

Proyecto RACIMO: desarrollo de una propuesta en torno a uso de las TIC, e-ciencia ciudadana, cambio climático y ciencia de datos

H. Asorey, L. A. Núñez, J. Peña-Rodríguez, P. Salgado-Meza, D. Sierra-Porlta*, M. Suárez-Durán

1 Laboratorio Detección de Partículas y Radiación, Instituto Balseiro y Centro Atómico Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica, Av. E. Bustillo 9500, (8400) San Carlos de Bariloche, Argentina, y Sede Andina, Universidad Nacional de Río Negro, Mitre 630, (8400) San Carlos de Bariloche, Argentina.

2 Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, Carrera 27 y Calle 9, 640002 Bucaramanga, Colombia.

Resumen: El proyecto RACIMO es una experiencia colaborativa cuya principal motivación es la capacitación de jóvenes en Ciencia Ciudadana, Cambio Climático y Ciencia de Datos en comunidades de escuelas de Bucaramanga-Colombia, incorporando tempranamente a jóvenes estudiantes de educación secundaria en escenarios de investigación con el uso de las Ciencias de la Información. Está parcialmente financiado por el Fondo Regional para la Innovación Digital de América Latina y el Caribe (Programa FRIDA), el Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Industrial de Santander y ejecutado por el Grupo Halley de Astronomía y Ciencias Aeroespaciales de la Facultad de Física de la Universidad Industrial de Santander. Durante jornadas de sesiones de trabajo de 2 horas, unos veinte estudiantes acompañados por sus maestros asisten a la capacitación. Esta instrucción consiste en la construcción de estaciones climáticas basadas en hardware abierto y repositorios de datos de software libre. Los grupos colaboran utilizando TIC para la generación de un banco de datos climáticos (CO₂, NO₂, Presión, Temperatura, Humedad, Presipitación, Irradiación, ruido y nubosidad) en la región. La estación de medición es modular y está diseñada para funcionar bajo diferentes niveles de independencia, pudiendo incorporar diferentes módulos de medición y comunicación de datos adaptables a los diferentes intereses y posibilidades de cada comunidad. La versión más básica permite medir la presión y la temperatura, y sólo necesita conectarse a una computadora con conexión a Internet. La versión más avanzada, permite medir todas las variables de interés y funciona de forma completamente autónoma. Los datos son gratuitos y están disponibles a través de la web para todos los investigadores que los requieran. Los profesores y los estudiantes aprenden los elementos básicos de la electrónica y la programación que les permiten configurar y calibrar las estaciones. Asimismo, se les dan nociones de estadística y procesamiento de datos que permiten el análisis de los datos procedentes de esta red ciudadana de estaciones climáticas.

Palabras clave: Ciencia ciudadana, e-ciencia, cambio climático, TIC.

Abstract: RACIMO is a collaborative experience whose main motivation is the training of young people in Citizen Science, Climate Change and Data Science in communities of schools in Bucaramanga-Colombia, bringing young students of secondary education early to environments and research tools in Data Science. It is partially financed by the Regional Fund for Digital Innovation in Latin America and the Caribbean (FRIDA Program, for its acronym in Spanish), the Vice-Rector Office of Research of the Industrial University of Santander and executed by the

¹ Autor para correspondencia: dsierrap@uis.edu.co

Halley Group of Astronomy and Aerospace Sciences of the School of Physics of Industrial University of Santander. During workdays in 2 hours sessions about twenty students accompanied by their teachers attend training. This instruction consists of the construction of climatic stations based on open hardware and repositories of open and free software data. The groups collaborate using TIC for the generation of a climate data bank (CO₂, NO₂, Pressure, Temperature, Humidity, Precipitation, Irradiance, noise and cloudiness) in the region. The measuring station is modular and is designed to operate under different levels of independence, being able to incorporate different measurement modules and data communication adaptable to the different interests and possibilities of each community. The most basic version allows to measure pressure and temperature, and only needs to be connected to a computer with internet connection. The most advanced version, allows to measure all the variables of interest and works completely autonomously. The data are free and available through the web for all researchers who require them. Teachers and students learn the basic elements of electronics and programming that allow them to configure and calibrate the stations. Likewise, they are given notions of statistics and data processing that allow the analysis of the data coming from this citizen network of climatic stations.

Keywords: Citizen science, e-science, climatic change, ICT's.

1. Introducción

Desde hace al menos unos veinte años ha surgido una tendencia mundial de gran interés: la creciente participación de la sociedad civil en la recopilación, verificación, análisis, intercambio y difusión de datos con fines científicos utilizando las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC's) y más aún utilizando tecnologías móviles. La gran recepción de las TIC's ha facilitado y promovido la creación de estadios en donde las TIC's ahora juegan el papel importante en la producción y desarrollo de la sociedad.

Este panorama ha sido el marco para la formalización y construcción de una actividad que conocemos como la Ciencia Ciudadana (CC) [1] [2], entendida esta un tipo de producción científica basada en una participación consciente y voluntaria de cientos de ciudadanos que generan gran cantidad de datos como producto de sus interacciones sociales y con el medio ambiente que les rodea. De este modo, cualquier persona contribuye bien sea con su inteligencia, conocimiento, experticia, ideas o recursos tecnológicos para producir resultados y material con alta pertinencia social. Así la CC, es entendida como la colección de información por las mismas personas para deducir teorías y determinar políticas del manejo de ese conocimiento para la resolución de problemas que les atañen. La convolución entre las TIC's y la CC se conocen con la nueva e-Ciencia Ciudadana (eCC), como una evolución para la gestión de los grandes recursos informáticos, almacenamiento o captura de datos para fines científicos-sociales. Además de las supercomputadoras, las enormes bases de datos, los super telescopios, los grandes experimentos de altas energías en una amplia gama de laboratorios en el mundo, computación en la nube, etc, ahora es necesario considerar con la participación de los ciudadanos. Es posible integrar a cualquier persona en el trabajo científico por medio de una formación previa que cubra diferentes grados de complejidad, basada en su inteligencia o experiencia y, por supuesto, en su disposición y voluntad para trabajar colaborativamente.

Aunque la participación pública y abierta en la ciencia es una práctica bien documentada desde finales del siglo XIX, los últimos años han adquirido una nueva importancia, especialmente por su vinculación con el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) [3]. En la CC, las TIC se utilizan de diversas maneras: en este caso que presentamos, para la recolección de datos ambientales a través de dispositivos tales como sensores y localizadores geoespaciales, para la generación, intercambio y envío de información meteorológico-ambiental así como para la gestión de bases de datos y generación de modelos estadísticos o meteorológicos que puedan representarse en plataformas universales, con el fin de potenciar la información y gestionar la toma de decisiones por parte de la comunidad. Los investigadores de cualquier parte del mundo pueden beneficiarse con una gran cantidad de datos de todos los usuarios para alimentar sus modelos e investigaciones. En suma, la CC desde este punto de vista representa una práctica social que articula al menos tres aspectos: la conservación del medio ambiente, la participación ciudadana y el uso de las TIC.

Por otro lado, algo que es ineludible es que si se quiere tener una ciudad sostenible y además inteligente, todo implica la construcción de unos ciudadanos inteligentes y capaces de asumir y tomar decisiones basados en criterios formales. Lo que a su vez implica la capacitación y participación de los ciudadanos conscientes en esta práctica. En la medida en la que las personas asuman su papel protagónico y se empoderen de las herramientas, conocimientos y control de las variables de los fenómenos que ocurren a su alrededor, en esta misma medida estarán preparados para hacer frente a sus problemas y tomar decisiones que les aproximen a una mejor calidad de vida. Esta propuesta apunta a generar un ambiente de colaboración y participación social para la toma de decisiones sobre la calidad ambiental. Por ello proponemos como necesaria la capacitación ciudadana en el manejo de redes de sensores, ambientes de preservación de datos y ambientes de descubrimiento de conocimiento. En función de la apropiación ciudadana de estos ambientes, se tomarán algunas decisiones que incidirán en acciones sobre la calidad del ambiente que los ciudadanos comparten [4].

En esta propuesta se presenta una experiencia concreta en Bucaramanga, Colombia, en la Universidad Industrial de Santander. El uso de las TIC en el proyecto RACIMO (Red Ambiental Ciudadana de Monitoreo) es muy heterogéneo y está relacionado con las experiencias, expectativas y recursos de cada ciudadano científico. Por ejemplo, para algunos participantes su implicación tiene que ver con su pertenencia a una amplia comunidad de gestores de recursos naturales, de modo que su actividad de observación y monitoreo de variables ambientales les permita compartir información relevante a su trabajo, mantenerse al día y reafirmar su identidad como profesionales del medio ambiente. Por otro lado, para algunos docentes, representa la posibilidad de conocer y tener acceso a un recurso educativo para trabajar con estudiantes de ciencias y ciudadanía, o temas formales de estudio pensum. Por último, para la comunidad en general, representa una oportunidad para potenciarse, responsabilizarse de la toma de decisiones y organizar sus recursos e intereses para tener una mejor calidad de vida y una mayor conciencia del entorno que los rodea.

2. Proyecto RACIMO

El proyecto RACIMO² es una experiencia colaborativa cuya principal motivación es la formación de jóvenes en CC, Cambio Climático y Ciencia de Datos en las comunidades de escuelas de Bucaramanga-Colombia, incluyendo tempranamente a los jóvenes estudiantes de educación secundaria a ambientes y herramientas de investigación en Ciencias de la Información. Está parcialmente patrocinado y financiado por el Fondo Regional para la Innovación Digital en América Latina y el Caribe (Programa FRIDA³), por la Oficina de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Industrial de Santander y ejecutado por el Grupo Halley de Astronomía y Ciencias Aeroespaciales de la Facultad de Física de la Universidad Industrial de Santander.

El proyecto incluye la creación de equipos e instrumentos para la recolección de datos climáticos, meteorológicos y ambientales mediante la fabricación de estaciones con diversos dispositivos para la medición de las variables. Al mismo tiempo, se formula un programa de capacitación para la inclusión de la comunidad en tres tareas: (a) construcción de las estaciones de medición, (b) preparación para la recopilación de datos y (c) análisis posterior de los datos.

Durante las jornadas de trabajo en sesiones de 2 horas, unos veinte estudiantes acompañados por sus maestros asisten a la capacitación. Esta instrucción consiste en la construcción de estaciones climáticas basadas en hardware abierto y repositorios de datos de software libre y libre. Los grupos colaboran utilizando las TIC para la generación de un banco de datos climáticos (CO₂, NO₂, Presión, Temperatura, Humedad, Precipitación, Irradiación, Ruido y Nubosidad) en la región. La estación de medición es modular y está diseñada para funcionar bajo diferentes niveles de independencia, pudiendo incorporar diferentes módulos de medición y comunicación de datos adaptables a los diferentes intereses y posibilidades de cada comunidad. La versión más básica permite medir la presión y la temperatura, y sólo necesita conectarse a una computadora con conexión a Internet. La versión más avanzada, permite medir todas las variables de interés y funciona de forma completamente autónoma.

Los datos son gratuitos y están disponibles a través de la web para todos los investigadores que los requieran. Los profesores y los estudiantes aprenden los elementos básicos de la electrónica y la programación que les permiten configurar y calibrar las estaciones. Asimismo, se forma en nociones de estadística y procesamiento de datos que permiten el análisis de los datos procedentes de esta red ciudadana de estaciones climáticas.

Las estaciones se fabrican localmente con dispositivos y componentes que se pueden obtener en la ciudad, teniendo cuidado de que sean del menor costo posible y fáciles de

² Para una introducción al proyecto puede dirigirse al video de YouTube creado para la difusión y presentación del proyecto en Colombia. (En español), <https://www.youtube.com/watch?v=p8f5TuGZNVY>. Más información en el lado web del proyecto: <http://halley.uis.edu.co/tierra/>.

³ <http://programafrida.net/>

adquirir. Inicialmente las estaciones han sido diseñadas teniendo en cuenta el rendimiento y comportamiento de cada componente o dispositivo utilizado de tal manera que establece un protocolo de base, del que se han diseñado tres versiones modulares de las estaciones que pueden ajustarse a las expectativas o intereses de la Personas involucradas en el proyecto.

Las estaciones son propiedad de las escuelas e instituciones que trabajan en el proyecto y cada una de ellas es responsable de su construcción, guiada por estudiantes universitarios y miembros del proyecto. La construcción de la electrónica y las estaciones se realiza a partir de sesiones de formación y trabajo práctico en grupo. Una vez construidas las estaciones, se lleva a cabo otro proceso de formación con el aprendizaje de técnicas de estadística, muestreo y análisis de datos, así como la transmisión y alojamiento de datos en servidores web.

En cuanto a la arquitectura de hardware interno, esta consiste en la implementación de dos niveles principales: el primero es la incorporación de un Arduino para la detección y preprocesamiento de señales y datos, y luego un dispositivo Raspberry Pi se utiliza para el manejo y almacenamiento de datos. La estación tiene en el exterior una pantalla donde varios sensores básicos están conectados a la placa Arduino, que soporta varios protocolos como I2C, UART, E/S analógica y digital y ofrece una plataforma barata y flexible para preparar los datos a ser almacenados o enviados por la etapa siguiente, capaces de corregir las señales, dependiendo del proceso de pre-calibración. El Raspberry Pi 2 Modelo B es un dispositivo linux integrado que desempeña un papel central en la gestión, almacenamiento y entrega de datos adquiridos. Fue elegido por su bajo costo, menor consumo de energía, accesibilidad, mucha información y recursos para los desarrolladores. En comparación con otras computadoras de una sola placa (SBCs), Raspberry Pi tiene un alto rendimiento/precio⁴. Las principales características de la SBC son: 1 GB de RAM, un procesador quad-core ARM Cortex-A7 de 900MHz, 10/100 Mbps Ethernet, y soporta una memoria SD de hasta 128 GB⁵, que podría almacenar datos de una estación durante 4 años teniendo en cuenta que los datos se graban con una frecuencia de muestreo de 1 Hz.

Debido a que este proyecto necesita una cierta experiencia básica en la producción y manejo de datos, lo iniciamos enfocándonos en estudiantes de secundaria (grados 10 y 11) que usualmente tienen 15 ó 16 años de edad. Empezamos con 7 equipos -uno de cada escuela- hechos por maestros y 4-5 estudiantes y los exponemos a conceptos básicos y prácticas de Ciencia Ciudadana y Ciencia de Datos Abiertos. A través de 12 sesiones de 2 horas de conferencias desarrollamos un programa que abarca:

Módulo 1: Elementos de Clima y Medio ambiente. La idea de este módulo es proveer de herramientas conceptuales de climatología atmosférica, variables de estado, modelado simple de atmósfera que permita a los estudiantes comprender las mediciones que habrán de registrar.

4 <https://www.cooking-hacks.com/blog/new-linux-embedded-devices-comparison-arduino-beagleboard-rascal-frambuesa-pi-cubieboard-y-pcduino/>

5 http://Elinux.org/RPi_SD_cards

Módulo 2: Conceptos y prácticas de la Ciencia Abierta. Este módulo apunta a mostrar las experiencias que se vienen dando en el mundo en iniciativas de ciencia abierta.

Módulo 3: Configuración y calibración de sensores. Al finalizar este módulo los usuarios estarán en capacidad de configurar estas estaciones y desarrollar procesos de calibración de los sensores.

Módulo 4: Herramientas para recolección, catalogación, preservación y diseminación de datos. Al culminar con este módulo comprenderán los conceptos de metadatos y su importancia para la preservación y diseminación de las mediciones. Manejarán, además los conceptos de linked data y conocerán ejemplos de utilización en varias disciplinas.

Módulo 5: Técnicas de análisis de estadísticos datos. Este último modulo tiene que ver con el manejo de los conceptos estadísticos de análisis de datos: histogramas, medias, medianas, series de tiempo serán expuestos a través de ejemplos prácticos desarrollados en el lenguaje de programación Python. Al finalizar este módulo los usuarios estarán en capacidad de realizar gráficas simples utilizando Python accediendo a archivos y realizando análisis estadísticos elementales de esos datos.

En el sitio web de RACIMO⁶ se muestran todas las conferencias, con textos, cortos videos tutoriales, asignaciones y enlaces relacionados.

3. Objetivos

El principal objetivo que pretende el proyecto es: Promover una experiencia de colaboración e integración de comunidades de personas organizadas en conjunto con la universidad en el entrenamiento y empoderamiento de datos e información acerca de cambio climático, su organización, análisis y visualización usando TIC's.

Los objetivos específicos son:

- Capacitar y sensibilizar a la comunidad organizada sobre el cambio climático, las variables ambientales y el uso adecuado y responsable de los recursos naturales hacia una cultura de sostenibilidad.
- Capacitar a la comunidad con herramientas científicas y TIC's para el análisis de datos climáticos.
- Establecer redes de cooperación en torno a la ciencia ciudadana y e-ciencia para el desarrollo de políticas de gestión y resolución de problemas de las comunidades.
- Promover e incrementar la cultura científica en términos de análisis de las variables ambientales a través del análisis de datos y el uso de las TIC.
- Capacitar a estudiantes y docentes de educación en los conceptos y prácticas de la Ciencia Abierta (Hardware + Software).
- Capacitar a estudiantes y docentes de educación secundaria en la configuración y calibración de sensores bajo el paradigma de hardware libre. Esto incluye los elementos básicos de electrónica digital para la

construcción/calibración y mantenimiento de dispositivos y sensores climáticos.

- Capacitar a estudiantes y docentes de educación secundaria en la configuración de herramientas para recolección, catalogación, preservación y diseminación de datos, con la utilización de software libre. Esto incluye la configuración de herramientas libres para preservar y compartir datos, como elementos técnicos necesarios para generar los formatos estándares para la catalogación de los datos.
- Capacitar a los estudiantes y docentes de colegios en los rudimentos conceptuales y metodológicos de las herramientas y técnicas que se requieren para el análisis e interpretación de los datos.
- Capacitar a estudiantes y docentes de educación secundaria en utilización de herramientas de colaboración electrónica (Blogs, Wikis, y redes sociales) que permitan registrar y divulgar los resultados del trabajo realizado.

4. Universidad y actividades TIC's

Las universidades públicas latinoamericanas son el actor estratégico para iniciar y estimular el proceso de promoción de la CC como mecanismo de empoderamiento por parte de la sociedad de los conocimientos y metodologías para la solución de los problemas que les conciernen. La universidad pública tiene una actividad invaluable que consiste en la extensión⁷, entendida como los servicios prestados por la institución de educación superior tanto a la comunidad de su entorno como a la sociedad en general, para poner a su alcance el beneficio de la tecnología y del conocimiento [5] [6] [7]. La extensión universitaria, tanto en sus interfaces con la docencia como con la investigación, podría revitalizarse desde un enfoque más participativo. Esta sería una oportunidad para refundar el compromiso de la universidad pública con la sociedad.

La participación del público en la ciencia y la tecnología no es algo que se desarrolla espontánea y fácilmente. La universidad asume un papel pionero en estimular y organizar [8] [9]. De este modo, combinando la excelencia académica con la relevancia social, la universidad contribuirá decisivamente a mejorar la calidad de vida y a fortalecer la organización de los diversos grupos de la sociedad civil. Esto promoverá el desarrollo de la ciudadanía y mejorará la capacidad del público para influir de manera calificada en las decisiones políticas sobre ciencia y tecnología.

Estas son formas de profundizar la democracia, en el sentido de que los ciudadanos tienen derecho a influir en las circunstancias de su propia vida contribuyendo al desarrollo tecnológico científico.

Por último, la universidad y la ciudadanía se fortalecen a través del grupo de investigación obteniendo una base de datos de variables climatológicas amplia y alojada en servidores web que podrían servir de base para la construcción de modelos

7 <http://www.uis.edu.co/webUIS/es/investigacionExtension/>

más robustos sobre el comportamiento del clima y la interrelación de las variables climáticas y ambientales entre sí, establecer parámetros y un marco para la gestión de las decisiones tomadas por los organismos competentes del Estado.

Referencias

- 1 Alan Irwin. Citizen science: A study of people, expertise and sustainable development. Psychology Press, 1995.
- 2 Trisha Gura. Citizen science: amateur experts. *Nature*, 496(7444):259–261, 2013.
- 3 José Antonio López Cerezo. Participación ciudadana y cultura científica. *Arbor*, 181(715):351–362, 2005.
- 4 L. A. Núñez, C. Sarmiento-Cano, M. Suárez-Durán, and R. Ramos-Pollan. Racimodatos: Red ambiental ciudadana de monitoreo para Bucaramanga. Proyecto de la Universidad Industrial de Santander, pages 1–29, Febrero 2016.
- 5 María Carolina Ortiz-Riaga and María Eugenia Morales-Rubiano. La extensión universitaria en América Latina: concepciones y tendencias. *Educación y Educadores*, 14(2), 2011.
- 6 Magdalena Fresán Orozco. La extensión universitaria y la universidad pública. *Reencuentro*, (39):47–54, 2004.
- 7 Carlos Tünnermann Bernheim. El nuevo concepto de extensión universitaria. 2000.
- 8 Noela Invernizzi. Participación ciudadana en ciencia y tecnología en América Latina: una oportunidad para refundar el compromiso social de la universidad pública. *SciELO Argentina*, 2004.
- 9 Eduardo Gasca-Pliego and Julio César Olvera-García. Construir ciudadanía desde las universidades, responsabilidad social universitaria y desafíos ante el siglo XXI. *Convergencia*, 18(56):37–58, 2011.