

# Spurring Innovation in Interdisciplinary Data Science through Hackathons

Patricia Ordóñez Franco, PhD, María-Eglée Pérez Hernández, PhD, y Humberto Ortiz Zuázaga, PhD  
Universidad de Puerto Rico Recinto de Río Piedras, Puerto Rico  
patricia.ordonez@upr.edu, maria.perez34@upr.edu, [humberto.ortiz@upr.edu](mailto:humberto.ortiz@upr.edu)

**Abstract—** *There is a demand for biomedical scientists who can apply statistical analysis and computational methods to large volumes of data. The IDI-BD2K is a program that takes an interdisciplinary approach through informal teaching for faculty and students to create community and develop biomedical data science. This document describes the experience in the use of innovative hackathons and professional development workshops for teachers and students, as well as interdisciplinary courses to spur innovation in interdisciplinary data science in biomedical problems.*

**Keywords-** *Hackathons, Biomedical Data Science, Diversity, University curriculum.*

Digital Object Identifier (DOI):<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.345>  
ISBN: 978-0-9993443-1-6  
ISSN: 2414-6390

# Estimulando la innovación en Ciencia de Datos Interdisciplinaria a través de "Hackathons"

Patricia Ordóñez Franco, PhD, María-Eglée Pérez Hernández, PhD, y Humberto Ortiz Zuázaga, PhD  
Universidad de Puerto Rico Recinto de Río Piedras, Puerto Rico  
patricia.ordonez@upr.edu, maria.perez34@upr.edu, humberto.ortiz@upr.edu

*Abstract- Existe una demanda de científicos biomédicos que pueden aplicar análisis estadísticos y métodos computacionales para grandes volúmenes de datos. El IDI-BD2K es un programa que tiene un enfoque interdisciplinario a través de la enseñanza informal para los profesores y estudiantes con el fin de crear comunidad y desarrollar la ciencia biomédica de datos. Este documento describe la experiencia en el uso de hackathons innovadores y talleres de desarrollo profesional para profesores y estudiantes, así como cursos interdisciplinarios para estimular la innovación en la ciencia de datos interdisciplinaria en problemas biomédicos.<sup>1</sup>*

*There is a demand for biomedical scientists who can apply statistical analysis and computational methods to large volumes of data. The IDI-BD2K is a program that takes an interdisciplinary approach through informal teaching for faculty and students to create community and develop biomedical data science. This document describes the experience in the use of innovative hackathons and professional development workshops for teachers and students, as well as interdisciplinary courses to spur innovation in interdisciplinary data science in biomedical problems.*

*Keywords-Hackathons, Biomedical Data Science, Diversity, University curriculum.*

## I. REDUCCIÓN DE LA BRECHA EN CIENCIA DE DATOS

Muchos hablan de una brecha digital cada vez mayor; sin embargo, también existe una brecha creciente y cada vez más evidente en Ciencia de Datos (Data Science) entre las instituciones de educación superior en los Estados Unidos. Hasta donde sabemos, no hay instituciones de educación superior que sirvan a población Hispana, Afroamericana o Nativa que tengan programas en Ciencia de Datos, y en general las instituciones que atienden a minorías enfrentan desafíos para integrarse a la comunidad computacional [1]. Otro tanto sucede en universidades públicas rurales, y colegios universitarios de dos años y universidades comunitarias (Community Colleges) [2].

La Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras (UPRRP) es una institución de educación superior centrada en investigación y uno de los principales productores de doctores hispanos en STEM en los EE.UU. [3]; sin embargo, va a la zaga

en Ciencia de Cómputos y Ciencia de Datos. Mientras que la UPRRP tiene un Departamento de Ciencia de Cómputos y un programa de pregrado en el área, los estudiantes que deseen hacer estudios de postgrado en Ciencia de Cómputos o Datos, deben cursar un programa de maestría en Matemáticas Aplicadas y tomar cursos de programación y / o cursos de estadística a nivel de pregrado o aprender a programar por su cuenta. Sin embargo, debido al aumento en la generación de datos en las ciencias naturales, existe una gran demanda de científicos capaces de crear hipótesis en las ciencias y luego analizar datos usando métodos estadísticos para conjuntos de datos masivos (técnicas a menudo referidas como "Big Data"). Profesores y estudiantes deben aprender a manipular y extraer información de bases de datos, así como aplicar técnicas estadísticas e inferir conocimiento a partir de los resultados. También tienen que trabajar conjuntamente y comunicarse con personas de diferentes disciplinas para realizar esta tarea debido a la complejidad de la misma. IDI-BD2K (Increasing Diversity in Interdisciplinary Big Data to Knowledge) es un programa que adopta un enfoque interdisciplinario para el desarrollo de un programa de ciencia de datos a nivel de pregrado en la UPRRP a través de programas de entrenamiento informal de profesores y estudiantes. Este documento se centrará en el uso de hackathons innovadores y talleres, combinados con actividades de desarrollo profesional para los profesores y una oferta curricular de cursos interdisciplinarios para crear una comunidad y estimular el desarrollo de la ciencia biomédica de datos en la isla.

### A. ¿Qué es un hackathon?

Los "Hackathons" han sido caracterizados frecuentemente como competiciones intensas en las cuales un grupo mayoritariamente de hombres se congrega para trabajar incansablemente por 36-48 horas mientras devoran comida chatarra para generar un producto tecnológico. Este tipo de ambiente ha demostrado ser poco atractivo para las mujeres [4]. Sin embargo, se ha encontrado que los hackathons son oportunidades excepcionales para establecer relaciones que pueden llevar a la creación de compañías u otras oportunidades que las mujeres y las poblaciones menos representadas pueden perder. Por tanto, los hackathons que hemos diseñado se han

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.345>  
ISBN: 978-0-9993443-1-6  
ISSN: 2414-6390

centrado en la creación de colaboraciones intersectoriales (incluyendo sectores externos al área de enfoque, por ejemplo diseñadores gráficos participando en problemas en el área de salud), promoviendo la inclusión y enfatizando no sólo el diseño de soluciones técnicas, sino su comunicación como parte de un modelo de negocio.

Para estimular la participación de profesores y de expertos, los hackathons se realizaron en conjunto con actividades de desarrollo profesional. Se proveyeron espacios para la interacción entre estudiantes, profesores y expertos (por ejemplo, durante las comidas). El contacto con grupos diversos fue particularmente recomendado.

### B. *Increasing Diversity in Interdisciplinary Big Data to Knowledge (IDI-BD2K)*

En 2013 los Institutos Nacionales de Salud (NIH) crearon el programa de formación "Big Data to Knowledge" (BD2K) con el fin de incrementar la fuerza de trabajo en Ciencia de Datos aplicada a estudios biomédicos [5]. El programa "Increasing Diversity in Interdisciplinary Big Data to Knowledge" (IDI-BD2K) es uno de los proyectos de diversidad vinculados a la iniciativa BD2K, como se describe en [1].

El programa IDI-BD2K se centra en el reclutamiento de estudiantes universitarios al comienzo de su segundo año. Los estudiantes completan secuencias de cursos específicos en función de su área de estudios, construidas sobre los cursos existentes de otras disciplinas. Se espera que al ingresar en su tercer año los estudiantes hayan alcanzado niveles complementarios de conocimiento en matemáticas, estadística e informática. Los cohortes interdisciplinarios así constituidos convergen posteriormente en una secuencia de cursos sobre análisis de grandes volúmenes de datos aplicados a problemas biomédicos basados en la serie de cursos masivos en línea (MOOCs) desarrollados por Rafael Irizarry, de la Universidad de Harvard denominada *Data Analysis for Life Sciences*. Los estudiantes seleccionados asisten a pasantías de verano en los centros BD2K en la Universidad de Harvard, la Universidad de Pittsburgh y la Universidad de California en Santa Cruz. A su regreso a Puerto Rico, los estudiantes del programa participan en proyectos de investigación interdisciplinarios con mentores locales donde pueden aplicar los conocimientos adquiridos. A lo largo del programa, los estudiantes asisten a talleres, seminarios, hackathons, y otras actividades en las que reciben tutoría informal y formación en la ciencia de datos por parte de prominentes científicos en el área, desarrollan habilidades profesionales y se motivan para ser exitosos en este campo.

Las oportunidades de capacitación para los profesores afiliados al programa incluyen talleres, seminarios y hackathons como participantes y / o tutores. El programa también patrocina experiencias cortas de investigación durante el verano, talleres y otras actividades en los centros BD2K colaboradores, ya sea para entrenamiento o para el establecimiento de colaboraciones en investigación.

### C. *Barreras para el aumento de la diversidad en Ciencia de Datos aplicada a problemas biomédicos*

Al ser una isla, Puerto Rico debe importar la mayor parte de sus recursos del exterior. El talento que se produce en la isla a menudo es reclutado a los Estados Unidos continentales especialmente después de María [6]. A los efectos de los Estados Unidos, todo el talento proveniente de Puerto Rico aumenta la diversidad en Ciencia de Datos aplicada a la investigación biomédica.

A continuación se presenta una lista de algunas de las barreras que obstaculizan la formación de personal en Ciencia de Datos en la isla.

1. La falta de preparación no sólo en las áreas centrales de informática, estadística y biología, sino también en la comprensión de cómo estas disciplinas pueden ser integradas. Lograr esta comprensión puede ser difícil, ya que muchos programas de pregrado no son realmente interdisciplinarios [7]. La Facultad de Ciencias Naturales de la UPRRP cuenta con un Programa Interdisciplinario en Ciencias. Los estudiantes de este programa, sin embargo, construyen sus propios planes de estudio, de modo que el programa puede no ser transdisciplinario.
2. Desarrollo insuficiente de las habilidades profesionales y cognitivas necesarias y la falta de confianza en sí mismo para promover el ingreso y el éxito en la universidad. [8].
3. Oportunidades limitadas para participar en investigación para estudiantes de pregrado. Este desafío es particularmente importante en instituciones que no están enfocadas en investigación, donde la oferta de proyectos de investigación dirigidos por los profesores es escasa [9]. Aunque la UPRRP ofrece oportunidades de investigación en el área biomédica para estudiantes de pregrado, muy pocas de estas oportunidades requieren rigor computacional.
4. La falta de comprensión de los rigores y de la cultura de investigación en el área biomédica, especialmente cuando puede entrar en conflicto con la identidad cultural personal. Existe evidencia que indica que esta falta de comprensión puede conducir a la falta de diversidad y al desaliento entre los grupos insuficientemente representados en la investigación biomédica [10]. En particular, en Puerto Rico, la falta de comprensión de la ciencia de datos y del estudio de conjuntos masivos de datos aplicados a la investigación biomédica, y de la diferencia entre la informática biomédica y bioinformática ha sido una limitación.
5. Una ausencia de exposición a planes de estudios innovadores a nivel de pregrado donde se desarrollen

las habilidades y conceptos relacionados con el Big Data y donde se permita que los estudiantes se concentren en sub-disciplinas específicas de este amplio campo [7] [9].

Cada una de las actividades que describiremos son o bien un hackathon especializado o un taller. En todos los casos, tanto profesores como estudiantes recibieron entrenamiento informal y fueron expuestos a investigación o desarrollo profesional. El objetivo de estas actividades era acercar a profesores y estudiantes para juntos profundizar en el conocimiento de la ciencia de datos aplicada a investigación biomédica, Big Data o informática de la salud y para crear equipos de interdisciplinarios e intersectoriales para resolver problemas transdisciplinarios. En nuestro conocimiento, este es un enfoque novedoso para estimular la innovación y difundir el conocimiento acerca de la ciencia interdisciplinaria de datos.

## II. "HACKEANDO" LA SALUD EN LAC Y EL CARIBE

El evento con el cual se puso en marcha el programa IDI-BD2K fue un "hackathon" en informática de la salud. Este se realizó paralelamente a un simposio sobre informática de la salud para motivar el hackathon y por lo tanto el primer día fue conjunto para ambas actividades. El segundo día, los participantes se separaron en tres sesiones: el simposio en informática de la salud, un taller en ciencia de datos aplicada a investigación biomédica y el hackathon.

### A. *Symposium of Health Informatics in Latin America and the Caribbean*

El Simposio de Informática de la Salud en América Latina y el Caribe (*Symposium of Health Informatics in Latin America and the Caribbean- SHILAC*) une dos campos principales de estudio: la tecnología e informática y la salud, con el fin de facilitar datos para la creación de herramientas tecnológicas destinadas a mejorar la calidad de la salud en América Latina y el Caribe[11].

Por primera vez, San Juan, Puerto Rico fue sede de este importante evento en el que profesionales de la salud, administradores de hospitales, proveedores de servicios de salud, investigadores científicos, especialistas en salud pública, médicos y desarrolladores de tecnología participaron para discutir y planificar la creación de productos tecnológicos de cara las necesidades urgentes de la salud en América Latina y el Caribe. SHILAC 2015 se llevó a cabo los días 20-22 de noviembre de 2015 en el San Juan Marriott Resort en Condado, San Juan, Puerto Rico. El hackathon se llevó a cabo en conjunto con SHILAC para atraer a los mentores de la industria, el gobierno y el mundo académico.

La conferencia contó con ponentes de reconocido prestigio de América Latina y América del Norte, e incluyó a Leo Celi, MD, del MIT, Carol Hullin, PhD de Banco Mundial y Lucila Ohno-

Machado de la Universidad de California en San Diego. También incluyó paneles de la Asociación de Hospitales, la Asociación de Industriales, la Universidad de Ciencias de la Salud de Ponce, la Escuela de Medicina de Ponce, entre otros.

### B. *Taller de Ciencia de Datos aplicada a investigación biomédica.*

Durante el primer día de SHILAC, se ofreció a los estudiantes de grupos con baja representación de los EE.UU. y Puerto Rico un taller de Ciencia de Datos aplicada a investigación biomédica, auspiciado por la Computing Research Association, special interest group in women (CRA-W). El taller también estuvo abierto al profesorado interesado. El taller fue dirigido a los principiantes en el área. Los instructores incluyeron a Héctor Corrada del Center for Bioinformatics and Computational Biology (CBCB) en la Universidad de Maryland - College Park, Roger Mark del MIT Laboratory of Computational Physiology, Gabriel Kreiman de The Center of Brains, Minds and Machinery, Tyrone Grandison, Deputy Chief Data Officer (dCDO) en el US Department of Commerce. Algunos de los equipos del hackathon se originaron a partir de esta actividad. Los conferenciantes no sólo presentaron su investigación en Biomedical Data Science sino que también hablaron de su trayectoria personal para llegar a la posición profesional donde se encuentran. Estas historias sirvieron como inspiración para muchos estudiantes y crearon un ambiente más personal entre los estudiantes y los conferenciantes.

### C. *Hacking Health in the Caribbean*

El hackathon llamado Hacking Health in the Caribbean compartió el primer día de SHILAC y luego corrió en paralelo con la conferencia hasta el último día en el que el hackathon se convirtió en el foco central del fin de semana.

El hackathon fue dirigido por el conocido grupo MIT Hacking Medicine formado en el Massachusetts Institute of Technology (MIT) [12], y fue el primer hackathon relacionado con la salud en Puerto Rico, así como la primera vez que MIT Hacking Medicine realizó un hackathon en el Caribe y América Latina.

Este evento atrajo a equipos de profesores y estudiantes, así como algunas personas de la industria y del gobierno que sirvieron como mentores. Al final del primer día, se formaron más de 10 equipos para desarrollar proyectos sobre diferentes temas en informática de la salud en un período de 3 horas. A diferencia de la mayoría de los hackathons, los participantes estaban obligados a descansar la primera noche y comenzar a las 8 am del día siguiente. Compartieron con los mentores durante el almuerzo y la cena y recibieron una merienda saludable a media noche para recuperar energías. Dispusieron de un local exclusivo para trabajar y recibir mentoría, y se les animó a hacer un pre-presentación después 17:00 para obtener retroalimentación. Las presentaciones finales se produjeron desde las 8 hasta el mediodía del día siguiente y los jueces de la

industria, el gobierno y la academia deliberaron durante el almuerzo. Se otorgaron premios a las mejores conferencias y posters de SHILAC y premios para el hackathon durante el almuerzo y un panel que incluía a un miembro de cada equipo fue entrevistado por el Presidente del Comité Organizador para reflexionar sobre el evento.

Los equipos ganadores del hackathon trabajaron en los siguientes proyectos:

1. Primer lugar: Una plataforma digital para determinar el nivel de riesgo en la calidad del aire para los asmáticos y las personas que sufren de alergias.
2. Segundo lugar: Pulsera localizadora para pacientes con demencia senil.
3. Tercer lugar: Recursos en línea para los padres de niños con autismo
4. Mejor Hack patrocinado por AARP (American Association for Retired Persons): Una plataforma digital para conectar los cuidadores de las personas mayores en el extranjero con la comunidad de ancianos en la isla.
5. Mejor Hack patrocinado por Varmed Management Corporation (empate):
  - a. Visualización de datos de Super Usuarios de seguros
  - b. Análisis visual de datos de Super Usuarios.

Participaron estudiantes de la Universidad de Puerto Rico (Humacao, Río Piedras y Mayagüez), Universidad Metropolitana y la Universidad Interamericana (Metro) así como estudiantes de todos los Estados Unidos.

### III. HEALTHCARE INNOVATION REPLICATHON

El Replicathon tuvo lugar los días 24/25 de marzo de 2017 en Engine-4 en Bayamón, Puerto Rico para enseñar a estudiantes de pregrado y postgrado cómo trabajar en Ciencia de Datos para aplicaciones biomédicas. Un Replicathon se considera una forma de hackathon, pero en este caso todos los participantes están trabajando en el mismo problema, tratando de reproducir los resultados de una publicación científica, en este caso en el área de Ciencia de Datos en investigación biomédica. Puerto Rico es la cuna de este evento importante e innovador, diseñado para entrenar a los estudiantes para trabajar en equipos interdisciplinarios compuestos por estudiantes de Biología, Matemáticas, Informática, Medicina, Salud Pública, Informática y Estadística, entre otros. El objetivo del evento es atraer a los estudiantes a las ciencias computacionales y cuantitativas y desarrollar en ellos las habilidades de colaboración y el análisis crítico necesarios para resolver problemas reales de la ciencia.

Como un hackathon, un Replicathon requiere estudiantes con conocimientos de programación para crear soluciones reales utilizando la tecnología. A diferencia de un hackathon, en esta actividad todos los equipos analizaron dos manuscritos científicos que llegaron a diferentes conclusiones sobre los mismos datos y presentan las interpretaciones de sus resultados.

En un hackathon, la solución generalmente adquiere la forma de un "app" (una aplicación móvil o web). Un Replicathon requiere la colaboración interdisciplinaria entre los expertos en programación, análisis de datos, y contenido (genómica en este caso).

Tras la bienvenida, el evento comenzó con una charla plenaria por la Dra. Tracy Teal acerca de su empresa, "Data Carpentry", la cual se centra en la enseñanza de habilidades computacionales básicas en el manejo y análisis de datos para el desarrollo de prácticas de investigación eficientes, que puedan ser compartidas y reproducidas (tal y como se describe en la misión de "Data Carpentry" en su página web [13]). A continuación, explicaron los organizadores lo que es un Replicathon y las metas y reglas del evento para los estudiantes participantes. Luego Keegan Korthauer y Alejandro Reyes, estudiantes doctorales del Laboratorio de Bioestadística de Rafael Irizarry en la Universidad de Harvard presentaron el problema. Los equipos interdisciplinarios se reunieron desde el día viernes 24 de marzo hasta el día siguiente.

Los mentores permanecieron con los estudiantes durante este tiempo y los equipos les presentaron sus conclusiones durante la tarde del 24. Luego de incorporar las sugerencias de los mentores, los equipos presentaron sus resultados finales a un grupo de científicos y líderes de la industria que no participaron en la tutoría al día siguiente. Mientras tanto, científicos de datos juzgaron el documento "Rmarkdown" entregable con el cual cada equipo apoyó sus resultados. Después de las presentaciones, los ganadores se decidieron por las puntuaciones obtenidas en el Rmarkdown y las asignadas por los jueces de presentación y se llevó a cabo la entrega de premios.

Participaron como mentores en este evento profesores y estudiantes de postgrado pertenecientes a la Universidad de California en Davis, la Universidad de Harvard y estudiantes de pregraduado de #include <girls>, la mayor organización de mujeres estudiantes en el campo de la computación en la isla. Este evento fue el resultado de una colaboración establecida por los investigadores del Proyecto IDI-BD2K en la UPRRP con Rafael Irizarry de Rafalab en la Universidad de Harvard (bioestadístico y ex alumno de la UPRRP, considerado uno de los bioestadísticos más influyentes en los Estados Unidos [13]) y Titus Brown, del Laboratory of Intensive Data Biology en la Universidad de California en Davis.

Simultáneamente, profesores y estudiantes de postgrado de la Universidad Interamericana Recinto de Bayamón, UPR Humacao, Mayagüez, Río Piedras, así como representantes de la empresa privada participaron en un taller de formación de instructores de Data Carpentry liderado por Rayna Harris (UT Austin), Sue McClatchy (The Jackson Laboratory), y Tracy Teal (Data Carpentry). Este taller introduce a los participantes a las mejores prácticas basadas en la investigación para enseñar Ciencia de Datos a principiantes.

#### IV. CONCLUSIONES

A través de los procesos de estas actividades y hackathons innovadores, no tradicionales, inclusivos, interdisciplinarios e intersectoriales, hemos sido testigos del crecimiento de una comunidad de la Ciencia de Datos en investigación biomédica no sólo en la Universidad de Puerto Rico Recinto de Río Piedras, sino en toda la isla. En el futuro, nos gustaría ampliar estos modelos a otros países en América Latina y el Caribe, liderando eventos similares en conferencias en la región.

#### REFERENCIAS

- [1] Canner, J. E., McEligot, A. J., Pérez, M.-E., Qian, L., & Zhang, X. Enhancing Diversity in Biomedical Data Science. *Ethnicity & Disease*. 2017; 27(2), 107–116. <http://doi.org/10.18865/ed.27.2.107>.
- [2] Rawlings-Goss, R., Cassel, L., Cragin, M., Cramer, C., Dingle, A., Friday-Stroud, S., Herron, A., Horton, N., Inniss, T. R., Jordan, K., Ordóñez, P., Rudis, M., Rwebangira, R., Schmitt, K., Smith, D., Stephen, S. Keeping Data Science Broad: Negotiating the Digital and Data Divide Among Higher Education Institutions. South Big Data Innovation Hub. <https://southbigdatahub.org/programs/keeping-data-science-broad/> Recuperado el 15 de junio 2018.
- [3] NSF Science and Engineering Doctorates Data Tables <https://www.nsf.gov/statistics/2018/nsf18304/data.cfm> Table 9, 2018.
- [4] Williams, C. Why don't more women go to hackathons? (Jan 21, 2014) <https://www.forbes.com/sites/quora/2014/01/21/why-dont-more-women-go-to-hackathons/#739a33716091>. Recuperado el 16 de marzo 2018.
- [5] Dunn MC, Bourne PE. Building the biomedical data science workforce. *PLoS Biology*. 2017; 15 (7):e2003082. doi:10.1371/journal.pbio.2003082..
- [6] Campo-Flores, A. Struggling to Fill Jobs, U.S. Employers Look to Storm-Battered Puerto Rico, *Wall Street Journal*, 15 junio 2018, <https://www.wsj.com/articles/struggling-to-fill-jobs-u-s-employers-look-to-storm-battered-puerto-rico-1516962600>. Recuperado el 15 de junio 2018.

#### AGRADECIMIENTOS

Queremos reconocer las contribuciones del resto de nuestro equipo de trabajo, José García Arrarás, Luis Pericchi Guerra y Rafael Irizarry Quintero. Sin los estudiantes del RafaLab de Harvard, MIT Hacking Medicine, y MIT Lab of Computational Physiology de Roger Mark no se hubieran podido organizar estos eventos. También queremos agradecer las numerosas entidades que ayudaron a auspiciar estas iniciativas, en particular el Puerto Rico Science Technology and Research Trust y Varmed Management Corp.

- [7] Greene AC, Giffin KA, Greene CS, Moore JH. Adapting bioinformatics curricula for big data. *Brief Bioinform*. 2016; 17 (1): 43-50. 10.1093/bib/bbv018.
- [8] Colbeck, C. L. & Cabrera, A. F. & Terenzini, P. T. Learning Professional Confidence: Linking Teaching Practices, Students' Self-Perceptions, and Gender. *The Review of Higher Education*, vol. 24 no. 2, 2001, pp. 173-191. Project MUSE, doi:10.1353/rhe.2000.0028
- [9] O'Donnell K, Botelho J, Brown J, González GM, Head W. Undergraduate Research and Its Impact on Student Success for Underrepresented Students. *New Directions for Higher Education*. 2015;169(169):27-38.
- [10] Malcom L.E., Dowd AC, Yu T. Tapping HSI-STEM Funds to Improve Latina and Latino Access to the STEM Professions. Los Angeles, CA: University of Southern California, 2010.
- [11] Symposium of Health Informatics in Latin America and the Caribbean. <http://shilac.org/> Recuperado el 15 junio 2018
- [12] MIT Hacking Medicine. <http://hackingmedicine.mit.edu/> Recuperado el 15 junio 2018.
- [13] Data Carpentry. <http://www.datacarpentry.org> Recuperado el 15 junio 2018.
- [14] Alvarado León, GA. Científico boricua entre los más influyentes de Estados Unidos. *El Nuevo Día*, recuperado de <https://www.elnuevodia.com/ciencia/ciencia/nota/cientificoboricuaentrel-osmasinfluyentesdeestadosunidos-2012296/> , 26 febrero 2015.