona geográfica definida en el marco del proyecto gestor. Dicha zona se conoce como la región de Apatlaco, Morelos, México, la cual está comprendida por los municipios de Puente de Ixtla, Jojutla, Emiliano Zapata, Jiutepec, Xochitepec, Zacatepec, Tlaltizapan, Temixco y Cuernavaca que en su totalidad abarcan 656.5 km². 9 de estos municipios son endémicos para dengue y representaban en el 2012 y 2013 el 45.25% de los casos confirmados de esta enfermedad en el estado.

La comunidad que reside en Tehuixtla se encuentra en riesgo de transmisión de la enfermedad. Por tal razón se requiere la implementación y ejecución de medidas de control vectorial que involucren la participación efectiva de la comunidad.

3 Materiales y métodos

Se realizó un estudio cuasi experimental sin grupo control, en donde una cohorte de estudiantes se expuso a una estrategia móvil de comunicación basada en educación, control entomológico y vigilancia epidemiológica. El enfoque de la investigación fue mixto.

La población de estudio estuvo compuesta por estudiantes de segundo y cuarto semestre del Colegio de Bachilleres del Estado de Morelos 08 (COBAEM 08) de Tehuixtla con matrícula vigente al año 2016 (276 estudiantes). La selección de la escuela fue por conveniencia.

Para la intervención educativa se diseñó un contenido temático que incluía aspectos generales de la enfermedad, sintomatología, vector y ciclo biológico, medidas de prevención y control e información novedosa acerca de los factores principales involucrados con el dengue. Mediante un cuestionario contenido en la aplicación móvil se midió el conocimiento antes y después de la intervención educativa. El cuestionario consistió en 11 preguntas con 3 posibles respuestas cada una.

La aplicación móvil contenía una encuesta de medición del riesgo entomológico, la cual era llenada por cada uno de los participantes después de recorrer el interior y el exterior del domicilio. Para la vigilancia epidemiológica socialmente mediada, si el usuario de la aplicación móvil presentaba algún síntoma compatible con dengue lo podía reportar mediante el llenado de un cuestionario.

Los usuarios realizaban una inspección de la vivienda antes del llenado de cualquiera de las encuestas, si encontraban algún sitio o recipiente crítico podían documentarlo mediante la toma de fotografías y realizaban lo mismo una vez realizaran una acción de control.

Las técnicas e instrumentos empleados en la recolección de la información se describen en la tabla 1.

Tabla 1. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

Técnica de recolección de la información	Medición	Instrumento
Intervención educativa antes-después	Cambio en el nivel de conocimientos de los individuos de la muestra	Aplicación móvil
Encuesta	Entomológica: autoreporte del número de recipientes intra y peri domiciliarios, tipos de recipientes, número de recipientes positivos a larvas	
	Vigilancia epidemiológica: autoreporte de síntomas compatibles con la definición de caso probable de dengue	
Observación antes – después	Realización de actividades de limpieza y control de recipientes a nivel domiciliario	Fotografías (WhatsApp, Facebook, correo electrónico)

El procedimiento de desarrollo del proyecto comprendió 4 etapas:

- Estado del arte. Se realizó una revisión detallada de la literatura, con la finalidad de sustentar teóricamente el diseño temático de la aplicación móvil.
- Desarrollo. Trabajo conjunto con el grupo de investigadores y el equipo de ingeniería de sistemas. La elaboración del contenido temático estuvo guiado por los ejes del proyecto (educación, control entomológico y vigilancia epidemiológica). Posteriormente se procedió a la publicación de la aplicación móvil en Google Play.
- Implementación. En estudiantes de segundo y cuarto semestre del COBAEM 08 de Tehuixtla. Se acompañó de instrucción y educación.
- Evaluación. Medición de conocimientos, cantidad, tipo y positividad en recipientes, reportes de vigilancia epidemiológica y actividades de control vectorial.

El contenido temático de la aplicación móvil se desarrolló en un marco de competencias conceptuales y procedimentales. En la tabla 2 se describen las 6 competencias que direccionaron el proyecto y se vincularon directamente con las preguntas del cuestionario de la intervención educativa.

Tabla 2. Competencias educativas de la aplicación móvil de dengue

Ámbito de la competencia	Competencias
Conceptual	Identificar las características principales de la enfermedad para reconocer los síntomas más frecuentes y el mecanismo de transmisión.
	Reconocer al agente vector del dengue, su ciclo de vida y las condiciones ambientales necesarias para su desarrollo.
	Relacionar las características de reproducción del vector con las medidas de saneamiento ambiental básico y limpieza de las viviendas a nivel intra y peri domiciliario.
	Reconocer al trabajo escolar, familiar y comunitario como una estrategia eficaz para el control integral del dengue en la región.
Procedimental	Evaluar las condiciones intra y peri domiciliarias relacionadas con el número y productividad de diversos criaderos del vector.
	Aplicar las diversas estrategias de limpieza para controlar el número y productividad de criaderos del vector a nivel domiciliario.

Desde sus inicios el proyecto tuvo un enfoque interdisciplinar, conformado por una red de colaboradores así:

- Estudiante de Maestría en Salud Pública con área de concentración en Enfermedades Infecciosas (diseño y ejecución del proyecto)
- Investigadores del Centro de Investigación sobre Enfermedades Infecciosas (instrucción científica y ejecución del proyecto)
- Centro de Información para Decisiones en Salud Pública (equipo de programación e ingeniería)
- Estudiantes de Ingeniería de Sistemas del Instituto Tecnológico de Zacatepec (equipo de programación e ingeniería)
- Coordinación Estatal de Enfermedades Transmitidas por Vector de los Servicios de Salud de Morelos (instrucción metodológica y operativa en la vigilancia epidemiológica, entomología y control de vectores en el estado de Morelos)
- Secretaría de Educación del Estado de Morelos (ejecución del proyecto)
- Personal administrativo y docente del COBAEM 08 de Tehuixtla (ejecución e instrucción pedagógica)
- Presidente municipal constitucional de Jojutla (ejecución del proyecto)

4 Resultados

4.1 Diseño de la aplicación móvil

El diseño temático se direccionó en 3 ejes (educación, control entomológico y vigilancia epidemiológica) mediante las cuales se conformaron las 7 secciones finales de la aplicación móvil:

- ¿Quieres saber acerca del dengue?
- ¿Sabías qué...?
- Ponte a prueba ¿Qué tanto sabes acerca del dengue?
- ¿Tu casa tiene criaderos de mosquitos? Evaluemos juntos
- ¿Tienes criaderos y larvas? No te preocupes vamos a solucionarlo
- Oh oh, ¡me siento enfermo!
- Acerca de

Las 2 primeras secciones obedecen al eje de educación que buscan que el usuario desarrolle las 4 habilidades conceptuales propuestas; se evaluó el cumplimiento de las competencias mediante el instrumento de evaluación dispuesto en la sección 3 de la misma aplicación, compuesto de 11 preguntas que comprendían los temas de enfermedad, vector, saneamiento ambiental básico y trabajo comunitario.

La sección 4 recolecta datos de tipología, cantidad y positividad a larvas de los recipientes al interior y en el peri domicilio de los usuarios, con la finalidad de identificar el riesgo en las viviendas y tener el registro para el análisis e intervención.

En la sección 5 se definen las acciones a realizar por cada uno de los recipientes que aparecen en la sección 4. Las 2 secciones anteriores están conceptualizadas para que el usuario adquiera las 2 competencias procedimentales propuestas en la conceptualización del presente proyecto.

La sección 6 contiene los síntomas incluidos en la definición de caso probable de dengue no grave y grave; en donde el usuario puede seleccionar la sintomatología y el sistema genera unas recomendaciones generales para cualquier entrada. Al final los datos son revisados periódicamente para dar seguimiento a los usuarios que ingresaron cualquier combinación de síntomas a la aplicación móvil.

En la sección 7 se encuentra la información general del proyecto y los datos de contacto para el envío de las fotografías y comentarios.

Así, la aplicación móvil en su versión final se publicó en Google Play que es un repositorio de las aplicaciones para los dispositivos móviles de sistema operativo Android, con el nombre de *Dengue Control App*. La aplicación se descarga de manera gratuita mediante el siguiente enlace: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ionicframework.denguecontrol>. En la figura 1 se muestran las capturas de pantalla de las páginas principales de la aplicación móvil.



Fig. 1. Estructura general de la aplicación móvil

4.2 Implementación de la aplicación móvil

Reunión con actores clave. Los procesos de implementación de estrategias escolares requieren de la participación intersectorial para lograr el buen funcionamiento de los proyectos. Dentro de ese contexto, la presente investigación realizó reuniones previas a la implementación que aseguraron la aceptación y colaboración de las autoridades de educación del estado. Se consolidó el acuerdo de

trabajo colaborativo y participación activa con el Subsecretario de Educación del estado y el personal administrativo y docente del COBAEM 08 de Tehuixtla.

Jornadas de sensibilización de la población de estudio. Se definió como jornada de sensibilización al conjunto de estrategias empleadas para lograr la participación efectiva y asertiva de los estudiantes del COBAEM 08 de Tehuixtla. La finalidad de esta fase fue que los estudiantes reconocieran de manera general el problema y estuvieran dispuestos a convertirse en miembros activos de la solución de un evento de salud pública. Se reunieron en total 230 estudiantes con un promedio de edad de 16 años, siendo el 59,1% de segundo semestre y el 40,9% de cuarto semestre. Los estudiantes llenaron un formato de registro en donde se obtuvieron datos de conectividad. El 79,6% de los estudiantes asistentes tenían conexión a internet en su vivienda, el 93% tenían un celular propio, el 60,4% de los estudiantes reportaron tener un computador en su casa y el 41,3% una tableta.

Jornadas de implementación de la aplicación móvil. Se definió como jornada de implementación a todas aquellas actividades vinculadas a la descarga, uso, seguimiento y retroalimentación de las actividades propuestas en la aplicación móvil. Las jornadas de implementación se llevaron a cabo en 8 cursos, con un total de 276 estudiantes, correspondiendo el 89,1% a la jornada matutina y 10,9% a la vespertina.

Mecanismos de difusión y elementos de comunicación. Debido a que no fue posible realizar una única jornada de implementación en donde se les explicara a los estudiantes el proceso de descarga y uso de la aplicación móvil, se optó por la realización de diversos elementos comunicativos y mecanismos de difusión. Se utilizaron las redes sociales: Facebook (@denguecontrolaap), Twitter (@AppDengue), correo electrónico (denguecontrolapp@gmail.com), tutorial de uso en Youtube (<https://youtu.be/S-Cq-Yb1G20>). Información impresa (carteles y volantes). Discos compactos. Mensajes de texto.

El WhatsApp, los mensajes de texto y el correo electrónico fueron los canales principales de comunicación empleados por los estuantes. Mediante ellos se enviaba información relacionada con el uso de la aplicación móvil y se recibían las imágenes de las acciones de prevención y control realizadas en las viviendas.

4.3 Evaluación de los componentes de la aplicación móvil

Del total de estudiantes sensibilizados (n=230) el 9,6% descargó la aplicación en sus dispositivos móviles. El 72,7 % de los usuarios activos fueron de segundo semestre y el 27,3% de cuarto. El 63% de los usuarios fue del sexo femenino y el 36,4% masculino. El promedio de edad fue de 16 años. El 91% tenían conexión a internet en su hogar, el 100% contaba con celular propio y el 36,4% con tableta. El 54,5% de los usuarios residían en el municipio de Jojutla, el 36,4% en Puente de Ixtla; 9,1% en Zacatepec.

A continuación se exponen los resultados obtenidos en cada uno de los ejes del proyecto.

Intervención educativa antes – después. Se les solicitó a los estudiantes que el primer acercamiento con la aplicación móvil la hicieran con test ponte a prueba, con la finalidad de identificar los conocimientos basales de los usuarios. Del total de usuarios activos el 95,5 % realizó el test. Una vez realizadas todas las acciones planteadas en el proyecto y posterior a la revisión del contenido temático en las secciones ¿Quieres saber acerca del dengue? y ¿sabías que...? Se les solicitó a los estudiantes realizar nuevamente el test para evidenciar la adquisición de las 4 competencias conceptuales.

En la figura 2 se muestra el porcentaje de respuestas correctas de cada una de las 11 preguntas del test ponte a prueba de la aplicación móvil.

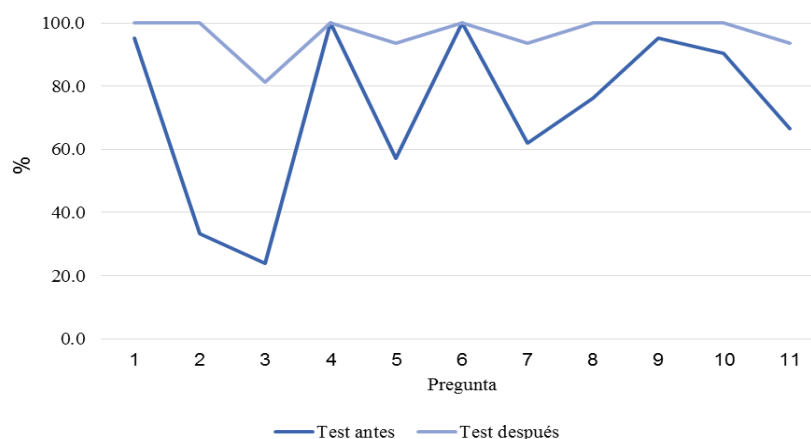


Fig. 2. Porcentajes de respuestas correctas de la intervención educativa antes -

después, COBAEM 08 de Tehuixtla, 2016

Autodiagnóstico de la situación entomológica. Del total de usuarios activos de la aplicación móvil el 82% interactuó con esta sección, en donde el usuario identificaba la tipología y la cantidad de recipientes intra y peri domiciliario y si estos estaban positivos a larvas. En la tabla 3 se describen la frecuencia e índice de recipiente positivos (IRP) según el tipo de recipiente reportados. Los recipientes están organizados del más productivo a larvas al menos productivo según las encuestas entomológicas de 2015 realizadas por los Servicios de Salud de Morelos.

Tabla 3. Frecuencia del tipo de recipientes reportados por los usuarios activos, COBAEM 08 de Tehuixtla, mayo a julio 2016 (n= 18)

Tipo de recipiente	n	%	Positivos a larvas	IRP
Tanques o tambos	27	8,1	5	18,5
Pila o pileta	6	1,8	4	66,7
Cacharros (diversos chicos)	68	20,4	0	0
Tinas o tinajas	5	1,5	1	20
Llantas	2	0,6	0	0
Macetas o recipientes con plantas	18	56,7	5	2,7
Floreros o frascos	3	0,9	0	0
Cubeta o cubos	32	9,6	8	25
Bebedores de animales	1	0,3	0	0
Sanitarios	2	0,6	0	0
Total	333	100	23	6,9

Medidas de prevención. Para verificar el cumplimiento de la competencia procedimental que buscaba que el usuario activo aplicara diversas estrategias de limpieza para controlar el número y productividad de criaderos del vector a nivel domiciliario, posterior a leer e interactuar con la aplicación móvil; se les solicitó, que tomaran fotos de la situación de la vivienda antes y después de realizar las acciones de prevención y control descritas en la aplicación móvil.

A continuación se muestran las fotos y comentarios más relevantes. Teniendo en cuenta que las imágenes dispuestas al lado izquierdo corresponden a el estado basal del recipiente o de la vivienda y del lado derecho a todas aquellas acciones realizadas. Las fotografías son originales y se colocan tal cual el usuario las envió.

Comentario. “El agua de los patos y codornices se cambia diario y la de los gatos está adentro en la casa y es fácil llevar el control y observación de ésta!” U2 (figura 3)



Fig. 3. Evidencia gráfica de las medidas de prevención contra el dengue realizadas por el participante U2, COBAEM 08 de Tehuixtla, 2016

Comentario. “...estas son mis fotos de algunos recipientes que estaban a la intemperie y se llenaban de agua, y ahora ya no, para evitar que se produzca el mosquito de dengue” “Y pues del tanque de agua no hay problema que se produzca el mosquito porque tengo peces, y no tiene mucho que se lavó.” U10 (figura 4)



Fig. 4. Evidencia gráfica de las medidas de prevención contra el dengue realizadas por el participante U10, COBAEM 08 de Tehuixtla, 2016

Comentario. “Lave los botes y los puse volteados” “En la azotea de mi casa se encharca el agua, tuve que quitarla y limpiar” “Aquí estaba un poco sucio y con algunas larvas, lo limpie...” U18 (figura 5)



Fig. 5. Evidencia gráfica de las medidas de prevención contra el dengue realizadas por el participante U18, COBAEM 08 de Tehuixtla, 2016

Comentario. “... aquí lo q hice fue limpiar el lugar y poner las botellas todas boca abajo para q no almacenaran agua. Y la puse bien para q quedara debajo de la escalera y no le cayera agua” U20 (figura 6)



Fig. 6. Evidencia gráfica de las medidas de prevención contra el dengue realizadas por el participante U20, COBAEM 08 de Tehuixtla, 2016

Usuarios externos. Dentro de los impactos no esperados del proyecto fue la descarga y utilización de la aplicación móvil por diversos usuarios que no pertenecían a la población de estudio. En total 63 personas descargaron la aplicación móvil de los cuales el 65,1 % fueron usuarios externos.

De los usuarios externos el 61% eran hombres y el 36,6% mujeres; la media de edad fue de 27 años (máximo= 60 años, mínimo= 14 años). El 65,9% de los usuarios eran de México y el 31,7% de Colombia. El 40,7% de los usuarios de México eran habitantes del municipio de Xochitepec y el 37% de Cuernavaca. En Colombia el 53,8% eran de la ciudad de Bogotá.

Del total de usuarios externos que descargaron la aplicación móvil, el 61% contestó el test puente a prueba de la aplicación móvil. En la figura 7 se muestra de manera desglosada el porcentaje de respuestas acertadas para cada una de las preguntas dispuestas en la aplicación móvil.

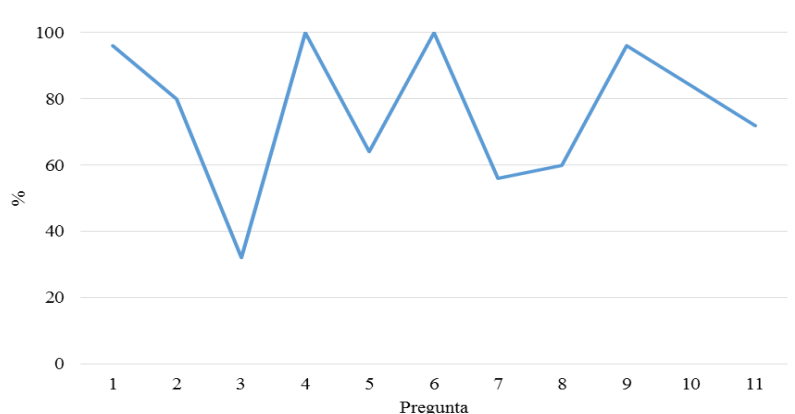


Fig. 7. Porcentaje de respuestas correctas del test de la aplicación móvil contestadas por los usuarios externos, 2016

En el componente de la aplicación móvil referente a la definición de caso probable que conformaba el eje de vigilancia epidemiológica socialmente mediada del total de usuarios externos el 17% envió información acerca de los síntomas. Se dio seguimiento a cada caso probable. El 100% afirmó que no presentaba los síntomas, que habían interactuado con la aplicación para comprobar si funcionaba.

En cuanto al autodiagnóstico de la situación entomológica, del total de usuarios externos de la aplicación móvil (n= 41) el 24,4% reportó el tipo y la positividad a larvas en los recipientes de su vivienda (ver tabla 4).

Tabla 4. Frecuencia del tipo de recipientes reportados por los usuarios externos, mayo a julio, 2016 (n= 10)

Tipo de recipiente	n	%	Positivos a larvas	IRP
Tanques o tambos	8	24,2	0	0
Pila o pileta	5	15,2	1	20
Cacharros (diversos chicos)	3	9,1	0	0
Floreros o frascos	3	9,1	0	0
Bebederos de animales	4	12,1	0	0
Sanitarios	1	3,0	1	10
	0	3		
Total	33	100	2	6,1

5 Discusión

El diseño temático de la aplicación móvil *Dengue Control* se orientó en 3 ejes fundamentales requeridos para el control integral del dengue en una población (educación, control entomológico y vigilancia epidemiológica). Los ejes se diseñaron basados en 2 situaciones particulares: la primera hizo referencia a la Estrategia de Gestión Integrada (EGI) de prevención y control del dengue propuesta por la OMS enfocado principalmente en 3 puntos de acción (manejo integrado de vectores, vigilancia epidemiológica y comunicación social) [9]; también se direccionó sobre el marco normativo mexicano, específicamente la NOM-032-SSA2-2010 en donde expone las áreas a impactar para la prevención y control de las ETV.

Desde hace varios años se han diseñado y evaluado estrategias de control y prevención del dengue mediante teléfonos móviles. Los proyectos estuvieron basados en intervenciones educativas mediante mensajes de texto, auto reporte de los síntomas de dengue, geolocalización de recipientes positivos o potenciales, televigilancia comunitaria, y geolocalización mediante fotografías de los lugares de riesgo [10] [11] [12] [13]. La aplicación móvil *Dengue Control* presentó en su diseño educación basada en competencias, recordatorios de información de utilidad para el conocimiento y prevención del dengue, auto reporte de la situación entomológica, auto reporte de síntomas compatibles con dengue. También la posibilidad de enviar evidencia fotográfica de las acciones de control y prevención realizadas por los usuarios de la aplicación móvil. Descrito ello, *Dengue Control* se presenta como una estrategia de comunicación innovadora que integra elementos de proyectos exitosos en varios países, con evidencia científica y ajustada al contexto local.

Los estudiantes asistentes a las jornadas de sensibilización reportaron una conectividad a internet del 79,6% y la presencia de celular propio del 93%. Los usuarios activos de la aplicación tuvieron conexión a internet en un 91% y celular inteligente un 100%. Estos resultados se relacionan con los datos de conectividad reportados para México en donde el 71,5% de la población indicó tener un celular de los cuales el 66,3% tienen un teléfono inteligente [14]. La población de adolescentes entre 12 a 17 años cuentan con internet y lo utilizan en un 85,9% [14] lo que se compara con los datos obtenidos en el COBAEM 08 de Tehuixtla.

La verificación del logro de las competencias procedimentales se realizó mediante el envío de fotografías basales y posteriores a la realización de una estrategia particular de limpieza de los recipientes y el patio. Las fotografías evidenciaron cambios sustanciales en el aspecto de las viviendas y los recipientes. Este comportamiento ha sido reportado como un cambio individual y familiar que puede afectar la densidad del vector, sin embargo se requieren investigaciones que analicen a profundidad dichos eventos [10].

Los resultados entomológicos del estado reportaron en el 2015 de la semana epidemiológica 21 a la 29 la totalidad de 127905 recipientes explorados en los municipios de Jojutla, Puente de Ixtla y Zacatepec, con un porcentaje de IRP de 2,82%. Para el año 2016 en las mismas fechas y municipios se tuvo un total de 75458 recipientes explorados y el IRP de 2,93%. A pesar que el tamaño muestral del presente estudio es bajo, se obtuvo un IRC de 6,9% en el autodiagnóstico de la situación entomológica.

La vigilancia epidemiológica tradicional está basada principalmente en reportes clínicos y de laboratorio, el presente estudio mostró una alternativa de fácil implementación para llevar a cabo la vigilancia epidemiológica de una zona. Se trató de un sistema de control epidemiológico basado en su totalidad en el uso de herramientas de TIC y la participación activa de la comunidad. Este tipo de vigilancia ha sido denominada crowdsourcing o vigilancia socialmente mediada, en donde los usuarios reportan en tiempo real mediante un teléfono móvil un evento en salud determinado y de esa manera participan en la vigilancia de dicho evento [11] y [12]. Se ha descrito que la vigilancia epidemiológica socialmente mediada requiere de amplio tiempo de ejecución y monitoreo [10] y [11], tal situación explica el bajo número de reportes obtenidos en el presente estudio, ya que el tiempo de implementación y evaluación fue de 2 meses.

La presente estrategia de comunicación se consideró el primer paso para la instauración de un sistema de vigilancia y control entomológico a nivel comunitario basado en e-Salud Pública en la región de Apatlaco, Morelos. Contribuyó a la promoción de la salud y a la adopción de medidas de prevención basada en la medición del riesgo y la eliminación y control de criaderos potenciales. Para que el trabajo del sector salud tenga una trascendencia e impacto importante en la sociedad se debe trabajar conjunta e interdisciplinariamente con áreas como la informática, educación, ingeniería, economía, administración, entre otras; dentro de este contexto el trabajo con TIC sugiere un gran avance en este campo, ya que involucra diversos actores sociales en la consecución de un objetivo en salud que impactará la calidad de vida de la población. La finalidad de la incursión de las TIC en las regiones es impulsar y fortalecer el desarrollo social [15].

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por CONACyT en el marco del Proyecto de Investigación número 234179:2015-2017 titulado “Efectividad y determinantes de la participación municipal en el control del dengue con enfoque ecosistémico en la Sub-cuenca de Apatlaco del Estado de Morelos. México”. Y forma parte de la Tesis titulada “Estrategia de comunicación para la prevención y control del dengue mediante tecnologías móviles en la región de Apatlaco, Morelos 2016” presentada para obtener el título de Maestría en Salud Pública con área de concentración en Enfermedades Infecciosas de la autora principal del presente trabajo.

Los autores desean expresar su agradecimiento a los estudiantes, personal docente y directivo del COBAEM 08 de Tehuixtla por su participación en el proyecto; al grupo de ingenieros y diseñadores del Centro de Información para Decisiones en Salud Pública (CENIDSP) por su ayuda en el desarrollo tecnológico de la aplicación móvil y a la Coordinación Estatal de Enfermedades Transmitidas por Vector de los Servicios de Salud de Morelos por la orientación en el proceso operativo del Programa en el estado.

Referencias

1. Miriada Choque EA. Patogénesis del Dengue. *Horiz Med (Barcelona)*. 2013;13(3):47–51.
2. Murray NEA, Quam MB, Wilder-Smith A. Epidemiology of dengue: Past, present and future prospects. *Clin Epidemiol*. 2013;5(1):299–309.
3. Zambrano B, San Martín JL. Epidemiology of Dengue in Latin America. *J Pediatric Infect Dis Soc* [Internet]. 2014;3(3):1–2. Recuperado a partir de: <http://jpid.oxfordjournals.org/cgi/doi/10.1093/jpid/piu071>
4. Bebea I. TIC y Salud. 2010.
5. Rivillas JC, Huertas Quintero JA, Montaña Caicedo JI, Ospina Martínez ML. Progresos en eSalud en Colombia: adopción del Sistema de Información Nacional en Cáncer. *Rev Panam Salud Publica*. 2014;35(5/6):446–52.
6. Culquichicón C, Ramos E, Chumbes D, Araujo M, Díaz C, Rodríguez A. Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) en la vigilancia, prevención y control del dengue. *Rev Chil Infectol* [Internet]. 2015;32(3):363–4. Recuperado a partir de: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-10182015000400019&lng=es&nrm=iso&tlng=en
7. Barrera R. Control de los mosquitos vectores del dengue y del chikunguña: ¿es necesario reexaminar las estrategias actuales? *Biomédica*. 2015;35(3):497–9.
8. Frenk J, Chen L, Bhutta Z, Cohen J, Crisp N, Evans T, et al. Profesionales de la salud para el nuevo siglo: transformando la educación para fortalecer los sistemas de salud en un mundo interdependiente. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 2011;28(2):337–41.
9. OPS, OMS. Últimos adelantos técnicos en la prevención y el control del dengue en la Región de las Américas [Internet]. 2014. Recuperado a partir de: <http://www.scielosp.org/pdf/rpsp/v21n1/a11v21n1.pdf>
10. Dammert AC, Galdo JC, Galdo V. Preventing dengue through mobile phones: Evidence from a field experiment in Peru. *J Health Econ* [Internet]. Elsevier B.V.; 2014;35:147–61. Recuperado a partir de: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhealeco.2014.02.002>
11. Galván P, Cane V, Samudio M, Cabello Á, Cabral M, Basogain X, et al. Implementación de un sistema de televigilancia epidemiológica comunitaria mediante tecnologías de la información y la comunicación en Paraguay. *Rev Panam Salud Publica*. 2014;35(5/6):353–8.
12. Lwin MO, Vijaykumar S, Lim G, Fernando ONN, Rathnayake VS, Foo S. Baseline Evaluation of a Participatory Mobile Health Intervention for Dengue Prevention in Sri Lanka. *Heal Educ Behav* [Internet]. 2015; Recuperado a partir de: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26377525>
13. Zafar F, Hassan RS, Mahmood Z. Effective Use of ICT and Emerging Cellular Technologies for Health Care: E-Govt Reshaping Governance into Good Governance. *J Econ Bus Manag*. 2014;2(3):236–41.
14. INEGI. Estadísticas a propósito del Día Mundial del Internet (17 De Mayo). 2016.
15. Avella LY, Parra PP. Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICS) en el sector salud. Universidad Nacional de Colombia; 2013.

SESIÓN | APOYO A LA INVESTIGACIÓN II

La infraestructura de RICAP en la nube para realizar e-Ciencia en Latinoamérica

Antonio J. Rubio-Montero^a, Pablo Colino-Sanguino^a, Emmanuell Díaz Carreño^b, Gilberto Díaz^c, Daniel Ortiz^d, David A. Vinazza^e, Rafael Mayo-Carcía^a

^a División TIC, CIEMAT,
Avda. Complutense, 40, 28040 Madrid, España
{antonio.rubio, pablo.colino, rafael.mayo}@ciemat.es

^b Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Av. Bento Gonçalves, 9500, 91501-970 Porto Alegre, Brasil,
emmanuell.diaz@inf.ufrgs.br

^c Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática, Universidad Industrial de Santander,
Cra. 27 calle 9. 577 Bucaramanga, Colombia,
gilberto.diaz@uis.edu.co

^d CINVESTAV,
Carr Toluca - México 1392, San Miguel Ameyalco, Méx., México
dortizg@cinvestav.mx

^e Centro de Simulación Computacional, CONICET
Godoy Cruz 2390 C1425FQD Caba, Argentina,
dvinazza@csc.conicet.gov.ar

Resumen. La Red Iberoamericana de Computación de Altas Prestaciones (RICAP) viene desarrollando su labor desde el 1 de enero de 2017 teniendo como objetivo dotar a la región de una infraestructura estratégica y gratuita en el ámbito de la computación de altas prestaciones a partir de una arquitectura avanzada que comprenda tanto la computación de alto rendimiento (HPC) como de alta productividad (HTC) a partir de computación en la nube. Así, aunando varios centros de computación latinoamericanos –algunos de ellos los más grandes en sus respectivos países–, varios proveedores de casos de uso en distintos ámbitos científico-tecnológicos, una de las compañías productoras de supercomputación más grandes del mundo, un consorcio latinoamericano experimental en el ámbito de la física y el apoyo de RedCLARA entre otros, se han sustentado las bases para que sus recursos puedan ser utilizados para realizar e-Ciencia por otros grupos de Latinoamérica. En este trabajo, se presenta un resumen de su infraestructura de supercomputación y se detallan las capacidades de la infraestructura computacional en la nube. En concreto, las metodologías TICs empleadas en la implementación de la infraestructura, así como el impacto de la investigación desarrollada y la descripción de la experiencia adquirida para constituir los equipos y las estrategias de colaboración.

Palabras Clave: Red Iberoamericana; HPC; HTC; Supercomputación; Computación en la nube; e-Ciencia.

Eje temático: 6. Procesamiento de alto desempeño - 13. Aplicaciones de apoyo a la colaboración: colaboración científica a gran escala.

1 Introducción

La Red Iberoamericana de Computación de Altas Prestaciones (RICAP) [1] se creó para proveer a la región de un servicio avanzado de TIC; en concreto, de una infraestructura estratégica en el ámbito de la computación de altas prestaciones a partir de una arquitectura avanzada que comprenda tanto la computación de alto rendimiento (HPC) como de alta productividad (HTC), esta última a partir de computación en la nube.

RICAP es un consorcio cofinanciado por CYTED que aúna a diferentes instituciones y cuya actividad comenzó el 1 de enero de 2017 y se extenderá al menos hasta el 31 de diciembre de 2020. Entre sus socios se encuentran:

- b) Ocho centros de computación latinoamericanos: CSC-CONICET (Argentina); UFRGS (Brasil); SC3UIS-UIS y Uniandes (Colombia); UCR (Costa Rica); Red Académica de Supercómputo de Cuba (Cuba); Red Cedia (Ecuador); CIEMAT y BSC-CNS (España); CUDI y CINVESTAV (México); y, Universidad de la República (Uruguay)
- c) Una de las compañías tecnológicas más grandes del mundo (FUJITSU)
- d) Un consorcio latinoamericano experimental en el ámbito de la física (LAGO).

Esta Red desarrolla además distintas herramientas de software destinadas a facilitar el acceso y la eficiencia computacional de esta infraestructura hardware e incentiva su uso gratuito mediante distintas acciones de divulgación y difusión que atraigan a usuarios de distintas universidades y otros ámbitos científicos e industrial en coordinación con RedCLARA, de quien recibió su apoyo institucional. Asimismo, promueve la integración en la Red de nuevas instituciones en los distintos países iberoamericanos, principalmente aquellos que no estuvieron inicialmente adscritos a la misma. Como resultado de ellos, desde su inicio, se han incorporado 4 nuevos grupos para formar los 14 actuales.

Con todo ello, se pone a disposición de la comunidad una elevada potencia de cálculo, con el propósito de proveer una alternativa real a servicios propietarios radicados fuera de la región. Entre los objetivos específicos, se pueden enumerar:

- e) la interconexión efectiva de servicios abiertos de alto desempeño a partir de los clústeres aportados por RICAP (tanto de supercomputación como de acceso a la nube);
- f) la implementación y posterior fomento de soluciones para el acceso y la explotación de esta red basadas en software;
- g) el diseño y desarrollo de herramientas de código abierto que mejoren de forma desatendida y dinámica la eficiencia computacional de la infraestructura, en especial en un entorno como el de la nube;
- h) el fomento de la transferencia de conocimiento y el impacto de RICAP mediante la impartición de cursos y seminarios para administradores y usuarios finales con las últimas tecnologías en el ámbito HPC y HTC;
- i) la colaboración con otras iniciativas nacionales y regionales (RedCLARA, H2020 y otras).

Con la consecución de estos objetivos será posible la realización de nuevas actividades por distintos grupos latinoamericanos para quienes anteriormente era muy complicado realizar su trabajo en simulación o analítica de datos por carecer de la suficiente potencia de cálculo, por lo que RICAP aportará valor a la comunidad TICAL en varios de sus ejes fundamentales: Infraestructura y desarrollo de software, Servicios de valor agregado de redes académicas avanzadas y Soluciones TIC de apoyo a la investigación.

2 Servicios para Proveer un Servicio de Valor Agregado a las Redes Académicas Avanzadas y a la e-Ciencia

Debido a la naturaleza de esta Red, se han de definir distintas metodologías relativas al acceso a la infraestructura estratégica aportada por RICAP, el desarrollo de nuevas soluciones que mejoren la explotación de la misma y las acciones de transferencia del conocimiento y de divulgación.

Con respecto a la primera, la metodología propuesta es similar a aquella que siguen grandes infraestructuras de computación tales como PRACE [2] en HPC o FedCloud [3] en HTC, en las cuales se federan distintos nodos que albergan clústeres de computación y capacidades de almacenamiento. Sin embargo, esta federación se hará de la manera más sencilla posible para así facilitar el acceso a los recursos a los usuarios finales.

El acceso a la infraestructura estratégica de RICAP se lleva a cabo mediante dos vías. Por un lado, se hacen convocatorias periódicas online de propuestas para el uso de supercomputadores a partir de las cuales se asignarán por un comité designado por la Red las horas de CPU y/o aceleradores (GPU y Xeon Phi) y las capacidades de almacenamiento y transferencia de datos que se ponen a disposición del usuario (proveniente de cualquier país iberoamericano, no sólo aquellos que cuentan con un socio dentro de RICAP). El acceso se hace por `ssh` de forma directa a los supercomputadores con permisos habilitados por sus administradores.

Por el otro, se ha habilitado una infraestructura en la nube especialmente indicada para HTC a la cual se accede de forma amigable mediante una interfaz sencilla como se verá más adelante. El motivo de emplear este método es, primero, facilitar el uso por parte del investigador externo y, segundo, ampliar el conjunto de recursos disponibles mediante la interoperabilidad con otras infraestructuras en la nube basadas en estándares. El acceso a la infraestructura en la nube es continuo e ininterrumpido en el tiempo.

2.1 Infraestructura de supercomputación HPC

Para llevar a cabo toda esta actividad es imprescindible contar con la infraestructura estratégica de RICAP, la cual está conectada internamente por Infiniband u OmniPath y al exterior con fibra óptica por las redes académicas correspondientes asociadas a RedCLARA. Está compuesta por:

- j) BSC: Un clúster de propósito general compuesto por 165.488 Intel Platinum cores en 3.456 nodos, con más de 394TB de memoria y 25PB de almacenamiento.
- k) CIEMAT: 1 clúster con 680 Intel Gold cores y 456 cores Xeon Phi, 1 clúster de ~100.000 cores Nvidia y más de 1 PB de almacenamiento.
- l) CEDIA: 12 nodos de cómputo con un total de 322 cores Intel Xeon, 1TB de RAM y 6TB de almacenamiento exclusivo para \$HOME. Además, 5760 núcleos de procesamiento paralelo CUDA.
- m) CeNAT-UCR: Varios clústeres con 72 cores CPU, ~25.000 cores Nvidia y ~1450 cores Xeon Phi.
- n) CINVESTAV: SGI ICE-XA (CPU) y SGI ICE-X (GPU) con 8.900 cores y un rendimiento Neto de 429 Tflops. Almacenamiento Tipo Lustre Seagate ClusterStor 9000 de 1 PB.
- o) CSC-CONICET: Un clúster de 4.096 cores AMD Opteron y 16.384 cores Nvidia CUDA. Posee 8.192 GB de RAM y un espacio de 72TB de almacenamiento.
- p) HPC-Cuba: Un clúster de 50 nodos con 800 cores CPU y ~20.000 cores GPU para HPC y un clúster de 30 nodos 480 cores CPU para Big Data
- q) UDELAR: Un clúster de 29 nodos con 576 cores y 1,28 TB de RAM y 128 cores Xeon Phi con 16 GB de RAM
- r) UIS: Un clúster de 24 nodos (2,4GHz y 16GB RAM) y un clúster con 128 NVIDIA FERMI Tesla (104 GB en RAM y 4 Procesadores Intel Haskwell).
- s) UFRGS: Un clúster de 256 Núcleos con 19.968 núcleos CUDA.

- t) UNIANDES: Un clúster de 1,808 cores con HT y 8 TB de memoria RAM junto a 160 TB de espacio compartido.

Esta infraestructura ya en producción asegura la consecución de los objetivos planteados en esta propuesta y el acceso libre a la misma, redundando en la calidad de vida y desarrollo de la sociedad iberoamericana y luchando contra la inequidad social. Asimismo, favorece y promueve el desarrollo de la e-Ciencia en la región. Hasta el momento, el acceso a grandes infraestructuras HPC y HTC era limitado a sólo algunos países de la región, por lo que se generará una nueva actividad en el sector con un enorme impacto.

No sólo eso, hay que tener en cuenta que RICAP está compuesta por empresas y proveedores de recursos, pero también por proveedores directos de casos de uso científico-tecnológicos, que igualmente acuden a las convocatorias de acceso a recursos HPC o directamente usan la nube de la Red. Todos los proveedores de recursos tienen una amplia experiencia en la explotación y federación de infraestructuras de computación como en labores de I+D y junto al resto de grupos forman un consorcio equilibrado entre grupos consolidados y emergentes. Asimismo, tienen un amplio bagaje de participación en proyectos del 7º PM y de H2020 en el sector de las infraestructuras y la e-Ciencia.

2.2 Breve resumen del uso de la infraestructura HPC durante 2017

A continuación se lista someramente el resultado de la convocatoria de acceso a recursos de supercomputación que se realizó a lo largo de 2017 y que se presenta en este artículo como semilla para que otros grupos de Latinoamérica participen en el futuro.

A la primera convocatoria acudieron los siguientes grupos de investigación que se detallan en la Tabla I:

Grupo solicitante	Institución	País	Responsable
Unidad de Aplicaciones Médicas	CIEMAT	Es	Dr. Pedro Arce Dubois
Latin American Giant Observatory	LAGO	Internacional	Dr. Christian A. Sarmiento Cano
Scientific IT Research Activities and Knowledge	CIEMAT	Es	Dr. Manuel A. Rodríguez Pascual
Instituto de Ciencias	UNGS	Ar	Dra. María Florencia Carusela
Grupo de Pesquisa Processamento Paralelo e Distribuído	UFRGS	Br	Dr. Claudio F. Resin Geyer
SC3	UIS	Co	Dr. Gilberto Díaz Toro

Tabla I. Grupos solicitantes de la primera convocatoria de acceso a recursos de supercomputación de RICAP

Todos los grupos obtuvieron acreditación de horas de cálculo en los recursos de RICAP. Las horas de CPU consumidas por estos grupos en los supercomputadores hasta el 31 de diciembre de 2017 fueron 208.246. No obstante, queda la salvedad de las horas de cómputo ejecutadas por el grupo de la Profesora María Florencia Carusela (Universidad Nacional de General Sarmiento), quien como ejecutó sus tareas a caballo entre 2017 y 2018, se decidió que sus horas de uso de CPU computaran en 2018.

Como consecuencia del uso de la infraestructura HPC de RICAP, se produjo la siguiente producción científica no directamente relacionada con actividades propias de la Red:

Publicación
O. Carvalho <i>et al.</i> A Distributed Stream Processing based Architecture for IoT Smart Grids Monitoring. Proceedings. CloudAM 2017
E. Roloff <i>et al.</i> Exploiting Price and Performance Tradeoffs in Heterogeneous Clouds. Proceedings. CloudAM 2017
O. Carvalho <i>et al.</i> IoT Workload Distribution Impact between Edge and Cloud Computing in a Smart Grid Application. Proceedings. CARLA 2017
V. Martínez <i>et al.</i> Performance Prediction of Acoustic Wave Numerical Kernel on Intel Xeon Phi Processor. Proceedings. CARLA 2017
E. Meneses <i>et al.</i> Exploring Application-Level Message-Logging in Scalable HPC Programs. Proceedings CARLA 2017

Tabla II: Publicaciones derivadas del uso de los recursos asignados en la primera convocatoria de acceso a recursos de supercomputación de RICAP

3 La infraestructura en la nube de RICAP

La capacidad de cómputo de la infraestructura HPC presentada previamente permite la consecución de una gran parte de los objetivos propuestos. Sin embargo cada *cluster* asociado tiene su propia configuración, sistema operativo y versiones software instalado, no cubriendo las necesidades específicas de determinadas aplicaciones científicas de interés para la red.

La infraestructura en la nube de RICAP ofrece una solución a este problema siguiendo un modelo de infraestructura como servicio (IaaS) sencillo, con las siguientes premisas:

- u) La independencia de los sitios *cloud* asociados: los administradores de cada sitio son libres para ofrecer cualquier hardware; gestionar su sistema de virtualización; podrán bloquear usuarios y grupos externos en su equipamiento; crear usuarios que se distribuirán entre los otros sitios de la red; y, usar su equipamiento simultáneamente para cualquier otro proyecto.
- v) La sencillez de uso: los usuarios accederán por una web y utilizarán el sitio asociado que quieran; los desarrolladores podrán configurar sus máquinas virtuales para sus aplicaciones y mantenerlas en los sitios remotos.

3.1 Formación de la federación

A fin de preservar la simplicidad y la independencia de la federación resultante, se ha descartado la implantación de *middleware* externo como Indigo DataCloud [4] o el usado actualmente EGI FedCloud. Para ello, basándose en experiencias previas, se ha optado por la rapidez y simplicidad de los despliegues basados en OpenNebula [5] y KVM, siendo éste el único requisito impuesto a los sitios *cloud* asociados.

Sin embargo, el mecanismo de federación que ofrece OpenNebula 5.4 reviste numerosos problemas, al ser completamente centralizado, y lo hace inviable para cumplir con las premisas planteadas para RICAP. Está diseñado para orquestar diferentes centros de datos dentro de una institución y no para coordinar los esfuerzos de organizaciones distintas con un equipamiento heterogéneo. Desde un nodo maestro se gestionarían todos los usuarios de la federación así como las configuraciones de los sitios remotos, perdiendo estos últimos su independencia, elasticidad y

seguridad, cediendo sus recursos en exclusividad a la iniciativa. En concreto, utilizar el mecanismo de OpenNebula implicaría:

- w) Un punto de fallo crítico en la infraestructura, el sitio *cloud* maestro.
- x) Que los dueños de los recursos (los sitios remotos) no puedan crear sus propios usuarios fuera de RICAP, ni usar los nodos para otras iniciativas propias.
- y) Que no puedan explorarse correctamente los recursos de cada sitio porque el maestro no conoce completamente el hardware (GPUs, almacenamiento) ni la conectividad (IPs, VLANs, cortafuegos) en cada nodo, al ser una federación heterogénea.

Como alternativa se ha implementado para RICAP un nuevo sistema de compartición de grupos de usuarios a través de un servicio web que replica automáticamente ciertos grupos de usuarios de varios OpenNebula, incluidas sus contraseñas, *tokens*, o certificados públicos, pero preservando su independencia y elasticidad. Este mecanismo permite:

- z) Que sólo los grupos de la red se compartan entre los sitios *cloud*, dejando a los administradores que creen usuarios independientes para cualquier otra iniciativa.
- aa) Un grupo de usuarios de la red sea asignado a un sitio concreto, cuyo administrador puede arbitrariamente crear, borrar o actualizar las contraseñas de sus usuarios de forma transparente para OpenNebula.
- bb) Que un administrador de cierto sitio pueda asignar ciertos recursos hardware a cierto grupo de la red o bien bloquear momentáneamente a sus usuarios.
- cc) Que la caída del servicio web no influya en disponibilidad de la red para los usuarios ya creados, sólo en la modificación de los mismos o en la creación de otros nuevos.

Gracias a este sistema, la infraestructura en la nube de RICAP descrita en la Tabla III se ha organizado de forma sencilla y comprende actualmente:

grupo-país	institución-sitio	Recursos
<i>ricap-ar</i>	CSC-CONICET	4 nodos (64GB RAM, 16 cores): 64 cores, 256GB Almacenamiento: 30TB
<i>ricap-br</i>	UFRGS	5 nodos (16 cores, 24 GB RAM): 80 cores, 280GB.
<i>ricap-co</i>	UIS	1 nodo (24 cores, 104GB RAM) y 8 Tesla M2075.
<i>ricap-es</i>	CIEMAT	40 nodos (8GB RAM, 4 cores): 160 cores, 320GB. Almacenamiento 20TB.
<i>ricap-mx</i>	CINVESTAV	1 nodo (20 cores)

Tabla III. Descripción de la infraestructura en la nube de RICAP

3.2 Acceso y uso de la federación *cloud*

Con el fin de que los usuarios puedan acceder a la infraestructura en la nube de la manera más sencilla, se ha habilitado una página web desde donde un usuario puede acceder al sitio de la nube que prefiera. A su vez, debe autenticarse con el usuario y contraseña que previamente le haya provisto el administrador de cualquiera de los sitios *cloud* de la infraestructura, ya que estas claves de registro se comunican inmediatamente al resto de los sitios para que así toda la infraestructura esté actualizada y accesible al usuario final. Una vez guardada la clave en su navegador, puede organizarse en pestañas para tener una visión global de los recursos disponibles y usados.

De esta forma, abriendo la página <http://one01.ciemat.es:8888/ricap.html> el usuario previamente dado de alta podrá realizar distintas labores encaminadas a llevar a cabo su investigación, principalmente, levantar máquinas virtuales en los diferentes sitios que ejecuten sus trabajos y monitorizar el desarrollo de los mismos. Todo ello se puede apreciar en la Fig. 1.

Además, es importante destacar las capacidades que también tienen los administradores de los nodos desde este enlace:

- dd) Creación de máquinas virtuales
- ee) Distribución de los usuarios entre los nodos de forma transparente e inmediata
- ff) Configuración personalizada por parte de cada administrador en su nodo tanto de OpenNebula como de su hardware

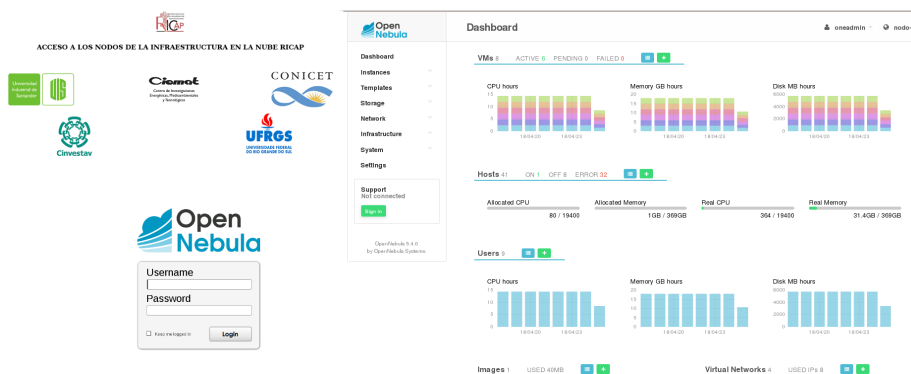


Figura 1. Página de acceso a la infraestructura en la nube de RICAP (izquierda) y vista del entorno de usuario para la ejecución de trabajos (derecha).

4 Impacto de la Red

A lo largo de los cuatro años de existencia iniciales que va a tener RICAP, se espera poder alcanzar distintos hitos y resultados que mejoren distintos aspectos científico-tecnológicos y sociales y que aumenten los resultados y el impacto de la e-Ciencia en Latinoamérica.

4.1 Beneficios y repercusión prevista para Latinoamérica

Infraestructuras estratégicas tales como PRACE y EGI (FedCloud) en Europa o la Red Española de Supercomputación [6] en España han tenido un enorme éxito y un notable impacto en la comunidad científica de sus regiones de influencia, posibilitando el acceso a grandes instalaciones de computación a cualquier investigador o grupo con una necesidad de servicios computacionales siempre y cuando presentara un proyecto de calidad, interés y tecnológicamente viable dentro de las capacidades ofertadas.

Por ello, se puede asegurar que los beneficios y la repercusión que RICAP tenga en Latinoamérica no han de ser menor. Más al contrario, en términos sociales será aún mayor pues pondrá a disposición de investigadores y grupos una capacidad de cómputo que en sus países puede ser prácticamente imposible concretar. Algunos de los países que participan en RICAP disponen de instalaciones de supercomputación de primer orden mundial, pero no así algunos otros de Latinoamérica que gracias a la posibilidad que les ofrece RICAP podrán disfrutar gratuitamente de esta capacidad de cómputo.

Más aún, RICAP está abierta a todos los ámbitos científicos y sociales y a ella podrán acudir en igualdad de condiciones usuarios de cualquier país iberoamericano. Por ello, ofrece una clara apuesta por la equidad social. También, como se ha indicado anteriormente, se articulará un mecanismo para

que más instituciones latinoamericanas puedan integrarse dentro de las actividades de la Red Temática.

Gracias a las capacidades y soluciones aportadas por RICAP, todas las comunidades latinoamericanas interesadas tendrán la posibilidad de abordar la solución de problemas más ambiciosos y complejos, los cuales no podían ser planteados por algunos investigadores latinoamericanos sin esta Red.

En otras palabras, será posible mejorar el impacto de la e-Ciencia en el Continente.

4.2 Divulgación y Capacitación

La divulgación de la Red en cuantos foros sea posible es una de las prioridades de RICAP para que así pueda existir el mayor número de investigadores al tanto de las posibilidades de e-Ciencia que se le ofrecen de manera gratuita.

Ejemplos de esta afirmación pueden encontrarse en el Encuentro Temático de Supercomputación organizado por RedCLARA en el mes de abril de 2018 [7] o las presentaciones realizadas por la Red en TICAL 2017 [8], CARLA 2017 [9] o ISUM 2018 [10] entre otras.

En relación a la capacitación, RICAP cuenta entre sus miembros con el BSC, uno de los socios Tier-0 de PRACE. Dentro de las actividades de este gran consorcio europeo, existe una variedad muy amplia de cursos organizados por sus equipos [11], los cuales podrán ampliarse a Latinoamérica con fondos del propio consorcio PRACE. Las jornadas teórico-prácticas de 1 ó 2 días que surgen de esta colaboración con PRACE servirán de capacitación para personal desarrollando su labor en el ámbito HPC/HTC para así incrementar su empleabilidad, contarán igualmente con seminarios dentro del programa académico directamente enfocados al uso de la red estratégica proporcionada por RICAP y se organizarán conjuntamente con eventos y conferencias celebradas en Latinoamérica. Eventos de interés para este propósito son las ediciones de TICAL [12], CARLA [13], ISUM [14], etc., en donde RICAP ya ha estado presente y planea continuar estándolo.

Para estas jornadas y otras, se colabora activamente con RedCLARA para que las mismas se integren dentro de su programa de Encuentros temáticos de la Comunidad TICAL de difusión por *streaming*, de tal forma que el impacto sea aún mayor.

Ejemplos de cursos que se imparten dentro de las actividades de RICAP son:

- gg) Acceso y utilización de los recursos computacionales proporcionados por RICAP
- hh) Nociones básicas sobre administración de clústeres de computación de alto desempeño
- ii) Hands-on Introduction to HPC
- jj) Message-Passing Programming with MPI
- kk) Intel MIC and GPU programming
- ll) Metodologías para la ejecución eficiente de tareas en entornos HPC y HTC
- mm) Performance analysis and tools
- nn) Etc.

Como se puede ver por el listado anterior, esta formación en recursos humanos está ideada para que abarque y sea provechosa para distintos niveles académicos.

Todo el material didáctico que se genere (presentaciones, ejercicios, vídeos en los que se graba el curso) está colgado en la página web de la Red y está disponible permanentemente de forma gratuita. Actualmente se cuenta con más de 50 entradas a cursos y tutoriales en distintos ámbitos de las Ciencias de la Computación.

4.3 Papel que juega RedCLARA y TICAL

Como se ha mencionado anteriormente, la labor que está desarrollando RICAP casa perfectamente con algunos de los ejes temáticos definidos por RedCLARA. Así, aspectos como: Infraestructura y

desarrollo de software, Servicios de valor agregado de redes académicas avanzadas, Soluciones TIC de apoyo a la investigación, etc. están reflejados en el Acuerdo de Colaboración suscrito por ambas iniciativas.

Prueba de ello es el apoyo que la propia RedCLARA aportó desde un inicio a la propuesta de RICAP a la CYTED y que comprendía varios aspectos e intereses comunes. Así, la creación de una infraestructura estratégica de cómputo HPC y HTC en Latinoamérica se basa en la infraestructura de redes nacionales de educación e investigación que ofrece RedCLARA y del mismo modo, a RedCLARA le resulta de interés que su red de fibra óptica regional sea utilizada plenamente.

Con este fin, RedCLARA y RICAP colaboran en la divulgación y difusión de las actividades de esta última dentro de la comunidad de RedCLARA anunciando su capacidad de cómputo y promoviendo las convocatorias de acceso a la infraestructura computacional. Asimismo, se promueven las actividades de capacitación de la Red Temática para que se extiendan a la comunidad de CLARA a través de los Encuentros Temáticos de TICAL, los Días Virtuales organizados por la Coordinación de Comunidades de RedCLARA o las jornadas de capacitación anejas a eventos como el 2º Encuentro de e-Ciencia.

La actividad de la Comunidades de Ciencia y Tecnología es prioritaria para RedCLARA, siendo el foco de recientes proyectos, como OCTOPUS [15], ELCIRA [16] y MAGIC [17] que han contribuido fuertemente a la construcción de herramientas que apoyan a los proyectos colaborativos como SCALAC (Servicios de Computación Avanzada para Latinoamérica y el Caribe). Estas herramientas, disponibles en la plataforma en línea Colaboratorio, son un aporte a las actividades de RICAP y se espera que dé lugar a más frutos de colaboración.

5 Conclusiones

Gracias a RICAP, es posible generar multitud de nuevas actividades en distintos ámbitos científicos y sociales de la sociedad latinoamericana dado que se va a poner a su disposición de manera gratuita una enorme cantidad de recursos computacionales. Esto favorece indudablemente el desarrollo de la e-Ciencia en el Continente.

Tal afirmación es así porque en la actualidad, la computación está enormemente integrada en la generación de conocimiento en entornos científicos, sociales y de ingeniería, tanto en el ámbito público como en el privado. Además, el acceso a la infraestructura es directo (nube) o por concurrencia competitiva (HPC), en la que primará el interés científico, por lo que usuarios finales sin acceso local a entornos HPC y HTC podrán a partir de ahora realizar sus trabajos gracias a RICAP, lo que mejora la igualdad social.

La originalidad de la nueva Red radica en que este acceso regional no es una realidad en Latinoamérica en su conjunto, sino sólo a nivel nacional en algunos países, por lo que supone un tremendo avance para la comunidad científica de cualquier ámbito en la región.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por la Red Temática 517RT0529 RICAP (Red Iberoamericana de Computación de Altas Prestaciones) del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED).

Referencias

1. RICAP, disponible en <http://www.red-ricap.org>
2. PRACE, disponible en <http://www.prace-ri.eu/>
3. EGI FedCloud, disponible en <https://www.egi.eu/infrastructure/cloud/>
4. Indigo Data Cloud, disponible en <https://www.indigo-datacloud.eu/>
5. R. Moreno-Vozmediano, R. S. Montero, I. M. Llorente. "IaaS Cloud Architecture: From Virtualized Datacenters to Federated Cloud Infrastructures". IEEE Computer, vol. 45, pp. 65-72, 2012.
6. RES, disponible en <https://www.bsc.es/marenostrum-support-services/res>
7. Encuentro Temático RedCLARA "XX", disponible en XX
8. A. de la Ossa et al., "La Red Iberoamericana de Computación de Altas Prestaciones: una plataforma tecnológica al servicio de la comunidad académica". Actas TICAL 2017, pp. 525-534 (2017)
9. R. Mayo-García, "Red Iberoamericana de Computación de Altas Prestaciones", presentación oral en CARLA 2017
10. R. Mayo-García, "Provision of a free HPC infraestructura to the Latin American Community: the RICAP Network", Conferencia Temática Invitada en ISUM 2018
11. PRACE training, disponible en http://www.training.prace-ri.eu/nc/training_courses/index.html
12. TICAL, disponible en <http://tical.redclara.net/>
13. CARLA, disponible en <http://www.ccarla.org/>
14. ISUM, disponible en <http://www.isum.mx/>
15. Open Collaboration TOolkit Provisioning for Key Challenge USer Communities (OCTOPUS)
16. ELCIRA, disponible en <http://www.elcira.eu/>
17. MAGIC, disponible en <http://www.magic-project.eu/>

Desarrollo de sistemas de adquisición de datos dentro de la Colaboración LAGO

Mario Audelo ^{1,6}, Horacio Arnaldi ^{2,6}, Mauro Bonilla ^{3,6}, Dennis Cazar ^{4,6*}, Eduardo Moreno ^{5,6}, Ibrahim Torres ^{3,6}, for the LAGO Collaboration ⁶

1. Facultad de Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador
2. Laboratorio Detección de Partículas y Radiación, CNEA, Instituto Balseiro, Bariloche - Argentina
3. Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, Puebla, México
4. Colegio de Ciencias e Ingenierías, Universidad San Francisco de Quito, Quito -Ecuador
5. Universidad CESMAG Nariño, Colombia
6. The Latin American Giant Observatory (LAGO) <http://lagoproject.org>, para la lista completa de miembros e instituciones consultar <http://lagoproject.org/collab.html>
(*) dcazar@usfq.edu.ec

Resumen

LAGO es una colaboración científica cuyo objetivo principal es la implementación de un observatorio de rayos cósmicos que cubra múltiples altitudes y latitudes, desde México hasta la Antártida. Una de las características distintivas de la Colaboración es que está compuesta de grupos de trabajo con asiento en diferentes institutos de enseñanza e investigación distribuidos por todo el continente, colaborando en el desarrollo de sistemas de detección, producción de datos sintéticos y su análisis. Tanto el manejo como la concreción de los objetivos serían imposibles sin una apropiada estrategia de e-colaboración. El presente trabajo muestra la experiencia del Grupo de Electrónica de la Colaboración en el desarrollo de los nuevos sistemas de detección de partículas y generación de parámetros ambientales. Se describe la metodología de trabajo, las herramientas de colaboración virtual utilizadas, los resultados y las lecciones aprendidas en este proceso.

Palabras Clave: detección de partículas, astrofísica, altas energías, clima espacial, ambientes de e-colaboración
Eje temático: Física de altas energías

1 Introducción

La Colaboración LAGO está formada por investigadores pertenecientes a instituciones educativas y de investigación localizadas en diferentes países de América Latina (desde México hasta Argentina) y España, su misión es la de implementar a través del proyecto LAGO un observatorio de rayos cósmicos extendido en toda Latinoamérica, fortalecer la investigación en astrofísica y clima espacial en la región y formar jóvenes profesionales en disciplinas afines a estos temas de investigación.

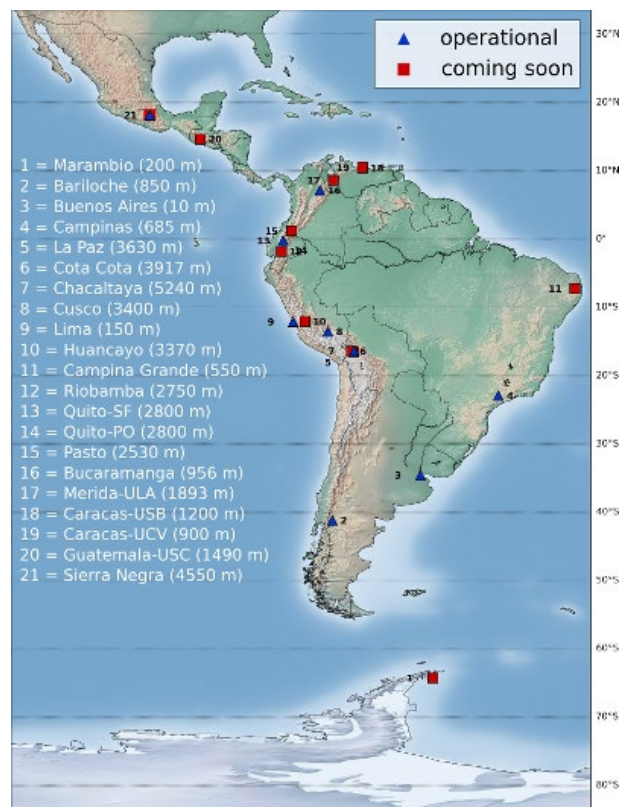


Fig. 1. Localización geográfica de los sitios donde se han instalado, o se están instalando los detectores de LAGO. Cada sitio corresponde a una universidad o centro de investigación que es parte de la Colaboración, en este gráfico faltan la Universidad del Valle de Guatemala y los sitios de Tuxtla y Tacaná (México)[2]

El Latin American Giant Observatory LAGO es un observatorio de rayos cósmicos extendido, compuesto por una red de detectores Cherenkov de agua localizados en diferentes sitios que abarcan una variedad de altitudes (desde el nivel del mar hasta los 5000 m.s.n.m) y latitudes a través de Latinoamérica, cubriendo así una amplia gama de coeficientes de rigidez magnética y niveles de absorción/reacción atmosférica [1]. Esta red de detectores está diseñada para medir la evolución temporal del flujo de radiación al nivel de la tierra con extremo detalle.

El Proyecto LAGO desarrolla investigación en tres ramas principales: física de altas energías, clima espacial y radiación atmosférica a nivel de la tierra. La formación de jóvenes investigadores es otra importante actividad de la colaboración LAGO, se desarrollan cursos y talleres en desarrollo de

sistemas de adquisición de datos, simulaciones computacionales tanto de la física como del comportamiento de los detectores y análisis de datos físicos y sintéticos.

A diferencia de otros grandes experimentos de rayos cósmicos en Latinoamérica y el mundo LAGO es una colaboración descentralizada, cada sitio indicado en la Fig. 1 es alojado por una institución educativa o de investigación diferente, donde científicos e investigadores de diferentes disciplinas, formación, realidad social, política y económica coordinan esfuerzos para cumplir con los objetivos y actividades del proyecto.

LAGO está coordinado mediante un comité central formado por representantes de cada país y está organizada en tres grupos de trabajo, cada uno de ellos con una estructura organizativa propia e independiente, a saber:

WG1: LAGO Física

Actividades y objetivos:

- * Coordinar y llevar adelante los programas científicos de la colaboración.
- * Diseñar e implementar los métodos de simulaciones y análisis de datos para dar soporte a los programas que gestiona.
- * Generar e implementar herramientas para la generación de los niveles de calidad de los datos de LAGO.
- * Buscar nuevas áreas y aplicaciones del proyecto LAGO.

Programas vigentes:

LAGO-HE (altas energías y GRBs)

LAGO-SW (space weather y radiación atmosférica)

WG2: LAGO Detectores

Actividades y objetivos:

- * Mantener y operar los detectores LAGO.
- * Investigar y desarrollar nuevos detectores, extremos y regulares (incluye instrumentación, electrónica, software de adquisición, técnicas y materiales de detección, etc.)
- * Promover la homogeneización y estandarización de los detectores del proyecto.
- * Coordinar la movilidad de recursos físicos entre los distintos sitios y/o países.

Programas vigentes:

LAGO-Sites (sitios)

LAGO-Hardware (detectores, hardware y software)

WG3: LAGO Data

Actividades y objetivos:

- * Diseñar e implementar el repositorio central de datos de LAGO, incluyendo el almacenamiento y la curaduría de los datos.
- * Implementar la transferencia de datos desde el lugar de adquisición hasta el repositorio central de LAGO.
- * Investigar y desarrollar nuevas tecnologías de simulaciones, análisis y almacenamiento de datos.
- * Implementar la accesibilidad pública de los datos

Programas vigentes:

* LAGO-U (universidades y ciencia ciudadana)

* LAGO-Virtual (datos y tecnologías)

Tratándose de una colaboración no centralizada, la planificación y desarrollo de actividades dentro de la misma debe apoyarse sobre herramientas y métodos de e-colaboración. Las reuniones periódicas de los diferentes grupos se realizan mediante plataformas de reuniones virtuales. Se han creado repositorios de datos para compartir todo tipo de información, se usan plataformas de

desarrollo de SW y HW en ambientes colaborativos.

El presente artículo describe los medios utilizados, las políticas y la forma de trabajo implementadas dentro del grupo WG2: LAGO Detectores para cumplir con uno de los objetivos principales del Proyecto LAGO, el desarrollo e implementación de un sistema de adquisición de datos de nueva generación que pueda estandarizar la electrónica de los detectores del proyecto LAGO. Después de esta introducción se describen los objetivos y las actividades, los métodos y herramientas de e-colaboración utilizadas, los resultados obtenidos y las lecciones aprendidas en el proceso.

2 Descripción del proyecto

El objetivo principal del proyecto es el desarrollo de un sistema de adquisición de datos para las señales eléctricas generadas por un fotomultiplicador que recoge la radiación Cherenkov producida por el paso de partículas cargadas en un tanque de agua superpura. Un esquema de bloques del sistema se muestra en la Fig. 2

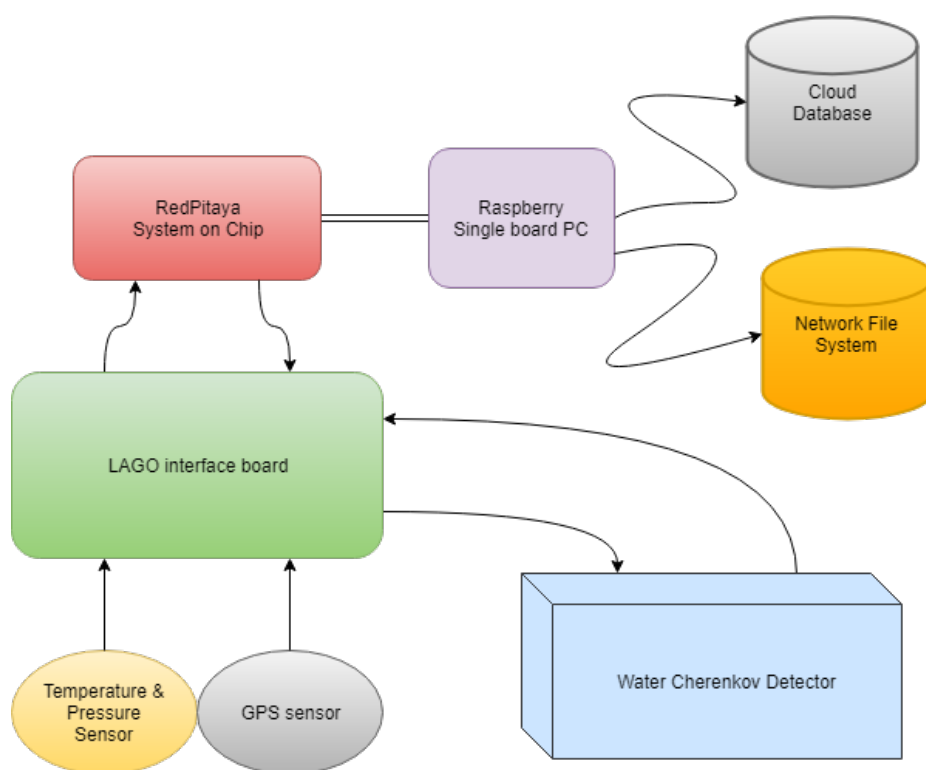


Fig. 2. Diagrama a bloques del sistema de adquisición de datos, se han usado componentes comerciales y una tarjeta de interfase desarrollada especialmente para controlar el fotomultiplicador del detector y recibir los datos de los sensores externos.

Se han fijado tres parámetros fundamentales para el diseño del sistema.

- **Alta reproducibilidad:** los componentes del sistema deben ser fáciles de encontrar en el mercado de los diferentes países que integran la colaboración, o reemplazables con otros que cumplan la misma función sin necesidad de hacer cambios en la plataforma hardware. Por esto se ha adoptado el estándar I2C para la comunicación con el sensor de presión y temperatura y el protocolo UART para la comunicación con el módulo GPS. La comunicación con el sistema y la transferencia de datos desde el sistema al computador

local se realiza mediante protocolo Ethernet.

- **Economía:** dado que LAGO no cuenta con presupuesto central para estas actividades, el costo de desarrollo recae sobre las instituciones participantes. Por lo tanto los componentes utilizados en el desarrollo del sistema deben ser de clase *consumer electronics*. Es decir, componentes comerciales de bajo costo. La electrónica de consumo se ha desarrollado tanto en los últimos tiempos que las prestaciones de estos elementos son comparables a los componentes utilizados para fines científicos. En particular, se usan sensores compatibles con la plataforma Arduino[3] y libelium[4].
- **Escalabilidad:** La tarjeta RedPitaya[5] es una plataforma muy versátil y potente, lo que deja abierta la posibilidad de aumentar y diversificar la capacidad del sistema, por ejemplo, incorporando más sensores para realizar estudios de clima espacial (intensidad de campo magnético, radiación solar, acelerómetros) o mediciones ambientales (radiación UV, pluviómetros, velocidad del viento) que pueden convertir al sistema en una unidad de adquisición de datos multipropósito. La capacidad de procesamiento de la FPGA incluida en la tarjeta RedPitaya permitirá la implementación de códigos de pre-análisis de datos, rutinas de autocalibración y autotest que permitan automatizar tareas que actualmente se realizan manualmente.

El método de trabajo que se estableció para el desarrollo del sistema se describe a continuación:

Fase 1: Determinación de especificaciones y restricciones

Fase 2: Definición de bloques funcionales HW y SW

Fase 3: Desarrollo de prototipos HW

Fase 4: Desarrollo del SW

Fase 5: Test funcionales

Fase 6: Pruebas en campo

3 Desarrollo del sistema de adquisición de datos

Para el desarrollo del sistema de adquisición de datos se asignaron tareas en las cuales están involucrados colaboradores de diferentes instituciones para formar grupos de trabajo que se especializan en el desarrollo de alguna sección específica del sistema.

Una de las tareas consiste en la elaboración de una tarjeta de interfase, que se ha diseñado en KiCad[6]. Este es un entorno de software de código abierto para la automatización del diseño electrónico, manejando desde la captura del esquemático hasta el diseño del circuito impreso de forma sencilla y flexible.

Esta placa permite proveer los voltajes necesarios para alimentar una base de PMT. También nos ayuda a monitorear la tensión aplicada al PMT, así como el sensor de temperatura presente en la base. En la Fig. 3 se puede ver el esquemático elaborado en KiCad para la tarjeta de interfase.

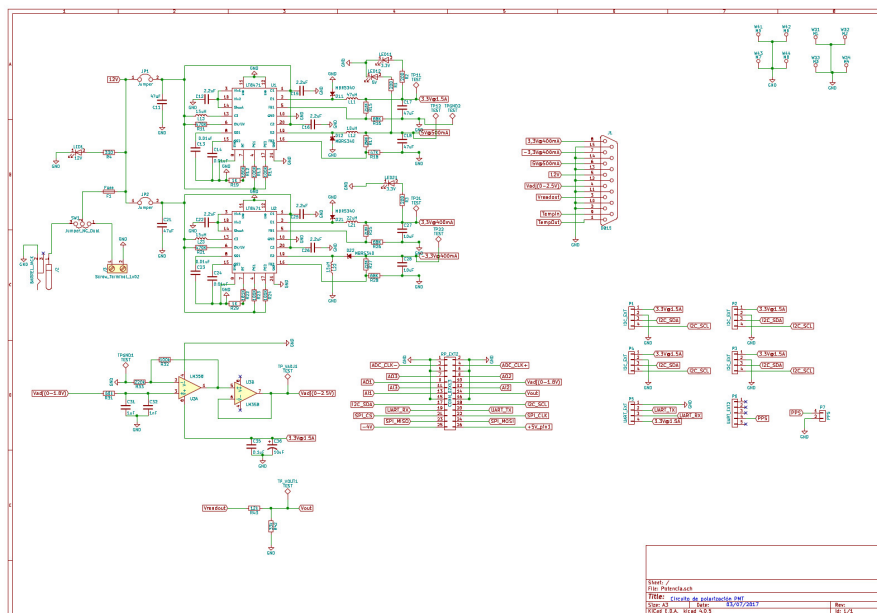


Fig. 3. Esquemático de la tarjeta de interfase diseñada para controlar el fotomultiplicador del detector y recibir los datos de los sensores externos.

Otra pieza clave para el sistema es el desarrollo del ecosistema LAGO consistente en un repositorio git que contiene el código fuente, tanto VHDL como C, de los proyectos, ip-cores, ejemplos de uso y pruebas en general realizados con el nuevo sistema de adquisición de LAGO.

Esta herramienta facilita el descubrimiento, la experimentación, el aprendizaje, el desarrollo y el hecho de compartir una variedad de aplicaciones.

- Consiste en un sistema de directorios con los componentes del sistema RedPitaya.
- Contiene librerías que permiten hacer programas para controlar las entradas/salidas analógicas, las entradas/salidas digitales, la comunicación (I2C, SPI, UART) por mencionar algunos de sus usos.
- Sirve para programar y depurar código (C, Python, Matlab, VHDL, Verilog, etc.)

- Página wiki[12] para poder compartir informaciones generales sobre el sistema de adquisición, desde sus características a sus componentes y manuales de instrucciones, una vez que se ha entregado una versión estable.
- *RedClara*[13] se está explorando por las posibilidades de comunicación y herramientas que tiene. Actualmente se está usando el servicio de videoconferencias de escritorio, VC Espresso, el cual es una herramienta fácil de usar, disponible las 24 horas y con acceso desde cualquier computador conectado a Internet, permite agendar y participar en conferencias web estén registrados o no en el Colaboratorio, tomar notas, compartir presentaciones y grabar sus reuniones, mientras se interactúa con otros miembros.

Las aplicaciones colaborativas usadas disponen de chats, videoconferencia, escritorios compartidos y uso compartido de aplicaciones como herramientas de comunicación en tiempo real o síncronas, además de otras herramientas asíncronas como el correo electrónico y wiki que favorecen la gestión de tareas en grupo

En el grupo de trabajo de electrónica el principal medio de comunicación para el contacto con otros miembros es el correo electrónico, por las dificultades presentadas debido a la diferencia de horarios o actividades de cada uno de los integrantes de la colaboración.

Uno de los desafíos en el trabajo colaborativo, sino el mayor es lograr la motivación y participación activa de las personas. Para tratar de solucionar este problema se realiza cada 2 semanas una videoconferencia, por medio del software ZOOM, en donde cada uno de los participantes es alentado a describir sus avances. La clave para que esta didáctica funcione es la experiencia y ayuda que pueden proporcionar los miembros con un conocimiento más avanzado o específico sobre el trabajo a desarrollar.

5 Resultados obtenidos

- Plataforma HW para el sistema de adquisición de datos: se ha uniformizado la plataforma HW para la implementación de nuevos detectores WCD en el proyecto manteniendo la compatibilidad con los detectores que utilizan la versión precedente de la electrónica de modo que, en caso de ser necesario, se pueda reemplazar la electrónica sin provocar tiempos fuera de servicio prolongados de los detectores.
- Software de adquisición de datos bajo control de revisión: el SW de adquisición de datos está disponible como código abierto dentro de la plataforma GitHub https://github.com/lharnaldi/lago_ecosystem, esto permite que cualquier modificación debida a resolución de bugs o implementación de nuevas funcionalidades pueda ser etiquetada y diferenciada de las anteriores, lo que permite mantener compatibilidad y trazabilidad de la historia del producto.
- Documentación del producto y manuales de usuario: con el uso de herramientas de e-colaboración la escritura y revisión de la documentación que debe acompañar al sistema de adquisición, se realiza de manera mucho más rápida y ordenada. Una vez alcanzada una versión estable del sistema esta información se publica en la wiki de LAGO <https://wiki.lagoproject.org>
- Creación de un modo de trabajo común: el flujo del proceso de desarrollo del sistema de adquisición ha seguido el flujo de un producto comercial con adaptaciones propias a la naturaleza del proyecto. Se han determinado requerimientos básicos, selección de componentes principales, desarrollo del SW con funcionalidades básicas y prototipo HW inicial, test de funcionalidad, corrección de bugs HW y SW, distribución del sistema para

pruebas de campo y desarrollo de funcionalidades adicionales.

6 Lecciones aprendidas

- En la actualidad los grupos colaborativos han ganado importancia para el desarrollo de proyectos, ya que facilitan de manera significativa la comunicación y organización entre miembros de los equipos de trabajo ubicados en diferentes locaciones.
- Existe una amplia gama de herramientas que pueden ayudar a facilitar el trabajo colaborativo. Se debe encontrar la que cubra las necesidades y pueda ser usada por cada miembro de la colaboración.
- Los métodos y herramientas colaborativos siempre están en continua evolución, de la misma forma el equipo de trabajo se debe ir adaptando y mejorando, buscando nuevas herramientas que faciliten y se adapten mejor a las necesidades.
- La participación es uno de los aspectos más importantes y críticos en el trabajo de grupo, la cual se debe promover e incentivar de manera constante para lograr un aprendizaje isotrópico entre cada miembro de la colaboración y lograr una distribución de la carga de trabajo de forma equitativa.
- Para una colaboración descentralizada como LAGO es de vital importancia prever dentro de los proyectos a realizar, el uso de ambientes de e-colaboración. Esto permite que cada miembro de un grupo pueda trabajar independientemente (según su tiempo de dedicación al proyecto y su especialidad) pero que los resultados que genere puedan estar a disposición de los demás miembros siguiendo un sistema de control de versión.
- La determinación de un flujo de trabajo, actividades claras y diferenciadas permite a cada miembro del grupo saber exactamente el contexto y alcance de sus actividades. La incorporación de nuevos miembros en los diferentes equipos de trabajo se facilita enormemente ya que se cuenta con repositorios comunes donde pueden encontrar toda la información necesaria para integrarse y colaborar en tiempos breves.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por la Corporación Ecuatoriana para el Desarrollo de la Investigación y Academia, CEDIA, mediante el proyecto CEPRA – XI -2017-Astropartículas 2

Se agradece a RedClara por el apoyo a la Colaboración LAGO, permitiéndonos el uso de sus herramientas de e-colaboración

Referencias

- [1] H. Asorey and S. Dasso, for the LAGO Collaboration: LAGO: the Latin American Giant Observatory, Contributions to ICRC 2015
- [2] Sidelnik, for the LAGO Collaboration: The Sites for the Latin American Giant Observatory, Contributions to ICRC 2015
- [3] Arduino official site <https://www.arduino.cc/>
- [4] Libelium project <http://www.libelium.com/>
- [5] RedPitaya official site https://www.redpitaya.com/177/STEMlab%20for%20Research?utm_source=TestHomePage&utm_medium=Research
- [6] KiCad official site <http://kicad-pcb.org/>
- [7] Xilinx official site <https://www.xilinx.com/>
- [8] Github official site <https://github.com/>

- [9] Zoom official site <https://zoom.us/>
- [10] Dropbox official site <https://www.dropbox.com/>
- [11] Hangouts official site <https://hangouts.google.com/>
- [12] Wiki page on Wikipedia <https://es.wikipedia.org/wiki/Wiki>
- [13] RedClara sitio oficial <http://redclara.net/index.php/es/servicios-rc/servicios-de-colaboracion/vc-espresso>

LIneA: Produtos e Interfaces de acesso a dados astronômicos

Ricardo Ogando^{a,b}, Luiz A. N. da Costa^{a,b}, Cristiano Singulani^b, Glauber C. Vila Verde^b, Carlos A. de Souza^b,
Guilherme S. Dias^b, Felipe Machado^b, Maria A. Sanchez^b, Maria B. da Silveira Filha^b, Julia Gschwend^{a,b}, Marcio A. G.
Maia^{a,b}

^a Observatório Nacional, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, Rua General José Cristino
77, Rio de Janeiro - RJ, Brasil

^b Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia, LIneA, Rua General José Cristino 77,
Rio de Janeiro - RJ, Brasil

ogando@linea.gov.br, ldacosta@linea.gov.br, singulani@linea.gov.br, glauber.costa@linea.gov.br,
carlosadean@linea.gov.br, guilherme.soares@linea.gov.br, felipe@linea.gov.br, mluizasanchez@gmail.com,
maria.aparecida@linea.gov.br, julia@linea.gov.br, maia@linea.gov.br

Resumen. A Astronomia tem longa tradição na disponibilização de dados através de interfaces web, tais como CADC, CDS, e IPAC. Com a participação de astrônomos do Brasil em grandes projetos, tais como SDSS, DES, DESI, e LSST, surgiu a necessidade de se produzir e servir tal infra-estrutura localmente. O Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia (LIneA) vem desempenhando esse papel. Através de seus apoiadores: o Observatório Nacional (ON), o Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), e a Rede Nacional de Pesquisa (RNP), e seus parceiros nas universidades, essa equipe contém o conhecimento interdisciplinar necessário para atacar problemas de *Big Data* em Astronomia. A melhoria do tráfego de dados, com redes Gigabits, e o surgimento de novos frameworks que permitem interfaces mais dinâmicas renovaram os serviços de acesso a dados. O LIneA atualmente serve o sítio espelho do *SkyServer* do levantamento SDSS no *data center* do LNCC. Além disso, desenvolvemos a interface de controle de qualidade de dados da DECam, operando no CTIO, o *Quick Reduce*. Interface similar está sendo desenvolvida para o DESI, o *Quick Look Framework*. Em Janeiro de 2018, o LIneA também tomou parte no primeiro lançamento de dados do DES, implementando acesso a mapas, imagens, catálogos e alvos nos dados DES hospedados no NCSA. Vamos revisar esses casos de sucesso do LIneA e as perspectivas para o futuro.

Palabras Clave: astronomia, acesso a dados, interfaces

Eje temático: Astronomia.

1 Introdução

Dados astronômicos, sejam de grandes ou pequenos levantamentos, frequentemente tem um curto período de proteção, cerca de um ano, e depois são disponibilizados ao público. Centros de acesso a dados como CADC¹⁶, CDS¹⁷, e IPAC¹⁸, tem desempenhado um importante papel nas últimas décadas nessa frente. Mas foi o *Sloan Digital Sky Survey* (SDSS)[1] que revolucionou essa área. Com um grande mapeamento fotométrico e espectroscópico do hemisfério Norte, as imagens e espectros foram colocados *online*, tanto crus quanto reduzidos. Além disso, foi criada uma infraestrutura completa de acesso aos catálogos através de consultas usando SQL, com vasta documentação e poderosos exemplos de consultas que abrangem os casos mais típicos da astronomia (as famosas 20 consultas das Leis de Gray[2]). Somando-se à qualidade e extensão dos dados do SDSS, o impacto da iniciativa de se abrir os dados de forma tão ampla se refletiu no uso e citações do SDSS. Hoje, milhares de artigos foram produzidos usando esses dados por pesquisadores no mundo inteiro, nas mais diversas áreas, de sistema solar ao universo distante, e seus artigos de dados também somam milhares de citações.

O fenômeno observacional conhecido como energia escura é um outro fator que acelerou - além da expansão do universo - as iniciativas de se observar cada vez mais o céu através de grandes levantamentos. O *Dark Energy Task Force* [3] é um comitê que avaliou os estágios necessários em termos de infraestrutura observacional para alcançarmos um bom entendimento dessa misteriosa componente do Universo. O estágio 1 foi a própria observação da aceleração da expansão do Universo e o SDSS faz parte do estágio 2. O *Dark Energy Survey* (DES) [4] é um levantamento fotométrico de estágio 3 e tem produzido importantes resultados no hemisfério Sul, por exemplo, encontrando novas galáxias vizinhas da Via-Láctea e mapeando o conteúdo de matéria escura do Universo. Finalmente, o *Dark Energy Spectroscopic Instrument* (DESI) [5] e o *Large Synoptic Survey Telescope* (LSST) [6] são experimentos de estágio 4 que vão produzir resultados de grande impacto na próxima década. O DESI é um levantamento espectroscópico de milhões de galáxias no Kitt Peak National Observatory (KPNO) e o LSST é um levantamento fotométrico em um telescópio de 8 metros com um campo de visão que permite mapear o céu visível inteiro a cada 3 dias, adicionando uma componente temporal aos levantamentos, pois seu ritmo de observações vai permitir acompanhar corpos de Sistema Solar, estrelas variáveis, explosões de supernovas, entre outros transientes no céu.

O Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia¹⁹ (LIneA) é o responsável pela participação dos grupos brasileiros nesses projetos e conta com quase 100 colaboradores, sendo cerca de 30 cientistas seniores. Tipicamente, como contrapartida à participação nesses grandes projetos e uso da infraestrutura computacional se demanda prestação de serviços dos filiados ao LIneA, como por exemplo versionar seus códigos científicos e disponibilizá-los em pipelines em um ambiente de computação de alto desempenho, de modo a se manter o legado desses desenvolvimentos.

2 Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia

2.1 Portais Científicos

Um dos principais produtos do LIneA é a interface de acesso e análise de dados. Vários portais foram desenvolvidos ao longo dos anos para diferentes projetos. Para o DES, um portal científico permite submeter análises científicas para nosso *cluster*, tais como medidas de *redshifts* fotométricos (*photo-z*), construção de catálogos de valor agregado, e procura por aglomerados de galáxias.

A ferramenta *Quick Reduce* é um portal no CTIO que reduz as observações da DECam em tempo real, tanto para o DES quanto para a comunidade. Temos também uma instância chamada *Data*

¹⁶ <http://www.cadc-ccda.hia-ihp.nrc-cnrc.gc.ca/en/>

¹⁷ <http://cdsweb.u-strasbg.fr/>

¹⁸ <https://www.ipac.caltech.edu/>

¹⁹ <http://www.linea.gov.br/>

Server no Fermilab e no NCSA para visualização de dados, usada, inclusive, no *Data Release* oficial do DES em Janeiro de 2018.

A criação de catálogos de objetos para uso científico é um processo complexo. Cada caso científico tem uma necessidade diferente. Desde a separação entre estrelas e galáxias, à escolha do algoritmo de *photo-z*, e uniformidade da magnitude limite da amostra. Correções para estes efeitos podem ser feitas através de mapas de profundidade e de sistemáticos. Esse processo está registrado em [7] e [8] onde apresentamos a análise de pipelines de *redshifts* fotométricos e a montagem de Catálogos de Valor Agregado (ou *Value-Added Catalogs*, VAC). Implementamos um algoritmo chamado *Query Builder*, que monta consultas SQL de forma sistemática. Essas consultas seguem critérios e proveniências bem estabelecidas. Isso tudo é feito de modo a otimizar as consultas e produzir um catálogo que seja digerível pelo cientista, contando apenas com os objetos e propriedades necessários para sua análise.

Atualmente estamos trabalhando em uma interface para o DESI chamada *Quick Look Framework* (QLF) a qual permite avaliar a qualidade dos seus 15.000 espectros por exposição (5.000 fibras observadas por 3 câmeras). O instrumento do DESI é composto por uma "flor" com 10 pétalas, cada pétala com 500 orifícios onde pequenos atuadores posicionam as fibras sobre os alvos. Em cerca de 2 minutos processamos esses elementos em paralelo. Atualizando nossas tecnologias, essa nova interface usa Django e React²⁰ como *framework*, além de Bokeh²¹ para que observador possa interagir com as figuras de controle de qualidade.

O desenvolvimento do portal é apoiado por uma equipe mista de pesquisadores, tecnologistas e técnicos, a maior parte deles instalada no campus do ON. A capacidade de extrair ciência com eficiência de uma grande massa de dados (mineração de dados), representa um dos grandes desafios da Astronomia moderna e é um dos principais objetivos do LIneA. Isto requer o desenvolvimento de experiência em novas tecnologias como, por exemplo:

- *Cluster* de máquinas para processamento do grande volume de dados acumulados pelos novos experimentos.
- Sistemas de arquivos compartilhados de alta performance para rápido acesso a dados (Lustre, HDFS).
- Bancos de dados de alta performance com indexações especiais (Q3C²²).
- Redes de alta velocidade para receber os dados de telescópios ou de centros de dados.
- Tecnologia para o armazenamento seguro de grandes volumes de dados da ordem de Petabytes.
- Interfaces para sistemas integrados e não supervisionados de redução, análise, e validação de dados.
- *Workflows* que permitem a execução paralela de pipelines de análise científica (Parsl²³).

O LIneA conta com o apoio financeiro das agências brasileiras FINEP, do MCTI, CNPq, FAPERJ, além do ON, e mais recentemente conquistou um prestigioso Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia, intitulado INCT do e-Universo²⁴. Estes recursos vêm contribuindo para a implantação dos *clusters* de computadores, sistemas de armazenamento, e pessoal.

²⁰ <https://reactjs.org/>

²¹ <https://bokeh.pydata.org/en/latest/>

²² <https://github.com/segasai/q3c>

²³ <http://parsl-project.org/>

²⁴ <http://www.linea.gov.br/010-ciencia/1-projetos/3-inct-do-e-universo-2/>

2.2 Quick Reduce

Desde 2012, quem utiliza a DECam no CTIO pode fazer uso da ferramenta *Quick Reduce*²⁵ em um dos computadores na sala de controle. Ela faz uma redução básica das imagens, extrai fontes, e realiza um controle de qualidade dessas (ex. *seeing*, fundo de céu, e magnitude limite) mantendo um histórico no banco de dados permitindo avaliar a evolução de parâmetros ao longo da noite. O desenvolvimento desse pipeline enfrentou vários desafios. Por conta do tamanho das imagens (1GB) e pela necessidade de se obter resultados rapidamente (onde rapidamente significa um tempo menor que 80s que é o tempo de exposição + tempo de leitura), tudo isso com o *hardware* mais limitado existente na montanha. Novos códigos de redução em Python foram feitos focados nessa ferramenta, permitindo o rápido processamento das imagens. A parte *web* foi implementada com o *framework* TurboGears. A figura 1 mostra uma captura de tela da ferramenta, onde se pode acompanhar o histórico do *seeing* (turbulência da atmosfera) ao longo de uma noite de observações.



Fig. 1. Captura de tela da ferramenta *Quick Reduce*, onde se pode ver o histórico do *seeing* em várias bandas para uma noite de observação. No lado direito da interface o usuário pode selecionar os filtros que deseja analisar. Passar o *mouse* sobre os pontos revela um *tooltip*.

2.3 Data Release Interface

Para explorar imagens e catálogos do DES, cientistas não precisam mais baixar esses produtos em sua máquina. Usando modernas tecnologias *web*, podemos acessar e manipular regiões do céu no navegador e sobrepor catálogos de fontes e alvos, a fim de validar e visualizar os resultados científicos. Isso é particularmente prático quando estamos falando de grandes volumes de dados. O *Data Release Interface* é uma aplicação feita para o DES em Django e ExtJS que envolve as ferramentas Aladin²⁶ [9] e VisiOmatic²⁷ [10] para visualização de imagens e catálogos. Seu código está no github²⁸. No *LineA Science Server* instalado no NCSA²⁹ o usuário pode acessar várias ferramentas: *Sky Viewer*, *Target Viewer*, e *User Query*. O *Sky Viewer* (Figura 2) usa o Aladin para dar uma visão panorâmica da área coberta pelas imagens co-adicionadas do DES (além de outros levantamentos disponíveis no Aladin). Para uma visão mais detalhada das imagens, usamos o VisiOmatic no *Image*

²⁵ <https://cdcv.sfnal.gov/redmine/projects/des-sci-verification/wiki/Qr>

²⁶ <http://aladin.unistra.fr/>

²⁷ <https://www.astromatic.net/software/visiomatic>

²⁸ <https://github.com/linea-it/dri>

²⁹ <https://desportal2.cosmology.illinois.edu/dri/apps/home/>

Viewer (Figura 3), o qual permite editar os níveis, contraste, mapas de cores, sobrepor catálogos, e comparar as imagens de diferentes *releases* lado a lado. O *Target Viewer* (Figura 4) permite visualizar alvos de uma lista, que pode ser criada via *upload* ou *User Query*. Essa lista pode ser ordenada e filtrada, de modo a gerar novas listas de interesse. Mosaicos também podem ser produzidos, para que sejam usados, por exemplo, em missões de observações. Para alvos extensos, como aglomerados de galáxias, um *System Explorer* permite explorar com mais detalhes as propriedades dos alvos, como distribuição de magnitudes e photo-z. Para padronizar o registro dos alvos, as colunas são associadas a *Unified Content Descriptor*³⁰ (UCD) do *Virtual Observatory* [11] se adequando à sua semântica. Finalmente, o *User Query* permite executar pequenas consultas no banco de dados do DES no NCSA que podem ser baixadas como arquivos ou alimentar o *Target Viewer*. Desde Janeiro, cerca de 125 usuários da comunidade já se registraram e usaram o *LIneA Science Server* para consultar os dados públicos do DES. A colaboração e compartilhamento de recursos com o time do DES *Data Management* do NCSA e do NOAO Datalabs foi fundamental nesse processo de liberação de dados. Enquanto o NCSA gerou as imagens para o *VisiOmatic* como parte de seu *pipeline*, o LIneA produziu as imagens no formato *Hierarchical Progressive Survey* (HiPS) e compartilhou com o NOAO Datalabs.

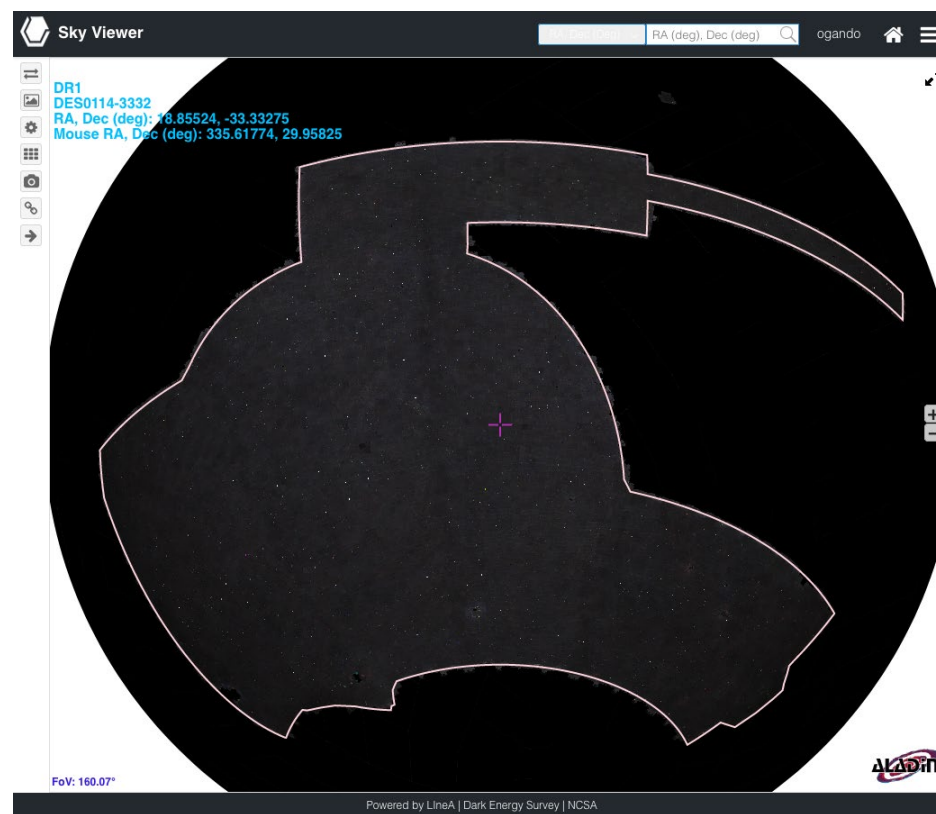


Fig. 2. Captura de tela do *Sky Viewer*, onde vemos o footprint do DES e suas imagens. No menu à esquerda podemos acessar diferentes funcionalidades: como visualização de mapas de profundidade, captura de tela, e gerar *link* para a região visualizada.

³⁰ <http://dc.g-vo.org/ucds/ui/ui/form>

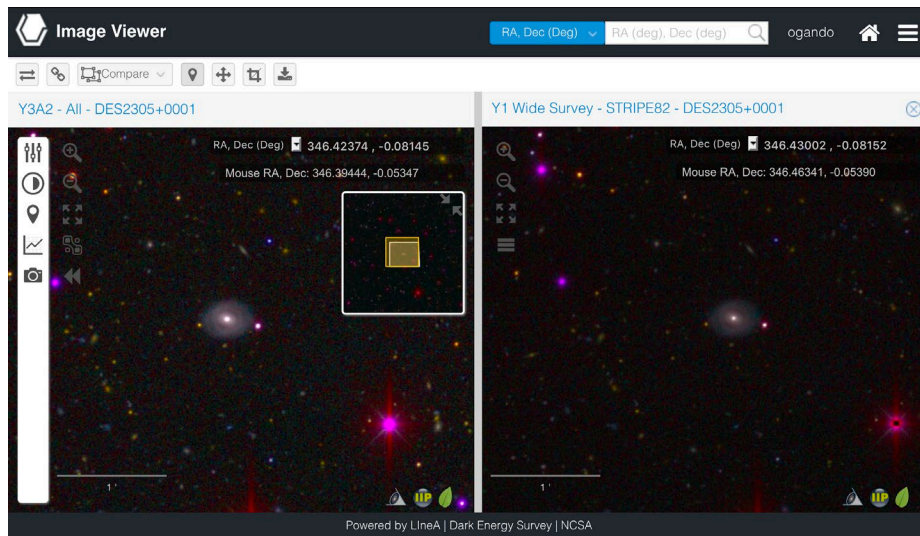


Fig. 3. Captura de tela do *Image Viewer*, onde podemos comparar as imagens de diferentes *releases* do DES. À esquerda, o processamento do ano 3 e à direita o do ano 1.

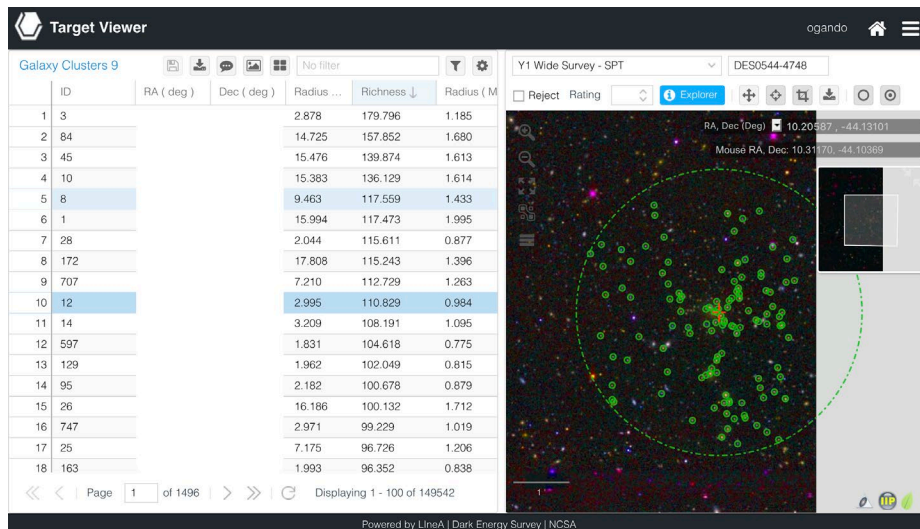


Fig. 4. Captura de tela do *Target Viewer* para um aglomerado de galáxias rico em redshift $\sim 0,4$. No painel direito, o grande círculo tracejado representa o raio do aglomerado e seus membros estão marcados com círculos verdes. As coordenadas RA e Dec foram cobertas por não serem públicas ainda.

3 Futuro

O LineA tem quase uma década de desenvolvimento de interfaces e produtos que facilitam o acesso a dados astronômicos além de prover infraestrutura de acesso e processamento de dados para membros da comunidade brasileira e internacional. As interfaces são usadas em grandes centros como Cerro Tololo Interamerican Observatory no Chile (*Quick Reduce*), Fermilab e NCSA nos EUA (*Data Release Interface*) para o DES, e brevemente para o DESI, no *Kitt Peak National Observatory* nos EUA (*Quick Look Framework*). Com a admissão de pesquisadores brasileiros no LSST, estamos aumentando os investimentos em máquinas e discutindo a formação de um *e-science center* no Brasil. Além disso, esperamos contribuir para as interfaces e *pipelines* sendo desenvolvidos para esse projeto tirando proveito da experiência de nosso time diverso.

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado parcialmente pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia do e-Universo (CNPq 465376/2014-2), Financiadora de Estudos e Projetos, Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação e forma parte da Tese de doutorado de Julia Gschwend.

Referências

1. York, D. et al.: The Sloan Digital Sky Survey: Technical Summary. *AJ* 120, 1579 (2000)
2. Hey, T., Tansley, S., Tolle, K: The Fourth Paradigm: Data-Intensive Scientific Discovery (2009)
3. Albrecht, A., et al.: Report of the Dark Energy Task Force. <https://arxiv.org/abs/astro-ph/0609591> (2006)
4. DES Collaboration: The Dark Energy Survey: more than dark energy - an overview. *MNRAS* 460, 1270 (2016)
5. DESI Collaboration: The DESI Experiment Part I: Science, Targeting, and Survey Design. <https://arxiv.org/abs/1611.00036> (2016)
6. LSST Dark Energy Science Collaboration: Large Synoptic Survey Telescope: Dark Energy Science Collaboration. <https://arxiv.org/abs/1211.0310> (2012)
7. Gschwend, J. et al.: DES Science Portal: Computing Photometric Redshifts. [arXiv170805643](https://arxiv.org/abs/1708.05643) (2017)
8. Fausti Neto, A. et al.: DES Science Portal: Creating Science-Ready Catalogs. [arXiv170805642](https://arxiv.org/abs/1708.05642) (2017)
9. Boch, T.; Fernique, P.: Aladin Lite: Embed your Sky in the Browser. *ASPC* 485, 277 (2014)
10. Bertin, E.; Pillay, R.; Marmo, C.: Web-based visualization of very large scientific astronomy imagery. *A&C* 10, 43 (2015)
11. Derriere, S. et al.: UCD in the IVOA context. *ASPC* 314, 315 (2004)

Refinamento de órbitas de Objetos Transnetunianos observados pelo levantamento Dark Energy Survey

Martin Banda Huarca^{a,b}, Júlio Ignácio Bueno de Camargo^{a,b}, Ricardo Lourenço Correia Ogando^{a,b}, Glauber Costa Vila-Verde^{a,b}, Luiz Nicolaci da Costa^{b,a}, Carlos Adean de Souza^b, Guilherme Soares Dias^b, Cristiano Pires Singulani^b, Maria Luiza Almeida Sanchez^b, Maria Barroso da Silveira Filha^b, Josselin Desmars^c, Marcelo Assafin^{d,b}, Matheus Morselli Gysi^{e,b}, Felipe Braga Ribas^{e,b}, Roberto Vieira Martins^{a,b}

^a Observatório Nacional, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, Rua General José Cristino 77, Rio de Janeiro - RJ, Brasil

martin@on.br, camargo@on.br, ogando@on.br, rvm@on.br

^b Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia, LIneA, Rua General José Cristino 77, Rio de Janeiro - RJ, Brasil

glauber.costa@linea.gov.br, ldacosta@linea.gov.br, carlosadean@linea.gov.br, guilherme.soares@linea.gov.br, singulani@linea.gov.br, [m luizasanchez@gmail.com](mailto:m Luizasantchez@gmail.com), maria.aparecida@linea.gov.br

^c Observatoire de Paris, LESIA, Paris, França

josselin.desmars@obspm.fr

^d Universidade Federal do Rio de Janeiro, Observatório do Valongo, Ladeira do Pedro Antônio, 43 - Centro, Rio de Janeiro - RJ, Brasil

massaf@astro.ufrj.br

^e Universidade Tecnológica de Paraná, Departamento Acadêmico de Física, Av. Sete de Setembro, 3165, Curitiba - PR, Brasil

esc.matheus@gmail.com, felipebribas@gmail.com

Resumen. Objetos Transnetunianos (TNOs) são fósseis, relativamente inalterados, dos primórdios do Sistema Solar. Por conta de seus tamanhos (diâmetros < 2,400 km.) e distâncias heliocêntricas (30-100 UA), são difíceis de se estudar com observações diretas, mas a técnica de ocultações estelares (quando um objeto passa na linha de visada de uma estrela) nos dá com grande precisão várias propriedades físicas, tais como tamanhos, formas, presença de anéis e atmosferas. Para poder observar uma ocultação estelar por algum TNO, é preciso efetuar a predição do evento, que consiste em dizer quando e onde, sobre a Terra, a sombra resultante do evento de ocultação será visível. Para isso, são necessárias posições das estrelas e efemérides dos TNOs com grande precisão. As dificuldades com relação às estrelas são superadas com a publicação do catálogo Gaia. Porém, as efemérides dos TNOs ainda precisam ser melhoradas. Este trabalho consiste em preparar, num ambiente de alto desempenho e tendo o suporte em informática do Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia (LIneA), ferramentas computacionais para procurar imagens que contenham TNOs, determinar as posições desses objetos, e também refinar suas órbitas. Tal desenvolvimento tem sido feito a partir dos bancos de dados do *Dark Energy Survey* (DES). Este trabalho também refere-se a uma preparação para o *Large Synoptic Survey Telescope* (LSST).

Foram identificados 177 TNOs e 25 Centauros nas cerca de 70 mil imagens geradas pelo DES nos três primeiros anos. Apresentamos as estratégias adotadas e os desafios encontrados para o cumprimento deste trabalho.

Palabras Clave: Objeto Transnetuniano, Ocultação estelar, Astrometria, Big data.

Eje temático: Astronomia.

1 Introdução

Os asteroides situados além da órbita de Netuno são conhecidos como Objetos Transnetunianos (TNOs). Como esses objetos estão a mais de 30 Unidades Astronômicas³¹ (UA) do Sol, foram pouco influenciados pela radiação solar, portanto, conservam suas propriedades físicas primordiais, as quais fornecem indícios fundamentais para desvendar a história do Sistema Solar exterior.

Os objetos localizados entre as órbitas de Júpiter e Netuno são conhecidos como Centauros. Eles têm órbitas dinamicamente instável, acredita-se que compartilham origem comum com os TNOs. Por isso, estudos dos Centauros podem revelar características gerais dos TNOs.

Até abril de 2018 foram descobertos pouco mais de 2,700 TNOs. A tabela 1 mostra os parâmetros físicos determinados destes objetos. Isto significa que enquanto TNOs podem ser descobertos e suas órbitas determinadas, usando imagens de telescópios, conhecer as propriedades fundamentais, tais como tamanhos, massa, albedos e forma ainda é um desafio.

Tabela 1. Parâmetros físicos determinados em comparação ao total de TNOs descobertos. Fonte: <http://www.johnstonsarchive.net/astro/tnoslist.html>

Parâmetros físicos	Quantidade determinada
Diâmetro	178 (6.6 %)
Cor B-R	349 (12.9 %)
Tipo de taxonomia	262 (9.7 %)
Com satélite	85 (3.1 %)

Imageamento direto de pequenos corpos do Sistema Solar em diferentes bandas, bem como espectroscopia, constituem a forma mais frequente de estudar esses objetos. Combinando-se dados ópticos e térmicos, por exemplo, diâmetros e albedos podem ser obtidos. No entanto, cerca de apenas 10% dos TNOs e Centauros conhecidos até o momento possuem diâmetros determinados desta forma. Tal determinação depende do modelo utilizado e, no melhor dos casos, as precisões obtidas são de 10% - 20% [1] e [2].

A ocultação estelar é uma outra técnica poderosa para estudar os corpos afastados do Sistema Solar. Com ela, por exemplo, diâmetros podem ser determinados com precisão de poucos quilômetros [3], [4], [5] e [6]. A técnica consiste, a partir da aquisição de imagens com alta resolução temporal, em analisar a variação do fluxo de uma estrela quando ela é ocultada por um TNO para um dado observador. Na fig. 1 podemos observar a configuração geométrica dos objetos num evento de ocultação.

³¹ Distância média entre a Terra e o Sol: 1 UA ~ 149,597,870.7 km.

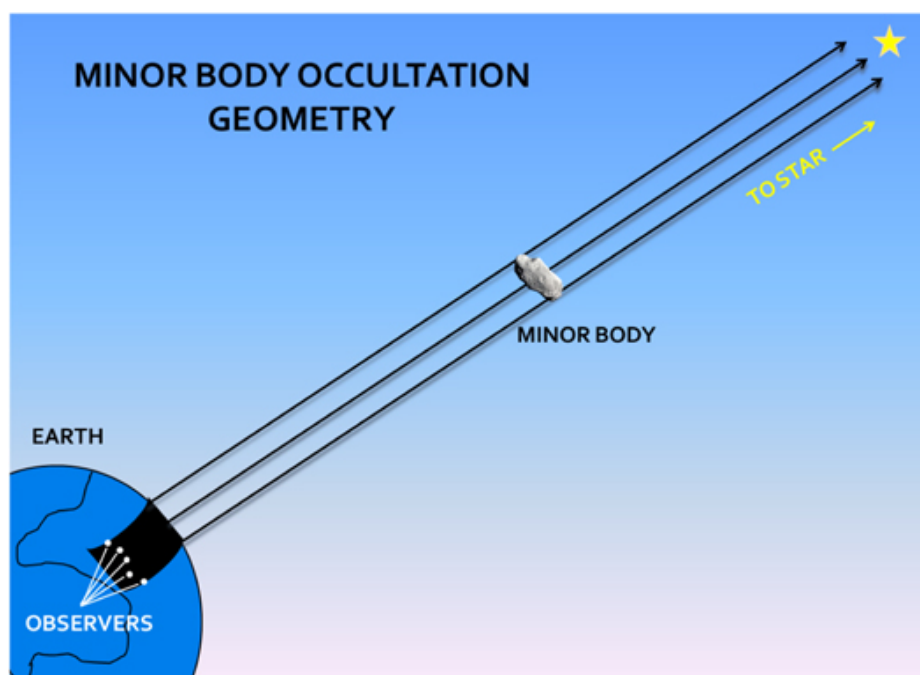


Fig. 1. Configuração geométrica da ocultação de uma estrela por um pequeno corpo do Sistema Solar: Imagem extraída de [7].

Tamanhos, formas e albedos de alguns TNOs já foram determinados através de observações de ocultações estelares [6]. Assim como também a descoberta de anéis ao redor do Centauro Chariklo [8] e do planeta anão Haumea [9].

Para poder observar uma ocultação estelar por algum TNO, é preciso efetuar a predição do evento, que basicamente consiste em fazer comparações entre as posições do objeto ocultador (TNO), do objeto ocultado (estrela) e da Terra. A posição da Terra é bem conhecida e no caso das estrelas, com a era Gaia³², posições são conhecidas com precisão sem precedentes a partir da publicação *Data Release 2* em abril de 2018. No caso das órbitas dos TNOs, é preciso ter a maior quantidade de observações astrométricas possível destes objetos para fazer um bom ajuste das órbitas.

O Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia³³, (LIInEA) tem nos fornecendo suporte, em informática, para gerenciar toda uma infraestrutura de armazenamento, processamento, análise e distribuição de dados astronômicos. Códigos foram e estão sendo desenvolvidos para lidar com os desafios deste trabalho num contexto de *Big Data*.

2 Identificação de objetos do Sistema Solar

Nesta seção apresentamos nosso material observacional e a metodologia adotada para aplicar as ferramentas disponíveis com o objetivo de identificar imagens que tem observações de objetos do Sistema Solar.

A fig. 2 representa o fluxograma desta etapa, que consiste basicamente em fazer consultas no banco de dados do DES (gerado pelo NCSA³⁴), salvar um histórico de datas e entradas feitas das

³² Gaia é uma missão espacial da Agência Espacial Europeia (ESA) de astrometria que está criando um catálogo astrométrico com um alcance, precisão e completude sem precedentes.

³³ Para mais informação do LIInEA veja o site: <http://www.linea.gov.br/>

³⁴ National Center for Supercomputing Applications.

consultas (*update pointings*), baixar todos os novos apontamentos disponíveis, identificar objetos utilizando o serviço SkyBoT, e ingerir os resultados obtidos, num banco de dados local, dos apontamentos e dos objetos identificados.

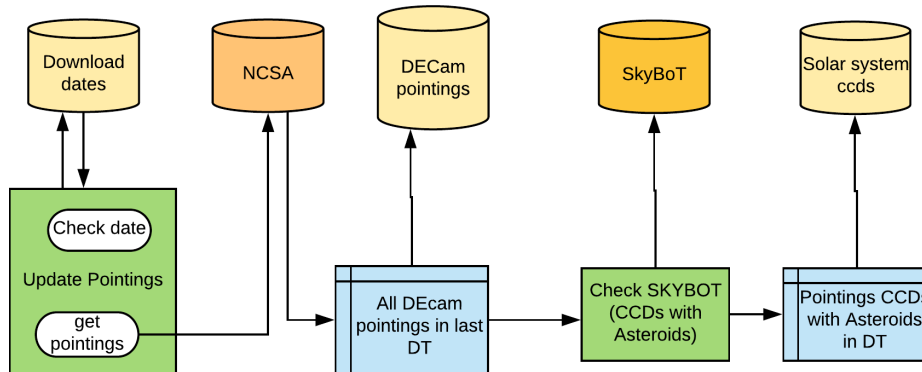


Fig. 2. Fluxograma do processo de identificação de objetos do Sistema Solar a partir dos apontamentos feitos pelo DES.

2.1 Dark Energy Survey

O projeto DES [10] fez um levantamento multibanda profundo, cobrindo 5 mil graus quadrados durante cinco anos (desde setembro de 2013 até fevereiro de 2018) para investigar os efeitos da energia escura. Aproximadamente 300 GB por noite eram gerados. Na fig. 3 podemos observar a projeção na esfera celeste da área coberta pelo DES nos três primeiros anos de funcionamento.

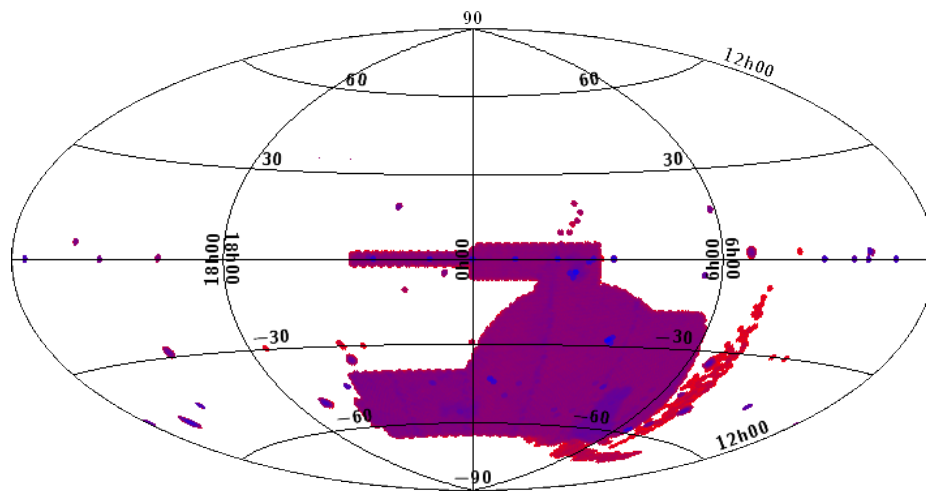


Fig. 3. Projeção na esfera celeste da área coberta pelo DES, com uma densidade de apontamentos crescendo do vermelho até o azul.

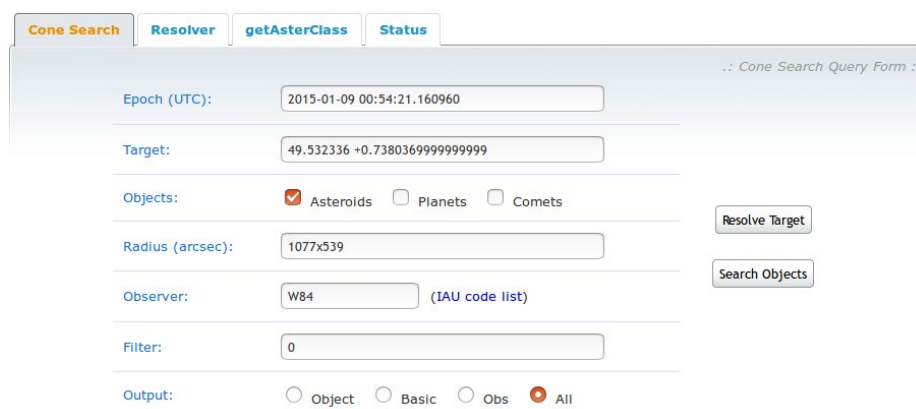
2.1 Metodología aplicada

Já desenvolvemos os códigos necessários para acessar os dados do DES via `easyaccess`³⁵ baseados numa query fornecida pelo Dr. Matias Carrasco³⁶. Até fevereiro de 2016 o DES fez cerca de 70 mil imagens (1 imagem é dado por um mosaico de 62 CCDs, totalizando cerca de 520 Megapixels) ou pouco mais de 4 milhões de CCDs.

Nós baixamos e ingerimos, num banco de dados do LIneA, os metadados dos mais de 4 milhões de CCDs e outros parâmetros que fornecem informações de caminhos e tamanhos dos arquivos. Entre os principais parâmetros temos:

1. Ascensão reta (RA) e declinação (Dec): Coordenadas de posição do apontamento (centro do mosaico de CCDs).
2. Path, no disco rígido do DES, onde a imagem foi armazenada.
3. Nome do arquivo de imagem.
4. Data e hora quando foi feita a observação.
5. Tempo de exposição usado para fazer a observação.
6. Filtro usado no telescópio no momento da observação.

O Serviço Sky Body Tracker (SkyBoT [11]) identifica objetos conhecidos do Sistema Solar numa região (de forma circular ou retangular) do céu para uma determinada data. Um espelho do serviço foi instalado nas máquinas do LIneA, com ajuda do Dr. Jerome Berthier do Observatório de Paris, acelerando o processo de busca num fator de 10. A fig. 4 mostra a interface gráfica do serviço SkyBoT, onde podemos observar os parâmetros necessários para fazer uma busca.



The image shows the 'Cone Search Query Form' interface for SkyBoT. It features several input fields and checkboxes. The 'Epoch (UTC)' field contains '2015-01-09 00:54:21.160960'. The 'Target' field contains '49.532336 +0.7380369999999999'. Under 'Objects', 'Asteroids' is selected with a checked checkbox, while 'Planets' and 'Comets' are unchecked. The 'Radius (arcsec)' field contains '1077x539'. The 'Observer' field contains 'W84' with a link to '(IAU code list)'. The 'Filter' field contains '0'. At the bottom, the 'Output' section has radio buttons for 'Object', 'Basic', 'Obs', and 'All', with 'All' selected. There are two buttons on the right: 'Resolve Target' and 'Search Objects'. The top navigation bar includes 'Cone Search', 'Resolver', 'getAsterClass', and 'Status'.

Fig. 4. Interface gráfica do serviço SkyBoT.

Desenvolvemos um código em Python para aplicar o SkyBoT automaticamente em todos os ~ 70 mil apontamentos do DES. Este processo levou em torno de 13 horas. A fig. 5 mostra o resultado da identificação de objetos para um apontamento, os retângulos representam o mosaico de CCDs da Dark Energy Camera³⁷ (DECam), os pontos azuis representam os objetos identificados dentro de uma região (círculo vermelho) de referência para o SkyBoT. Aproximadamente 70% dos objetos identificados estão dentro dos CCDs.

³⁵ Intérprete SQL de linha de comando aprimorado para bancos de dados astronômicos. Também conta com um API para o Python.

³⁶ Pesquisador e cientista de dados do DES, homepage: <http://matias-ck.com/>

³⁷ Câmera criada pelo DES, instalada no telescópio Blanco no Cerro Tololo - Chile.

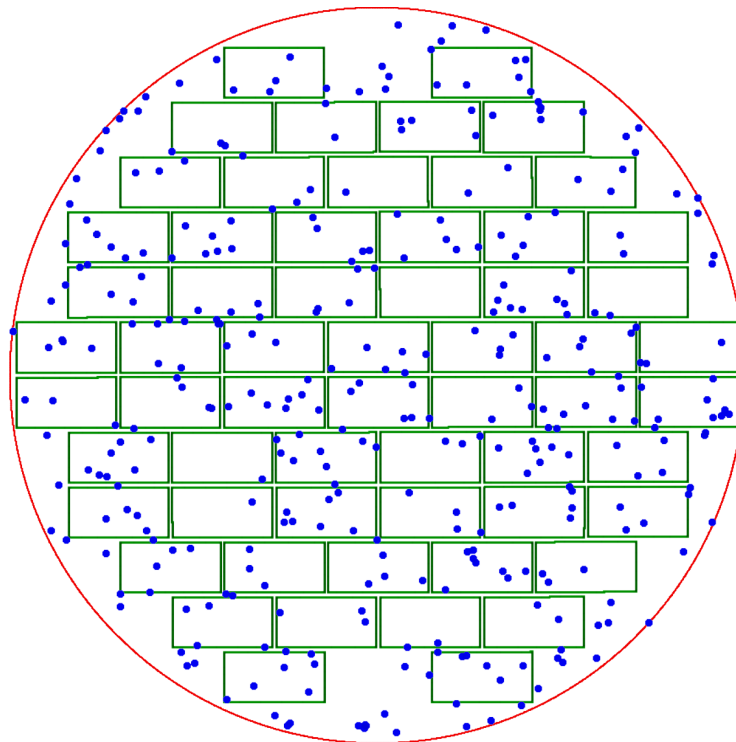


Fig. 5. Objetos do Sistema Solar (pontos azuis) identificados dentro de um círculo, limite até onde o SkyBoT fez a identificação, os retângulos representam o mosaico de CCDs que compõem a DECam.

Foi ingerido, no banco de dados do LIneA, uma tabela com todos os objetos identificados pelo SkyBoT (~140 mil objetos do Sistema Solar distribuídos em pouco mais de 1.7 milhões de observações). Utilizamos a função `q3c`³⁸ para fazer um *match* entre as tabelas de apontamentos e os objetos identificados para saber os CCDs que tem observações dos objetos.

2 Download de CCDs com observações de TNOs

A partir do resultado obtido, detalhado na seção anterior, e fazendo as queries necessárias, selecionamos todos os CCDs que tem observações de TNOs e o resultado é mostrado na tabela 2. Esta tabela mostra uma estimativa, prévia a qualquer análise dos dados, do montante final de objetos que poderiam ser efetivamente encontrados nas imagens do DES. Tal estimativa é baseada em dois fatores:

- Objetos muito fracos (magnitude maior que 24) não são considerados.
- Objetos com incerteza na posição relativamente grande (maior que 2 segundos de arco) não são considerados.

Tabela 2. Estatística dos TNOs e Centauros conhecidos identificados na área de cobertura do DES. Cols 2 e 3: Número total de TNOs/Centauros identificados e suas respectivas observações. Cols 4 e 5: Número esperado de TNOs/Centauros e suas observações.

³⁸ Extensão PostgreSQL para indexação espacial em uma esfera.

Classe Dinâmica	TOTAL		ESPERADO	
	N	Observações	N	Observações
TNOs	270	16,537	84	3,010
Centauros	67	2,519	13	333

Todos os CCDs do DES, que contém observações de TNOs e Centauros, foram baixados e armazenados nas máquinas do LIneA. A tabela 3 mostra o tempo de download e espaço necessário para o respectivo armazenamento de todos esses CCDs.

Tabela 3. Estatística dos objetos identificados nos CCDs, tempo de download e espaço no disco rígido necessário para o armazenamento.

Objetos	N	CCDs	Tempo	Espaço Disco
TNOs	177	10,859	30 horas	900 GB
Centauros	25	1,705	5 horas	140 GB
TOTAL	202	12,564	35 horas	~ 1 TB

A fig. 6 mostra o fluxograma do processo de seleção de objetos de interesse, download, a partir do banco de dados do DES, e armazenamento dos respectivos CCDs. A etapa a seguir é a redução astrométrica utilizando o pacote PRAIA. Esta etapa será detalhada na seção seguinte.

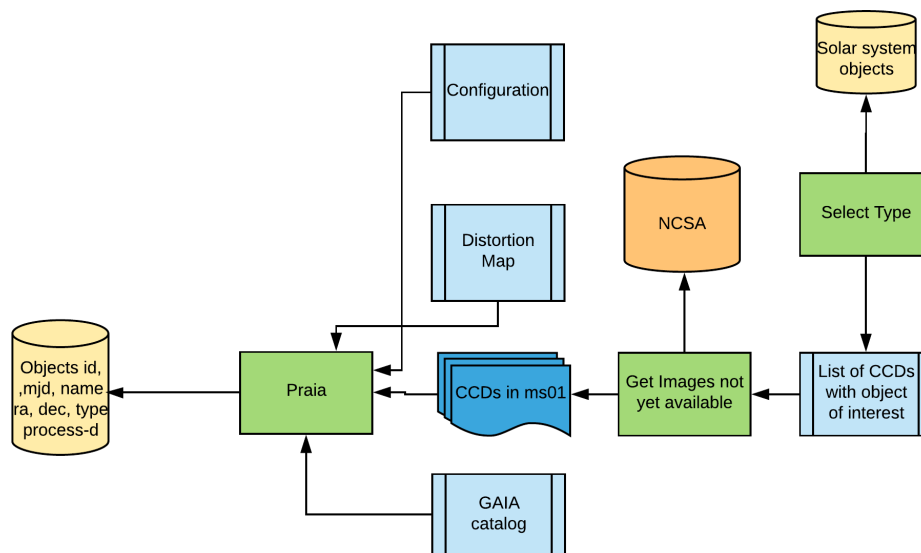


Fig. 6. Fluxograma do processo de download de CCDs com observações de objetos de interesse (o sentido do fluxograma é de direita para esquerda).

4 Astrometria e refinamento de órbitas.

4.1 Astrometria

Astrometria é a parte da Astronomia que se dedica à determinação de posições de corpos celestes, bem como das respectivas variações temporais dessas posições. Nossa ferramenta de astrometria é o pacote PRAIA (Plataforma para Redução Automática de Imagens Astronômicas [12]). O PRAIA, desenvolvido em fortran77, determina astrometria de alta precisão e fotometria de um grande número de imagens CCDs utilizando um catálogo de referência.

Utilizando o módulo *multiprocessing* do Python conseguimos paralelizar as execuções do PRAIA para analisar uma imagem por núcleo disponível. Com isto agora conseguimos reduzir o tempo de 6 horas para 20 minutos³⁹ para analisar mil imagens. Dessa forma fizemos a análise astrométrica dos 12,564 CCDs baixados.

Presença de efeitos de distorção são esperados em detectores com grande campo de visão, tais como o da DECam. A colaboração DES desenvolveu soluções precisas para corrigir estes efeitos e as implementamos como um passo inicial de nossa solução astrométrica.

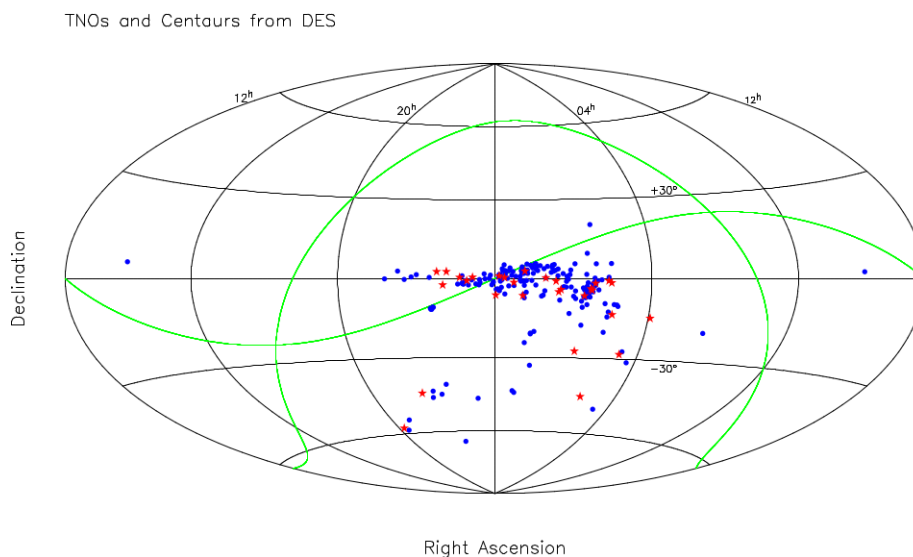


Fig. 7. Projeção na esfera celeste dos TNOs (pontos azuis) e Centauros (estrelas vermelhas) para a qual uma posição foi determinada. Os planos eclípticos e galácticos são também representados pelas linhas verdes.

A fig. 7 mostra a localização na esfera celeste dos TNOs e Centauros para as quais pelo menos uma posição foi determinada no processo de astrometria.

Estamos implementando o uso de HT Condor⁴⁰, no contexto do portal do LInEA, para paralelizar a execução do PRAIA utilizando os 192 núcleos das máquinas do LInEA.

4.2 Refinamento de órbitas

O refinamento das órbitas dos TNOs é feito com o código *Numerical Integration of Motion of an Asteroid* (NIMA [13]). O NIMA usa o método de integração numérica de Gauss-Radau, para resolver a equação de movimento, considerando a perturbação gravitacional do Sol e dos oito planetas. Parâmetros orbitais existentes são o ponto de partido do NIMA, que depois corrige iterativamente o

³⁹ Utilizando uma CPU E5-2650 Intel (R) Xeon (R) v4@2.20 GHz com 40 núcleos.

⁴⁰ High Throughput Computing é um gerenciador de recursos do cluster e jobs.

vetor de estado a partir das diferenças entre observações e posições calculadas através de mínimos quadrados.

A fig. 8 mostra o fluxograma desta etapa, que consiste basicamente em obter posições e parâmetros orbitais da literatura a partir do AstDys⁴¹ e/ou do MPC⁴², ingerir os resultados no banco de dados do LIneA. Com esta informação adicionada às posições determinadas na etapa da astrometria, é feito o refinamento das órbitas com o NIMA. As efemérides determinadas são armazenadas em arquivos bsp⁴³ que podem ser manipulados usando o conjunto de ferramentas SPICE[14] desenvolvido pelo NAIF⁴⁴. Com estes resultados e utilizando o catálogo Gaia é possível fazer boas previsões de ocultações estelares e assim estarmos preparados para organizar campanhas de observação do evento.

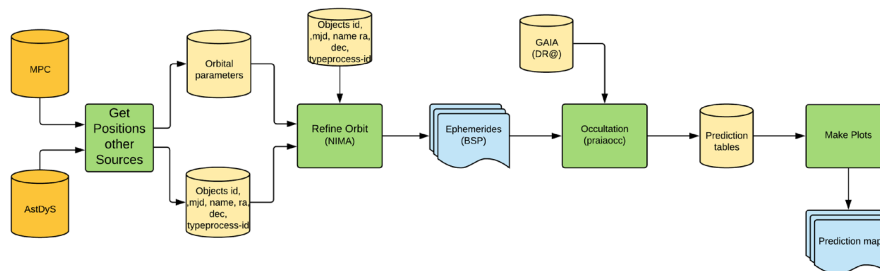
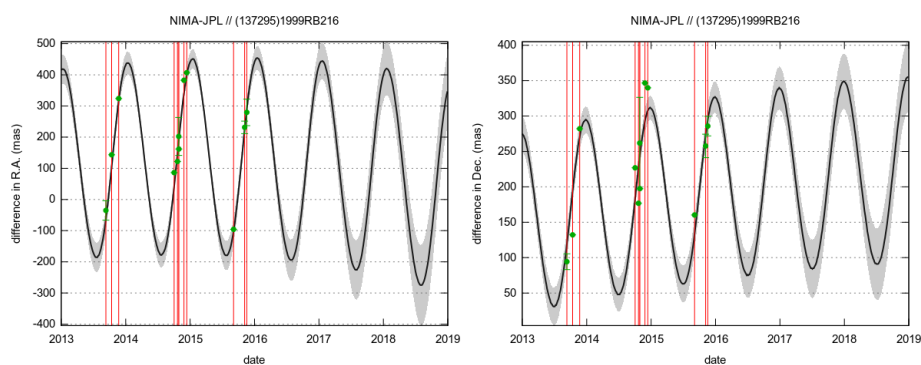


Fig. 8. Fluxograma do processo de refinamento de órbitas para fazer previsões de eventos de ocultações estelares.

Para fazer a integração numérica, o NIMA precisa obter informação de observações e parâmetros orbitais da literatura. Para isso ele procura, através da rede, em bancos de dados externos, o que significa que tem uma dependência da rede. Num contexto de *big data*, no entanto, é melhor separar os processos de cálculos da dependência da rede. Conseguimos fazer essa separação desenvolvendo códigos em Python, de tal forma que primeiro são baixadas as informações dependentes da rede de uma grande quantidade de objetos para depois serem ingeridos no banco de dados do LIneA. O refinamento de órbitas agora é um processo que tem fraca dependência da rede.

É importante ter posições distribuídas ao longo do tempo, principalmente perto das datas onde se pretende fazer previsões, para reduzir a incerteza na efeméride gerada pelo NIMA, definida pela região cinza na figura 9 e assim ter boas previsões.



⁴¹ Asteroid Dynamic Site: <http://hamilton.dm.unipi.it/astdys2/>
⁴² Minor Planet Center: <https://www.minorplanetcenter.net/iau/mpc.html>
⁴³ Binary Spacecraft and Planet kernel.
⁴⁴ Navigation and Ancillary Information Facility.

Fig. 9. Diferença (linhas pretas) entre a órbita determinada com NIMA e a fornecida pelo JPL do TNO 1999 RB216. Os pontos verdes representam a diferença entre a posição observada e a efeméride JPL, região cinza representa a incerteza na efeméride NIMA.

Foram determinadas posições para 177 TNOs e 25 Centauros, e foi feito o respectivo refinamento de órbitas desses objetos. O processo a seguir é a geração de mapas de predições de ocultações, que não será descrito neste trabalho. Para ilustração, no entanto, mostramos na fig. 10, um exemplo de um mapa de predição de uma ocultação estelar.

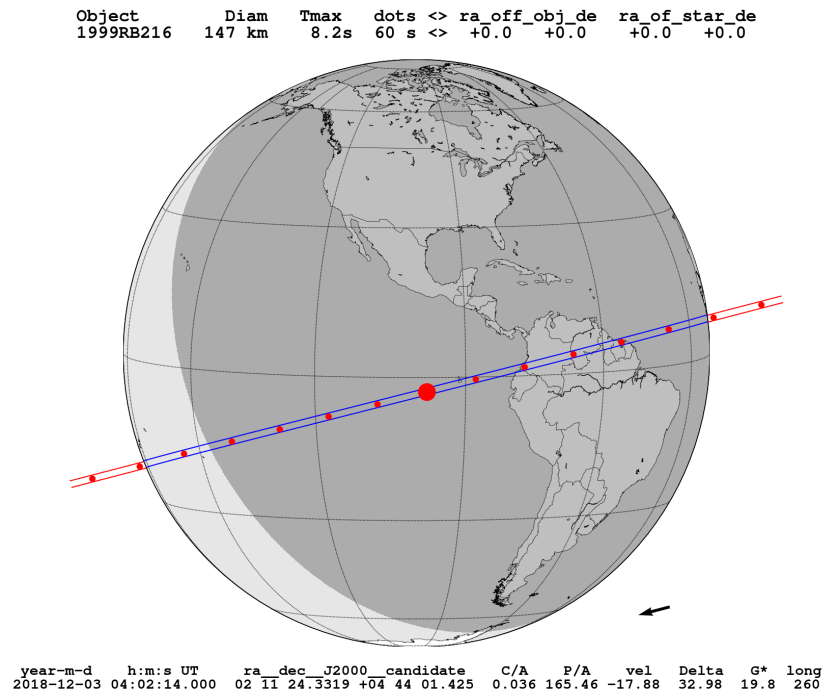


Fig. 10. Mapa de predição de uma ocultação estelar pelo TNO 1999 RB216. O caminho da sombra do TNO é definido pelas linhas azuis, os pontos vermelhos representam as posições para cada minuto. No rodapé se mostra a data e hora quando acontecerá o evento, coordenadas geocêntricas da estrela candidata entre outros parâmetros.

4 Aplicação Web

Está sendo desenvolvido para este projeto uma aplicação web, que tem como objetivo centralizar e gerenciar todas as etapas, desde a ingestão de dados, execução de processos e visualização dos resultados. Ela está dividida em camadas, sendo as principais o *Frontend*, o *Backend*, e o processamento.

Frontend. Foi adotado o framework React JS na sua versão mais recente, esta camada é responsável pelas interfaces e todas as interações do usuário com o sistema, evitando que o usuário precise lidar com uso de linhas de comando, manipulação de arquivos e execução de códigos. Todas essas atividades passam a ser gerenciadas através de interfaces, direto pelo navegador, podendo ser acessada de qualquer lugar, em qualquer dispositivo com acesso a internet. Será possível por exemplo escolher parâmetros de um determinado código, clicar em um botão para submeter e

acompanhar a execução do código, mantendo o histórico de todas as execuções e seus resultados de forma organizada e reproduzível. Também terá interfaces para visualização e análise dos resultados.

Backend. Está sendo feito em Python 3.6 e Django 2.0, é responsável por responder as requisições feitas através da interface e direcionar para o componente, seja fazendo uma consulta no banco de dados, arquivos ou acessando um serviço externo. É responsável também por gerenciar todos os pedidos de execução de processos, guardando o status, tempo de duração, usuário que solicitou, configurações usadas e resultados obtidos. Essa camada trabalha em conjunto com a de processamento.

Processamento. Cada aplicação científica vai ficar encapsulada em container Docker, como por exemplo o PRAIA que é um código em Fortran. Ao ser solicitado pela interface uma execução do PRAIA, o *backend* prepara os dados de entrada, cria o arquivo de configuração utilizando os parâmetros escolhidos na interface, passa para um gerenciador de workflows (Parsl) que fica encarregado de levantar N instâncias em paralelo do container PRAIA no Cluster, cada contêiner recebe um conjunto de inputs, processa e retorna os resultados em seguida o container é destruído. O *backend* vai então guardar os resultados para uso nas etapas seguintes ou análise pela interface. Nesta arquitetura é possível acrescentar mais componentes científicos tratando como plugins, basta que seja encapsulado com Docker e que a aplicação tenha os inputs necessários. Durante a execução cada módulo se comunica com o *backend* passando informações da sua execução, que ficam em tempo real disponíveis na interface.

Por ser uma aplicação web utilizando o padrão REST, todos os dados gerenciados pela aplicação podem ser acessados através de APIs, que podem ser disponibilizadas respeitando uma política de permissões. Dessa forma se tornando também um serviço que pode ser consumido por outras aplicações.

A fig. 11 mostra um desenho desta aplicação web que está sendo desenvolvida, onde podemos observar como se pretende fazer o gerenciamento das diferentes ferramentas, serviços e clusters disponíveis.

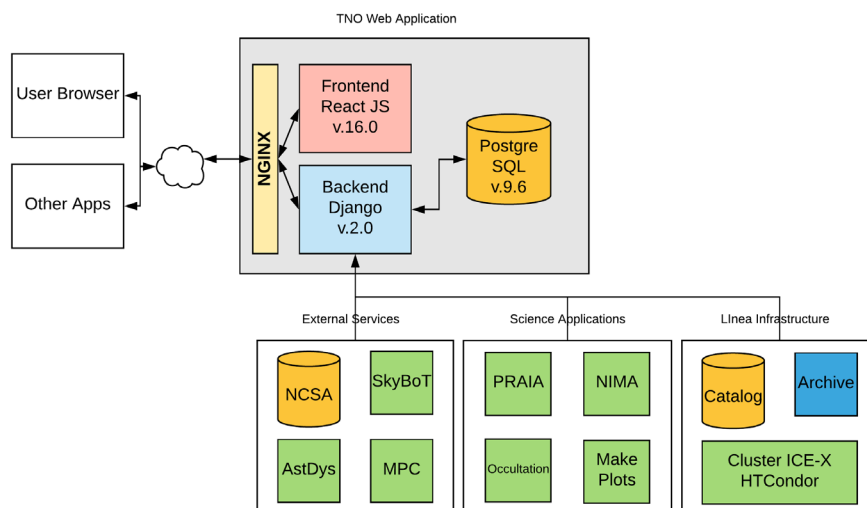


Fig. 11. Desenho da aplicação web do projeto TNO, mostrando as diferentes etapas, serviços, ferramentas e clusters.

A fig. 12 mostra a interface gráfica da aplicação web que está sendo desenvolvida. Aqui podemos observar as principais etapas dos nossos procedimentos, desde a obtenção de dados de um determinado levantamento astronômico, até o refinamento das órbitas dos pequenos corpos do Sistema Solar, análises e resultados posteriores.

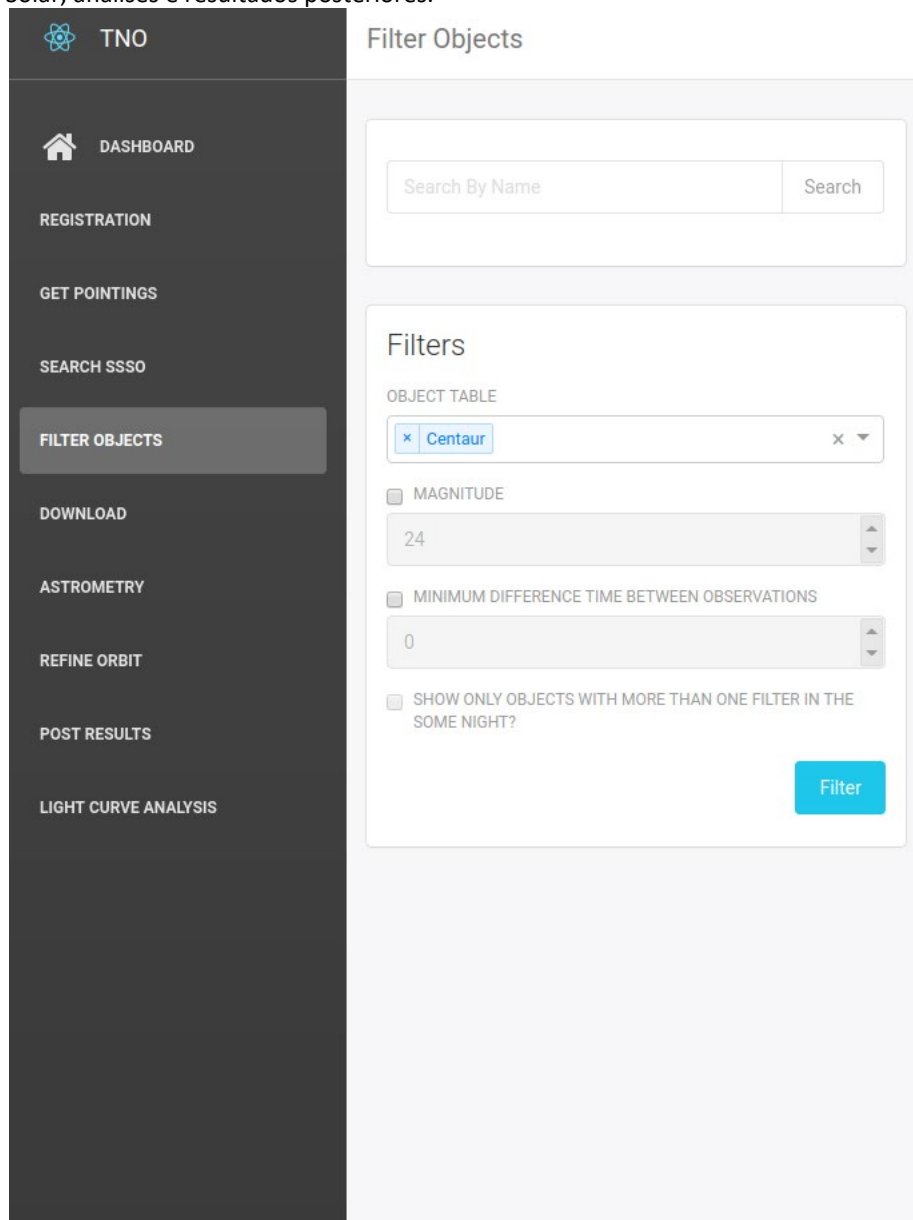


Fig. 12. Interface gráfica da aplicação WEB do projeto TNO, na qual este trabalho toma parte. Onde se observa as diferentes etapas desde a obtenção de apontamentos até refinamento de órbitas e resultados posteriores.

Esta aplicação web atualmente está em processo de desenvolvimento e até a data da redação deste documento (julho de 2018) temos um avanço de aproximadamente 70%, isso foi feito em cerca de um ano de trabalho, envolvendo pessoal de ciência e de informática. Temos uma previsão preliminar de finalização deste projeto para o mês de outubro deste ano.

5 Conclusões e comentários finais

Como membros externos da colaboração do DES, temos acesso aos dados com certo tempo antes de serem disponibilizados ao público. Graças a isso conseguimos baixar as informações de 4,292,847 CCDs, identificamos em torno de 140,000 objetos conhecidos do Sistema Solar com 1,708,335 observações deles nesses CCDs, baixamos 12,564 CCDs que contém observações de 270 TNOs e 67 Centauros, determinamos posições para 202 (177 TNOs e 25 Centauros) desses objetos e refinamos suas respectivas órbitas.

Diversos códigos, a maioria em Python, foram desenvolvidos para:

- Gerenciar as ferramentas e os serviços necessários.
- Aplicar uma metodologia de programação paralela para aproveitar os recursos das máquinas do LIneA, usando a biblioteca multiprocessing do Python e HT Condor.
- Automatizar nossos processos descritos neste trabalho.

Atualmente nossos procedimentos, desenvolvidos num contexto de *big data*, estão sendo aplicados às imagens geradas pelo DES, podendo ser adaptados para aplicá-los a outros levantamentos, tais como, *Large Synoptic Survey Telescope* (LSST), previsto para entrar em operação no ano de 2022, que será capaz de observar todo o céu visível duas vezes por semana. Estamos nos preparando através do BPG-LSST⁴⁵, para ter uma desejada participação no LSST e assim impulsionar o estudo dos pequenos corpos afastados do Sistema Solar a partir de ocultações estelares.

Agradecimentos

Este trabalho tem sido financiado pelo projeto e-Universo do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT do e-Universo) através do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Este trabalho forma parte da tese “Astrometria, predição de ocultações estelares e exploração de dados fotométricos do DES para TNOs e Centauros em preparação ao LSST” a qual é financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Os autores desejam expressar agradecimentos à B.Sc. Andrea Nunes por sua participação no trabalho.

Referências

1. Stansberry, J., Grundy, W., Brown, M., et al. 2008, in *The solar system beyond Neptune*, eds. M. A. Barucci, H. Boehnhardt, D. P. Cruikshank, A. Morbidelli, & R. Dotson (Tucson: University of Arizona Press), 161
2. Muller, T. G., Lellouch, E., Boehnhardt, H., et al. 2009, *Earth Moon and Planets*, 105, 209.
3. Sicardy, B., Ortiz, J. L., Assafin, M., et al. 2011, *Nature*, 478, 493
4. Ortiz, J. L., Sicardy, B., Braga-Ribas, F., et al. 2012, *Nature*, 491, 566

⁴⁵ Brazilian Participation Group, site: <http://bpg-lsst.linea.gov.br/>

5. Gomes-Junior, Giacchini, B.L., Braga-Ribas, F., et al. 2015, MNRAS, 451, 2295
6. Braga-Ribas, F., Sicardy, B., Ortiz, J. L., et al. 2013, ApJ, 773, 26
7. Santos-Sanz, P., French, R. G., Lin, Z.-Y., et al. 2015, European Planetary Science Congress, 10, EPSC2015-309.
8. Braga-Ribas, F., Sicardy, B., Ortiz, J. L., et al. 2014, Nature, 508, 72.
9. Ortiz, J. L., Santos-Sanz, P., Sicardy, B., et al. 2017, Nature, 550, 219.
10. Flaugher, B., Diehl, H. T., Honscheid, K., et al. 2015, AJ, 150, 150
11. Berthier, J., Vachier, F., Thuillot, W., et al. 2006, Astronomical Data Analysis Software and Systems XV, 351, 367.
12. Assafin, M., Vieira Martins, R., Camargo, J. I. B., et al. 2011, Gaia follow-up network for the solar system objects. ISBN 2-910015-63-7, p.85-88, 85.
13. Desmars, J., Camargo, J. I. B., Braga-Ribas, F., et al. 2015, A&A, 584, A96.
14. Acton, C., Bachman, N., Semenov, B., & Wright, E. 2018, planss, 150, 9.

SESIÓN | INFRAESTRUCTURA - APOYO A LA INVESTIGACIÓN

Mapeamento de serviços de suporte à e-Ciência

Leandro N. Ciuffo^a, Carolina H. Felicíssimo^a, Iara Machado^a, Michael Stanton^a, Daniela Brauner^b

^a Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP)

Rio de Janeiro, Brasil

{leandro.ciuffo, carolina.felicissimo, iara.machado, michael}@rnp.br

^b Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Porto Alegre, Brasil

daniela.brauner@ufrgs.br

Resumo. Este artigo apresenta um mapeamento não exaustivo de serviços para suporte a e-ciência ofertados por universidades, redes acadêmicas, serviços nacionais de dados e centros de computação. Com isso, esse trabalho tem dois objetivos: (i) auxiliar universidades e redes de ensino e pesquisa na identificação de um portfólio de serviços especializados para apoio à ciência baseada em dados e (ii) servir de insumo para um projeto estratégico da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) que visa modelar um Centro de Suporte a e-Ciência (CSeC) a nível nacional no Brasil. O mapeamento é apresentado na forma de uma lista de serviços classificados de acordo com uma categorização sugerida pelos autores.

Palavras Chave: e-Ciência, Ciência Aberta, Ciência baseada em dados

Eixo temático: Dados Abertos (1), Aplicações de apoio a colaboração científica de grande escala (13), Governança em colaborações científicas (16).

1 Introdução

Este trabalho apresenta um mapeamento de serviços existentes para suporte a e-Ciência no intuito de auxiliar universidades e redes de ensino e pesquisa (NRENs) na escolha de um portfólio de serviços especializados para apoio à nova ciência baseada em dados.

Antes de apresentarmos uma listagem de serviços para apoio à pesquisa, é importante garantir que o leitor compreenda o termo "e-Ciência" (ou *eScience*). Esse termo é utilizado para referenciar pesquisas que são realizadas, em qualquer área do conhecimento, que necessitam manusear um grande volume de dados, com suporte de plataformas computacionais avançadas para pesquisa [1,3]. Para o desenvolvimento de e-Ciência, normalmente, também faz-se necessário o uso de ferramentas de apoio à colaboração e comunicação entre seus integrantes.

Ao falar de e-Ciência, outro termo bastante referenciado é "ciberinfraestrutura". Primeiramente utilizado em 2002, por uma comissão da agência de fomento estadunidense NSF (*National Science Foundation*) criada para responder à seguinte pergunta: como a NSF, principal agência de fomento de pesquisa básica norte-americana, poderia remover barreiras à evolução de processamento, uso de dispositivos e instrumentos especiais, armazenamento, comunicação avançada e uso de dados, tornando esse ambiente alcançável por todos os cientistas, engenheiros, estudiosos e cidadãos desse país? [2,8] De lá para cá, este termo passou a ser utilizado para tratar da evolução de tecnologias de informação e comunicação (TIC) na geração de conhecimento científico, sobretudo em projetos de e-Ciência. Uma variação desse termo também é utilizado na união europeia, sob a denominação de "e-infraestrutura" [6].

Uma ciberinfraestrutura visa suportar e garantir um ambiente controlado, seguro, abrangente, de acesso simplificado e com recursos compartilhados, para o desenvolvimento de pesquisa e educação. Esse ambiente pode ser classificado como um Centro de suporte a e-Ciência (CSeC), constituído por ecossistemas diversificados de instituições acadêmicas (*e.g.*, universidades, laboratórios), seus participantes (*e.g.*, pesquisadores, professores e alunos) e infraestruturas de TIC.

A seguir, apresentamos o restante do artigo, organizado da seguinte forma: a seção 2 traz um levantamento de centros nacionais de suporte a e-Ciência e de centros locais, com escopo de atuação em suas respectivas universidades; a seção 3 apresenta algumas iniciativas internacionais e interinstitucionais de suporte a e-Ciência; a seção 4 lista e categoriza os serviços mapeados; a seção 5 conclui o trabalho com os próximos passos planejados para a criação de um CSeC nacional no Brasil.

2 Centros de suporte à e-Ciência

Para promover o compartilhamento e a integração de infraestruturas para pesquisa dentro de uma mesma universidade ou a nível nacional, algumas organizações operam centros de suporte à e-Ciência. Em muitos casos, essas organizações atuam como articuladoras de um conjunto de iniciativas existentes, além de oferecerem consultoria e treinamento para a comunidade científica. Uma especialização dos centros de e-ciência são os "Serviços Nacionais de Dados", que atuam para organizar o armazenamento, o acesso e a descoberta de dados científicos. Essa seção apresenta um levantamento, não exaustivo, de alguns centros de e-ciência existentes hoje.

Como o objetivo do artigo é mapear serviços de suporte à e-Ciência, as instituições retratadas a seguir foram selecionadas de forma a diversificar os tipos de serviços oferecidos e os países em que estão baseadas

2.1 Centros de escala nacional

Netherlands eScience Center (NLeSC)⁴⁶. Financiado pelas rede de ensino e pesquisa holandesa, SURF, e pela agência de pesquisa NWO. Atua financiando pesquisadores seniores através de chamadas de projetos. SURF, por sua vez, atua em conjunto para ofertar serviços de análise, armazenamento e processamento de dados, tais como:

- BigData Services: conjunto de ferramentas e “frameworks” para processamento e análise de grandes volumes de dados não estruturados.
- Data Archive: serviço de armazenamento de longo-prazo, integrado a ferramentas de transferências e à serviços de supercomputação.
- Data Ingest Service: serviço para auxiliar pesquisadores com acesso a largura de banda limitada a transferir grandes volumes de dados de pesquisa para os demais serviços citados acima.
- Dutch National Supercomputer: acesso ao supercomputador “Cartesius” para a execução de modelos e simulações.

O NLeSC também mantém um catálogo de software para pesquisa⁴⁷, com o intuito de promover o compartilhamento e o reuso de software entre os laboratórios de pesquisa. Também vale destacar que atualmente o NLeSC também preside a **PLAN-E**⁴⁸ (*Platform of National eScience Centers in Europe*), uma comunidade de organizações nacionais e regionais que atuam no suporte a e-Ciência. Desde 2015 as organizações membro da PLAN-E se reúnem duas vezes ao ano para troca de experiências e discussão de estratégias para promoção da e-Ciência.

Swedish e-Science Research Centre⁴⁹ (**SeRC**). Fundado em 2010 pelo governo sueco, é constituído através de uma colaboração entre 4 universidades, 2 centros de supercomputação e 2 centros de visualização. Atua articulando uma comunidade de especialistas para a oferta de consultoria em técnicas de programação paralela, análise e visualização de dados. Também oferece capacitação e financia alunos de doutorado e projetos de pesquisa.

Jisc⁵⁰. Originalmente “*Joint Information Systems Committee*”, é uma organização sem fins lucrativos baseada no Reino Unido que provê uma alta gama de serviços avançados de TIC e consultoria para instituições de ensino superior e centros de pesquisa. Os serviços de conectividade que constituem a rede acadêmica do Reino Unido (Janet Network⁵¹) é parte da Jisc.

Apesar da organização não ser formalmente identificada como um centro nacional de e-Ciência, seu conjunto de serviços para apoio à pesquisa e sua participação como observador das atividades da PLAN-E habilitam a inclusão da Jisc neste mapeamento.

Alguns serviços para suporte a e-Ciência que merecem ser citados:

- Shared Data Centre: oferece espaço para co-location de servidores de projetos de pesquisa em infraestrutura de data center profissional, com suporte local especializado de equipe de TI para manutenção dos equipamentos.
- Data archiving framework: serviço de armazenamento de dados, com redundância de cópias em mais de um data center.
- UK Research Data Discovery: serviço em fase de desenvolvimento que provê um mecanismo de agregação de repositórios de dados de diferentes instituições. Tal desenvolvimento atende a uma demanda do Conselho de Pesquisa em Engenharia e Ciências Físicas (EPSRC) que exige que as organizações de pesquisa mantenham um catálogo de dados [19].

⁴⁶ <https://www.esciencecenter.nl/>

⁴⁷ <https://www.research-software.nl/>

⁴⁸ <https://plan-europe.eu/about-plan-e/>

⁴⁹ <http://www.e-science.se/>

⁵⁰ <https://www.jisc.ac.uk/for-research>

⁵¹ <https://www.jisc.ac.uk/janet>

Outra linha de atuação da Jisc é a negociação com fornecedores e editoras, agindo como um *broker* para contratação de serviços em nome da coletividade de suas instituições cliente, e com isso conseguindo preços abaixo dos praticados pelo mercado.

2.2 Centros de escala local, em um campus

Institute for Data Intensive Engineering and Science⁵² (IDIES), Johns Hopkins University, EUA. O instituto é uma colaboração entre 6 departamentos da universidade Johns Hopkins (JHU), que provêem expressivos recursos computacionais e ferramentas de análises de dados para professores, alunos e pesquisadores das áreas de física, ciências biológicas e engenharias. Dentre os recursos, destacam-se:

- Maryland Advanced Research Computing Center (MARCC) - é um centro de computação que abriga diversos clusters de computadores, sendo o principal deles o “Blue Crab”, com aproximadamente 22.000 cores e desempenho teórico de 1,12 PFLOPs. Também oferece o serviço de “co-location” de equipamentos de projetos de pesquisa.
- SciServer - uma ferramenta online para análise de grandes volumes de dados integrada a uma ciberinfraestrutura para pesquisa. Permite que pesquisadores possam analisar Terabytes ou Petabytes de dados científicos, sem precisar fazer download de grandes conjuntos de dados.

O IDIES também fornece infraestrutura para a publicação de datasets curados de grandes projetos, como o *Sloan Digital Sky Survey*.

Center for Computational Engineering & Sciences⁵³ (CCES), Universidade Estadual de Campinas, Brasil. É um centro multidisciplinar para apoio à modelagem computacional e simulações que necessitem de computação de alto desempenho, para a resolução de problemas nas áreas da física, química, geofísica, biologia e engenharia mecânica e de materiais. O Centro oferece acesso a um cluster computacional com 1360 cores, além de propiciar um ambiente no qual estudantes de pós-graduação de diferentes áreas podem adquirir treinamento em computação que lhes permitirão trabalhar tanto no meio acadêmico quanto na indústria.

O CCES também abriga uma divisão de transferência de tecnologia, que interage com a agência de inovação da universidade para facilitar o depósito de patentes e os registros de software desenvolvidos com o apoio do Centro. Com isso espera-se criar as oportunidades de transferência das tecnologias e metodologias desenvolvidas para a indústria, governo e outras instituições de P&D fora da academia.

eScience-Center da Universidade de Tubinga⁵⁴ (Universität Tübingen), Alemanha. O Centro de e-Ciência faz parte do Centro de Informação, Comunicação e Mídia da Universidade e fornece infraestrutura e consultoria para projetos da área de ciências sociais e humanidades, principalmente.

Dois tipos de serviços são destacados no website do Centro: um sistema de preservação digital de dados de pesquisa e consultoria para a identificação e desenvolvimento de ferramentas de tecnologias de informação e comunicação (TICs) para suporte aos projetos, com destaque para experiências com tecnologias de processamento de imagens e coleta de dados geoespaciais aplicados na área de arqueologia.

⁵² <http://idies.jhu.edu/>

⁵³ <http://www.escience.org.br/aim>

⁵⁴ <https://www.uni-tuebingen.de/en/facilities/informations-kommunikations-und-medienzentrum-ikm/escience-center.html>

e-Science Centre na Universidade Técnica Chalmers⁵⁵, Suécia. Criado em 2010 e hospedado pelo Departamento de Ciências da Terra e do Espaço, o Centro visa coordenar atividades relacionadas à e-Ciência na universidade, tais como:

- Organização de workshops e seminários relacionados à e-Ciência;
- Coordenação de um grupo de especialistas que podem ser consultados para assessoria técnica em programação, aperfeiçoamento de algoritmos e visualização de dados.
- Gestão de chamadas de projetos de apoio à pesquisa na universidade.

Não foi possível confirmar se o Chalmers e-Science Centre ainda está ativo. As últimas atualizações reportadas são de maio de 2017. Mesmo assim os tipos de serviços prestados foram considerados relevantes de serem considerados para este mapeamento.

2.2 Serviços Nacionais de Dados

DANS - Data Archiving and Networking Services⁵⁶, Holanda. Em operação desde 2005, o DANS é um instituto da KNAW (Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, um órgão consultivo do governo holandês) com a participação da agência de fomento KWO (*Netherlands Organisation for Scientific Research*, responsabilidade do Ministério da Educação, Cultura e Ciência holandês). O DANS oferece serviços para acesso e descoberta de dados de pesquisas científicas na Holanda, com destaque para os serviços de armazenamento de dados EASY⁵⁷ e DataverseNL⁵⁸, além de um portal chamado NARCIS, que provê acesso a milhares de bases de dados, publicações e outras informações sobre pesquisas no país.

O instituto também oferece treinamento e consultoria, além de realizar pesquisas em acesso sustentável a informação digital e participar de projetos e redes nacionais e internacionais. Desde 2006 o DANS oferece subsídios para pequenos projetos de dados, para tornar disponível importantes coleções e para estudos de viabilidade e exploração de novas tecnologias de armazenamento e formatos de dados para estas coleções.

ANDS - Australian National Data Service⁵⁹. O ANDS é uma instituição criada com o objetivo de liderar a criação de uma coleção nacional coesa de recursos de pesquisa e um ambiente para dados de pesquisa a fim de proporcionar um melhor uso dos resultados das pesquisas australianas, viabilizando a publicação, descoberta, acesso e uso dos dados. O ANDS é financiado pelo governo Australiano (*Australian Commonwealth Government*) através da Estratégia para Infraestrutura de Pesquisa Colaborativa Nacional (*National Collaborative Research Infrastructure Strategy - NCRIS*). Em 2009, o ANDS recebeu financiamento do Fundo de Investimento para Educação (EIF) para o estabelecimento do Data Commons. O ANDS oferece serviços nacionais como o Research Data Australia e o Cite My Data, além disso provê guias e consultoria em gerenciamento, produção e reuso de dados, e promove a criação de comunidades de prática. Para instituições financiadas pelo governo, o uso dos serviços é gratuito. O ANDS trabalha em parceria com agências de pesquisa para:

- capturar dados e metadados relacionados tão logo sejam produzidos;
- viabilizar o armazenamento e disseminação destes metadados;
- viabilizar a descrição de coleções de dados existentes para auxiliar sua descoberta;
- permitir a criação e implementação de políticas de gerenciamento de dados de pesquisa;
- prover consultoria em gerenciamento de dados de pesquisa e dados do setor público.

⁵⁵ <https://goo.gl/ZzQjFQ>

⁵⁶ <http://dans.knaw.nl/en>

⁵⁷ <https://easy.dans.knaw.nl/ui/deposit>

⁵⁸ <https://dataverse.nl/>

⁵⁹ <http://www.ands.org.au>

Portage Network (Canadá)⁶⁰. A Portage é uma rede nacional de especialistas em gerenciamento de dados de pesquisa, lançada em 2015 pela Associação Canadense de Bibliotecas de Pesquisa (CARL) para suprir lacunas da infraestrutura nacional de gerenciamento de dados de pesquisa no Canadá.

O objetivo da Portage é coordenar e expandir o conhecimento, os serviços e a infra-estrutura existentes para que todos os pesquisadores do Canadá tenham o suporte necessário para o gerenciamento de dados de pesquisa. Desta forma as operações da Portage estão organizadas em torno de dois componentes principais:

1. Gerenciamento de dados de pesquisa: acesso a um conjunto de recursos, ferramentas e especialistas que fornecerão assessoria e treinamentos sobre o tema.
2. Infraestruturas e plataformas para descoberta, preservação e gerenciamento de dados, a partir da federação de vários serviços e infraestruturas existentes.

Um dos principais serviços oferecidos é uma ferramenta online para criação de Plano de Gestão de Dados (*Data Management Plan Assistant*). Outro destaque é o desenvolvimento de serviço de federação de repositórios de dados de pesquisa (FRDR⁶¹) em colaboração com o centro de supercomputação “Compute Canada”, com suporte a download de grandes datasets através da ferramenta Globus⁶² que é integrada aos repositórios.

3 Iniciativas e equipes de suporte à e-Ciência

Esta seção apresenta algumas iniciativas globais e regionais de suporte a projetos de e-Ciência que não estão ancoradas a um determinado Centro de e-Ciência ou universidade.

Software Carpentry⁶³. É uma organização sem fins lucrativos mantida por voluntários, que em geral são especialistas em ferramentas de TIC e em ciência da computação. O objetivo da organização é auxiliar pesquisadores e jovens cientistas com treinamento básico de ferramentas computacionais que são cada vez mais imprescindíveis para a realização de ciência baseada em dados, independente da área de conhecimento do pesquisador.

A organização oferece oficinas ao redor do mundo e também disponibiliza suas lições de maneira livre para quem quiser estudar individualmente. Exemplos de lições incluem: Banco de Dados, Linux, controle de versão com Git, programação básica com Python, R e MATLAB.

Através do website da organização é possível solicitar a organização de workshops ou realizar um workshop de forma independente utilizando material didático pré-existente.

Enlighten Your Research Global⁶⁴. A iniciativa teve início em 2013 na forma de um concurso de projetos de e-ciência ou aplicações com demandas de transferência de dados entre instituições conectadas à pelo menos duas das 12 Redes Acadêmicas (NRENs) participantes.

O objetivo do concurso foi o de apoiar a pesquisa colaborativa global para atender a duas tendências: a realização de atividades de pesquisa entre colaboradores de diferentes países e a análise dos dados produzidos por meio de aplicações avançadas e redes de alto desempenho. Os projetos selecionados poderiam ter acesso gratuito aos serviços oferecidos pela respectiva NREN, além de poder contar com a consultoria de engenheiros de performance experientes, para indicar a melhor configuração de circuitos para as transferências de dados fim a fim.

⁶⁰ <https://portagenetwork.ca/>

⁶¹ <https://www.frdr.ca/docs/en/about/>

⁶² <https://www.globus.org/>

⁶³ <https://software-carpentry.org/>

⁶⁴ <https://www.enlightenyourresearch.net/>

Após duas edições do concurso, realizada a cada dois anos, em 2016 optou-se por deixar o formulário de submissão de propostas aberto continuamente para a análise e consultoria das NRENS participantes.

Research engagement teams. Algumas redes acadêmicas como GÉANT na Europa e ESnet nos EUA mantêm equipes especializadas em compreender requisitos de aplicações científicas, em especial aqueles relacionados à comunicação de dados [17,18]. Essas equipes auxiliam pesquisadores a desenvolverem projetos técnicos de implantação de soluções de TIC em projetos de e-Ciência, além de oferecem consultoria em engenharia de redes para garantir a melhor configuração possível dos sistemas de transmissão de dados envolvidos.

A equipe de suporte da GÉANT também atua para identificar e propor os serviços mais adequados para a atividade de pesquisa do usuário, com base no portfólio de serviços existentes nas redes acadêmicas europeias filiadas.

4 Categorização dos serviços

A Tabela abaixo resume os serviços mapeados pelo levantamento realizado neste trabalho. Uma classificação por categorias é sugerida, de forma a ilustrar um possível portfólio de serviços para apoio à e-Ciência.

Tabela 1. Mapeamento de serviços de apoio à e-Ciência.

Categoria	Serviços
Ciberinfraestrutura e ferramentas	Acesso facilitado a supercomputador para a execução de modelos e simulações.
	Co-location de equipamentos dos laboratórios (tipicamente clusters adquiridos em projetos de pesquisa).
	Armazenamento temporário de grandes volumes de dados para compartilhamento com outros pesquisadores. Também pode auxiliar em operações de manutenção da infraestrutura local do laboratório de pesquisa, disponibilizando um espaço de armazenamento temporário enquanto as máquinas locais são reparadas.
	Otimização de transferência de dados. (aceleração de download e upload de dados entre duas instituições)
	Data Ingest (aceleração de upload de dados para os serviços oferecidos pelo Centro de e-Ciência.
	Ferramentas online para análise grandes volumes de dados não estruturados.
	Acesso a repositório de dados para pesquisa (para a publicação de datasets curados).
	Serviço de federação de repositórios de dados de pesquisa.

	Serviço de federação de nuvens computacionais, para a execução de tarefas (jobs) utilizando recursos ociosos das instituições federadas.
	Reserva de largura de banda sob demanda (acesso a serviços de criação de circuitos virtuais de rede)
	Repositório de software e APIs desenvolvidas por laboratórios de pesquisa.
Consultoria	Consultoria de engenheiros de rede para a melhoria do desempenho de transferências de dados (identificação de gargalos na infraestrutura e nos caminhos de rede fim-a-fim)
	Articulação de uma rede de especialistas em ciência da computação, em parceria com a academia, atuando como um "hub" para a oferta de consultoria sob demanda em temas como programação paralela, análise, gerenciamento e visualização de dados.
	Consultoria para a identificação e desenvolvimento de ferramentas de TICs para suporte aos projetos.
Treinamentos e disseminação do conhecimento	Capacitação básica em TIC para jovens cientistas (melhores práticas, metodologias, ferramentas etc.)
	Capacitação em técnicas para melhorar o desempenho de aplicações (HPC, ingestão de dados, etc)
	Capacitação em Plano de Gestão de Dados
	Organização de seminários (presenciais ou virtuais)
Gestão de P&D	Gestão de chamadas de projetos de apoio à pesquisa (em parceria com agências de fomento e outros financiadores)
	Realização de chamadas de projetos de curta duração orientada a solução de problemas.
	Assessoria para registro de software e depósito de patentes

5 Conclusões e próximos passos

Conforme enunciado na introdução deste trabalho, o mapeamento apresentado tem o intuito de auxiliar universidades e NRENS na identificação de um portfólio de serviços de e-ciência possíveis de serem ofertados. Adicionalmente, este trabalho teve o intuito de apresentar um diagnóstico inicial e servir de insumo para um projeto estratégico da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) que visa modelar um Centro de Suporte a e-Ciência (CSeC) a nível nacional no Brasil.

Baseado nos desafios existentes para o suporte, operação e manutenção de serviços de e-Ciência, entende-se que é fundamental que infraestruturas computacionais dedicadas de projetos ou laboratórios de pesquisa sejam remanejadas para uma plataforma de computacional compartilhada, com a inclusão de serviços de consultoria, a ser ofertada também para outras instituições acadêmicas. Assim, promove-se uma economia de escala, com uma melhor estruturação de recursos reservados para uma ciberinfraestrutura comum, segura e robusta.

Para o atingimento desse objetivo, vislumbra-se que inicialmente, a operação de tal Centro nacional de e-Ciência deveria ser realizada pela RNP em cooperação com o Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), ambas instituições subordinadas ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). Atualmente, a RNP é a responsável nacional pela conectividade das instituições públicas de ensino superior, com provimento de serviços avançados para comunicação e colaboração; já o LNCC é o responsável nacional por processamento computacional de alto desempenho.

A coordenação da RNP e LNCC na implantação e operação conjunta de um Centro de suporte a projetos de e-Ciência nacionais (e.g., nas áreas de astronomia, biodiversidade, mudanças climáticas etc) poderia ser proposta na forma de uma Ciberinfraestrutura como Serviço, a qual serviria a projetos estruturantes, altamente demandantes de TICs. Além de uma infraestrutura computacional de destaque, o Centro também sustentaria e agregaria capital intelectual especializado, com competências na área de computação de alto desempenho, armazenamento massivo, comunicação de alta vazão, entre outras.

Para validar tal estratégia, escolheu-se como estudo de caso realizar a modelagem inicial do CSeC considerando o atendimento das demandas do Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia⁶⁵ (LIneA). O LIneA constitui-se hoje, no Brasil, o principal responsável pela participação da comunidade acadêmica nacional em Astronomia em grandes levantamentos de dados científicos internacionais, através do desenvolvimento de um Portal Científico para a realização da pesquisa mundial na área. Assim, entende-se que o LIneA é um forte candidato para se tornar o primeiro cliente do Centro de e-Ciencia até 2019.

O trabalho completo de modelagem prevê o emprego da metodologia “*Design Thinking*”[10], que envolve entrevistas e construção coletiva com potenciais usuários pesquisadores. Até a data de submissão deste artigo, apenas a etapa inicial da metodologia, denominada de “imersão parcial” ou “pesquisa desk”, havia sido realizada. Desta forma, o trabalho apresenta um mapeamento inicial baseado em pesquisa bibliográfica. Até setembro de 2018, durante o 2º *Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia*, o trabalho completo estará disponível para apresentação no evento.

Referencias

1. Appel, A: A e-Science e as atuais práticas de pesquisa científica. Dissertação de mestrado. 88p. Rio de Janeiro, 2014.
2. Simões, N. et al. A Ciberinfraestrutura no Brasil – a contribuição da RNP. Position Paper. 18p. 2016.
3. Programa FAPESP de Pesquisa em eScience. <http://www.fapesp.br/8436>
4. Hey, T., Tansley, S. Tolle, K. (orgs): O Quarto Paradigma: descobertas científicas na era da eScience. ISBN 978-85-7975-028-1. 2011.
5. Gray, J. eScience Talk at NRC-CSTB meeting Mountain View CA, 11 January 2007. <http://jimgray.azurewebsites.net/jimgraytalks.htm>
6. EC. About e-infrastructures. <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/e-infrastructures>
7. EOSC Declaration. 2017. <https://ec.europa.eu/research/openscience/index.cfm?pg=open-science-cloud>
8. NSF. Revolutionizing Science and Engineering Through Cyberinfrastructure. Report of the National Science Foundation Blue-Ribbon Advisory Panel on Cyberinfrastructure, 2013. <https://www.nsf.gov/cise/sci/reports/atkins.pdf>
9. Revista FAPESP. Uma estratégia para dados. Edição 267, maio. 2018.
10. Plattner, H; Meinel, C; Leifer, L.J., eds. Design thinking: understand, improve, apply. Understanding innovation. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag. pp. xiv–xvi.
11. Magri, D.R.C., Redigolo, F.F., Ciuffo, L.N., et al. Guia DMZ científica: 2ª edição (2017). https://www.rnp.br/sites/default/files/guia_dmz_cientifica_2aedicao.pdf
12. Country Reports: National Data Services. RDA NDS Interest Group, 2018 <https://www.rd-alliance.org/groups/national-data-services.html>

⁶⁵ <http://www.linea.gov.br/>

13. Santos, P.X. et al. Livro Verde - Ciência aberta e dados abertos: mapeamento e análise de políticas, infraestruturas e estratégias em perspectiva nacional e internacional. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2017. 140p.
14. Coordination and Support of International Research Data Networks. OECD Policy Paper, 2017. 46p.
15. Business models for sustainable research data repositories. OECD, 2017. 80p.
17. ESnet Science Engagement team. <https://www.es.net/science-engagement/overview/>
18. GÉANT Research Engagement and Support Team.
https://www.geant.org/People/research_communities/Pages/Research_Engagement_Team.aspx
19. EPSRC expectations on research data management, 2014.
<https://epsrc.ukri.org/about/standards/researchdata/expectations/>

SESIÓN | CREACIÓN EN LÍNEA

El documental expandido como estrategia de difusión digital del patrimonio cultural colombiano. Saberes y quehaceres, una experiencia de arte y cultura en red

Ana Teresa Arciniegas Martínez

Grupo de Investigación Transdisciplinariedad, Cultura y Política TCP, Facultad de Ciencias Sociales, Humanidades y Artes, Universidad Autónoma de Bucaramanga Av. 42 N 48 -11, 680003 Bucaramanga, Colombia
aaarciniegas4@unab.edu.co

Resumen. El trabajo es el resultado de una investigación realizada por el Grupo de investigación Transdisciplinariedad, Cultura y Política de la Universidad Autónoma de Bucaramanga sobre los saberes y quehaceres tradicionales que hacen parte del patrimonio cultural inmaterial del oriente colombiano. El objetivo general fue realizar el inventario de los oficios tradicionales patrimoniales existentes en la región de Santander, dando como resultado el diseño y desarrollo de una propuesta artística, un documental expandido que promueve la divulgación digital de dos tradiciones artesanales: la talla en piedra y la confección de artesanías en fique (agave). En el dispositivo audiovisual se emplearon algunos recursos de las TIC y del arte digital para su elaboración como: narración no lineal, navegación interactiva, uso de geo-localización, banco multimedia fotográfico, hipervínculos, imágenes 360º, entre otros. El uso de las tecnologías de la información y la comunicación para la difusión digital y la documentación del patrimonio cultural sigue siendo una cuestión pendiente en Colombia. Razón por la cual, resulta necesario el desarrollo de estrategias audiovisuales que visibilicen los oficios tradicionales del patrimonio cultural inmaterial. En ese sentido, la universidad se convierte en el espacio propicio para crear los grupos interdisciplinarios que desarrollen ideas y prototipos tecnológicos que llenen el vacío que hay en la difusión digital del patrimonio cultural. El proyecto de investigación propone al audiovisual interactivo como un puente entre el ámbito de lo patrimonial con el consumo de contenidos digitales de las audiencias más jóvenes.

Palabras Clave: Documental expandido, patrimonio cultural, arte –cultura en red.

Eje temático: Creación en línea.

1 Introducción

El texto se estructura a partir del planteamiento del problema, la escasa divulgación del patrimonio cultural colombiano a través de entes no museísticos en el contexto de la educación patrimonial en el país. Frente a esta necesidad el equipo de investigación interdisciplinar plantea el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación, junto a las posibilidades de los medios audiovisuales interactivos para sopesar esa necesidad y acercar a las nuevas generaciones al patrimonio cultural. En el texto, se presentan la metodología empleada, una descripción del documental expandido, los resultados, las conclusiones y los impactos de esta experiencia de investigación que vincula el arte y la cultura en red.

La investigación realizada hace parte un proyecto mayor que se ha socializando a través de la red de investigación ARCU-RED, comunidad cultural y científica que indaga sobre las prácticas artísticas y culturales en Colombia. Durante el II Seminario Internacional ARCU-RED realizado en Barranquilla en el 2013, se participó con la ponencia *Recursos del arte digital y multimedia para la elaboración de objetos de aprendizaje*. Posteriormente, dando continuidad a la indagación entre arte, tecnología, educación y cultura, el grupo de investigación TCP participó en el III Seminario Internacional ARCU-RED en Cartagena 2014, con la ponencia *Relatos hipermediales para la difusión digital del patrimonio cultural*. De tal forma, que el impacto y los resultados de las investigaciones anteriores han permitido continuar realizando experiencias de trabajo colaborativo que involucran el uso de las TIC en el área de conocimiento de las artes audiovisuales.

Para el proyecto de investigación que se presenta como resultado en el 2º Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia, se realizó el inventario de los saberes y quehaceres patrimoniales culturales existentes en dos municipios de Santander: Curití y Villanueva, ubicados en la zona del Cañón del Chicamocha, al oriente de Colombia. El producto final de la investigación es el diseño y desarrollo de un audiovisual interactivo, un documental expandido que muestra dos oficios tradicionales y que se plantea como opción tecnológica frente a la necesidad de difundir el patrimonio cultural de manera digital.

En consecuencia, se han intentado poner en la justa medida esta suerte de coincidencias y necesidades para realizar un estudio que cohesione, una especie de sinergia, entre las especificidades de los audiovisuales interactivos, el uso de las TIC y sus posibilidades en la difusión del patrimonio cultural nacional.

2 TIC en la difusión del patrimonio una necesidad

Es preciso establecer primero una noción sobre el término patrimonio cultural que resulta vital para el desarrollo de la investigación con el fin de entender el patrimonio en relación a la tecnología. De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la educación, la ciencia y la cultura UNESCO, el patrimonio cultural es la herencia cultural propia del pasado de una comunidad, que está vivo en la actualidad y que se transmite a las generaciones presentes y futuras. Pese a que resulta inevitable que el término patrimonio cultural aparezca asociado a términos que remiten al pasado y a lo arcaico. El propósito del proyecto ha sido el de vincular el patrimonio cultural al presente, como una huella que perdura y en ese sentido, se relaciona con términos disímiles como: cotidianidad, memoria y tecnología.

La relación entre lo patrimonial y lo tecnológico puede verse como una conjunción de la naturaleza y de la cultura. La posible definición que ha propuesto Maffesoli (2012) de la posmodernidad como un espiral, sirve para ilustrar la propuesta frente al patrimonio cultural, una sinergia de lo arcaico y del desarrollo tecnológico. El reto será el de hacer entrar el pasado en el presente mediante el uso de

herramientas tecnológicas para hacer parte del nuevo lenguaje de comunicación y para que, de alguna manera, este se preservé en el porvenir.

En un momento en el que la tecnología invade la vida cotidiana, resulta curioso hablar de raíces, pero es justamente en esa serie de representaciones históricas y ancestrales que se renueva lo cotidiano. Ahí, donde se cree innovar, nos limitamos a sacar cosas antiguas que se actualizan en lo cotidiano. Hay una forma de reminiscencia que asegura en el presente la presencia de un pasado, más allá de nosotros mismos, que continúa viviendo precisamente porque su haber sido perdura en forma de huella.

Las tecnologías de la comunicación y la información permiten promover las tradiciones culturales contribuyendo a que los grupos de individuos puedan reconocerse primero, para luego valorar sus manifestaciones culturales. En este sentido, son las comunidades quienes resignifican sus tradiciones, las heredan y les otorgan un valor. La búsqueda de reconocimiento a partir de representar lo que se es, ha sido permanente; la mayoría de las comunidades hoy en día apuestan por defender y hacer valer sus legados particulares, aquellos que perduran más allá del tiempo. Pareciera que la importancia de preservar la memoria, de salvaguardar los legados culturales, no estuviera en entre dicho y existiera casi un acuerdo común intrínseco, que no está en discusión cuando se aborda el tema del patrimonio cultural.

Sin embargo, el objetivo del proyecto de investigación fue plantear instrumentos o estrategias de difusión digital del patrimonio y, en ese sentido, algunos aspectos como la importancia de los acervos digitales, la preservación a través de la digitalización y la accesibilidad como un reto para que el patrimonio digital sea consultado por un mayor y diverso número de personas. La digitalización del patrimonio busca democratizar el acceso al mismo, acercar a las personas a la experiencia de entrar en contacto con él. Como señala Aguirre (2008), más bien habría que admitir que una de las claves para el cambio en las relaciones de las personas con el patrimonio es no condenarles a vivir con él como se vive con algo ajeno a la experiencia vital e inmediata. El patrimonio no es algo predeterminado en sus usos y significados.

Otro de los grandes retos en relación a la digitalización patrimonial es llegar a nuevos públicos. En ese sentido, el uso de herramientas web, de recursos en línea y de los canales de comunicación como las redes sociales posibilitan el contacto directo de personas que habitualmente están en relación permanente con las tecnologías de la información y la comunicación y con un sector de la población relativamente joven que es el que está más familiarizado con ellas y menos con los temas relacionados al patrimonio. Estrategia que en parte podría facilitar la necesidad de llegar a las nuevas generaciones, para que conozcan y valoren lo heredado.

Sin dejar de atender las necesidades de otros públicos, los avances tecnológicos unidos a los conocimientos y hábitos de las nuevas generaciones de consumidores culturales, piden que el sector del patrimonio se reinvente y posiciones de nuevo en cuanto a la presentación, promoción y difusión de bienes patrimoniales Vives (2009). En ese sentido, a los nuevos públicos el lenguaje empleado tanto por el hipermedia. Las narraciones interactivas y expandidas les resulta cercano y familiar. Los recursos digitales se convierten en un banco de herramientas en línea para que los usuarios las utilicen a su conveniencia, los dispositivos hipermediales juegan así el rol de mediador entre las personas y los contenidos patrimoniales.

En consecuencia, la tecnología es formativa porque los espacios virtuales pueden ofrecer experiencias de aprendizaje. Moreno (2014) realizó una investigación cualitativa y cuantitativa de los sistemas que emplean TIC en los museos, con el propósito de aumentar ese conocimiento de manera que la tecnología se haga invisible y favorezca el discurso museal y la accesibilidad al mismo, en lugar de perseguir el deslumbramiento tecnológico en aras a una mercadotecnia efímera, era el principal objetivo de la investigación. En la investigación se detectaron una serie de carencias en el uso de las TIC en algunos museos, se destacan particularmente algunos de los resultados obtenidos en esa investigación porque permiten hacer una serie de conjeturas iniciales sobre la difusión del patrimonio cultural. Moreno afirma que predominan las imágenes fijas frente a las imágenes en movimiento, que

no hay tantos contenidos para interfaces móviles y que cada sistema se comporta aisladamente de los demás contenidos digitales.

Sobre la primera consideración es indiscutible que el uso de audiovisuales ha sido limitado y, generalmente, con una corta duración en los espacios expositivos. No obstante, algunos de los recorridos virtuales de museos en sus páginas web suelen implementar más videos que imágenes fijas. Otra de las opciones ha sido la de crear contenido multimedia que se vende en las tiendas de los museos al finalizar los recorridos y el material suele ser análogo.

Finalmente, respecto a la observación de carencia de interfaces móviles Moreno (2014) argumenta que la interacción es mínima y el uso de otros dispositivos o proyectos multiplataforma es bajo. En relación a este último punto los recursos tecnológicos empleados parecen islas flotantes que no se relacionan con los contenidos y no hay unidad temática. En síntesis, los contenidos digitales vinculados al patrimonio cultural pueden y deben salir de los museos, en esa vía las tecnologías de la información y la comunicación aún no han sido exploradas por completo. También es preciso señalar que hay muchas acciones educativas en torno al patrimonio cultural que se generan al margen de los museos, en ámbitos no formales y que no han sido inventariadas todavía.

3 Los audiovisuales interactivos

Por otra parte, las narraciones audiovisuales están cambiando, el uso de internet, el empleo de nuevas tecnologías y la oferta de productos audiovisuales en múltiples dispositivos han modificado la forma de realizar y exhibir los audiovisuales. Como señala Scolari (2013) las nuevas formas de comunicación digital han hecho que las narraciones audiovisuales evolucionen hasta relatos de base intertextual, red de textos, videos, audios, etc.

El término *Narraciones Transmedia* fue acuñado por Jenkins (2003) en la revista Review del Massachusetts Institute of Technology MIT. El transmedia, en su expresión más básica, significa historias a través de medios. Al respecto Carlos Scolari (2013), específicamente sobre el documental transmedia, argumenta que va más allá y lleva sus contenidos a otros medios y plataformas, buscando siempre la complicidad. El documental expandido necesariamente distribuye su contenido en diferentes plataformas digitales y la plataforma más utilizada para exhibir los proyectos interactivos es Internet. Los audiovisuales alojados en la Web son de consulta permanente y están a disposición del usuario sin restricción de tiempo.

En los proyectos interactivos el guion será algunas veces rizomático y los contenidos tendrán esa dirección perpendicular que permitirá que los usuarios puedan moverse entre un video, una pista de audio, una infografía, un hipervínculo, una galería fotográfica, una animación, y otras posibilidades. El guion en estos proyectos será una escaleta no lineal que abarca los conceptos principales a abordar en el documental interactivo que se resume en una especie de cartografía creativa.

Una de las consecuencias del cambio en el audiovisual contemporáneo es el rol que adquiere el espectador, quien pasa de tener un rol pasivo a uno activo. El espectador ahora se vuelve más un usuario del que se requiere una participación constante en las propuestas narrativas. De igual forma, el rol del realizador se modifica. Giannetti (2002) plantea que la conectividad, la hipertextualidad y la interactividad son modos que están vinculados a la autoría descentralizada y a la participación colectiva.

Los audiovisuales expandidos requieren de un usuario activo, los roles de emisor y receptor pueden ser intercambiables, los contenidos pueden ser abiertos y dependientes de las elecciones del usuario. En síntesis, en el esquema narrativo hipertextual nociones como centro, margen y secuencialidad son sustituidas por los conceptos como multilinealidad, nodos, nexos y redes, que se asemejan a las figuras rizomáticas.

Las tecnologías de la información permiten mostrar los relatos en distintas unidades formales y de sentido, grabar la historia, aislar los elementos espaciales, convirtiendo el espacio y el tiempo en

medios de desplazamiento, otorgando al espectador la posibilidad de acción y toma de decisiones, potenciando su creatividad, invitando a que el usuario participe. Los audiovisuales interactivos se caracterizan por no tener un camino establecido por el autor, y dejan al espectador la capacidad de elegir entre varias rutas posibles, en ocasiones no hay un comienzo establecido y casi nunca se tiene un final.

En consecuencia, los proyectos interactivos se convierten en una herramienta eficaz en los procesos educativos, porque además de ser una experiencia lúdica y entretenida, tiene una intención marcadamente pedagógica y son, ante todo, una experiencia didáctica. Este tipo de formatos tienen la posibilidad de ser más llamativos para las audiencias jóvenes, debido a que las nuevas generaciones precisan interactuar de manera constante con contenidos, pues una única pantalla, les puede resultar en ocasiones aburrido.

Por otro lado, la producción en Colombia de audiovisuales interactivos desde el año 2012, ha sido creciente y hay un incipiente pero prolífico desarrollo tanto en las iniciativas de producción, como de exhibición y de formación en el área. La mayoría de las obras no lineales tiene una característica común y es la intención por preservar la memoria y salvaguardar el patrimonio del país, son pocos los audiovisuales expandidos que han abordado temas patrimoniales. La mayoría de los esfuerzos se concentran en el documental de denuncia y son de modalidad expositiva. En este marco, surge el proyecto de investigación como una posibilidad a través del uso de las TIC para la promoción, protección y divulgación de los oficios tradicionales patrimoniales, dirigida fundamentalmente a nuevas audiencias.

4 Descripción de la solución tecnológica implementada: Saberes y quehaceres, un documental expandido

El planteamiento de la propuesta práctica de la investigación, como solución tecnológica ante la exigencia de la divulgación del patrimonio cultural fue un documental expandido. Un interactivo que responde al interés de generar contenidos audiovisuales y a la necesidad social de hacer viva la memoria de esta región y contribuir a la difusión de su patrimonio cultural a través de historias locales, ancladas a las tradiciones culturales.

Se decidió que el dispositivo audiovisual fuera no lineal, característica propia de los relatos usados en documental expandido y que el lugar de consulta fuera Internet, para que tuviera un mayor alcance y llegara a un mayor número de usuarios. La propuesta emplea recursos del arte digital en su elaboración, narración no lineal, el uso de geo-localización, banco multimedia de imágenes e hipervínculos, imágenes 360º, infografías, entre otros.

La fragmentación del discurso audiovisual, la polifonía de voces de los maestros artesanos y la yuxtaposición de sus historias ponen en evidencia la vigencia de estos saberes heredados a través de generaciones. Los jóvenes aprenden los quehaceres tradicionales de los maestros mayores, quienes han trabajado toda su vida en el oficio. El documental no lineal promueve la difusión y puesta en valor del patrimonio inmaterial, sin embargo, el relato audiovisual también pone en evidencia el riesgo y conflicto que estas dos prácticas artesanales representan para la preservación del medio ambiente y para la salud de los mismos artesanos que no trabajan con las medidas protección necesarias.

La historia se teje a partir de los relatos de 6 personajes maestros artesanos, pertenecientes a dos escuelas de oficios artesanales. El documental tiene una estructura narrativa rizomática dividida en dos grandes bloques por oficios y por los insumos naturales: la piedra y el fique. En cada submenú el usuario identifica tres personajes que representan dentro la narración una arista del tema y de la problemática a tratar. Por un lado, están los personajes de la talla en piedra: Alcira única mujer que pertenece al gremio los maestros canteros y que se enfrenta al reto y la exigencia física de labrar y tallar piedra; Alex y su hermano, quienes aprendieron el oficio de su padre, que a su vez lo aprendió

de su abuelo. El padre de Alex murió de cáncer en los pulmones al no protegerse debidamente en su quehacer y Alex quiere dejar el oficio; y finalmente, Arturo un hombre de 42 años que murió durante el rodaje del documental y a quien está dedicado el audiovisual. Arturo padeció de silicosis, enfermedad crónica del aparato respiratorio que se produce por haber aspirado el polvo de la sílice de las rocas, adquirió la enfermedad por no protegerse debidamente en la práctica de su oficio artesanal.

Por otra parte, dentro de los personajes del fique están: la familia Tavera que trabaja en el proceso de extracción de la planta del agave o fique, en el corte, lavado y secado de la planta, padres e hijos de una misma familia participan en la labor; Gabriel un artesano con décadas de experiencia que mostrará el proceso de diseño y tejido de las artesanías, y finalmente la artesana Patrocinio, pondrá en evidencia el peligro inminente que las nuevas generaciones no continúen con el oficio tradicional. El usuario encuentra fragmentado en una multipantalla los relatos de cada personaje. Asimismo, en la parte superior de la interfaz se diseñó en otro submenú con información general sobre el proceso encada una de sus etapas y las particularidades de la elaboración artesanal de cada oficio.

La propuesta interactiva ofrece una interpretación creativa de la realidad a través de un relato contado de forma no lineal. La interfaz fue diseñada en función de la sencillez, la usabilidad y la navegación del usuario. La interactividad en este proyecto emplea la fragmentación, la simultaneidad y la multiplicidad de las imágenes para establecer el mapa de navegación de los contenidos. Se tuvieron en cuenta varios recursos del arte digital para el diseño del audiovisual, de tal modo que la interactividad resulta más reactiva que pasiva, cercana a la interacción y la hipernavegación.

La metodología empleada en el proyecto fue cualitativa y se dividió en dos fases. Se emplearon los métodos de investigación cualitativa, marco teórico y muestreo, primero de manera inductiva y luego deductiva. Apelando a la recopilación de información, paralelo a una vigilancia epistemológica constante. El proyecto se abordó de manera secuencial en cada uno de los municipios. Primera etapa: ceñidos siempre a los estudios, la reglamentación y las políticas culturales de la UNESCO y del Ministerio de Cultura de la República de Colombia para el análisis y la protección del patrimonio cultural material e inmaterial, se elaboró una base de datos, identificación, inventario, evaluación, y registro en cada uno de los oficios tradicionales. Para cada uno de los saberes ancestrales se realizó una revisión de fuentes y estado del arte, se validó el inventario patrimonial y cultural existente, se realizó un trabajo de campo documentación y evaluación.

En la Segunda etapa se diseñó y realizó el audiovisual para la comunicación y divulgación de resultados obtenidos en la investigación. Esta etapa se subdivide en tres sub-etapas propias del quehacer audiovisual: pre-producción (escritura del guion de navegación y el guion técnico, el plan de producción y el cronograma de grabación); producción (rodaje en cada uno de los municipios); y post-producción (edición no lineal de video, programación, diseño gráfico, colorización y sonorización). Luego se alojó el documental en el servidor de la Web). Finalmente, en una última etapa se establecieron las conclusiones de la investigación. Durante las dos etapas se tuvieron en cuenta la integración y participación de las comunidades en la identificación del patrimonio local, así como la protección y conservación del patrimonio natural de la zona.

5 Resultados obtenidos y retos

El resultado principal es el material audiovisual de consulta permanente, de libre acceso para la comunidad académica que promueve la salvaguarda y puesta en valor del patrimonio inmaterial. La investigación permitió consolidar de los productos audiovisuales con fines educativos en la universidad, como unidades de aprendizaje digitales que promueven el patrimonio cultural.

Con el proyecto se logró la ampliación de la distribución del documental expandido, ampliando el número de beneficiarios directos e indirectos que pueden acceder a él. El audiovisual ha circulado en

las alcaldías municipales, las casas de cultura, los museos regionales, las bibliotecas públicas, las universidades, los colegios las redes de investigación, eventos académicos, festivales de la imagen, en otros entes relacionados con actividades culturales y artísticas.

Uno de los grandes retos los trabajos elaborados entorno a la digitalización patrimonial es el de llegar a nuevos públicos, en ese sentido el uso de herramientas web, los recursos en línea y los canales de comunicación como las redes sociales, posibilitan el contacto directo con un sector de la población relativamente joven que está en menor contacto con los temas relacionados al patrimonio.

El audiovisual supe, en parte, la necesidad de llegar a las nuevas generaciones para que conozcan y otorguen valor a lo heredado. En ese sentido el lenguaje empleado tanto por el multimedia, el hipermedia y en este caso particular el documental expandido les es cercano a los jóvenes y les resulta familiar. Los recursos digitales se convierten en un banco de herramientas en línea para que los usuarios las utilicen a su conveniencia, los dispositivos hipermediales juegan así el rol de mediador entre las personas y los contenidos patrimoniales.

6 Conclusiones

Los saberes locales que hacen parte del patrimonio inmaterial lo constituyen una serie de conocimientos y de técnicas tradicionales relacionadas con el hábitat. Esas tradiciones están asociadas a la fabricación de objetos artesanales y son técnicas ancestrales que continúan vigentes y que tienen una alta demanda, siendo generadoras de empleo y dinamizadores de la economía local.

El dispositivo propuesto, un audiovisual interactivo, plantea una dicotomía entre el progreso y la memoria, una unión entre lo arcaico con lo tecnológico, sin llegar a afirmar que la herencia cultural de una sociedad tenga que ser arcaica; al contrario, no hay nada más actual y más vivo en toda comunidad que la afirmación y la identidad con su herencia y su pasado. El acto de la destrucción es contrario al video, porque las imágenes digitales son inmortales, lo serial, lo fotográfico, la mortalidad en la imagen, habla de la perdurabilidad, el dispositivo audiovisual posibilita esa memoria.

Los conceptos que se plantean desde el arte digital como transdisciplinariedad, simulación, interacción, multiplicidad, hipertextualidad, virtualidad, entre otros, amplían la forma de entender la percepción digital. A su vez el logro de la simulación y la interacción del arte digital está en la experimentación que posibilita el acercamiento lúdico al conocimiento.

La difusión mediante las tecnologías de la información y la comunicación, debe permitir el acceso virtual del patrimonio a diferentes niveles: acceso a los profesionales interesados, a los especialistas, a los investigadores y al público en general, promoviendo así una intención pedagógica en los productos audiovisuales.

En Colombia los proyectos audiovisuales desde hace un tiempo han iniciado una migración narrativa, empleando otras ventanas de exhibición y distribución, estas propuestas están dirigidas a nuevos públicos y audiencias, ávidos de relatos, de participación e interacción.

Ante las posibilidades que ofrecen el lenguaje de los nuevos medios de comunicación e información, la educación y la difusión digital del patrimonio a través del audiovisual sigue siendo una cuestión pendiente. Los audiovisuales realizados con fines educativos por su impacto y amplia divulgación se convierten en herramientas de transmisión viables, pertinentes y de alguna manera necesarias, frente al consumo global de productos visuales y frente a la necesidad de conocer y proteger el patrimonio cultural. Asimismo, los medios de comunicación permiten promover las tradiciones culturales posibilitando que las comunidades puedan reconocer y valorar sus manifestaciones culturales inmateriales.

Es justamente desde la universidad donde se hace posible crear los grupos interdisciplinarios que desarrollen ideas y prototipos para llenar el vacío que hay en difusión digital del patrimonio cultural y propiciar el puente entre el ámbito del patrimonio con la sociedad. La producción de experiencias de

aprendizaje desde las universidades resulta propicia, a manera de laboratorio de ensayo y error, porque en ella convergen diversas áreas de conocimiento, se cuenta con el potencial académico, el personal y los recursos técnicos para generar contenidos audiovisuales de calidad. En este sentido, cobra aún más vigencia e importancia la utilización de los medios tecnológicos en la preservación del Patrimonio Cultural.

Referencias

1. Aguirre, I., El acceso al patrimonio cultural: retos y debates. Cuadernos de Cátedra Jorge Oteiza. Universidad de Navarra, Navarra (2008)
2. Aparici, R., La revolución de los medios audiovisuales: educación y nuevas tecnologías. Ediciones de la Torre. Madrid (1996)
3. Casacuberta, D., Creación colectiva: en Internet el creador es el público. Gedisa. Barcelona (2003)
4. Choi, I., Interactive documentary: A production model for nonfiction multimedia narratives. En: Intelligent technologies for interactive entertainment. Springer Verlag. Berlin (2009)
5. Gaudenzi, S., Digital Interactive documentary: from representing reality to co-creating reality. University of Goldsmiths, Centre for Cultural Studies. Londres (2009)
6. Gianetti, C., Ars telemática: telecomunicación, Internet y Ciberespacio. l'Angelot. Barcelona (1998)
7. Giannetti, C., Estética Digital, Sintopía del arte, la ciencia y la tecnología. Associació de Cultura Contemporània L'Agelot. Barcelona (2002)
8. Gifreu, A., El documental interactivo. Editorial UOC. Barcelona (2013)
9. Jenkins, H. Transmedia Storytelling. Moving characters from books to films to video games can make them stronger and more compelling. Technology Review.
10. Maffesoli, M., El ritmo de la vida. Variaciones sobre el imaginario posmoderno. Siglo XXI Editores. México (2012)
11. Manovich, L., El lenguaje de los nuevos medios de comunicación. Paidós. Barcelona (2005)
12. Moreno, I., Musas y nuevas tecnologías el relato hipermedia. Paidós Comunicaciones. Barcelona (2002)
13. Moreno, I. Andrade, V., y Colorado, A., ArTecnología, Conocimiento aumentado y accesibilidad. Universidad Complutense de Madrid. Madrid (2014)
14. Scolari, C., Hipermediaciones, Elementos para una teoría de la comunicación digital interactiva. Editorial Gedisa. Barcelona (2008)
15. Scolari, C., Narrativas Transmedia. DEUSTO. Barcelona (2013)
16. Universidad Autónoma de Bucaramanga. (productor). Arciniegas, A. (director) (2017). *Saberes y quehaceres* [Documental interactivo]. Colombia: Universidad Autónoma de Bucaramanga. Recuperado de: <http://museo.unab.edu.co/app/saberes/>
17. Vives, J., Digitalización del patrimonio: archivos, bibliotecas y museos en la red. Editorial UOC. Barcelona (2009)

Pensar en red: improvisación y providencia en un cuerpo

Rolando Cori Traverso

Proyecto Red Interdisciplinaria de Arte *Tierra de Larry*, Facultad de Artes, Universidad de Chile, Santiago, Chile
rcori@uchile.cl

Resumen. En la improvisación musical distribuida en las redes hay una forma de conocer o “pensar en red”. El pensamiento que inaugura la Modernidad establece una distancia entre sujeto y objeto del conocimiento que permite la distinción de las cosas. En esta operación, la distancia entre tal concepto y el sujeto se hace abstracta ya que se trata de cosas de naturaleza distinta: lo real y la idea. Esta indeterminación de la distancia dificulta la necesaria reunión de conocimientos que se pertenecen originariamente, así como es en un cuerpo. El pensamiento moderno, si bien procura establecer relaciones, estas permanecen en el plano teórico, o solo en el práctico, debido al “dualismo radical” cartesiano. Tal forma de pensar es necesaria para el avance de las ciencias y tecnologías, pero separa los saberes entre sí y con la realidad. El arte en red y su vaivén de interconexión y desconexión, espontaneidad y previsión, improvisación y providencia entre personas puede aportar de manera complementaria humanizando el progreso de las ciencias. Distanciar geográficamente la práctica de la improvisación musical localizada introduce una división en la creación artística, que de por sí es subjetiva y, al ser colaborativa, también separa lo intersubjetivo. Esto se asemeja a operación cartesiana de distanciamiento de sujeto y objeto con la diferencia que, en este caso, por una concatenación tecnológica y de personas, hay un permanente ir y venir de distancia y reunión no solo de las partes que conforman la improvisación, sino además de voluntades personales que tocan y se tocan. En este artículo se reflexiona sobre la experiencia de Arte en Red, agrupación que reúne los proyectos Red Interdisciplinaria de Arte *Tierra de Larry* de la Universidad de Chile, *SensorLab* de la Universidad de Caldas y el Grupo de Pesquisas Poéticas Tecnológicas de la Universidad de Bahía, Brasil, amparados por RedCLARA y las redes académicas de cada país. La ponencia pretende discutir la forma como esta práctica ofrece un espacio de convergencia de los saberes que favorece la colaboración interdisciplinaria.

Palabras Clave: Improvisación musical, arte en red, interdisciplina, pensar en red, ciencia y arte.

Eje temático: Arte y cultura en red.

Introducción

Los grupos musicales que tocan en red se hacen cada día más numerosos. Cuando las tecnologías de red entre computadores distantes eran lentas, esta práctica se ciñó a reglas de composición estricta como las experiencias de la Association of Automatic Composers, The Hub [1] y composiciones colectivas en Internet a finales de los '90 [2]. La paulatina disminución de latencia en la transmisión de datos [2], dio paso a las aplicaciones e interfaces para interconectar equipos de audio y video entre puntos de red. Si bien la inmediatez del gesto corporal presencial aún no ha sido suplantada, la actual tecnología hace cada vez más posible algo esencial de la práctica musical en grupo, esto es, la espontaneidad de la improvisación. Además de soluciones técnicas, las publicaciones sobre el tema ponen atención en el aspecto humano de la distancia y comunión que surge de la latencia en las redes de creación musical colaborativas [3].

“La teorización de la red, no solo como estructura de información, ha sido inmensa, pero también los comportamientos inherentes de la red, como la latencia, se han considerado durante mucho tiempo para el uso artístico.”⁶⁶

Este artículo se concentra especialmente en los aportes de Schroeder [3] sobre el cambio en la escucha en el ambiente musical en red, por una parte, y desde una perspectiva filosófica basada en Merleau-Ponty [14]. Esto pues la comunicación sincrónica multidireccional, que ocurre al realizar improvisación musical en red, pone frente a frente dos formas de pensar la realidad. Está el pensar orientado al objeto —como las tecnologías implicadas en la red— y, por otro lado, la experiencia de tocar espontáneamente que hace aparecer al sujeto y sus hábitos. Ambas cosas se relacionan a partir de la noción de cuerpo y escucha, es decir, en la improvisación en red se establece una metáfora de corporeidad.

Como antecedente de Schroeder está lo planteado por Weinberg [4] refiriéndose al tocar en red como especie de “metáfora biológica” de la mente por medio de la escucha musical:

"Hay momentos de correspondencia sintonizada donde las voces parecen escucharse entre sí; en otras ocasiones parecen ser independientes. Hay casos de grandeza extraña ... cuando los elementos de la red no están conectados, la música suena como si hubiera procesos completamente independientes, pero cuando están interconectados, la música parece presentar un "aspecto similar a la mente"

En los momentos de desconexión existe una determinación entre la red y quienes participan (por ej., si la red falla, hay desconexión; si se toman las providencias necesarias, la red se restablece). Por otra parte, en el estado de interconexión, hay un espontáneo ir y venir de gestos que atan las partes en mutua interdependencia. La latencia presente en las redes hace que, durante el estado de interconexión, la espontaneidad y la acción voluntaria se acerquen pues aumenta el lapso de tiempo entre la expectativa de un gesto y su percepción. Este artículo se concentra en estos dos aspectos de interconexión y desconexión que se integran en lo que se denomina improvisación y providencia.

Improvisación y providencia en ciencias y artes.

Al focalizar la improvisación musical en red, abordamos dos situaciones constitutivas del ser en el mundo [22]; la componente previsible de la providencia y lo espontáneo y fortuito de la improvisación. La polaridad de estos términos pone en perspectiva la tensión entre lo planificado y lo que no lo es; el improvisar bajo una determinación y conocer algo determinado a partir de lo fortuito. Esto lleva a tratar con especial atención el asunto de la libertad en lo *contingente* [13, pp. 150] y el sentido del tacto, lo cual resulta relevante para el carácter ético-estético que se está relevando.

Las nociones de providencia e improvisación musical en red también representan aspectos de las ciencias y las artes. En las ciencias hay una predicción a partir del método científico [24, loc. 70] estableciéndose un “mirar antes” o providencia. En cambio, si bien en las artes hay cierta planificación metódica, la improvisación en sentido de lo imprevisible y espontáneo juega un papel preponderante.

Motivaciones en la noción de pensar en red

Desde la bibliotecología Granjean [28] habla del conocimiento humano como una red. Cabe formularse la pregunta sobre cuál es el papel de las artes en esa red.

⁶⁶ Las citas están traducidas al español por el autor de este artículo, a menos que se especifique otra cosa en la Bibliografía.

La motivación de postular un “pensar en red” proviene de constatar la influencia de las ciencias y tecnologías en los procedimientos del arte, desde comienzos del siglo XX en adelante, no siendo necesariamente evidente el mismo influjo en sentido contrario, vale decir, el efecto de la creación artística en la investigación científica. Eso se hace especialmente sensible en el ámbito de la producción de conocimiento. Así lo advierte Ferraz [5] en la actividad interdisciplinaria en el ámbito académico cuando previene a los estudiantes de postgrado en composición de crear música que “ornamente” un discurso literario lineal o, a la inversa, de escribir trabajos pseudo-científicos acerca de la propia creación. Esto deja en evidencia una brecha entre creación e investigación no sencilla de salvar, pues tiene que ver con lo lineal y no lineal de los respectivos marcos de pensamiento. ¿Podría la improvisación artística en red contribuir a salvar esta brecha?

Puede aparecer ilusoria la idea de que en la improvisación *online* exista un “pensar en red” que haga posible una colaboración complementaria entre artes y ciencias. Schröder *et all.* advierten acerca de la tentación de hacer de la red “una forma globalizada de explicarlo todo” [6] considerando que ellas en realidad

“funcionan más a la manera de la noción de ‘superficie’ en Deleuze y Guattari donde nada existe ni encima ni debajo.” [...] “Es en realidad la metáfora del rizoma de Deleuze y su alineamiento con la noción de fragmentación y desconexión lo que se contraponen a estas formas idealizadas de pensar en la red lo que Coyne se refiere como ‘la autoridad inflada de la red’ [6]

Estas objeciones son pertinentes si nos atenemos a la “idealización”. No obstante, lo que aquí se pretende relevar no es el “yo pienso” cartesiano [20, loc. 2703] por el cual se establece una distancia abstracta entre pensar y realidad [21, loc. 409]. Por medio del tocar improvisado a partir de la escucha a distancia, se apela a un tramo real existente, audible y también visible por las tecnologías de red en términos de latencia. Siguiendo a Schroeder, aquí hay “énfasis en lo ‘paranodal’, como una manera de pensar lo que yace entre los nodos” [1], esto es, una concatenación de tecnologías y personas que dan carácter de corporeidad original a cada red a partir de su latencia en términos su “acústica” e “idiosincrasia” [3]. Esto contrarresta la idealización que advierte Schroeder, acercando la noción de red con la de cuerpo. La corporeidad según Merleau-Ponty [14, pp 130] introduce “superficies” de visibilidad y profundidad distintas a lo planteado por Deleuze:

“...lo propio de lo visible (...) es ser superficie de inagotable profundidad...”

El sentido del tacto en el pensar en red

En el dominio de la música en red, cuando Weinberg [4] habla de su "aspecto similar a la mente" está relacionando la música y el pensamiento con el sentido corporal del tacto. En esto se consideran aspectos lingüísticos y filosóficos. En primer lugar, lingüísticamente varios términos musicales se refieren al tacto cuando, en idiomas como el español y el portugués, se usa el verbo "tocar" para referirse la interpretación de un instrumento. Por otra parte, la palabra en alemán *Takt* para designar compás musical significa también tacto. Filosóficamente el sonido guarda relación con las cosas en sí mismas y su proyección fuera de sí, asunto que se aplica también al sujeto según Nancy:

“sonar es vibrar en sí o vibrar consigo: no es únicamente, para el cuerpo sonoro, emitir un sonido, sino que lisa y llanamente es extenderse, conducirse y resolverse por completo en vibraciones que al mismo tiempo lo relacionan consigo mismo y lo ponen fuera de sí” [15, pp. 7]

Este toque consigo mismo ocurre en las cuerdas vocales, los labios y dedos contra diferentes cuerpos en vibración como columnas de aire, cuerdas, membranas, etc. que pone al músico y su instrumento en un frágil “fuera de sí mismo” como lo pone Schroeder:

“Es la realización de la fragilidad corporal persistiendo entre instrumento e intérprete, entre material y cuerpo (la caña que resiste la lengua del intérprete de maderas; la enorme campana de la tuba que resiste los pulmones del intérprete de bronces)” [3]

Queda relacionada la música y el tacto y ambos, a su vez, con la mente si se considera su sentido trascendente en Aristóteles:

“la inteligencia se piensa a sí misma, pues deviene inteligible tocando y pensando, de modo que inteligencia y lo inteligible sean lo mismo” [13, pp. 150]

Desconexión e interconexión y el cuerpo.

Estas aproximaciones ayudan a relacionar a nivel teórico la improvisación musical en red, el sentido del tacto y el pensamiento. Weinberg [4] hace hincapié en la "grandeza" de ambas situaciones: lo desconectado y lo interconectado. El momento desconectado es cuando la distancia trae su consecuencia y su "grandeza" en la posibilidad de distinguir "procesos completamente independientes" y "coherencia analítica de bajo nivel" mientras que la interconexión permite "inmersión de alto nivel".

Este sentido de desconexión e interconexión es importante de subrayar pues responde a aquella misma fragilidad de la red como también la del cuerpo como elemento disruptivo en el sentido de Schroeder:

“Por lo tanto, el cuerpo humano no facilita el flujo de información; ella (*sic.*) no es una participante activa ni diseñadora de una costura suave, sino que el cuerpo humano es un interruptor, un perturbador de la red. En el cuerpo humano habita la puntada. Visto desde este ángulo, la red fluye ininterrumpidamente en ausencia de presencia corporal, y es debido a la existencia de los deseos del cuerpo de restricciones y límites que la red se interrumpe” [16]

Se entiende lo que quiere expresar Schroeder en el sentido de lo que también suscribe Chretien apoyado en Aristóteles y Heidegger:

“las cosas no se tocan, solo para un tercero están a una pequeña distancia” y “el intervalo (...) entre las cosas nunca es suprimido, sino sólo olvidado”⁶⁷ [13, pp. 106]

No obstante, Schroeder [3] hace alusión a la participación del cuerpo, como elemento que conecta, al decir que ha “escuchado muy de cerca, corporal y atentamente en red y a la red” y que esa escucha es “un enriquecedor estado corpóreo” en un sentido de de-centramiento de sí mismo. El cuerpo en red es entonces, por una parte, un elemento de “desconexión” al distinguir “acá” y “allá”, “nosotros” y “ellos”, “yo” y “otro” y, por otra parte, un elemento de interconexión en los cuales hay “inmersión” y “estado enriquecedor” en comunión con el mundo. Ambos momentos, como dice Weinberg [4], son de “extraña grandeza”.

Cuerpo y des-centramiento: fe en otro.

Ahora bien, si el “pensar en red” se caracteriza entonces por un “descentramiento” de sí, ¿de qué manera podemos centrarnos en una cosa en particular, que es lo propio del pensamiento? Descentrarnos de ella malograría la finalidad de la intención pensante. A pesar de nuestra concentración, la intención sufre diversas discontinuidades como, por ejemplo, pensar en otras cosas relacionadas o no con la tarea. Hay quienes para los cuales fijar la atención en una cosa distinta les

⁶⁷ 1997, 106

ayuda a desempeñar mejor aquello en lo cual tienen puesta la atención principal (por ej. escuchar música mientras se trabaja). Este sería un tipo de descentramiento. ¿Por qué el descentramiento que se supone que aparece en la improvisación en red aporta una calidad distinta?

Al fijar la atención en el tocar de otro que está a distancia, hay diferimiento que opone resistencia a esa fijación. Hay un “sí” libre en el sentido de Peters pues el otro no percibe el esfuerzo que se hace por escuchar y seguir lo que ocurre a distancia. Cuando se está tocando en un solo escenario hay un lenguaje corporal que suscita una reciprocidad en los ademanes; que presume una mutua correspondencia. En cambio, en el tocar en red, la certeza de tal reciprocidad y correspondencia está modulada por diversas latencias. Esto obliga a una actitud de mayor gratuidad en sentido de que, la intencionalidad del tocar de uno, no necesariamente obtiene la respuesta esperada en el otro. En el tocar en red hay una especie de fe en la presencia verdadera del otro cuya manifestación sensible está fragilizada.

¿Porque habría que llamarse a esto una forma de conocimiento o pensar en red? ¿No es solo una especie de ejercicio moral que no lleva a la elaboración de conceptos?

Aquí hay un pensar que se inscribe no en el uso puro del entendimiento y la razón, es decir, en lo tratado en las dos primeras Críticas de Kant sino también en la Tercera, aquella que se dedica al juicio estético. En la Crítica del Juicio, Kant elabora el complemento que da sentido más amplio a las dos Críticas anteriores [17]. Si el elemento improvisado y corpóreo del tocar en red se ve reflejado en los conceptos de espontaneidad y organismo tratados en la Tercera Crítica [18, pp. 279, 100, 113], esto lleva a postular el pensar en red como una heurística que da sentido ético y estético al uso del entendimiento y la razón.

La fe en la presencia del otro sensiblemente precaria es una forma de conocimiento en la improvisación y providencia en red pues se le da un “sí” libre al tocar ocasionado por la espontaneidad, la intención atendida o desatendida que ocurre en un siempre ahora que le otorga un rango estético y ético a un solo cuerpo.

La forma descentrada de audición propuesta por Schroeder la lleva a hablar de una “interferencia subjetiva” [3] donde lo que interfiere es el cuerpo de la red.

“El examen de la audición en este trabajo asume un enfoque más experimental y se abstiene de una aprehensión supuestamente objetiva del entorno al que se escucha, para reconocer, más bien, que todos escuchan y escuchan de manera diferente, y que de hecho están en un lugar (como la red) ya constituye una interferencia subjetiva ...”

Improvisación y providencia: libertad y determinación.

El pensamiento, según Kant, opera en el marco de los llamados *a priori* [24, loc 989] que son el tiempo y espacio. Pensar algo que está previsto requiere de esas coordenadas. La improvisación en cambio ocurre en una especie de eterno presente. Duke Ellington [9, pp. ix] decía respecto de la improvisación:

“¿Improvisación? Cualquier persona que toca algo que vale la pena escuchar sabe lo que va a tocar, no importa si se prepara un día antes o un pulso antes. Tiene que ser con intención.”

Ellington no da importancia al lapso de tiempo y por lo tanto lo suspende, pero enfatiza la intención, es decir, la dimensión del sujeto. Resulta interesante contraponer esta suspensión del tiempo y, por otra parte, subrayar lo subjetivo o, como ocurre en la improvisación grupal, lo intersubjetivo y siempre nuevo como argumenta Peters:

“Quienes practican la improvisación libre desean demarcar un espacio no demarcado; su ideal es un territorio puramente virgen en el cual estar en comunión con el otro” [10, loc. 309]

Entonces, la improvisación grupal escucha el momento proveniente de diversas voluntades escuchantes, pues la intención de lo que se toca proviene de la escucha de otro, que hace del acto improvisado un acuerdo; un “sí” acerca de algo que es siempre por primera vez. Este “sí” resulta perdurable en la medida de que se constituya como asentimiento, así como lo pone Peters [10, loc. 499]:

“... a pesar de que Kant está primeramente preocupado por el juicio del gusto que se refiere a la recepción de obras de arte existentes, también es necesario un dictamen de una obra que comienza, un originario ‘¡sí!’ [...] “el improvisador libre sólo puede decir “sí” si el trabajo de la obra ha de ser sostenido más allá del instante de su origen.”

Este espacio de libre albedrío lo exalta Deleuze [11, pp. 298]:

“Los problemas o las ideas emanan de imperativos de aventura o de acontecimientos que se presentan como preguntas. Por ello, los problemas son inseparables de un poder de decisión, de un *fiat* (hágase) que hace de nosotros, cuando nos atraviesa, seres semidivinos.”

En este contexto es donde la noción de providencia y de improvisación adquieren mutua pertenencia. Boecio [12, Prosa IV y VI] imagina un diálogo con la *dama Filosofía* en el cual ella le explica que la providencia o “presciencia”, por su naturaleza intersubjetiva, no anula el libre albedrío.

“5. Tu argumento a favor de la necesidad de los acontecimientos futuros se reduce a esto: han sido previstos, luego tienen necesariamente que suceder.”

“24. El error está en pensar que todo conocimiento arranca exclusivamente de la esencia y naturaleza misma del objeto.”

“25. Y sucede puntualmente lo contrario: todo objeto conocido es apreciado no en función de su esencia, sino en función del sujeto cognoscente.”

“40. Porque todo hecho futuro va precedido de la mirada divina, que lo trae a la presente actualidad de su conocimiento propio. La presciencia no cambia la manera de conocer, como tú crees, sino que, de una sola vez, en un presente eterno, prevé y abarca todos los cambios posibles, sean o no voluntarios.”

“41. Y esta universal actualidad que todo lo abarca y percibe se da en Dios no en virtud del desarrollo de los hechos futuros, sino en virtud de la suma simplicidad, propia de su naturaleza.”

Si bien aquí hay presupuestos religiosos, los argumentos de Boecio sobre una mutua correspondencia entre providencia y libre albedrío permiten establecer la misma relación entre improvisación y providencia. En efecto, si un músico toca en improvisación libre y un segundo músico también improvisa mientras escucha al primero, hay una mutua pertenencia entre ambas improvisaciones que se unen en un resultado sonoro que es aceptado de común acuerdo si la improvisación continúa [10]. Si el segundo músico “responde” a la idea musical del primero tendría menor libertad de acción musical pues lo que toca debe tener correspondencia subordinada con lo que toca el primero. No obstante, existen innumerables formas de responder al primer tocar, por lo cual, la libertad para ambos es la misma.

En la improvisación en red hay una latencia mucho mayor entre los músicos, lo cual, justamente amplía ese ámbito de libertad en comparación con improvisar todos en un mismo escenario. Volviendo a Ellington [9], el músico que improvisa respondiendo a un gesto musical a distancia lo hace con mayor intención y decisión pues lo que hace a los participantes mutuamente audibles e incluso visibles ofrece resistencia a la comunicación que está mediada por membranas de altavoces, superficies de píxeles y una multitud de concatenaciones tecnológicas y humanas. La presencia, así mediada, amplía el margen de libertad por el énfasis dado a la intencionalidad y decisión de ir al encuentro de algo distinto que está al otro lado de la red.

Ahora bien, ¿a qué viene citar un filósofo pre-moderno que habla de providencia divina y libertad en el contexto de la novedad del pensar en red? Se trata precisamente de establecer una similitud entre lo que trata de sostener Boecio en términos de coexistencia de una subordinación a una

providencia y simultáneamente ser libre en sentido de la intención que señala Ellington [9]. Más que emancipación, la libertad que aquí se alude enfatiza la construcción de lazos como dice Oliveros [25]:

“A medida que la tecnología mejora exponencial y ubicuamente, eventualmente no habrá motivo para no tocar música a distancia. La globalización nos da más razones. Hacer música juntos hace amigos.”

Esto requiere no solo escuchar atentamente al otro distante, sino además en sentido de Cage [7], aprender la escucha de una atmósfera [29] de realidades que se constituyen en apelación personal para cada uno, una providencia improvisando e improvisación providente. Con esto se quiere decir un ir y venir de negociaciones en el cuerpo en red como lugar de mediación, como afirma Schroeder [3]:

Veo así al cuerpo performativo en la red como frágil y como actuando en un estado intermedio, (...) intenta no centrarse en lo que está "fuera" allí o lo que está "ahí dentro", permitiendo una difusión del entorno externo, de la misma manera que la resistencia en la relación cuerpo-instrumento se suaviza para resaltar la anticipación de las cosas que están a punto de tener lugar.

El cuerpo y el tacto como lugar de improvisación y providencia

Desde el punto de vista anterior y de la comunión con otro, que enfatiza Peters, es claro que el lugar de la improvisación y providencia es el cuerpo. Sin embargo, subsiste la pregunta sobre a quién pertenece ese cuerpo. El sentido del tacto es el más indicado para responder pues lo táctil pertenece a todo el cuerpo, “en cualquier caso, a toda la carne” [13, pp. 112] y “capta y siente inmediatamente su carácter útil o nocivo, su relación con la preservación de nuestro ser.” [13, pp. 118] Todos los demás sentidos están ordenados al tacto pues “constituye la condición de cualquier interés. Con él, en efecto, aunque fuese nuestro único sentido, están inmediatamente dados la afectividad y el deseo” incluso “el gusto es una especie de tacto.” [13, 118]

Si por el tacto disponemos de un sentido que nos hace dueños de nuestro cuerpo con sus deseos e interés en subsistir, por el mismo sentido se manifiesta asimismo una pertenencia a otros. Ningún otro sentido tiene reversibilidad tan inmediata:

«Tocar», dice Merleau-Ponty, «es tocarse»; y Henri Maldiney precisa: «Tocando las cosas, en efecto, nos tocamos en ellas, somos a la vez tocante [*sic*] y tocados». La experiencia táctil del otro es también experiencia de uno mismo; si no, ni siquiera sería experiencia del otro, pues ya no sería yo quien la haría.» [13, pp. 104]

El mismo sentido del tacto que, por el gustar nos pone en relación al comer, también lo hace respecto del ser alimento y sus peligros.

“El tacto lo pone de manifiesto aún mejor que los demás sentidos, pues es el "sentido del alimento” y aquel cuya destrucción supone la destrucción de todo el organismo, aquel cuya exposición es la del viviente en su totalidad: en él nuestra propia vida se arriesga y se arriesga por todas partes, pues toda nuestra carne es táctil.” [13, pp. 119]

Schroeder subraya el carácter de fragilidad del cuerpo en red. Es un cuerpo unido a su instrumento musical con el cual se establece una auto-afcción [1] que precariamente se abre a otro [3]:

La red revela varias diferencias sutiles entre el "aquí" y el "allí", entre el "yo" y el "otro", entre "escuchar" y "ser escuchado" y entre el cuerpo y el instrumento. Específicamente resalta una sensación de fragilidad por parte del intérprete que escucha en un medio inestable. Esto proporciona un interesante estado de performatividad en el que ciertas resistencias pueden suavizarse: la relación cuerpo-instrumento, el picor incestuoso y el rascado del objeto, por ejemplo, mientras que otras resistencias se enfocan más claramente, como estar en una relación performativa, presente con otros ausentes.

Red, mujer y conocimiento

Aquí Schroeder toca un aspecto de sensualidad en la red que amerita mayor detención por el carácter epistémico que contiene. Schroeder se refiere al cuerpo de la red con el pronombre femenino [3]. También habla de “suavidad” al interior de ese cuerpo en su relación háptica con sus miembros extensivos, en este caso, los instrumentos musicales. Esta suavización se relaciona entonces con la *res extensa* cartesiana [20] [21], aquella que va hacia el objeto en contraposición dual con la *res cogitans* del sujeto. Aquí entramos en la profundidad del problema de la dualidad cartesiana del pensamiento crítico. El énfasis de Schroeder en lo femenino del cuerpo en red necesariamente tiene como referencia su contraparte, es decir, lo masculino de éste. Siendo así, por tratarse de una corporeidad de múltiples cuerpos que forman uno solo, el conocimiento, la función epistemológica de una red estaría íntimamente involucrada en esa unión y también separación. En Schroeder este vaivén se suaviza pues se des-instrumentaliza, es decir, destraba una relación de subordinación de un músico y su herramienta de trabajo para ambos formar parte constitutiva del cuerpo que es mujer.

Esto es semejante al relato mítico acerca la primera palabra que expresa la plenitud del conocimiento humano. “Esta sí que es...” es la inauguración del habla humana que reproduce el Génesis bíblico [30, 2:23] que resuena con la aparición de la mujer. Desde allí en adelante la palabra ya no es solo una herramienta para designar las cosas y dominarlas. Esta vez resuena pues “pues ha sido tomada” de él mismo por un tercero que también son otros que están en “un solo cuerpo” en red.

Esto requiere salvar una distancia pero que no es la distancia indeterminada entre palabra y realidad que produce el dualismo cartesiano. Es una distancia concreta con personas en el cuerpo en red con sus continuidades e interrupciones. Merleau-Ponty [14, pp. 181] llama a esto la “solución de recuperar al niño” pues improvisar con otro, poner en juego lo “preanalítico”, lo que está a “una determinada distancia”, que requiere creer en ese otro.

“Solución: recuperar el niño, al alter ego irreflexivo en mí por una participación lateral, preanalítica, que es la percepción, por definición *überschreiten*, transgresión intencional. Cuando yo percibo al niño él se ofrece precisamente a una determinada distancia (*presentación originaria de lo impresentable*) y también mi vivencia perceptiva para mí, y también mi alter ego, y también la cosa preanalítica. Allí está la materia común de la que estamos hechos.”

Un solo cuerpo que es siempre por primera vez

La improvisación y providencia se juega en el cuerpo como lugar propio y de otros como subraya Merleau-Ponty:

“Nuestra carne se inscribe en la carne del mundo” [14, pp. 117]

Hacia esa superficie de separación y de unión van los existenciaros de mi vida personal, ella es el lugar geométrico de las proyecciones y de las introyecciones, es la bisagra invisible en torno a la cual mi vida y la vida de los otros giran para bascular una en la otra, el armazón de la intersubjetividad.” [14, pp. 207]

Profetizando el arte telemático, Merleau-Ponty llama a ese estar unos en otros en el cuerpo como una *telepercepción*:

“Sartre dice que la imagen de Pedro que está en África no es más que una «manera de vivir» el ser mismo de Pedro, su ser visible, el único que hay. –

En realidad, esto es algo diferente a la imagen libre: esto es una especie de percepción, una telepercepción.” [14, pp. 227]

De esta forma, el pensar en red es una actividad desde el cuerpo en su vocación de ser uno solo como “carne del mundo” donde la “visión” está fundamentalmente modulada por este cuerpo con un sentido inaugural:

“Por primera vez, el vidente que yo soy me es verdaderamente visible; por primera vez, me encuentro vuelto hasta el fondo ante mis propios ojos. Por primera vez también, mis movimientos no van hacia las cosas por ver, por tocar, o hacia mi cuerpo viéndolas y tocándolas, sino que se dirigen al cuerpo en general y para él mismo (sea el mío o el de otro), porque por primera vez, por el otro cuerpo, veo que, en su acoplamiento con la carne del mundo, el cuerpo aporta más de lo que recibe, añadiendo al mundo que yo veo el tesoro necesario de lo que él ve” [14, pp. 130]

Esa visión tiene singularidad única, un sentido permanente de “primera vez” lo cual enlaza con el “sí” de la improvisación del cual habla Peters.

El Grupo Arte en Red

El grupo Arte en Red tiene su antecedente en 2015 en sucesivas videoconferencias entre la investigadora y coreógrafa Dra. Ivani Santana de la Universidad Federal de Bahía, Brasil, el diseñador e investigador Dr. Fabián Leotteau de RENATA, Colombia, y el autor, sobre la posibilidad de realizar un programa de maestría de arte en red entre universidades latinoamericanas. Un impulso sustantivo se logró durante 2017 al establecer un régimen de reuniones semanales regulares para improvisar arte en red al cual se integró *SensorLab* de la Universidad de Caldas, Manizales, Colombia a cargo del Dr. Mario Valencia. La instancia de interacción telemática fue un curso de nivel de postdoctorado en la Universidad de Bahía con alumnos provenientes en su mayoría de la danza y la música bajo la responsabilidad de la Dra. Santana.

Con el fin de acercarse al objetivo que es encontrar formas de trabajo colaborativo interdisciplinar que demuestren la existencia de un “pensar en red” el grupo acordó una forma de trabajo.

Forma de trabajo: Cada país participante definió, con algunos días de anticipación, un orden general de la sesión en red correspondiente. Este consistió en: a) una improvisación libre en conjunto a manera de “precalentamiento”; b) una explicación de la temática del día; c) una propuesta de ordenamiento o composición de la improvisación de acuerdo al punto anterior; d) realización de la improvisación “controlada” e) una discusión acerca de lo ocurrido.

Observaciones: La fase de “precalentamiento” (a) se manifestó afín al pensar en red en términos de “interconexión. Esta etapa llegó a prolongarse más de 45 minutos y con ella se dio inicio al vaivén entre interconexión y desconexión, puesto en términos de Weinberg [4].

Una vez que, por medio del paso (a) se hubo alcanzado un régimen de operación, la siguiente etapa (b) y (c) adquirió un cierto significado de “desconexión” ya que la comunicación continuó, pero no de forma sincrónica, como lo fue durante el “precalentamiento”. En los pasos (b) y (c) la comunicación fue asincrónica⁶⁸ como corresponde al uso tradicional de los medios tecnológicos de comunicación.

La experiencia de la interrupción de la búsqueda de lo sincrónico al pasar de la etapa (a) a la (b) y (c) apeló a un cambio en la calidad y naturaleza de la comunicación. Por esto los pasos (b) y (c) no contribuyen a la singularidad del “pensar en red” pues, en definitiva, corresponden a suplir la conversación cara a cara por medio de la tecnología de videoconferencia.

⁶⁸ En la comunicación asincrónica hay alternancia en la dirección de los contenidos a comunicar en uno u otro sentido; mientras que en lo sincrónico hay simultaneidad de esa transferencia. Esto último es lo característico de la música, el sonar juntos, la *symphoné*.

Búsqueda de mediación entre interconexión y desconexión

La distinción entre el “cara a cara” y la videoconferencia es que, en ésta última, el sentido del tacto está suspendido en su posibilidad. Si se asiente con Chretien que “la visión es palpación a través de la mirada” [13, pp. 120] y, por otro lado, que en la videoconferencia el sentido del tacto está ausente, se descubre que presencia y tele-presencia se distinguen por su calidad táctil en potencia. Es aquí donde el realizar una actividad sincrónica en red, como la improvisación musical, juega un papel decisivo en la calidad de la comunicación. Si basados en Nancy [15, pp. 7] consideramos que al tocar música hay una proyección del tacto fuera de sí, al hacerlo con otros en tele-presencia se produce un cambio de calidad de la comunicación interpersonal pues aparece un sustituto del tacto en potencia que, en este caso estaría dado por el ritmo.

Por otra parte, la etapa (a) con toda la fuerza inmersiva que pueda adquirir en tanto experiencia, no contiene la palabra que articula el pensar. Hay una suspensión del habla a favor de la búsqueda de sincronía, en cambio, en las etapas (b) y (c), hay suspensión de la sincronía a favor del habla. Si el objeto de la sesión es la búsqueda del pensar en red, debería hallarse una forma por la cual haya un grado de sincronía sin perder el habla y viceversa.

Propuesta de integración a partir de la música escénica: En la sesión del curso Arte en Red del 12 de enero de 2018 [29] se destacó una posible solución de integración que tiene antecedentes en prácticas escénico-musicales tradicionales. En las formas musicales escénicas como la ópera, cantata y oratorio entre otras, por tratarse de música y texto, hay un “pensar en sincronía”. Esto se sostiene tanto en pasajes donde el habla sobresale en tanto *recitativo*, que es una especie de hablar a veces semi-cantado y acompañado generalmente de una música subordinada. Allí no se pierde lo sincrónico pues se persevera en la sujeción a un ritmo. En otros momentos como el *aria*, *coro* etc. el habla cede en favor del canto y lo musical asume protagonismo. Así entonces, tanto los pasajes en que prima la palabra como aquellos donde protagoniza la melodía están inmersos en la sincronía de lo musical.

De qué manera algo similar podría tener lugar en un pensar en red. Si seguimos la misma lógica del *recitativo*, en los momentos (b) y (c), donde predomina la expresión verbal de pensamientos, debiera permanecer sin interrupción cierto grado de intercambio musical. Una posibilidad es que en (b) y (c) mientras se hace uso de la palabra haya intérpretes en los puntos de red correspondientes que continúen improvisando en un segundo plano. Esto permitiría mantener una comunicación sincrónica, por medio de esa improvisación de fondo, junto a la comunicación asincrónica que es el habla y la escucha.

Ensayo en red y el mundo exterior

Lo anterior tiene cierta similitud con lo que Malhotra [19] describe en su análisis fenomenológico del ensayo de orquesta donde existen signos que sostienen la “relación del nosotros”. Malhotra describe los momentos previos de los ensayos donde gradualmente se pasa de lo cotidiano a lo musical.

“El propósito general de ensayo [de orquesta] es negociar la producción de sonidos en el total musical. Otro objetivo de los ensayos es eliminar cualquier intrusión del mundo cotidiano en el mundo de la música cuando es interpretada.”

Extendiendo lo señalado por Malhotra los momentos (b) y (c) pueden ser entendidos como “ensayo” durante los cuales hay un “negociar”, es decir, un vaivén entre lo que se logra como resultado sonoro y lo que se procura obtener musicalmente. En el caso de ensayo de orquesta, según Malhotra, el objeto del vaivén no es establecer una relación con el mundo exterior sino, por el contrario, producir una separación. Esto es lo opuesto a lo que ofrece la improvisación en red según lo expresa Schroeder:

“La escucha en la red, lo que también llamo escuchar en red (ya que enfatiza mejor la complejidad de vaivén de las actividades sonoras involucradas) puede ser vista como una actividad e interactividad que no solo conforma

nuestra percepción de una obra musical, sino también, en último término, a los intérpretes (escuchando) como sujetos mismos.” [19]

El involucrar al mismo intérprete como sujeto de la escucha en red establece una diferencia con el ensayo musical en un mismo lugar en sentido de que comienza una intromisión del “mundo cotidiano” en la música y viceversa, así como también lo afirma Rebelo citando a Cage [7]:

“una música, esto es, que será parte de los sonidos del ambiente, los tomará en consideración. Pienso en ello como tan melodioso, ablandando el sonido de los cuchillos y tenedores, no dominándolos, no imponiéndose. Podría llenar esos pesados silencios que a veces caen entre amigos cenando juntos.” ... “Al mismo tiempo neutralizaría los ruidos de la calle que tan indiscretamente entran en el juego de la conversación.”

Aquí se apela a este espacio de no dominación que produce la escucha en red.

En contraposición al ensayo local, la improvisación en red abre posibilidades como práctica que reúne música y realidad no solo como elemento que amortigua y rellena intersticios con aquello que está “frente a” sino que, la misma latencia interpuesta, esa presencia se desplaza “en medio de” la subjetividad descentrándola respecto de un “otro” y así, centrándola en una intersubjetividad capaz de reunir saberes.

Conclusión

El 1ro. de febrero de 2018 el grupo Arte en Red se reunió para discutir los resultados obtenidos de la experiencia del curso homónimo mencionado. Los comentarios de los participantes tanto alumnos de postgrado como docentes se pueden resumir en:

- a) La experiencia de desdoblamiento: Este comentario fue expresado por una alumna bailarina quien se refirió a una multitud de desdoblamientos por medio del dispositivo de la cámara.
- b) La dificultad de la comunicación: Fue señalada por un alumno en consideración, además, a la barrera del idioma portugués y español.
- c) La figura de Narciso como un mirarse y mirar: Esto se manifestó tanto en la visualidad de la danza de los alumnos del curso en la UFBA como los gestos visuales improvisados por el Dr. Fabián Leotteau.
- d) La comunicabilidad del gesto a través de la red.
- e) El cuerpo que conoce.
- f) La interactividad artística.

Como atributos de un “pensar en red” se destacó:

1. Un disponerse: Haber coincidido en realizar la actividad del curso requiere un reconocimiento del otro como interlocutor válido.
2. Énfasis en “cómo mirar” más que un “que mirar”. Hay un mirarse entre nosotros en relación a un objeto.
3. Carácter táctil y de incorporación.
4. Carácter oblicuo y atmosférico, no dirigido a un objeto en especial sino a un entorno.

Estas conclusiones junto con la reflexión propuesta en este artículo revelan la posibilidad del arte en red como forma de conocimiento lo que hace plausible la singularidad de un pensar en red. No obstante, por tratarse de un pensar que involucra actitudes de escucha, su verdadero valor resta aún por manifestarse en sus potencialidades.

“...la idea de una práctica musical verdaderamente descentralizada, tanto local (específica) como global, tanto colaborativa como participativa, tanto sincrónica como asincrónica, sigue siendo un desafío.” [7]

Agradecimientos

Dra. Ivani Santana, Universidad Federal de Bahía, Brasil y alumnos de su curso de postgrado Arte en Red; Dr. Fabián Leotteau de RENATA, Colombia; Dr. Mario Valencia y Prof. Óscar Ceballos, *SensorLab*, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia; Profs. Leonardo Cendoyya, Cristián Errandonea, Dpto. de Música y Prof. Eduardo Hamuy, Dpto. de Diseño de la Universidad de Chile; Andrés Daneris, alumno Magister en Composición y Amalia Garay, alumna Lic. en Composición, Universidad de Chile; Tania Altamirano, RedCLARA.

Referencias

- [1] S. Gresham-Lancaster, "The Aesthetics and History of the Hub: The Effects of Chaging Technology on Network Computer Music," *Leonardo Music Journal*, vol. 8, pp. 39-44, 1998.
- [2] S. Jordá, "Faust Music On Line: An Approach to Real-Time Collective Composition on the Internet," *LEONARDO MUSIC JOURNAL*, vol. 9, pp. 5-12, 1999.
- [3] F. Schroeder, "Listening—Towards a De-centering of Beings," *Contemporary Music Review*, vol. 32, no. 2-3, pp. 215-229, 2013.
- [4] G. Weinberg, "The Aesthetics, History and Futura Challenges of Interconnected Music Networks," MIT Media Laboratory, Boston, 2002.
- [5] S. Ferraz, "A produção acadêmica do compositor: entre prática e conceito," UNICAMP; Grupo de Pesquisa em Criação Musical-CNPQ, UFRN, Natal, 2012.
- [6] F. e. a. Schroeder, "Adressing de the Network: Performative Strategies for Playing Apart," Sonic Arts Research Centre (SARC), Queen's University Belfast, Belfast, 2007.
- [7] P. Rebelo, "Dramaturgy in the Network," *Contemporary Music Review*, vol. 28, no. 4, pp. 387-393, 2009.
- [8] F. Schroeder, "Dramaturgy as a Model for Geographically Displaced Collaborations: Views from Within and Views from Without," *Contemporary Music Review*, vol. 28, no. 4, p. 377-385, Agosto 2009.
- [9] G. a. N. B. Solis, *Musical Improvisation, art education and society*, Chicago: University of Illinois Press, 2009, p. ix.
- [10] G. Peters, *The philosophy of improvisation*, The University of Chicago Press, eBook, Kindle Edition, 2009, p. loc. 499.
- [11] G. Deleuze, *Diferencia y repetición*, María Silvia Delpy y Hugo Beccacece, Buenos Aires: Amorrortu, p. 298.
- [12] S. Boecio, *La consolación de la filosofía*, A. C. Piñán, Ed., Buenos Aires: trad. Pablo Masa, Ediciones Aguilar, 1955, p. Prosa IV y VI.
- [13] J.-L. Chrétien, *La llamada y la respuesta*, Madrid: Chaparrós Editores, 1997, 4to. capítulo.
- [14] M. Merleau-Ponty, *Lo Visible y lo Invisible*, trad. Estela Consigli y Bernard Capdevielle, Buenos Aires: Nueva Visión, 2010.
- [15] J.-L. Nancy, *A la escucha*, traducción no publicada de Cristóbal [1] Durán, 2014.
- [16] Schroeder, Franziska y Rebelo, Pedro, Sonic Arts Research Centre Queen's University Belfast, "Sounding the Network: The Body as Disturbant," *Leonardo Electronic Almanac*, vol. 16, no. 4-5, pp. 1-10, 2009.
- [17] E. Kant, "Critique of Judgement," Wikymedia, Mediawiki, [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Critique_of_Judgment. [Accessed 3 junio 2018].
- [18] E. Kant, *Crítica de la Facultad de Juzgar*, trad. Pablo Oyarzún, Caracas: Monte Ávila Editores, 2006.

- [19] Malhotra, Valerie Ann, Department of Sociology, Texas Woman's University, "The Social Accomplishment of Music in a Symphony Orchestra: A Phenomenological Analysis," 1981.
- [20] R. Descartes, Principles of Philosophy, T. Read, Ed., Copenhagen: Amazon Kindle Edition.
- [21] R. Descartes, Rules for the Direction of the Mind, T. Read, Ed., Copenhagen: Amazon Kindle Edition.
- [22] R. Cori, *Providencia e Improvisación: un Cuerpo para Artes y Ciencias Improvisando Música en Red*, Santiago, tesis doctoral, Universidad de Chile, 2017.
- [23] F. Bacon, *The great Instauration*, M. Classics, Ed., Amazon Kindle.
- [24] E. Kant, *Kritik der reinen Vernunft 2. Auflage von 1787*, K. W. d. Philosophie, Ed., Amazon Kindle eBook.
- [25] P. Oliveros et all., "Telematic music: six perspectives.," *Leonardo Music Journal, Online supplement*, vol. 19, 2009.
- [26] X. Alarcón, "Networked Migrations: Listening to and performing the in-between space," *Liminalities: A Journal of Performance Studies*, vol. 10, no. 1, pp. 1-21, May 2014.
- [27] L. Lawlor, "Jacques Derrida," 16 April 2018. [Online]. Available: <https://plato.stanford.edu/entries/derrida/>.
- [28] M. Granjean, "La connaissance est un réseau, Perspective sur l'organisation archivistique et encyclopédique," 2014. [Online]. Available: <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01525545>.
- [29] Santana, Ivani et all. Universidad Federal de Bahia., *Curso en Red*, Bahia, Manizales, Miami, Santiago: video no publicado, 2017.
- [30] "Biblia de Jerusalén," 2009. [Online]. Available: <http://www.pastoral-biblica.org/biblia-de-jerusalen-consulta-en-linea.html>.

Integración tecnológica en las artes escénicas mediante el uso del software Qlab. Caso; Lucrecia & Judith un espectáculo de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad del Atlántico

Jorge Iván Suarez A, Julia Carolina Villareal.

Grupo de Investigación Teatro, Espacio e Interactividad (TEI),
Facultad de Bellas Artes, Universidad del Atlántico
jorgeisuares@mail.uniatlantico.edu.co

Resumen. Esta investigación escénica busca indagar en el software Qlab como elemento integrador entre los diferentes aspectos técnicos y tecnológicos que confluyen en un espectáculo escénico y cómo por medio de éste se puede gestionar los diferentes factores que están confluyendo en la evolución técnica y tecnológica de la escena contemporánea, logrando así un resultado armonioso e incluso un énfasis en aquello que es lo específicamente escénico: la presencia y emociones del ejecutante, demostrando así que al integrar adecuadamente todos los factores de la ecuación escénica, lo que era artificial en la escena se convierte en “lo invisible” (la luz, el sonido, las visuales) reforzando así la presencia del actor y logrando una escena mucho más comunicativa. Por lo tanto, el uso de la tecnología de lo numérico está enriqueciendo la comunicación escénica, su plástica en espectáculos de toda índole y aunque en la mayoría de los casos parece ser un elemento artificial, externo, están íntimamente relacionados con la narrativa escénica.

Palabras Clave: Escénico, tecnológico, Qlab, Comunicación, Teatro.

Eje temático: Mejora de procesos.

1. Introducción

Desde finales del siglo pasado el giro operado en la concepción del espacio teatral y espectacular ha sido abismal con respecto a las ideas e innovaciones en materia escénica precedentes, gracias a la aparición de las tecnologías digitales en la escena que potencian tanto la posibilidad de una escena interactiva como una escena integrada con sus componentes visuales y auditivos (sonido, imágenes, efectos de luces). La integración de tales instrumentos de una forma orgánica y visual se vuelca completamente sobre la figura del intérprete, ya que permiten apreciar más claramente el trabajo corporal, interpretativo y de encarnación de éste. Dando con ello un paso hacia una verdadera relación de interdependencia mutua en la que el espacio funcional de la ficción escénica como alteridad del actor o bailarín, entabla un diálogo cinético con las imágenes, los sonidos y la luz.

Estas búsquedas de integración en la industria y como consecuencia en la escena, se puede rastrear hasta finales del siglo XIX en los primeros estudios de la organización científica del trabajo, encabezados por Frederick Winslow Taylor uno de los fundadores y estudioso del modo en que la revolución industrial y la introducción de la división del trabajo, la parcelación de las tareas, la especialización profesional y demás soluciones organizativas destinadas a aumentar la productividad, afectarían todo el quehacer humano. De hecho, en la secuencia de estas ideas se puede considerar que la transformación del proceso artesanal de la escena en pos de una integración y sistematización mayor, desemboca en la consolidación de la técnica cinematográfica como concreción de la integración de todo aquello que se creía era “imposible” de seriar en la escena.

El espacio escénico como integración en el último siglo, lo han indagado investigadores, teóricos y artistas que reflexionaron, escribieron e investigaron sobre el espacio teatral tanto en términos de ámbito arquitectónico (un todo en uno) como en lo particular del ámbito escénico y su posible integración tecnológica como Appia, Craig, Fush, Gropius, Piscator, Schelemmer, M. Cunningham. En ellos se puede rastrear las claves de una escena que integre no solo lo plástico–escenográfico, si no lo emocional, visual y tecnológico.

La valoración integral del espacio escénico como lugar en el que se desarrolla la acción ficcional con todas las consecuencias sensoriales, se la debemos a un conjunto de circunstancias como son; el desarrollo de la iluminación eléctrica para la escena, en el transcurso del siglo XX, la aparición de la figura del escenógrafo que junto con las directrices del director, diseña el conjunto de elementos visuales que la escena demanda y la presencia del director de escena como unificador del hecho escénico en una sola óptica, en detrimento del poder casi omnipotente del primer actor e incluso del mismo dramaturgo.

A todo este cúmulo de circunstancias hay que sumarle la aparición de ideas renovadoras que pretenden liberar al actor de la tiranía del gesto vacío y devolverle su esencia como ser vivo, como experiencia viva no exclusivamente ilusionista, que da a lugar a propuestas emocionales y verosímiles de tipo actoral, como las realizadas por Stanislavsky, Meisner y otros... o las propuestas de creadores dentro de la dinámica del teatro postdramático que abogan prácticamente por la desaparición del personaje en pos de una reateatralización consecuente y veraz del mismo intérprete: si entonces sumamos las ideas plásticas derivadas de la adopción de los principios A. Appia, G. Craig y Schlemmer, sumados a la dinámica tecnológica y digital que pretende organizar de forma integral la combinatoria de estos elementos; se abren las puertas a propuestas visuales fascinantes y que inauguran una nueva teatralidad que llega hasta nuestros días en sus vertientes más plásticas.

Desde el punto de vista de la integración que brindan las tecnologías de lo numérico, las perspectivas reseñadas anteriormente son las que permiten las actuales investigaciones espaciales e interactivas en el ámbito del escenario y desde las que es posible indagar sobre la plástica escénica en relación con la plástica tecnológica, como una unidad de eventos coherentes con el fin comunicacional de una escena integrada, es decir, una escena que vincula las tecnologías emergentes de los sistemas digitales con las tecnologías “clásicas” del actor y el escenario convencional por medio de una serie de eventos dinámicos y relacionales que se llevan a cabo en el aquí y ahora compartido

con el espectador, quien disfruta un espectáculo de mayor calidad al lograrse la invisibilidad técnica y tecnológica, gracias a las herramientas que minimizan tiempos y amplían las posibilidades expresivas y técnicas.

Un elemento que no se desea dejar de resaltar en esta breve introducción es el hecho que históricamente, el teatro ha sido un arte multimedial por excelencia e integrador por vocación y necesidad comunicativa, entonces los actuales trabajos con las tecnologías de lo sintético en busca de una mayor unidad, lo único que están haciendo es evidenciarlo de forma más rotunda, que el evento escénico es una “acción” que no solamente depende de los actantes sino que la escena está resaltando como el “lugar” propicio para poner en juego la interdisciplinariedad y la transversalidad que las artes escénicas llevan en su ADN, como sello de nacimiento y que en muchos momentos de la historia escénica reciente se ha olvidado. Afirmar esto a muchos les puede resultar molesto, sobre todo a las legiones de tecnófobos que defienden una escena despoblada de “artefactos” en pos de un actor más presente, más vivo, sin darse cuenta que justamente, en muchos de los casos lo que permitirá una escena vívida es justamente la transversalidad sintética de la que hacen gala los medios digitales.

Finalmente no se trata de hacer un alegato en la práctica de tecnofilia o de tecnofobia; se trata en este caso de demostrar cómo, con muy pocos medios y una sinergia brindada por la tecnología digital en un software, que aunque es comercial no esta muy difundido (aún), se potencia la anhelada integración de todos los elementos del “ambiente” escénico (las denominadas en términos clásicos; técnicas escénicas) en pos de un actor más presente, de una comunicación más efectiva y de unas visuales que hiperboliza la plástica, además de lo esencialmente teatral; la teatralidad misma.

2. La realidad inmediata

En busca de unos niveles más acordes desde la óptica académica con los que están transcurriendo a nivel profesional e internacional en el ámbito de lo escénico, surge en un montaje de corte académico, la necesidad de integrar los elementos que la puesta en escena está demandando, porque en el hecho escénico en un mundo globalizado y tecnologizado no solo importa la presencia veraz y coherente del intérprete, sino que también cuenta cómo está acompañado éste de los medios espectaculares necesarios para que la ficción escénica sea creíble y posible.

Antes de continuar es necesario aclarar a que nos referiremos con el término espectáculo y espectacularidad, pues en nuestro medio son términos muy cuestionados e incluso denodados. Se ha partido de dos premisas básicas; **Una**: la de Aristóteles que en la poética afirma que todo drama conlleva espectáculo, y que es posible que el miedo y la compasión (efectos del drama en el ánimo de los espectadores que conducen a la catarsis) surgen del espectáculo. **Dos**: desde Roland Barthes en su libro *Escritos sobre teatro*, donde dice que espectáculo son todas las manifestaciones artísticas que suponen una representación ante un público.

Desde estos puntos de vista tendremos en cuenta que espectáculo y espectacularidad se refiere a: los elementos visuales de una presentación teatral compleja a través de los cuales opera un sistema de signos escrito entre los códigos performáticos asumidos por el espectador ante un evento escénico y a las formas por las cuales se representa una acción dramática.

En la concepción clásica, “espectáculo” equivaldría a puesta en escena, término inexistente hasta comienzos del siglo XIX, cuando empezó a designar todo aquello relacionado con el basto universo escénico de la representación. Esta cualidad material, exterior, ornamental, suponía la estimación del espectáculo desde una óptica peyorativa y el entendimiento de lo espectacular como algo suplementario, mero aderezo superficial frente a la permanencia y trascendente sustancia en un texto dramático.

Pero, desde el ámbito de la crítica teatral, primero y más tarde en los círculos académicos, “con emergencia de la puesta en escena y la toma de conciencia de su importancia decisiva para la comprensión de la obra”, el espectáculo ha recuperado su estatutos y comienza a ubicarse como

genérico “corazón de la representación”, pasando a utilizarse el término como un sinónimo de obra que abarca el texto, el espacio y el marco de su realización, los medios de crear teatralización, la ilusión y su mismo proceso de fabricación.

Una vez aclarado esto y como ya se ha insinuado en la introducción, la integración en la escena tradicional se ha logrado más desde la construcción conceptual en los elementos que se ponen en juego, es decir se ha integrado de forma coherente elementos como; contraste, balance simétrico, equilibrio, ritmo, equilibrio, peso visual, pero sobre todo, teniendo en cuenta la unidad de todos los elementos tanto teóricos, como conceptuales que desde la dirección de escena se quieren privilegiar en una puesta en escena concreta, dejando prácticamente de último los elementos visuales (luz, proyecciones, escenografía), y sonoros, siendo muchas veces, estos elementos una “sorpresa” que el día del estreno que impacta tanto a espectadores como actores.

Pero con la accesibilidad de los medios digitales, comienza a plantearse que los factores de “último momento” no deberían ser planteados de tal manera, si no hacer parte de la investigación previa a la hora de la creación escénica, es así como el director de escena académico o no, debe pensar en ellos desde la concepción de la idea a desarrollar, e incluso probar cómo podrían funcionar en una integración orgánica y a la vez espectacular.

Es justo, en medio de esta pregunta que aparece la necesidad de indagar qué medios digitales o no digitales⁶⁹ están colaborando a ello. Se hace una pesquisa en la que se encuentran softwares comerciales y no comerciales que desde hace más de una década están buscando integrarse en la “industria” escénica como una herramienta, no solo útil, sino necesaria para que las artes del tiempo y el espacio cuenten de una manera más eficaz lo que quieren contar, cómo integrarse de forma orgánica con algo tan inmaterial como lo es el trabajo emocional del actor.

Se encuentran pues herramientas ya en muchos casos estandarizadas como el Max/Msp, Isadora, Modul8, Mad Mapper y el que más útil nos ha parecido; el Qlab, pues desde la práctica parece dar respuesta a algunas problemáticas tanto técnicas como conceptuales que en este momento se están viviendo a nivel local tanto en el ámbito académico como profesional. Problemáticas que tienen mucho que ver con la forma “artesanal” en que se hace y experimenta tanto público y actores una misma puesta en escena, problemáticas que cuestionan permanentemente si es de importancia estar a la vanguardia de los sistemas tecnológicos que están a favor del acto comunicativo de un espectáculo en vivo, como lo es la representación teatral, o hay que centrarse en otros aspectos de la ecuación escénica, y que son más colaterales e incluso políticos y culturales. Las dinámicas tanto del entorno de la ciudad (Barranquilla – Colombia) como de las proyecciones teatrales del gremio, se limitan a alternativas relativamente fáciles y tradicionales en el sentido estricto de la dinámica escénica, quizá debidas a la poca infraestructura que es posible tener en los espacios escénicos en general, así como los pocos recursos económicos para optimizar tales espacios, sin contar la crisis que en estos momentos la ciudad atraviesa, como es el cierre del teatro Amira de la Rosa, infraestructura teatral célebre de la Ciudad, que por falta de recursos para el mantenimiento del espacio, circuito eléctrico, silletería, tramoyas, etc. En estos momentos está clausurada, debilitando así, la formación de público al tener un espacio escénico menos de condiciones decentes para que las artes escénicas puedan proyectar sus indagaciones y resultados creativos.

Todas estas razones empujan al detrimento y por qué no decirlo a “la baja calidad” en las puestas en escena en comparación a nivel mundial; porque tanto los profesionales como los artistas en formación no logran, desde la escuela insertar en sus creaciones los dispositivos que la industria creativa está utilizando, llegando a sentir que este tipo de herramientas son inalcanzables para los creadores locales, que no pueden construir un espacio de laboratorio para experimentar o como popularmente se dice, “cacharrear”, con este tipo de posibilidades, dejando las puestas en escenas en las realidades escasas y dejando a un lado la oportunidad de acercarse en un 90% a las expectativas que directores y actores tienen de la puesta. De lo expuesto se deriva directamente otro obstáculo: el

⁶⁹ No tenía que ser necesariamente de estas características, aunque sí deseable para estar a la altura de los tiempos que corren.

manejo y conocimiento de pocas personas en la región sobre el uso de estas tecnologías, se desconoce el manejo e implementación de este sistema en el ámbito escénico, se ha hecho difícil poder implementarlas, no solo por los costes que tienen sino también porque aún están del todo popularizados, aun en países de entornos culturalmente más favorecedores cuesta encontrar profesionales que los dominen, sin embargo se contó con la fortuna de ciertos traslados, que permitieron que algunas personas conocedoras del tema pudiesen apoyar en el desarrollo y conocimiento en específico del Qlab.

3. Lucrecia & Judith: una propuesta que busca integración

Desde esta experiencia, no se pretende dar respuesta a ninguna de las interrogantes, ni cuestiones esbozadas hasta ahora, sólo busca indagar en un tipo de software que permita una calidad óptima y una integración visual y tecnológica al momento del acto vivo, del evento escénico, facilitando los procesos y buscando acortar los tiempos que se dedican a actividades laboriosas pero escénicamente significativas para que puedan concentrarse en otros requerimientos del proceso creativo.



Fig. 1. Fotografía de un momento de la obra Lucrecia & Judith, en la que se puede apreciar cómo por medio del software se logra integrar en un momento escénico imágenes proyectadas, escenografía corpórea e iluminación; generando una sensación coherente de espacio ficcional y ámbito real.

Aunque bien es cierto, que para posibilitar la integración tecnológica se requieren infraestructuras técnicas y tecnológicas determinadas, que en nuestro caso consideramos mínimas tales como; un computador tipo Mac core5, con mínimo 8Gb de memoria Ram y 500 Gb de memoria Rom, de 14 a 20 dispositivos led tipo par 64, 1 videobeam de 5.000 lumens y alto ratio de contraste (deseable que sean de tiro corto), 1 dispositivos de conexión tipo Enttec y software de gestión de recursos visuales Qlab. Si se busca integrar en el proceso la interactividad en tiempo real se requieren más elementos aún como; sistemas de sensores, cámaras sensibles al movimiento humano, computadores de última generación... un espacio de laboratorio (para ensayos) adecuado con unas dimensiones por lo menos de 8 x 11 x 5 en los que los equipos nombrados se encuentren como capacidad instalada de forma permanente. Aunque en realidad para que la integración escena-tecnología funcione a los ojos de los espectadores, sería indispensable disponer de espacios más “generosos” en términos de visibilidad, de “tiro de escena” pues mucha de la magia ilusionista de las artes del espectáculo consisten en ser una especie de trampa para el ojo (trompe l'oeil) que permite desde la distancia apreciar y aceptar como real y posible lo que no es.

Sin embargo, estos elementos mínimos son los que permitirían indagar en la integración de todos estos aspectos pensando siempre en término de los espectadores, es decir, en términos de que los

elementos se integren para crear el mejor y más verosímil efecto según cada momento, a ojos de los espectadores. Porque de lo que se trata es de que el “viaje” por las metáforas de la vida que la escena nos presenta, sea verosímil según las normas del universo escénico que representan, bien sea este de corte realista, ilusionista, abstracto, conceptual etc... y que las tecnologías empleadas sean tan versátiles que los permitan todos en un solo espacio en su adecuado momento.

Inesperadamente al implementar la integración por medio software de los elementos técnicos con los tecnológicos afloran otras ventajas: La primera es que se resalta lo dinámico del sistema en sí mismo, pues permite el uso de una sola máquina para gestionarlo todo. En realidad los mismos fabricantes aconsejan dos y brindan licencia para tres máquinas al tiempo, Una que ejecuta el Show (como lo llaman ellos), otra que sirva de BackUp y una tercera que hace de editora, brindando a la vez soporte para tablet, de tal forma que todo se pueda gestionar remota e inalámbricamente. Otra ventaja, es que permite trabajar con menos personal para realizar el proceso técnico ya que gracias a la fluidez por medio de “cues” el sistema necesita un solo operario técnico que puede hacer las labores de tres técnicos (iluminación, sonido, visuales), en el medio en que nos movemos esto es una ventaja en cuanto que disminuye costos de traslado del personal en caso de la presentación en festival o fuera de la ciudad. También, disminuye el uso de equipo y consolas “complicadas”, y pesadas como es el caso de los Dimmer DMX que además de costosos pueden, retrasar los procesos de montaje y limitar sus posibilidades.

En los espacios que se ha tenido la posibilidad de presentar Lucrecia & Judith, el teatro de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad del Atlántico, que al no contar con personal técnico adecuadamente calificado ni con una consola óptima para los requerimientos técnicos que un espacio escénico de tales características demanda para el manejo de luces y precisión en la entrada y salida de efectos, el Qlab se muestra como una herramienta que disminuye los márgenes de errores técnicos durante la presentación.

En definitiva y como colofón final, la hipótesis básica de esta búsqueda de la integración de todos los medios en la escena es solo una: hacer de lo tecnológicamente presente un elemento absolutamente invisible.

Es decir, que la escena y el espectador absorban todos los elementos que el escenario muestre en su realidad arquitectónica, en el cuerpo, en la emoción, en la voz, en el carácter de intérprete sin notar que tanto espectador como actor están rodeado de artificios. Que el esfuerzo del espectador por aceptar las convenciones escénicas como reales y posibles que suceden en el “aquí y ahora” de la ficción escénica compartida, se esfume, porque todos los signos y medios escénicos, técnicos y tecnológicos están integrados de tal forma que no es necesario hacer esfuerzos para aceptar la ficción escénica como la “verdad” de ese momento, de ese “aquí y ahora” inexistente pero que estamos observando atónitos y ávidos de ver, porque como diría Gaston Breyer “la escena es sustancialmente un lugar de encuentro de miradas. Miro al actor que mira mi vacío, el rostro del actor hace de espejo de mi mirada. El rostro del actor más que para ser visto, está ahí para enseñarnos a mirar. El gran actor se ve en su saber mirar. Su mirada funda el objeto mirado.” (2005:19) Para continuar diciendo; “la auténtica escenografía es aquella que nos enseña a mirar porque nos mira, las decoraciones bonitas se dejan ver, pero no pueden ser miradas, no hay nada para mirar. Por eso, toda escenografía auténtica es como un rostro que nos mira y que nos enseña a mirarlo. Yo diría llanamente, que toda escenografía verdadera es un rostro vuelto hacia la platea. El espectador mira la mirada del actor y de la escenografía...” (2005:19)

Referencias

1. Arregui, Juan P: Hacia una historiografía del espectáculo escénico. Editorial ADE. Serie debate nº 21. Madrid (2015)
2. Aristóteles: La poética. Ed. Gredos. Madrid (1999)
3. Barthes, Roland: Escritos sobre teatro. Editorial Paídos. Madrid (2009)

4. Breyer, Gastón: La escena presente. Ediciones infinito. Buenos Aires (2005)
5. Dixon, Steve: Digital performance. A history of media in theater, dance, performance art and installation. Editorial MIT press. London (2007)
6. Fernández Consuegra, Celia Balbina: Estudios de performance performatividad en las artes escénicas. Editorial Omm Press. Madrid (2014)
7. Patrice, Pavis: La puesta en escena contemporánea. Orígenes, tendencias y perspectivas. Editorial de la Universidad de Murcia. Murcia (2015)

Modelo de Interacción Recíproca Rastreando y Observando la Red (MirroR)

^a Mario Humberto Valencia G.

^a Departamento de Diseño, Facultad de Artes y Humanidades Universidad de Caldas, Colombia
mario.valencia@ucaldas.edu.co

Resumen. Si bien han habido investigaciones previas sobre sistemas telemáticos de expresión, son pocas investigaciones que abordan preguntas sobre cómo se diseñan las interfaces y los espacios para la construcción de estos performances, tampoco abundan investigaciones centradas en cómo se involucran los participantes de los entornos de colaboración telemática en los campos de lo sonoro y lo visual. Con miras a abordar estos campos, parte de la disertación Modelo de interacción recíproca rastreando y observando la red (MirroR), desarrolla un sistema a modo de prototipo evolutivo, que sirve como vehículo para evaluar no solo el entorno de interpretación telemática sobre redes de alta velocidad como RedClara o Internet2, sino también para profundizar en la construcción y en los elementos necesarios al momento de articular el ensamble y diseñar el performance distribuido. Además, esta disertación relaciona conceptos de diseño de interfaces, teniendo en cuenta características básicas de comunicación y articulación entre los participantes, donde el sentido colectivo de control permite generar diálogos y encuentros que facilitan la articulación del ensamble y la construcción del performance en entornos donde la distancia y el uso de técnicas avanzadas de telecomunicaciones hacen parte integral de la construcción de piezas artísticas.

Palabras Clave: e-arte, performance telemático, interfaces distribuidas.

Eje temático: Arte y Cultura en Red, Internet de las Cosas (IoT) / sensores.

1 Introducción

Al revisar las diferentes experiencias en performances telemáticos (Barbosa & Kaltenbrunner, 2002) y analizar las configuraciones más usadas, encontramos que modelos como el de videoconferencia son los más usados en estos entornos y rápidamente se evidencia que cambiar nuestras perspectivas desde el campo de la videoconferencia tradicional hasta el performance sonoro y visual en red es todo un desafío. La noción de expresividad en los performances audiovisuales merece mayor atención; los gestos semióticos, por ejemplo, no están tan claramente definidos y comprendidos en la interpretación musical como en el contexto de las situaciones sociales. Los artistas y ejecutantes esperan poder moverse libremente para actuar de manera expresiva, aunque las nociones de privacidad e inclusión selectiva son parte integrante de la mayoría de las interacciones sociales, sus equivalentes directos en el contexto del performance audiovisual y musical son menos evidentes. Adicionalmente, el diseño de interfaces para ambientes de performances distribuidos en la mayoría de los casos se ha circunscrito a la elección de los controles proporcionados por los nuevos sistemas musicales y visuales, que puede ser a menudo una simple cuestión de preferencia personal (Jordà & Mealla, 2014). Así, ¿hasta qué punto podríamos determinar a priori los tipos de interacciones que los artistas e intérpretes encontrarían deseables en un contexto distribuido?

1.2 Aproximaciones generales

Como se mencionó anteriormente, la definición para “el performance distribuido” o performances telepáticos” no es muy difícil de dar, se basa en el concepto de dos o más intérpretes, en dos o más lugares, que interactúan en una obra; sin embargo, esto es posible gracias al uso de internet de alta velocidad así como de software y hardware avanzado que permite la realización y propuesta de una obra de carácter audiovisual en vivo, en la que los creadores, intérpretes y participantes —público— se encuentran alejados geográficamente pero conectados telemáticamente. Las realizaciones de estos eventos y de los performance distribuidos han sido implementados en diferentes tipos de ámbitos de la creación —danza, teatro, música, espectáculos—. Pero, ¿qué es exactamente lo que se ha hecho? ¿Son experimentos meramente tecnológicos? ¿Son expresiones del diseño y del arte que tienen su propia constitución estética y/ o creativa? ¿Cuál es el futuro y las posibles nuevas propuestas en este campo? ¿Qué aporta a otros campos de desarrollo digital? Estas son preguntas muy importantes en el planteamiento del proceso de análisis, diseño e implementación de una actividad colaborativa de tipo distribuida, porque existe una diferencia bastante considerable entre un experimento con fines puramente científicos y una experiencia de orden creativo o una teleconsulta médica o una actividad en el área laboral, por mencionar solo algunos campos en los que estos tipo de actividades se pueden dar. En nuestro caso, nos afincamos en el campo de la creación audiovisual colaborativa y es desde este punto de vista desde el cual damos una mirada y hacemos un análisis temático de las interfaces y los modos de interacción generados en estos ambientes performáticos.

1.2 Directrices generales de diseño

Con el fin de explorar estos desafíos y sus implicaciones, se decidió emprender el diseño de sistemas y prototipos que buscaban aumentar el rendimiento distribuido desde una perspectiva impulsada por el usuario. Para reducir el alcance de esta tarea, se comenzó con un esbozo de metas de alto nivel que se creía que debía satisfacer idealmente el nuevo sistema. A saber:

- Adicionar elementos expresivos e interactivos que permitan representar algunas de las características básicas de los performances no distribuidos, aumentando así el nivel de interacción entre los ejecutantes.

- Proporcionar plataformas e interfaces para explorar nuevos paradigmas de interacción en el contexto distribuido.
- Ofrecer a los intérpretes retroalimentación de datos y visual adicional a la información sonora y de video generalmente entregada en este tipo de performances.
- Explorar las ventajas y cualidades únicas que los entornos distribuidos le ofrecen a las performances en red. Además, para orientar mejor el diseño de las interfaces, sus funciones y controles, se planteó que estos diseños deberían ser:
- Diseñados con un enfoque en los creadores, diseñadores, directores, artistas, músicos e intérpretes a través de técnicas centradas en el usuario.
- Tener en cuenta a los diferentes actores en la construcción del performance telemático, a saber: grupo técnico, creadores e intérpretes
- Estar basados en la información dada por los participantes descritos anteriormente, esta información será concebida como un elemento más de la obra creativa.
- Desarrollados con elementos claros de interacción.
- Fáciles de aprender y recordar.

Las orientaciones y categorías anteriores permitieron formular prototipos que abordaban características como la exploración de las instalaciones interactivas, la naturaleza colaborativa de las redes musicales y audiovisuales interconectadas y las características de fluidez de los entornos de respuesta en el contexto del desempeño distribuido. Los prototipos resultantes fueron las interfaces que permitieron consolidar y entender las categorías principales en el proceso de desarrollo de interfaces en ambientes de creación sonora y visual telemática.

2 Definición del prototipo

Para la construcción de estos tele-espacios activos (Reyes & Mario, 2015) y la realización de ensambles telemáticos, se propuso el diseño de interfaces para la expresión musical y artística —audiovisual—, para lograrlo se diseñó una primer interfaz que cumpliera con las características expuestas en el apartado anterior y posteriormente se invitó a los investigadores de tecnología musical, performática y audiovisual a refinar y redefinir los criterios según los cuales se conforman los ensambles y performances telemáticos. Para esta propuesta se usaron técnicas bajo el enfoque de HCI de tercera ola (Kiefer, Collins, & Fitzpatrick, 2008) basado en el usuario y los sistemas de creación colaborativa distribuida. Fruto de este trabajo metodológico, y basados en las propuestas de Apart Project (Schroeder, Renaud, Rebelo, & Gualda, 2007), se propuso la construcción de un prototipo basado en las capacidades de conectarse visualmente en un espacio “virtual” compartido, que ofrezca a los usuarios de las interfaces entre otras características las siguientes:

- Capacidad de lectura y control en tiempo real.
- Generación de sensación de presencia y conexión que pueda aumentar tanto el compromiso de un usuario como el sentimiento de inmersión y conformación del ensamble.
- Combinación de sistemas de control, diseñados para la conectividad, las comunicaciones y la representación virtual de cada uno de los intérpretes involucrados.
- Envíos de información identificables.
- Sistemas de visualización que permitan recrear entornos de diálogo gestual y no verbal y de representación del performance mismo. Bajo estos conceptos, construidos colaborativamente con una metodología HCI de tercera ola y a partir de parámetros específicos que permitieran el análisis, desarrollo y evaluación necesario (Gross, Stary, & Totter, 2005), se plantean algunas conclusiones que permiten avanzar consistentemente en este nuevo campo. Se propuso el prototipo MirroR (Modelo de Interacción Recíproca Rastreando y Observando la Red).

2.1 Descripción MirroR

Esta obra propone, la construcción de una pieza telemática para dos redoblatentes, esta propuesta permite simplificar el marco de evaluación y analizar de forma más cercana elementos descritos anteriormente como el gesto, la latencia y el ensamble (figura 1). Esta obra se estructura a partir de varias capas de desarrollo que se integran entre sí para conformar la obra general. MirroR es una obra para dos redoblatentes dispuestos en diferentes lugares geográficos Figura 0.1 Disposición en escenario, que hace uso de las redes avanzadas de alta velocidad y programas optimizados para stream de audio, señales de control y manipulación de visuales, conformando así un performance telemático, en el que creadores, intérpretes y participantes, se encuentran alejados geográficamente pero conectados en un espacio delineado por cada byte telemático. El performance en red amplifica el medio ambiente y genera Ecos telemáticos, conformados globalmente por los artistas y el lugar de reunión con los participantes y la audiencia.

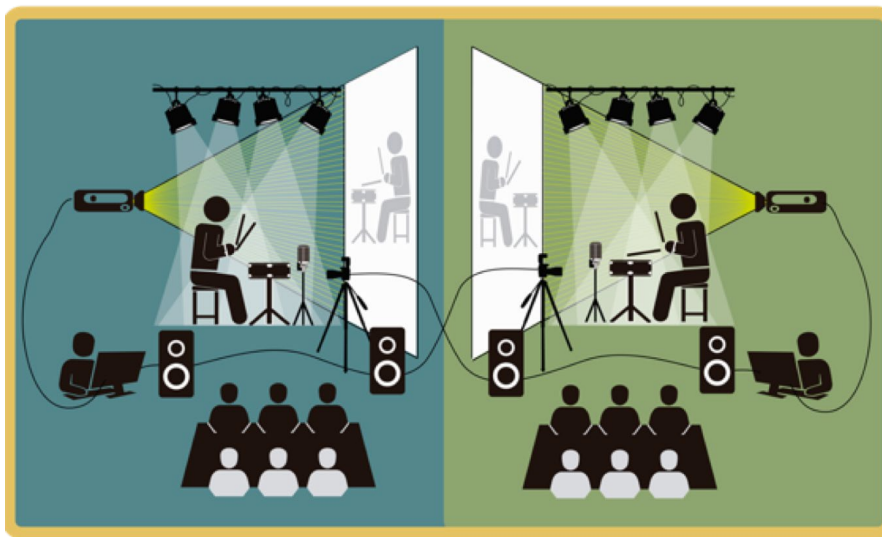


Fig. 1. Disposición de los escenarios para el montaje telemático

MirroR en síntesis consiste en un sistema integrado por una aplicación de software, una interfaz de hardware, una serie de sensores de movimiento y un equipo de audio y video adicional para la transmisión y enrutamiento de stream. En la Figura 0.2 Resumen técnico de la aplicación MirroR, se ofrece un resumen de esta interfaz.

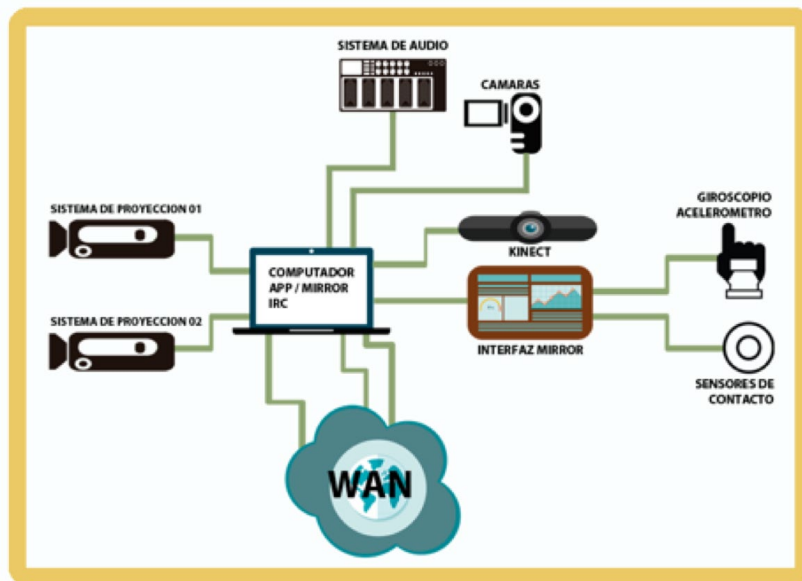


Fig. 2. Resumen técnico de la aplicación.

2.2 Descripción del Sistema

El componente principal del software está escrito en MAX y se ejecuta en un pequeño ordenador de sobremesa. MAX es un lenguaje de programación visual para la música por computadora y aplicaciones de medios interactivos. La aplicación implementa las principales funciones del sistema, incluyendo la lectura de envío de los datos obtenidos de los sensores, el envío de información para comunicaciones, y el enrutamiento de los flujos de datos de video. La aplicación maneja todos los parámetros globales: el direccionamiento ip, los puertos y los controles generales del sistema. La aplicación aporta la salida de datos de control y muestra los errores, lo que permite conocer el estado actual de los diferentes componentes del sistema. Gracias al trabajo HCI de tercera ola y a la mirada de prototipado evolutivo, tanto la aplicación como la interfaz evolucionaron en operatividad y en su "look and feel"; en efecto, la interfaz pasó por varios estadios hasta su aspecto final (véase la figura 3 Evolución de interfaces MirroR).



Fig. 3. Evolución de interfaces MirroR

Para cada sesión de análisis se contó con dos laboratorios de usabilidad en los cuales se ubican cada uno de los intérpretes, un evaluador de experiencia —tester—, un asistente de laboratorio, una videocámara, un sistema de audio estéreo, un redoblante, un monitor de video, un videoprojector, un computador, una interfaz de audio, la interfaz MirroR Box (véase la figura 4.6 MirroR_Box) y el prototipo MirroR montado (véase la figura 4 “Descripción montaje laboratorio de análisis multivariable”).

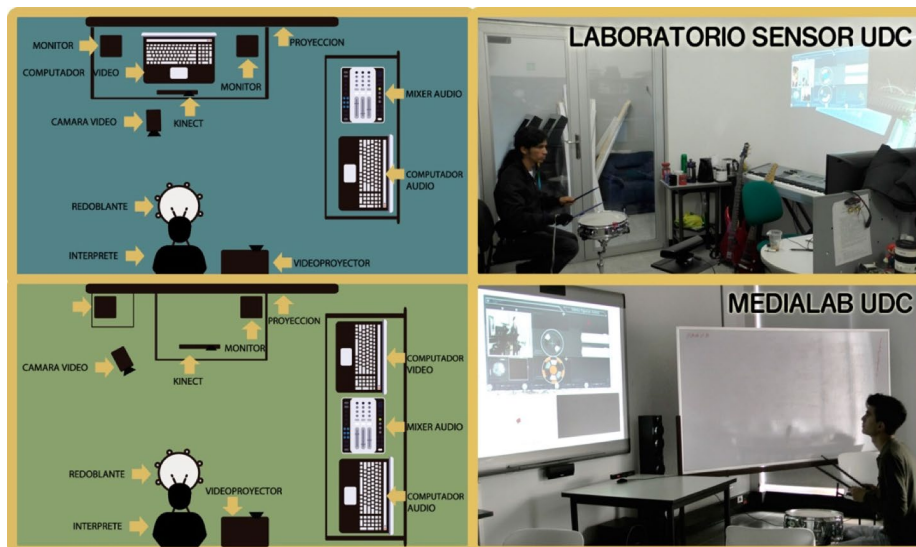


Fig. 3. Descripción montaje laboratorio de análisis multivariable.

No sin sorpresa encontramos las mejores características tanto en la interpretación, como en el ensamble se dio con el uso de la interfaz totalmente destilada, la cual sintetiza de alguna forma las mejores variables descubiertas en los ciclos anteriores, es de resaltar algunas de las respuestas brindadas por los participantes donde se observa que cada vez más prestan menos atención al stream de video y se concentran más en la representación de los sensores y en las visualizaciones, encontrando incluso que inflexiones específicas de la interfaz funcionaban como diálogos concretos en la interacción entre los instrumentistas.

3 Conclusiones

En términos generales, se logró el desarrollo de un entorno performático audiovisual telemático, un tele-espacio activo, donde los intérpretes pueden interactuar telemáticamente participando activamente en la construcción del ensamble y experimentar un nuevo campo performático aumentado. El objetivo de este entorno es guiar a los intérpretes hacia la percepción de la red como un medio de actuación emocionante que es inherentemente diferente del caso tradicional, co-presente. Además, se plantea que este sistema puede aumentar la interacción de nivel entre los participantes remotos mediante la transmisión de una percepción de espacio compartido. Manteniendo un enfoque centrado en el usuario —que dicta un proceso iterativo de pruebas formales de usuarios y subsiguientes refinamientos de prototipos— se evidencia que es posible llegar a un sistema final, como este, que ayude a aumentar el sentido de flujo, creatividad y autoexpresión de los artistas y creadores distribuidos. En última instancia, se espera que este trabajo anime a más diseñadores de interfaces a considerar las ventajas de trabajar con metodologías orientadas al usuario de tercera ola y en el campo del diseño de interfaces para entornos distribuidos así como para ámbitos de lo audiovisual.

Entender el lugar como el espacio del ensamble, donde los participantes tejen una estructura comunicativa y sobretodo social y donde se establecen tanto lazos como vínculos interpretativos, performáticos y afectivos, brinda al tele-espacio activo una característica de entorno más allá de lo mediatizado y mucho más complejo e interesante que el simple hecho de la telecomunicación, el compartir esta construcción de lugar es uno de los puntos de vista que aporta esta investigación frente a la construcción del performance telemático musical.

La relación entre los participantes al performance distribuido se da gracias a la manipulación de parámetros sonoros y visuales que son construidos a partir de las acciones interpersonales y de la conformación del ensamble que construye o monta la obra telemática, esta manipulación de parámetros se logró gracias al uso de sensores que permitieron representar virtualmente el instrumento gracias al uso de piezoeléctricos, al intérprete capturando el gesto haciendo uso de giroscopios y cámaras de tracking y el entorno a partir de cámaras de video. La construcción de interfaces de Hardware y Software que permiten hacer uso y reconfigurar los instrumentos, los instrumentistas y los entornos, es otro aporte importante de esta investigación. El reconocer el uso de tecnologías y desarrollar los prototipos evolutivos que aportan información tanto cualitativa como cuantitativa al ser aplicados sobre metodologías de HCI de tercera ola, facilitan el desarrollo de las obras telemáticas brindando un importante avance en la construcción y perfeccionamiento de los performances telemáticos.

Desde una perspectiva particular, MirroR es un idiosincrático sistema para performances audiovisuales distribuidos que, simultáneamente:

- Lleva la noción de “espacio compartido” del dominio CSCW al contexto de performance distribuido del dominio de las artes, permitiendo a los creadores e intérpretes audiovisuales percibir los entornos locales y remotos como simples.
- Utiliza el espacio compartido como medio gracias al uso de la interfaz como mediador de los procesos de ensamble, colaboración e interacción.
- Capitaliza las interacciones generadas en el ensamble como un medio de control para la interfaz, extendiéndola y convirtiéndose en un elemento más del performance distribuido.
- Brinda a los intérpretes la capacidad de reconocer los gestos de los demás a través de sus interacciones interpersonales.

Juntas, estas propiedades permiten que este entorno performático distribuido otorgue un mayor nivel de co-presencia que las soluciones tradicionales para el trabajo en línea.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por el Proyecto de Investigación "Espacios Telemáticos" y forma parte de la Tesis doctoral "Configuración de tele-espacios activos. Entornos de interacción *performáticos* distribuidos de creación sonora y visual".

4 Referencias

1. Barbosa, A., & Kaltenbrunner, M. (2002). Public Sound Objects: A Shared Musical Space on the Web. Proceedings Second International Conference on WEB Delivering of Music. WEDELMUSIC 2002 (págs. 9 - 16). Barcelona: IEEE Computer Society Press.
 2. Gross, T., Stry, C., & Totter, A. (2005). User-Centered Awareness in Computer-Supported Cooperative Work-Systems: Structured Embedding of Findings from Social Sciences. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 18 (3), 323-360.
 3. Jordà, S., & Mealla, S. (2014). A Methodological Framework for Teaching, Evaluating and Informing NIME Design with a Focus on Expressiveness and Mapping. 14th International Conference on New Interfaces for Musical Expression (págs. 233-238). London: Goldsmiths, University of London.
 4. Kiefer, C., Collins, N., & Fitzpatrick, G. (2008). HCI methodology for evaluating musical controllers: A case study. Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression. Genova: NIME.
 5. Reyes, J., & Mario, V. (abril de 2015). Tele-espacios Activos. Recuperado el 20 de Septiembre de 2017, de Festival internacional de la imagen: <http://festivaldelaimagen.com/portfolio-item/tele-espacios-activos/>
- Schroeder, F., Renaud, A., Rebelo, P., & Gualda, F. (2007). Addressing the Network: Performance strategies for Playing Apart. *International Computer Music Conference*. 2007, págs. 133 - 140. Michigan: Michigan Publishing.

Encuentro
Latinoamericano

eC iencia

2018

Transformación Digital en Instituciones
de Educación Superior,
Ciencia y Cultura

3 al 5
de septiembre de 2018
Cartagena de Indias,
Colombia.